

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KOCAELİ - DİLOVASI BÖLGESİ 'NDEN KAYNAKLANAN
PARTİKÜL MADDE VE KÜKÜRT DİOKSİT
EMİSYONLARININ ISCST3 YAZILIMI KULLANILARAK
MODELLENMESİ

BAHAR TÜNCEL
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2016

**T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KOCAELİ - DİLOVASI BÖLGESİ 'NDEN
KAYNAKLANAN PARTİKÜL MADDE VE
KÜKÜRT DİOKSİT EMİSYONLARININ
ISCST3 YAZILIMI KULLANILARAK
MODELLENMESİ**

**BAHAR TÜNCEL
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMANI
DOÇ. DR. PINAR ERGENEKON
II. DANIŞMANI
DOÇ.DR ÜLKÜ ALVER ŞAHİN**

**GEBZE
2016**

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**MODELING OF PARTICULATE MATTER AND
SULFUR DIOXIDE DISTRIBUTION IN THE REGION
OF KOCAELI - DILOVASI BY USING THE ISCST3**

BAHAR TÜNCEL
**A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE**
DEPARTMENT OF ENVIRONMENT ENGINEERING

I. THESIS SUPERVISOR
ASSOC. PROF. DR PINAR ERGENEKON
II. THESIS SUPERVISOR
ASSOC. PROF. DR ÜLKÜ ALVER ŞAHİN

GEBZE
2016



YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 14/01/2016 tarih ve 2016/04 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 10/02/2016 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Bahar TÜNCEL'in tez çalışması Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Doç.Dr.Pınar ERGENEKON

ÜYE

: Prof.Dr.Nihal BEKTAŞ

ÜYE

: Doç.Dr.Burcu ONAT (İ.Ü.)

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Bu çalışmada, kirletici dağılımlarını matematiksel olarak modelleyen dağılım modeli Industrial Source Complex Short Term (ISCST-3) kullanılmıştır. Bölge olarak, sanayileşmeye bağlı hava kirliliğinin yoğun olarak yaşandığı Kocaeli İli Dilovası İlçesi seçilmiştir. Çalışma kapsamında, mevcut raporlardan temin edilen bölgedeki 10 adet endüstriye ait bilgiler kullanılarak bu kaynaklardan yayılan kükürt dioksit (SO₂) ve partikül madde (PM10) emisyonları ISCST-3 dağılım modeli ile modellenerek bölgenin kirlilik haritalarının çıkarılması, kirletici kaynaklarının katkı paylarının belirlenmesi, model sonuçlarının, bölgedeki anlık ölçüm istasyonu verileri ile karşılaştırılması ve kaynakların mekânsal değişiminin kirletici dağılımına etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Tahmin edilen ve gözlenen konsantrasyonların zamansal değişimine bakıldığında yaz döneminin daha düşük PM10 konsantrasyonlarına denk gelirken soğuk dönemler için hem model hem gözlenen değerlerin daha yüksek olduğu görülmüştür. Tahmin edilen ve gözlenen değerler arasındaki korelasyon sadece sınırlı sayıdaki noktasal kaynağın modele girilmesi nedeniyle ($r=0,33$) seviyesinde kalmıştır. Ölçüm istasyonundaki veriler ışığında ilçede PM10 kirliliğinin olduğu görülmüştür. 2019 yılına ait hava kirleticilerin hedef değerlerini sağlayabilmek için bölgede PM10 kontrolünün etkili bir şekilde planlanması gerekmektedir. Senaryo gereği modelde noktasal 10 kaynağın mekansal değişiminin etkisini belirlemek üzere girilen tesislerin konumları kuzeydeki mevcut organize sanayi bölgelerine taşınarak model çalıştırılmıştır. Tesisler mevcut yerlerinde iken yer seviyesi konsantrasyonları dağılım haritalarında güneyde birikirken, tesis konumlarının kuzeye taşınması durumunda kirleticilerin yerleşim bölgesinin az olduğu kuzeyde kümüle olmuştur. Dolayısı ile seçilen tesislerin mevcut yerlerinin yerleşimin az olduğu kuzey bölgesine taşındığında daha yoğun yerleşimin bulunduğu alanlarda PM10 ve SO₂ açısından daha düşük bir konsantrasyon maruziyeti hesaplanmıştır. Gerçek zamanlı nokta, çizgi ve alansal kaynaklara ait bilgilerin girilmesi ile modelin gerçek konsantrasyonları yakalamadaki kullanılabilirliği artırılabilir.

