



**BURSA ORGANİZE SANAYİ BÖLGELERİNDEKİ BAZI
TEKSTİL FİRMALARINDAN KAYNAKLANAN CO VE NO_x
EMİSYONLARININ AERMOD İLE MODELLENMESİYLE
KENT ATMOSFERİNDEKİ DAĞILIMININ ARAŞTIRILMASI**

Nuray ZENGİN



T.C.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BURSA ORGANİZE SANAYİ BÖLGELERİNDEKİ BAZI TEKSTİL
FİRMALARINDAN KAYNAKLANAN CO VE NO_x EMİSYONLARININ
AERMOD İLE MODELLENMESİYLE KENT ATMOSFERİNDEKİ
DAĞILIMININ ARAŞTIRILMASI**

Nuray ZENGİN

Prof. Dr. S. Sıddık CİNDORUK

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI


BURSA – 2019

TEZ ONAYI

Nuray ZENGİN tarafından hazırlanan “Bursa Organize Sanayi Bölgelerindeki Bazı Tekstil Firmalarından Kaynaklanan CO Ve NO_x Emisyonlarının AERMOD İle Modellenmesiyle Kent Atmosferindeki Dağılımının Araştırılması” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. S.Sıddık CİNDORUK

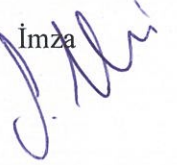
Başkan : Prof. Dr. S.Sıddık CİNDORUK
Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza


Üye : Doç. Dr. Fatma ESEN
Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza


Üye : Dr. Öğr.Üyesi Saadet HACISALİHOĞLU
Bursa Teknik Ü., Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza


Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü

.../.../...

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

05/08/2019

Nuray ZENGİN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BURSA ORGANİZE SANAYİ BÖLGELERİNDEKİ BAZI TEKSTİL FİRMALARINDAN KAYNAKLANAN CO VE NO_x EMİSYONLARININ AERMOD İLE MODELLENMESİYLE KENT ATMOSFERİNDEKİ DAĞILIMININ ARAŞTIRILMASI

Nuray ZENGİN

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. S. Sıddık CİNDORUK

Bu çalışmada; Bursa İli'nde organize sanayi bölgelerinde oluşan antropojenik kaynaklı CO ve NO_x emisyonlarının hava kalitesine katkısı ve atmosferdeki dağılımlarını belirlemek için modelleme çalışması yapılmıştır. Çalışma Bursa İli'nde tekstil endüstrisinin yoğun olduğu organize sanayi bölgelerini için alacak şekilde, 30 km x 30 km'lik bir alan pilot bölge olarak seçilmiştir. Bölgedeki noktasal, alansal ve çizgisel kaynakların oluşturduğu CO ve NO_x emisyonlarını belirlemek için emisyon envanteri oluşturulmuştur. Endüstri tesislerine ait bilgiler emisyon raporlarından, sanayi tesislerinde doğalgaz tüketim verileri ve taşıtlara ait bilgiler ilgili kurumlardan temin edilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda literatürdeki emisyon faktörleri kullanılarak, CO ve NO_x kirlenici miktarları ve kaynakların oluşturduğu katkı payları hesaplanmıştır. Hava kalitesi dağılım modeli ile farklı tip kaynakların CO ve NO_x kirliliğine katkı payları belirlenmiştir. Çalışmada hava kalitesi dağılım modeli olarak USEPA onaylı AERMOD (American Meteorological Society/Environmental Protection Agency) modeli kullanılmıştır.

Yapılan modelleme sonuçlarına göre, noktasal, alansal ve çizgisel kaynaklardan oluşan CO ve NO_x emisyonlarının atmosferdeki dağılımı, hava kalitesine katkı payı ve bölge üzerindeki etkileri incelenmiş, bölgenin dağılım haritası oluşturulmuştur. Dağılım haritaları, hava kirliliğinin en yoğun olduğu alıcı noktaları ve bölgede oluşan kirliliğe nelerin etkilediğini göstermektedir. Modelleme sonuçları bölgedeki hava kalitesi istasyonu verileri ile karşılaştırılmıştır. Tüm kaynakların oluşturduğu CO ve NO_x kirlenici emisyonlarının modellenmesi sonucunda yıllık ortalama CO konsantrasyonu 82,1 µg/m³, yıllık ortalama NO_x konsantrasyonu ise 71,1 µg/m³ olarak bulunmuştur. Bölgede oluşan kirlenici konsantrasyonların meteorolojik koşullar ve topografik yapının etkisiyle kirlenicilerin şehir merkezinde yoğunlaştığı ve bölgede yüksek konsantrasyonda NO_x kirliliği yaşandığı görülmüştür. Bölgedeki NO_x kirliliği sürekli izlenmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Hava kirliliği, CO ve NO_x emisyonları, AERMOD, Dağılım modeli
2019, ix + 120 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

RESEARCH OF THE DISPERSION OF CO AND NO_x EMISSIONS RESULTED FROM SOME TEXTILE COMPANIES IN BURSA ORGANIZED INDUSTRIAL ZONES BY MODELLING WITH AERMOD IN URBAN ATMOSPHERE

Nuray ZENGİN

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

Supervisor: Prof. Dr. S. Sıddık CİNDORUK

In this research, a modelling study was conducted in order to determine the contribution of anthropogenic CO and NO_x emissions to the air quality and the atmospheric distribution in the organized industrial zones in Bursa province. An area of 30 km x 30 km has been selected as a pilot region which covers the organized industrial zones in which the textile industry is concentrated in Bursa. Emission calculations were made to determine CO and NO_x emissions resulted from point, area and line sources in the area. Information about industrial plants were provided from emission reports, data of natural gas consumption in industrial plants and information about vehicles were provided from relevant institutions. In the view of these information, CO and NO_x pollutant amounts and contribution rates generated from sources were calculated by using emission factors in the literature. Contribution rates of different types of sources to CO and NO_x pollution were determined by using air pollution dispersion modelling. In this research, USEPA approved AERMOD (American Meteorological Society/Environmental Protection Agency) model used as air pollution dispersion model.

According to modelling results, atmospheric dispersion of CO and NO_x emissions resulted from point, area and line resources, its contribution rate to the air quality and its effects on the region were analyzed and distribution map of the region was created. Distribution maps show receiving points where air pollution most intense is and what affects the pollution occurring in the region. Modelling results were compared with data from air quality monitoring station. As a result of modeling of CO and NO_x pollutant emissions generated by all sources, the average annual CO concentration was found as 82.1 µg / m³ and the annual NO_x concentration was found as 71.1 µg/ m³. It was observed that the pollutant concentrations in the region are intensified in the city center due to the meteorological conditions and the topographic structure and there is a high concentration of NO_x in the region. Therefore, NO_x pollution in the region should be continuously monitored and necessary precautions should be taken.

Key words: Air pollution, CO and NO_x emissions, AERMOD, dispersion model.

2019, ix+ 120 pages.

TEŐEKKÖRLER

Tez çalıőmam boyunca bana her tŒrlŒ konuda yardımcı olan, bilgi, tecrŒbe ve desteğini esirgemeyen olumlu yŒnde motive eden değerli hocam ve danıőanım Prof. Dr. S. Sıddık CİNDORUK'a ve değerli jŒri Œyelerimize sonsuz teőekkŒrlerimi sunarım.

Envanter çalıőmasının hazırlanmasında yardımlarından dolayı Bursa Meteoroloji MŒdŒrlŒęŒne, Karayolları Genel MŒdŒrlŒęŒne, NilŒfer Belediyesinden Vahap SINMAZ'a ve Bursagaz'dan BetŒl Hanım'a,

Çalıőmalarım esnasında her konuda yardımcı olan eőime ve beni bugŒnlere getirerek her zaman yanımda olan desteklerini hiç esirgemeyen aileme, zor zamanlarımda beni motive eden kardeőime teőekkŒr etmeyi bir borç bilirim.

Gelecek kuőaklara iyi bir evre bırakmak dileğiyle.

Nuray ZENGİN
05/08/2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜRLER.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Hava Kirliliği Tanımı	3
2.2. Hava Kirliliği Kaynakları	3
2.2.1. Doğal Kaynaklar	4
2.2.2. Antropojenik (Yapay) kaynaklar	4
2.3. Hava Kirlleticileri	5
2.3.1. Karbon Monoksit (CO).....	5
2.3.2. Azot oksitler (NO _x)	5
2.3.3. Ozon (O ₃).....	7
2.3.4. Hidrokarbonlar (HC)	7
2.3.5. Kükürt dioksit (SO ₂).....	8
2.3.6. Partikül Madde	8
2.4. Hava Kalitesi Yönetimi ve Mevzuat	9
2.5. Hava Kalitesi Modelleri	14
2.5.1. Yaygın Kullanılan Hava Kalitesi Dağılım Modelleri	18
2.6. Model Kalibrasyonu, Doğrulaması ve Performans Değerlendirilmesi	25
2.7. Tekstil Endüstrisinden Kaynaklanan Emisyonlar	25
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	28
3.1 Çalışma Alanı	28
3.1.1. Bursa ilindeki Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonları.....	30
3.1.2. Çalışma Alanına Ait Meteorolojik Veriler	31
3.2. AERMOD Programı ile Hava Kalitesi Modellemesi.....	34
3.2.1. AERMET Ön işlemci Programı	34
3.3. AERMOD View Programının Genel Özellikleri.....	41
3.3.1. Rüzgar Hızı Profili	48
3.3.2. Model Giriş Verileri	49
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	59
4.1 Noktasal Kaynakların Modellenme Sonuçları.....	59
4.1.1. DOSAB'taki CO ve NO ₂ Emisyonlarının Dağılımının İncelenmesi	59
4.1.2. KOSAB'taki CO ve NO ₂ Emisyonlarının Dağılımının İncelenmesi	64
4.1.3. NOSAB'taki CO ve NO ₂ Emisyonlarının Dağılımının İncelenmesi	71
4.2. Model Sonuçları İle Hava Kalitesi Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması	77
4.3. Tüm Noktasal Kaynakların Modelleme Sonuçları	83
4.4. Alansal Kaynakların Modellenmesi Sonuçları	89
4.5. Çizgisel Kaynakların Modelleme Sonuçları.....	98
4.6. Tüm Kaynakların (Alansal+Çizgisel+Noktasal) Modelleme Sonuçları	105
5. SONUÇ.....	111
KAYNAKLAR.....	116
ÖZGEÇMİŞ.....	120

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
C	Kirletici Konsantrasyonu, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
C_T	Toplam Konsantrasyon, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
$C_{c,s}$	Yatay Hüzmeden Kaynaklanan Konsantrasyon, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
$C_{c,s}$	Araziden Yansımadan Kaynaklanan Konsantrasyon, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
c_p	Havanın Isı Sığası (J/kgK)
e_w	kg/cm^2 Cinsinden Sudaki Buhar Basıncı
e_a	kg/cm^2 Cinsinden Havadaki Buhar Basıncı
f	Hüzme Ağırlık Fonksiyonu
h	Baca Boyu, (m)
H	Etkin Baca Yüksekliği, (m)
k	Von Karman Sabiti
L	Moin-Obukhov Uzunluğu
p_o	kg/cm^2 Cinsinden Atmosfer Basıncı
R	Bowen Oranı
T	Zaman, (s)
T_a	$^{\circ}\text{C}$ Cinsinden Havanın Sıcaklığı
T_w	$^{\circ}\text{C}$ Cinsinden Suyun Sıcaklığı
T_{ref}	Yüzey Tabakasını Temsil Eden Ortam Sıcaklığı
u	X-Yönündeki Ortalama Rüzgar Hızı, (m/s)
u^*	Havanın Sürtünme Hızını
u_z	Z Yüksekliğindeki Rüzgar Hızı, (m/s)
u_0	Anemometre Yüksekliğindeki Rüzgar Hızı, (m/s)
V_s	Baca Çıkış Hızı
Y	Rüzgar Yönüne Enine Eksen
Q	Kirletici Emisyonu, ($\mu\text{g}/\text{s}$)
X	Rüzgar Yönündeki Eksen
Z	Rüzgar Yönüne Dikine Eksen
z_r	Hüzme Merkez Çizgisi Yüksekliği (m)
z_t	Reseptör Noktasındaki Arazinin Yüksekliği (m)
z_p	Reseptörün Yüksekliği (m)
z	Yükseklik (m)
z_0	Anemometre Yüksekliği (m)
σ_y	Y Yönünde Hüzmenin Standart Sapması, (m)
σ_z	Z Yönünde Hüzmenin Standart Sapması, (m)
μg	Mikrogram
Kisaltmalar	Açıklama
AERMAP	AERMOD Modeli Topografik Önişlemcisi
AERMET	AERMOD Modeli Meteorolojik Önişlemcisi
AERMOD	American Meteorological Society/Environmental Protection Agency

Regulatory Model (Amerikan Meteoroloji Derneği Amerikan Çevre Koruma Örgütü Düzenleyici Modeli)

BEBKA	Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı
BOSAB	Bursa Organize Sanayi Bölgesi
CALPUFF	CALifornia PUFF (Kaliforniya Puff) modeli
CALMET	Meteorolojik Model
CALPOST	CALPUFF Modelinde Kullanılan Postprosesor
CORINAIR	CORe INventory AIR emissions
CO ₂	Karbondioksit
COHb	Karboksi Hemoglobin
CH ₄	Metan
EPA	Amerikan Çevre Koruma Örgütü
DOSAB	Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi
HKDYY	Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
HKKD	Hava Kirlenmesine Katkı Değeri
Hb	Hemoglobin
H ₂ S	Hidrojen Sülfür
HC	Hidrokarbon
ISCST3	Industrial Source Complex Short Term 3 (Endüstriyel Kaynak Komplek Kısa Süreli) modeli
KOSAB	Kestel Organize Sanayi Bölgesi
KVD	Kısa Vadeli Değer
KVS	Kısa Vadeli Sınır Değer
MTHM	Marmara Temiz Hava Merkezi
NO ₂	Azot dioksit
NO _x	Azotoksit
NOSAB	Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi
O ₃	Ozon
PM	Partikül Maddeler
PM ₁₀	10 µm'den Küçük Partiküler Maddeler
PM _{2,5}	2,5 µm'den Küçük Partiküler Maddeler
Pb	Kurşun
SKHKKY	Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
SRTM	Shuttle Radar Topographic Mission
SO ₂	Kükürt dioksit
SO ₃	Kükürt trioksit
TCH	Toplam hidrokarbon
TKD	Toplam Kirlenme Değeri
TUİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UV	Ultraviyole Işın
UVD	Uzun Vadeli Değer
UVS	Uzun Vadeli Sınır Değer
VOC	Uçucu Organik Bileşikler

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Hava kirliliği kaynakları.....	4
Şekil 2.2. Bir nokta kaynak emisyonunun atmosferde taşınım hareketi.....	16
Şekil 2.3. AERMOD modelinde kullanılan yükseklikler	24
Şekil 3.1. Çalışma alanının uydu görüntüsü.....	30
Şekil 3.2. Bursa İli'ne ait 53 yıllık rüzgar gülü ve 2011 yılı hakim rüzgar gülü.....	33
Şekil 3.3. AERMET yazılımı tarafından oluşturulan rüzgar gülü	35
Şekil 3.4. AERMET View ile oluşturulan rüzgar hızı frekans dağılım grafiği.....	36
Şekil 3.5. Noktasal kaynak verilerinin modelleme yazılımına giriş ekranı	43
Şekil 3.6. Alansal kaynak verilerinin modele girilmesi	44
Şekil 3.7. Değişken emisyonların modele girilmesi	45
Şekil 3.8. Reseptör noktalarının oluşturulması.....	46
Şekil 3.9. AERMOD View meteorolojik veri giriş penceresi.....	47
Şekil 3.10. AERMET topografya ön işlemcisi ekran görüntüsü	48
Şekil 4.1. 8 saatlik maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası(DOSAB).....	60
Şekil 4.2. 24 saatlik maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası(DOSAB).....	60
Şekil 4.3. Yıllık maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası (DOSAB).....	61
Şekil 4.4. 1 saatlik maksimum NO ₂ konsantrasyonu dağılım haritası(DOSAB)	62
Şekil 4.5. 24 saatlik maksimum NO ₂ konsantrasyonu dağılım haritası(DOSAB)	63
Şekil 4.6. Yıllık maksimum NO ₂ konsantrasyonu dağılım haritası(DOSAB).....	63
Şekil 4.7. 8 saatlik maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası(KOSAB).....	65
Şekil 4.8. 24 saatlik maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası(KOSAB).....	66
Şekil 4.9. Yıllık maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası(KOSAB).....	66
Şekil 4.10. 1 saatlik ortalama süreler için oluşturulan NO ₂ kirlilik dağılım haritası (KOSAB).....	68
Şekil 4.11. 24 saatlik ortalama süreler için oluşturulan NO ₂ kirlilik dağılım haritası (KOSAB).....	68
Şekil 4.12. Yıllık ortalama süreler için oluşturulan NO ₂ kirlilik dağılım haritası (KOSAB)	69
Şekil 4.13. Kestel Bölgesine ait yükselti haritası	70
Şekil 4.14. 8 saatlik maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası (NOSAB).....	72
Şekil 4.15. 24 saatlik maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası (NOSAB).....	73
Şekil 4.16. Yıllık maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası(NOSAB).....	73
Şekil 4.17. 1 saatlik maksimum NO ₂ konsantrasyonu dağılım haritası(NOSAB)	75
Şekil 4.18. 24 saatlik maksimum NO ₂ konsantrasyonu dağılım haritası(NOSAB)	75
Şekil 4.19. Yıllık maksimum NO ₂ konsantrasyonu dağılım haritası(NOSAB).....	76
Şekil 4.20. Nilüfer İstasyonuna ait saatlik ortalama CO konsantrasyonu	78
Şekil 4.21. Beyazıt İstasyonuna ait saatlik ortalama CO konsantrasyonu	79
Şekil 4.22. Nilüfer İstasyonuna ait saatlik ortalama NO ₂ konsantrasyonu	81
Şekil 4.23. Beyazıt İstasyonuna ait saatlik ortalama NO ₂ konsantrasyonu	81
Şekil 4.24. Kestel İstasyonuna ait saatlik ortalama NO ₂ konsantrasyonu	82
Şekil 4.25. Nilüfer istasyonu CO konsantrasyonlarına karşı NO ₂ konsantrasyonu	83
Şekil 4.26. 8 saatlik maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası (Bursa İli)	84
Şekil 4.27. 24 saatlik maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası (Bursa İli).....	85
Şekil 4.28. Yıllık maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası (Bursa İli)	85
Şekil 4.29. 1 saatlik maksimum NO ₂ konsantrasyonu dağılım haritası (Bursa İli)	87
Şekil 4.30. 24 saatlik maksimum NO ₂ konsantrasyonu dağılım haritası (Bursa İli)	87

Şekil 4.31. 1 yıllık maksimum NO ₂ konsantrasyonu dağılım haritası (Bursa İli)	88
Şekil 4.32. 8 saatlik maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası (OSB)	90
Şekil 4.33. 24 saatlik (günlük) maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası (OSB)	90
Şekil 4.34. Yıllık maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası (OSB)	91
Şekil 4.35. 1 saatlik maksimum NO _x konsantrasyonu dağılım haritası(OSB)	92
Şekil 4.36. 24 saatlik maksimum NO _x konsantrasyonu dağılım haritası (OSB)	93
Şekil 4.37. Yıllık maksimum NO _x konsantrasyonu dağılım haritası (OSB)	93
Şekil 4.38. 8 saatlik maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası (Tesis).....	95
Şekil 4.39. 24 saatlik maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası(Tesis).....	95
Şekil 4.40. Yıllık maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası (Tesis).....	96
Şekil 4.41. 1 saatlik maksimum NO _x konsantrasyonu dağılım haritası(Tesis).....	97
Şekil 4.42. 24 saatlik maksimum NO _x konsantrasyonu dağılım haritası(Tesis).....	97
Şekil 4.43. Yıllık maksimum NO _x konsantrasyonu dağılım haritası(Tesis)	98
Şekil 4.44. Taşıtlardan kaynaklanan emisyonların % dağılımı	99
Şekil 4.45. Bursa kent merkezinde taşıtlardan kaynaklanan 8 saatlik CO dağılımları	100
Şekil 4.46. Bursa kent merkezinde taşıtlardan kaynaklanan 24 saatlik(günlük) CO dağılımları	100
Şekil 4.47. Bursa kent merkezinde taşıtlardan kaynaklanan yıllık CO dağılımları.....	101
Şekil 4.48. Bursa kent merkezinde taşıtlardan kaynaklanan 1 saatlik NO _x dağılımları	102
Şekil 4.49. Bursa kent merkezinde taşıtlardan kaynaklanan 24 saatlik(günlük) NO _x dağılımları	103
Şekil 4.50. Bursa kent merkezinde taşıtlardan kaynaklanan yıllık NO _x dağılımları ...	103
Şekil 4.51. Şehir merkezinde 8 saatlik CO konsantrasyonu dağılım haritası (Tüm kaynaklar).....	106
Şekil 4.52. Şehir merkezinde 24 saatlik CO konsantrasyonu dağılım haritası (Tüm kaynaklar).....	106
Şekil 4.53. Şehir merkezinde yıllık CO konsantrasyonu dağılım haritası (Tüm kaynaklar)	107
Şekil 4.54. Şehir merkezinde 1 saatlik NO _x konsantrasyonu dağılım haritası (Tüm kaynaklar).....	108
Şekil 4.55. Şehir merkezinde 24 saatlik NO _x konsantrasyonu dağılım haritası(Tüm kaynaklar).....	109
Şekil 4.56. Şehir merkezinde yıllık NO _x konsantrasyonu dağılım haritası(Tüm kaynaklar)	109

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Atmosfere atılan toplam kütesel debi sınır değerleri.....	11
Çizelge 2.2. Tesis etki alanında uzun vadeli, kısa vadeli sınır değerler ve kademeli azaltım tablosu	12
Çizelge 2.3. CO ve NO ₂ için limit değerler	13
Çizelge 2.4. Pürüzlülük ve stabiliteye bağlı p parametresi	18
Çizelge 2.5. Yaygın olarak kullanılan üç hava kalitesi modelinin özellikleri.....	19
Çizelge 2.6. Farklı tekstil işlemlerinden salınan hava emisyonları	26
Çizelge 3.1. Çalışma alanına ait coğrafi bilgiler	29
Çizelge 3.2. Bursa İlin’de hava kalitesi ölçüm istasyon yerleri ve ölçülen parametreler	31
Çizelge 3.3. 1960-2013 yılları arasında Bursa İli’ne ait meteorolojik veriler.....	32
Çizelge 3.4. Yüzey pürüzlülük uzunluğu.....	36
Çizelge 3.5. Albedo değerleri.....	37
Çizelge 3.6. Bowen oranı değerleri	38
Çizelge 3.7. AERMET yazılımının hesapladığı yıllık ortalama değerler	38
Çizelge 3.8. Profili çıktı dosyası verileri.....	40
Çizelge 3.9. Yüzey çıktı dosyası verileri	41
Çizelge 3.10. Rüzgar hızı profili	48
Çizelge 3.11. Demirtaş Organize Sanayi Bölgesinde (DOSAB) seçilen noktasal kaynaklara ait modelleme giriş verileri.....	49
Çizelge 3.12. Kestel Organize Sanayi Bölgesi’nde (KOSAB) yer alan noktasal kaynaklara ait modelleme giriş verileri	50
Çizelge 3.13. Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi’nde (NOSAB) yer alan noktasal kaynaklara ait modelleme giriş verileri.....	51
Çizelge 3.14. Yakıt emisyon hesabında kullanılan emisyon faktörleri	52
Çizelge 3.15. Çalışma bölgesindeki tesislerin yıllık yakıt tüketimi sonucunda oluşan emisyon miktarları	53
Çizelge 3.16. Organize sanayi bölgelerinin yıllık yakıt tüketimleri sonucu oluşturdukları emisyon miktarları	54
Çizelge 3.17. Taşıt emisyon hesabında kullanılan emisyon faktörleri	55
Çizelge 3.18. Çizgisel kaynaklardan oluşan emisyon miktarları	56
Çizelge 3.19. Modelleme çalışmalarında kullanılan meteorolojik veriler ve temin edildikleri yerler.....	56
Çizelge 3.20. Uniform kartezyen grid reseptörlerin özellikleri.....	58
Çizelge 4.1. CO konsantrasyonlarının karşılaştırılması.....	77
Çizelge 4.2. NO ₂ konsantrasyonlarının karşılaştırılması	80

1. GİRİŞ

Günümüzde gün geçtikçe artan çevre sorunlarının başında endüstriyel gelişme, artış gösteren enerji ihtiyacı, ulaşım ve nüfus artış hızı gibi nedenler önemli derecede hava kirliliği problemi oluşturmaktadır. Yeryüzünde antropojenik kaynaklar (sanayi, trafik, evsel ısınma vb. gibi), topografik yapı ve meteorolojik koşulların da etkisi ile hava kirliliği, hem insan sağlığını hem de diğer canlıların yaşamlarına olumsuz yönde etkilemektedir (Tuna 2015). Yasal düzenlemelerin uygulanması, çeşitli kimyasal maddelerin yasaklanması, emisyon kontrolleri ve hava kalitesi standartlarında yapılan iyileştirmelere rağmen, hava kirliliği çevresel boyutta zarar oluşturmaya devam etmektedir (Erdoğan 2012).

Tekstil endüstrisi ülkemizde en önemli sektörlerinden biridir. Aynı zamanda atık üretiminin de en fazla olduğu sektördür. Bu sektördeki hava kirletici kaynakların en önemlisi noktasal kaynaklardır (Gönüllü 2004). Bacalar, aspiratörler, yan ve fenerlik pencereleri noktasal kaynak olarak sınıflandırılmaktadır. Noktasal kaynakların yaydığı kirleticiler fiziksel ve kimyasal özellikleri açısından birbirinden çok farklı olmalarından dolayı çevre ve insan üzerindeki olumsuz etkileri de farklılık göstermektedir (Gönüllü 2004).

Havadaki kirletici maddeler, canlıların sağlığını olumsuz yönde etkiler ve maddi zararlara sebebiyet verir. Havada kirliliğe neden olan maddelerin normalin üzerindeki konsantrasyona ulaşması sonucunda hava kirliliği oluşur (Özaslan 2008). EPA'ya göre hava kirliliği oluşturan 6 tane temel kirletici vardır. Bunlar kükürt dioksit (SO_2), partikül madde (PM), azot oksit (NO_x), karbon monoksit (CO), ozon (O_3) ve kurşun (Pb)'dir (USEPA 2005). Karbon monoksit (CO), yanma reaksiyonu esnasında oksijenin ortamdaki tüm karbonu tam olarak oksitlemeye yetememesiyle ortaya çıkan eksik yanma ürünüdür. CO alyuvarlardaki hemoglobinin karbon monoksit ile birleşimiyle karboksihemoglobin oluşturup, dokulara oksijenin taşınmasını engellemektir. Bu oksijenin eksikliğinden dolayı da ölümlere sebep olmaktadır (Müezzinoğlu 2003; Karpuzcu 2004). Bu çalışmada yer verilen bir diğer kirletici de NO_x 'tir. NO_x , yüksek sıcaklık ve basınca sahip yanma odasındaki havada bulunan azotun oksitlenmesi sonucu oluşmaktadır. NO_x 'in aynı zamanda fotokimyasal sisin ana bileşenlerinden biridir (Vesilind ve Morgan 2004).

Havayı kirliliğine neden olan maddelerin atmosferdeki dağılımlarını çeşitli hava kalitesi modelleri kullanarak belirlemek akademik çalışmalar açısından önemlidir. Havadaki kirlleticilerin dağılımının belirlenmesinde pek çok model tercih edilmektedir. Kirleticiler kaynağının türü, çalışma alanı vb. gibi parametreler bu modellerin seçimini belirlemede en önemli etkidir. (Gökmen 2012).

Bursa organize sanayi bölgelerindeki inceleme alanında bulunan 9 adet tekstil endüstrisinden atmosfere yayılan CO ve NO_x emisyonlarının AERMOD modeli kullanılarak kirlilik dağılım haritaları oluşturulmuş ve kirliliğin bölgeye olan katkısı belirlenmiştir. Ayrıca çizgisel kaynakların oluşturduğu kirlilik yükünün bölge üzerindeki etkisi incelenmiştir. Modelleme sonuçları, hava kalitesi ölçüm istasyon verileri ile karşılaştırılmış ve potansiyel kaynaklar hakkında değerlendirme yapılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Hava Kirliliği Tanımı

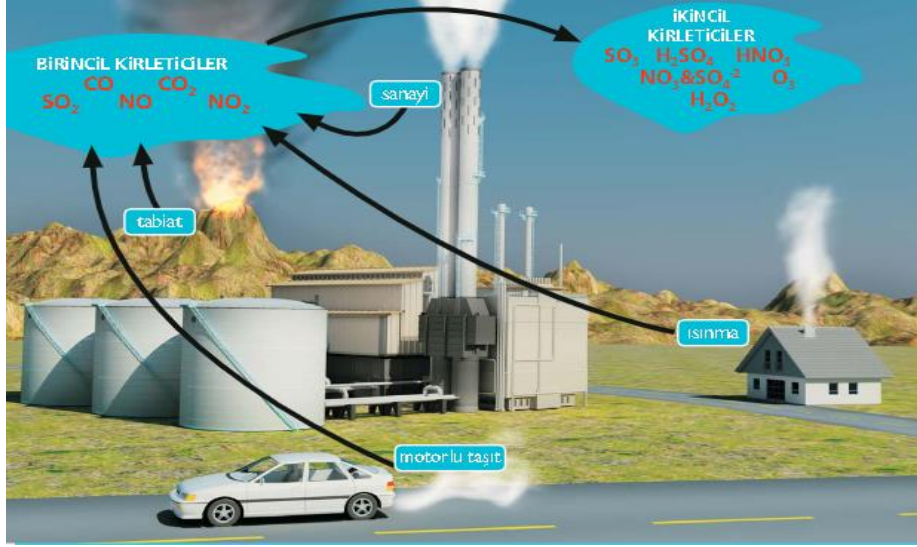
Havadaki kirletici maddeler, canlıların sağlığını olumsuz yönde etkiler ve maddi zararlara sebebiyet verir. Havadaki kirletici maddelerin normalin üzerindeki konsantrasyona ulaşması sonucunda hava kirliliği oluşur (Özaslan 2008). Havanın kirlenmesinde, canlılar üzerindeki en önemli etken kirleticilere maruz kalınan süredir. Bazı kirleticilere düşük konsantrasyonlarda çok uzun süre maruz kalındığında olumsuz etkiler doğurabildiği gibi, bazı durumlarda da canlılarda ölümcül sonuçlara bile sebep olmaktadır (Akyürek 2012).

Doğal ve yapay kaynaklar hava kirliliğinin oluşumunda en önemli etkidir. Hava kirliliğinin oluşumunda doğal etmenler; topografik ve jeomorfolojik özellikler ile meteorolojik olaylar; rüzgar, sıcaklık, nem, basınç ve inversiyon gibi etmenler önem taşımaktadır. Ayrıca hızlı nüfus artışı sonucu kentlere göçün artması ile sağlıksız yapılaşma, sanayi bölgelerinin plansız yapılması, ısınmak için fosil yakıtların kullanılması, motorlu araç sayısındaki hızlı artışın egzoz gazı emisyonlarını arttırması ve yeşil alanların azalması gibi etmenler hava kirliliğine neden olmaktadır (Akyürek 2012). İnsanların çeşitli üretim ve tüketim aktiviteleri sonucunda oluşan atıklarla havanın katmanları kirlenerek, yeryüzündeki canlı yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir (Kudal 2009).

2.2. Hava Kirliliği Kaynakları

Havanın kirlenmesine sebep olan kaynaklar iki önemli sınıfta toplanmaktadır. Hava kirliliği kaynakları Şekil 2.1’de verilmiştir. Bunlar;

- ✓ Doğal Kaynaklar
- ✓ Antropolojik (Yapay) Kaynaklar (Gökmen 2012).



Şekil 2.1. Hava kirliliği kaynakları (Demiraslan 2016).

2.2.1. Doğal Kaynaklar

Tabiatta meydana gelen doğal olaylar sonucunda oluşan maddeler, havanın kirlenmesine neden olmaktadır. Doğal kaynaklar, insanın hiçbir katkısının bulunmadığı doğal olayların etkisiyle meydana gelen kirlenmelerdir (Gökmen 2012). Bunlar; volkanik faaliyetler, orman yangınları, açık arazide yakma, hayvan ve bitki ölümlerinin ayrışması gibi kaynaklar bu sınıfta yer almaktadır. Doğal kaynakların oluşturduğu kirlenici miktarları çok yüksektir ve kontrol edilmesi oldukça güçtür (Kudal 2009).

2.2.2. Antropojenik (Yapay) kaynaklar

İnsanların çeşitli faaliyetlerinden dolayı meydana gelen kaynaklardır. Hareketsiz (sabit) kaynaklar ve hareketli kaynaklar şeklinde iki grupta toplanmıştır (Gökmen 2012).

- Hareketsiz (Sabit) Kaynaklar: Kirlenici kaynağın yeri sabit ve zamanla değişmiyorsa, bunlar sabit kaynaklar olarak sınıflandırılmaktadır. Sanayi tesisleri, termik santraller ve evsel ısıtma tesisleri gibi tesisleri kapsar (Kudal 2009).

Bu kaynaklar duman davranışı bakımından “noktasal kaynaklar” ve “alan kaynaklar” olmak üzere iki grupta incelenir.

Noktasal kaynaklar: Bu kaynak türü üretim faaliyeti sonucunda meydana gelen hava kirlenmelerinin, baca gibi tek bir noktadan atmosfere verildiği kaynak türüdür.

Alan kaynaklar: Kirleticilerin geniş bir alandan yayılım gösterdiği kaynaklardır. Örneğin; açık ocak türünde üretim yapılan maden sahaları bu sınıfa dahil edilmektedir. Ayrıca doğal kaynakların büyük bir kısmı da bu sınıfta yer almaktadır.

- b) Hareketli Kaynaklar: Kirliliğe yol açan kaynak sabit değil ve zaman içerisinde değişiyorsa bu kaynak türlerine hareketli kaynaklar denir. Örneğin, taşıtlardan kaynaklanan kirletici emisyonlardır (Kudal 2009).

2.3. Hava Kirleticileri

2.3.1. Karbon Monoksit (CO)

Oksijenin yeterli olmadığı yanma reaksiyonlarında meydana gelen ve havanın ortalama mol ağırlığına yakın mol ağırlığında olan zehirli bir gaz türüdür. Çıktığı kaynak noktasından atmosfere iyi dağılmaması ve renksiz, kokusuz özellikte olması ile varlığını fark ettirmeyen bir kirleticidir. Atmosferdeki yarılanma ömrü uzun olan gaz türüdür (Kunt 2007). Karbon monoksit başlıca kaynakları orman yangınları, katı atık yakma tesislerinden çıkan emisyonlar, taşıtların egzozlarından çıkan kirleticilerdir (Çetin 2010).

Karbon monoksitin insan sağlığı üzerindeki etkisi, alyuvarlardaki hemoglobinin karbon monoksit ile birleşmesi sonucunda karboksihemoglobin oluşturarak, dokulara oksijenin taşınmasını engellemektir (Kunt 2007). Böylece kanın oksijen taşıma kapasitesini azaltır ve baş ağrısı, yorgunluk, üst solunum yolu hastalıklarına ve hatta ölümlere neden olabilir. Bu nedenlerden dolayı insan sağlığı için en tehlikeli gaz türüdür (Pearson 2001).

2.3.2. Azot oksitler (NO_x)

Azot monoksit (NO), azot dioksit (NO₂), diazot oksit (N₂O), diazottrioksit (N₂O₃), diazottetoksit (N₂O₄), diazotpentoksit (N₂O₅) olmak üzere altı farklı gaz türünün karışımından meydana gelen bir gazdır. Azot oksit; renksiz, kokusuz ve suda az çözünen, renksiz ve kokusuz özelliktedir. Azot dioksit ise kırmızımsı-kahve renkli ve keskin kokuludur (Graham ve ark. 1997). Azot oksit ve azot dioksit kentsel ve endüstriyel alanlarda yüksek miktarda olduğundan, NO_x (NO+NO₂=NO_x) olarak adlandırılır (Harrison 1996). Atık gaz kanallarında ve atmosferde azot oksit hızlıca azot dioksite

dönüştüğü için NO_x , NO_2 olarak da kabul edilebilir (Cardu ve Baica 2005, Hill ve Smoot 2000).

Atmosferde yer alan NO'nun büyük çoğunluğu motorlu taşıt egzozlarından ve yakma tesislerinden meydana gelmektedir. Yakıt içerisinde yer alan azotlu bileşikler, yüksek sıcaklıkta yakılarak azotun oksijen ile birleşimi sonucunda azot oksitler oluşur (Coşgun 2012). Atmosferde kararlı ve kararsız olmak üzere iki türde yer alan azot oksitler yanma reaksiyonlarının ardından havaya karışan en önemli kirleticilerdir (Taş 2006).

Fotokimyasal smog (sis) oluşumunda NO ve NO_2 konsantrasyonları önemli etkiye sahiptir. Atmosferde bulunuş türleri ve konsantrasyonları buldukları yere, günün saatleri ve mevsimlere bağlı olarak farklılık gösterir (Graham ve ark. 1997). NO_x 'ların atmosferdeki kalış süresi yüksekliğe bağlı olarak değişir. Stratosferdeki kalış süresi birkaç ay iken, troposfer katmanında ise birkaç gündür (Köhler ve ark. 1997).

Atmosferde sınır değerde bulunan NO konsantrasyonları, bulunduğu zaman insanlar için tehlike yaratmaz. Fakat NO_2 yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu zaman, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratır. Astım problemi olan bireylerde orta dereceli konsantrasyonlar bile solunum yollarının tahrişine neden olmaktadır (Taş 2006). NO sinir sistemini etkileyerek solunum felcine neden olurken, NO_2 ise alveollerde harabiyete yol açar (Çetin ve ark. 2006b).

Azot oksitler kentsel alanlarda $\text{PM}_{2,5}$ ve PM_{10} 'un oluşmasında büyük önem taşırlar. PM, ışığı absorbe ederek sis oluşumunu sağlar ve görüş mesafesini azaltır (Kurvits ve Marta 1998). 0,3 ppm gibi düşük NO_2 konsantrasyonlarda bitkilere zarar vererek büyümeyi engeller. Daha yüksek konsantrasyonlarda bitki yapraklarında bozulmalar oluşturur (Sodhi 2000). NO asidifikasyona neden olmaktadır. Yağmurun pH'ı 5-6 arasında değişir ve genellikle hafif asidiktir. Ancak NO_x 'in atmosferde HNO_3 'e dönüşümüyle asit yağışı oluşmakta ve bu oluşum pH'ı 4-4,5 civarına indirmektedir. Bu da özellikle sucul ortamda, bitkiler üzerinde ve toprakta olumsuz etkilere neden olarak ötrofikasyon sonucunda su kalitesini bozar (Erisman 2003). Malzemeler üzerine korozyon etkisi yapar (Harrison 1996). NO_x 'lar, ozon oluşumunda önemli role sahiptir. Ozon, atmosferin üst kısmındaki katmanlarda canlıları güneş radyasyonundan koruma özelliğine sahipken, yeryüzüne yakın katmanlarda zararlı bir gaz türü olarak kabul edilir (WHO 2000, Mayer 1999).

2.3.3. Ozon (O₃)

Ozon, atmosferde eser miktarda kendiliğinden oluşan reaktif bir gazdır (Özaslan 2008). Atmosferde yer alan ozonun yaklaşık %10'u troposfer katmanında bulunur. Yeryüzüne yakın atmosfer katmanlarındaki ozonun temel kaynağı, azot oksitlerin ultraviyole ışınları ile reaksiyona girmesidir (Kudal 2009).

Stratosferde yer alan ozonun dünyayı, güneşten gelen zararlı ışınlara karşı koruyucu özelliği vardır. Troposferik ozon ise, atmosferdeki uçucu organik bileşikler ve azot oksitler gibi çeşitli kirleticilerin, fotokimyasal reaksiyona uğramasıyla oluşan bir kirletici türüdür ve antropojenik kaynaklardan atmosfere salınan bir kirletici değildir (Özaslan 2008). Troposferik ozon, küresel iklim değişikliğine yol açan sera gazlarından biridir (Kudal 2009).

2.3.4. Hidrokarbonlar (HC)

Atmosferdeki en önemli kirleticilerden biri de hidrokarbonlardır. Hidrokarbonlar, hidrojen ile karbon moleküllerinin belli oranda birleşimiyle oluşur. Hidrokarbonlar, alifatik ve aromatik olarak incelenirler. Alifatik hidrokarbonlar, düz zincirli doymuş hidrokarbonlardır ve alkanlar, alkenler ve alkinlerden oluşmaktadır. Aromatik hidrokarbonlar ise doymamış halkalı bileşiklerden oluşmaktadır. Naftalin ve benzen, aromatik hidrokarbon grubunda yer alır. Hidrokarbonların temel kaynakları petroldür. Atmosfere kirletici kaynaklardan çok miktarda alifatik ve aromatik yapıya sahip hidrokarbon yayılımı olduğu görülmektedir. Hidrokarbonların atmosfere yayılımı çoğunlukla benzinli motorlu araçlardan kaynaklanır (Akyürek 2012). Etilen doğrudan etkisi bilinen tek organik gaz kirleticisidir. Etilen, atmosferde belirli bir dozu geçtiğinde bitkilerin büyümesini durdurucu olarak etkilediği görülmektedir (Çoşgun 2012).

2.3.5. Kükürt dioksit (SO₂)

Kükürt oksitler, yanıcı olmayan renksiz bir gazdır ve birincil hava kirleticilerindedir. Atmosferdeki kalıcılığı 40 günü bulmaktadır. Kükürt oksitler, fosil yakıtların yanmasıyla meydana gelirler. SO₂'lerin %80'inden fazlasının endüstriyel kaynaklardan oluştuğu bilinmektedir (Kudal 2009). Yanardağlar, kükürt suları, kükürt gazı çıkaran yer altı kaynakları, kömür ve fuel-oil gibi yakıtlar, çürümekte olan organik maddeler SO₂'nin en önemli kaynaklarıdır (Özaslan 2008).

SO₂, atmosferde oksitlenmeyle hızlıca kükürt trioksit (SO₃) ve sülfata dönüşür. SO₃, sülfürik asidin anhidritidir. Yağmur ya da sis damlacıklarıyla birleşip havada sülfürik asit oluşumuna sebep olur (Çoşgun 2012). Isınmak için kömür kullanımının yaygın olduğu şehirlerde SO₂'nin atmosferdeki konsantrasyonunun daha yüksek olduğu görülmüştür. Teknolojinin gelişimi ve daha az kirlilik yaratan farklı enerji kaynaklarının kullanımıyla, SO₂ konsantrasyonlarında bir azalma eğilimi görülmektedir. Genel olarak şehir merkezinde ve endüstriyel bölgelerin etrafındaki SO₂ konsantrasyonları diğer bölgelere oranla daha yüksektir (Akyürek 2012).

SO₂ suda çözünen bir gaz olduğu için, kan dolaşımına kolayca girebilir ve üst solunum yollarında harabiyete, solunum yolları enfeksiyonlarının sıklığına ve bunların iyileşme süresinin uzamasına neden olmaktadır. Kronik etkisinden ziyade, yüksek konsantrasyonda akut etki gösteren kükürt dioksit gazı tıpkı sülfürik asit gibi tahrişlere neden olmaktadır (Akyürek 2012).

2.3.6. Partikül Madde

Partikül madde, standart koşullarda atmosferin içinde katı ya da sıvı halde bulunan birleşmemiş su haricindeki maddeler olarak tanımlanmaktadır (Kudal 2009). Partiküller boyut ya da çaplarına göre sınıflandırılırlar. Partikül çapı 10 µm'de küçük olan partiküller PM₁₀ ve partikül çapı 2,5 µm'den küçük olanlar PM_{2,5} olarak adlandırılır (Zeydan 2014). Çapları 10 mikrometre (PM₁₀) ve daha küçük olan partiküller insan sağlığı için zararlıdır (Pearson 2001).

Dizel yakıtlı taşıtların egzozları, evlerde ısınma amacıyla kullanılan yakıtların yanması, fosil yakıt kullanan elektrik santralleri, çimento fabrikaları ve taş ocakları, tehlikeli atık yakma ve katı atık depolama tesisleri partikül maddenin başlıca kaynaklarıdır (Zeydan 2014). Atmosferde bulunan partikül maddenin konsantrasyonu, atmosferik şartlara, coğrafik yapıya ve kirletici kaynakların bulunduğu konumuna bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Partikül maddenin en belirleyici özelliği taneciğin boyutudur. Duman is ve toz olarak partikül boyutlarına, yoğunluklarına ve kimyasal yapılarına göre sınıflandırılırlar. Partikül maddenin boyutu küçüldükçe sağlık üzerinde oluşturduğu etkide o kadar artmaktadır. 10 µm'den küçük çapta bulunan partikül maddeler, akciğerlere kadar ulaşarak insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olurlar (Coşgun 2012).

2.4. Hava Kalitesi Yönetimi ve Mevzuat

Sanayi ve enerji üretim tesislerinin faaliyetleri sonucunda atmosfere yayılan toz, duman, is, buhar, gaz ve aerosol halindeki emisyonları kontrol altına alarak; insanı ve çevresini havadaki kirlenmeler sonucu oluşacak tehlikelerden korumak; hava kirliliğinin olumsuz etkilerini gidermek ve bu etkilerin ortaya çıkmasını önlemek amacıyla “Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği” (SKHKKY) tarafınca 3 Temmuz 2009 tarih ve 27277 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (SKHKKY, 2009). Ayrıca 6 Haziran 2008 tarihli ve 26898 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği”(HKDYY) ile kirliliğin çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkisini önlemek için hava kalitesi hedeflerini tanımlamayı ve oluşturmayı amaçlanmıştır.

SKHKKY Ek-2’de bazı önemli tanımlara yer verilmiştir. Bunlar;

Tesis Etki Alanı: “Yönetmeliğin Ek 4’ne göre tespiti yapılan baca yüksekliklerinin 50 (elli) katı yarıçapa sahip alan, tesis etki alanı olarak tanımlanır. Zeminden itibaren emisyonların efektif yüksekliği ($\Delta h+h$) 30 m’den daha az olan tesislerde, tesis etki alanı, bir kenar uzunluğu 2 km olan kare şeklindeki alandır. Baca dışı emisyon kaynaklarının (alan kaynak) yüzey dağılımı 0,04 km²’den büyükse, tesis etki alanı, alan kaynak karenin ortasında olmak üzere bir kenar uzunluğu 2 km olan kare şeklindeki alandır. Emisyon kaynaklarının yüzeydeki dağılımının tespitinde tesisin etki alanı esas alınır.”

Kısa Vadeli Değer (KVD): “En yüksek günlük ortalama değerler ya da istatistiksel olarak tüm ölçüm sonuçları sayısal değer büyüklüklerine göre sıralandığında, ölçüm sonuçlarının yüzde 95’ine tekabül eden değerdir. Çöken tozlar için farklı olarak aşılması gereken en yüksek aylık ortalama değerleri” şeklinde ifade etmektedir.

Kısa Vadeli Sınır Değer (KVS): Havadaki kirleticilerin yüksek konsantrasyonlarda kısa sürede maruz kalınmasıyla ortaya çıkan akut etkiler için verilen limit değerleri göstermektedir. “En yüksek günlük ortalama değerleri ya da sayısal değerlerinin büyüklüğüne göre sıralandığında, istatistik olarak bütün ölçüm sonuçlarının yüzde 95’ine tekabül eden değere denir. SKHKKY Ek-2, Tablo 2.2 de verilen değeri aşmaması gereken değerdir.”

Uzun Vadeli Değer (UVD): Yapılan bütün ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olan değerdir.

Uzun Vadeli Sınır Değer (UVS): Havada düşük konsantrasyonda bulunan kirleticilerin uzun süre maruziyeti sonucu ortaya çıkan kronik etkiler için belirtilen üst limit değerleri göstermektedir. “Yapılan bütün ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olan, SKHKKY Ek-2 Çizelge 2.2’de verilen değeri aşmaması gereken değeri” şeklinde ifade etmektedir.

Toplam Kirlenme Değeri (TKD): “Ölçüm ya da hesapla elde edilen Uzun Vadeli Değer (UVD) ile, yeni kurulacak tesislerde etki alanı içinde hesaplanmış, Hava Kirlenmesine Katkı Değerinin (HKKD) toplamından elde edilmesi” şeklinde mevzuatta verilmiştir.

$$TKD = HKKD + UVD$$

Hava Kirlenmesine Katkı Değeri (HKKD): “Tesis etki alanı içinde, her bir inceleme alanında bulunan tüm tepe noktalarında ve bütün yayılma durumları için hesaplanan değer aritmetik ortalamasıdır. Bu değer, Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden saatlik meteorolojik verilerin alınabilmesi halinde saatlik, yoksa günlük, aylık ve yıllık olarak hesaplanır.”

Tesislerin emisyon kaynaklarından atmosfere verilen toplam kütleli debiler için yönetmelikte yer alan limit değerler Çizelge 2.1’de verilmiş olup bu limit değerleri aşmamalıdır.

Çizelge 2.1. Atmosfere verilen toplam kütleli debi sınır değerleri (SKHKKY Ek-2)

Karbon monoksit (bacalardan)	500 kg/saat
Kükürt dioksit (bacalardan)	60 kg/saat
Azot dioksit (bacalardan)	40 kg/saat
Toz (bacalardan)	10 kg/saat

Tesis etki alanında oluşan emisyonların Hava Kirlenmesi Katkı Değeri (HKKD) hesaplanırken öncelikle mümkünse saatlik olarak, mümkün değil ise, günlük, aylık ve yıllık olarak hesaplanır. Mevcut tesis için, aylık olarak hesaplanmış (HKKD) en yüksek olduğu farklı inceleme alanlarında her bir inceleme alanında bir istasyon olmak üzere en az iki istasyon kurularak, bir ay süreyle sürekli olarak hava kalitesi ölçümleri yapılır.

Çizelge 2.2’de SKHKKY’ne göre tesis etki alanında uzun ve kısa vadeli sınır değerler ve yıllara göre sınır değerlerin kademeli azaltımı ile Çizelge 2.3’te Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği CO ve NO₂ parametreleri için limit değerler tablosu aşağıda gösterilmektedir.

Çizelge 2.2. Tesis etki alanında uzun vadeli, kısa vadeli sınır değerler ve kademeli azaltım tablosu (SKHKKY Ek-2)

Parametre	Süre	Birimi	YIL						
			2014	2015	2016	2017	2018	2019-2023	2024 ve sonrası
SO ₂	Saatlik (bir senede 24 defadan fazla aşılmaz)	µg/m ³	500	470	440	410	380	350	350
	24 saatlik		250	225	200	175	150	125	125
	UVS		60	60	60	60	60	60	60
	**Yıllık ve kış dönemi (1 Ekim- 31 Mart)		20	20	20	20	20	20	20
NO ₂	Saatlik (bir senede 18 defadan fazla aşılmaz)	µg/m ³	300	290	280	270	260	250	200*
	yıllık		60	56	52	48	44	40*	40
Havada Asılı Partikül Madde (PM 10)	24 saatlik (bir senede 35 defadan fazla aşılmaz)	µg/m ³	100	90	80	70	60	50	50
	Yıllık		60	56	52	48	44	40	40
CO	maksimum günlük 8 saatlik ortalama	mg/m ³	16	14	12	10	10	10	10

Benzen ile ilgili sınır değer hava kalitesi yönetmeliğinde olmasına rağmen söz konusu tabloda yer almamaktadır.

*Sınır değer 2024 yılı hedeflerine ulaşılan kadar yıllık eşit olarak azaltılacaktır.

**Ekosisteminkorunması

Çizelge 2.3. CO ve NO₂ için limit değerler (HKDYY 2008)

Kirletici	Ortalama süre	Limit değer	Tolerans payı	Üst değerlendirme eşiği	Alt değerlendirme eşiği	Limit değere ulaşılacak tarih	Uyarı eşiği
NO ₂	saatlik -insan sağlığının korunması için-	200 µg/m ³ (bir yılda 18 defadan fazla aşılmaz)	1.1.2014 tarihinde 100 µg/m ³ (% 50) ve 1.1.2024 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	limit değer in %70'i (140 µg/m ³ bir yılda 18 defadan fazla aşılmaz)	limit değer in %50'si (100 µg/m ³ bir yılda 18 defadan fazla aşılmaz)	1 Ocak 2024	400 µg/m ³ (hava kalitesinin temsili bölgelerinde bütün bir "bölge" veya "alt bölge" de veya en azından 100 km ² 'de- hangisi küçük ise- üç ardışık saatte ölçülür)
	yıllık -insan sağlığının korunması için-	40 µg/m ³	1.1.2014 tarihinde 20 µg/m ³ (% 50) ve 1.1.2024 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	limit değer in %80'i (32 µg/m ³)	limit değer in %65'i (26 µg/m ³)	1 Ocak 2024	
NO _x	yıllık - vejetasyonun korunması için-	30 µg/m ³	-	limit değer in %80'i (24 µg/m ³)	limit değer in %65'i (19,5 µg/m ³)	1.Ocak 2014	
Karbon monoksit	Maksimum günlük 8 saatlik ortalama -insan sağlığının korunması için-	10 mg/m ³	1.1.2014 tarihinde 6 mg/m ³ (%60) ve 1.1.2017 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır.	limit değer in %70'i (7 mg/m ³)	limit değer in %50'si (5 mg/m ³)	1 Ocak 2017	

2.5. Hava Kalitesi Modelleri

Hava kalitesi modelleri herhangi bir kaynaktan verilen kirletici gazların atmosfere yayılmasının ardından atmosferdeki dağılımını; rüzgar hızı ve yönü, atmosferdeki dikey karışımı ve hava sıcaklığı gibi birçok meteorolojik değişkenlere bağlı kalarak matematiksel olarak ifade edilen modellerdir (Akmızra 2012). Modelleme uygulamaları, genel olarak endüstriyel işletmelerin yer seçiminde ve planlanmasında gerekli ölçütlerin belirlenmesi, Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) çalışmaları, işletmelerin minimal baca yüksekliği tespiti, hava kalitesi kontrol yöntemlerinin planlanması ve geliştirilmesi, hava kalitesinin iyileştirilmesi için alınabilecek önlemlerin tespit edilmesinde sıklıkla kullanılan yöntemlerdir (Erdoğan 2012).

Kirletici maddelerin taşınımı kütle korunumu kanununa dayanmaktadır. Hava Kalitesi modelleme çalışmalarının amacı kirletici emisyonlarını simüle etmek ve kirletici maddelerin derişimlerini zaman ve yer bazında tahmin etmektir. Bu modellerde, kirletici dağılımlarını hesaplamak için hava kalitesi model yöntemlerinde kullanılmak üzere bazı temel datalara ihtiyaç vardır. Bu veriler iki temel veri türünden oluşur. Bunlardan birincisi emisyon kaynaklarının özelliklerini, konumunu ve türünü içeren emisyon verileridir. Diğer ise rüzgarın hızı ve yönü, havanın sıcaklığı, kirleticilerin atmosferde karışma yüksekliği ve bulutluluk gibi meteorolojik verilerdir (Akmızra 2012).

Emisyon verileri ve meteorolojik verilerin modelleme programına girilmesinden sonra, matematiksel yöntemlerle kirletici maddelerin havadaki taşınım ve dispersiyonu ya da kimyasal ve fiziksel reaksiyonları modelleme aracılığıyla simüle edilir. Modelleme çıktıları istenilen zaman ve koordinatlardaki, kirletici konsantrasyonlarının dağılım haritalarından oluşmaktadır (Gökmen 2012).

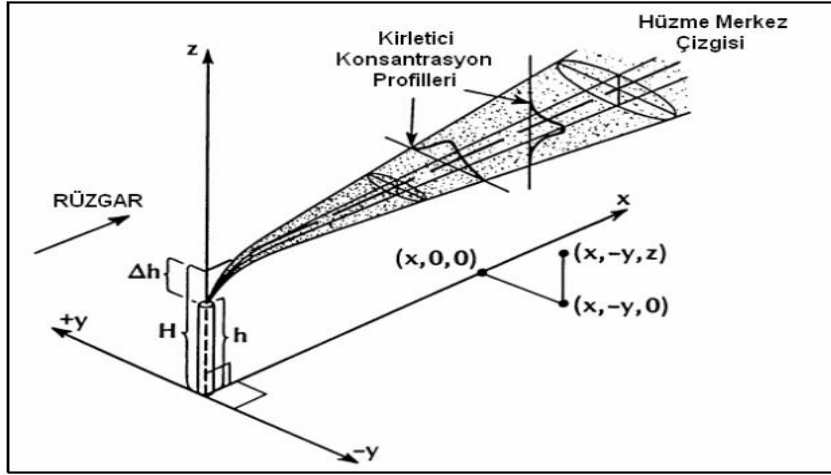
Modellemede beş önemli yaklaşım bulunur (Demirarslan vd. 2008, Gökmen 2012). Gökmen tezinde bu yaklaşımları kullanmıştır. Modelleme yaklaşımları;

1.Kutu (Box) Modellemesi: Kutu modellemesi, hava kalitesi modelleme yaklaşımları içinde en basit olan model türüdür. Kirleticiler, sabit hacimdeki üç boyutlu dikdörtgen bir kutunun içinde üniform olarak karıştığı teorisini esas alır (Ertürk 2003). Bu modelde hava olayları bir kutu içerisinde birleştiği düşünülerek, atmosferin tamamında yapılan

modellemeye kıyasla daha iyi sonuçlar verebilmektedir. Bu modelleme yaklaşımında, kutu içerisindeki gazların üniform olarak dağılım gösterdiği ve homojen olarak karıştığı varsayılmaktadır. Bu varsayımlar modeli daha basit ve kısıtlı hale getirmektedir (Gökmen 2012).

2. Gauss Modellemesi: Gauss modelleme yaklaşımı, hava kalitesi modelleri içinde en çok tercih edilen model türüdür. Bu modelleme yaklaşımında, kirleticilerin Gaussian dağılım eşitliği esasına göre dağılım gösterdiği varsayılmaktadır. Gaussian Dağılımı, emisyon kaynağının etrafındaki kirletici konsantrasyonlarını tahmin etmek ve aynı zamanda emisyon kaynağından çıkan kirletici maddenin atmosferdeki yayılımını karakterize etmek için matematiksel yöntemler kullanılır. Gauss modeli, kirletici maddelerin adveksiyonu ve difüzyonunun incelenmesini ve bu maddelerin yaş ve kuru depozisyonları ile hızlı kimyasal tepkimelerinin gözlemlenmesini sağlamaktadır (Gökmen 2012).

Gauss dispersiyon modeli bir kirletici kaynaktan yayılan emisyonların rüzgar doğrultusunda oluşturduğu konsantrasyonların belirlenmesinde kullanılan model türüdür. Bu model, Şekil 2.2.'de verilen noktasal kaynaktan yayılan hüzmenin kararlı halde olması, rüzgarın doğrultusuna dik olan eksenlerde (y ve z eksenleri) belirli bir aşamada "Normal" ya da "Gauss" tipi bir dağılım gösterdiği esasına dayanmaktadır. Hüzmenin rüzgar ile birlikte hareket etmesindeki en temel etken türbülansdır. Hüzmenin merkezinden geçen çizgide (x ekseninde) en yüksek kirletici konsantrasyonu oluşmaktadır (Colls 2002). Bir nokta kaynaktan atmosfere verilen kirletici gaz hüzmesi, Şekil 2.2'de atmosferik türbülans hareketleri oluşturup dağılım göstererek genişlemektedir. Hüzmenin boyutu genişledikçe, daha büyük türbülans oluşturarak kirleticilerin dispersiyonuna etki etmiştir. Türbülans hareketlerinin boyutları, kaynağa olan yakınlık ve uzaklığına göre değişkenlik göstermektedir. Dolayısıyla, kirletici gaz hüzmenin yayılma hızı yalnızca türbülans hareketlerinin şiddetine ve dağılımına bağlı kalmaz, aynı zamanda hüzmenin boyutuna ve kaynaktan başlayarak hareket süresine bağlıdır (Demir 2007). Y ve z eksenleri boyunca hüzmenin genişlemesi, y ve z doğrultusundaki hüzmenin standart sapmasının (σ_y ve σ_z) hesaplanmasıyla belirlenir. Modelde σ_y ve σ_z değerlerinde yapılan değişiklikler hüzmenin yer şekillerinden etkilendiği biçiminde tanımlanmaktadır (Holmes ve Morawska 2006).



Şekil 2.2. Bir nokta kaynak emisyonunun atmosferde taşınım hareketi (Demir 2007)

Kirlenici, hüzmeye baca yüksekliği olan h seviyesinden atmosfere verilmesine karşın, atık gazların sıcaklığından oluşan ısıl kaldırma kuvveti ve bacanın çıkış hızından (V_s) meydana gelen momentum kuvvetinin etkisiyle Δh 'a kadar daha yükselir. Bu yöntemin sonucunda kirlenici gaz hüzmeye, etkin baca yüksekliği ($H=h+\Delta h$) şeklinde formülize edilen bir yükseklikten, havaya bırakılmış gibi görülür (Erdoğan 2012).

Gauss dispersiyon modelinin kabul kriterleri aşağıda verilmiştir:

- Kararlı durumdadır ve kirlenici emisyonu sabittir, zamanla değişmez.
- Rüzgar hızı sabittir, zamanla değişmez.
- Rüzgar sadece + x yönünden eser.
- Kirleniciler, x doğrultusunda rüzgar hızı (u) ile hareket etmekte, y ve z doğrultularında türbülans dispersiyonuyla dağılım göstermektedir.
- Kütle korunumu mevcut olduğundan, kirleniciler kimyasal reaksiyona girmezler ya da herhangi bir atmosferik giderim mekanizması ile konsantrasyonları değişmez.
- Kirlenici partikül madde ise; çökelmeye uğramaması için parçacık çapının 20 m'den küçük olması gerekir. Bu nedenle iri toz tanecikleri için modelde modifikasyon yapılmalıdır (Karaca ve Ertürk 1998; Pierce ve ark. 1998; Colls 2002).

Hüzmenin atmosferde fiziksel olarak göstermiş olduğu dağılımı, matematiksel olarak Gauss dağılım denkleminde ifade edilmiştir. Gauss denklemi aşağıda verilmiştir.

$$C(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right] \left\{ \exp\left[-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\} \quad (2.1)$$

Bu denkleme göre;

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

u: x-yönündeki ortalama rüzgar hızı (m/s)

Q :Kirlenici emisyonu ($\mu\text{g}/\text{s}$)

σ_y :y yönünde hızın standart sapması (m)

σ_z :z yönünde hızın standart sapması (m)

H: Etkin baca yüksekliği (m)

Gauss dağılımının olduğu y ve z eksenindeki kirlenici dağılımı, dispersiyon katsayıları (σ_y ve σ_z) olarak ifade edilen dağılım katsayıları ile temsil edilebilmektedir. Dispersiyon katsayılarına etki eden faktörler, kaynaktan uzaklığına (x mesafesi) ve atmosferin kararlı durumudur. Kirlenicilerin dağılmasında alıcı ortamın kaynağa uzaklığı kadar ortam atmosferinin termal yapısı da önem taşımaktadır. Dispersiyon katsayısı arttıkça, kirlenici dağılımları daha fazla olacağından alıcı noktadaki konsantrasyon değeri daha düşük olacaktır (Demir 2007).

Gauss dispersiyon modeli ile kirlenici konsantrasyonlarının hesaplanabilmesi rüzgar hızına ihtiyaç duyulmaktadır. Meteorolojik ölçümler esnasında rüzgar hızı anemometre yüksekliğinden ölçülmektedir. Farklı yükseklikteki rüzgarlarının hesaplanması Denklem (2.2)'ye göre yapılmaktadır (Zeydan 2014).

$$u_z = u_0 \left(\frac{z}{z_0}\right)^p \quad (2.2)$$

Burada,

u_z : z yüksekliğindeki rüzgar hızı (m/s)

u_0 : Anemometre yüksekliğindeki rüzgar hızı (m/s)

z: Yükseklik (m)

z_0 : Anemometre yüksekliği (m)

p: Parametre (pürüzlülük ve stabiliteye bağlı) (p değeri Çizelge 2.4'den seçilir.)

Çizelge 2.4. Pürüzlülük ve stabiliteye bağlı p parametresi (Colls, 2002).

Pasquill Stabilite Sınıfı	p (engebeli arazi)	p (düz arazi)
A(en kararsız)	0,15	0,07
B	0,15	0,07
C	0,20	0,10
D	0,25	0,15
E	0,40	0,35
F(en kararlı)	0,60	0,55

3.Lagrangian Modellemesi: Genellikle kutu modellemesine benzer ve kirletici konsantrasyonlarının bir kutu içinde olduğunu kabul ederek modelleme yapar. Bu modelleme türü ile değişkenlik gösterebilen rüzgar yön ve hızları ve kararlı olmayan meteorolojik olaylar gibi durumlar incelenebilir (Gökmen 2012).

4.Eularian Modellemesi: sabit bir koordinat sisteminde kirleticilerin hareketlerini modeller. Isının hareketi ve kütle transferinin belirlendiği yaygın olarak kullanılan bir yaklaşımdır. Kirleticiler özel bir hacme sahip hava kutusu içerisinde üniform şekilde dağılım gösterir (Gökmen 2012).

5.Yoğun Gaz Modellemesi: Bu yaklaşım kirliliğe neden olan gazların aşırı yoğunlukta görüldüğü durumlarda tercih edilir (Gökmen 2012).

2.5.1. Yaygın Kullanılan Hava Kalitesi Dağılım Modelleri

Hava kalitesinin belirlenmesi çalışmalarında EPA tarafından kabul görmüş modeller yaygın olarak kullanılır. Bu modeller; AERMOD(American Meteorological Society/Environmental Protection Agency Regulatory Mode), ISC3 (Industrial Source Complex Short Term 3) ve CALPUFF (California puff modeli) olup, bu modellerin özellikleri Çizelge 2.5'te verilmiştir.

Çizelge 2.5. Yaygın olarak kullanılan üç hava kalitesi modelinin özellikleri (Dölek 2007; EPA 2012).

ÖZELLİK	ISC3	AERMOD	CALPUFF
Model formülasyonu	Kararlı hal Gauss duman dağılımı	Kararlı hal Gauss duman dağılımı	Kararsız hal Lagrangian Puff dağılımı
Modellenen kaynak tipleri	Nokta, alan, hacim kaynaklar	Nokta, alan, hacim kaynaklar	Nokta kaynaklar (devamlı veya değişken emisyonlar), çizgisel kaynaklar, hacimsel kaynaklar, alansal kaynaklar
Duman dağılımı	<ul style="list-style-type: none"> • Baca üzerindeki rüzgar hızı ve dikey sıcaklık gradyanıyla Briggs eşitliğinin kullanılması • Yatayda ve dikeyde Gaussian işlemleri • 6 farklı kararlılık sınıfına ve dağılım eğrisi (Pasquill-Gifford) yüzey salım deneylerine dayanmaktadır. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kararlı durumlarda, baca üstünde ve duman yükselmesinin yarı yolunda rüzgar ve sıcaklık gradyanıyla Briggs eşitliği kullanılır. Konvektif durumlarda duman yükselmesi rastgele konvektif hızlarla çakıştırılır. • Kararlı durumlarda, dikey ve yatayda Gaussian işlemler, kararsız durumlarda dikeyde Gaussian olmayan muhtemel yoğunluk fonksiyonu • Yatay ve dikey türbülans profilleri kullanılır (ölçülen değerler ve/veya PBL teorisi) farklı formülasyonlardan ziyade devamlı büyüyen duman fonksiyonu kullanılır. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kısmi nüfuz • Yüzme ve momentum yüksekliği • Baca tip etkisi • σ_v, σ_w nin direk ölçümleri • Benzerlik teorisine dayanarak σ_v, σ_w değerlerinin tahminleri • PG dağılım sabitleri (kırsal kesim) • MP dağılım sabitleri (kentsel alan) • CTDM dağılım katsayıları (nötr/kararlı) • İletimsel sınır katmanı için PDF formülasyonu
Meteorolojik veri girişleri ve profilleri	<ul style="list-style-type: none"> • Kabul edilen tek bir veri vardır • Sadece rüzgar hızı profili 	<ul style="list-style-type: none"> • İsteğe bağlı olarak birçok veri girilebilir. • AERMOD eldeki bütün ölçüm verilerini kullanarak rüzgar, sıcaklık ve türbülans profillerini oluşturmaktadır 	<ul style="list-style-type: none"> • Üç boyutlu meteorolojik değişkenlerin alanları (rüzgar hızı ve yönü, sıcaklık) • Karşım yüksekliği, sürtünme hız ölçüğü, monin-obukhov uzunluğu, yağışlılık oranı alanlarının değişkenlikleri • Dikey ve yatay türbülans vedağılım oranları
Modelleme alanı topografyasının karakterizasyonu	<ul style="list-style-type: none"> • Sadece kentsel veya kırsal seçeneği • Her bir alıcı noktasının yüksekliği 	<ul style="list-style-type: none"> • Farklı yüzey karakteristikleri için aylık pürüzlülük, albedo ve bowen oranı kullanıcı tarafından seçilebilir. • Her bir alıcı noktasının bulunduğu noktanın ve tepenin yükseklikleri, burada AERMAP programı tarafından dijital yükselti modeli (DEM) kullanarak özelleştirilmektedir. 	<ul style="list-style-type: none"> • CTDM akım modülü • Bölümlemiş akım, H_d • H_d tepe üzeripuff akımları ve yükseklik difüzyon oranı deneyleri • Tepe civarında H_d altı puff sapması dağılımı ve tepe etrafında sarılması
Yapılardan kaynaklı aşağı akım etkisi	Huber-Snyder Scire-Schulman algoritmalarının birleşimi	Birçok yeni PRIME algoritmaları yüklenmiştir	Huber-Snyder metodu Schulman-Scire metodu
Modelleme mesafesi	50 km ye kadar	50 km ye kadar	250 km ye kadar
Kıyasal Etkileşim	Kıyasal etkileşim algoritması bulunmamakta	Kıyasal etkileşim algoritması bulunmamakta	Deniz aşırı ve kıyasal etkileşim için algoritma vardır

Çizelge 2.5. Yaygın olarak kullanılan üç hava kalitesi modelinin özellikleri (Devamı..), (Dölek 2007; EPA 2012)

ÖZELLİK	ISC3	AERMOD	CALPUFF
Birikimler	Kuru ve yaş birikim	Kuru ve Yaş birikim	<p>Kuru birikim seçenekleri</p> <ul style="list-style-type: none"> • Direnç modelli zaman ve mekana değişkenli birikim • Her kirletici için kullanıcı tarafından seçilen günlük çevrim • Kuru birikim yok <p>Yaş birikim seçenekleri</p> <ul style="list-style-type: none"> • Giderim sabiti yaklaşımı <p>Yağış yoğunluğu ve yağış çeşidinin giderim oranı fonksiyonu</p>
Kimyasal Dönüşüm	Basit kimyasal dönüşüm hesaplamaları	Basit kimyasal dönüşüm hesaplamaları(SO ₂)	<ul style="list-style-type: none"> • SO₂, SO₄²⁻, NO_x,NO₂, HNO₃ ve NO₃ için kimyasal mekanizmalar (MESOPUFF II metodu) • SO₂, SO₄²⁻, NO_x,NO₂, HNO₃ ve NO₃ için kimyasal mekanizmalar (RIVAD/ARM3 metodu) <p>Her kirletici için kullanıcı tarafından seçilen günlük çevrim</p>
Dikey rüzgar hesaplamaları	Hesaplanmamaktadır	Hesaplanmamaktadır	Puff hesaplamaları

ISC3 Dağılım Modeli

ISC3 modeli; noktasal, alansal ve çizgisel kaynak türlerinden çıkan kirletici konsantrasyonların öngörüsünde kullanılan bir Gauss dispersiyon modelidir (Erdoğan 2012). Bu model, yer düzeyinde oluşan kirletici konsantrasyonlarının hesaplamasını yapmakta, aynı zamanda ıslak ve kuru çökme ve bina çökmesi (bulding down wash) gibi durumları açıklayan algoritmaları içermektedir. Atmosferik koşulların modele tanımlanmasında reel zamanlı meteorolojik datalar kullanır (Gökmen 2012).

ISC3 modelinin özellikleri şu şekilde sıralanmıştır;

- ✓ Kirleticilerin, kaynaktan itibaren 50 km uzaklığa kadar herhangi bir tepkimeye girmeden dağılımının hesaplanmasında kullanılmaktadır.
- ✓ Modelin kullanım amacına göre 2 ayrı sürümü bulunmaktadır. ISCST3; kısa süreli kirleticilerin dağılımları için, ISCLT3 uzun süreli kirleticilerin dağılımlarında kullanılmaktadır (EPA 2012).
- ✓ Kompleks endüstriyel kaynakların (bir ya da birden fazla noktasal, alansal, çizgisel ve hacimsel kaynakların) oluşturduğu kirliliklerin dağılımında kullanılmaktadır.
- ✓ Kırsal ve kentsel bölgeler için konsantrasyon öngörüsü yapmaktadır.
- ✓ Yaş ve kuru çökme konsantrasyonlarının hesabını yapmaktadır (Akmırza 2012).

CALPUFF Modeli (California Puff Model)

CALPUFF, ABD Çevre Koruma Ajansı (US EPA) tarafından geliştirilen ve Gaussian dağılım esasına dayanan bir Lagrangian puff modelidir (Erdoğan ve Akmırza, 2012). Kirleticilerin taşınımı, ıslak-kuru çökme işlemleriyle kirleticilerin uzaklaştırılması gerçekleşir. Aynı zamanda kirleticilerin kimyasal tepkimelere dönüşümü esnasında, geçici ve mekânsal olarak farklılık gösteren meteorolojik değişkenlerin etkilerini simülize eden çok katmanlı bir dağılım modelidir (Gökmen 2012).

CALPUFF modeli 3 ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla; CALMET, CALPUFF ve CALPOST'tur. CALMET meteorolojik bir model olup, 3 boyutlu bölmelere ayrılmış arazi üzerinde, saatlik rüzgar ve sıcaklık haritası oluşturulur. CALMET tarafından oluşturulan dosyada, karışım yüksekliği ve yüzey karakteristiği verileri yer alır (Gökmen 2012). CALPUFF taşınım ve yayılım modelidir. Kirleticinin kaynaktan başlayarak

yayımlarını inceler. CALPUFF yazılımında oluşturulan sonuç dosyasında tüm alıcı noktalara ait konsantrasyon değerleri bulunmaktadır (Erdoğan 2012). Modelin son kısmı olan CALPOST kirletici konsantrasyonlarını eş konsantrasyon eğrilerine dönüştürüp, haritalar oluşturarak görsel hale getirir (Akmırza 2012).

CALPUFF modelinin özellikleri şu şekilde sıralanmıştır;

- ✓ Kirleticilerin uzun mesafede 50~200 km arası taşınımının modellenmesini yapabilmektedir,
- ✓ Karmaşık, kararsız meteorolojik koşullar, komplike arazi yapısı, kıyı bölgelerindeki komplike akımlar (zaman ve mekana göre değişkenlik gösteren rüzgar ve türbülans bölgeleri) için modellenmesini yapabilmektedir.
- ✓ Ayrıntılı meteorolojik ve jeofiziksel veri girdilerine ihtiyaç duymaktadır.
- ✓ Çoklu kaynakların (noktasal, alansal ve çizgisel kaynaklar) modellenmesini yapabilmektedir (Erdoğan 2012).

AERMOD Modeli

AERMOD modeli ilk kez 1991 yılında geliştirilmiş olup, 2005 yılında ise EPA tarafından resmi olarak onaylanmıştır (Akmırza 2012). Kararlı bir hal olan Gaussian dağılım esasına dayanmakta olan bu model, sabit bir kaynak aracılığıyla atmosfere verilen kirleticilerin dağılımının hesaplanması için geliştirilmiştir (Gökmen 2012).

AERMOD modeli 3 modülden oluşur. AERMET modülü meteorolojik veri ön işlemcisi olup, saatlik meteorolojik verileri (rüzgarın hız ve yönü, sıcaklık, basınç ve bulutluluk oranı) ve arazi yüzey özelliklerini kullanarak sürtünme hızı, Monin-Ubukhov uzunluğu, konvektif hız ve sıcaklık ölçeği, karışım yüksekliği, yüzey ısı akısı gibi dağılım modeli için gerekli atmosferik değişkenleri hesaplayan model giriş dosyasıdır (Brode 2006).

AERMAP modülü arazi ön işlemcisi olup, esas amacı hava kirliliği davranışları ile arazi özellikleri arasındaki fiziksel bağı kurarak, her bir alıcı noktasının yeri için konum ve yükseklik verilerinden oluşan bölümdür (Laffoon 2005).

AERMOD'da, havadaki kararsız olan koşullar için "non-gaussian probability density function" varsayımını, kararlı olan koşullar içinse gaussian dağılımını kullanılmaktadır.

Kentsel alanlarda yapılan modellemelerde “ısı adası” kavramını dikkate alarak çalışma yapar. AERMOD arazi yapısını dikkate alarak, kirletici kaynaktan yayılan gazın, arazi yapısına göre hareket ettiğini varsaymaktadır. Topografik yapısı daha kompleks olan coğrafi bölgelerde daha doğru sonuçlar elde edilir. Bu model, atmosferik kararlılık sınıflarını kullandığında “yüzey sınır tabakası” temeline dayanarak işlem yapar. Atmosferik kararlılığı belirlerken, yüzey pürüzlülük ve moyn-obukhov (L) uzunluğunu esas alarak hesaplar (Brode 2006). Yüzey pürüzlülük uzunluğu model sonuçlarını ciddi düzeyde etkiler (Akmırza 2012). Albedo ve Bowen oranının etkisinin çok az olduğu, yıllık model sonuçlarına ise hiç etkisinin olmadığı görülmüştür (Laffoon 2005). Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, AERMOD modeli; rüzgarın hızı ve yönüne, yüzey pürüzlülük uzunluğuna üst düzeyde duyarlılık gösterdiği görülmüştür (Erdoğan 2012).

AERMOD modelinin özellikleri şu şekilde sıralanmıştır;

- Kirletici kaynakların en fazla 50 km uzaklığına kadar olan bölgeler için kullanılmaktadır.
- Birden fazla endüstriyel kaynak (tek ya da çoklu noktasal, alansal, çizgisel, hacimsel kaynaklar) için kullanılmaktadır.
- Sabit ve değişken emisyon bilgileriyle gaz ve partikül birikimini, ıslak ve kuru çökme konsantrasyonlarının sonuçlarını vermektedir.
- Kırsal ve kentsel yerleşim bölgeleri için konsantrasyon tahminlerini yapmaktadır (Erdoğan 2012).

AERMOD modelinin, engebeli bir arazide stabil ve konvektif durumlarda kirletici konsantrasyonunu hesaplamasında kullanılan denklem 2.3'te gösterilmiştir. Şekil 2.3'te toplam konsantrasyonun, hüzmenin yataydaki konsantrasyonu ile araziden yansıyan hüzmenin konsantrasyonlarının ağırlıklı toplamına eşit olduğu görülmektedir (Zeydan 2014).

$$C_T \{x_r, y_r, z_r, \} = f * C_{c,s} \{x_r, y_r, z_r, \} + (1-f) * \{x_r, y_r, z_p, \} \quad (2.3)$$

Denklemdede;

$C_T \{x_r, y_r, z_r, C_T, \}$: Toplam konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

$C_{c,s} \{x_r, y_r, z_r, \}$:Yatay hüzmeden kaynaklanan konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

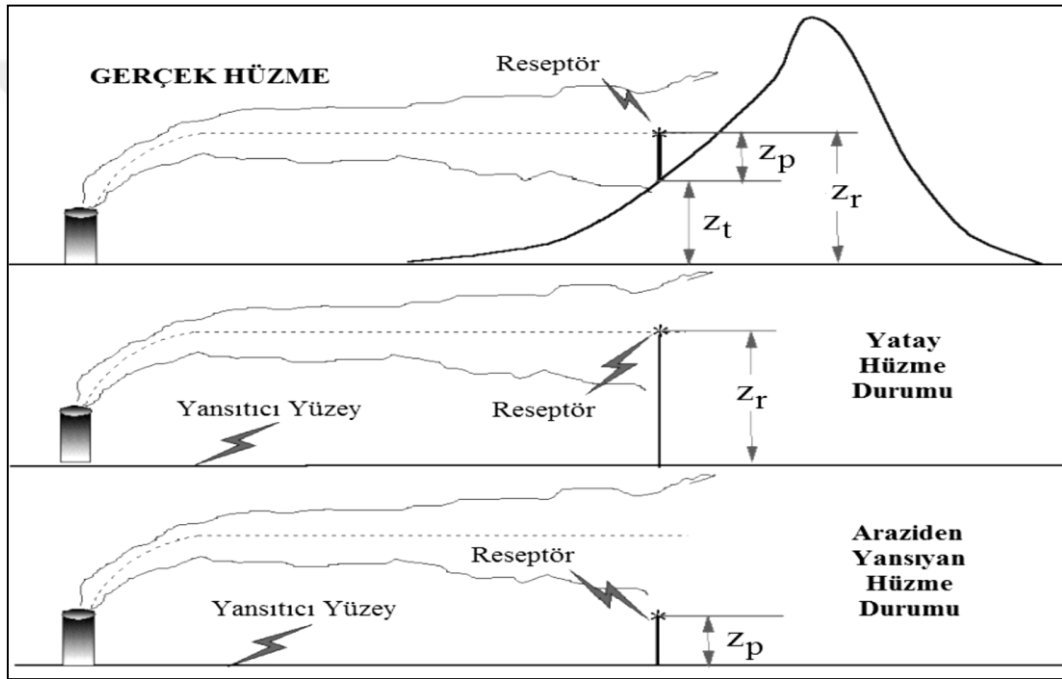
$C_{c,s} \{x_r, y_r, z_p, \}$: Araziden yansımadan kaynaklanan konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

f: Hüzme ağırlık fonksiyonu

z_r : Hüzme merkez çizgisi yüksekliği (m)

z_i : Reseptör noktasındaki arazinin yüksekliği (m)

z_p : Reseptörün yüksekliği (m) dir.



Şekil 2.3. AERMOD modelinde kullanılan yükseklikler (Zeydan 2014).

Denklem (2.3)'deki alt indisler "c" ve "s" konvektif ve stabil koşulları ifade etmektedir. Reseptör noktasının yüksekliği, hüzme merkez çizgisinin yüksekliğiyle reseptör noktasındaki arazinin yükseklik farkına eşittir (Denklem 2.4). Düz arazide ise arazi yüksekliği (z_t) sıfır olacağı için konsantrasyon sadece yatayda yer alan hüzmeden kaynaklanacaktır (Jeong 2011).

$$z_p = z_r - z_t \quad (2.4)$$

2.6. Model Kalibrasyonu, Doğrulaması ve Performans Değerlendirilmesi

Modelleme çalışmalarında kalibrasyon ve doğrulama en önemli adımlardır (Donigian 2002). Modellemenin ilk aşaması kalibrasyon testidir (Himesh ve ark. 2000). Model kalibrasyonu, arazi gözlemleri ve model tahminlerinin karşılaştırılmasıyla sonucunda model parametreleri için tahminlerin elde edilmesi sürecidir (Manivanan 2008). Eğer bu süreçte farklılıklar var ise modeli karakterize eden katsayılarla düzeltme yapılmaktadır. Böylece çalıştırılan modelin güvenilirliği artırılmış olmaktadır (Himesh ve ark. 2000).

Model doğrulaması ise, kalibrasyonda kullanılan veri setinden bağımsız bir başka veri setini kullanarak, kalibrasyonu yapılmış modelin tahmin kapasitesinin ve doğruluğunun incelenmesi adımıdır (Kaçıkçıoğlu 2013).

Model performansı, model kalibrasyon/doğrulama sonuçlarının, ölçüm değerleri ile uyumundan yola çıkılarak, genellikle grafiksel karşılaştırmaları, istatistiksel ve kantitatif yöntemler yardımı ile değerlendirilir. Akış simülasyonları gibi sürekli kayıt edilen verilerin mevcut olduğu durumlarda her iki yöntem de kullanışlıdır. Ancak, günlük, aylık ve yıllık değerler gibi sınırlı sayıda ölçüm değerlerinin karşılaştırılmasının, istatistiksel yöntemler ile yapılması, performans değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Donigian 2002). Her iki yaklaşımın da avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Kalitatif karşılaştırma, model sonuçlarının alansal ve zamansal şeklinin sunumunda oldukça kullanışlıdır ancak model kullanıcısının deneyim ve karar verme yetisine bağlıdır. Kantitatif karşılaştırma ise, kalitatif karşılaştırmaya göre daha objektiftir. Ancak, model performansının şeklini tanımlama yeteneği azdır (Spaulding ve diğ. 2000).

2.7. Tekstil Endüstrisinden Kaynaklanan Emisyonlar

Tekstil endüstrisi, ülkenin istihdamı, üretimi ve ekonomik büyümesine katkı payı oldukça fazladır. Bununla birlikte, tekstil endüstrisi havayı, suyu ve toprağı kirleterek çevre kirliliğine neden olmaktadır. Dünyadaki en büyük ikinci kirlilik nedeninin tekstil endüstrilerinden kaynaklanan gaz emisyonlarının olduğu belirtilmektedir. Tekstil işlemlerinden kaynaklanan hava emisyonlarının miktarı ve türleri ile ilgili birçok varsayım mevcuttur, ancak tekstil işlemlerinden kaynaklanan hava kirliliğinin türünü ve miktarını test etmek veya çıkarmak oldukça zordur (Anonim 2017a).

Tekstil işlemlerinde hava kirliliğinin ana nedeni karbon monoksit, aerosol dumanları, zehirli gazlar ve VOC'lerin (uçucu organik bileşikler) salınmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, tekstil endüstrisinde baskı, boyama, kumaş hazırlama işlemleri ve atık su arıtma tesisleri başlıca emisyon kaynaklarını oluşturmaktadır (Anonim 2017a).

Tekstil endüstrisi ülkemizde en önemli sektörlerinden biridir. Bu sektörde atık üretimi çok fazla olmaktadır. Bu endüstrilerde üretim için çok fazla su tüketildiğinden çok yüksek miktarda atık su oluşmaktadır. Tekstilde hammadde üretiminde kullanılan kimyasal ve boyar maddeler çok fazla miktarda kullanıldığından çevre ve insan sağlığına zarar vermektedir. Tekstil endüstrisinden kaynaklanan çevre kirliliğini önlemek için öncelikle ham madde kullanımını azaltmak, daha sonra geri dönüşüm ve tekrar kullanımlarını arttırmak gerekmektedir (Gönüllü 2004).

Tekstil endüstrisindeki hava kirletici kaynakları noktasal ve iç ortam olmak üzere iki sınıfta toplanmaktadır. Bacalar, aspiratörler, yan ve fenerlik pencereleri noktasal kaynak olarak sınıflandırılmaktadır. İç ortam kirletici kaynaklarını ise; solventle makine temizleme işlemleri sırasında, atık su arıtma tesisleri, makinelerden iç ortama yayılan buharlaşmalar, kaçaklar ve boya hazırlama esnasında dökülmeler oluşturmaktadır (Gönüllü 2004).

Noktasal kaynaklardan (bacalardan) oluşan emisyonlar kazanlar ve kurutma işlemlerinin yapıldığı ram ve vb. makinelerin direkt ısıtılmasında kullanılan yakıtların yanmasıyla oluşur. Bunların dışında baskı boyama makinelerinde kullanılan solvent esaslı boyalardan oluşan hidrokarbon emisyonları da bacalarla atmosfere verilmektedir (Tiwari ve ark. 2013).

Tekstil endüstrisinden havaya verilen atık gazlar CO, NO_x, SO₂, toz, islilik ve aldehit gibi kirleticilerdir. Kükürt ve azot oksitler genellikle kazanlarda yakıtın yanması sonucunda oluşmaktadır. Tekstil sektörünün diğer önemli emisyon kaynakları ise, kırıksıklık önleyici terbiye, kurutma, baskı, boyama ve atık su arıtma tesisleridir. Ayrıca işletmede yüksek sıcaklıkta, asitlerde, formaldehit, yumuşatıcılarda ve diğer buharlaştırıcı bileşiklerde gerçekleştirilen kurutma ve sertleştirme işlemleri sırasında mineral yağlardan salınan hidrokarbon emisyonları açığa çıkmakta ve havaya karışmaktadır (Toprak 2017).

Çizelge 2.6. Farklı tekstil işlemlerinden salınan hava emisyonları (Tiwari ve ark. 2013).

Proses	Kaynaklar	Kirlilik
Enerji üretim	Kazandan kaynaklanan emisyonlar	Partiküller, CO, NO _x , SO ₂
Kaplama, kurutma, sertleştirme	Yüksek sıcaklıktaki fırınlarından kaynaklanan emisyonlar	Uçucu organik bileşenler
Pamuk dokuma faaliyetleri	Hazırlık, taraklama, tarama, kumaş imalatından kaynaklanan emisyonlar	Partiküller
Haşılama	Haşılama bileşiği kullanımından kaynaklanan emisyonlar	Azot oksitler, kükürt oksit, karbon monoksit
Ağartma	Klor bileşiği kullanımından kaynaklanan emisyonlar	Klor, klor dioksit
Boyama	Taşıyıcıları kullanarak disperse boyama, kükürt boyama, anilin boyama,	Taşıyıcılar, H ₂ S, Anilin buharları
Baskı	Emisyonlar	Hidrokarbonlar, amonyak
Terbiye	Reçine terbiye, sentetik kumaşların ısı ayarı,	Formaldehit, taşıyıcılar, polimer-yağlama yağları
Kimyasal depolama	Kimyasallar ve hammadde depolama tanklarından kaynaklanan emisyonlar	VOC
Atık su arıtımı	Arıtma tankları ve kanallarındaki emisyonlar	VOC, toksik emisyonlar

Tekstil endüstrisinde baca gazı emisyonlarının arıtımında filtreleme sistemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle bacadan atılan SO₂ gazı, filtre sistemi kullanılarak gaz fazından sıvı faza geçer ve ortamdan uzaklaşır. Bu işlem sırasında yüksek ısı ortaya çıktığı durumlarda kirlenici gazlar kum tutucudan geçirilerek atmosfere salınır ve kirlilik önlenmiş olur. Tekstil sektöründe en yaygın görülen kirlenicilerden biri de uçucu organik bileşiklerdir. Bunlar, apre ve terbiye işlemleri, kurutma prosesleri ve kimyasal çözücülerin kullanımları sonucunda oluşmaktadır (Gönüllü 2004).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada Bursa İli'ndeki tekstil endüstrisinden kaynaklı CO, NO_x, emisyonlarının atmosferde dağılımı, hava kalitesine katkısı ve bölge üzerindeki etkileri AERMOD modelleme çalışmasıyla incelenmiş ve bölgenin dağılım haritaları oluşturulmuştur. Ayrıca çizgisel kaynakların oluşturduğu kirlilik yükünün bölge üzerindeki etkisi incelenmiştir. Modelleme sonuçları, hava kalitesi ölçüm istasyon verileri ile karşılaştırılmış ve potansiyel kaynaklar hakkında değerlendirme yapılmıştır.

3.1 Çalışma Alanı

Bursa, Türkiye'nin kuzeybatısında olup, konumu 28° 10' ve 30° 10' kuzey enlemleriyle, 40° 40' ve 39° 35' doğu boylamları arasındadır. Bölgede genellikle yazların sıcak ve kurak, kışların ılık ve yağışlı olduğu Akdeniz iklimi hakimdir. Kıyı kesimlerden uzaklaştıkça iç kısımlara doğru yarı karasal iklim hakim olmaya başlar. Bölgenin yeryüzü şekillerini, birbirlerinden eşiklerle ayrılmış çöküntü alanları ve dağlar oluşturur. İznik ve Uluabat gölleri ile Yenişehir, Karacabey, M. Kemalpaşa, Bursa ve İnegöl ovaları çöküntü alanlarını oluşturmaktadır. Bursa ilinin yüzde 35'ini dağlar oluşturur ve bu dağlar doğu-batı yönünde uzanan sıradağlardır. Bunlar; Orhangazi'nin batısından Gemlik Körfezi'nin batı ucunda bulunan Bozburun'a kadar uzanan Samanlı Dağları, Gemlik Körfezi'nin güney tarafını kaplayan ve Bursa ovasını denizden ayıran Mudanya Dağları, İznik Gölü'nün güneyi ile Bursa ovasının kuzey kesimleri arasında yer alan Katırlı Dağları, Mudanya Dağları'nın uzantısı olan Karadağ ve Marmara Bölgesi'nin en yüksek dağı olan Uludağ'dır (2 543 m)(Anonim 2004). Bursa'nın nüfusu 2015 TÜİK verilerine göre 2 842 547 kişidir (Anonim 2015a).

Türkiye'nin en önemli sanayi şehirlerinden biri olan Bursa, coğrafi konumu itibariyle Anadolu yarımadasını batıya ve doğuya açan kapı konumundadır. Bu nedenle bölgenin coğrafi konumu sanayi gelişmesinde en büyük etken olmuştur. Ülkemizde kurulu sentetik iplik fabrikalarının yüzde 75'i Bursa'da bulunmaktadır. Ayrıca dünyada bu kadar çok iplik fabrikasının bir arada bulunduğu tek bölgedir. Bu bölgede 4 782 adet tekstil endüstrisine ait iş yeri bulunmakta ve ihracatın büyük kısmı tekstil sektöründen sağlanmaktadır. Bursa'da diğer önemli sektörler arasında otomotiv, makine-metal imalatı, tarıma dayalı sanayi, gıda ve mobilya yer almaktadır (Anonim 2016). İlimizde,

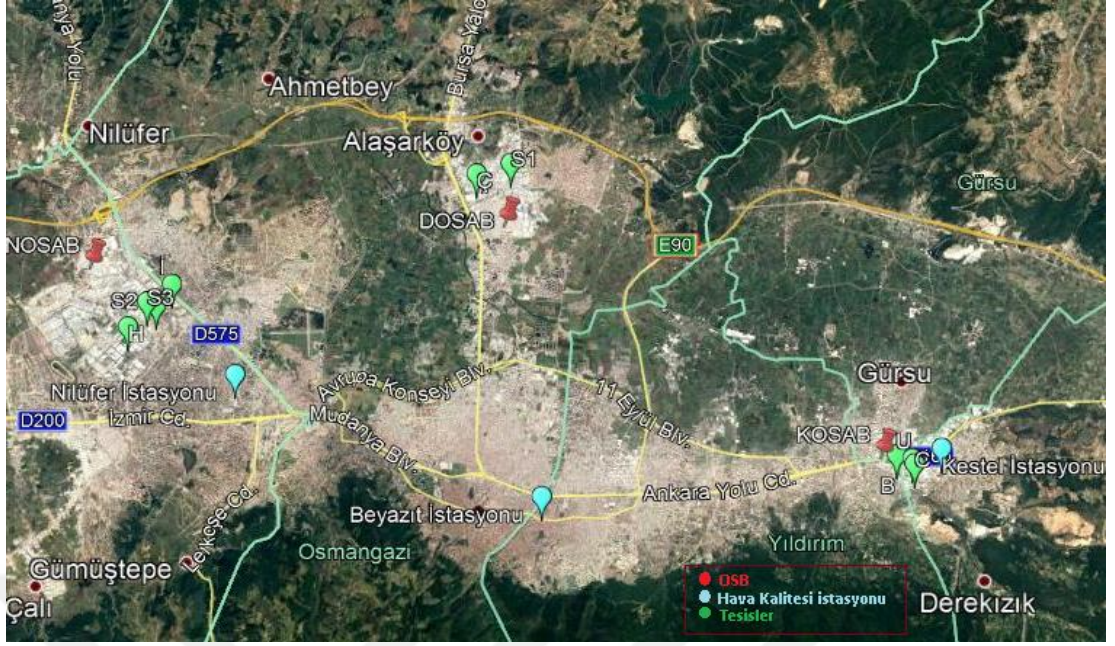
Organize Sanayi Bölgeleri Kanunu çerçevesinde tüzel kişilik kazanmış birçok sanayi bölgesi bulunmaktadır. Bursa Organize Sanayi Bölgesi (BOSAB), Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi (DOSAB) , Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi (NOSAB) ve Kestel Organize Sanayi Bölgesi (KOSAB) en önemli sanayi bölgeleridir (Anonim 2017c).

Bursa Organize Sanayi Bölgesi, 1961 yılında Türkiye'nin ilk organize sanayi bölgesi olarak kurulmuştur. Toplam 670 hektarlık alan üzerinde kurulmuş olup, 220'den fazla işletme faaliyet göstermektedir (Anonim 2017c). Kestel Organize Sanayi Bölgesi 73,43 hektarlık alan üzerine kurulmuştur. Bölgede kurulu sanayi tesisleri içinde en fazla tekstil sektörü yer almaktadır. 2001 yılında Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi 234 hektar alan üzerine kurulmuş olup, 320 adet firma faaliyet göstermektedir (Anonim 2017b). DOSAB, 2015 yılından itibaren 348 sanayi parselinin, 300 tanesi dolu, 48 tanesi ise boş ve proje aşamasındadır. Faaliyette olan firma sayısı 429 olup, yaklaşık olarak 41 bin kişi istihdam etmektedir. Bu bölgede faaliyette olan firmaların yüzde 65'i tekstil, yüzde 22'si otomotiv, yüzde 13'ü ise diğer sektörlerden oluşmaktadır (Kuter 2015).