Anahtar Kelimeler: ISCST-3, Hava Kalitesi Modellemesi, PM10, SO₂.

SUMMARY

In this study, the distribution model of Industrial Source Complex Short Term (ISCST-3) which models distribution of contaminants mathematically was used. The region modeled was chosen as Dilovasi in Kocaeli province which has been experiencing poor air quality due to mainly intense industrialization. In this thesis study, sulfur dioxide (SO₂) and particulate matter (PM₁₀) emissions from 10 facilities in the region were supplied into ISCST-3 emissions distribution model and distribution of PM₁₀ and SO₂ concentrations in the region was obtained. The modeled results were compared with the air quality measurement station data in the region. An alternative scenario of moving the sources to the northern site of Dilovasi was also evaluated. In addition, in terms of measured PM₁₀ and SO₂ data, the current air quality situation in the region was evaluated on the basis of national air quality standards. The analysis of temporal variation of both predicted and observed concentrations has shown that PM₁₀ concentrations were lower during summer session compared to the winter session. Therefore the model was shown to be good at predicting temporal PM₁₀ concentrations. However, correlation between predicted and observed daily concentrations was not very strong ($r=0.33$) due to the fact that only point sources of limited number of industrial plants were included in the model. The PM₁₀ pollution in the region was seen to exist based on measurements taken at the local air quality station. Therefore effective PM₁₀ reduction strategies for the region must be planned. When the model was run based on the alternative scenario of moving the 10 point sources to the organized industrial districts in northern part of the region, lower pollutant concentrations were predicted accumulated in current dense residential areas of the southern part of the town. The pollutant distribution by using ISCST-3 model in the area can be more accurately obtained if all point, areal and line sources with real time emission data were included in the model.

Key Words: ISCST-3, Air Pollution Dispersion Modeling, PM₁₀, SO₂.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmam; değerli annem Hamdiye TÜNCEL ve aziz babam Mehmet TÜNCEL 'e ithafımdır.

Hayatım boyunca verdiğiniz destek, gösterdiğiniz sevgi ve sabır için sizlere sonsuz şükranlarımı sunuyorum. Desteğiniz olmasa bu çalışmada olduğu gibi hayatımdaki hiçbir başarı da mümkün olmayacaktı. Emeginize sağlık...

Yüksek lisans eğitimim süresince; bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, çalışmalarımın yönlendirilmesinde ve devam ettirilmesinde her türlü özveriyi sunan, desteğini ve sabrını benden esirgemeyen değerli danışmanım Sayın Doç. Dr. Pınar ERGENEKON' a saygı ve teşekkürlerimi arz ederim.

Modelleme çalışmaları sırasında, çalışmanın geliştirilmesinde, değerli önerileri ve desteği ile katkı sağlayan, çalışma sürecinde benden yardımını esirgemeyen, beni hoşgörü ve sabırla dinleyen; Eş Danışmanım Sayın Doç. Dr. Ülkü ALVER ŞAHİN 'e ve program kullanımı safhasında kendisini her ziyaretimde güler yüzünü ve ilgisini esirgemeyen tez jüri hocalarımdan Sayın Doç. Dr. Burcu ONAT 'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	xiv
1.GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği	4
2. HAVA KİRLİLİĞİ MODELLEMESİ	5
2.1. Hava Kirliliği	5
2.1.1. Hava Kirletici Kaynaklar	6
2.1.2. Hava Kirleticileri	8
2.1.2.1. PM10	8
2.1.2.2. SO ₂	10
2.1.3. Meteorolojik Koşullar	11
2.1.3.1. Rüzgar	11
2.1.3.2. Karışım Yüksekliği	12
2.1.3.3. Atmosferik Stabilite	13
2.2. Hava Kalitesi Modellemesi	14
2.2.1. Hava Kalitesi Modelleri	14
2.2.1.1. Dispersiyon Modelleri	15
2.2.1.2. Fotokimyasal Modeller	16
2.2.1.3. Alıcı Modeller	16
2.3. Hava Kalitesi Kavramı ve Hava Kalite standartları	16
3. YÖNTEM	20
3.1. Çalışma Alanı	20