Bu tez çalışmasında proje alanı 30 km x30 km boyutlarında seçilmiş olup, toplam 900 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Çalışma alanına ait coğrafi bilgiler Çizelge 3.1'de ve çalışma alanının uydu görüntüsü Şekil 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışma alanına ait coğrafi bilgiler

Datum	WGS 84 (Word Geodetic System)
Projeksiyon ve UTM Zonu	UTM (Evrensel Enlem Merkatörü)-35
Merkez Koordinatları	676041,53 d D 4451329,48 m K
Proje alanı	X: 30 km Y: 30 km



Şekil 3.1. Çalışma alanının uydu görüntüsü

3.1.1. Bursa ilindeki Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonları

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na bağlı olarak, Marmara Bölgesi'nde kurulan Marmara Temiz Hava Merkezi (MTHM) tarafından Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarında 2013 yılı Mart ayından itibaren hava kalitesi verileri kentsel, trafik, endüstri ve kırsal olmak üzere 4 ayrı grupta sürekli izlenmeye başlanmıştır (Anonim 2017d). Bu istasyonlarda ulusal hava izleme ağı oluşturularak, SO_2 , PM_{10} , $PM_{2.5}$, NO_2 , O_3 , CO parametrelerinin online sürekli ölçümü yapılmaktadır. MTHM tarafından kurulan istasyonlarda sürekli takibi yapılan parametrelerin, bulunduğu bölgeye ait hava kirliliği düzeylerinin değerlendirmesi yapılmaktadır (Anonim 2017e).

Bursa'da 6 adet hava kalitesi ölçüm istasyonu kurulmuştur. Bunlar; Bursa, Nilüfer, Beyazıt, Kestel, Kültürpark, Uludağ Üniversitesi ve İnegöl istasyonlarıdır. Bu istasyonlara ait özellikler Çizelge 3.2'de verilmiştir. Nilüfer istasyonu, 2015 yılında Nilüfer Belediyesi'nin Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansının (BEBKA) desteğiyle bölgedeki hava kalitesini izlenmesi amacıyla kurulmuştur. Nilüfer istasyonunda sürekli olarak ölçülen parametreler, kükürtdioksit (SO_2), partikül madde (PM_{10} ve $PM_{2.5}$), karbonmonoksit (CO), toplam azotoksit (NO_x), ozon (O_3), toplam hidrokarbon (TCH)'dur.

Çizelge 3.2. Bursa İlin’de hava kalitesi ölçüm istasyon yerleri ve ölçülen parametreler (Anonim 2004)

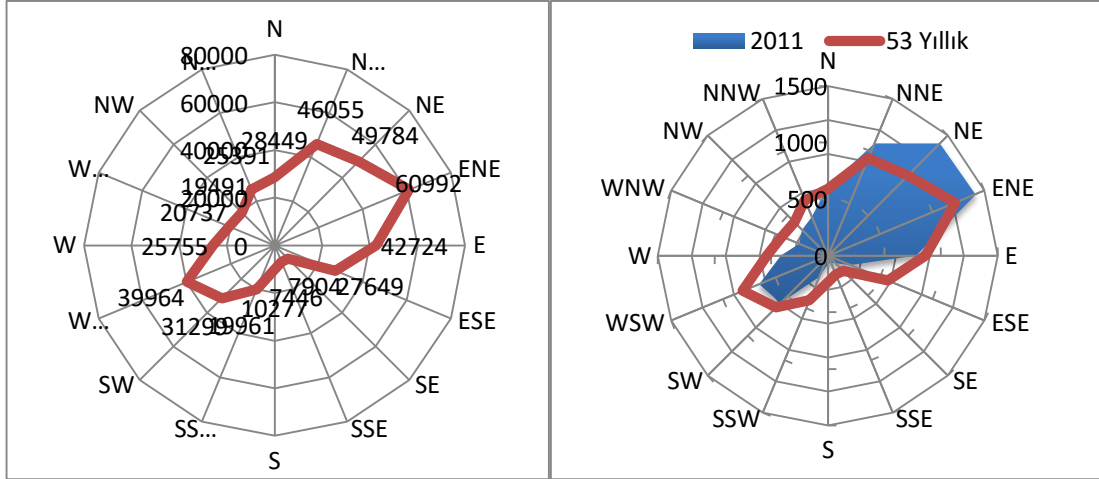
İstasyon Yerleri	Koordinatları (Enlem,Boylam)	Hava Kirleticileri				
		SO ₂	NO _x	CO	O ₃	PM
Bursa	Enlem :40° 14’ 03” Boylam: 29° 02’ 17”	X				X
Uludağ Üniversitesi	Enlem :40°13’ 24” Boylam: 28° 52’ 17”	X	X		X	X
Kültürpark	Enlem :40°11’ 44” Boylam: 29° 02’ 45”	X	X		X	
Beyazıt	Enlem :40° 11’ 08” Boylam: 29° 04’ 49”	X	X	X		X
Kestel	Enlem :40° 11’ 43” Boylam: 29° 12’ 19”	X	X			X
İnegöl	Enlem :40° 04’ 51” Boylam: 29° 30’ 00”	X	X			X
Nilüfer	Enlem :40° 12’ 38” Boylam: 28° 55’ 00”	X	X	X	X	X

3.1.2. Çalışma Alanına Ait Meteorolojik Veriler

1960 - 2013 yılları arasında sıcaklık, güneşlenme süresi, rüzgar hızı ve yağış ile ilgili meteorolojik veriler Bursa Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir ve Çizelge 3.3’te gösterilmiştir. Çizelge 3.3’e göre yıllık ortalama sıcaklık 14,6 °C, en düşük sıcaklık ortalaması ise 5,3°C’dir. Temmuz ve Ağustos ayları en sıcak aylar, Ocak ve Şubat ayları en soğuk aylardır. Yıllık ortalama güneşlenme süresi 6 saattir. Yıllık toplam ortalama yağış miktarı ise 58,2 mm’dir. Çalışma alanındaki ortalama basınç 1004,1 hektoPascal’dır. Bursa’da yıllık ortalama rüzgar hızı 2,2 m/s’dir. En yüksek rüzgar hızı Şubat ayında 2,6 m/s, en düşük rüzgar hızı Ekim ayında 1,6 m/s’dir. Bu rüzgarlar beaufort (bofor) rüzgâr skalasına göre hafif rüzgarlar kategorisinde yer alır. İlimizin deniz seviyesinden yüksekliği 100 metredir.

Çizelge 3.3. 1960-2013 yılları arasında Bursa İli'ne ait meteorolojik veriler

Parametre	Rasat S. (Yıl)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Ortalama
Ortalama Basınç (hPa)	54	1007,4	1005,8	1004,8	1002,2	1002,4	1001,4	1000,1	1000,8	1003,9	1006,7	1007,2	1007	1004,1
Ortalama Sıcaklık (°C)	54	5,3	6,2	8,4	12,9	17,6	22,2	24,5	24,2	20,1	15,3	10,7	7,4	14,6
Maksimum Sıcaklıkların Ortalaması (°C)	54	9,5	10,7	13,8	18,8	23,8	28,5	30,7	30,8	27,1	21,7	16,4	11,6	20,3
Minimum Sıcaklıkların Ortalaması (°C)	54	1,5	2,1	3,6	7,2	11,2	15	17,2	17,2	13,6	10	5,9	3,6	9,0
Ortalama Nem (%)	54	73,2	71,5	71,2	69,6	67,1	60,5	58,7	60,7	66,1	72,7	73,8	73,3	68,2
Ortalama Bulutluluk	47	6,2	6,4	5,9	5,5	4,4	3,1	2,1	2,1	2,8	4,2	5,3	6,1	4,5
Ortalama Bulutlu Günler Sayısı	47	14,9	14,4	16,2	18,4	20,1	16,8	12,7	12,3	14	17,2	17,1	17,2	15,9
Toplam Yağış Ortalaması (mm)	54	85,2	73,3	69,6	65,9	42,7	33,8	16,2	16,3	38,4	71	78	108,5	58,2
Ortalama Rüzgar Hızı (m_sec)	54	2,5	2,6	2,4	2,2	2,1	2,1	2,4	2,2	1,9	1,6	1,8	2,4	2,2
Ortalama Açık Yüzey Buharlaşması (mm)	52	19,6	21,4	33,6	90,5	139,9	205,2	246,2	228	150,1	86	46,7	22,2	107,5
Ortalama Günlük Toplam Güneşlenme Süresi (sa-da)	54	3,57	3,11	4,06	5,31	7,49	9,46	10,34	9,55	7,53	5,31	4,07	2,52	6,0



Şekil 3.2. Bursa İli'ne ait 53 yıllık rüzgar gülü ve 2011 yılı hakim rüzgar gülü

Rüzgar hızı hava kirliliğini etkileyen faktörlerdendir. Şiddetli esen rüzgarlar kirli havanın bölge üzerinde dağılmasında neden olurken yavaş esen rüzgarlar ise kirli havanın dağılmasını engelleyerek birikime neden olurlar (Karbuş 2016). Hakim rüzgar yönü, rüzgar gülündeki 16 yönden birinin diğer yönlerden baskın olmasıdır. Şekil 3.2 'de 1960 - 2013 yılları arasında rüzgar esme sayıları incelendiğinde 60992 esme sayısı ve hakim rüzgar yönü ENE olduğu görülmüştür. 53 yıllık rüzgar diyagramı ile 2011 yılı rüzgar diyagramı incelendiğinde, rüzgar yönü ve rüzgar dağılımı bakımından benzer olduğu görülmüştür. 2011 yılı esme sayısı ve hakim rüzgar yönündeki değişimin maksimum seviyede olduğu görülmüştür. Tez çalışmasında 2011 yılına ait meteorolojik datalar Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilmiş olup, veriler meteorolojik veri dosya formatına uygun olarak düzenlenip modelde kullanılmıştır.

Bu çalışmada Bursa İli'ne ait DOSAB, NOSAB ve KOSAB organize sanayi bölgelerinde çalışma alanı içerisinde yer alan 9 adet tekstil fabrikasının atmosfere saldıkları CO ve NOx emisyonlarının konsantrasyon dağılımları incelenmiştir. Sanayi tesislerinde yakıt olarak doğalgaz kullanılmakta ve toplam 85 adet bacası bulunmaktadır. Noktasal kaynaklara ait emisyon debisi, baca yüksekliği, baca gazı çıkış sıcaklığı, baca gazı çıkış hızı ve bacaların koordinat bilgileri tesislere ait emisyon raporlarından alınmıştır. Toplam 9 tesise ait 85 adet noktasal kaynak modellemede kullanılmıştır.

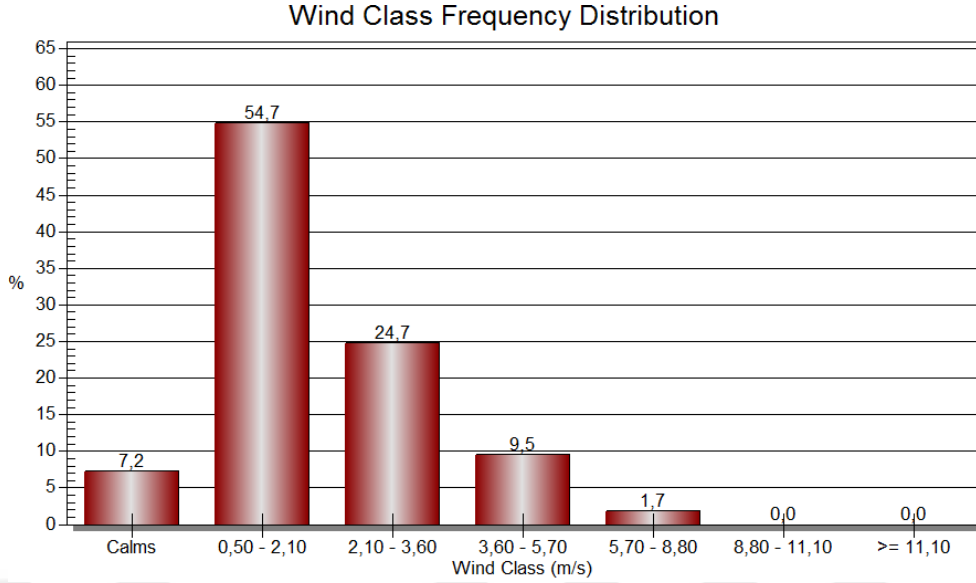
3.2. AERMOD Programı ile Hava Kalitesi Modellemesi

AERMOD modeli; bir kararlı hal Gaussian dağılım modelidir. Hareketsiz kaynaktan çıkan kirletici konsantrasyonlarının dağılımını hesaplamak için geliştirilen bir modeldir. Model 3 bölümden oluşur. Birinci bölümde, modelin çalışması için zorunlu olan atmosferik değişkenlerin hesaplandığı kısım AERMET, ikinci bölüm olan AERMOD ise, AERMET yardımıyla elde edilen meteorolojik verileri kullanarak kirletici dağılımlarının simülasyonunu yapar. AERMAP kısmı ise topografya ön işlemcisi olup modellemede oluşan kirletici dağılımının haritalandırılmasını sağlar. AERMOD modeli ön işlemci yardımıyla çalışır. AERMET, bu modelin ön işlemcisi olarak görev yapar. AERMET kısmı, topografik ve meteorolojik verilerin modele uygun haline dönüştürülmesinde kullanılır (Gökmen 2012).

3.2.1. AERMET Ön işlemci Programı

AERMET, meteoroloji istasyonundan elde edilen ham yüzey ve sondaj verilerine, arazi karakteristiklerini de ekleyerek sınır tabakalarını derleyerek AERMOD yazılımında kullanılmak üzere hazır hale getirir. AERMET yazılımı çeşitli formatlardaki yüzey, ravinzonda dosyalarını ve eğer varsa saha ölçüm sonuçlarını içeren dosyaları birleştirerek AERMOD yazılımında kullanılacak uygun formattaki veri dosyasına şekline dönüştürür. Bu dosyada yer istasyonunda ölçülen saatlik sıcaklık, basınç, nem, rüzgar yönü ve hızı, bulut taban yüksekliği ve bulut kapallığı, yağış ve güneşlenme şiddetini verilerinden oluşmaktadır (Ulusoy 2015).

Meteoroloji istasyonundan alınan temsili yıla ait saatlik meteorolojik veriler düzenlenip yüzey ve ravinsonde meteoroloji verisi olmak üzere 2 ayrı veri tabanı oluşturulur. Bu oluşturulan veri tabanları AERMET programına aktarılır. AERMET yazılımı, modelleme programında kullanılmak üzere uygun formatta veri dosyalarını oluşturur. *.sam formatındaki Samson yüzey meteoroloji veri dosyası ve *.txt formatındaki TD6201 üst hava meteoroloji veri dosyalarının AERMET yazılımına aktarılması ile yüzey meteoroloji verilerinden oluşan*.sfc uzantılı dosya ve profil meteoroloji verilerinden oluşan*.pfl uzantılı dosya olmak üzere 2 ayrı dosya oluşturulur. Bu dosyalar AERMOD programının çalışabilmesi için gerekli olan dosyalardır. AERMOD programının hatasız



Şekil 3.4. AERMET View ile oluşturulan rüzgar hızı frekans dağılım grafiği

AERMET için gerekli veriler

Bu yazılımda meteorolojik veri dosyalarının oluşturulmasında albedo, bowen oranı, yüzey pürüzlülüğü gibi arazi kullanımı ve yüzey parametre değerleri kullanılmaktadır. Bowen oranı, albedo ve yüzey pürüzlülük uzunluğu değerleri arazi türüne göre farklılık göstermektedir.

a) Yüzey pürüzlülük uzunluğu

Yer şekillerine bağlı olarak rüzgarın esmesini/rüzgarı engelleyici faktörlerin ölçüsüne yüzey pürüzlülük uzunluğu denir. Yer şekillerindeki engellerin fiziksel yüksekliğine tam karşılık olmasa da orantılı olarak değer alır. Yüzey pürüzlülük uzunlukları Çizelge 3.4'te verilmiştir (Erdoğan 2012).

Çizelge 3.4. Yüzey pürüzlülük uzunluğu (Erdoğan 2012).

Alan Tipi	Bahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Su yüzeyi	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Ormanlık	1,3	1,3	1,30	1,3
Bataklık	0,2	0,2	0,2	0,05
Tarım arazisi	0,03	0,2	0,05	0,01
Çayır	0,05	0,1	0,01	0,001
Şehir	1	1	1	1
Çalılık	0,3	0,3	0,3	0,15

b) Albedo

Tam öğle vaktinde yerden yansıyan güneş ışımalarının, gelen ışımaya oranıdır. Enlem ve boylam girilerek, güneş yüksekliğinde meydana gelen değişime göre AERMET tarafından kendiliğinden hesaplanır. Mevsimlere ve arazi tipine göre bölgenin albedo değerleri Çizelge 3.5’te verilmiştir (Erdoğan 2012).

Çizelge 3.5. Albedo değerleri (Erdoğan 2012).

Arazi Türü	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Su yüzeyi	0,12	0,10	0,14	0,20
Ormanlık	0,12	0,12	0,12	0,35
Bataklık	0,12	0,14	0,16	0,30
Tarım arazisi	0,14	0,20	0,18	0,60
Çayır	0,18	0,18	0,20	0,60
Şehir	0,14	0,16	0,18	0,35
Çalılık	0,30	0,28	0,28	0,45

c) Bowen oranı

Bowen oranı; yüzeyde tutunan nemin bir ölçüsüdür (Erdoğan 2012). Yer yüzeyinde nemin varlığı enerji dengesinin ve böylece hassas ısı akısı ve Monin-Obukhov uzunluğunun değişmesine neden olur. Arazi türlerine, mevsim ve nem koşullarına göre bowen oranları Çizelge 3.6’da verilmiştir (Taşpınar 2003). Bowen oranı Denklem (3.1) ‘de verilen formülle hesaplanmaktadır.

$$R=6*10^{-1} *p_o* \frac{(T_w-T_a)}{(e_w-e_a)} \quad (3.1)$$

Bu denklemde;

p_o : kg/cm² cinsinden atmosfer basıncı,

T_w ve T_a ; ° C cinsinden suyun ve havanın sıcaklığı,

e_w ve e_a ; kg/cm² cinsinden suda ve havadaki buhar basınçlarıdır (Berber 2006).

R: Bowen oranı

Çizelge 3.6. Bowen oranı değerleri (Erdoğan 2012).

Alan Tipi	Bahar			Yaz			Sonbahar			Kış		
	(1)*	(2)*	(3)*	(1)*	(2)*	(3)*	(1)*	(2)*	(3)*	(1)*	(2)*	(3)*
Su yüzeyi**	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	2,0	1,5	0,3
Ormanlık	1,5	0,7	0,3	0,6	0,3	0,2	1,5	0,8	0,3	2,0	1,5	0,3
Bataklık	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	2,0	1,5	0,5
Tarım arazisi	1,0	0,3	0,2	1,5	0,5	0,3	2,0	0,7	0,4	2,0	1,5	0,5
Çayır	1,0	0,4	0,3	2,0	0,8	0,4	2,0	1,0	0,5	2,0	1,5	0,5
Şehir	2,0	1,0	0,5	4,0	2,0	1,0	4,0	2,0	1,0	2,0	1,5	0,5
Çalılık	5,0	3,0	1,0	6,0	4,0	5,0	10	6,0	2,0	10	6,0	2,0

* (1) Kuru hava, (2) Orta hava, (3) Yağışlı hava

** Tatlı su ve deniz

Çalışma bölgesinin yüzey parametrelerini belirleyebilmek için ilk önce kentsel bölge, ormanlık alan ve çayır gibi arazinin tipine göre ayrı ayrı ölçülüp, alanların yüzdelik oranları hesaplanmıştır. Bu oranların kullanılmasıyla da albedo, bowen oranı, yüzey pürüzlülüğü için ağırlıklı ortalamalar AERMET yazılımı tarafından otomatik hesaplanmıştır (Zeydan 2014). Çalışma alanının %66,7'si kentsel bölge %33,3 otlak alan olarak programın sektörler kısmına girilmiştir. Meteorolojik verilerin yazılıma girilmesiyle hesaplanan değerler; bowen oranı kentsel alanlar için 1,625 ve otlak alanlar için 0,925 olarak belirlenmiştir. Yüzey parametreleri için AERMET yazılımının hesapladığı yıllık ortalama değerler Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. AERMET yazılımının hesapladığı yıllık ortalama değerler

Alan Tipi	Albedo	Bowen Oranı	Yüzey Pürüzlülüğü
Kentsel Bölge	0,2075	1,625	1
Otlak Alan	0,29	0,925	0,04025

d) Anemometre yüksekliği

Rüzgâr ölçümünün yapıldığı yükseklik anemometre olarak tanımlanır (Erdoğan 2012). Anemometre yüksekliği bu çalışmada 10 metre olarak alınmıştır.

e) Minimum Moin-Obuklov uzunluğu

Monin-Obukhov uzunluğu atmosferik kararlılığa ait bir ölçüdür. Atmosferin kararsız olduğu koşullarda yüzeyin ısındığı gündüz boyunca negatif, atmosferin kararlı olduğu durumlarda, yüzeyin soğuduğu gece boyunca ise pozitiftir. Sıfıra yakın olan sonuçlar, işaretine bağlı olarak çok kararsız veya kararlı olan durumları ifade eder (Erdoğan 2012). Modelde atmosferik kararlılık sınıflarını oluştururken yüzey sınır tabakası temelini baz alarak hesaplar. Atmosferik kararlılığı belirleyen ana faktörler yüzey pürüzlülük uzunluğu ve moin-obukhov (L) uzunluğudur (Brode 2006). Moin-obukhov(L) uzunluğu aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$L = \frac{\rho T_{ref} c_p u_*^2}{k g H_p} \quad (3.2)$$

Burada, k: von Karman sabiti ve yaklaşık değeri 0.4 olarak, g: yerçekimi ivmesi, ρ : (m^3/kg) havanın yoğunluğunu, c_p : (J/kgK) havanın ısı sığasını, T_{ref} : yüzey tabakasını temsil eden ortam sıcaklığı, u_{*o} : (m/s) ise sınır tabaka üzerindeki yüzey tabaka sürtünme hızını gösterir ve $u_* = (\tau/\rho)^{1/2}$ (m/s) havanın sürtünme hızını gösterir. Obukhov uzunluğunun hesabında sürtünme hızından sonra önemli olan diğer etken H kinematik ısı akısıdır (EPA 2009).

AERMET önışlem programında yüzey meteoroloji verileri kullanılarak Moin-obukhov(L) uzunluğu otomatik olarak hesaplanmış ve *.sfc çıktı dosyasının içinde yer almaktadır.

AERMET Çıktı Dosyaları

Profili çıktı dosyası, bir kulenin her seviyesinde yapılan gözlemleri veya saatlik yüzey verilerinden ve üst hava verilerinden alınan bir seviye gözlemlerini (saatlik bir kayıt) içerir. Profilin çıktı dosyasının uzantısı (*.pfl) ile ayırt edilir. *.pfl dosyasının özellikleri Çizelge 3.8'de verilmiştir (Lakes Environmental 2009).

Çizelge 3.8. Profili çıktı dosyası verileri (Lakes Environmental 2009).

Kolon No	Açıklama
001	Yıl
002	Ay
003	Gün
004	Saat
005	Ölçü Yüksekliği (m)
006	Bu saatin son (en yüksek) seviyesiyse,1 değil ise 0
007	Mevcut Seviyedeki Rüzgar Yönü (derecesi kuzeyden)
008	Mevcut Seviyede Rüzgar Hızı (m/s)
009	Mevcut Seviyedeki Sıcaklık (°C)
010	Rüzgarın Yön Dalgalanmalarının Standart Sapması (derece)
011	Dikey Rüzgar Hızı Dalgalanmalarının Standart Sapması (m/s)

Yüzey çıktı dosyası, saatlik sınır tabakası parametrelerinin tahminleri için gözlemlenen ve hesaplanan yüzey değişkenleri, saatte bir kayıt içerir. Yüzey dosyası, uzantısı (*.sfc) ile ayırt edilir.*.sfc dosyasının özellikleri tabloda verilmiştir (Lakes Environmental 2009).

Çizelge 3.9. Yüzey çıktı dosyası verileri (Lakes Environmental 2009)

Kolon No	Açıklama
001	Yıl
002	Ay
003	Gün
004	Julian Günü
005	Saat
006	Geçerli Isı Akısı (W/m ²)
007	Yüzey Sürtünme Hızı (m/s)
008	Konvektif Hız Ölçeği (m/s)
009	PBL'nin Üzerinde Dikey Potansiyel Sıcaklık Derecesi
010	Konvektif olarak Üretilen Sınır Tabakanın Yüksekliği - PBL (m)
011	Mekanik olarak Oluşturulan Sınır Tabakanın Yüksekliği - SBL (m)
012	Monin-Obukhov Uzunluk (m)
013	Yüzey Pürüzlülüğü Uzunluğu (m)
014	Bowen Oranı
015	Albedo
016	Rüzgar Hızı (m / s)
017	Rüzgar Yönü (derece)
018	Ws ve Wd için Referans Yüksekliği (m)
019	Sıcaklık (K)
020	Sıcaklık için Referans Yüksekliği (m)
021	Yağış Kodu (0-45)
022	Yağış Oranı (mm / saat)
023	Bağıl nem (%)
024	Yüzey Basıncı (mb)
025	Bulut sıklığı (onda)

3.3. AERMOD View Programının Genel Özellikleri

Çalışma alanında hava kalitesinin belirlenmesi amacıyla USEPA onaylı AERMOD (American Meteorological Society/Environmental Protection Agency) modeli kullanılmıştır. AERMOD View yazılımının en büyük avantajı modelde kullanılan kirlenici kaynaklara ait özellikleri yazılımın görsel ara yüzünden seçilebildiği gibi, harita üzerinden de rahatlıkla girilebilmesi için kolaylık sağlar (Zeydan 2014).

AERMOD View yazılımında hava kalitesi modellemesine başlamadan önce yeni bir proje dosyası tanımlanmalı ve açılan pencerede modelleme alanın merkez koordinatları,

uzunluğu ve evrensel enlem merkatörü (UTM) girilmelidir. Yazılımı, koordinatlar girildikten sonra proje alanının sınırlarını belirlemek için çapraz iki kōşesinin koordinatları girilerek, Google Earth yazılımı yardımıyla alt haritaları çağırır. Programda, “Import> Base Maps...” yolu izlenerek haritalar ie aktarılır. Bu çalışmada proje alanlarına ait alt haritaları Google Earth yardımıyla oluşturulmuştur.

AERMOD View modelleme programı altı temel bōlümnden oluşur. Bunlar:

- *Kontrol (Control) Bōlümü*: Modelleme programında tüm parametrelerin kontrolün yapıldığı kısımdır.
- *Kaynak (Source) Bōlümü*: Kirletici türü, kirletici kaynaklarının tanımının yapıldığı kısımdır.
- *Alıcı Bōlümü*: Reseptör noktaların belirlendiği kısımdır.
- *Meteoroloji Bōlümü*: Atmosferik koşulların yazılıma tanımlandığı bōlümdür.
- *Topografik Bōlüm*: Bu bōlümde arazi özelliklerinin tanımının yapılmaktadır .
- *ıktı Bōlümü*: Modelin sonucunda istenen çıktı türlerinin tanımlandığı kısımdır (Kudal 2009).

AERMOD yazılımı kontrol bōlümünde; dispersiyon seçeneklerinden, dispersiyon tipi ve katsayısı, kirletici türü, kirleticinin yarılanma ömrü, yaş ve kuru ökölme seçenekleri, konsantrasyon hesaplama periyotları (saatlik, 24 saatlik, aylık, yıllık vb.) gibi seçenekleri seçime sunar. Kontrol bōlümünde kaynakların tanımı yapılmaktadır. Kirletici emisyonların kaynağına göre nokta, hacim, alan, açık kuyu, poligon alan, dairesel alan, alev tipi ve çizgi kaynak olmak üzere birçok kaynağın tanımı yapılmaktadır (Kudal 2009).

Bacalardan oluşan emisyonlar nokta kaynak olarak yazılıma tanımlanmıştır. Noktasal kaynağı yazılıma tanımlamak için kirleticinin kütleel debisi, bacanın yüksekliği, bacanın koordinatları, baca gazının çıkış sıcaklığı, baca gazının çıkış hızı ve bacanın çapı gibi bilgilerin yazılıma eksiksiz girilmesi gereklidir. Alan kaynak sekmesinde; kaynağın koordinatları, kirleticinin kütleel debisi, kaynağın yanal ve düşey uzunlukları girilerek

yazılıma tanımlanır. Çizgisel kaynak parametreleri ise kaynağın genişliği, kirleticinin kütleli debisi, emisyonun verildiği yükseklik, kaynağın X ve Y koordinatları olarak yazılıma tanımlanır (Lakes Environmental 2009).

Bu çalışmada, Kontrol Bölümü'nde bulunan dispersiyon seçeneklerinden kirleticinin çıktığı türü konsantrasyon ve kirleticinin türü olarak CO ve NO_x parametreleri, dispersiyon katsayısı sekmesinden kentsel bölge seçimleri yapılmıştır. Her iki model de 1 saatlik, 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalamalar için dağılım haritaları oluşturulmuştur. Arazi seçenekleri sekmesinden çalışma alanının arazi türünü engebeli arazi olarak Elevated Terrain seçeneğinden seçilmiştir (Zeydan 2014).

Şekil 3.5'te, noktasal kaynakların modele giriş ekranı ve Şekil 3.6'da alansal kaynakların yazılıma girilmesi gösterilmiştir.

Source Inputs

Source Type
Type: POINT Source ID: S1
Description: (Optional)

Source Location
X Coordinate: 676154,05 [m]
Y Coordinate: 4459772,95 [m]
Base Elevation: 101,52 [m]
Release Height: 15,0 [m]

Source Release Parameters
Emission Rate: 0,0648 [g/s]
Gas Exit Temperature: 403,38 [K] Fixed Ambient Above Ambient
Stack Inside Diameter: 0,7 [m]
Gas Exit Velocity: 10,45 [m/s]
Gas Exit Flow Rate: 4,0216 [m³/s]

Help [Icons] New Close

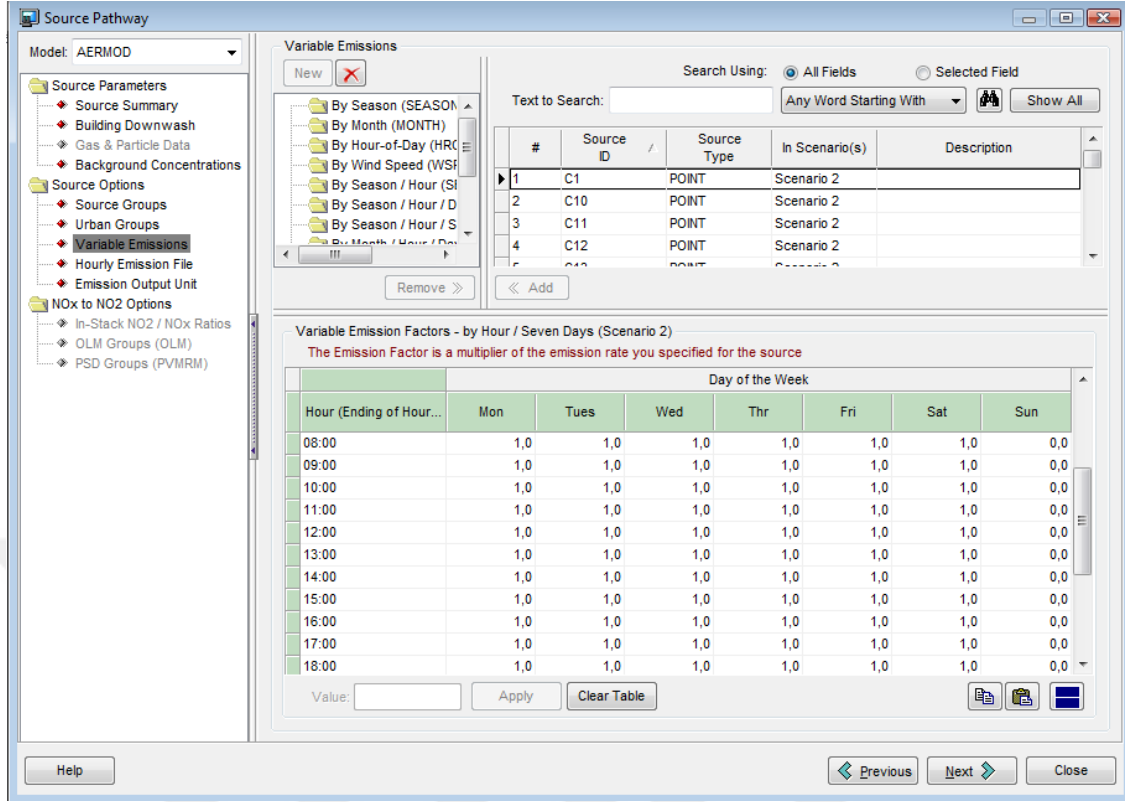
Şekil 3.5. Noktasal kaynak verilerinin modelleme yazılımına giriş ekranı

Noktasal kaynağın kirlilik yükü modele g/s olarak girildiğinde yazılım emisyon konsantrasyonunu otomatik olarak $\mu\text{g}/\text{m}^3$ birimine dönüştürmektedir.

Şekil 3.6. Alansal kaynak verilerinin modele girilmesi

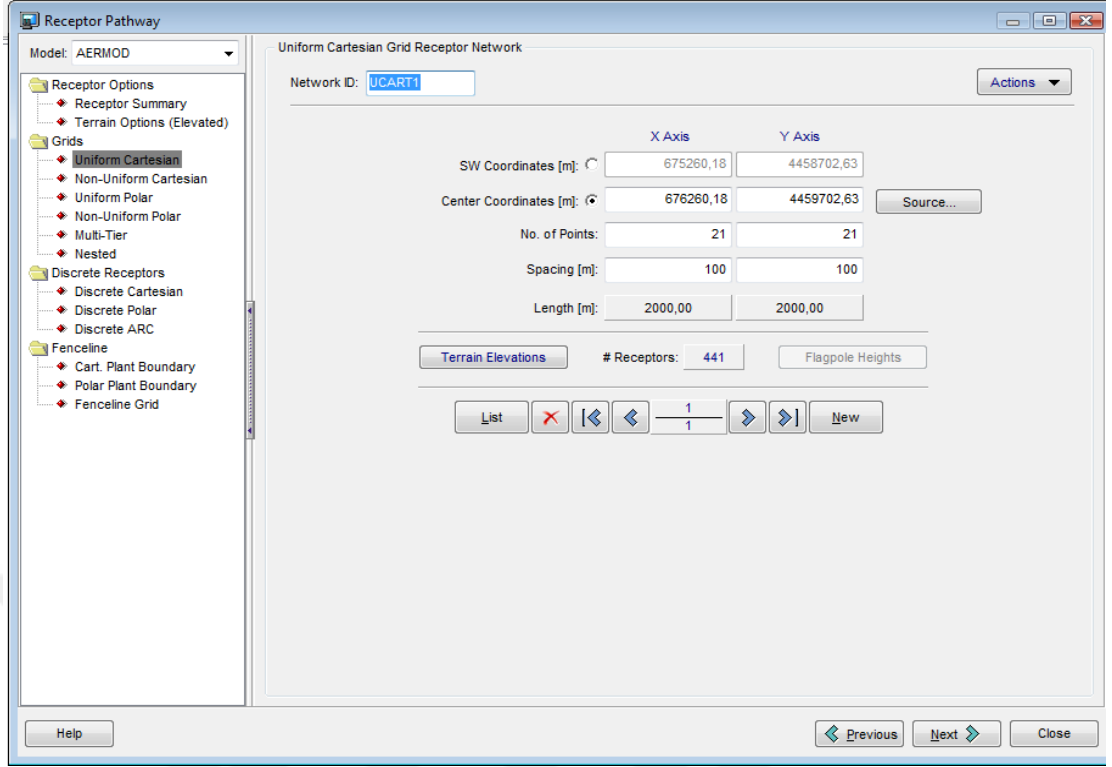
Alansal kaynak seçeneklerinden poligon alan kaynak türü seçilmiştir. Bu kaynak türü alansal kaynağın şeklini belirlemede, çok yönlü esneklik sağladığından daha çok kullanılmaktadır. Alansal kaynaktan gelen kirlitici etkilerini belirlenmesinde sayısal entegrasyon algoritmasını kullanır. Alansal kaynak belirlendikten sonra koordinatlar girilir, kirlilik yükünü seçeneğinden kirlitici miktarını g/s olarak girildiğinde yazılım, emisyon oranını $\text{g}/\text{s}-\text{m}^2$ birimine dönüştürerek otomatik hesaplar.

Noktasal kaynaklar haftanın her günü ve günün her saati için emisyon oluşturacağından Değişken Emisyonlar (Variable Emissions) seçeneği altında, değişken emisyon faktörü kısmı seçilerek kaynakların senaryoları oluşturulur. Çalışma alanında yer alan tüm emisyon kaynakları haftanın her günü 8 saat üzerinden 3 vardiya şeklinde yılda 300 gün sürekli olarak çalıştığı kabul edilmiştir. Pazartesi- Cumartesi arasındaki günler için değişken emisyon faktörü “1” olarak modele girilmiştir. Bu değer Pazar günü için “0”dır. Değişken emisyonların yazılımına giriş ekranı Şekil 3.7’de gösterilmiştir.



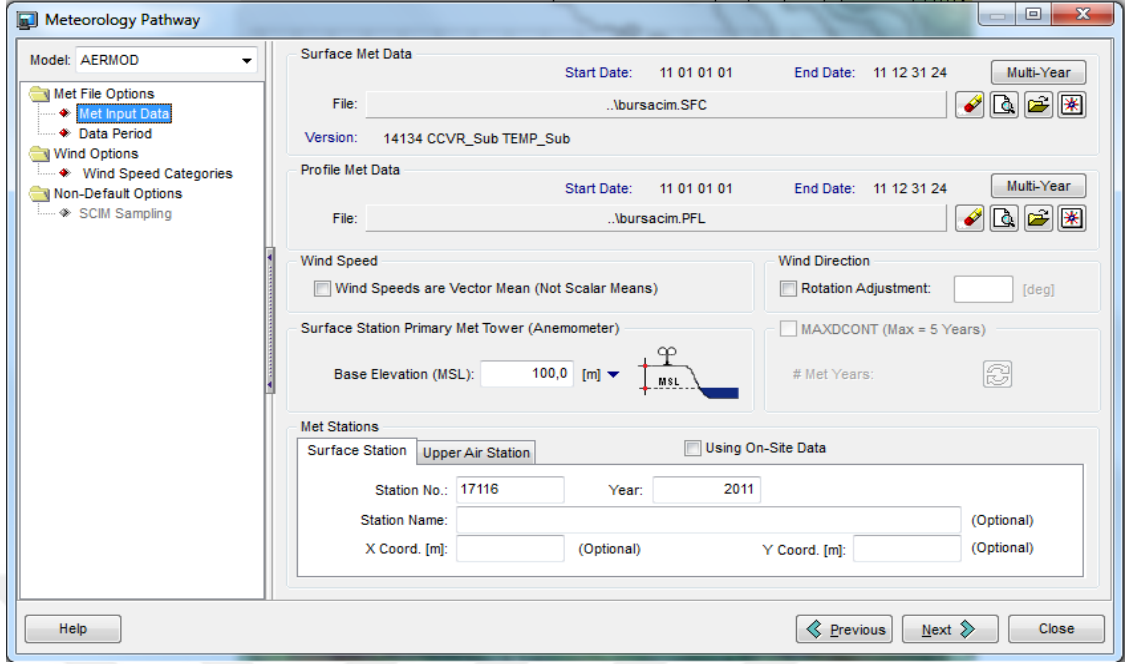
Şekil 3.7. Değişken emisyonların modele girilmesi

Çalışma alanındaki reseptör noktalarını belirlemek için yazılımın reseptör seçeneğinden Uniform Kartezyen grid reseptör alt seçeneğinden seçilir. Açılan pencerede çalışma alanının merkez koordinatları, reseptör noktalarının ne kadar aralıkta kaç adet olacağı yazılıma tanımlanır. Şekil 3.8’de reseptör noktalarının yazılıma tanımlanması verilmiştir.



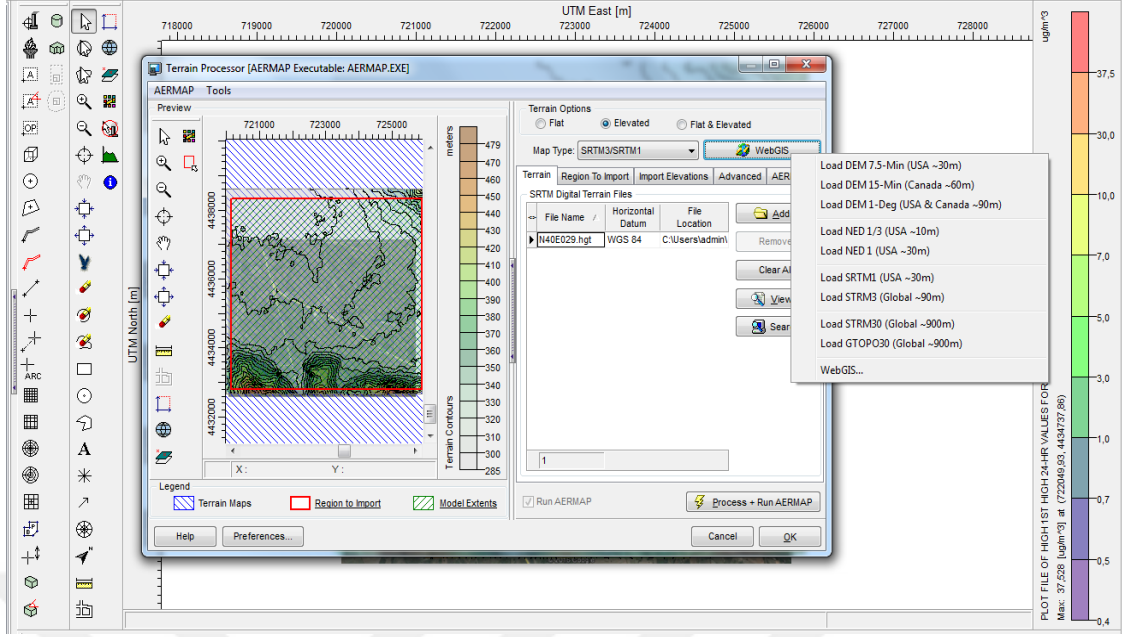
Şekil 3.8. Reseptör noktalarının oluşturulması

Meteorolojik veri giriş penceresinde, modelde kullanılacak olan *.sfc ve *.pfl dosyalarından oluşan meteorolojik veri dosyası ve meteoroloji istasyon bilgileri tanımlanır. AERMOD yazılımının ön işlemcisi olan AERMET View tarafından *.sfc ve *.pfl dosyaları oluşturulur. Yüzey meteorolojik verilerden oluşan dosya *.sfc veri dosyası, profil meteorolojik verilerden oluşan dosya ise *.pfl veri dosyası olarak adlandırılmıştır. AERMOD yazılımının çalışabilmesi için bu iki dosya formatının oluşturulması gereklidir. Şekil 3.9’da meteorolojik verilerin yazılıma girişi verilmiştir.



Şekil 3.9. Meteorolojik veri giriş penceresi

Arazi özelliklerinin tanımının yapıldığı pencere Şekil 3.10’da modellenmesi yapılacak olan bölgeye ait topografik verilerin, modelleme programına girilmesi gösterilmiştir. Proje alanına ait yükselti datası “Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) 90m, Digital Elevation Data” dosyasından alınmıştır. SRTM formatındaki dosyalar WEBGIS sitesinden otomatik olarak indirilmiştir. Modelde kullanılmak üzere çözünürlüğü 90m x 90m.hgt uzantılı dosya elde edilmiştir (Zeydan 2014).



Şekil 3.10. AERMET yazılımı topografya ön işlemcisi ekran görüntüsü

3.3.1. Rüzgar Hızı Profili

AERMOD View yazılımı, rüzgar hızı kategorileri için otomatik olarak programın panellinde varsayılan değeri girer. Bu değerleri değiştirmemize izin vermez. Modellemede altı adet rüzgar hızı kategorisi bulunmaktadır. İlk beş kategori için üst rüzgar hızı tanımlanmıştır. Altıncı kategori için üst rüzgar hızı sınırı olmadığı varsayılır. Modelin rüzgar hızı profili Çizelge 3.10'da verilmiştir (Lakes Environmental 2009).

Çizelge 3.10. Rüzgar hızı profili (Lakes Environmental 2009)

Kategori	Rüzgar Hızı m/s
A	1,54
B	3,09
C	5,14
D	8,23
E	10,8
F	No UpperBound

3.3.2. Model Giriş Verileri

Noktasal, çizgisel ve alansal kaynaklardan elde edilen emisyon değerlerini hava kalitesi modellenmesinde kullanılarak organize sanayi bölgelerindeki hava kalitesi dağılım haritaları belirlenmiştir.

a) Noktasal kaynak verileri

Çalışma bölgesinde seçtiğimiz noktasal kaynaklara ait özellikler (baca çapı, boyu, kütleli debisi vs.) Çizelge 3.11, Çizelge 3.12 ve Çizelge 3.13'te verilmiştir.

Çizelge 3.11. Demirtaş Organize Sanayi Bölgesinde (DOSAB) seçilen noktasal kaynaklara ait modelleme giriş verileri

Kaynak Kodu	Baca Boyu m	Baca Gazı Çıkış Sıcaklığı °K	Baca Gazı Çıkış Hızı m/s	Baca Çapı m	Kütleli Debi g/s	
					CO	NO ₂
Ç-1	14	464,3	8,23	0,7	0,041	0,006
Ç-2	14	436,35	8,95	0,7	0,035	0,010
Ç-3	14	388,14	9,89	0,7	0,031	0,007
Ç-4	14	395,69	8,55	0,7	0,069	0,009
Ç-5	14	435,89	7,54	0,6	0,017	0,040
Ç-6	14	416,03	7,67	0,6	0,036	0,004
Ç-7	13,5	433,86	8,33	0,45	0,010	0,025
Ç-8	13,8	406,27	8,63	0,45	0,010	0,027
Ç-12	14	464,3	8,23	0,7	0,041	0,004
Ç-13	14	436,35	8,95	0,7	0,035	0,006
Ç-14	14	388,14	9,89	0,7	0,031	0,005
Ç-15	14	395,69	8,55	0,7	0,069	0,006
Ç-16	13,6	351,89	8,3	0,6	0,007	0,015
Ç-17	13,6	351,89	8,3	0,6	0,007	0,015
Ç-9	13,6	351,89	8,3	0,6	0,007	0,024
Ç-10	16	426,95	6,22	1	0,023	0,241
Ç-11	17,5	411,09	6,48	0,8	0,015	0,129
S-1	15	288,15	10,45	0,7	0,065	0,020
S-2	15	288,15	10,54	0,7	0,123	0,015
S-3	15	288,15	10,66	0,7	0,120	0,015
S-4	17	290,15	8,18	0,4	0,049	0,001
S-5	15	288,15	11,23	0,7	0,005	0,000
S-6	16	289,15	10,87	0,8	0,001	0,432

Çizelge 3.12. Kestel Organize Sanayi Bölgesi'nde (KOSAB) yer alan noktasal kaynaklara ait modelleme giriş verileri

Kaynak Kodu	Baca Boyu m	Baca Gazı Çıkış Sıcaklığı °K	Baca Gazı Çıkış Hızı m/s	Baca Çap m	Kütleli Debi g/s	
					CO	NO ₂
C-1	16	315,9	9,57	0,7	0,043	0,416
C-2	18	441,7	10,82	0,7	0,003	0,406
C-3	18	424,1	11,07	0,8	0,078	0,354
C-4	18	433,0	14,26	0,8	0,005	0,562
C-5	16,6	325,1	8,35	0,4	0,012	0,000
U-1	16,1	444,7	10,43	0,2	0,000	0,031
U-2	17,8	385,0	9,48	0,5	0,028	0,006
U-3	17,8	352,7	9,85	0,5	0,023	0,000
U-4	18	444,5	11,96	0,7	0,000	0,213
U-5	16	445,2	11,2	0,8	0,058	0,658
U-6	18	440,7	11,09	0,8	0,007	0,511
U-7	16	303,7	10,19	0,7	0,001	0,233
B-1	8,2	344,6	9,21	0,3	0,006	0,003
B-2	8,5	388,0	9,18	0,3	0,018	0,003
B-3	8,5	397,4	9,14	0,3	0,014	0,005
B-4	8,3	380,0	8,72	0,3	0,019	0,002
B-5	8,3	388,2	8,87	0,3	0,016	0,003
B-6	8,5	387,5	8,8	0,3	0,017	0,003

Çizelge 3.13. Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi'nde (NOSAB) yer alan noktasal kaynaklara ait modelleme giriş verileri

Kaynak Kodu	Baca Boyu m	Baca Gazı Çıkış Sıcaklığı °K	Baca Gazı Çıkış Hızı m/s	Baca Çap m	Kütlesel Debi g/s	
					CO	NO ₂
S-1	19	388,25	7,98	0,95	0,024	0,320
S-2	18,5	357,72	8,05	0,3	0,005	0,011
S-3	15,2	426,28	8,93	0,5	0,111	0,006
S-4	12,95	427,55	9,01	0,5	0,101	0,005
S-5	12,95	426,38	9,8	0,5	0,051	0,005
S-6	11,7	427,12	8,98	0,5	0,054	0,006
S-7	11,8	427,88	8,93	0,5	0,054	0,005
S-15	17,1	421,82	9,22	0,5	0,304	0,014
S-16	15,2	426,45	9,18	0,6	0,071	0,016
S-17	14,9	424,25	9,19	0,6	0,066	0,018
S-18	14,7	427,68	8,93	0,8	0,127	0,029
S-8	5,1	441,15	9,32	0,8	0,131	0,012
S-9	14,5	417,98	9,11	0,6	0,130	0,014
S-10	14,5	423,52	9,14	0,8	0,188	0,023
S-11	14,2	425,38	9,33	0,8	0,135	0,024
S-12	14,5	425,25	9,22	0,8	0,160	0,019
S-14	15,5	408,82	9,03	0,8	0,250	0,022
S-19	3,1	431,48	9	0,5	0,044	0,004
S-21	11,5	419,92	9,22	0,25	0,033	0,001
S-20	14,3	420,65	8,79	0,4	0,085	0,004
S-13	15	403,62	8,87	0,3	0,045	0,002
sa-1	8	452,65	6,96	0,35	0,001	0,032
h-1	10,5	439,37	4,85	0,3	0,001	0,006
h-2	12	426,77	4,9	0,2	0,005	0,006
h-3	11,5	413	13,44	0,7	0,119	0,029
I-1	20	399,68	9,11	1	0,0057	0,3677
I-2	20	387,02	8,61	1	0,0056	0,7487
I-3	14	425,35	9,62	0,6	0,0000	0,2297
I-4	10	387,42	9,43	0,7	0,1131	0,0068
I-5	10	365,85	9,3	0,7	0,0305	0,0033
I-6	9,5	387,72	9,41	0,4	0,0368	0,0021
I-7	9,5	363,65	8,89	0,4	0,0112	0,0011
I-8	9,5	371,75	9,24	0,4	0,0219	0,0035
I-9	9,5	362,65	9,08	0,4	0,0164	0,0034
I-15	9,5	376,85	9,35	0,4	0,0428	0,0012
I-16	9,5	354,68	8,74	0,4	0,0287	0,0048
I-10	10,5	370,45	9,03	0,35	0,0007	0,0040
I-11	8,5	375,15	8,37	0,35	0,0055	0,0041
I-12	12	409,98	9,06	0,4	0,0345	0,0036
I-13	8,8	357,62	9	0,3	0,0018	0,0001
I-17	9,8	366,78	9,55	0,2	0,0002	0,0001
I-18	9,8	372,15	9,63	0,2	0,0003	0,0001
I-19	9,8	369,05	9,55	0,2	0,0003	0,0001
I-14	9,5	370,78	9,39	0,4	0,0188	0,0025

b) Alansal kaynak verileri

Alansal kaynak modellenmesinde kullanılmak üzere 2 ayrı veri türü oluşturulmuştur. İlk olarak sanayi bölgelerinin yıllık yakıt tüketimleri sonucu oluşturdukları emisyon miktarları hesaplanmıştır. Diğeri ise bu bölgelerde yer alan 9 tesise ait yıllık yakıt tüketimi sonucunda oluşan emisyon miktarları hesaplanarak, tüm bölgeye olan kirletici etkileri incelenmiştir. Sanayi bölgesinde oluşan kirletici konsantrasyonun belirleyebilmek için öncelikle bu bölgede tüketilen yakıtın cinsi ve miktarlarının bilinmesi gerekir. Organize sanayi bölgelerinde doğalgaz tüketilmekte olup, yıllık tüketim miktarları Bursagaz'dan temin edilmiştir. Her bir sanayi bölgesi için Çizelge 3.14'teki emisyon faktörleri kullanılarak emisyon miktarları hesaplanmıştır.