3.1.1. Dilovası'ndaki Organize Sanayi Bölgeleri	21
3.1.1.1. Dilovası Organize Sanayi Bölgesi	22
3.1.1.2. İlçedeki Diğer Organize Sanayi Bölgeleri	23
3.1.2. Meteorolojik Veriler	24
3.1.3. Dilovası 'ndaki Ölçüm İstasyonları	26
3.2. ISC-AERMOD View Dispersiyon Modeli ile Hava Kalitesi Modellemesi	27
3.2.1. ISCST3 Modelinin Genel Özellikleri	28
3.2.2. ISCST3 Giriş Verileri	30
4. BULGULAR	39
4.1. ISCST3 Dispersiyon Model Bulguları	39
4.1.1. Dilovası Bölgesi PM10 Dağılımları	40
4.1.2. Dilovası Bölgesi SO ₂ Dağılımları	42
4.1.3. Model Sonuçları İle Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması	44
4.2. Dilovası Hava Kalitesi	46
4.2.1. Meteorolojinin Hava Kalitesine Etkisi	48
4.3. Dilovası Hava Kalitesinin Mevzuat Açısından Değerlendirilmesi	50
4.4. Alternatif Senaryo İçin Model Sonuçları	53
4.4.1. PM10 Dağılımı Senaryo Bulgusu	54
4.4.2. SO ₂ Dağılımı Senaryo Bulgusu	56
5. SONUÇLAR ve YORUMLAR	60
KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ	65

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler ve Açıklamalar

Kısaltmalar

μg	: Mikrogram
σ_y, σ_z	: Dikey ve yatay dağılım parametreleri
Δh	: Duman yüksekliği (m)
Km	: Kilometre
M	: Metre
m^3	: Metreküp
N_2O	: Diazot oksit
PM	: Partikül madde
s	: Saniye
SO_2	: Kükürtdioksit
us	: Rüzgar hızı (m/sn)
y	: Çapraz rüzgar yönü (m)
x	: Rüzgar yönündeki uzaklık (m)
Q	: Kirletici emisyon oranı ($\mu\text{g}/\text{sn}$)
Δh	: Duman yüksekliği (m)
H	: Efektif baca yüksekliği (m)
H	: Fiziksel Baca yüksekliği (m)
AERMOD	: American Meteorological Society/Environmental Protection Agency Regulatory Model (Amerika Meteoroloji Topluluğu/Çevre Koruma Birliği Düzenleyici Modeli)
DOSB	: Dilovası Organize Sanayi Bölgesi
EPA	: Environmental Protection Agency
HKDYY	: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
ISC	: Industrial Source Complex (Endüstriyel Karmaşık Kaynak)
ISCLT	: Industrial Source Complex Short Term (Endüstriyel Karmaşık Kaynak Uzun Dönemli)
ISCST	: Industrial Source Complex Long Term (Endüstriyel Karmaşık Kaynak Kısa Dönemli)
KVS	: Kısa Vadeli Sınır Değer

NNE : Kuzey Kuzey Doğu

OSB : Organize Sanayi Bölgesi

USEPA : United States Environmental Protection Agency (ABD Çevre Koruma Birimi)

UVS : Uzun Vadeli Sınır Değer



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Partikül madde ölçüleri ve özellikleri.	10
2.2: Karışım Yüksekliği şematik gösterimi.	13
2.3: Stabilité durumları.	13
3.1: Çalışma alanı (20 km x 20 km) uydu görüntüsü.	21
3.2: Dilovası 'nda bulunan organize sanayi bölgeleri.	24
3.3: Rüzgar gülü.	25
3.4: Rüzgar sınıfı görülme sıklığı dağılımı.	26
3.5: Dilovası İlçesi' nde faaliyette olan ölçüm istasyonları.	26
3.6: Gauss duman akımı.	30
3.7: Model programı kontrol bölümü penceresi.	31
3.8: Model programı kaynak bölümü penceresi.	32
3.9: Nokta kaynak bilgilerinin girildiği pencere.	33
3.10: Uniform kartezyen grid penceresi.	34
3.11: Meteorolojik bilgilerin tanımlandığı pencere.	35
3.12: PCRAMMET çıkış dosyası.	36
3.13: Topoğrafik bilgilerin tanımlandığı pencere.	37
3.14: Çıkış dosyalarının tanımlandığı pencere.	38
4.1: Tesisler mevcut yerlerinde iken 24 saatlik ortalama PM10 konsantrasyonu dağılımı.	41
4.2: Tesisler mevcut yerlerinde iken yıllık ortalama PM10 konsantrasyonu dağılımı.	42
4.3: Tesisler mevcut yerlerinde iken 24 saatlik ortalama SO ₂ konsantrasyonu dağılımı.	43
4.4: Tesisler mevcut yerlerinde iken yıllık ortalama SO ₂ konsantrasyonu dağılımı.	44
4.5: Model sonuçları ile ölçüm sonuçları arasındaki ilişki.	45
4.6: PM10 İstasyon verileri ile model ortalamaları arasındaki günlük değişim (1 yıllık veri).	46
4.7: SO ₂ İstasyon verileri ile model ortalamaları arasındaki günlük değişim.	47
4.8: PM10 Ölçümlerinin gün cinsinden saatlik ortalamaları.	48