Çalışma alanında seçilen 9 adet tesisin yakıt tüketim bilgileri ile Çizelge 3.14'deki emisyon faktörleri kullanılarak her tesis için ayrı ayrı yıllık yakıt tüketimi sonucunda oluşan emisyon miktarları hesaplanmış ve Çizelge 3.15'te verilmiştir. Organize sanayi bölgelerinin yıllık yakıt tüketimi sonucunda oluşan emisyon miktarı ise Çizelge 3.16'da verilmiştir.

Çizelge 3.14. Yakıt emisyon hesabında kullanılan emisyon faktörleri (Yedigün 2008)

KAYNAK	KİRLETİCİ				
	SO ₂	NO _x	CO	PM	VOC
Doğalgaz(g/m ³)					
Evsel/Ticari Isınma	0,01	1,507	0,641	0,122	0,125
Endüstriyel Yanma	0,01	3,04	1,344	0,122	0,125
Kömür(kg/ton)					
Evsel Isınma	25,93	1,5	0,3	5	4
Endüstriyel Yanma	25,93	1,5	0,3	5	4
Fuel Oil(kg/m ³)					
Evsel/Ticari Isınma	142S*0,120	18*0,120	5*0,120	0,4*0,120	0,556*0,120
Endüstriyel Yanma	150S*0,120	20*0,120	5*0,120	7*0,120	0,252*0,120
LGP(kg/m ³)					
Endüstriyel Yanma		2,5	0,42	0,07	0,07

Alansal kaynakların oluşturduğu emisyon hesabı aşağıda verilmiştir.

$$Emisyon\ Miktarı = Emisyon\ Faktörü * Yakıt\ Tüketimi \quad (3.3)$$

Burada;

Emisyon faktörü :Yakıtın türüne göre Çizelge 3.14'ten alınarak belirlenmiştir.

Yakıt miktarı: Yakıt türüne uygun ton/yıl veya m³/yıl birimine göre hesaplanmalıdır (Bazı durumlar için emisyon faktörünü, birime uygun hale getirmek için yakıt miktarının özgül ağırlığa bölünmesiyle hesaplanması gerekebilir) (Kudal 2009).

Örnek Hesaplama; DOSAB'taki S1 tesisi yıllık olarak 3 195 218,87 m³ doğal gaz kullanmakta ve günlük 24 saat sürekli olarak yılda 300 gün çalışmaktadır. Bu tesisin oluşturacağı emisyonlar:

$$CO=(1,344g/m^3)*((3195218,87\ m^3/yıl)/(300gün/yıl)/(24\ saat/gün)/(3600\ saniye/saat))=0,17\ g/s$$

Çizelge 3.15. Çalışma bölgesindeki tesislerin yıllık yakıt tüketimi sonucunda oluşan emisyon miktarları

Kaynak Kodu	Sanayi Bölgesi	Doğalgaz Tüketimi	Emisyon Faktörü	Emisyon Faktörü	Toplam CO Kütlesel Debi	Toplam NO _x Kütlesel Debi
		m ³ /yıl	CO (g/m ³)	NO _x (g/m ³)	g/s	g/s
S1 Tesisi	DOSAB	3 195 218,87	1,34	3,04	0,17	0,37
Ç Tesisi	DOSAB	5 475 722,58	1,34	3,04	0,28	0,64
C Tesisi	KOSAB	2 486 877,96	1,34	3,04	0,13	0,29
U Tesisi	KOSAB	3 600 583,50	1,34	3,04	0,19	0,42
B Tesisi	KOSAB	1 455 203,00	1,34	3,04	0,08	0,17
İ Tesisi	NOSAB	4 578 459,00	1,34	3,04	0,24	0,54
S2 Tesisi	NOSAB	5 641 513,46	1,34	3,04	0,29	0,66
S3 Tesisi	NOSAB	412 945,78	1,34	3,04	0,02	0,05
H Tesisi	NOSAB	314 612,70	1,34	3,04	0,02	0,04

Çizelge 3.16. Organize sanayi bölgelerinin yıllık yakıt tüketimleri sonucu oluşturdukları emisyon miktarları

Sanayi Bölgesi	Doğalgaz Tüketimi	Toplam CO Kütlesel Debi	Toplam NO _x Kütlesel Debi
	m ³ /yıl	g/s	g/s
DOSAB	147 377 006	7,64	17,28
NOSAB	15 842 728	0,82	1,86
KOSAB	33 221 987	1,72	3,90

c) Çizgisel kaynak verileri

Çalışma alanlarında çizgisel kaynakların oluşturduğu emisyon miktarını hesaplamak için organize sanayi bölgeleri etrafındaki trafiğin yoğun olduğu yollar seçilmiştir. Acemler-Görükle Kavşağı, Yıldırım Kestel ve Ovaakça-Santral Garaj yolları çizgisel kaynak olarak çalışmada kullanılmıştır. Yollardan geçen taşıt türlerine göre araç sayıları, yolların uzunlukları ve taşıtların ortalama hızlarına ait bilgiler Karayolları Genel Müdürlüğü'nün yapmış olduğu trafik ve ulaşım istatistik raporundan elde edilmiştir (Anonim 2017f).

2015 yılı Bursa ilindeki yakıt cinslerine göre taşıt sayıları Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'ten temin edilmiştir (Anonim 2015b). İl genelindeki toplam taşıt sayılarından yakıt cinsine göre taşıtların yüzdeler dağılımları hesaplanmıştır. Bu dağılımına göre, otomobil; %32,66'sı benzinli, %33,36'sı dizel, %33,97'si LPG, hafif yüklü araçlar; % 3,44'ü benzinli, %96,56'sı dizel, ağır yüklü araçların; %1,54'ü benzinli, %98,46'sı dizel taşıtlardan oluşmaktadır.

Çizgisel kaynaklar için kullanılan emisyon faktörleri EMEP/CORINAIR Group 7 Road Transport Bölümü'nde yer alan formüllere göre hesaplamalar yapılmıştır (Anonim 2007). Emisyon faktörleri taşıt türüne, motor teknolojisine yakıt türüne ve taşıtların ortalama hızlarına göre hesaplanmaktadır. Taşıtların yaşlarına göre dağılım istatistikleri bu bölge için temin edilemediğinden tüm taşıtların Euro 4 sınıfında yer aldığı kabul edilmiştir. Emisyon faktörü hesaplamalarında Euro-4 sınıfına ait formüller kullanılmıştır. KGM raporundan alınan taşıt sayısı verileri ile literatürdeki emisyon faktörleri kullanılarak, seçilen yollarda çizgisel kaynakların oluşturduğu emisyon miktarları hesaplanmış ve bölgenin kirlilik dağılım modellemesi yapılmıştır.

Çizelge 3.17. Taşıt emisyon hesabında kullanılan emisyon faktörleri (Anonim 2007).

Emisyon Faktörleri*				
Taşıt Türü	Yakıt Türü	Taşıt Yaşı	CO (g/km)	NO_x (g/km)
Otomobil	Benzinli	EURO-4	0,25	0,036
	Dizel	EURO-4	0,044	0,43
	LPG	EURO-4	1,18	0,29
Hafif Araçlar	Benzinli	EURO-4	0,32	0,040
	Dizel	EURO-4	0,21	0,61
Ağır Araçlar**	Dizel	EURO-4	0,21	0,61

*Ortalama taşıt hızı 60 km/sa olarak kabul edilmiştir.

**Ağır araçların tümünün dizel olduğu kabul edilmiştir. Dizel ağır araçların, dizel hafif araçlar gibi davrandığı düşünülmüş olup, bu araçlar için emisyon faktörlerinin dizel hafif araçlar ile aynı olduğu kabul edilmiştir.

Çizgisel kaynakların oluşturduğu emisyon hesabı aşağıda verilmiştir:

$$Emisyon\ miktarı = Taşıt\ sayısı \times Emisyon\ Faktörü \times Çizgi\ kaynağın\ uzunluğu \quad (3.4)$$

Burada;

Taşıt sayısı: Çizgisel kaynak olarak seçilen yoldan bir günde geçen toplam araç sayısıdır.

Emisyon faktörü: Çizelge 3.17'de hesaplanan emisyon faktörleri kullanılmıştır.

Çizgi kaynağın uzunluğu: Çizelge 3.18'den alınmıştır.

$$CO = [(65111 \times 0,3266 \times 0,25) + (65111 \times 0,3336 \times 0,044) + (65111 \times 0,3397 \times 1,18)] \times 15 \text{ km} = 485572,835 \text{ g/gün} = 5,62 \text{ g/sn}$$

$$NO_x = [(65111 \times 0,3266 \times 0,036) + (65111 \times 0,3336 \times 0,43) + (65111 \times 0,3397 \times 0,29)] \times 15 \text{ km} = 247798,077 \text{ g/gün} = 2,87 \text{ g/sn}$$

Her çizgisel kaynak için Çizelge 3.17'de verilen emisyon faktörleri kullanılarak toplam emisyonlar hesaplanmış ve Çizelge 3.18'de verilmiştir.

Çizelge 3.18. Çizgisel kaynaklardan oluşan emisyon miktarları

KKNO	Çizgi Kaynak	Yolun Uzunluğu	Yolun Genişliği	Otomobil (taşıt/gün)	Hafif Araç (taşıt/gün)	Ağır Araç (taşıt/gün)	CO emisyon miktarı (g/s)	NO _x emisyon miktarı (g/s)
D-200-05	Acemler-Görükle	15	3,5	65111	3538	68652,5	6,038	4,0630
D-200-06	Yıldırım Kestel	4	3,5	23467	1180	24650,5	0,615	0,4914
D575-02	Santral garaj-Ovaakça	13	3,5	45930	3007	48940,5	3,739	2,6215

Noktasal, çizgisel ve alansal kaynaklardan elde edilen CO ve NO_x kirletici konsantrasyonları hava kalitesi modellemesinde kullanılarak, bölgenin hava kalitesi dağılım haritaları belirlenmiştir.

d) Meteorolojik verilerin girişi

Yapılan modelleme çalışmasında 2011 yılı Bursa İli'nin yüzeysel meteorolojik dataları kullanılmıştır. Bu datalar saatlik zaman diliminde olan sıcaklık, basınç, rüzgar hızı ve yönü, günlük bulut yükseklikleri, yağış verilerinden oluşmaktadır. Modelde kullanılan diğer meteorolojik veri ise, üst hava meteorolojik (radiosonde) verileridir (Demiraslan 2015). Modelleme çalışmasında kullanılan meteorolojik verilerin temin edildikleri yerler ile ilgili bilgiler Çizelge 3.19'da verilmiştir.

Çizelge 3.19. Modelleme çalışmalarında kullanılan meteorolojik veriler ve temin edildikleri yerler (Tuna 2015).

Veri türü	Gözlem	Kaynak
Saatlik yer seviyesi meteoroloji verileri	Rüzgar hızı, rüzgar yönü, sıcaklık, bulutluluk, bulut yüksekliği, yüzey basıncı, nispi nem ve yağış	17116 no'lu Bursa merkez istasyonu (2011 yılı)
Üst katman meteoroloji verileri (Radiosonde)	Rüzgar yönü, rüzgar hızı, sıcaklık, basınç, yükseklik	17062 no'lu Kadıköy, İstanbul istasyonunda kaydedilen 12 saatlik radiosonde verileri (2011 yılı) (0-6000 m arası 10 mb aralıklarla)
Topografik veriler	SRTM3 dosyaları	SRTM3 veri tabanı (USGS, 2011)
Kaynak karakteristiği	Noktasal kaynak Alansal kaynak Çizgisel kaynak	85 nokta kaynak (sanayi) 3 alansal kaynak (sanayi) 3 çizgisel kaynak(trafik)

Meteoroloji istasyonundan alınan temsili yıla ait saatlik meteorolojik veriler düzenlenip yüzey ve radiosonde meteoroloji verisi olmak üzere 2 ayrı veri tabanı oluşturulur. Bu oluşturulan veri tabanları AERMET programına aktarılır. AERMET yazılımı, modelleme programında kullanılmak üzere uygun formatta veri dosyalarını oluşturur (Zeydan 2014).

e) Kaynakların modele girilmesi

Modelleme programına kirletici kaynakların girilebilmesi için öncelikle kaynakların doğru seçilerek programa tanımlanması gereklidir. Bacalardan çıkan emisyonlar nokta kaynak olarak yazılıma tanımlanmıştır. Her bir noktasal kaynağın oluşturduğu kirleticilerin kütleli debisi (g/s), baca gazı çıkış sıcaklığı (°K), baca gazı çıkış hızı (m/s), baca yüksekliği (m) ve baca iç çapı (m) gibi bilgiler yazılıma girilmektedir (Özkurt, 2011).

Modelleme programı, kontrol bölümünde modelin çıktı türü, kirletici türleri, ortalama zaman, dispersiyon katsayısı ve arazi türü parametrelerinin seçimi yapılır. Modelleme yazılımı kullanıcının tercihine göre kirletici konsantrasyon birimi ve kirletici konsantrasyonlarının 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 24 saatlik, aylık ya da yıllık ortalama seçeneklerini sunar (Kudal 2009). Konsantrasyonlar için bu seçeneklerden 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreleri ve konsantrasyon birimi $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak seçilmiştir.

Bu çalışma kapsamında model üç ayrı proje alanı için çalıştırılmıştır. Kaynak (Source) bölümünde ise her bir noktasal kaynağın oluşturduğu CO ve NO_x emisyonlarının kütleli debileri, baca ve koordinat bilgileri yazılıma girilmiştir. Trafikten kaynaklanan kirletici emisyonlar modele çizgisel kaynak olarak tanımlanmıştır. Yakıt tüketimi sonucunda oluşan emisyon değerleri alansal kaynak olarak modellemede kullanılmıştır. Alansal kaynak türlerinden poligon alan kaynak türü seçilerek, kirletici kaynağın koordinatları ve kütleli debisi g/s cinsinden yazılıma girilmiştir. Yazılım otomatik olarak emisyon oranını g/s-m² birimine dönüştürerek hesaplamıştır (Zeydan 2014).

Meteoroloji (MET) bölümünde AERMET yazılımı tarafından oluşturulan meteoroloji dosyaları programa girilmiştir. Modelde bölgenin yükseltisi 100 m ve anemometre yüksekliği 10 m olarak alınmıştır. Modelleme yapılacak kirletici parametrenin zaman aralığı seçimi yapılmıştır.

Reseptör bölümünde çalışma alanına ait reseptör noktalarının sayısı belirlenip, modelleme alanı uniform kartezyen gridleme sistemi kullanılarak eşit karelere bölünür. Bu çalışmada alıcı noktalar 100 metre, 602,85 metre ve 403,49 metre aralıklar ile belirlenmiştir. Modelleme alanında oluşturulan reseptörlere ait bilgiler Çizelge 3.20’de gösterilmiştir. Modelleme çalışmasında hava kalitesi ölçüm istasyonları alıcı nokta olarak kullanıldığından, proje alanları birbirinden farklı seçilmiştir. Çalışma alanında toplam 1323 adet reseptör noktası tanımlanmıştır.

Çizelge 3.20. Uniform kartezyen grid reseptörlerin özellikleri

Proje Alanı	X eksen nokta sayısı	Y eksen nokta sayısı	Grid Aralığı (m)	Reseptör Sayısı	Modelleme Proje Alanı (km)
KOSAB	21	21	100	441	2x2
DOSAB	21	21	602,85	441	12x12
NOSAB	21	21	403,49	441	8x8

Topografik bölüm, modellemesi yapılacak olan bölgenin arazi özellikleri içeren veri dosyası yazılıma tanımlanmıştır (Erdoğan 2012). Çıktı bölümünde ise model sonucunda istenen çıktı türü seçilmiş ve bölgenin 1 saatlik, 8 saatlik, günlük ve yıllık kirlilik dağılım haritaları oluşturulmuştur.

4.BULGULAR ve TARTIŞMA

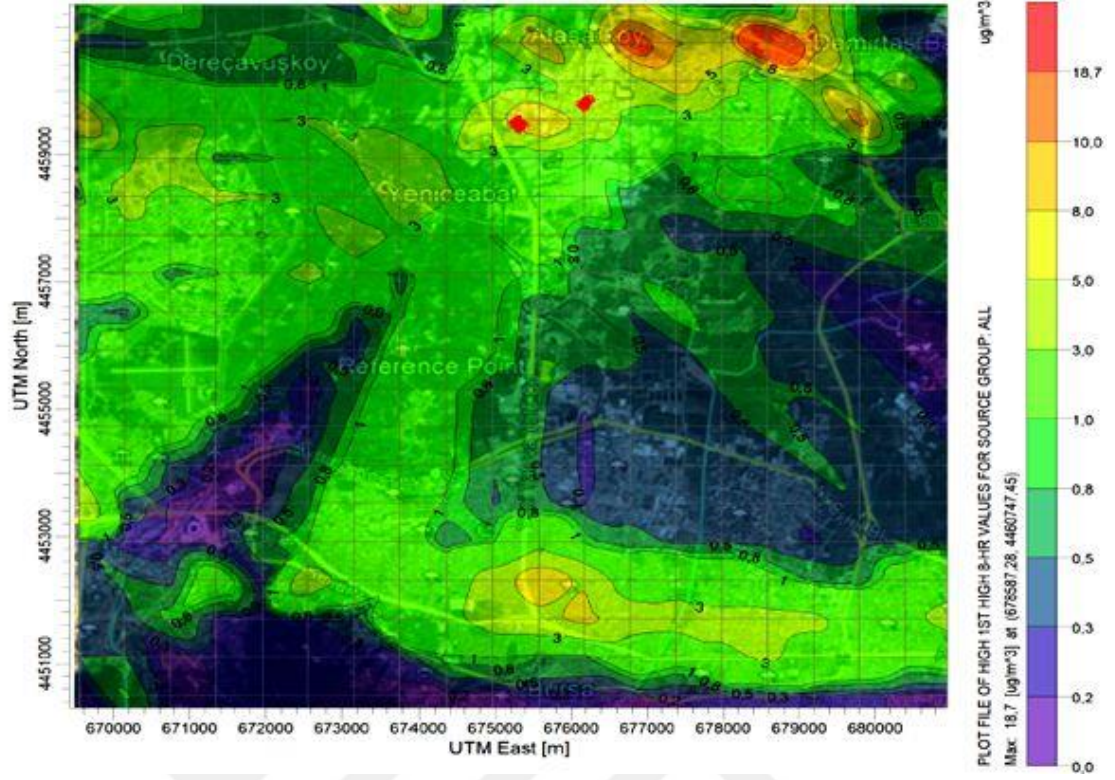
4.1 Noktasal Kaynakların Modellenme Sonuçları

4.1.1. DOSAB'taki CO ve NO₂ Emisyonlarının Dağılımının İncelenmesi

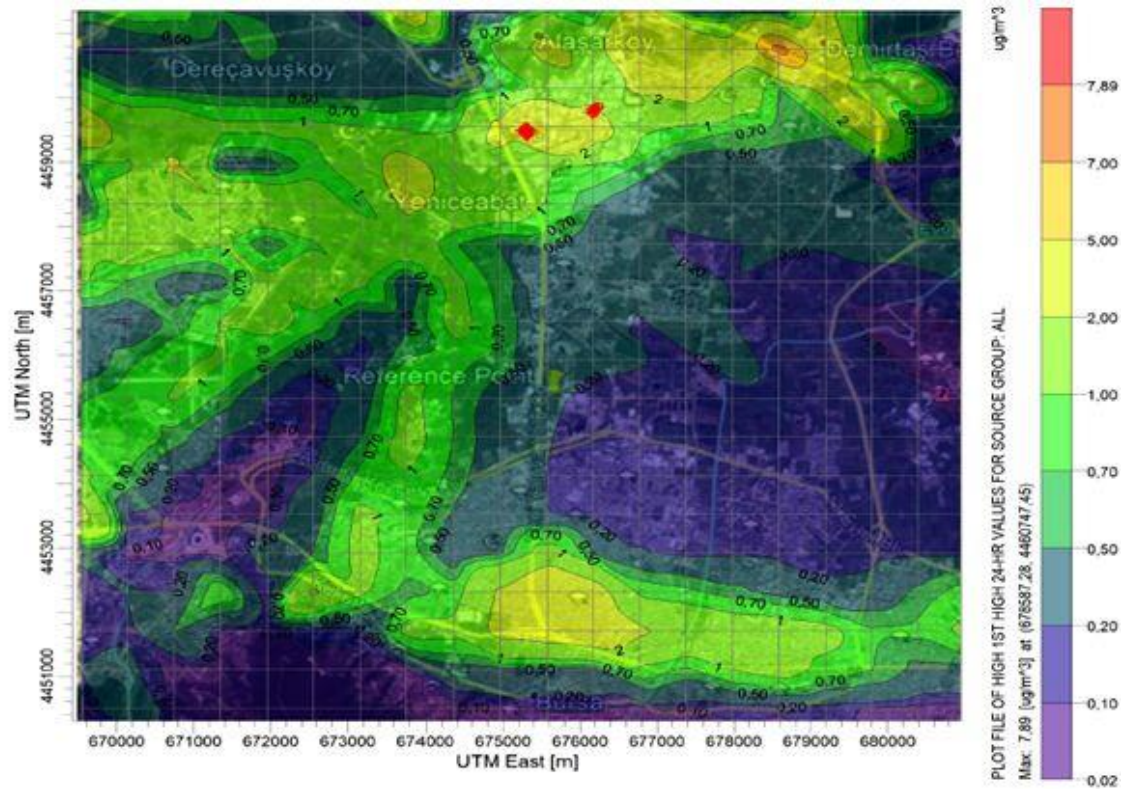
Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunan 2 adet tekstil fabrikasının 23 adet emisyon bacasından yayılan CO ve NO₂ emisyonları modelleme programına girilmiştir. 12x12 km'lik çalışma alanında 602,85 metre aralıklarla kartezyen gridleme sistemi kullanılarak 441 adet reseptör noktasında inceleme yapılmıştır. Çalışma alanına ait tüm kaynaklar tek bir grup gibi düşünülerek modellenmiş ve her tesis ayrı ayrı gruplandırılarak 2 ayrı grup olacak şekilde kendi içinde modellenmesi yapılmıştır. Tesislerin ayrı grup olarak modellenmesi sonucunda DOSAB-Ç tesisine ait 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum CO konsantrasyon değerleri sırayla 10,03 µg/m³, 4,58 µg/m³ ve 0,64 µg/m³ ve DOSAB-S tesisine ait 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum CO konsantrasyon değerleri sırayla 8,7 µg/m³, 3,66 µg/m³ ve 0,64 µg/m³ olarak bulunmuştur. Bölgeye ait tüm kaynakların modellenmesi sonucunda 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum CO konsantrasyon değerleri sırayla 18,73 µg/m³, 7,89 µg/m³ ve 0,82 µg/m³'tür.

Modelleme sonuçları incelendiğinde CO konsantrasyonları SKHKKY'e göre sınır değerinin oldukça altında olduğu görülmüştür. SKHKKY'e göre 2015 yılı CO konsantrasyonu KVS değeri 14 000 µg/m³ olarak belirtilmiştir. DOSAB modelleme sonucunda ulaşılan KVD değeri 18,73 µg/m³'tür. CO konsantrasyon değeri yönetmeliğin oldukça altında kalmaktadır.

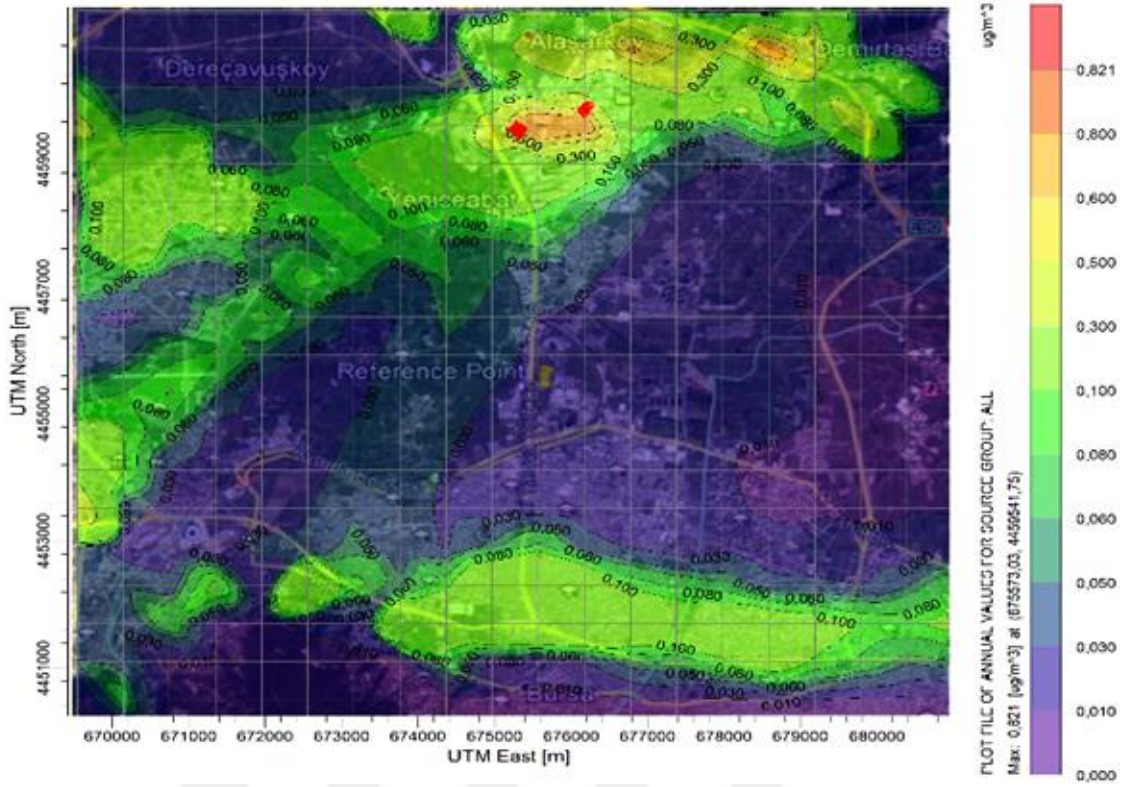
HKDYY'e göre 2015 yılı CO konsantrasyonu için limit değer 10 000 µg/m³ olarak belirtilmiştir. Bu yönetmeliğe göre CO konsantrasyonunu değerlendirdiğimizde limit değerinin altında olduğu görülmektedir. 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık CO konsantrasyon dağılım haritaları Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.1. 8 saatlik maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası (DOSAB)



Şekil 4.2. 24 saatlik maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası (DOSAB)

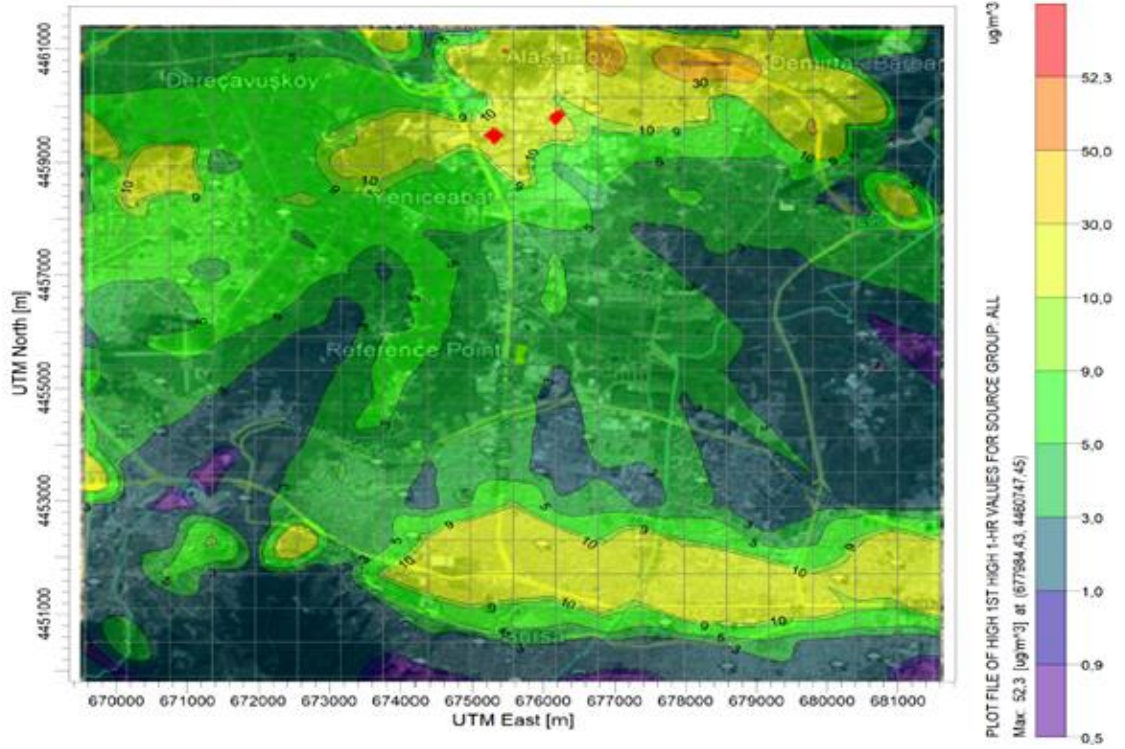


Şekil 4.3. Yıllık maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası (DOSAB)

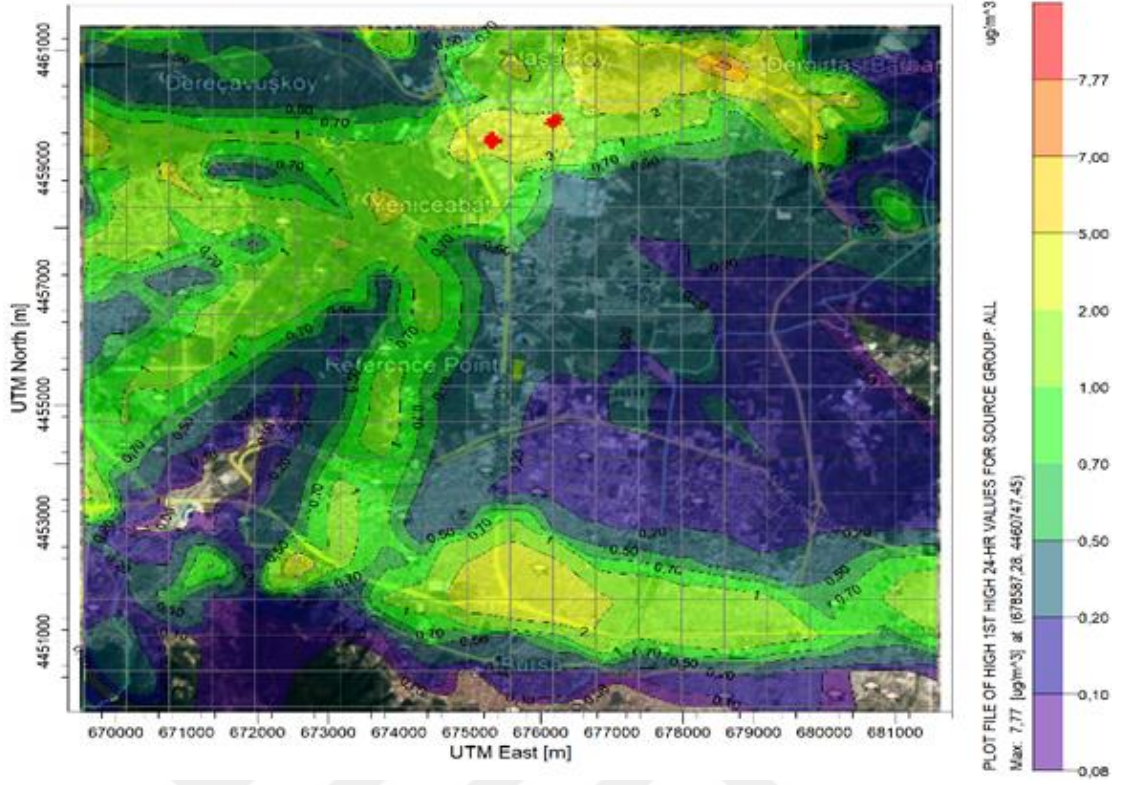
Çalışma alanındaki noktasal kaynakların modellenmesi sonucunda 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için CO kirlilik dağılım haritaları oluşturulmuştur. Şekil 4.1, Şekil 4.2, ve Şekil 4.3 verilen 8 saatlik, günlük ve yıllık dağılım haritaları incelendiğinde en yüksek konsantrasyonun Alaşarköy, Demirtaş Mahallesi ve sanayi tesislerinin bulunduğu kısımlarda yoğunlaştığı görülmüştür.

Demirtaş Organize Sanayi Bölgesinde bulunan 23 adet emisyon kaynağından yayılan saatlik, günlük ve yıllık en yüksek NO₂ konsantrasyonları modelleme programı ile hesaplanmıştır. Yapılan çalışma ile DOSAB-Ç tesisi 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum NO₂ konsantrasyon değerleri sırayla 16,3 µg/m³, 5,11 µg/m³, 0,63 µg/m³ ve DOSAB-S tesisine ait 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum NO₂ konsantrasyon değerleri sırayla 14,29 µg/m³, 4,06 µg/m³ ve 0,58 µg/m³ olarak bulunmuştur. Bölgede bulunan tüm kirletici kaynakların modellenmesi sonucunda 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum NO₂ konsantrasyon değerleri sırayla 52,32 µg/m³, 7,76 µg/m³ ve 0,8 µg/m³'tür.

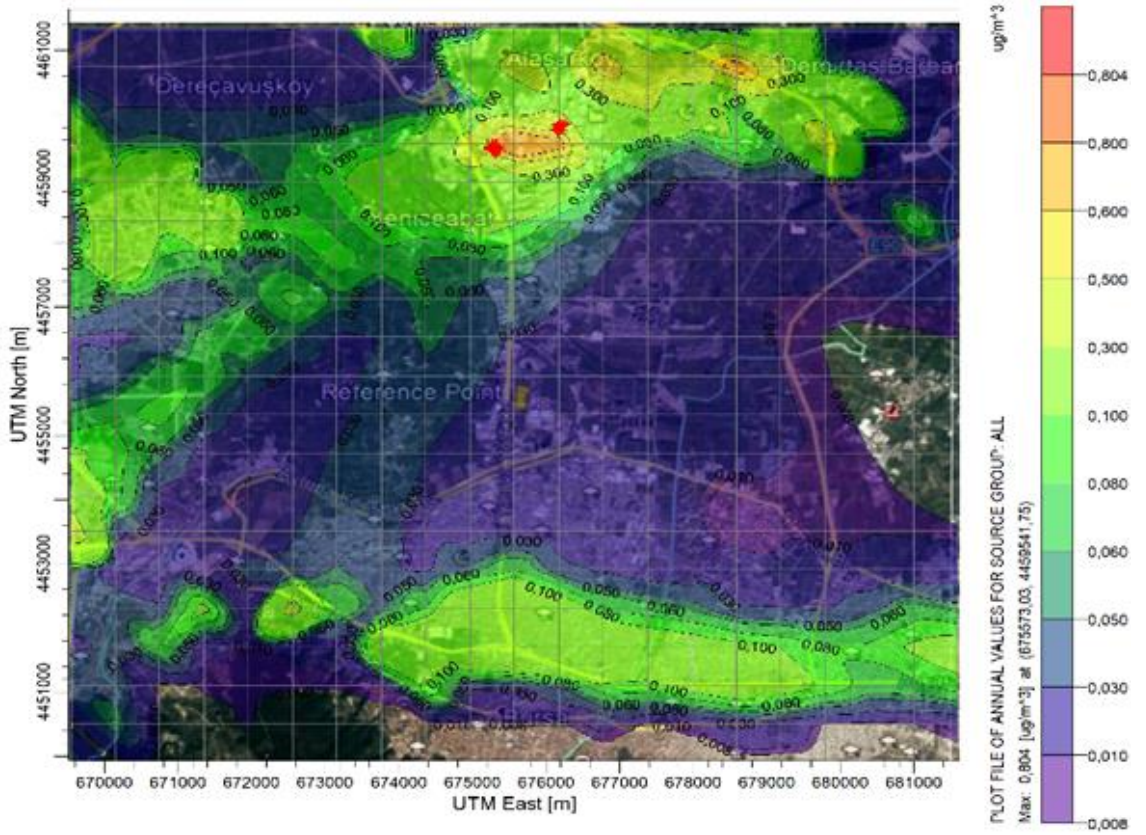
Modelleme sonuçları incelendiğinde NO₂ konsantrasyonları SKHKKY'e göre sınır değerin oldukça altında olduğu görülmüştür. Yönetmelikte 2015 yılı NO₂ konsantrasyonu KVS değeri 290 µg/m³ olarak belirtilmiştir. Modelleme süresince ulaşılan maksimum konsantrasyon değerine bakıldığında bu değerin 52,32 µg/m³ değeriyle oldukça altındadır. Modelleme sonucunda elde edilen en yüksek uzun vadeli değer 0,8 µg/m³'tür. Yönetmelikte 2015 yılı için belirtilen UVS değeri 56 µg/m³ olup, bu bölgeye ait NO₂ emisyon değerleri yönetmeliğin oldukça altındadır. HKDYY'e göre, 2015 yılı NO₂ konsantrasyonu için sınır değerler sırayla UVS için 40 µg/m³, KVS için ise 200 µg/m³ olarak belirtilmiştir. NO₂ konsantrasyonları bu yönetmekteki limit değerlerin altında kalmaktadır. Saatlik, günlük ve yıllık NO₂ konsantrasyon dağılım haritaları Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.4. 1 saatlik maksimum NO₂ konsantrasyonu dağılım haritası (DOSAB)



Şekil 4.5. 24 saatlik maksimum NO₂ konsantrasyonu dağılım haritası (DOSAB)



Şekil 4.6. Yıllık maksimum NO₂ konsantrasyonu dağılım haritası (DOSAB)

Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'daki dağılım haritaları incelendiğinde NO₂ kirletici konsantrasyon dağılımlarının CO konsantrasyon dağılımlarıyla benzer olduğu görülmüştür. Çalışma alanında yapılan modelleme sonucunda kirletici dağılımı organize sanayi bölgesinin kuzey doğusunda yoğunlaştığı görülmüştür. Bu yoğunlaşmanın, bölgenin kuzey doğusunda yükselti farkının olması bu yönden esen hakim rüzgarın hızını ve yönünü etkileyerek, kirliliğin kısa mesafede de olsa dağılımını engellediği düşünülmektedir. Haritanın batı ve güney kısmında görülen kirletici dağılımındaki konsantrasyon farklılığı, bölgenin kot farkından düşünülmektedir. Bursa'nın topografik yapısı incelendiğinde; kirletici konsantrasyon dağılımının yüksek olduğu Alaşar ve Demirtaş mahallesinin yüksekliği 124 m, il merkezinin yüksekliği ise 204 m olduğu görülmüştür. Böylece kirletici konsantrasyon dağılımı, kot farkının arttığı bölgelerde yoğunlaşarak dağılım göstermiştir.

4.1.2. KOSAB'taki CO ve NO₂ Emisyonlarının Dağılımının İncelenmesi

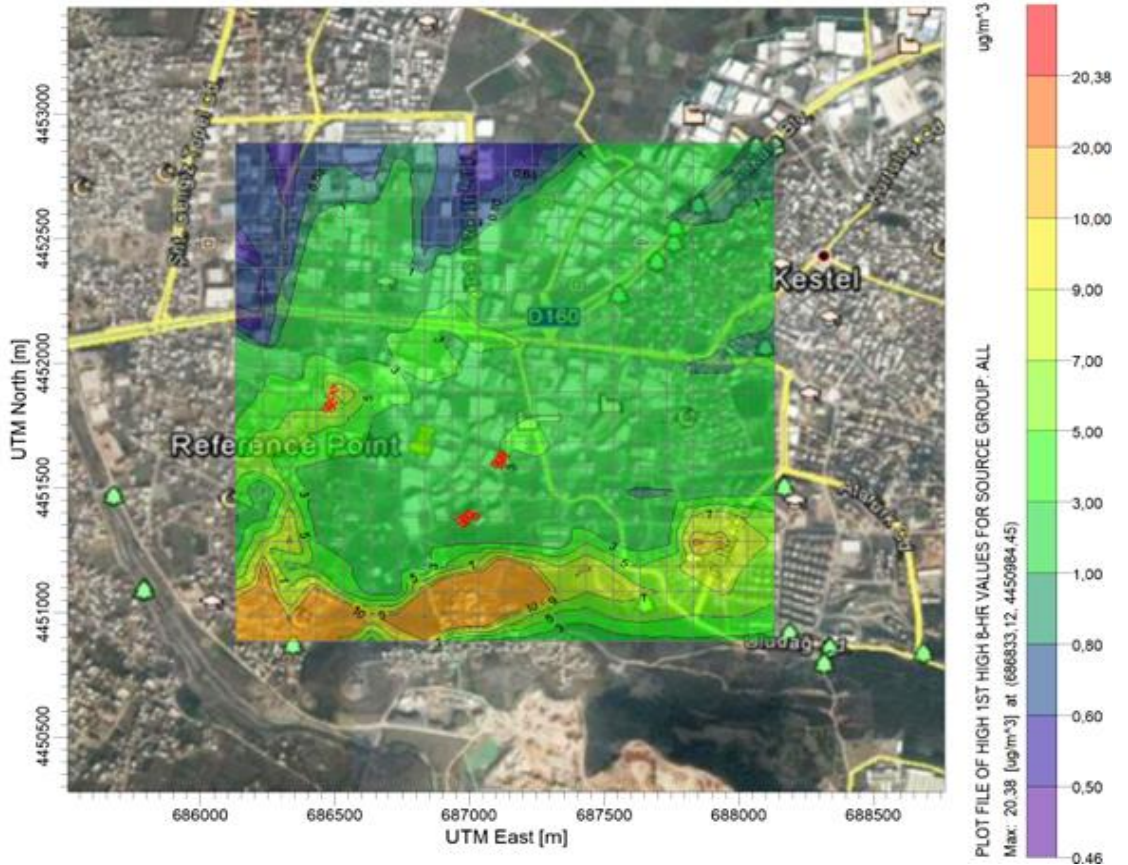
Kestel Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunan 3 adet tekstil fabrikasının 18 adet emisyon kaynağından çıkan kirleticilerin hava kalitesine olan katkıları incelenmiştir. Kestel Organize Sanayi Bölgesini 2x2 km'lik bir alanda modelleme çalışması yapılmıştır. Modelleme çalışması 100 m'lik ızgaralandırma yapılarak toplam 441 adet reseptörde inceleme yapılmıştır.

Çalışma alanına ait tüm kaynaklar tek bir grup gibi düşünülerek modellenmiş ve her tesis ayrı ayrı gruplandırılarak 3 ayrı grup olacak şekilde kendi içinde modellenmesi yapılmıştır. Tesislerin ayrı grup olarak modellenmesi sonucunda KOSAB-B tesisi 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum CO konsantrasyon değerleri sırayla 17,43 µg/m³, 9,83 µg/m³ ve 0,8 µg/m³, KOSAB-C tesisi 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum CO konsantrasyon değerleri sırayla 12,5 µg/m³, 7,02 µg/m³ ve 0,86 µg/m³ ve KOSAB-U tesisi 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum CO konsantrasyon değerleri sırayla 13,34 µg/m³, 8,77 µg/m³ ve 0,96 µg/m³ olarak bulunmuştur. Kirletici grupların tek başına modellenmesi sonucunda 8 ve 24 saatlik süreler için hesaplanan maksimum konsantrasyon değerleri en yüksek KOSAB B tesisinde, en büyük yıllık ortalama değer KOSAB-U tesisinde olduğu görülmektedir. Bölgede bulunan tüm kirletici kaynakların

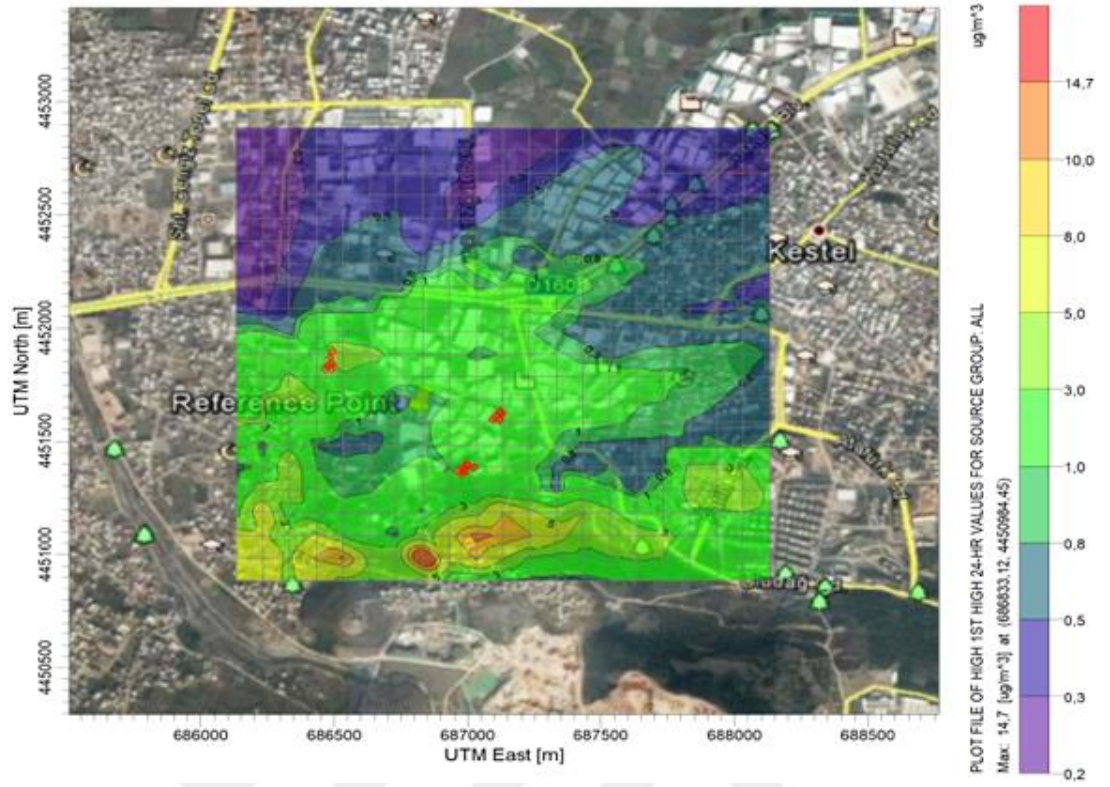
modellenmesi sonucunda 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum CO konsantrasyon değerleri sırayla 20,38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 14,69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve 1,57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür.

Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde 2015 yılı CO konsantrasyonu KVS değeri (günlük maksimum 8 saatlik ortalama) 14 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, HKDYY'e göre ise CO konsantrasyonu için limit değer 10 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirtilmiştir. KOSAB modelleme sonucunda ulaşılan KVD değeri 20,38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. CO konsantrasyon değeri iki yönetmelikteki sınır değerinin oldukça altında kalmaktadır.

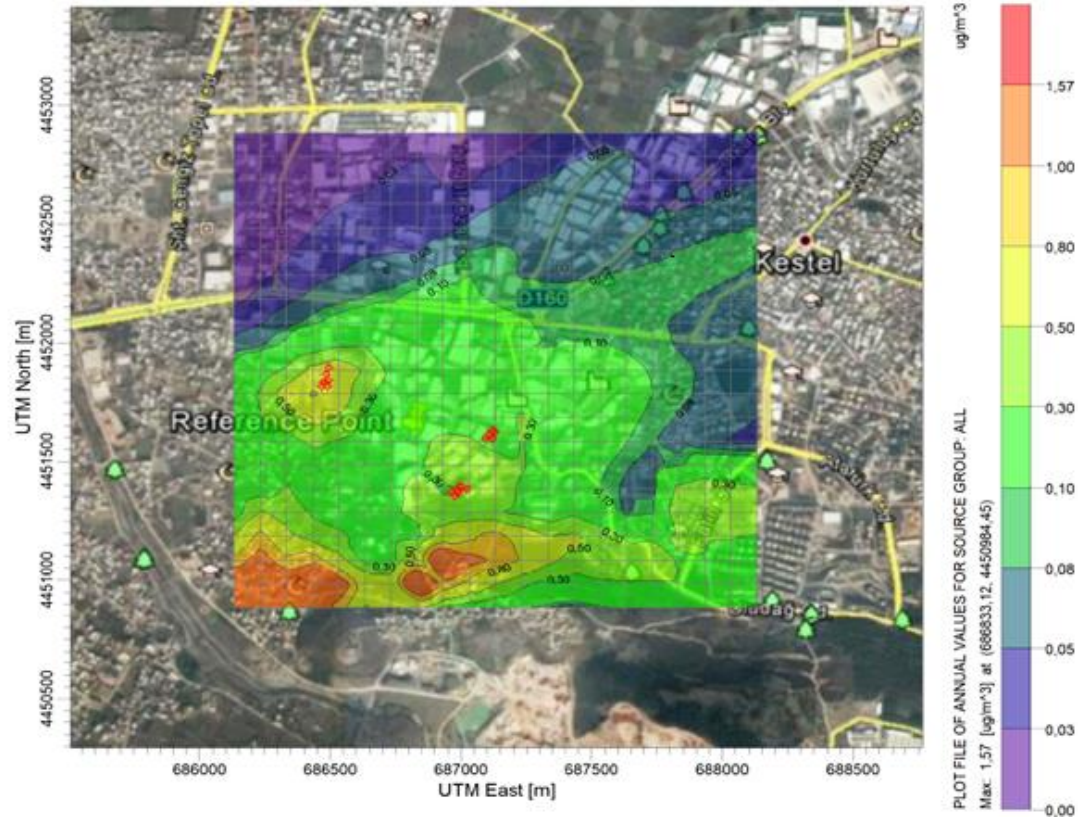
Modelleme işlemi sonucunda, program her bir reseptör noktasında oluşan pik değerini kullanarak kirlilik dağılım haritalarını oluşturur. 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için oluşturulan kirlilik dağılım haritaları Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.7. 8 saatlik maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası (KOSAB)



Şekil 4.8. 24 saatlik maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası (KOSAB)

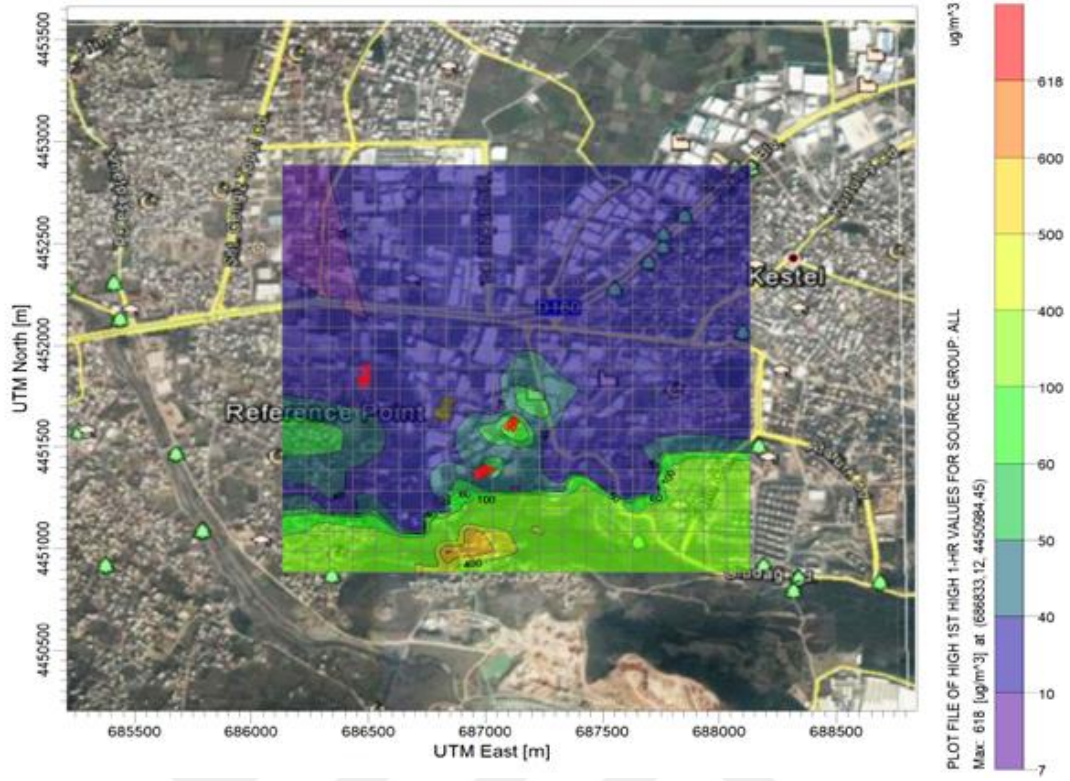


Şekil 4.9. Yıllık maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası (KOSAB)

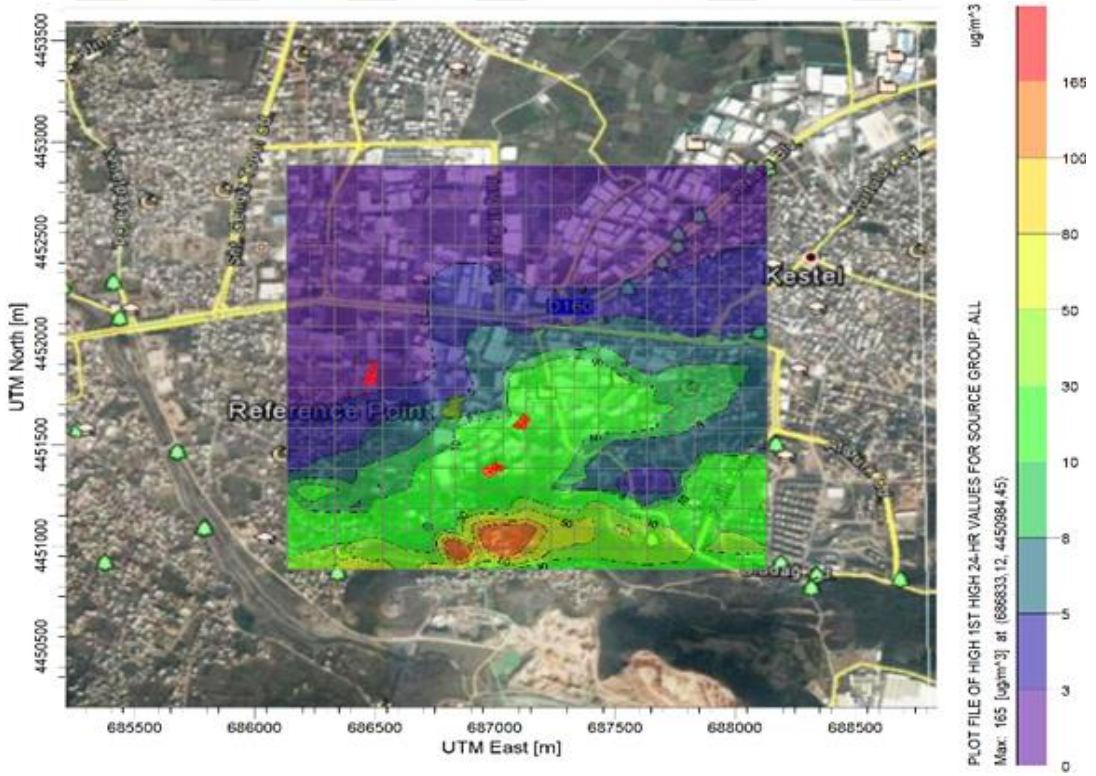
Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'daki modelleme sonuçlarına göre Kestel Organize Sanayi Bölgesi'nden kaynaklanan CO emisyonlarından en fazla etkilenen yerleşim yeri, bölgenin güneybatısında yer alan Karapınar Mahallesi olduğu görülmüştür.

Tesislerin ayrı grup olarak modellemesi sonucunda KOSAB-B tesisi 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum NO₂ konsantrasyon değerleri sırayla 8,28 µg/m³, 2,04 µg/m³ ve 0,17 µg/m³, KOSAB-C tesisi 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum NO₂ konsantrasyon değerleri sırayla 361,15 µg/m³, 90,13 µg/m³ ve 10,03 µg/m³ ve KOSAB-U tesisi 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum NO₂ konsantrasyon değerleri sırayla 416,26 µg/m³, 113,12 µg/m³ ve 9,65 µg/m³ olarak bulunmuştur. Modelleme sonucunda çalışma alanında oluşan NO₂ konsantrasyonları incelendiğinde kaynak grupları arasında en büyük yıllık ortalama değer KOSAB-C tesisine ait 10,03 µg/m³ olduğu görülmektedir. En yüksek saatlik ortalama değer ise 416,26 µg/m³'tür. Tüm noktasal kaynakların tek bir grup olarak modellenmesi sonucunda 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum NO₂ konsantrasyon değerleri sırayla 617,81 µg/m³, 165,25 µg/m³ ve 17,68 µg/m³'tür.

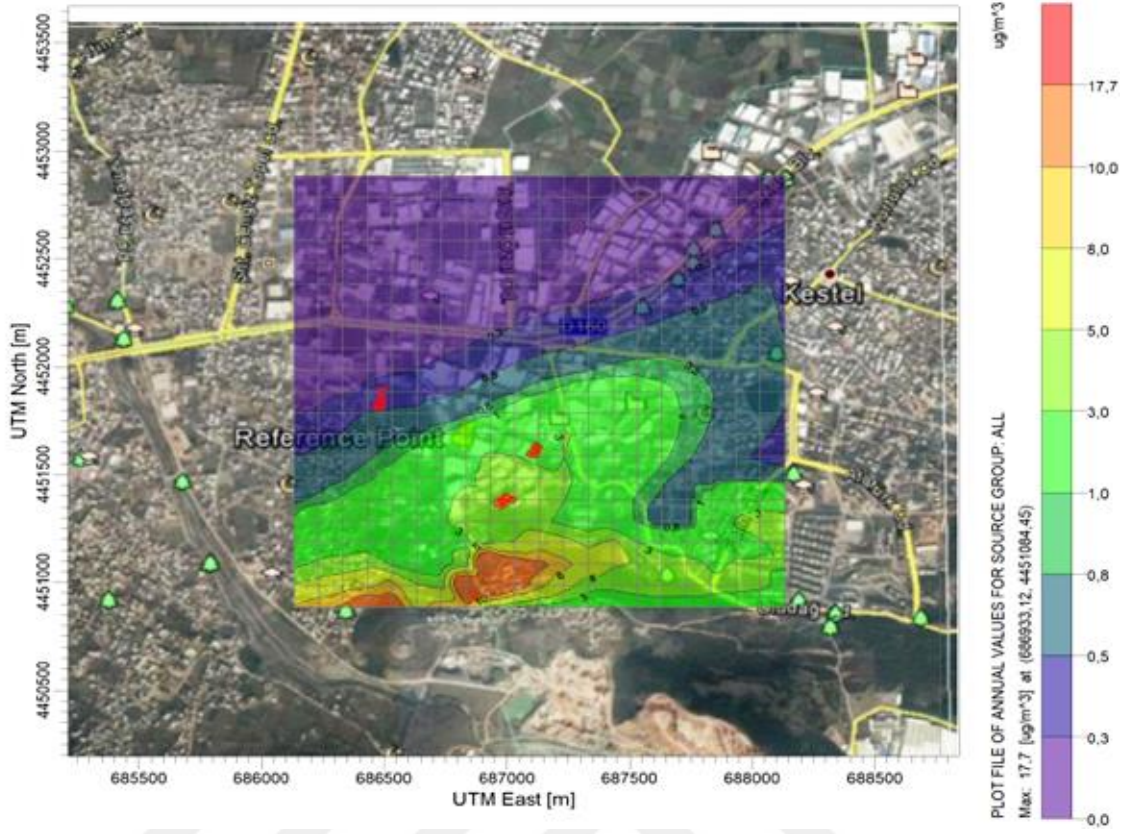
Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde 2015 yılı NO₂ konsantrasyonu KVS değeri 290 µg/m³ olarak belirtilmiştir. Modelleme süresince ulaşılan maksimum konsantrasyon değerine bakıldığında bu değer 617,81 µg/m³ değeriyle sınır değer üzerinde olduğu görülmüştür. Modelleme sonucunda elde edilen en yüksek uzun vadeli değer 17,68 µg/m³ tür. Yönetmelikte 2015 yılı için belirtilen UVS değeri 56 µg/m³ olup, bu bölgeye ait NO₂ emisyon değerleri yönetmelikte belirtilen sınır değer altındadır. HKDYY'e göre, 2015 yılı NO₂ konsantrasyonu için sınır değerler sırayla UVS için 40 µg/m³, KVS için ise 200 µg/m³ olarak belirtilmiştir. NO₂ konsantrasyonları bu yönetmekteki KVD limit değerinin üzerinde, UVD limit değerlerin altında kalmaktadır. 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için oluşturulan NO₂ kirlilik dağılım haritaları Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.10. 1 saatlik ortalama süreler için oluşturulan NO₂ kirlilik dağılım haritası (KOSAB)



Şekil 4.11. 24 saatlik ortalama süreler için oluşturulan NO₂ kirlilik dağılım haritası (KOSAB)

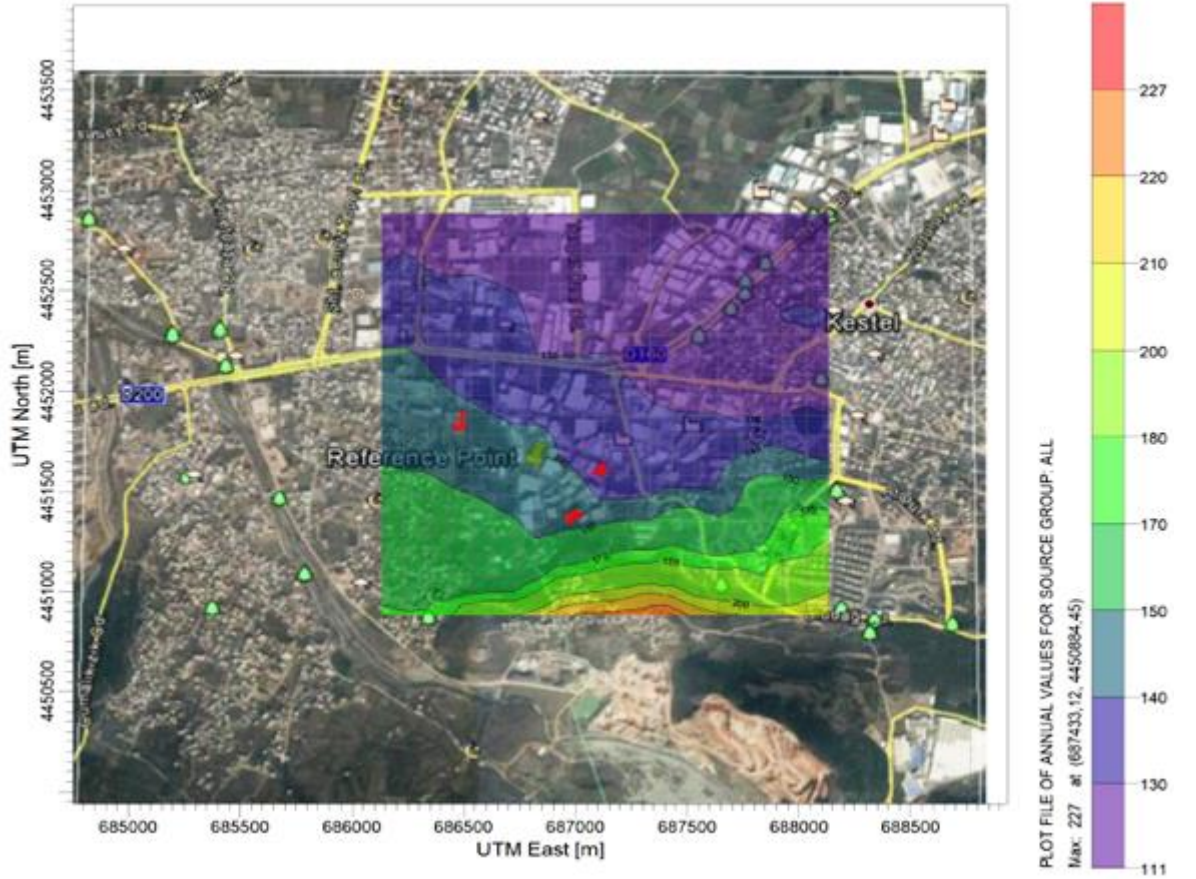


Şekil 4.12. Yıllık ortalama süreler için oluşturulan NO₂ kirlilik dağılım haritası (KOSAB)

KOSAB modelleme dağılım haritaları incelendiğinde, pik konsantrasyonlar çalışma alanının güney ve güneybatısı yönünde yoğunlaştığı görülmüştür. Modelleme çalışmasında kullanılan meteorolojik veriler incelendiğinde hakim rüzgar yönü kuzeydoğu doğrultusunda olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon dağılımının hakim rüzgar yönünde etkili olması üzerine kirliliğin güney ve güneybatı yönüne doğru taşındığı görülmüştür. Saatlik azot dioksit verilerinin sınır değerinin çok üzerinde olduğu, kirlitici dağılımı yükseltti nedeniyle seyrelme gösteremeyip, güneyde yer alan Karapınar Mahallesi en yüksek saatlik NO₂ kirlenmesine maruz kaldığı belirlenmiştir. Bu bölgede NO₂ sınır değerlerinin ne kadar aşıldığının izlenmesi gerektiği düşünülmektedir.

Bölgede yükselti artışı kirliticilerin dağılım yönünü etkilemiştir. Kirlitici dağılımları topografik yükseltiyi takip etmekte ve kirlilik yüksek bölgelerde toplandığı görülmektedir. Bu durum modelin kaynaktan çıkan gazın, arazi yapısına göre hareket ettiğini kabul etmesiyle açıklanabilir (Reeves 2001).

Topografik yapı, hava hareketlerinde, atmosferde türbülans oluşumunda önemli bir etken olup kirleticilerin yayılımını ve çalışılacak bölgedeki hava kirliliğinin derecesini ve bölgede kalış süresini etkilemektedir. Rüzgarın yönü, hızı ve dağılımında topografya verileri önemli paya sahip olmuştur. Dağ, tepe ve kayalıklar rüzgar profilini büyük ölçüde etkiler (Erdoğan, 2012). Şekil 4.13'te Kestel bölgesine ait yükselti haritası verilmiştir.



Şekil 4.13. Kestel Bölgesine ait yükselti haritası

Kestel merkezde topografik yükselti 111-130 m arasındadır. Kestel merkezden güneye doğru gidildikçe topografik yükselti artmaktadır. Kirliliğin yoğun olduğu bölgede topografik yükselti 200-220 metredir. Çalışma bölgesinde topografik yükseltinin arttığı yerlerdeki CO ve NO₂ kirletici konsantrasyonları en yüksek seviyelere ulaşmaktadır.

Hatay'da yapılan hava kalitesi modelleme çalışmasında kurulması planlanan doğalgaz kombine çevrim santralinde tesis kaynaklı kirleticilerin atmosferdeki dağılımının topografik yükseklik verilerinden nasıl etkilendiğini tespit etmek için modelleme çalışması yapılmıştır. Bölgeye ait modelleme sonuçları incelendiğinde kirletici

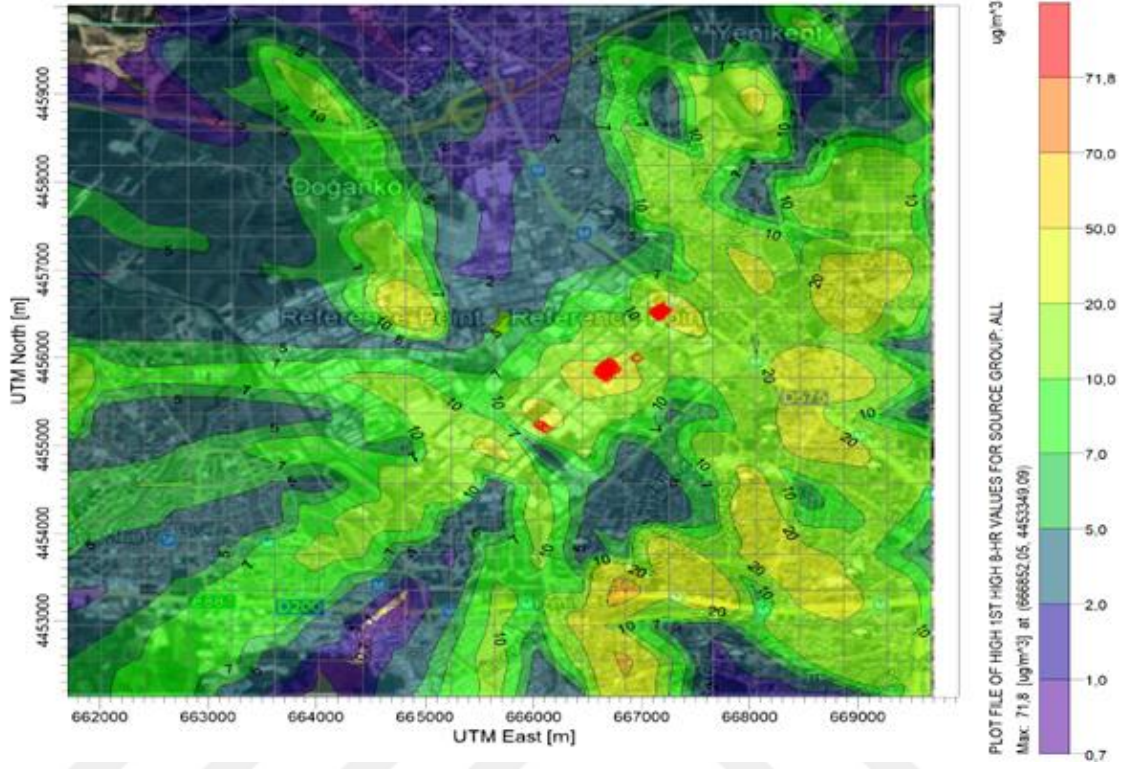
konsantrasyon dağılımını topografik yükseltinin arttığı yönde olduğu, kirliliğin yükseltinin arttığı bölgede toplandığı görülmüştür (Erdoğan 2012). Bu çalışma ile Hatay bölgesinde yapılan hava kalitesi modelleme sonuçları karşılaştırdığımızda her iki bölgede de kirletici konsantrasyonları topografik yükseltinin arttığı bölgelerde toplanmıştır.

4.1.3. NOSAB'taki CO ve NO₂ Emisyonlarının Dağılımının İncelenmesi

Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunan 4 adet tekstil fabrikasının 44 adet emisyon bacasından yayılan CO ve NO₂ emisyonları modelleme programına girilmiştir. 8x8 km'lik çalışma alanında 403,49 metre aralıklarla kartezyen gridleme sistemi kullanılarak 441 adet reseptörde inceleme yapılmıştır. Çalışma alanına ait tüm kaynaklar tek bir grup gibi düşünülerek modellenmiş ve her tesis ayrı ayrı gruplandırılarak 4 ayrı grup olacak şekilde kendi içinde modellenmesi yapılmıştır. Tesislerin ayrı grup olarak modellenmesi sonucunda NOSAB-H tesisi 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum CO konsantrasyon değerleri sırayla 2,36 µg/m³, 1,19 µg/m³ ve 0,20 µg/m³, NOSAB-I tesisi 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum CO konsantrasyon değerleri sırayla 26,19 µg/m³, 12,77 µg/m³ ve 1,80 µg/m³, NOSAB-S tesisi 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum CO konsantrasyon değerleri sırayla 66,03 µg/m³, 36,85 µg/m³ ve 3,37 µg/m³ ve NOSAB-SA tesisi 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum CO konsantrasyon değerleri sırayla 0,06 µg/m³, 0,034 µg/m³ ve 0,00 µg/m³ olarak bulunmuştur. Modelleme sonucunda çalışma alanında oluşan CO konsantrasyonları incelendiğinde kaynak grupları arasında en büyük yıllık ortalama değer NOSAB-S tesisine ait 3,37 µg/m³ olduğu görülmektedir. En yüksek saatlik ortalama değer ise 66,03 µg/m³'tür. Bölgede bulunan tüm kirletici kaynakların modellenmesi sonucunda 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum CO konsantrasyon değerleri sırayla 71,8 µg/m³, 40,13 µg/m³ ve 3,5 µg/m³'tür.

Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde 2015 yılı CO konsantrasyonu KVS değeri (günlük maksimum 8 saatlik ortalama) 14 000 µg/m³, HKDYY'e göre ise CO konsantrasyonu için limit değer 10 000 µg/m³ olarak belirtilmiştir. NOSAB modelleme sonucunda ulaşılan KVS değeri 71,8 µg/m³'tür. CO konsantrasyon değeri iki

yönetmelikteki sınır değerin oldukça altında kalmaktadır. Saatlik, günlük ve yıllık CO konsantrasyon dağılım haritaları Şekil 4.14, Şekil 4.15 ve Şekil 4.16’da verilmiştir.

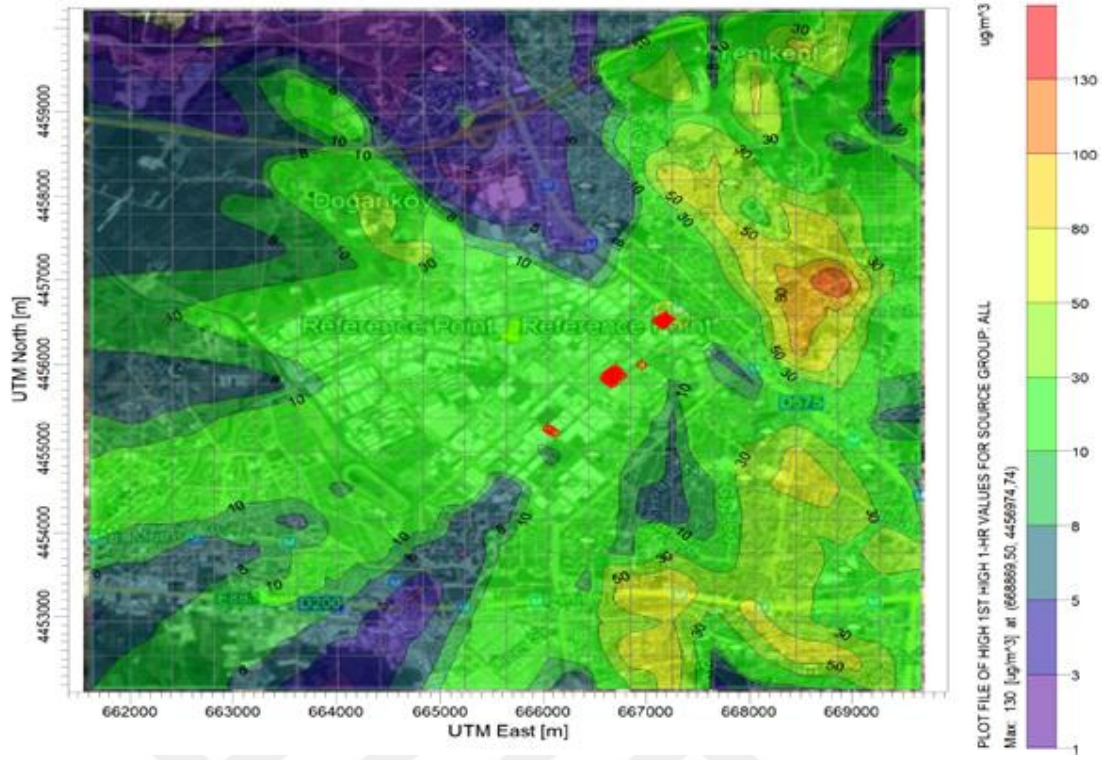


Şekil 4.14. 8 saatlik maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası (NOSAB)

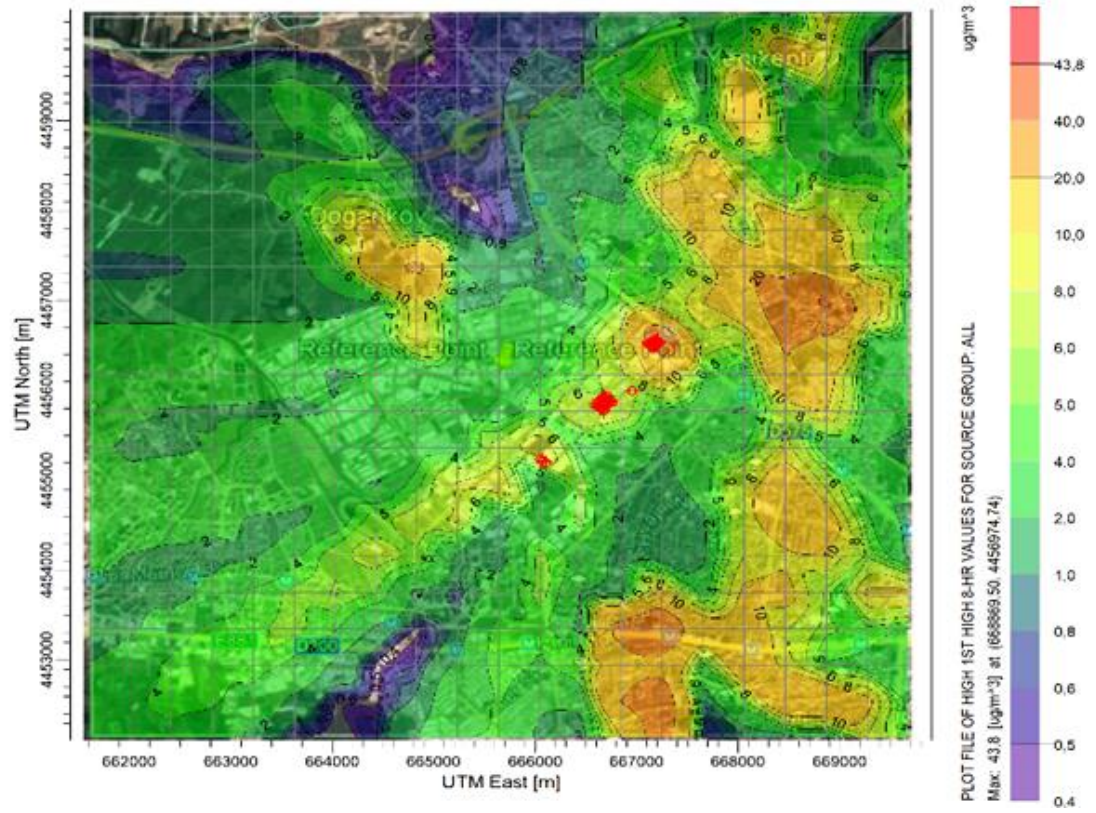
Çalışma alanındaki noktasal kaynakların modellenmesi sonucunda 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için CO kirlilik dağılım haritaları oluşturulmuştur. Dağılım haritaları incelendiğinde OSB'nin merkezinde CO konsantrasyonun en yüksek seviyelerde olduğu, OSB'nin merkezinden uzaklaştıkça kirliliğin seyrelerek şehir merkezine doğru çok yönlü dağıldığı görülmektedir.

Tesislerin ayrı grup olarak modellenmesi sonucunda NOSAB-H tesisi 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum NO₂ konsantrasyon değerleri sırayla 2,93 µg/m³, 0,42 µg/m³ ve 0,08 µg/m³, NOSAB-I tesisi 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum NO₂ konsantrasyon değerleri sırayla 129,3 µg/m³, 19,34 µg/m³ ve 1,83 µg/m³, NOSAB-S tesisi 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum NO₂ konsantrasyon değerleri sırayla 43,82 µg/m³, 8,23 µg/m³ ve 0,67 µg/m³ ve NOSAB-SA tesisi 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum NO₂ konsantrasyon değerleri sırayla 36,75 µg/m³, 4,8 µg/m³ ve 0,34 µg/m³ olarak bulunmuştur. Bölgede bulunan tüm kirletici kaynakların modellenmesi sonucunda 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum NO₂ konsantrasyon değerleri sırayla 130,2 µg/m³, 43,8 µg/m³ ve 1,94 µg/m³'tür.

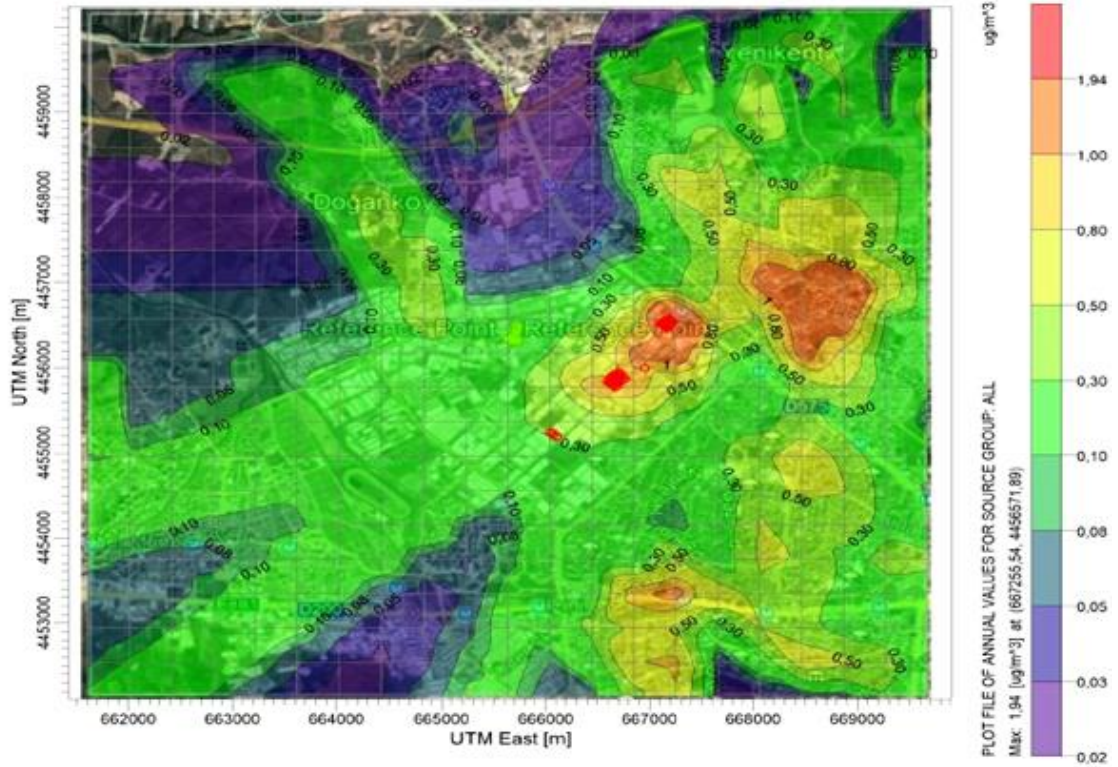
NO₂ konsantrasyonu için yönetmelikte verilen 2015 yılı sınır değerleri sırayla uzun vadeli sınır değer için 56 µg/m³, kısa vadeli sınır değer için ise 290 µg/m³'tür. Modelleme sonucunda elde edilen en yüksek uzun vadeli değer 1,94 µg/m³, en yüksek kısa vadeli değer ise 130,2 µg/m³'tür. HKDYY'e göre NO₂ konsantrasyonu için sınır değerler sırayla UVS için 40 µg/m³, KVS için ise 200 µg/m³ olarak belirtilmiştir. Modelleme sonuçları incelendiğinde NO₂ konsantrasyonları SKHKKY'e ve HKDYY'e göre limit değerlerin altında kaldığı görülmektedir. Saatlik, günlük ve yıllık NO₂ konsantrasyon dağılım haritaları Şekil 4.17, Şekil 4.18 ve Şekil 4.19'da verilmiştir.



Şekil 4.17. 1 saatlik maksimum NO₂ konsantrasyonu dağılım haritası (NOSAB)



Şekil 4.18. 24 saatlik maksimum NO₂ konsantrasyonu dağılım haritası (NOSAB)



Şekil 4.19. Yıllık maksimum NO₂ konsantrasyonu dağılım haritası (NOSAB)

Saatlik, günlük ve yıllık dağılım haritaları incelendiğinde NO₂ kirletici konsantrasyon dağılımlarının benzer olduğu görülmüştür. Dağılım haritaları incelendiğinde Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi tesislerin yoğun olduğu OSB'nin merkezinde, NO₂ konsantrasyonunun en yüksek seviyelerde olduğu, meteorolojik ve topografik yapının etkisiyle kirlilik şehir merkezi yönünde seyrelerek dağılım gösterdiği görülmüştür. Organize sanayi bölgelerinden yayılan kirleticilerden en çok sanayi etrafına kurulan yerleşim yerleri etkilenmektedir. En çok kirletici konsantrasyonlarından Emek, Hamitler, Beşevler ve Ataevler semtleri etkilendiği dağılım haritalarından görülmektedir. Bölgedeki kirletici dağılımını etkileyen en önemli etken yükseklik farkıdır. Kirliliğin yoğun olduğu bölgelerin yükseklikleri, Hamitler 132 m, Minareli Çavuş 119 m, Beşevler 125 m ve NOSAB 77 m'dir. Minareli Çavuş, Hamitler ve Beşevler Mahallesi Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi'ne göre yükseklik farkı daha fazla olduğu için yer seviyesindeki kirleticiler dağılım gösterirken bu bölgelerde kirliliğin yoğunlaştığı görülmüştür. Sonuç olarak haritanın güney doğu kısmında görülen kirletici dağılımındaki artışın nedeni yükseklik farkından dolayı kirleticilerin bu bölgede birikerek dağılım gösterdiği düşünülmektedir.

4.2. Model Sonuçları İle Hava Kalitesi Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

Noktasal kaynaklardan oluşan kirletici emisyonların 3 farklı sanayi bölgelerindeki hava kalitesi modelleme çalışmaları incelenmiştir. Modelleme sonuçları, alıcı noktada kirletici konsantrasyon değerleri ve hava kalitesi istasyonlarında ölçülen değerler ile karşılaştırılmıştır.

Organize sanayi bölgelerine yakın olan hava kalitesi ölçüm istasyonları modelleme programına alıcı nokta olarak girilmiştir. Kestel Organize Sanayi Bölgesi'nde alıcı nokta olarak en yakın Kestel hava kalitesi ölçüm istasyonu seçilmiştir. Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi'nde alıcı nokta olarak ise Nilüfer hava kalitesi istasyonu ve Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi'ne nispeten yakın olan Beyazıt hava kalitesi istasyonu alıcı nokta olarak belirlenmiştir. Kirletici dağılımının alıcı noktada oluşturduğu konsantrasyon miktarları modelleme programıyla hesaplanmıştır. Böylece bölgede oluşan kirlilik dağılımının alıcı noktalar üzerinde ne kadar etkisinin olduğu belirlenmiştir.

AERMOD modeline göre elde edilen konsantrasyon değerleri ile hava kalitesi istasyonlarında kaydedilen yıllık konsantrasyon değerleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. Modelleme sonucu CO konsantrasyonu ile hava kalitesi istasyonlarında ölçülen yıllık CO değerlerin karşılaştırılması Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. CO konsantrasyonlarının karşılaştırılması

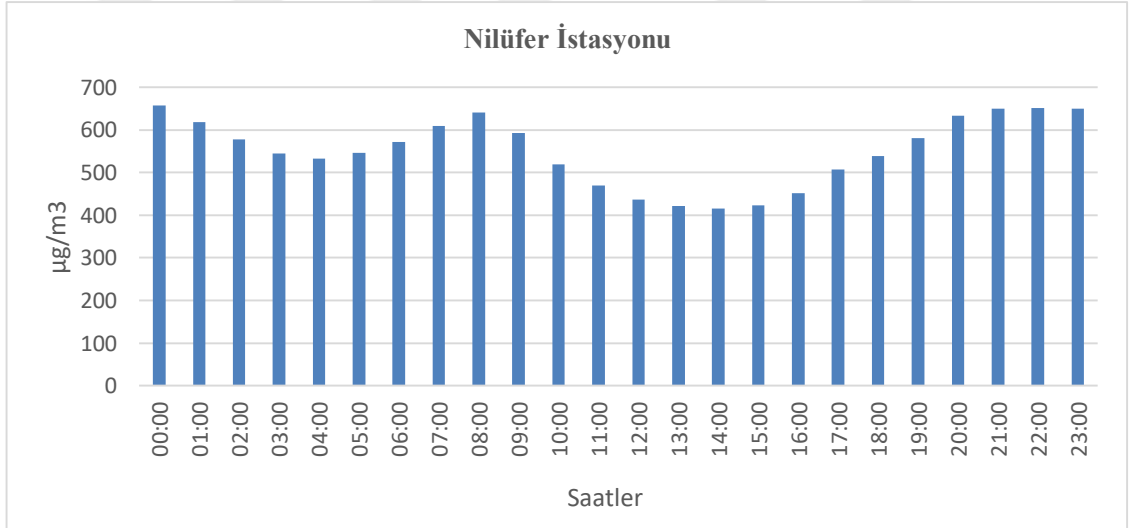
Çalışma Alanı	Modelleme Sonucu Elde Edilen Yıllık CO Konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Modelleme Sonucu Elde Edilen Alıcı Noktada Yıllık CO Konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	İstasyonda Ölçülen Ortalama Yıllık CO Konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
KOSAB	1,57	0,1	-*
NOSAB	3,5	0,468	611
DOSAB	0,8	0,0063	1457

*: Kestel Hava Kalitesi istasyonunda CO parametresi ölçümü yapılmamaktadır.

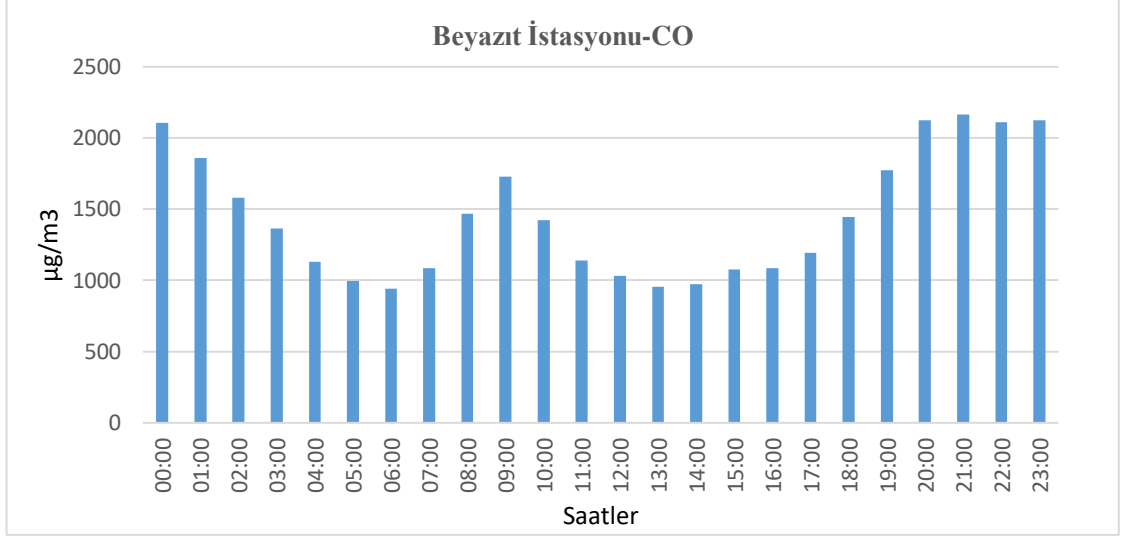
Modelleme sonuçlarına göre en yüksek yıllık CO konsantrasyonu Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi'nde, en düşük CO konsantrasyonu Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi'nde olduğu görülmüştür. Bölgede oluşan kirlilik dağılımının alıcı noktalar üzerinde oluşturduğu konsantrasyonlar ise Kestel istasyonu için $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Nilüfer istasyonu için

0,468 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve Beyazıt istasyonu için ise 0,0063 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Nilüfer hava kalitesi ölçüm istasyonu sanayi bölgesine daha yakın konumda olduğundan, alıcı noktadaki kirletici konsantrasyonu, diğer noktalara göre daha yüksek seviyede olduğu görülmüştür. Beyazıt hava kalitesi ölçüm istasyonu DOSAB'daki emisyon kaynaklarına çok uzak olması nedeniyle bu alıcı noktada kirletici konsantrasyon seviyesinin düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca Beyazıt istasyonu şehir içi trafiğinin yoğun olduğu cadde üzerinde yer aldığından bu istasyonda yapılan CO ölçüm sonuçlarının, diğer istasyonlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Böylece seçilen alıcı noktaların emisyon kaynağına yakın olanlarda kirletici konsantrasyon seviyelerinin daha yüksek olduğu, emisyon kaynaklarına daha uzak olanlarda ise konsantrasyon seviyelerinin daha düşük olduğu görülmüştür.

Kestel, Beyazıt ve Nilüfer hava kalitesi ölçüm istasyonlarında ölçümü yapılan 2015 yılı CO ve NO₂ kirletici konsantrasyonlarına ait ölçüm sonuçları incelenmiş ve günlük dağılım grafikleri oluşturulmuştur. Çalışma alanındaki istasyonlarda ölçülen saatlik ortalama CO konsantrasyonları Şekil 4.20 ve Şekil 4.21'de verilmiştir.



Şekil 4.20. Nilüfer İstasyonuna ait saatlik ortalama CO konsantrasyonu



Şekil 4.21. Beyazıt İstasyonuna ait saatlik ortalama CO konsantrasyonu

HKDYY'e göre maksimum 8 saatlik ortalama CO konsantrasyonu için limit değer 10 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirtilmiştir. Bu yönetmeliğe göre CO konsantrasyonunu değerlendirdiğimizde limit değerinin altında olduğu görülmektedir.

Fosil yakıtlar, motorlu taşıtlar, endüstriyel ve biyolojik işlemler CO kirliliğine neden olan kaynaklardır. Karbon monoksit, hidrokarbon ve azot oksitler bakımından en yüksek emisyonlar taşıtlar tarafından oluşturulmaktadır (Taş 2006). Çalışma bölgesindeki istasyonlarda saatlik CO konsantrasyonları incelendiğinde en yüksek konsantrasyonların trafiğin yoğun olduğu sabah ve akşam saatlerinde olduğu görülmüştür.

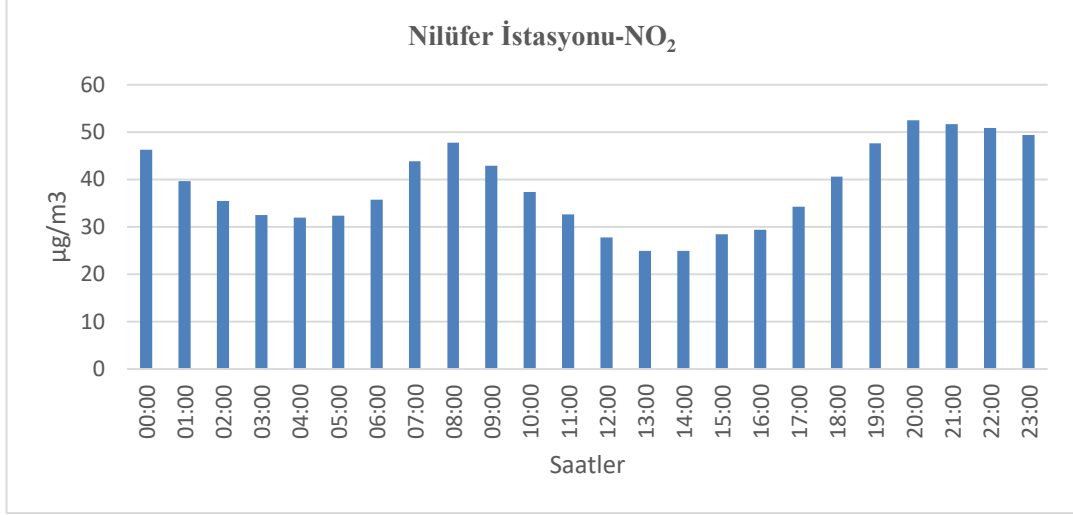
Çalışma bölgesinde yapılan NO_2 konsantrasyonu modelleme sonuçları ile hava kalitesi istasyonlarında ölçülen yıllık NO_2 değerlerin karşılaştırılması Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. NO₂ konsantrasyonlarının karşılaştırılması

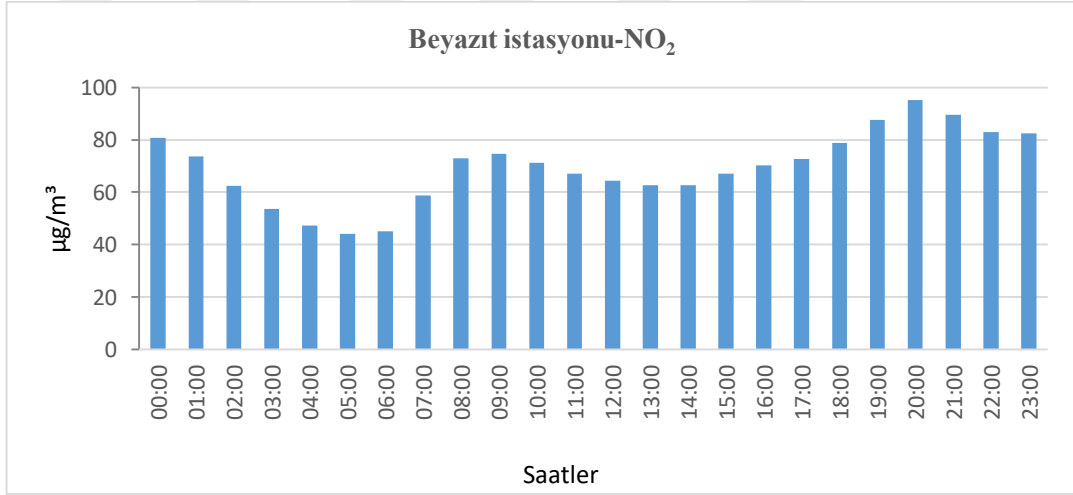
Çalışma Alanı	Modelleme sonucu elde edilen Yıllık NO₂ Konsantrasyonu (µg/m³)	Modelleme sonucu elde edilen Alıcı Noktada Yıllık NO₂ Konsantrasyonu (µg/m³)	İstasyonda ölçülen Yıllık ortalama NO₂ Konsantrasyonu (µg/m³)
KOSAB	17,68	0,98	31
NOSAB	1,94	0,21	42
DOSAB	0,8	0,008	70

Alıcı noktalardaki NO₂ konsantrasyonu Kestel istasyonunda 0,98 µg/m³, Nilüfer istasyonunda 0,21 µg/m³ ve Beyazıt istasyonunda ise 0,008 µg/m³ olarak hesaplanmıştır. Modelleme sonucunda en yüksek yıllık NO₂ konsantrasyonu Kestel Organize Sanayi Bölgesi'nde, en düşük NO₂ konsantrasyonu Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi'nde olduğu görülmüştür. Alıcı noktadaki konsantrasyon değerlerinin düşük olmasının nedeni alıcı noktanın, bölgedeki noktasal kaynaklara uzak mesafede olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Noktasal kaynaklardan uzaklaştıkça kirletici dağılımı seyrelerek dağılım göstermektedir. Noktasal kaynakların çapı, gazların kütleli debisi ve sıcaklıkları, bölgenin yer şekilleri, çalışma alanlarının boyutlarının farklı olması bölgede yapılan modelleme sonuçlarında farklılıklar oluşturmuştur.

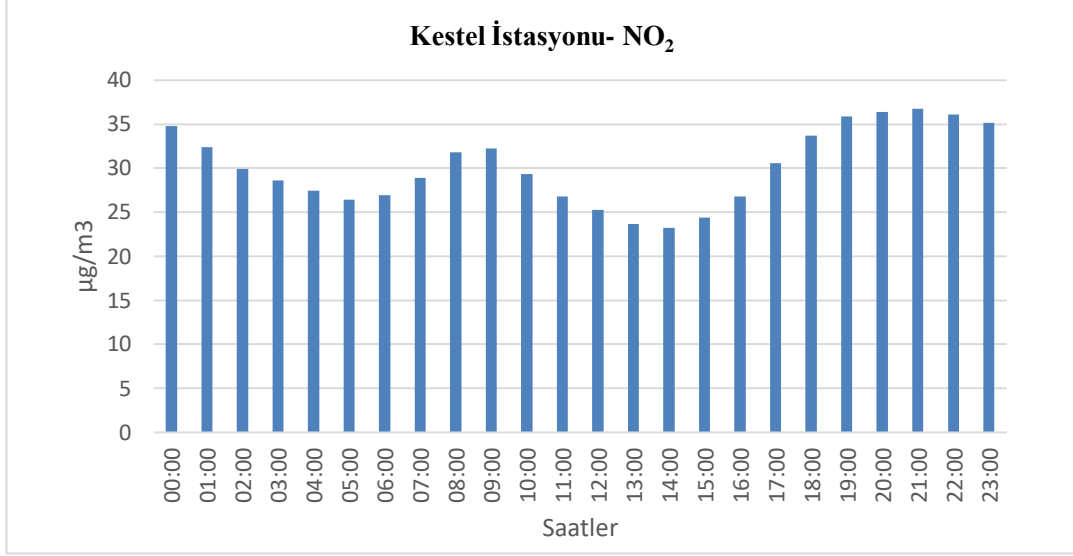
Beyazıt, Kestel ve Nilüfer istasyonlarında ölçümü yapılan saatlik ortalama NO₂ konsantrasyonu Şekil 4.22, Şekil 4.23 ve Şekil 4.24'te verilmiştir.



Şekil 4.22. Nilüfer İstasyonuna ait saatlik ortalama NO₂ konsantrasyonu



Şekil 4.23. Beyazıt İstasyonuna ait saatlik ortalama NO₂ konsantrasyonu



Şekil 4.24. Kestel İstasyonuna ait saatlik ortalama NO₂ konsantrasyonu

HKDYY'e göre saatlik NO₂ konsantrasyon limit değeri 200 µg/m³'tür. Şekil 4.22, Şekil 4.23 ve Şekil 4.24'e göre NO₂ konsantrasyonları HKDYY'nin limit değerlerin altında olduğu görülmektedir.

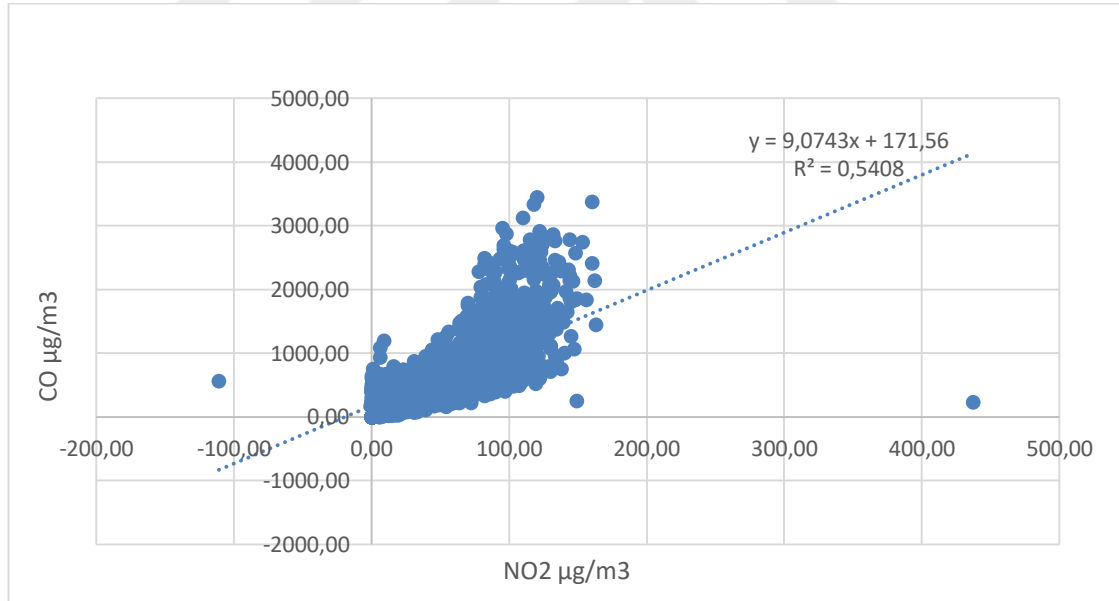
Nilüfer, Beyazıt ve Kestel istasyonlarındaki saatlik veriler incelendiğinde NO₂ konsantrasyon artışlarının istasyondan istasyona farklılıklar gösterse de ortak nokta; konsantrasyon artışlarının ağırlıklı olarak sabah, akşam ve gece saatlerinde olmasıdır. Bu artışın nedeni evsel ısınmadan kaynaklanan yakıt kullanımının arttığı saatler ile trafiğin yoğun olduğu saatlerde NO₂ konsantrasyonunun arttığı düşünülmektedir. Ayrıca öğle saatlerinde konsantrasyonların daha düşük olmasının, NO₂'lerin öğle saatlerinde kimyasal reaksiyonlarda rol oynamasına da bağlı olduğu söylenebilir (Çetin ve Ayberk 2010).

Modelleme sonuçları ile hava kalitesi ölçüm sonuçları karşılaştırılmasında; bu iki veri setinin temelde birbirinden farklı olmasından dolayı sorunlarla karşılaşılmaktadır. Hava kalitesi ölçümleri, belli bir konumda kısa süreli hava kirletici konsantrasyonlarını doğru olarak yansıtırken, model sonuçları daha geniş bir bölgede hava kirleticilerinin uzun süreli ortalamalarını daha iyi yansıtır. Ölçüm sonuçları, daha küçük gridleri kapsar iken, model sonuçları ise daha büyük gridleri kapsar. Bu durum kırsal alanlar için önemli

olmasa da hava kirleticilerinin küçük mesafelerde çeşitlilik gösterdiği karmaşık arazi veya kentlerde ciddi bir durumdur (Çetin 2006a).

Bu çalışmada NO₂-CO emisyonları arasında ilişki olup olmadığını belirlemek amacıyla istasyonlardaki ölçüm sonuçlarına bakılarak korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Beyazıt ölçüm istasyonu sonuçlarına göre korelasyon katsayısı 0,599 olarak bulunmuştur. NO₂-CO arasında orta dereceli doğrusal pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Nilüfer ölçüm istasyonu hava kalitesi sonuçlarına göre korelasyon katsayısı 0,735 olarak bulunmuştur. NO₂-CO arasında yüksek dereceli doğrusal pozitif bir ilişki olduğunu görülmektedir. Bu ilişki nedeniyle NO₂-CO regresyon grafiği çizilerek Şekil 4.25'te verilmiştir. CO konsantrasyonuna karşılık NO₂ konsantrasyonları formülü oluşturulduğunda $y=9,3743*x+171,56$ ve $R^2=0,5408$ olarak bulunmuştur. Kestel ölçüm istasyonunda CO parametresi ölçümü yapılmadığından NO₂-CO arasında korelasyon katsayısı belirlenememiştir.



Şekil 4.25. Nilüfer istasyonu CO konsantrasyonlarına karşı NO₂ konsantrasyonu

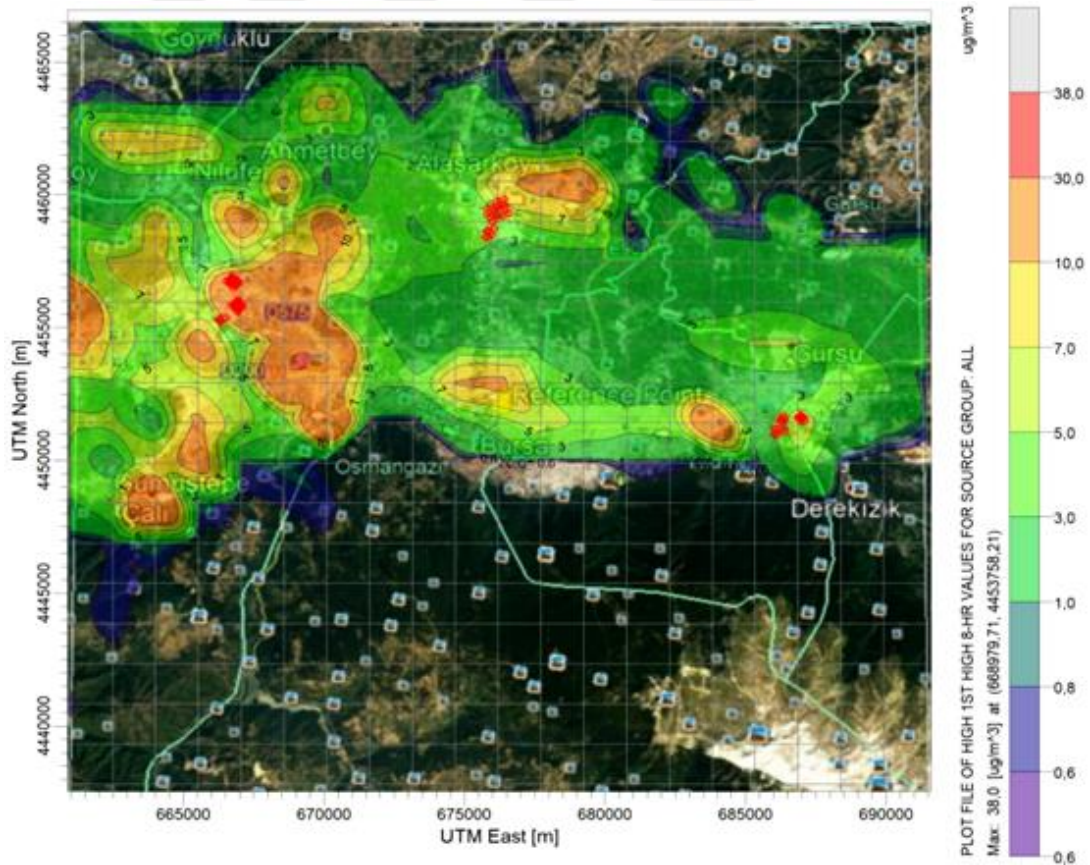
4.3. Tüm Noktasal Kaynakların Modelleme Sonuçları

Bursa İli'nde bulunan 9 adet tekstil fabrikasının 85 adet noktasal kaynağından yayılan CO ve NO₂ emisyonlarının kütleli debileri modelleme programına girilerek, bölgenin

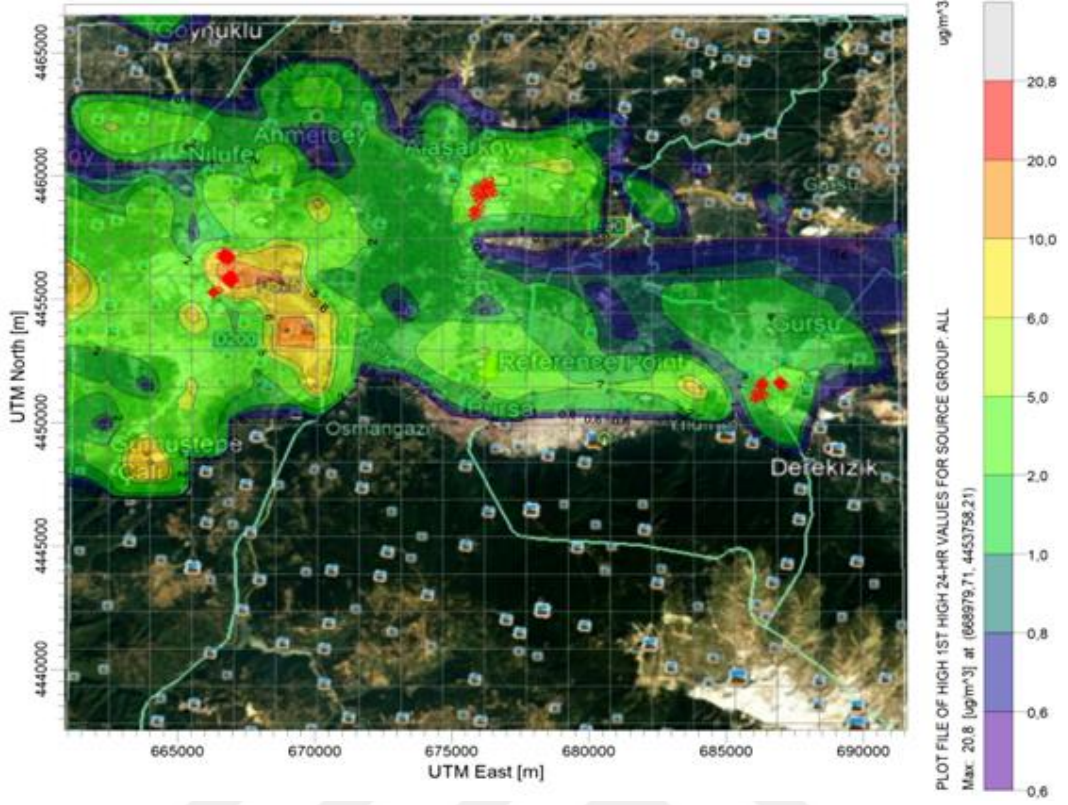
kirlilik dağılım haritaları oluşturulmuştur. Çalışma alanına ait tüm kaynaklar tek bir grup gibi düşünülerek bölgenin modellenmesi yapılmıştır.

Bölgede bulunan tüm kirletici kaynakların modellenmesi sonucunda 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum CO konsantrasyon değerleri sırayla $38,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $20,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $2,93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tür.

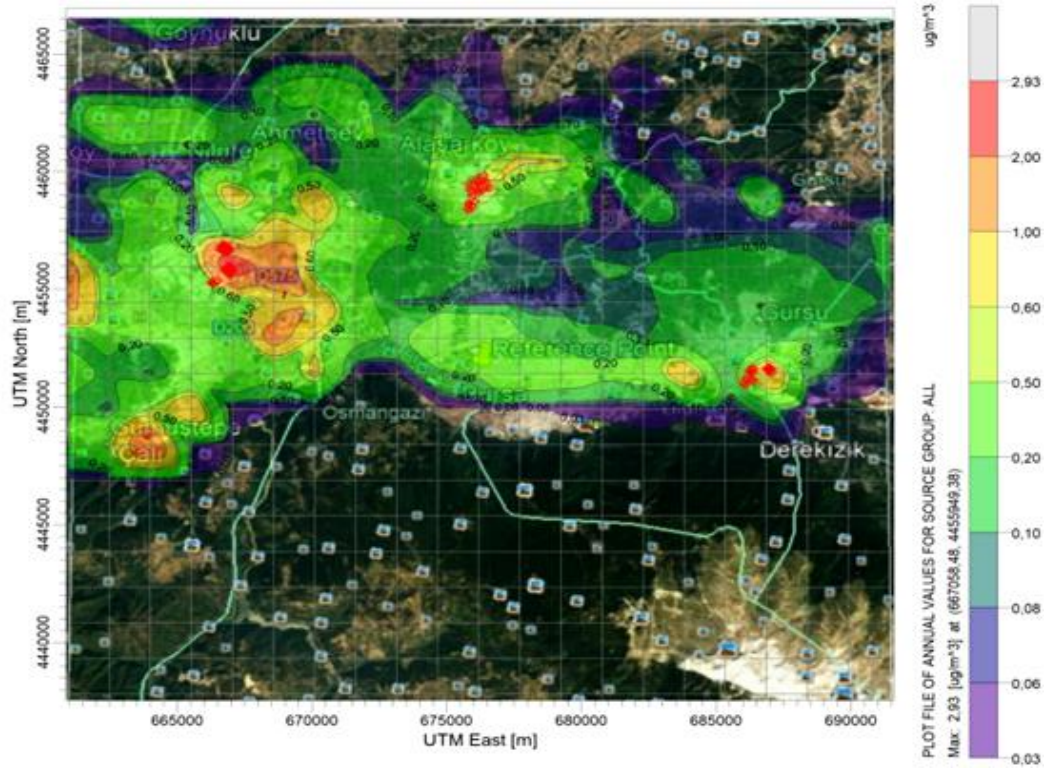
Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde 2015 yılı CO konsantrasyonu KVS değeri (günlük maksimum 8 saatlik ortalama) $14\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, HKDYY'e göre ise CO konsantrasyonu için limit değer $10\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirtilmiştir. Çalışma alanına ait modelleme sonucunda ulaşılan KVD değeri $38,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. CO konsantrasyon değeri iki yönetmelikteki sınır değerinin altında kalmaktadır. Saatlik, günlük ve yıllık CO konsantrasyon dağılım haritaları Şekil 4.26, Şekil 4.27 ve Şekil 4.28'e verilmiştir.



Şekil 4.26. 8 saatlik maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası (Bursa İli)



Şekil 4.27. 24 saatlik maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası (Bursa İli)

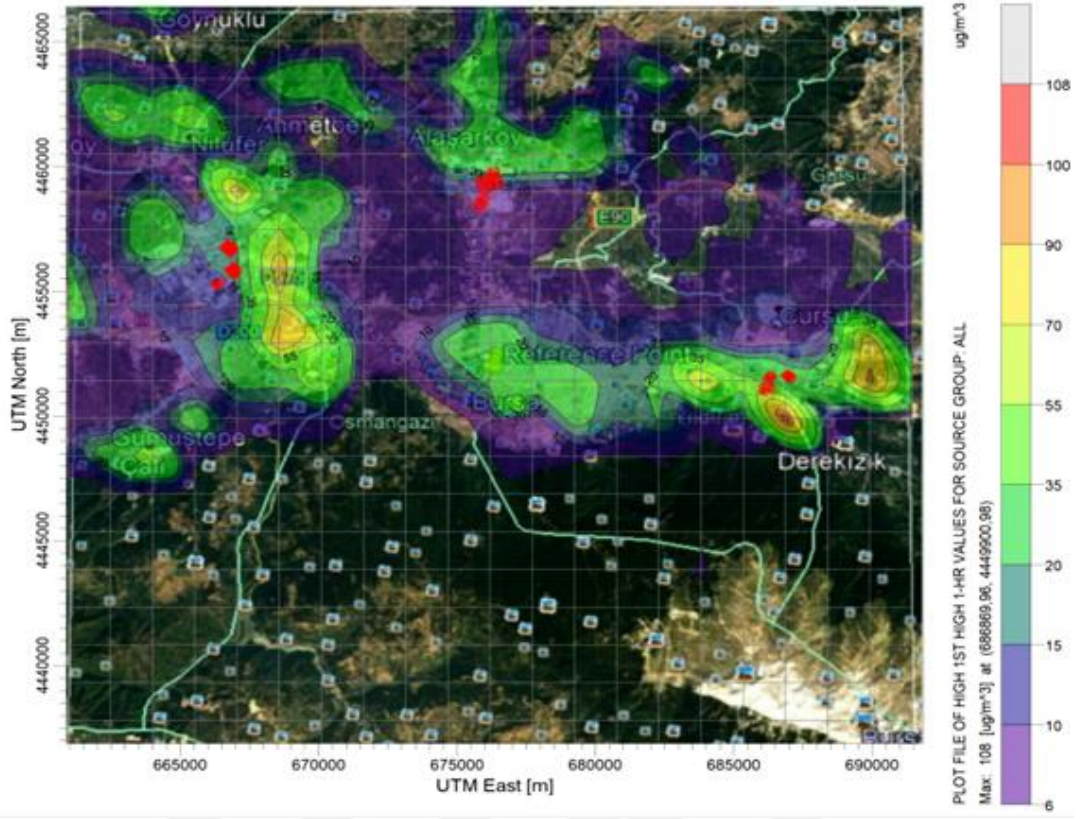


Şekil 4.28. Yıllık maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası (Bursa İli)

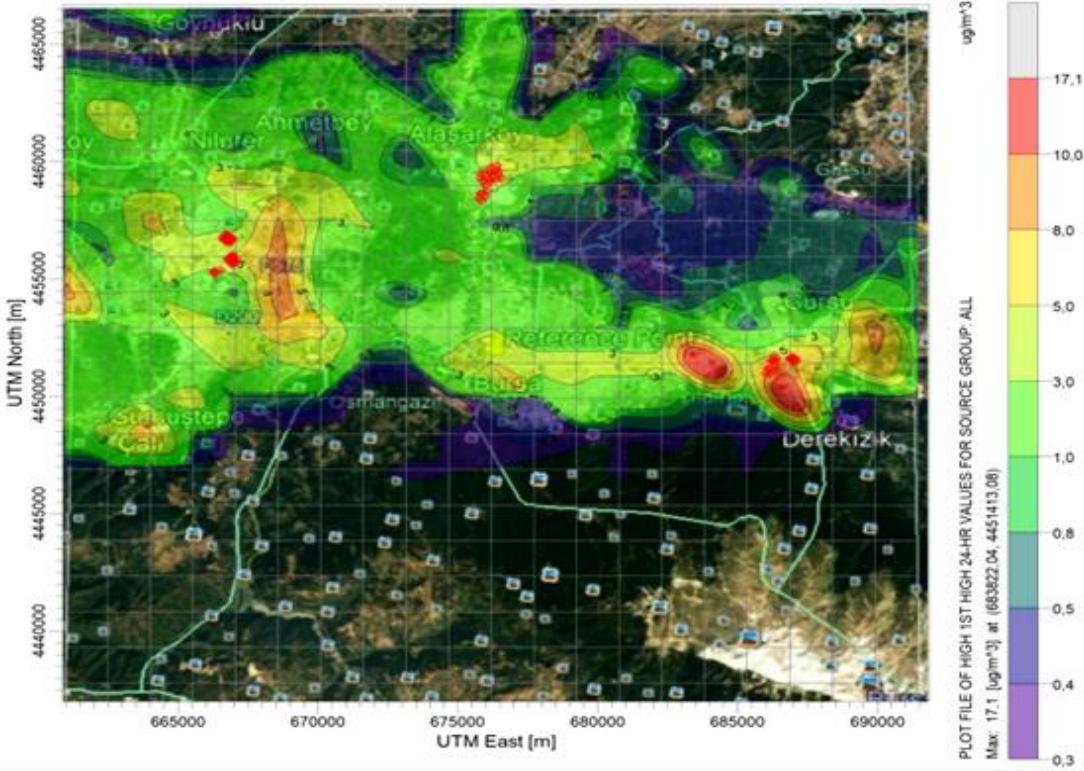
Dağılım haritaları Şekil 4.26, Şekil 4.27 ve Şekil 4.28 incelendiğinde, noktasal kaynakların etrafında kirletici konsantrasyonları yüksek seviyelerde olduğu, kirleticilerin bir kısmı kuzeydoğudan esen hakim rüzgar yönünde dağılım gösterdiği görülmüştür. Bölgede kirletici konsantrasyonları yükseltinin arttığı noktalarda birikerek, dağılım haritasında adacıklar oluşturulmuştur. Dağılım haritasında kirliliğin en yoğun olduğu yerler; Gümüštepe, Beşevler, Emek ve Değirmenönü Mahalleleridir. Bölgenin güney kısmı dağlık bir bölge olması kirlilik dağılım yönünü etkilemiştir. Doğal ortam özellikleri kirliliğin kent atmosferinde kolayca birikmesine ya da dağılıp daha az zararlı hale gelmesine yardımcı olmaktadır (Gökmen, 2012).

Tekstil sanayisinden kaynaklanan emisyonların bölge atmosferinde oluşturdukları NO₂ konsantrasyon değerlerinin kent atmosferi üzerine etkileri incelenmiştir. Tez çalışmasında kullandığımız noktasal kaynaklardan çıkan kirletici emisyonların modellenmesi sonucunda 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan en yüksek NO₂ konsantrasyon değerleri sırayla 108,17 µg/m³, 17,088 µg/m³, 2,87 µg/m³ tür.

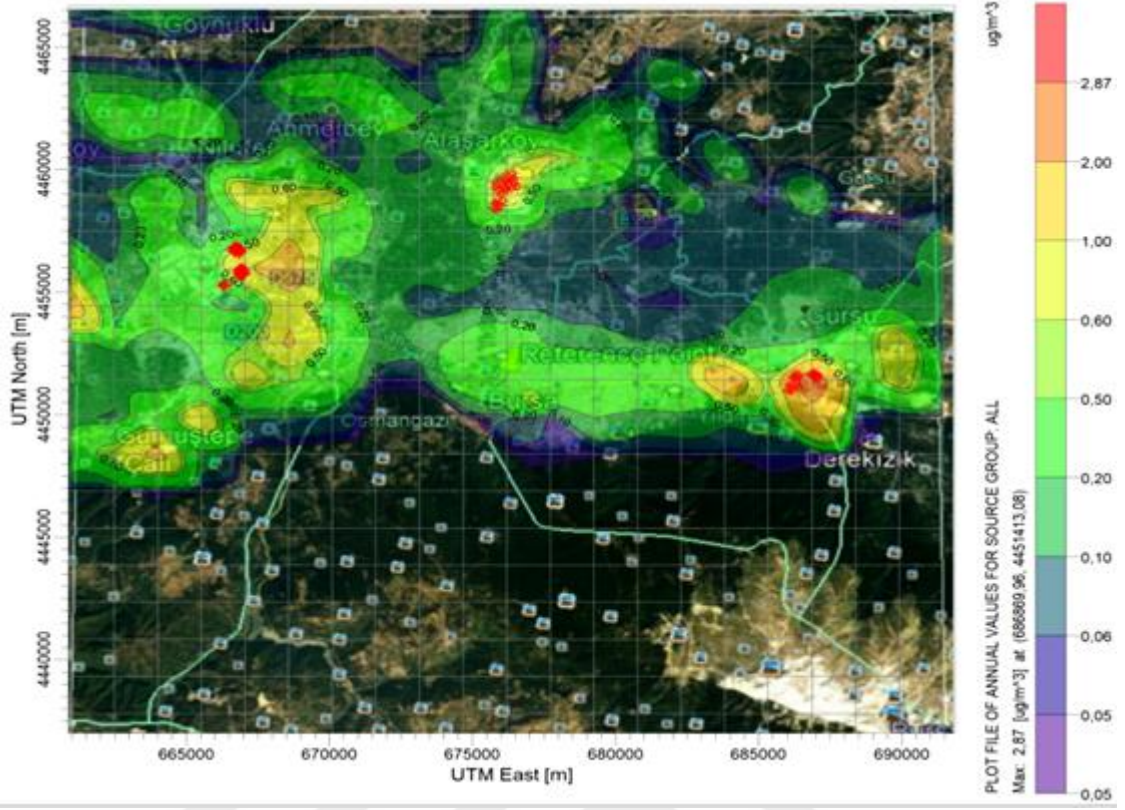
SKHKKY'e göre, 2015 yılı NO₂ konsantrasyonu KVS değeri 290 µg/m³ olarak belirtilmiştir. Modelleme süresince ulaşılan maksimum konsantrasyon değerine bakıldığında bu değer 108,17 µg/m³ değeriyle sınır değerinin altında olduğu görülmüştür. Modelleme sonucunda elde edilen en yüksek uzun vadeli değer 2,87 µg/m³ tür. Yönetmelikte 2015 yılı için belirtilen UVS değeri 56 µg/m³ olup, bu bölgeye ait NO₂ emisyon değerleri yönetmelikte belirtilen sınır değerinin altındadır. HKDYY'ne göre, 2015 yılı NO₂ konsantrasyonu için sınır değerler sırayla UVS için 40 µg/m³, KVS için ise 200 µg/m³ olarak belirtilmiştir. NO₂ konsantrasyonları bu yönetmektteki sınır değerlerin altında kalmaktadır. 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için oluşturulan NO₂ kirlilik dağılım haritaları Şekil 4.29, Şekil 4.30 ve Şekil 4.31'de verilmiştir.



Şekil 4.29. 1 saatlik maksimum NO₂ konsantrasyonu dağılım haritası (Bursa İli)



Şekil 4.30. 24 saatlik maksimum NO₂ konsantrasyonu dağılım haritası (Bursa İli)



Şekil 4.31. 1 yıllık maksimum NO₂ konsantrasyonu dağılım haritası (Bursa İli)

Dağılım haritaları Şekil 4.29, Şekil 4.30 ve Şekil 4.31 incelendiğinde, CO ve NO₂ kirletici parametreler için en yüksek saatlik ve yıllık konsantrasyonların görüldüğü konumlar benzerdir. Saatlik, günlük ve yıllık ortalama NO₂ konsantrasyonların en yüksek görüldüğü yerler, Gümüştepe, Beşevler, Emek ve Değirmenönü Mahalleleridir. Bölgenin güneyinde kirletici konsantrasyonu dağılımına engel olan sıra dağların yer almasıyla, kirletici konsantrasyonları güney yönlü bir dağılım gösterememiştir. Bu nedenle kirli havanın şehir merkezinin üzerinde biriktiği düşünülmektedir.

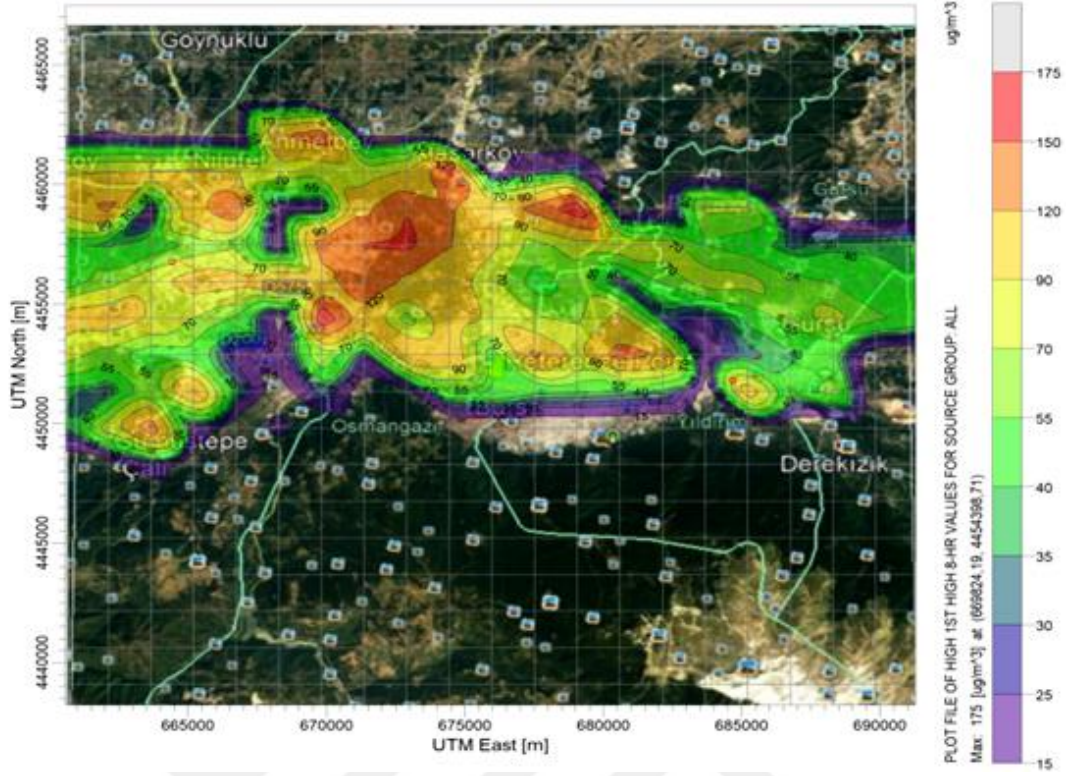
2015 yılı Kocaeli'nin Körfez İlçesinde yapılan hava kalitesi modelleme çalışmasında 28 adet sanayi tesisinden kaynaklanan CO, NO_x, SO₂, PM₁₀ ve VOC emisyonlarının hava kalitesine alan katkıları ve kent atmosferi üzerindeki dağılımını belirlemek amacıyla modelleme çalışması yapılmıştır. CALPUFF modelleme programı yardımıyla noktasal kaynaklar modellenmiştir. Bu modelleme çalışması sonucunda elde edilen günlük ve yıllık en yüksek CO konsantrasyonu 140,88 µg/m³ ve 17,21 µg/m³, NO_x konsantrasyonu 62,33 µg/m³ ve 3,89 µg/m³ olarak bulunmuştur (Demiraslan 2015). Bu çalışma ile

Kocaeli bölgesinde yapılan modelleme sonuçlarını karşılaştırdığımızda CO ve NO₂ kirletici konsantrasyonlarının birbirine yakın değerler olduğu görülmüştür.

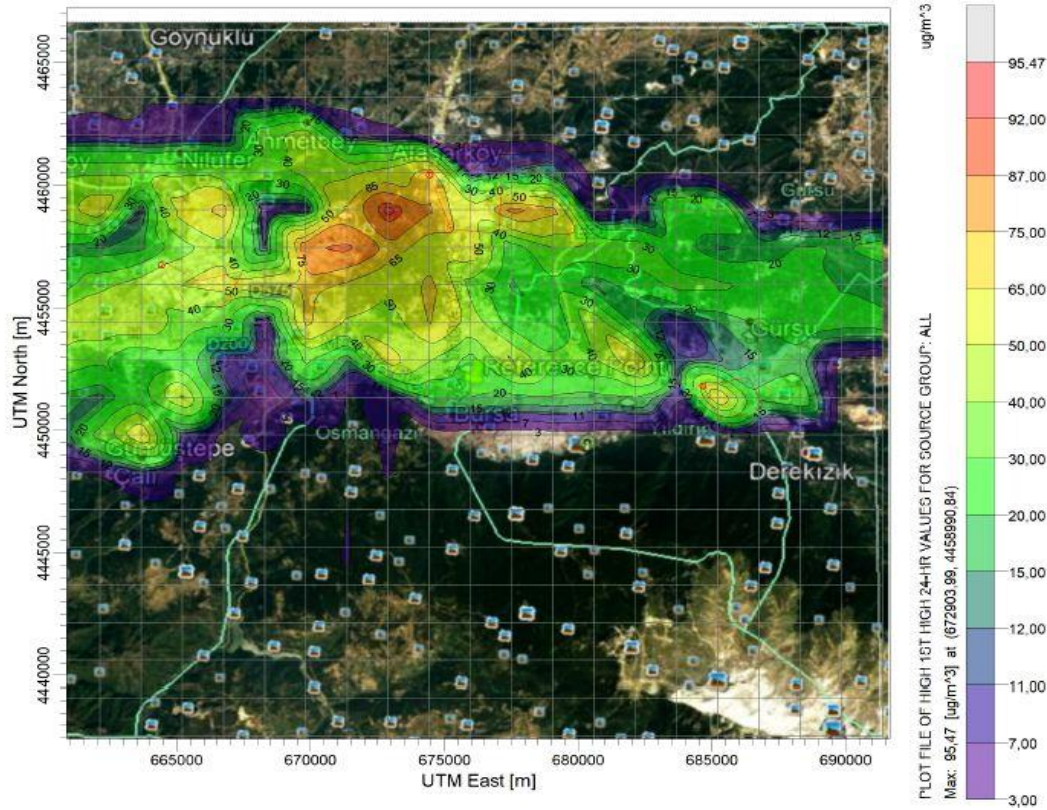
4.4. Alansal Kaynakların Modellenmesi Sonuçları

Organize sanayi bölgelerinin yıllık yakıt tüketiminden kaynaklanan CO ve NO_x emisyonlarının modellenmesi için her bir organize sanayi bölgesi için hesaplanmış olan emisyon miktarları modele poligon alansal kaynak olarak girilmiştir. Alansal kaynakların modellenmesi sonucunda oluşan KOSAB 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum CO konsantrasyon değerleri sırayla, 105,84 µg/m³, 61,05 µg/m³, 18,42 µg/m³, NOSAB 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum CO konsantrasyon değerleri sırayla 20,49 µg/m³, 11,6 µg/m³, 2,2 µg/m³ ve DOSAB 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum CO konsantrasyon değerleri sırayla 174,84 µg/m³, 95,46 µg/m³ ve 24,02 µg/m³'tür.

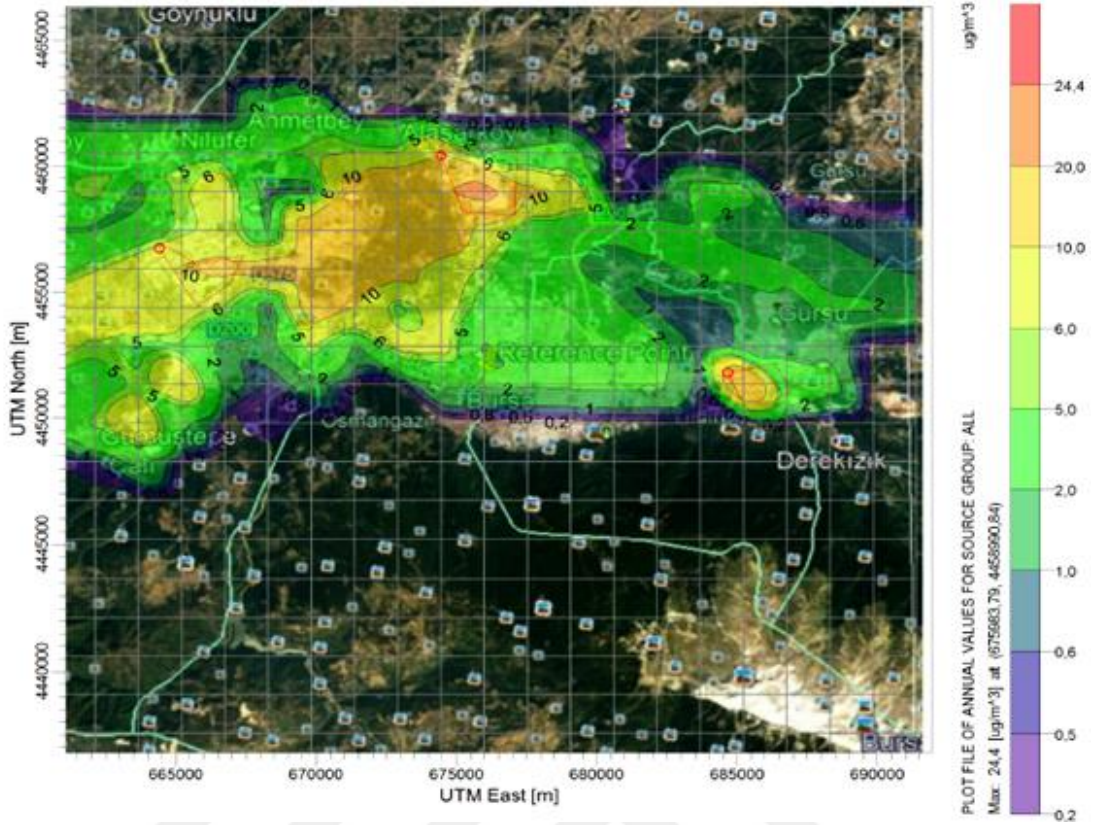
Modelleme sonucunda en yüksek CO konsantrasyonunun DOSAB olduğu, en düşük konsantrasyonunun ise NOSAB olduğu görülmüştür. 8 saatlik, günlük ve yıllık maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritaları Şekil 4.32, Şekil 4.33 ve Şekil 4.34'de verilmiştir.



Şekil 4.32. 8 saatlik maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası (OSB)



Şekil 4.33. 24 saatlik (günlük) maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası(OSB)

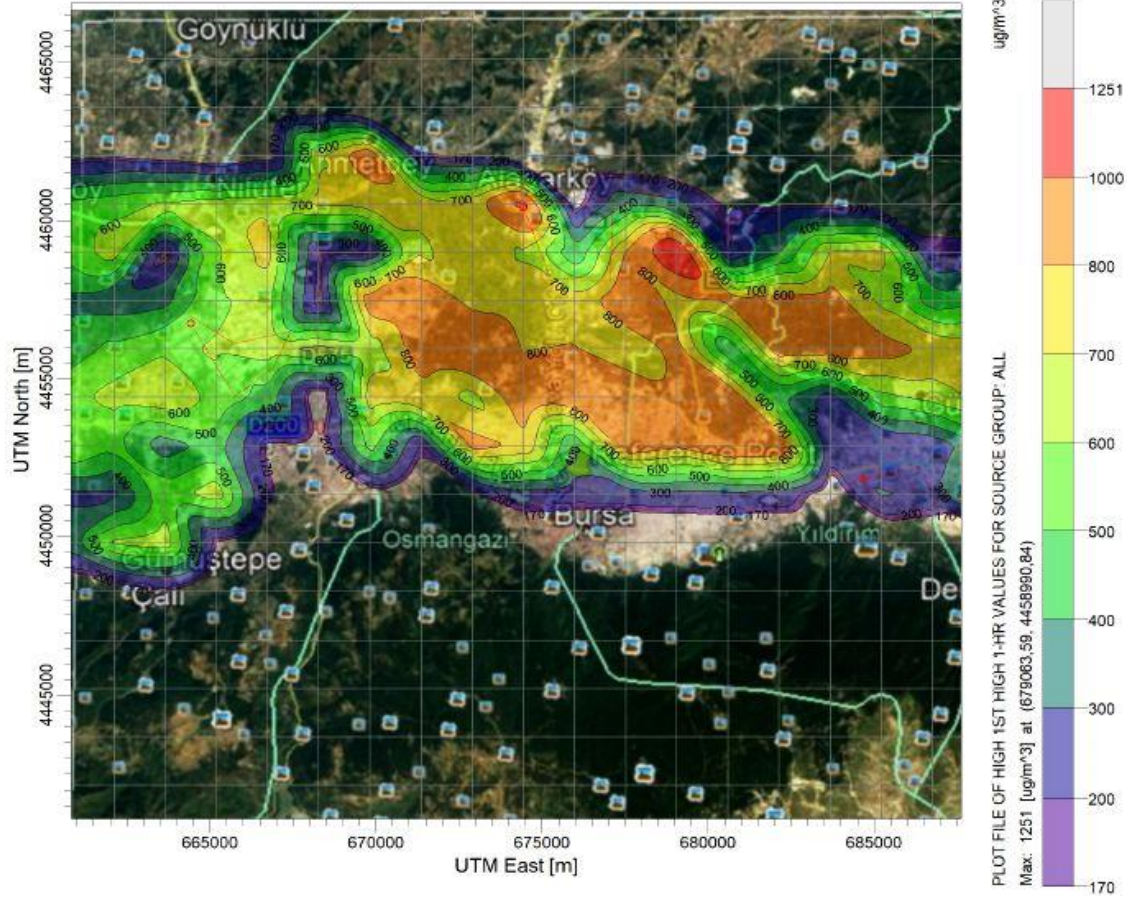


Şekil 4.34. Yıllık maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası(OSB)

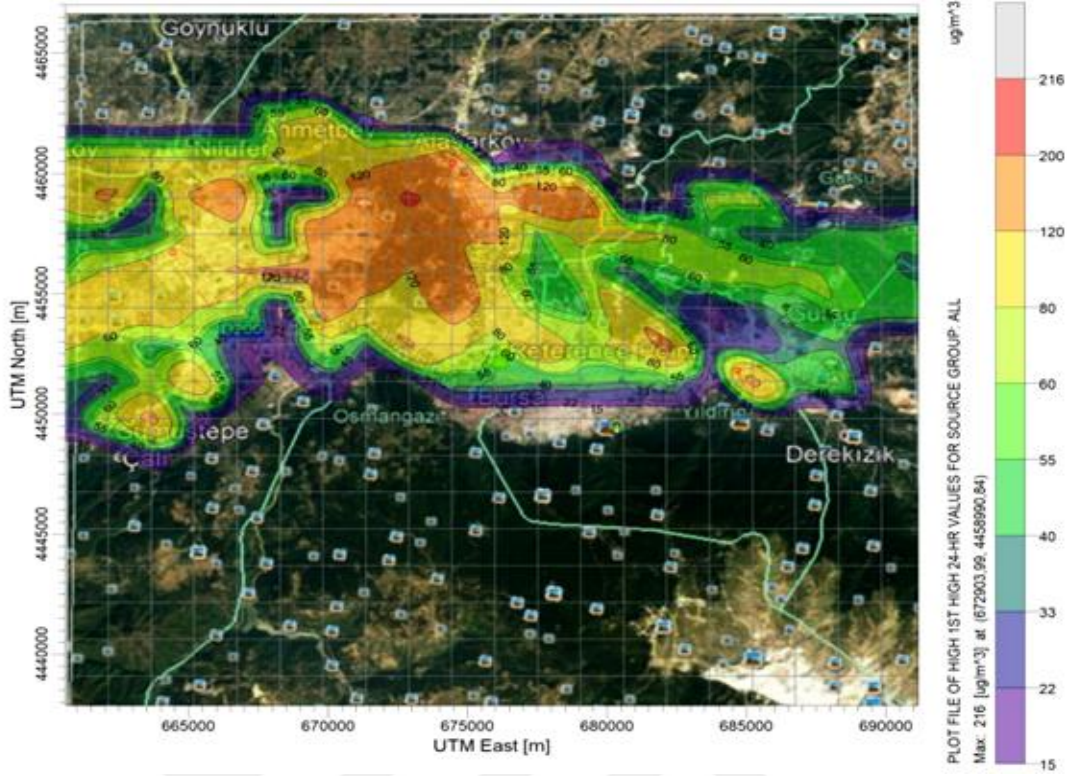
8 saatlik oluşturulan dağılım haritasında en yüksek CO konsantrasyonunun $174,84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile DOSAB etrafında olduğu görülmektedir. Bu bölgedeki 24 saatlik ve yıllık CO konsantrasyonları $95,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $24,40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi yakıt tüketiminin en fazla olduğu organize sanayi bölgesidir. Bu yüzden DOSAB'ta diğer organize sanayi bölgelerine göre daha fazla kirletici konsantrasyonu oluşmaktadır. Dağılım haritaları Şekil 4.32, Şekil 4.33 ve Şekil 4.34 incelendiğinde kirletici konsantrasyon dağılımı topografik yükseltinin arttığı yönde yoğunlaşmaların olduğu ve kirleticilerin hakim rüzgar yönünün etkisinde şehir içinde dağılım gösterdiği görülmüştür.