4.9:	PM10 Ölçümlerinin günlük ortalamaları.	49
4.10:	Gün bazında PM10 ve SO ₂ değişimi.	49
4.11:	2013 Yılı meteoroloji verilerine ait histogramlar.	50
4.12:	Yaz mevsimine ait histogramlar.	51
4.13:	Kış mevsimine ait histogramlar.	52
4.14:	Tesislerin kuzeye taşınması durumunda 24 saatlik ortalama PM10 konsantrasyonu dağılımı.	55
4.15:	Tesislerin kuzeye taşınması durumunda yıllık ortalama PM10 konsantrasyonu dağılımı.	56
4.16:	Tesislerin kuzeye taşınması durumunda 24 saatlik ortalama SO ₂ konsantrasyonu dağılımı.	57
4.17:	Tesislerin kuzeye taşınması durumunda yıllık ortalama SO ₂ konsantrasyonu dağılımı.	58
4.18:	Yerleşim bölgesini gösterir uydu görüntüsü.	60

TABLolar DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Kararlılık Sınıflaması.	14
2.2: PM10 ve SO ₂ kirleticileri için geçiş dönemi uzun vadeli ve kısa vadeli sınır değerleri ve uyarı eşikleri.	18
2.3: PM10 ve SO ₂ kirleticileri için limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri.	19
3.1: Çalışma bölgesindeki sanayilerin özellikleri ve konumları.	21
3.2: İzleme istasyonunda ölçülen parametreler.	27
4.1: Modelde tahmin edilen PM10 konsantrasyonu maksimum değerleri ve lokasyonları.	40
4.2: Modelde tahmin edilen SO ₂ konsantrasyonu maksimum değerleri ve lokasyonları.	45
4.3: Gözlenen kirletici konsantrasyonlarının ulusal standartlarla karşılaştırılması.	53
4.4: Tesislerin kuzeye taşınması durumunda kirletici konsantrasyonu maksimum değerleri ve lokasyonları.	58
4.5: Tesislerin konumlarının değiştirilmesi durumunda yerleşim bölgesindeki kirleticilerdeki % 'lik azalma oranları.	59

1.GİRİŞ

İnsanoğlu varoluş tarihinden buyana doğa ile etkileşim halindedir. Bu etkileşim ilk zamanlarda kişisel ihtiyaçların temini ötesine geçmediği için ekosisteme verilen zararlar fazla bir etki oluşturmamıştır. Zaman ilerledikçe ihtiyaçlar artmış, insan gücü yerini, makinelerin kullanımına bırakmış ve buna bağlı olarak çevre tahribatları gözlenmeye başlanmıştır. Bilhassa 16. Yüzyılın sonlarına doğru yerleşim yerlerindeki hava kalitesinde bozulmalar kendini hissettirmeye başlamıştır. 18 ve 19. yüzyılda, Avrupa'da insan emeğinin yerine geçen makinelerin kullanımıyla birlikte sanayi devrimi başlamış, küçük, orta ve büyük ölçekli kirlilik problemini arttırmıştır. Yirminci yüzyılın ortalarından itibaren hızla artan nüfus, teknolojiadaki ilerlemelerle birlikte gelişen endüstri ve ulaşım araçları, toplumların daha gelişmiş ve kalabalık şehirlerde yoğunlaşmasına neden olmuştur. Bu durum, zamana bağlı olarak hızla artan hava kirliliği problemini gündeme getirmiştir.

Günümüzde ise hava kalitesinde gelinen nokta endişe verici bir boyuta ulaşmıştır. Kırsaldan kente göç, hızlı şehirleşme toplumların yaşam kalitesini arttırmakla birlikte, önemli çevre ve sağlık sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Özellikle, megaşehir olarak nitelendirilen nüfusu 10 milyonu aşkın şehirlerde sanayi bölgeleri ve artan araç sayısına bağlı ortaya çıkan hava kirliliği problemi, hava kalitesini düşürdüğü gibi, iklim değişikliğine de neden olmaktadır. Dünya ölçeğinde hava kirliliği sorununun en net gözlendiği ülke Asya kıtası megaşehri olan Çin'in başkenti Pekin 'dir. Pekin 'deki hava kirliliği çeşitli sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Metropolde yaşayan insanlar, yüksek konsantrasyonlarda PM, CO, SO₂ ve VOC emisyonlarına maruz kalmaktadır. Bu maddelerin yanı sıra şehir, ilk bahar aylarında toz taşınımı nedeni ile yüksek PM10 seviyelerini yaşamaktadır. [1] Bu kirlleticiler özellikle, solunum problemlerinin ve alerjik rahatsızlıkların ciddi oranda yaşanmasına neden olmaktadır.

Hava kirliliği konsantrasyonları özellikle bazı Asya şehirlerinde Dünya Sağlık Örgütü'nün emniyet seviyelerini çok fazla aşmaktadır. [2] Kalkınma ve Ekonomik İşbirliği Örgütü (OECD) tarafından yapılan projeksiyona göre PM nedeniyle erken ölümler 2050 yılına kadar iki kattan fazla artarak yılda 3,6 milyona ulaşacaktır. Bu ölümlerin en çok yaşanacağı ülkeler ise Çin ve Hindistan'dır. [3]

Günümüzde hava kirleticileri, sanayi tesisleri, bilhassa fosil yakıtların kullanıldığı enerji santralleri, atık yakma tesisleri, kuru temizlemeciler, taşıt araçları gibi antropojenik kaynaklar ile açık arazi yangınları, topraktaki organik çürümeler, polenler, yıldırım gibi doğal pek çok kaynaktan atmosfere yayılmaktadır. Yayılan bu kirleticiler, meteorolojik olayların etkisi ile bir yerden başka bir yere kolayca taşınabilmektedirler. Kirletici bileşenlerin, başta insan sağlığı olmak üzere ağaçlar, göller, hayvanlar gibi canlılar ve ekolojik sistemlere olduğu kadar; metalik malzemeler, binalar, sanat eserleri gibi cansız varlıklar üzerinde de olumsuz etkileri görülmektedir. Tüm bu olumsuz etkilerin yanı sıra oluşan puslu hava da, görüş mesafesini oldukça kısaltmaktadır.

Herhangi bir kaynaktan yayılan kirleticiler, çeşitli hava hareketleri ile taşınarak, atmosfer içinde yükselmektedir. Kirleticilerin atmosfer içindeki dağılımı dikey ve yatay doğrultuda gerçekleşebilir. Kirletici gazların yayılma hızı ve yönü, kirleticinin yayıldığı bölgedeki meteorolojik durumlara bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Hava kirleticilerin dağılımında belirleyici olan en önemli iki unsur rüzgarın yönü ve şiddetidir.

Geçmişte hava dağılım modelleri, sadece gelişen ülkelerde hava kirliliğinin ciddi bir problem olarak bilindiği izole edilmiş yerlerde kullanılırdı. Günümüzde dağılım modellemesi, şehir ve kırsal alanlar olmak üzere hava kirlenmesinin olduğu her yerde emisyon değerlerinin tahmin edilmesine yardımcı olması için kullanılmaktadır. Önümüzdeki yıllarda kirlenme problemlerinin artışı, hava kalite standartlarının daha önemli olması ve çevreye verilen önemin artmasıyla dağılım modellerinin daha geniş çapta kullanılması beklenmektedir [4].

Günümüzde dispersiyon modeli kullanılarak yapılan hava kalitesi modelleme çalışmalarında EPA tarafından kabul görmüş modeller tercih edilmektedir. Bu çalışmada kirletici dağılımlarını matematiksel olarak modelleyen dağılım modeli olan Industrial Source Complex Short Term (ISCST-3) model programı kullanılmıştır. ISCST-3 model programı, EPA tarafından önerilen üç hava dispersiyon modelinin kullanımına olanak veren, Lakes Environmental Software yazılımı bir üründür. Bu yazılım, çalışmada kükürt dioksit ve partikül madde ve emisyonlarının dağılımının belirlenmesinde kullanılmıştır. Bölge olarak, sanayileşmeye bağlı hava kirliliğinin yoğun olarak yaşandığı Kocaeli İli Dilovası İlçesi seçilmiştir. Çalışma kapsamında, bölgeye ait mevcut raporlardan temin edilen bilgilerden kirletici kaynaklarının saptanması, bu kaynaklardan yayılan SO₂ ve PM₁₀

emisyollarının ISCST-3 dağılım modeli ile modellenerek b6lgenin kirlilik haritalarının çıkarılması ve kirlotici kaynaklarının katkı paylarının belirlenmesi, model sonuçlarının, b6lgedeki anlık 6l6m istasyonu verileri ile karşılaştırılması, zamana karşı maksimum konsantrasyon grafiklerinin çizilerek regresyon denklemlerinin oluşturulması model sonuçlarının ulusal ve uluslararası standartlarla karşılaştırılarak b6lgenin mevcut durumu ortaya konulmuştur.