Alansal kaynakların modellenmesi sonucunda oluşan KOSAB 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum NO_x konsantrasyon değerleri sırayla, $523,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $138,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $41,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NOSAB 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum NO_x konsantrasyon değerleri sırayla $187,93 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $26,32 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $4,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve DOSAB 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için

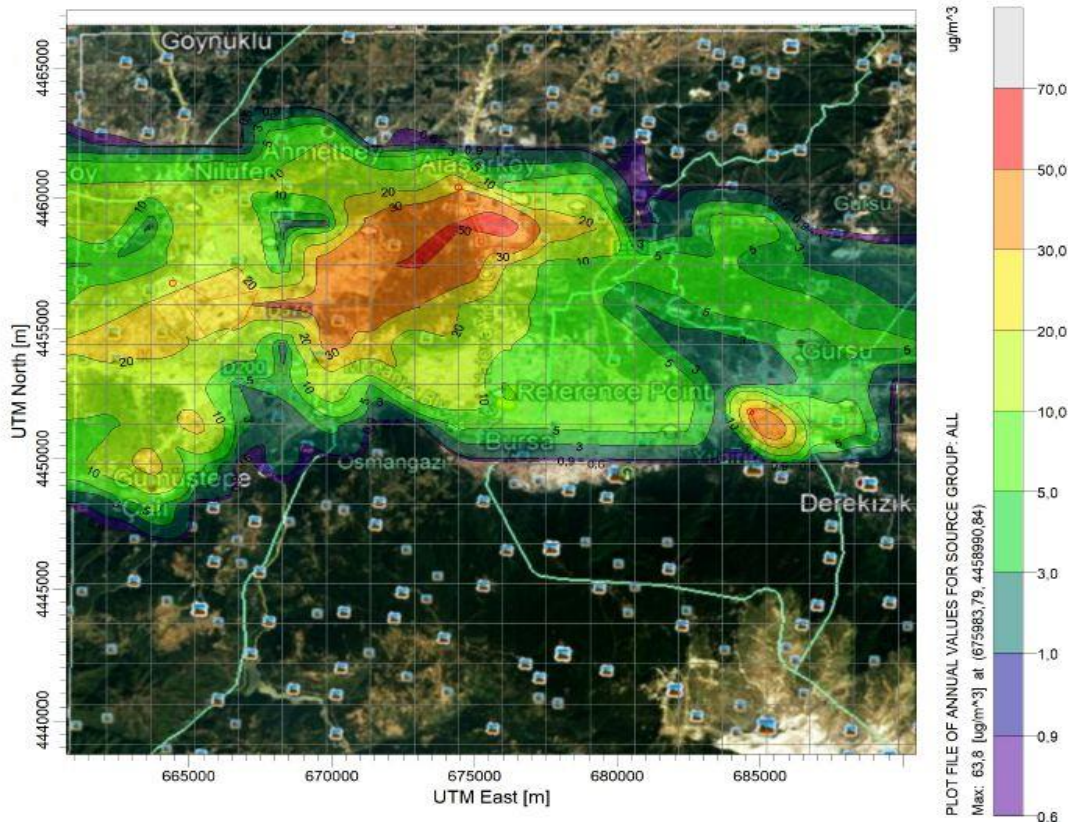
hesaplanan maksimum NO_x konsantrasyon değerleri sırayla 1251,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 215,93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve 54,32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tir. Çalışma bölgesinde 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için oluşturulan NO_x kirlilik dağılım haritaları Şekil 4.35, Şekil 4.36 ve Şekil 4.37'de verilmiştir.



Şekil 4.35. 1 saatlik maksimum NO_x konsantrasyonu dağılım haritası (OSB)



Şekil 4.36. 24 saatlik maksimum NO_x konsantrasyonu dağılım haritası (OSB)

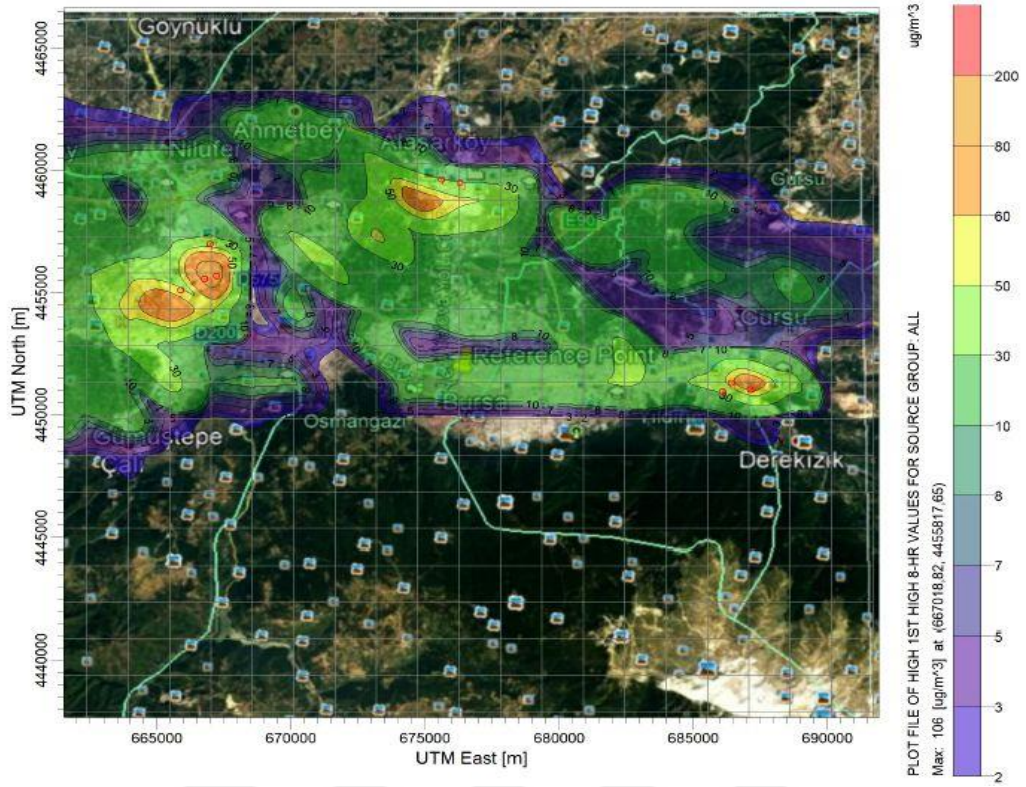


Şekil 4.37. Yıllık maksimum NO_x konsantrasyonu dağılım haritası (OSB)

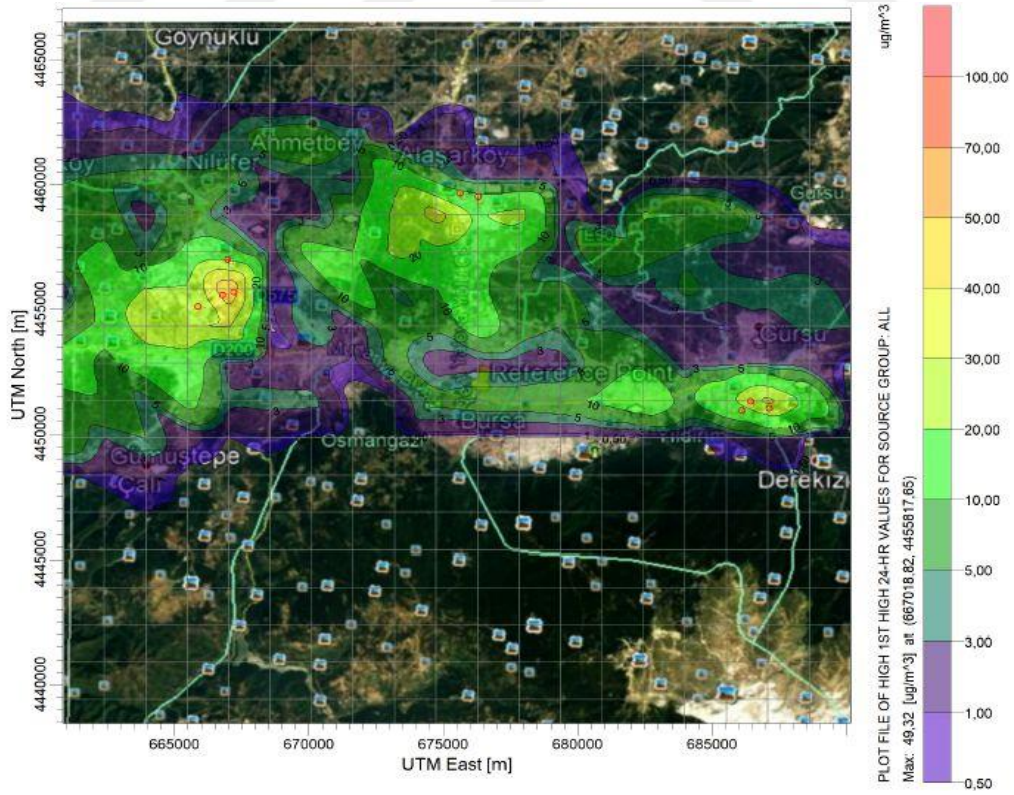
Alansal kaynaklardan oluşan NO_x emisyonlarının modellenmesi sonucunda en yüksek konsantrasyonların görüldüğü bölge DOSAB, en düşük konsantrasyonların görüldüğü bölge ise NOSAB'dir. Bu bölgedeki 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık maksimum NO_x konsantrasyonları 1251,45 µg/m³, 215,93 µg/m³ ve 55,18 µg/m³ olarak elde edilmiştir. Dağılım haritaları Şekil 4.35, Şekil 4.36 ve Şekil 4.37 incelendiğinde kirletici konsantrasyonlar yer şekillerinin düz olduğu yerde kirlilik dağılımı en uzak mesafelere kadar dağılım göstermekte ancak yer şekillerinin engebeli olduğu yerler de ise kirli hava birikerek dağılıma engel olmaktadır. Bu çalışma kapsamında sadece organize sanayi bölgelerinde yakıt tüketimi sonucunda oluşan emisyon miktarı hesaplanarak bölgedeki kirlilik dağılımı incelenmiştir.

Çalışma bölgesindeki 9 adet tesisin yıllık yakıt tüketimi sonucunda oluşan emisyon miktarları hesaplanarak, kirleticilerin bölgeye olan etkilerini görmek için modelleme çalışması yapılmıştır.

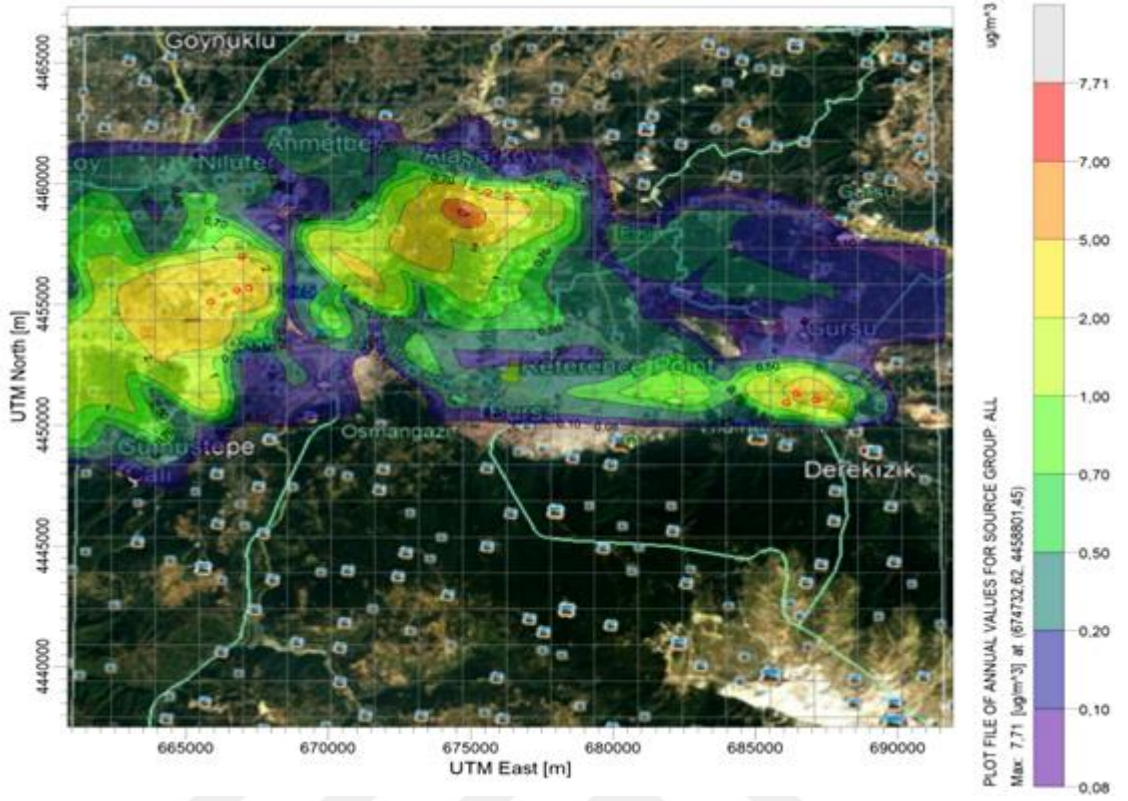
Modelleme sonucunda, 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum CO konsantrasyon değerleri sırayla 105,62 µg/m³, 49,32 µg/m³, 7,71 µg/m³'tür. 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için oluşturulan CO kirlilik dağılım haritaları Şekil 4.38, Şekil 4.39 ve Şekil 4.40'ta verilmiştir.



Şekil 4.38. 8 saatlik maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası (Tesis)



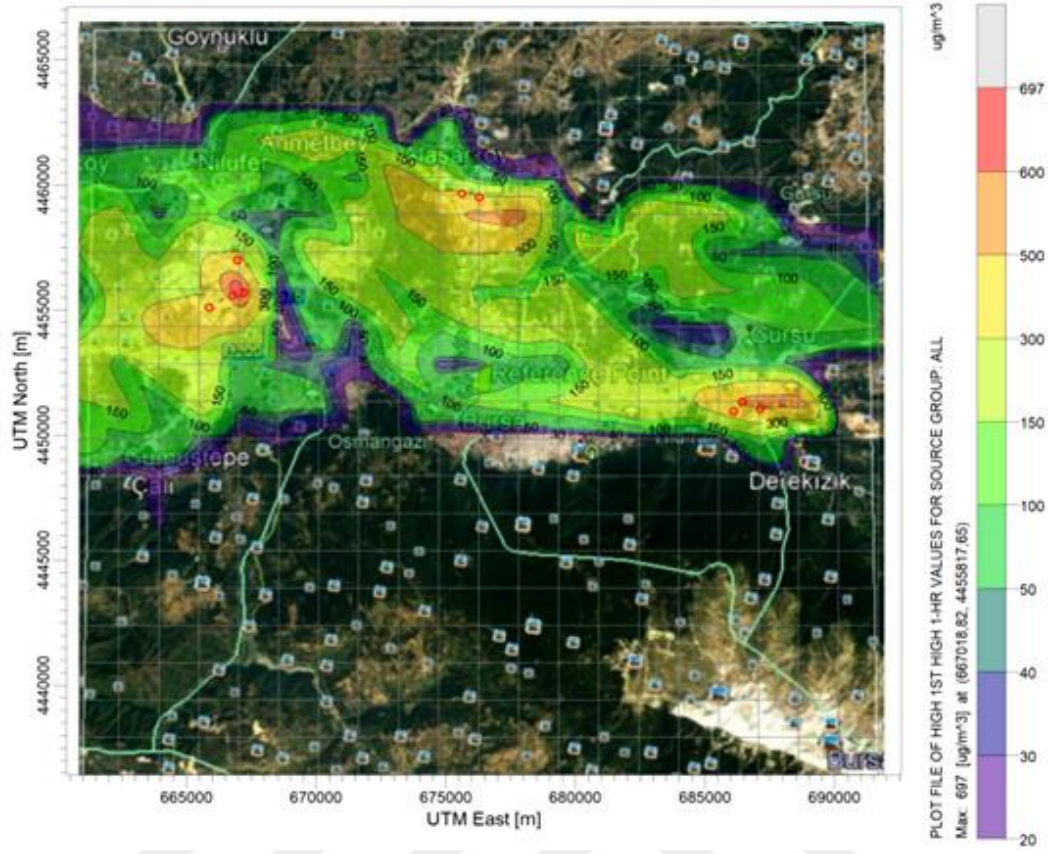
Şekil 4.39. 24 saatlik maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası (Tesis)



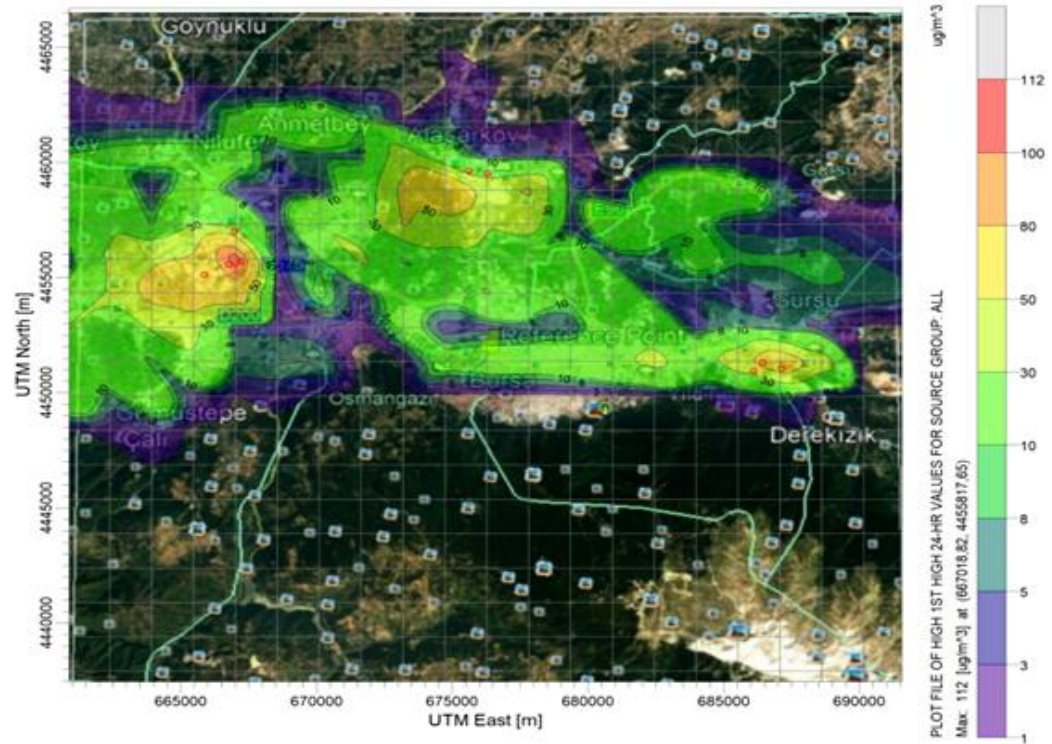
Şekil 4.40. Yıllık maksimum CO konsantrasyonu dağılım haritası (Tesis)

Şekil 4.38, Şekil 4.39 ve Şekil 4.40'daki dağılım haritaları incelendiğinde alansal kaynaklardan uzaklaştıkça kirletici konsantrasyonu seyrelererek bölge üzerinde dağılım göstermiştir. Yer şekillerinin düz olduğu yerlerde kirlilik dağılımı en uzak mesafelere kadar dağılım göstermekte ancak yükseltinin arttığı bölgelerde ise kirletici konsantrasyonları birikerek kirli havanın uzaklaşmasına engel olmaktadır.

Modelleme sonucunda, 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için hesaplanan maksimum NO_x konsantrasyon değerleri ise sırayla 696,80 µg/m³, 111,87 µg/m³, 24,3 µg/m³ tür. NO_x kirlilik dağılım haritaları Şekil 4.41, Şekil 4.42 ve Şekil 4.43'te verilmiştir.

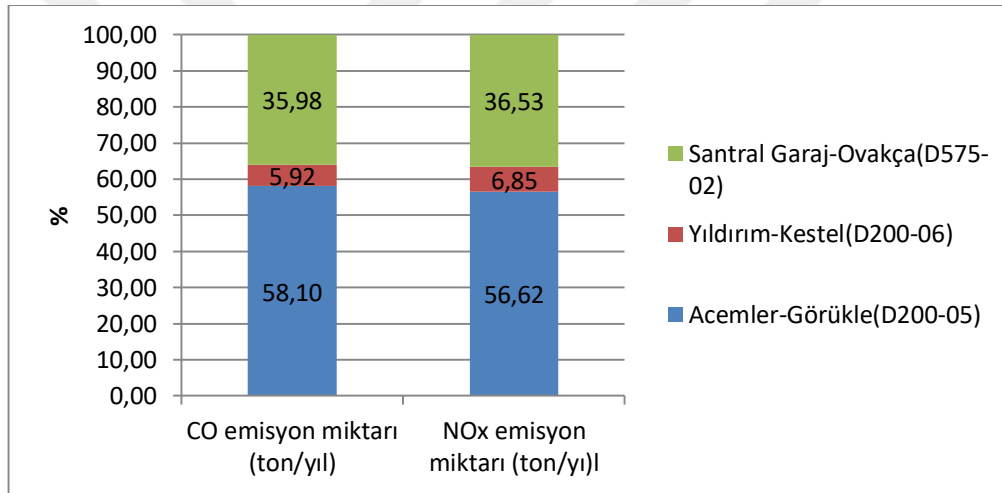


Şekil 4.41. 1 saatlik maksimum NO_x konsantrasyonu dağılım haritası (Tesis)



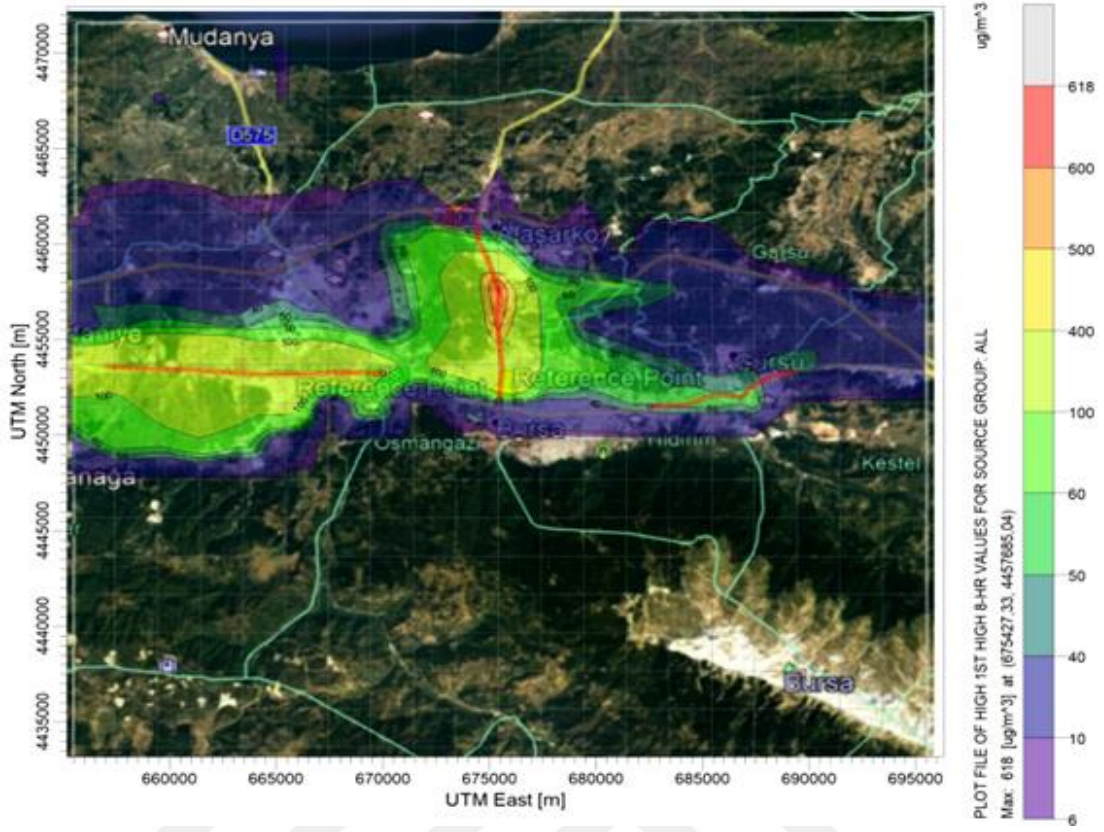
Şekil 4.42. 24 saatlik maksimum NO_x konsantrasyonu dağılım haritası (Tesis)

Araç sayılarına göre Acemler Görükle (D-200-05) karayolunda yapılan çalışmalar sonucunda hesaplanan yıllık toplam CO emisyonu 190,41 ton/yıl ve NO_x emisyonu ise 128,13 ton/yıl'dır. Yıldırım-Kestel (D-200-06) karayolunda yapılan çalışmalar sonucunda hesaplanan yıllık toplam CO emisyonu 19,39 ton/yıl ve NO_x emisyonu 15,50 ton/yıl'dır. Santral Garaj-Ovaakça (D575-02) karayolunda yapılan çalışmalar sonucunda hesaplanan yıllık toplam CO emisyonu 117,93 ton/yıl ve NO_x emisyonu 82,67 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Bölgedeki anayoldan geçen motorlu taşıtların oluşturduğu CO ve NO_x kirletici emisyonlarının yüzdelik dağılımı Şekil 4.44'te verilmiştir. En fazla emisyon miktarlarının D200-05 karayolunda olduğu görülmüştür. D200-05 karayolu, D200-06 ve D575-02 karayollarına göre seyir halinde bulunan taşıt sayısı daha fazla olduğundan oluşan CO ve NO_x emisyonları yüksek seviyelerde oluşmuştur.

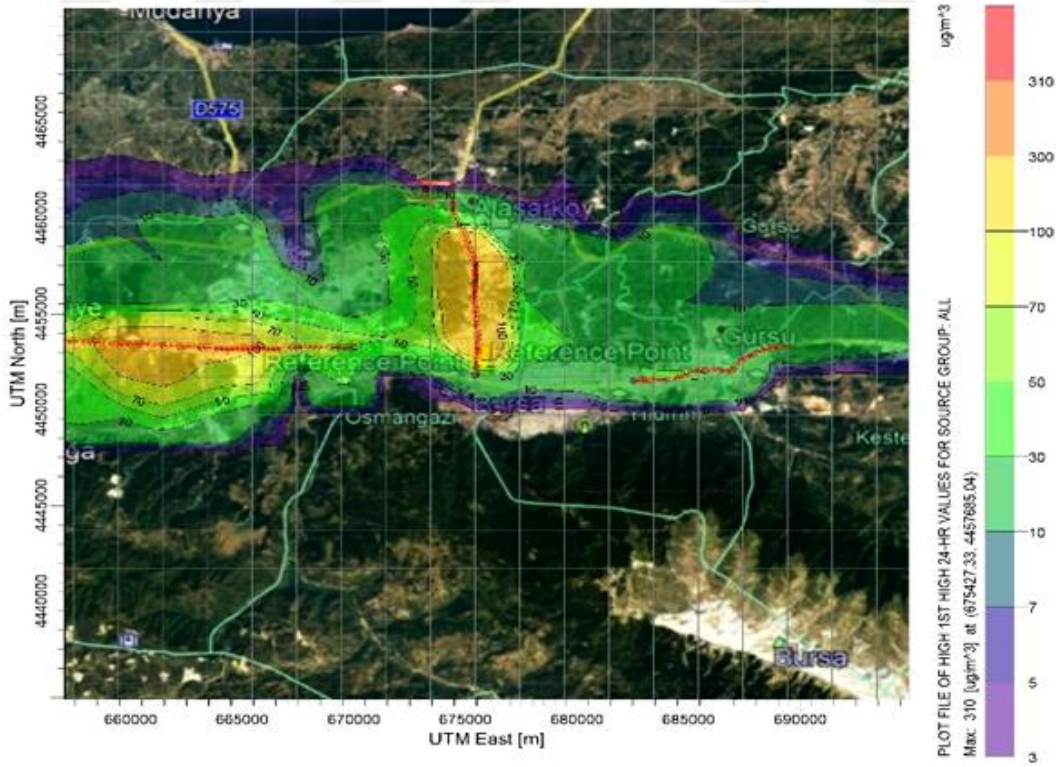


Şekil 4.44. Taşıtlardan kaynaklanan emisyonların % dağılımı

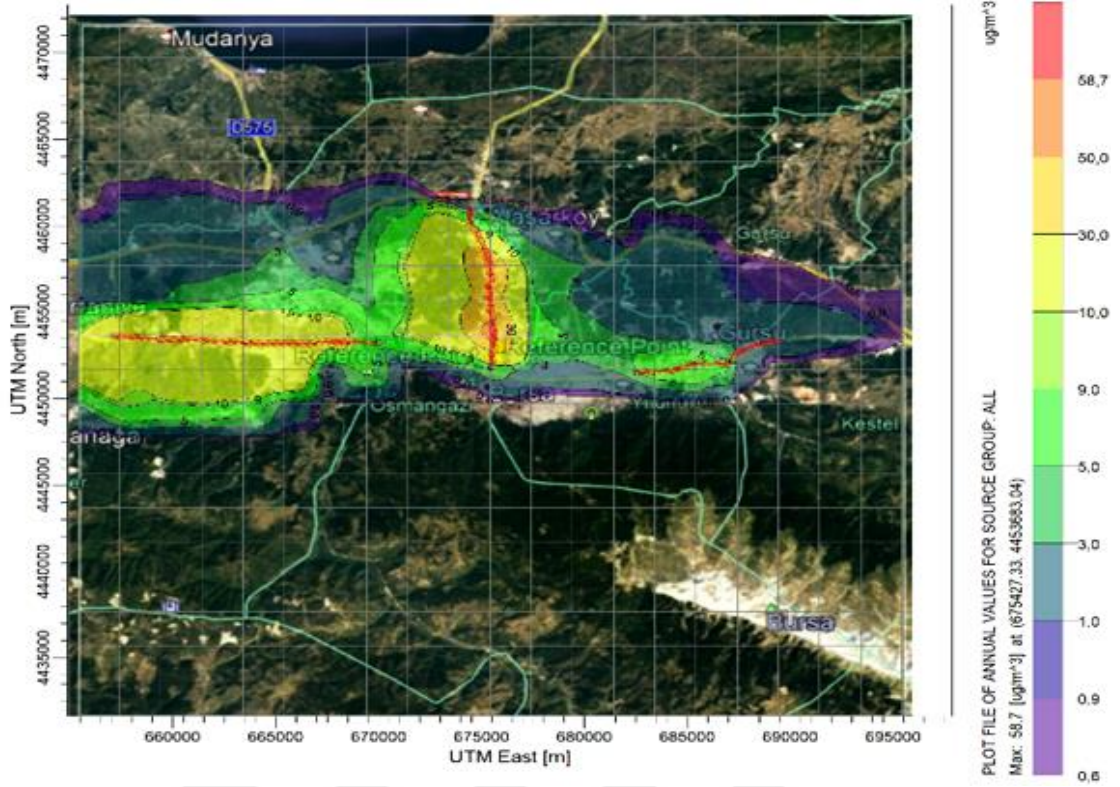
Modelleme için çalışma alanı tüm çizgisel kaynakları içine alacak şekilde 20 km x 20 km olarak seçilmiştir. Çizgisel kaynaklardan oluşan emisyonlar g/s cinsinden modelleme programına girilmiştir. AERMOD modeli ile çalışma alanındaki taşıt trafiğinden kaynaklanan CO ve NO_x kirleticileri için dağılım modellemesi yapılmış ve model sonucunda kirlilik haritaları oluşturulmuştur. Şekil 4.45, Şekil 4.46 ve Şekil 4.47'de sırasıyla kent atmosferinde beklenen 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama CO konsantrasyonlarının dağılım haritaları gösterilmektedir.



Şekil 4.45. Bursa kent merkezinde taşıtlardan kaynaklanan 8 saatlik CO dağılımları



Şekil 4.46. Bursa kent merkezinde taşıtlardan kaynaklanan 24 saatlik (günlük) CO dağılımları

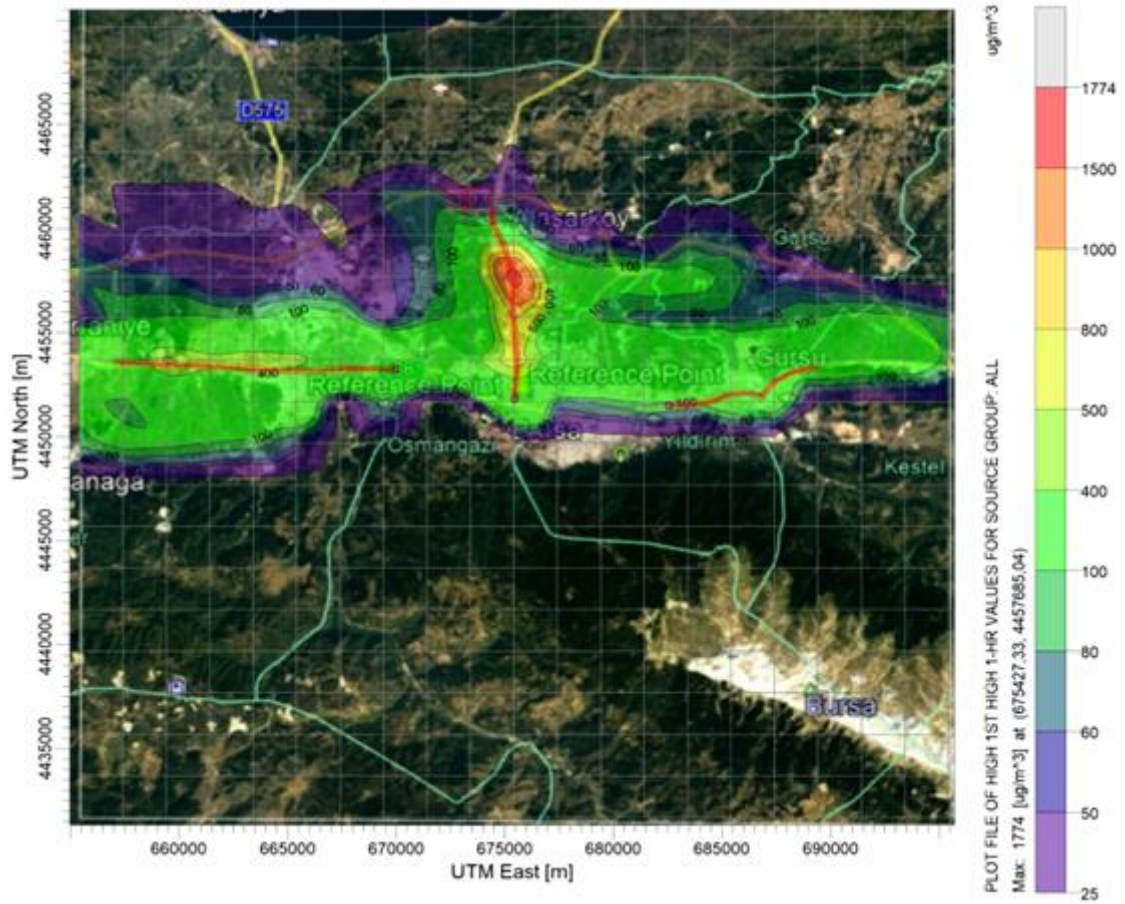


Şekil 4.47. Bursa kent merkezinde taşıtlardan kaynaklanan yıllık CO dağılımları

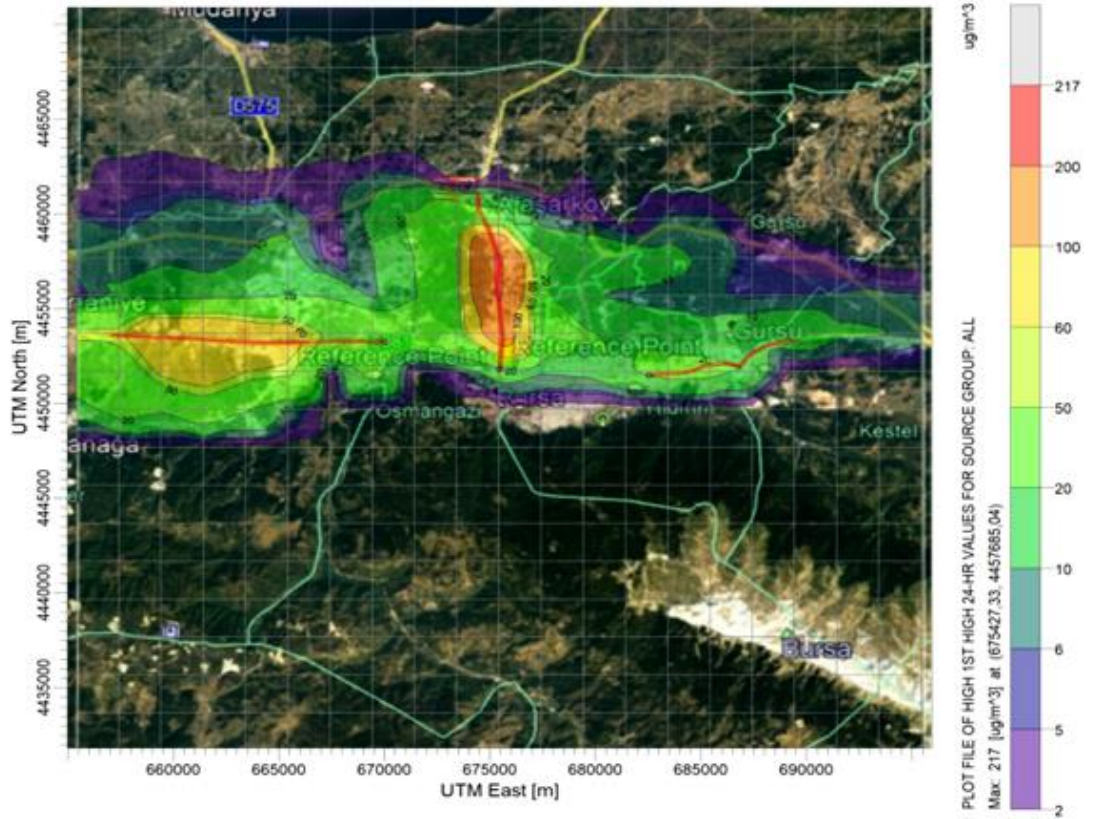
Bölgedeki taşıtlardan kaynaklanan CO dağılım haritaları Şekil 4.45, Şekil 4.46 ve Şekil 4.47 incelendiğinde en yüksek kirlenici konsantrasyonları trafiğin yoğun olduğu ana yolların etrafında yoğunlaştığı ve yoldan uzaklaştıkça iç bölgelerde kirlilik etkisini kaybederek dağıldığı görülmektedir. Şehir içi trafiğinden kaynaklanan en yüksek konsantrasyonlar, trafiğin yoğun olduğu Santral garaj-Ovaakça (D575-02) ana yolunda kirliliğin yoğunlaştığı görülmektedir. Yapılan hesaplamalar sonucunda yıllık ortalama en yüksek CO konsantrasyonu $58,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ civarında olduğu belirlenmiştir. Bu değer modelleme koşullarda ölçülebilecek en yüksek kirlilik değeridir. Ayrıca çalışma alanı içerisindeki kirlenici konsantrasyonunun NOSAB, KOSAB ve DOSAB üzerinde etkilerini görebilmek için bu bölgelerde bazı alıcı noktalar tanımlanmıştır. Bu noktalarda modelleme sonucunda hesaplanan yıllık ortalama CO konsantrasyonu sırayla $5,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $5,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $4,64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Alıcı noktalardaki sonuçlara baktığımızda kirlenici konsantrasyon seviyelerinin düşük olduğu, bu bölgelerin şehir içi trafiğinden çok etkilenmediğini göstermektedir.

HKDYY'e göre 2015 yılı maksimum 8 saatlik ortalama CO konsantrasyonu için limit değer 10 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirtilmiştir. Bu yönetmeliğe göre CO konsantrasyonunu değerlendirdiğimizde limit değerinin altında olduğu görülmektedir.

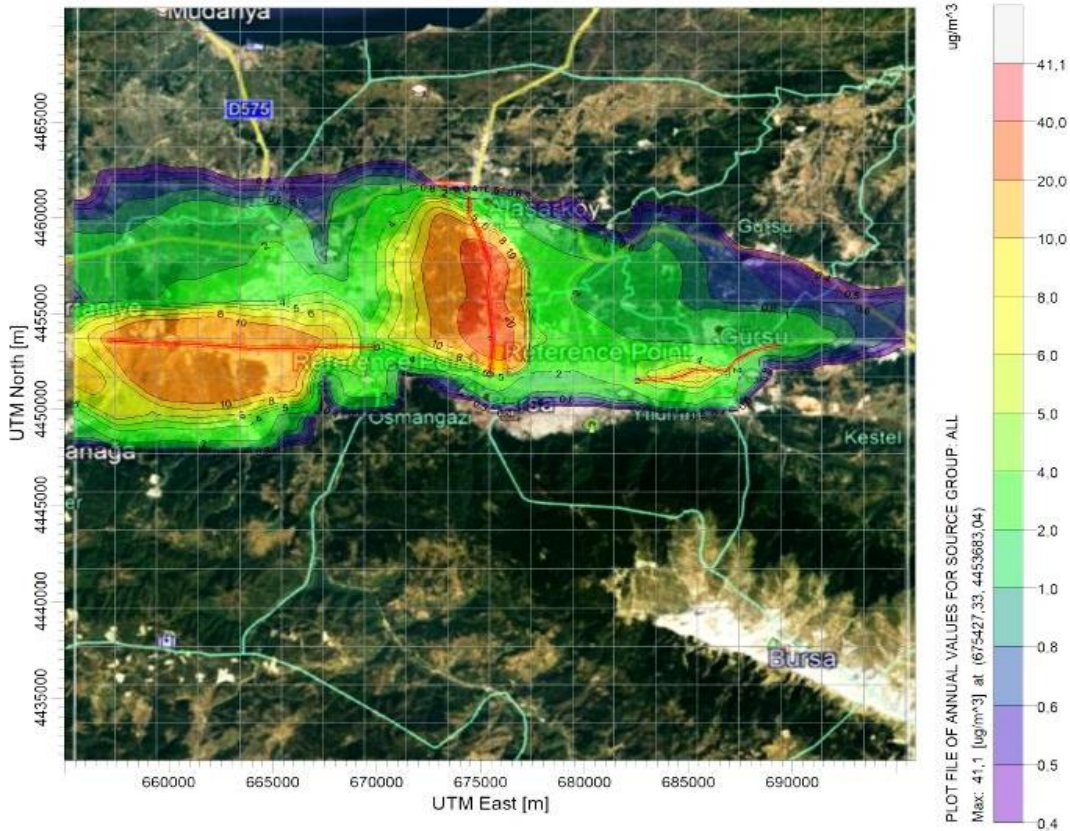
Kent atmosferinde beklenen saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama NO_x konsantrasyonlarının dağılım haritaları sırasıyla Şekil 4.48, Şekil 4.49 ve Şekil 4.50'de gösterilmektedir.



Şekil 4.48. Bursa kent merkezinde taşıtlardan kaynaklanan 1 saatlik NO_x dağılımları



Şekil 4.49. Bursa kent merkezinde taşıtlardan kaynaklanan 24 saatlik NO_x dağılımları



Şekil 4.50. Bursa kent merkezinde taşıtlardan kaynaklanan yıllık NO_x dağılımları

Modelleme sonucunda Şekil 4.48, Şekil 4.49 ve Şekil 4.50’de verilen dağılım haritaları incelendiğinde fazla taşıt yüküne sahip olan anayolların yakınlarında kirletici konsantrasyonları en yüksek seviyelere ulaştığı, kaynaktan uzaklaştıkça konsantrasyonların hızla düştüğü görülmektedir. Motorlu taşıtların oluşturduğu emisyonlar yoldan geçen araç sayısı, araçların hızı, emisyon faktörleri ve yol uzunluğu gibi faktörlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bacadan ve egzozdan atılan kirleticilerin atmosferde dağılmasını etkileyen en önemli etken meteorolojik koşullar ile bölgenin topografik özellikleridir (Öztürk 2017a). Acemler-Görükle (D200-05) karayolundan günlük geçen araç sayısı diğer anayollara göre daha fazla olmasına rağmen dağılım haritaları incelendiğinde kirletici dağılımının yoğun olduğu anayol Santral Garaj-Ovaakça olduğu görülmüştür. Şehrin topografik yapısı, çarpık kentleşme, şehir merkezinde yüksek binaların hava hareketini önleyici kör noktaları oluşturması, hakim rüzgar yönüne göre şehir planlanmasının yapılmaması, caddelerin her iki yanının duvar gibi bitişik binalarla çevrilerek kanyon haline dönüştürülmesi, ana caddelerin ağaçlandırılmaması, gibi nedenlerle kirletici konsantrasyonlarının bu bölgede yoğunlaştığı düşünülmektedir (Öztürk 2017b). Bu çalışmada yıl içerisinde saatlik en yüksek konsantrasyonlar incelendiğinde NO_x için 1774 µg/m³ önemli kirletici seviyesi elde edilmiştir. HKDYY’e göre, 2015 yılı NO_x konsantrasyonu sınır değeri UVS için 30 µg/m³ olarak belirtilmiştir. Trafığın yoğun olduğu ana yollarda taşıtlardan kaynaklanan NO_x emisyon miktarları yönetmeliğe göre değerlendirdiğimizde sınır değerinin üzerinde olduğu görülmektedir.

Taşıtların neden olduğu kirliliğin organize sanayi bölgeleri üzerindeki etkisini görebilmek için bu bölgelerde alıcı noktalar tanımlanmıştır. Bu alıcı noktalardaki yıllık NO_x konsantrasyon değerleri ise sırayla, NOSAB’da 3,77 µg/m³, KOSAB’da 4,66 µg/m³ ve DOSAB’da 3,23 µg/m³ olarak bulunmuştur. KOSAB’daki alıcı noktada kirletici konsantrasyonunun daha yüksek olmasının nedeni seçilen alıcı noktanın ana yola çok yakın olmasıdır. Alıcı noktalardaki sonuçlara baktığımızda bu bölgelerin şehir içi trafiğinden orta derecede etkilendiğini göstermektedir.

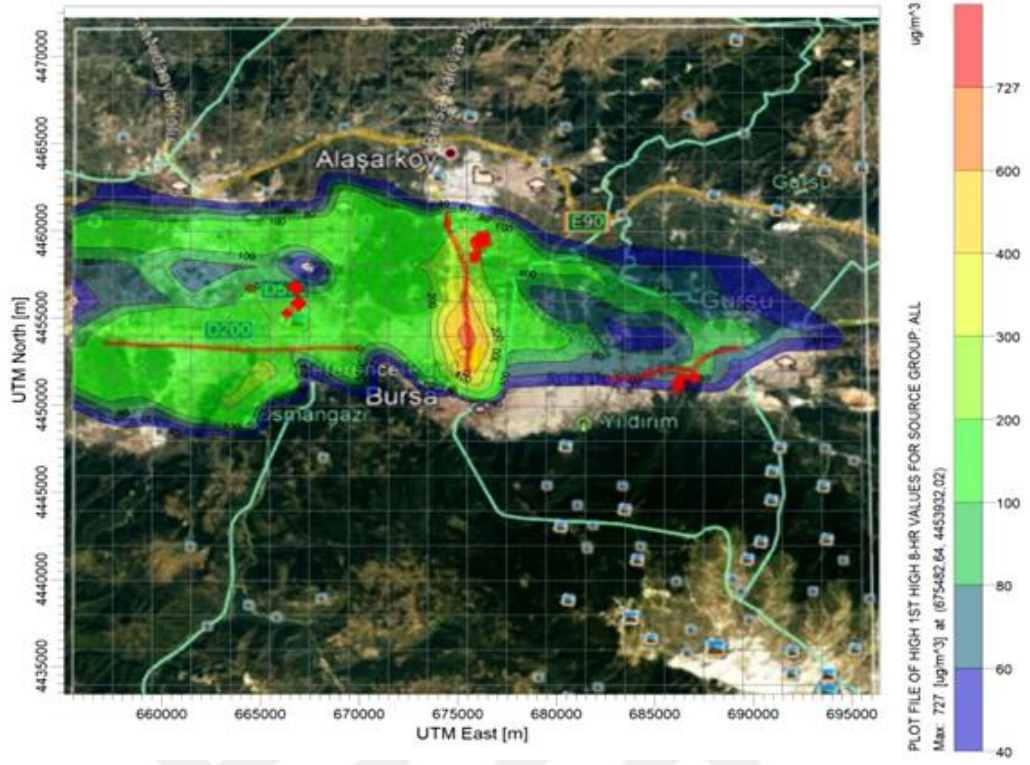
Bu çalışma kapsamında sadece organize sanayi bölgesi etrafında bulunan trafiğin yoğun olduğu ana yollarda taşıtlardan kaynaklanan emisyon miktarları hesaplanmakla birlikte

taşıt sayılarındaki artış göz önüne alındığında Bursa'da tüm karayollarında trafik kaynaklı emisyonların arttığını söyleyebiliriz.