Modelleme çalışmasında, meteoroloji dosyası oluşturulmuş, meteoroloji dosyasında kullanılan parametreler meteoroloji işleri genel m6d6rl6ğ6nden temin edilmiştir. Çalışma b6lgesi incelenirken kullanılan veriler Gebze Meteoroloji İstasyonu'na ait olan 10 yıllık (saatlik) rasat sonuçları kullanılarak oluşturulmuştur. Her ay için hakim r6zgar y6nu belirlenirken, o ay içerisinde y6nlere g6re esen r6zgarların esme sayıları g6z 6n6nde bulundurulmuş ve en çok r6zgarın estiği y6n hakim r6zgar y6nu olarak kabul edilmiştir. Araştırma sahasında 30 yıllık r6zg6r verileri incelenip h6kim r6zg6r y6n6n6n NNE (kuzey kuzey doğu) olduğu saptanmıştır. Son on yılın r6zgar y6nu 2013 yılı ile benzerlik g6stermesi nedeni ile 2013 yılı meteoroloji verileri kullanılmıştır. Saatlik meteorolojik veriler PCRAMMET 6n işlemcisi kullanılarak, ASCII formatına uyarlanıp, input dosyası olarak programa girilmiştir.

1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği

Bu çalışmanın amacı Dilovası Bölgesi 'nde yer alan farklı sektörlerdeki 10 adet sanayi kuruluşlarından yayılan SO₂ ve PM₁₀ emisyonlarının ISCST-3 dağılım modeli ile modellenerek bölgenin kirlilik haritalarının çıkarılması ve kirletici kaynaklarının katkı paylarının belirlenmesi, model sonuçlarının, bölgedeki anlık ölçüm istasyonu verileri ile karşılaştırılması, zamana karşı maksimum konsantrasyon grafiklerinin çizilerek regresyon denklemlerinin oluşturularak elde edilen kaynak bilgileri dahilinde bölgenin durumunun ortaya konmasıdır. Çalışmada hem model performansının belirlenmesi, hem de bölgedeki hava kirliliğinin durumunun zamansal ve mekânsal değişiminde meteoroloji ve topolojinin etkisinin gösterilmesi sağlanmış olacaktır.

Bu tez kapsamında, öncelikle ikinci bölümde, hava kirliliği, hava kirletici kaynaklar, hava kirleticileri, hava kalitesi modellenmesi ve model türleri anlatılmıştır. Üçüncü bölümde, çalışma alanı tanımlanmakla birlikte, çalışmada kullanılan ISCST-3 modelinin genel özellikleri hakkında temel bilgiler verilmiş, ISCST-3 veri giriş panelleri detaylandırılmıştır. Dördüncü bölümde programın bulguları paylaşılmış, sonuçlar, bölgedeki anlık ölçüm istasyonu verileri ile karşılaştırılmış zamana karşı maksimum konsantrasyon grafikleri çizilerek regresyon denklemleri oluşturulmuştur. Beşinci ve son bölümde ise elde edilen sonuçlar ile ilgili yorumlar ve gelecek önerileri konu başlıkları altında anlatılmıştır.

2. HAVA KİRLİLİĞİ MODELLEMESİ

2.1. Hava Kirliliği

Hava kirlenmesi, bina dışı açık havada bir veya daha fazla türden kirleticinin insan, bitki ve hayvan yaşamına; ticari veya kişisel eşyalara ve yaşamaktan zevk duyabilecek bir çevre kalitesine zarar veren miktarda belli bir sürenin üstünde bulunmasıdır [5].

Hava kirliliği genellikle insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkmakta ve miktarları artmakta, çeşitlilikleri ile karakterleri farklılaşmaktadır. Kirliliği oluşturan etmenler genellikle atmosferin doğal bileşenlerinden farklı yapıya sahip olan maddelerdir. Sonuç olarak biyosfer içerisinde yaşayan canlıların sağlığını ve doğal yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir. Hava kirliliğinin artışı endüstrileşme ile başlamış ve artan bir hızla yayılma eğilimi göstermiştir [6].

Hava kirliliğini oluşturan kirletici bileşenlerin başta meteorolojik, topografik ve iklimsel koşullara bağlı olarak yatay ve dikey yönde taşınımı bölgesel sorunların yanı sıra global ölçekte de sorunlara neden olmaktadır. Hava kirlenmesinin global ölçüde oluşturduğu etkiler arasında küresel ısınma, asit yağmurları, iklim değişimi, ozon tabakasında incelme, ekonomik etkiler, çevresel etkiler, ekolojik sistemler ve canlı türleri üzerindeki sağlık etkileri olarak örnek gösterilebilir. Esasında bütün bu etkiler birbirine bağlıdır, çünkü dünyanın doğal çevriminin herhangi bir halkasındaki bozukluk, çevrimin diğer halkalarını da olumsuz etkilemektedir.

Çok çeşitli kaynaklardan atmosfere atılan kirleticiler, rüzgar hızı ve yönü başta olmak üzere atmosfer olayının etkisiyle kaynaklarından kilometrelerce uzaklıktaki alıcı noktalara ulaşabilirler. Kirletici bileşenler, meteorolojik faktörler, topoğrafik koşullar, kimyasal ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak yatay ve dikey yönde uzak mesafelere taşınabilir. Kirleticiler, alıcıların maruziyet seviyesine ulaşmadan önceki taşınımları sırasında çeşitli fiziksel ve kimyasal değişime uğrarlar.

Hava kirleticilerin taşınması 4 ayrı kategoride incelenebilir [7].

- Yakın mesafe taşınım: Kaynaktan çıkan kirleticinin bina çökeltmesi (building downwash) mekanizması nedeniyle aynı bölge içinde kalması durumu
- Kısa mesafe taşınım: Kirleticinin kaynağından maksimum 10 km uzaklıktaki

mesafeye kadar taşınımı. Birincil kirleticilerin yer seviyesindeki maksimum konsantrasyonu bu bölgede meydana gelir.

- Orta mesafe taşınım: Kaynaktan 10 km – 100 km mesafelere taşınımı. Bu mesafelere kirleticilerin taşınımı sırasında kimyasal reaksiyonlar etkindir.
- Uzun mesafe taşınım: Kirleticinin 100 km'den daha uzak mesafelere taşınımı. Taşınım sırasında meteorolojik faktörler ve doğal giderim prosesleri etkindir.

2.1.1. Hava Kirletici Kaynaklar

Hava kirleticilerin atmosfere atıldığı yer veya faaliyet kirletici kaynak olarak adlandırılır. Hava kirletici kaynaklar genel olarak kaynağın tipi, duman davranışı, dağılım bölgesi, miktarı ve kirletici karakteristiğine göre farklı sınıflara ayrılır.

Hava kirliliğine yol açan kaynaklar çok çeşitli olup, karayolu, baraj ve havaalanları su ve gaz dağıtım şebekeleri, sanayi ve yerleşim bölgeleri, boru hattı inşaatları gibi geniş kapsamlı yapım faaliyetleri sırasında hafriyat işlemleri ve iş makinalarının çıkardığı egzoz gazları ve tozlar, volkanik faaliyetler sırasında oluşan partikül bulutları gazlar ve orman yangınları havadaki gaz ve parçacık derişimlerini geçici olarak arttırmaktadır. Öte yandan hava alanları her türlü motorlu taşıtlar çok çeşitli sanayi kuruluşları, termik santraller, ısıtma ve yakma sistemleri yerleşim ve arazi bölgeleri ile ilgili topografik ve jeolojik yapıya, meteorolojik koşullara yakma tekniği ve yakıt kalitesine ve süreçte kullanılan teknolojik yöntemle bağlı olarak sürekli hava kirliliği kaynaklarını oluştururlar [8].

En genel şekli ile kirletici kaynaklar yapay (antropojenik) ve doğal kaynaklar olmak üzere ikiye ayrılır.