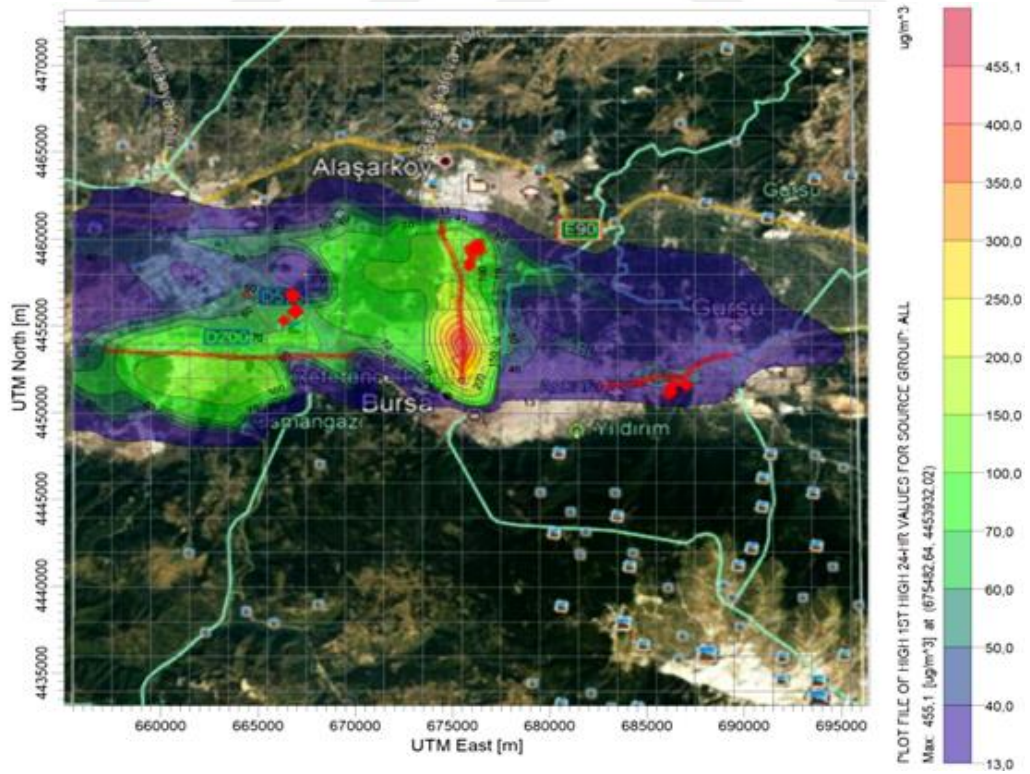
4.6. Tüm Kaynakların (Alansal+Çizgisel+Noktasal) Modelleme Sonuçları

Çalışma alanında bulunan noktasal, çizgisel ve alansal kaynaklardan oluşan CO ve NO_x kirletici emisyonların modellenmesi sonucunda bölgenin kirlilik dağılım haritaları oluşturulmuştur. Tüm kaynaklardan oluşan kirleticilerin bölge üzerindeki etkileri incelenmiştir. Modelleme çalışması 30x30 km'lik bir alanda yapılmıştır. 8 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için oluşturulan CO kirlilik dağılım haritaları Şekil 4.51, Şekil 4.52 ve Şekil 4.53'te verilmiştir.

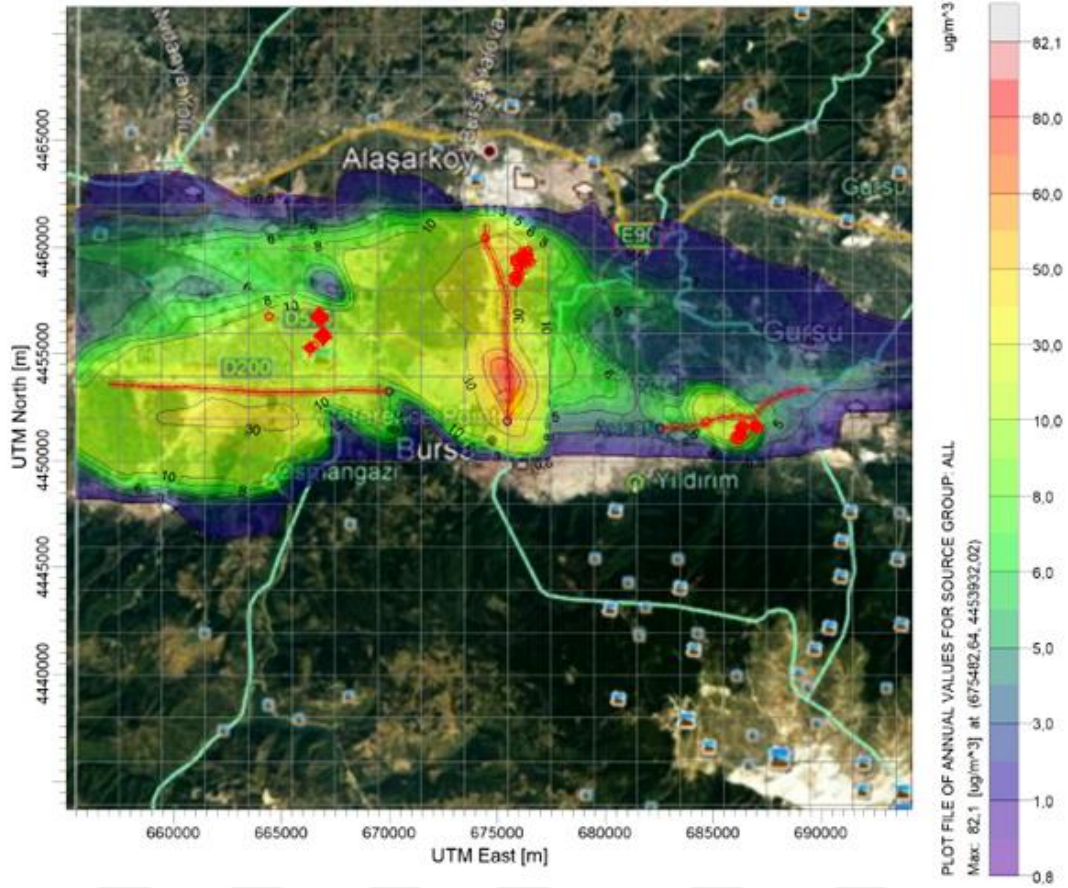
Bölgede 8 saatlik ortalamalar için en yüksek CO konsantrasyonu Şekil 4.51'de 727 µg/m³ olarak ölçülmüştür. Bu değer, kabul edilen modelleme şartlarında ölçülebilecek en yüksek kirlilik değeri olarak elde edilmektedir. HKDYY'e göre 2015 yılı maksimum 8 saatlik ortalama CO konsantrasyonu için sınır değeri 10 000 µg/m³ olarak belirtilmiştir. Bu yönetmeliğe göre CO konsantrasyonunu değerlendirdiğimizde sınır değerinin altında olduğu görülmektedir. Modelleme sonucunda elde edilen yıllık ortalama CO konsantrasyonu Şekil 4.53'te 82,1 µg/m³ olarak verilmiştir. Tüm kirletici kaynakların modellemesini ayrı ayrı incelediğimizde; trafikten kaynaklanan maksimum yıllık CO konsantrasyon değeri 77 µg/m³, alansal kaynaklardan oluşan maksimum yıllık CO konsantrasyon değeri 39,2 µg/m³ ve bacalardan oluşan kirlilik maksimum yıllık CO konsantrasyon değeri 1,17 µg/m³'tür. Modelleme sonucunda çizgisel ve alansal kirletici kaynakların bölgeye olan katkıları oldukça fazladır.



Şekil 4.51. Şehir merkezinde 8 saatlik CO konsantrasyonu dağılım haritası (Tüm kaynaklar)



Şekil 4.52. Şehir merkezinde 24 saatlik CO konsantrasyonu dağılım haritası (Tüm kaynaklar)

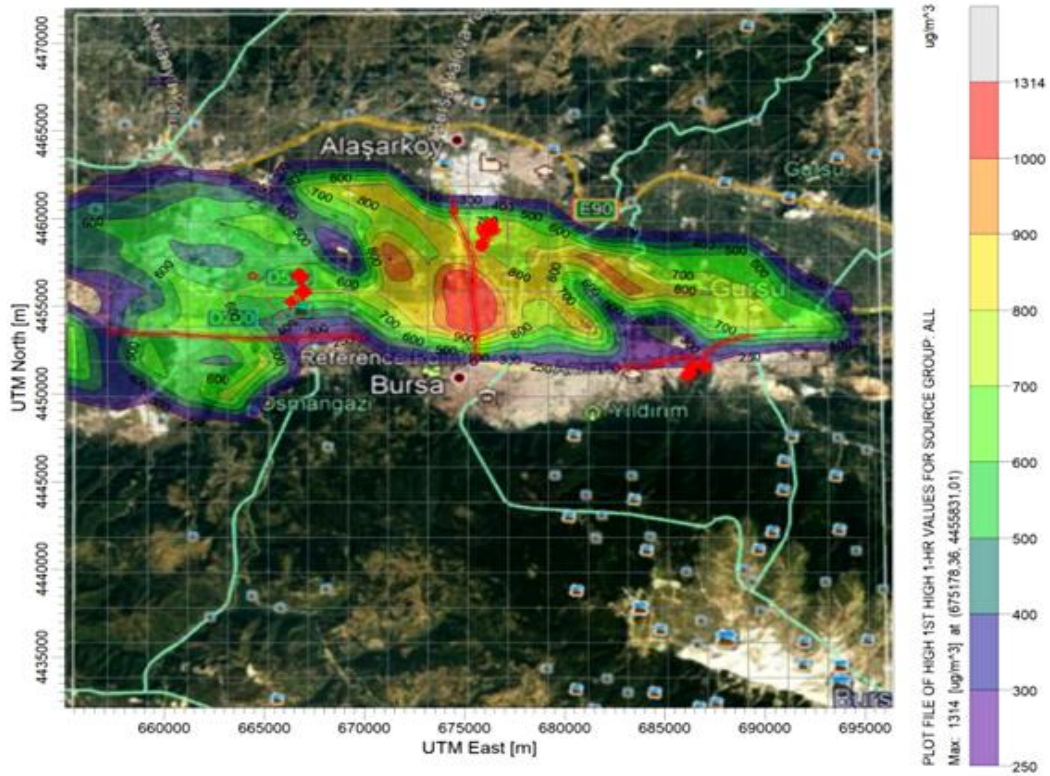


Şekil 4.53. Şehir merkezinde yıllık CO konsantrasyonu dağılım haritası (Tüm kaynaklar)

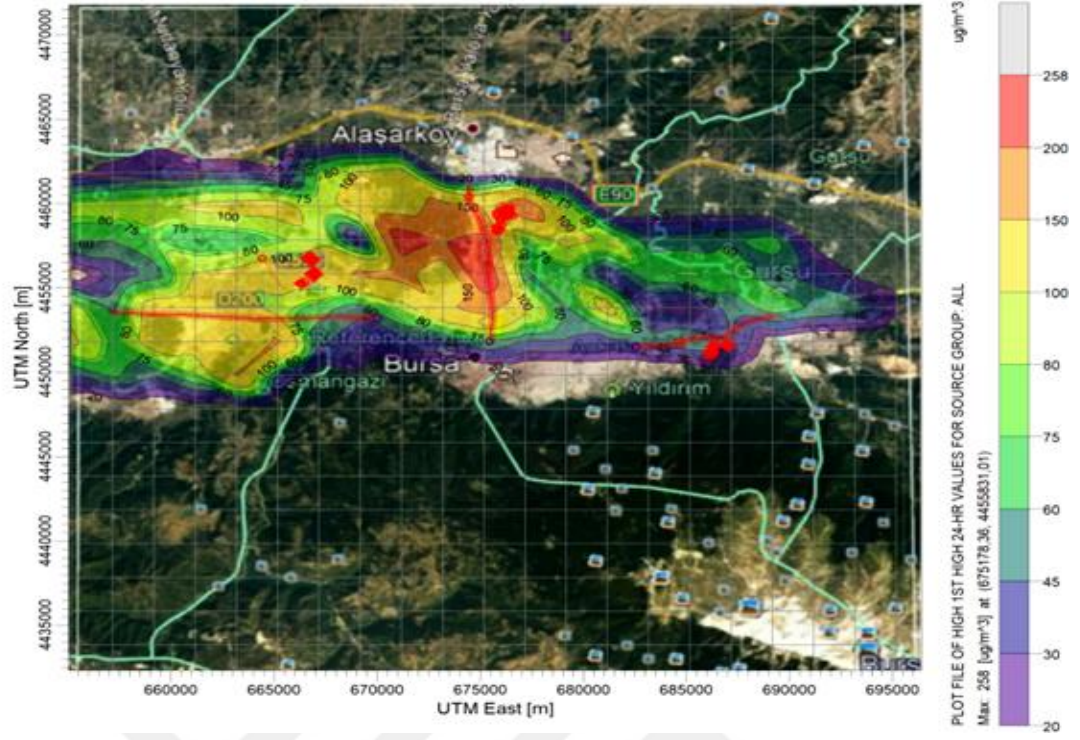
Şekil 4.51, Şekil 4.52 ve Şekil 4.53'te verilen modelleme sonuçlarına göre Kestel bölgesinde oluşan kirlilik dağılımı incelendiğinde, kirliliğin bölgedeki kirlenici kaynakların etrafında yoğunlaştığı, kaynaklardan uzaklaştıkça kirlenici konsantrasyonları seyrelererek dağılım gösterdiği görülmüştür. Bölgenin güneyinde yükselti farkı fazla olduğundan kirlilik dağılımı meteorolojik ve topografik yapının etkisiyle taşındığı görülmüştür. Nilüfer bölgesinde oluşan kirlilik dağılımı incelendiğinde kuzey doğudan esen hakim rüzgarların etkisiyle kirlenici konsantrasyonu bölgenin güney batısı yönünde dağılım göstermiştir. Bu bölgedeki yer şekilleri düzlük ova ve platolardan oluştuğundan kirlilik dağılımı en uzak mesafelere kadar taşınmıştır. Demirtaş bölgesinde oluşan kirlilik dağılımı incelendiğinde, meteorolojik ve topografik yapının etkisiyle kirlenici konsantrasyonları güney yönünde birikerek yoğunlaştığı görülmüştür. Bunun nedeni kirlenici dağılımına engel olan yüksek dağların bölgenin güney kısmında yer almasından kaynaklanmaktadır.

1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık ortalama süreler için oluşturulan NO_x kirlilik dağılım haritaları Şekil 4.54, Şekil 4.55 ve Şekil 4.56’da verilmiştir.

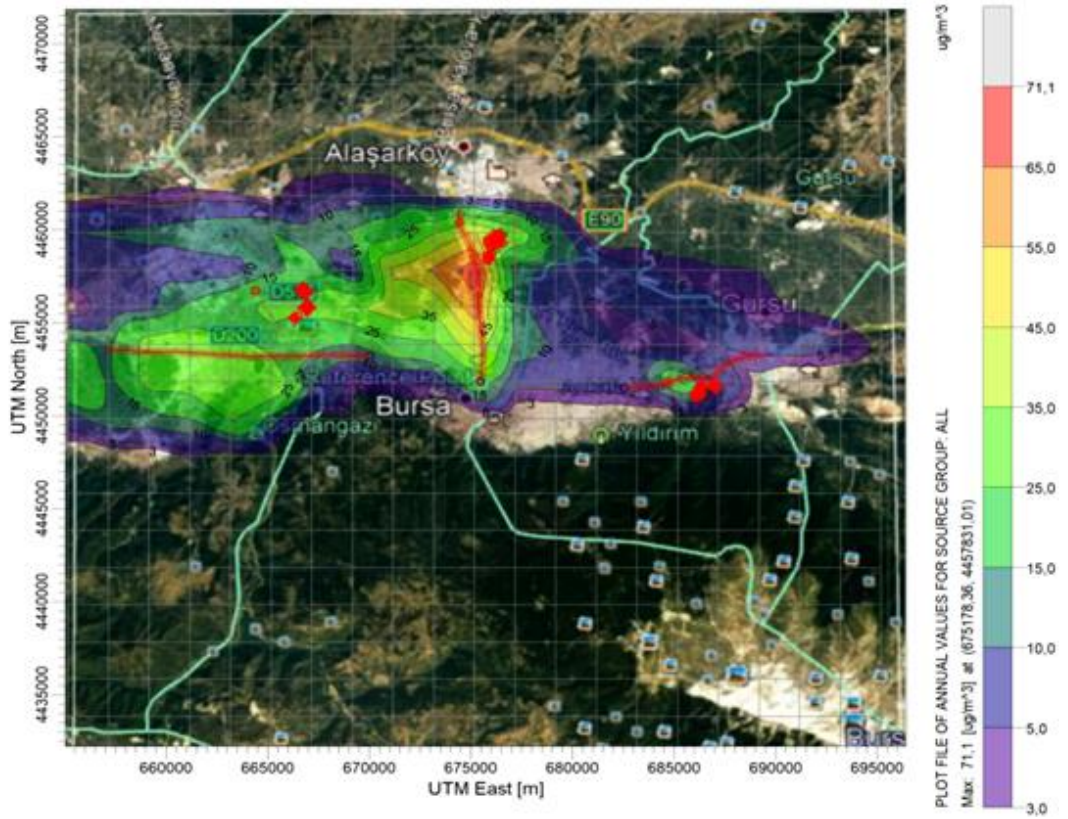
Bölgede 1 saatlik ortalamalar için en yüksek NO_x konsantrasyonu Şekil 4.54’te 1314 µg/m³ olarak ölçülmüştür. Modelleme sonucunda elde edilen yıllık ortalama NO_x konsantrasyonu Şekil 4.56’da 71,1 µg/m³ olarak verilmiştir. Bölgenin uzun süreli NO_x kirliliğine maruz kalacak kısımlarını belirlemede, yıllık konsantrasyon değerleri etkili olmuştur. Kirletici kaynakların modellemesini ayrı ayrı incelediğimizde sanayi tesislerinin yakıt tüketimi sonucunda NO_x kirliliğinin en yüksek konsantrasyon değeri 44,2 µg/m³’tür. Taşıtlardan oluşan NO_x kirliliğinin santral garaj civarında yoğunlaştığı ve en yüksek konsantrasyonun 43,6 µg/m³, bacalardan oluşan NO_x kirliliğinin ise 1,52 µg/m³ olarak belirlenmiştir. Modelleme sonucunda, bölgedeki NO_x kirliliğinin artışının nedeni yoğun trafik ve yakıt tüketimidir. HKDYY’ye göre, 2015 yılı NO_x konsantrasyonu sınır değeri UVS için 30 µg/m³ olarak belirtilmiştir. Bu yönetmeliğe göre NO_x konsantrasyonunu değerlendirdiğimizde limit değerinin üzerinde olduğu görülmektedir. Bu bölgede NO_x sınır değerlerinin ne kadar aşıldığının izlenmesi gerekmektedir.



Şekil 4.54. Şehir merkezinde 1 saatlik NO_x konsantrasyonu dağılım haritası (Tüm kaynaklar)



Şekil 4.55. Şehir merkezinde 24 saatlik NO_x konsantrasyonu dağılım haritası (Tüm kaynaklar)



Şekil 4.56. Şehir merkezinde yıllık NO_x konsantrasyonu dağılım haritası (Tüm kaynaklar)

Şekil 4.54, Şekil 4.55 ve Şekil 4.56'daki dağılım haritaları incelendiğinde özellikle trafiğin ve endüstrinin yoğun olduğu alanlarda NO_x konsantrasyonlarının yüksek olduğu görülmektedir. Bu dağılım, endüstriyel faaliyetler ve taşıtlardan kaynaklanan kirletici emisyonların bölgede NO_x konsantrasyonlarının oluşmasına neden olan en önemli kaynaklardır. Trafiğin ve endüstrinin yoğun olduğu bölgede gözlenen NO_x konsantrasyonları, trafik ve endüstriden uzak bölgelerde gözlenen NO_x konsantrasyonlarından 10 kat daha yüksektir (Özaslan 2008).

2015 yılı Kocaeli Bölgesi'nde yapılan modelleme çalışmasında noktasal, alansal ve çizgisel kaynakların oluşturduğu CO ve NO_x kirleticilerini 3 farklı modelleme programında kullanılarak bölgedeki kirlilik konsantrasyon dağılımları incelenmiştir. Alansal, noktasal ve çizgisel kaynakların modellemesinde AERMOD, CALPUFF ve ISCST-3 modelleri, noktasal ve alansal kaynakların modellemesinde AERMOD ve ISCST-3 modeli kullanılmıştır. AERMOD modeli ile yapılan çalışmada; noktasal, alansal ve çizgisel kaynakların modellemesi sonucunda günlük en yüksek değeri CO için 1166,07 µg/m³ ve NO_x için 1653,92 µg/m³, yıllık en yüksek konsantrasyon değeri CO için 155,12 µg/m³, NO_x için 166,93 µg/m³ olarak bulunmuştur (Demiraslan 2016). Bu çalışma ile Kocaeli bölgesinde yapılan modelleme sonuçlarını karşılaştırdığımızda yıllık kirletici konsantrasyon seviyeleri birbirine benzer olduğu görülmüştür.

5. SONUÇ

Bu çalışmada organize sanayi bölgelerinde oluşan CO ve NO₂ kirlilik düzeylerini belirlemek ve oluşan kirliliğin kent üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla bölgede yapılan ilk kapsamlı modelleme çalışmasıdır. Bölgedeki yapay kaynaklardan oluşan kirleticiler için emisyon envanteri oluşturulup ve elde edilen emisyonlar AERMOD modeline girilerek, bölgenin hava kalitesine katkısı belirlenmiştir. Tüm kaynakların (alansal, çizgisel ve noktasal) değerlendirilmesi sonucunda atmosfere salınan toplam CO emisyonu 633,41 ton/yıl, NO_x emisyonu 951,28 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. CO emisyonlarının %42,52 çizgisel kaynaktan, %41,66 alansal kaynaktan, %15,82 noktasal kaynaktan, NO_x emisyonlarının ise %62,78 alansal kaynaktan, %19,24 çizgisel kaynaktan ve %17,64 noktasal kaynaklardan oluştuğu belirlenmiştir.

Yapılan çalışmada ilk olarak organize sanayi bölgelerindeki noktasal kaynakların modellemesi sonucunda kirliliğin bölge içindeki dağılımı incelenmiştir.

DOSAB modelleme sonucunda yıllık en yüksek CO konsantrasyonu 0,82 µg/m³, yıllık en yüksek NO₂ konsantrasyon 0,82 µg/m³ olarak belirlenmiştir. Bölgenin modelleme haritası incelendiğinde CO ve NO₂ kirlilik dağılımları benzerlik gösterdiği, Alaşar ve Demirtaş mahallelerinde kirliliğin dağılımı diğer yerlere göre daha yoğun olduğu görülmüştür.

NOSAB modelleme sonucunda yıllık en yüksek CO konsantrasyonu 3,5 µg/m³, yıllık en yüksek NO₂ konsantrasyon değeri 1,94 µg/m³ olarak belirlenmiştir. Bölgenin modelleme haritası incelediğinde kirliliğin organize sanayi bölgesi etrafında yoğunlaştığı, meteorolojik ve topografik yapının etkisiyle kirliliğin bu bölgede çok yönlü dağılım gösterdiği görülmüştür. Sanayi bölgeleri etrafında yerleşim yerlerinin kurulması ile yüksek binaların sayısının artması, kirli hava sirkülasyonunu engelleyerek, kirliliğin bölge üzerinde daha uzun sürelerde kaldığı görülmüştür.

KOSAB modelleme sonucunda bölgede oluşan en yüksek saatlik CO konsantrasyonu 20,38 µg/m³, yıllık en yüksek CO konsantrasyon değeri 1,57 µg/m³, en yüksek saatlik NO₂ konsantrasyonu 617,81 µg/m³, yıllık en yüksek NO₂ konsantrasyon değeri 17,68 µg/m³ olarak belirlenmiştir. Bölgede oluşan kirliliğin dağılımı yükselti nedeniyle

seyrelme gösteremeyip, güney yönünde kirliliğin biriktiği görülmüştür. Organize sanayi bölgelerinde yapılan modelleme çalışması sonucunda kirlilik yönünden CO emisyonun en yüksek olduğu bölge NOSAB, NO₂ emisyonun en yüksek olduğu bölge ise Kestel Organize Sanayi Bölgesi olmuştur.

Tüm noktasal kaynakların modellemesi sonucunda, yıllık ortalama CO konsantrasyon değeri 2,93 µg/m³, yıllık ortalama NO₂ konsantrasyon değeri ise 2,87 µg/m³ olarak belirlenmiştir. Kirlilik dağılım haritaları incelendiğinde CO ve NO₂ konsantrasyon dağılımlarının benzer olduğu, Gümüştepe, Beşevler, Emek ve Değirmenönü en yüksek konsantrasyonun görüldüğü yerlerdir. Bölgenin güneyinde sıra dağın yer alması kirliliğin dağılımını engellemiştir. Meteorolojik koşullar ve topografik yapı, bir bölgenin kirlilik dağılımını belirlemede en önemli etkenlerdir. Modelleme sonuçlarının düşük çıkmasının nedeni modelde sadece tekstil sanayisinden kaynaklı 9 tesisin noktasal kaynakları esas alınmış olmasıdır. Bölgede yapılan modelleme sonuçlarına diğer noktasal, çizgisel ve alansal kaynaklar eklendiğinde bölgedeki kirlilik daha yüksek seviyelerde oluşacağı düşünülmektedir.

Modellemesi yapılan bölgelerin tümünde kirletici CO ve NO₂ konsantrasyon değerlerinin SKHKKY ve HKDYY'deki limit değerlere göre kıyasladığımızda sınır değerlerin altında olduğu sadece Kestel bölgesindeki saatlik NO₂ konsantrasyon değerlerinin ise limit değerlerin üzerinde olduğu görülmüştür. Bu nedenle Kestel bölgesinde NO₂ konsantrasyonlarının ne kadar aştığı sürekli izlenmeli ve kirliliğin kontrol altında tutulması için gerekli önlemler alınmalıdır.

Modelleme çalışması ile alansal kaynakları değerlendirdiğimizde, organize sanayi bölgelerindeki yıllık yakıt tüketimi sonucunda oluşan emisyon miktarları hesaplanarak kirleticilerin hava kalitesine katkıları belirlenmiştir. Alansal kaynakların modellemesi sonucunda yıllık en yüksek CO konsantrasyonu 24,40 µg/m³, yıllık en yüksek NO_x konsantrasyonu 54,32 µg/m³ olarak bulunmuştur. DOSAB yakıt tüketiminin en fazla olduğu bölge olması sebebiyle en yüksek CO ve NO_x konsantrasyonları bu bölgede görülmüştür.

Bu çalışmada organize sanayi bölgelerindeki kirletici dağılımlarının alıcı noktada oluşturduğu konsantrasyon değerleri ile hava kalitesi istasyonlarında ölçülen değerler karşılaştırılmıştır. Bunun sonucunda seçilen alıcı noktaların emisyon kaynağına yakın olanlarda, kirletici konsantrasyon seviyelerinin uzak olanlara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ölçüm istasyonları bölgedeki kirliliği tespit edebilmesi için yerden belli yükseklikte, etrafı rüzgar alımına ve atmosferik taşınımına açık, noktasal kaynakların doğrudan etkisinde kalmayan bir konumda olması gereklidir. Şehir içinde yer alan hava kalitesi istasyonlarında genelde trafik ve ısınmadan kaynaklanan kirliliği yansıtmakta, endüstrilerden kaynaklanan kirliliği yansıtmamaktadır. Böylece endüstrilerden kaynaklanan kirliliği belirleyebilmek için sanayi bölgelerinden çıkan emisyonların taşındığı noktalara hava kalitesi gözlem istasyonları kurularak ve sürekli izlenmesi gereklidir.

Modelleme sonuçları ile hava kalitesi ölçüm sonuçları karşılaştırılmasında; bu iki veri setinin temelde birbirinden farklı olması nedeniyle bazı sorunlarla karşılaşılmaktadır. Hava kalitesi ölçümleri, belli bir konumda kısa süreli hava kirletici konsantrasyonlarını doğru olarak yansıtırken, model sonuçları daha geniş bir bölgede hava kirleticilerinin uzun süreli ortalamalarını daha iyi yansıtır.

Nilüfer, Beyazıt, Kestel istasyonlarında yapılan saatlik ölçüm sonuçları incelendiğinde, CO ve NO₂ konsantrasyon değerlerinin sabah, akşam ve gece saatlerinde pik yaptığı, öğlen saatlerinde ise daha düşük olduğu görülmüştür. Kestel istasyonunda CO parametresi ölçümü olmadığından bu istasyonda değerlendirme yapılmamıştır. Ülkemizde hava kalitesi istasyon sayılarının yetersiz olması, istasyonlarda tüm kirletici parametrelerin ölçümünün yapılmaması, bölgede yapılan hava kalitesi çalışmaları veri temininde sıkıntılar yaşanmıştır. Bu nedenle istasyon sayıları, ölçüm parametreleri artırılmalı ve mevcut istasyonların kalibrasyon ve kontrolleri düzenli yapılmalıdır.

Modelleme çalışması ile şehir merkezinde, trafiğin yoğun olduğu yollar üzerindeki hava kirliliği seviyeleri incelenmiştir. Çizgisel kaynakların oluşturduğu kirlilik yükünü belirlemek için, ülkemizde emisyon faktörleri ile ilgili halihazırda bir çalışma bulunmadığından diğer ülkelerin kullandığı emisyon faktörleri baz alınarak, CORINAIR yöntemi ile hesaplanmıştır. Çalışmada emisyon faktörlerinden oluşan hata payını

azaltmak için ülkemize ait emisyon faktörlerinin en kısa zamanda oluşturulması gerekmektedir. Bölgede taşıt egzozlarından atılan emisyonların hava kalitesi seviyeleri dağılım modeliyle belirlenmiş, organize sanayi bölgeleri üzerindeki hava kalitesi seviyeleri tespit edilerek ve bölgenin kirlilik haritaları oluşturulmuştur. En yüksek CO ve NO_x konsantrasyonlarına şehir merkezinde rastlanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda trafiğin yoğun olduğu anayollar etrafında kirletici konsantrasyonlarının yoğunlaştığı, ana yollardan uzaklaştıkça konsantrasyon seviyesi seyrelerek dağılım göstermiştir. Şehrin topografik yapısı, çarpık kentleşme, şehir merkezinde yüksek binaların hava sirkülasyonunu engellemesi, şehrin planlanmasının hakim rüzgar yönünde olması, yeşil alan sayılarının azalması, kirletici konsantrasyonlarının şehir merkezinde toplanmasına neden olmaktadır. Trafiğin neden olduğu kirliliği azaltmak için trafik planlaması yapılarak, toplu taşıma araçlarının iyileştirilip yaygınlaştırılması, şehir içinde trafik yoğunluğunun alternatif güzergâhlarla azaltılması, egzoz denetimlerinin sıkı tutulması, yeşil dalga ve sinyalizasyon sistemlerinin kullanımının artırılması gerekmektedir.

Modelleme çalışması ile tüm kirletici kaynakları değerlendirdiğimizde, noktasal, alansal ve çizgisel kaynaklardan oluşan CO ve NO_x kirletici emisyonlarının modellemesi sonucunda yıllık ortalama en yüksek CO konsantrasyonu 82,1 µg/m³, yıllık ortalama en yüksek NO_x konsantrasyonu 71,1 µg/m³ olarak belirlenmiştir. NO_x için belirlenen HKDYY'e göre limit değerlerin üzerinde olduğu, CO konsantrasyonları ise limit değerlerin altında kaldığı belirlenmiştir. Kirletici kaynakların bölgeye olan katkıları ayrı ayrı değerlendirdiğimizde en fazla CO ve NO_x kirliliğine trafik ve doğalgaz tüketiminin neden olduğu görülmüştür. Trafiğin ve endüstrinin yoğun olduğu alanlarda gözlenen NO_x konsantrasyonlarının, kırsal alanlara göre 10 kat daha yüksek olduğu görülmüştür. HKDYY Ek 1B'de verilen sınır değerlerin 1.1.2014 tarihine kadar sifıra düşecek şekilde yıllık olarak eşit miktarda azaltılması gerektiği hedeflenmiştir. Bölgede NO_x kirliliği sınır değerlerin çok üzerinde olduğundan yüksek önemde risk oluşturmaktadır. Kirliliğin önlenmesi için vakit kaybetmeden gerekli önlemler alınmalıdır. Öncelikle sanayi tesislerinde sıfır atık uygulaması baca gazı emisyonları içinde etkin bir şekilde uygulanmalı, enerji verimliliği artırılarak yakıt tasarrufu sağlanmalı, sanayi kuruluşları ve halk hava kirliliği konusunda bilinçlendirilmelidir.

Bu çalışmada model sonuçları ile ve gözlenen veriler arasındaki farklılığın; bölgedeki tüm kirletici kaynakları özellikle küçük ölçekli tesislerden oluşan emisyon miktarlarını belirlemenin zor olmasından, ülkemizde istatistiksel verilerin yetersiz olmasıyla mevcut verileri derleyip toparlamanın zorluğundan, emisyonların hesaplanmasında kullanılacak ülkemiz için halihazırda bulunan emisyon faktörlerinin olmamasından, modelleme için uygun meteoroloji veri dosyasının elde edilmesinde yaşanan zorluklar ve aksaklıklardan, yoğun trafiğin görüldüğü ana yol ve kavşaklarda trafik koşullarının emisyon payında yeterince yansıtılamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Modelde kullanılan meteorolojik veri dosyası mevcut meteoroloji ağı ile istenen oranda veri temini sağlanamamaktadır. Meteoroloji istasyonlarının yerleri de dahil olmak üzere bu durumun gözden geçirilmesi ve özellikle atmosferin üst kısımlarına yönelik verilerin sürekliliğinin ve ölçüm istasyonu sayılarının artırılması önerilmektedir.

Tekstil endüstrisi yönünden en gelişmiş bölgelerinden biri olan Bursa ili mevcut hava kalitesinin durumunu belirlemek amacıyla yapılan ilk kapsamlı modelleme çalışmasıdır. Modelleme çalışmasında sadece 9 tesisin verileri kullanılmış olup, bundan sonraki çalışmalarda eksik kaynaklara ilişkin veriler temin edilip, daha fazla ölçüm sonuçları ile farklı dağılım modellerinin performansları kullanılarak, modelin doğruluğu ve kalitesinin arttırılabileceği görüşü ortaya çıkmıştır.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2004.** Bursa 2004 İl Çevre Durum Raporu. <https://docplayer.biz.tr/5125283-Bursa-ili-il-cevre-durum-raporu.html.pdf>-(Erişim tarihi: 20.05.2017)
- Anonim, 2007.** EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2007, Technical guidance to prepare national emission inventories, European Environment Agency, 2007 <https://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR5/page016.html>-(Erişim Tarihi:05.05.2018).
- Anonim, 2015a.** Türkiye İstatistik Kurumu Bursa ili nüfus verileri, <https://biruni.tuik.gov.tr/ilgosterge/?locale=tr>(Erişim tarihi:01.03.2017).
- Anonim, 2015b.** Türkiye İstatistik Kurumu, Bursa ili 2015 yılı araçların yakıt türlerine göre dağılım verileri, Bursa.
- Anonim, 2016.** Bursa İli 2015 Yılı Çevre Durum Raporu, T.C Bursa Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2016, Bursa. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editedosya/Bursa2015.pdf>-(Erişim tarihi:02.03.2017).
- Anonim,2017a.** Textile industry releasing toxins into atmosphere <https://www.fibre2fashion.com/industry-article/6828/textile-industry-releasing-toxins-into-atmosphere-> (Erişim tarihi: 24.06.2017).
- Anonim, 2017b.** <http://www.kosab.org.tr/Kurumsal/16/>(Erişim tarihi: 12.04.2017).
- Anonim, 2017c.**Bursa Organize Sanayi Bölgeleri <http://www.btso.org.tr/?page=bursaconomy/industrialzone.asp> -(Erişim tarihi:12.04.2017)
- Anonim,2017d.**<https://webdosya.csb.gov.tr/db/istanbul/icerikbelge/icerikbelge1021.pdf> -(Erişim tarihi:15.05.2017)
- Anonim,2017e.**<https://mthmm.csb.gov.tr/hava-kalitesi-olcum-istasyonlarimiz-i-85693-> (Erişim tarihi:15.05.2017)
- Anoim,2017f.**<http://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Trafik/trafikhacimharitasi/2015HacimHaritalari/14.BOLGE.pdf>-(Erişim Tarihi:16.05.2017).
- Akyürek, Ö. 2012.** Trabzon Kent Merkezi İçin Hava Kirliliği İle Meteorolojik Koşullar Arasındaki İlişkinin 2006-2011 Arası Verilerine Dayalı Olarak İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Trabzon.
- Berber, E. 2006.** Buharlaşmayı İdare Eden Dinamik Sistemin Elde Edilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Meteoroloji Mühendisliği, İstanbul.
- Brode, R.W. 2006.** AERMOD Technical Forum, EPA R/S/L Modelers Workshop, San Diego, California.
- Cardu, M., Baica, M. 2005.** Regarding the relations between the NO_x content and CO content in thermo power plants flue gases. *Energy Conversion & Management*, 46:47-59.
- Colls J. 2002.** *Air Pollution*, 2nd ed., Spon Press, U.S.A.
- Çetin, Ş. 2006a.** Kocaeli'nde NO_x Emisyon Dağılımlarının Modellenmesi. *Doktora Tezi*, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli.
- Çetin Ş., Karademir A., Pekey B., Ayberk S., 2006b.** Kocaeli İlinde Sanayi Kaynaklı Birincil Kirleticilerin Emisyon Envanteri. Uluslararası 9. Yanma Sempozyumu, 3, 16-17 Kasım, Kırıkkale.

- Çetin, Ş., Ayberk Ş., 2010.** Kocaeli İli Çevre Havasında Azot Oksit Kirliliğinin İncelenmesi, Kocaeli.
http://akademikpersonel.kocaeli.edu.tr/senayc/poster/senayc20.01.2010_13.57.38poster.pdf-(Erişim tarihi:05.08.2018).
- Çoşgun, A. 2012.** Antalya ilinde Farklı Ortamlarda İç Hava Kalitesinin Araştırılması ve Modellenmesi. *Doktora Tezi*, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Balıkesir.
- Demir, S. 2007.** Katı Atık Düzenli Depo Sahalarından Kaynaklanan VOC Emisyonlarının Dağılımının Modellenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Demiraslan, K.O., Doğruparmak, Ş.Ç., 2015.** Kocaeli İli Körfez İlçesi'ndeki Sanayi Kaynaklı Emisyonların Kent Atmosferindeki Dağılımlarının CALLPUFF Modeli İle Belirlenmesi, 6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 7-9 Ekim 2015, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Demiraslan, K.O., Doğruparmak Ş.,Ç., 2016.** Determining Performance and Application of Steady-State Models and Lagrangian Puff Model for Environmental Assessment of CO and NOx Emissions. *Pol. J. Environ. Stud. Vol. 25 (1):83-96.*
<http://www.pjoes.com/Determining-Performance-and-Application-of-Steady-State-Models-and-Lagrangian-Puff-Model-for-Environmental-Assessment-of-CO-and-NOx-Emissions,60366,0,2.html>-(Erişim tarihi:15.09.2018).
- Donigian Jr., A.S., 2002.** Watershed model calibration and validation: the HSPF experience. *Proc. WEF National TMDL Science and Policy. Water Environment Federation, Phoenix, Arizona.*
- Dölek, E. 2007.** Comparison Of ISCST3 And AERMOD Air Dispersion Models: Case Study Of Cayırhan Thermal Power Plant. *Yüksek Lisans Tezi*, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- EPA, 2009.** U.S Environmental Protection Agency, AERMOD Description Of Model Formulation, North Carolina,s:16-18.
https://www3.epa.gov/scram001/7thconf/aermod/aermod_mfd.pdf-(Erişim tarihi: 11.08.2017).
- Erdoğan, E. 2012.** Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinde Modellerin Kullanımının Karar Verme Sürecindeki Rolü. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Erisman, J. W., Grennfelt, P., Sutton, M., 2003.** The European perspective on nitrogen emission and deposition. *Environment International*, 29: 311-325.
- Gökmen, S.Ö. 2012.** Endüstriyel Bölgelerin Hava Kalitesine Etkilerinin Calpuff Dispersiyon Modeli İle İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Gönüllü, M.T., 2004.** Tekstil Endüstrisi: Endüstriyel Kirlenme Kontrolü, Cilt 1, Birsen Yayınevi, İstanbul, s.253-289.
- Graham, J.A., Grant, L.D., Folinsbee, L.J., Kotchmar, D.J., Garner, J.H.B., 1997.** Nitrogen Oxides (Second Edition), Environmental Health Criteria 188, WHO; Geneva, ISBN: 92 4 157 188 8
- Harrison, R. M.,1996.** Pollution Causes, Effects and Control. Third Edition, ISBN: 0-85404-534-1, Cambridge.
- Hill, S.C., Smoot, L.D. 2000.** Modeling of nitrogen oxides formation and destruction in combustion systems, *Progress in Energy and Combustion Science*, 26: 417-458.

- Himesh, S., Rao, C V C, Mahajan, A U., 2000.** Calibration and Validation of Water Quality Model (Cae 1 River), CSIR Centre for Mathematical Modelling and Computer Simulation, Technical Report CM 0002, India.
- Holmes N. S., Morawska L. 2006.** A Review of Dispersion Modelling and its Application to the Dispersion of Particles: an Overview of Different Dispersion Models Available, *Atmospheric Environment*, 40: 5902-5928.
- Jeong S. J., 2011.** CALPUFF and AERMOD Dispersion Models for Estimating Odor Emissions From Industrial Complex Area Sources, *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 5(1): 1-7.
- Kaçıkoç, M. ve Beyhan, M., 2014.** Hydrodynamic and Water Quality Modeling of Lake Eğirdir. *Clean-Soil, Air, Water* 42(11), 1573-1582.
- Karaca M., Ertürk, F. 1998.** Kömür Kaynaklı Hava Kirliliğinin Modellenmesi, Editors: Kural O., Karaosmanoğlu F., Kömür Özellikleri, Teknolojisi ve İlişkileri, Özgün Ofset Matbaacılık A.Ş., İstanbul, s.639-649.
- Karbuç, İ. 2016.** Tekirdağ'da Hava Kirliliğine Coğrafi Bakış, *The Journal of Academic Social Science Studies*, 2(44):363-376
- Karpuzcu, M., 2004.** Hava Kirlenmesi: Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü, Kubbealtı Neşriyatı, İstanbul, s.180.
- Köhler, I., Sausen, R., Reinberger, R., 1997.** Contribution of aircraft emissions to the atmospheric NO_x content, *Atmospheric Environment*, 31(12): 1801-1818.
- Kudal, S. 2009.** Hava Kirliliğinin Çevresel ve Mekânsal Modellenmesi, Analiz ve Tematik Haritalarla Görselleştirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Kunt, F. 2007.** Hava Kirliliğinin Yapay Sınır Ağları Yöntemi İle Modellenmesi ve Tahmini. *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Konya.
- Kurvits, T. and Marta, T. 1998.** Agricultural NH₃ and NO_x emissions in Canada, *Environmental Pollution*, 102(1): 187-194.
- Kuter, M. 2015.** Belgeler ve Tanıklar Işığında DOSAB'ın 25 Yılı <https://www.dosab.org.tr/basin/DOSABTarih/#p=6> (Erişim tarihi:12.04.2017)
- Laffoon, C., Rinaudo, J., Soule, R., Bowie, T. 2005.** Developing State-Wide Modeling Guidance for the Use of AERMOD A Workgroup's Experience, p: 3-17
- Lakes Environmental, 2009.** Gaussian Plume Air Dispersion Model - AERMOD User's Guide, Ontario.
- Mayer, H., 1999.** Air pollution in cities, *Atmospheric Environment*, 33: 4029-4037.
- Manivanan, R., 2008.** Water Quality Modelling-Rivers, Streams and Estuaries, New India Publishing Agency, Hindistan, p.34-41.
- Müezzinoğlu, A., 2000.** Hava Kirliliği: Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları, Dokuz Eylül Yayınları, İzmir, s.27.
- Özaslan, Ü. 2008.** Kocaeli Kentinde Hava Kirliliğine Neden Olan İnorganik Gaz Kirletici Düzeylerinin Dağılımlarının ve Kaynaklarının Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli.
- Özkurt, N. 2011.** Kırsal Alanlarda Hava Kalitesi Modellenmesi Üzerine Araştırma (Çan-Bayramiç Bölgesi Örneği). *Doktora tezi*, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Gebze.
- Öztürk, M. 2017a.** Hava Kirliliğini Artıran Sıcaklık İncersiyon, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.

http://www.cevresehirkutuphanesi.com/assets/files/slider_pdf/ro17bNm6ttR8.pdf-
(Erişim tarihi:11.10.2018).

Öztürk, M. 2017b. Ulaşım Kaynaklı Hava Kirliliğinin Sağlık Üzerine Etkileri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.

http://www.cevresehirkutuphanesi.com/assets/files/slider_pdf/k5ZJrB8L2eyV.pdf-
(Erişim tarihi:11.10.2018).

Pearson, J. K. 2001. Improving Air Quality Progress And Challenges For The Auto Industry, SAE International.

Pierce J. J., Weiner F. R., Vesilind P. A. 1998. Environmental Pollution and Control, 4th ed., Butterworth-Heinemann Publication, U.S.A.

Reeves, D. 2001. Understanding and Adapting to New Dispersion Models, Oregon Inseders, <http://www.trinityconsultants.com/WorkArea/DownloadAsset.aspx?i>(Erişim tarihi:15.08.2018)

Sodhi, G. 2000. Fundamental Concepts of Environmental Chemistry, Alpha Science International Ltd., ISBN: 1-84265-012-2.

Spaulding, M., Swanson, C., Mendelsohn, D., 2000. Application of qualitative model-data calibration measures to assess model performance. Estuarine and Coastal Modeling: Proceedings of the 6th International Conference, Spaulding, M.L. and Butler, H.L. (Eds.), ASCE, 3-5 November, New Orleans, Louisiana, 843–867.

Taş, F. 2006. Hava Kirliliği ve Kastamonu Şehir Merkezi İçin Değerlendirme. *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri, Ankara.

Taşpınar, F. 2003. İzmit Klinik ve Tehlikeli Atıkları Yakma ve Enerji Üretim Tesisi'nden Atmosfere Verilen Azot Oksit (NO_x) Emisyonlarının Dağılımının Modellenmesi. V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Kocaeli Üniversitesi, A.R. Veziroğlu MYO, Kocaeli.

http://www.cmo.org.tr/resimler/ekler/c6e36d692394854_ek.pdf?dergi=686-(Erişim tarihi:26.07.2017).

Tiwari, M., Babel, S. 2013. Air Pollution in Textile Industry. *Asian J. Environ. Sci.*, 8 (1): 64-66.

Toprak, T. 2017. Textile industry's environmental effects and approaching cleaner production and sustainability, an overview. *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology*, 2(4):429–442.

Tuna G., Altuğ H., Elbir T., Gaga E., 2015. Kütahya'da Hava Kalitesi Belirleme Çalışmaları Emisyon Envanteri ve Hava Kalitesi Modelleme. 6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 7-9 Ekim 2015, İzmir.

Ulusoy, İ., Şahin, S., Toros H., 2015. Meteorolojik Atmosferik Sayısal Model İle Meteorolojik Verilerinin Elde Edilmesi Ve Dağılım Modellerinde Kullanılması. 6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 7-9 Ekim 2015, İzmir.

Yedigün, O., İm, U., Ünal, A., Kindap, Y., İncecik, S., 2008. İstanbul İçin Yüksek Çözünürlükte Emisyon Envanteri. Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu, 22-25 Ekim 2008, Hatay.

Zeydan, Ö. 2014. Zonguldak Bölgesi PM₁₀ Konsantrasyonu Dağılımının Modellenmesi. *Doktora Tezi*, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli.

WHO, 2000. Air quality guidelines for Europe, Second edition, *WHO regional publications, European series*, 91, <http://www.euro.who.int/document/e71922.pdf>-(Erişim tarihi: 18.09.2017).

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Nuray ZENGİN
Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa, 26.07.1989
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu
Lise : Bursa Atatürk Lisesi, 2007
Lisans : Kocaeli Üniversitesi, 2009
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi, 2019

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Elinsan Çevresel Deney Laboratuvarı, 2014

İletişim (e-posta) : nuraykrtls@gmail.com

Yayımları : ---