• Doğal Kaynaklar

Doğal kaynak olan yanardağlardan atmosfere kükürt, klorin ve kül karışmakta, orman ve çayır yangınlarından ise duman ve karbonmonoksit yayılımı olmaktadır. Çiftlik hayvanlarından ve diğer hayvanlardan metan gazı ve diğer çürüme gazları oluşmaktadır. Hava kirletici gazlardan olan ve küresel ısınma meydana getiren N₂O gazının büyük bir kısmı azot bakterileri tarafından meydana gelen nitrifikasyon ve denitrifikasyon prosesleri sonucu atmosfere yayılmaktadır [9]. Hava kirliliğine neden olan bir diğer doğal kaynak ise organik maddelerin çürümesi sonucu meydana

gelen gazlardır. Bunlara ek olarak ağaçlar ve diğer bitki örtüsünden atmosfere uçucu organik bileşik (VOC) karışmaktadır.

- Yapay Kaynaklar

İnsan aktiviteleri sonucu oluşan hava kirliliği noktasal, alansal, hacimsel ve çizgisel kaynaklar olmak üzere dört bölümde incelenebilmektedir.

Noktasal kaynaklar, endüstriyel ve endüstriyel olmayan kaynaklar olmakla birlikte kirleticilerin yayılımında büyük lde yer tutmaktadırlar. Noktasal kaynak, bir üretim faaliyeti sonucunda oluşan kirleticilerin tek bir yerden atmosfere yayıldığı durağan kaynak çeşididir.

Endüstriyel hava kirliliği kaynakları genel olarak üretim yapan fabrikalardan meydana gelmektedir. Demir elik üretim tesisleri, ağaç işleri tesisleri (ağaçlardan kereste vb. Üretim yapan tesisler), enerjilerini fosil yakıt kullanarak elde eden tesisler, taş ocakları gibi bu tesislerin her birinden çok miktar ve çeşitte hava kirleticileri atmosfere yayılmaktadır. Endüstriyel kaynaklara bir diğer örnek olarak bir ürünü başka bir ürüne eviren tesisler de verilebilmektedir. Bu tesisler arasında hurda otomobilden elik elde eden tesisler, ağaç işleri yapan ve mobilya üreten tesisler, solventler ve diğer hammaddeleri kullanarak boya üreten tesisler sayılabilmektedir. Nokta kaynaklar göreceli olarak değişik özellikte kirleticiler meydana getirmektedirler [10].

Alansal kaynaklarda hava kirleticileri atmosfere, iki boyutlu bir kaynaktan yayılmaktadır. EPA tarafından alansal kaynaklar araştırılmış ve aşağıdaki şekilde zelleştirilebilmişlerdir:

- Yakma fırınları: Elektrik enerjisi üreten tesisler, ticari veya kurumsal yakma fırınları, yerleşim merkezlerinin kalorifer kazanları,
- Endüstriyel işlemler: İnaşaat işleri, madencilik ve taş ocağı işletmeleri,
- Solvent kullanımı: Asfaltlama işleri, kuru temizleyiciler, oto boyama atölyeleri,
- Solvent depolama ve taşınımı: Organik kimyasalların depolanması, petrol depolanması ve taşınımı,
- Atık bertaraf tesisleri: Atıksu arıtımı, katı atık depolama tesisleri,
- Çeşitli kaynaklar; tarımsal hasatlar ve çiftlik hayvanı yetiştiriciliği, sanayide

kullanılan soğutucu kuleleri [11].

Hava kirliliğine neden olan kaynağın yeri zamanla değişiyorsa bu tür kaynaklar hareketli (mobil) kaynak olarak tanımlanır. Hareketli kaynaklara çizgi kaynak da denmektedir. Çizgisel kaynakların yapısı genellikle yolların genişliği, büyüklüğü ve devamlılığından dolayı noktasal kaynaklardan daha karmaşıktır. Ayrıca bu kaynaklardan yayılan emisyonlara rüzgar hızı ve yönü daha fazla etki etmektedir. Böylelikle yüksek bacalardan yayılan emisyonlar kadar bu emisyonlardan çıkan kirlleticiler atmosferin üst katmanlarına fazla biçimde ulaşamazlar. Bu nedendir ki yayılan bu emisyonların modellenmesi basit denklemlerle açıklanamamaktadır [12].

Hacimsel kaynak alansal kaynaklar ile benzer özellikler göstermektedir. Kirleticiler emisyonların üç boyutlu olarak yayıldığı kaynaklar olarak tanımlanabilmektedir. Maden ocaklarından rüzgarın etkisiyle yayılan kirleticiler, petrol rafinerileri ve petrokimya tesisleri hacimsel kaynak örnekleridir.

2.1.2. Hava Kirleticileri

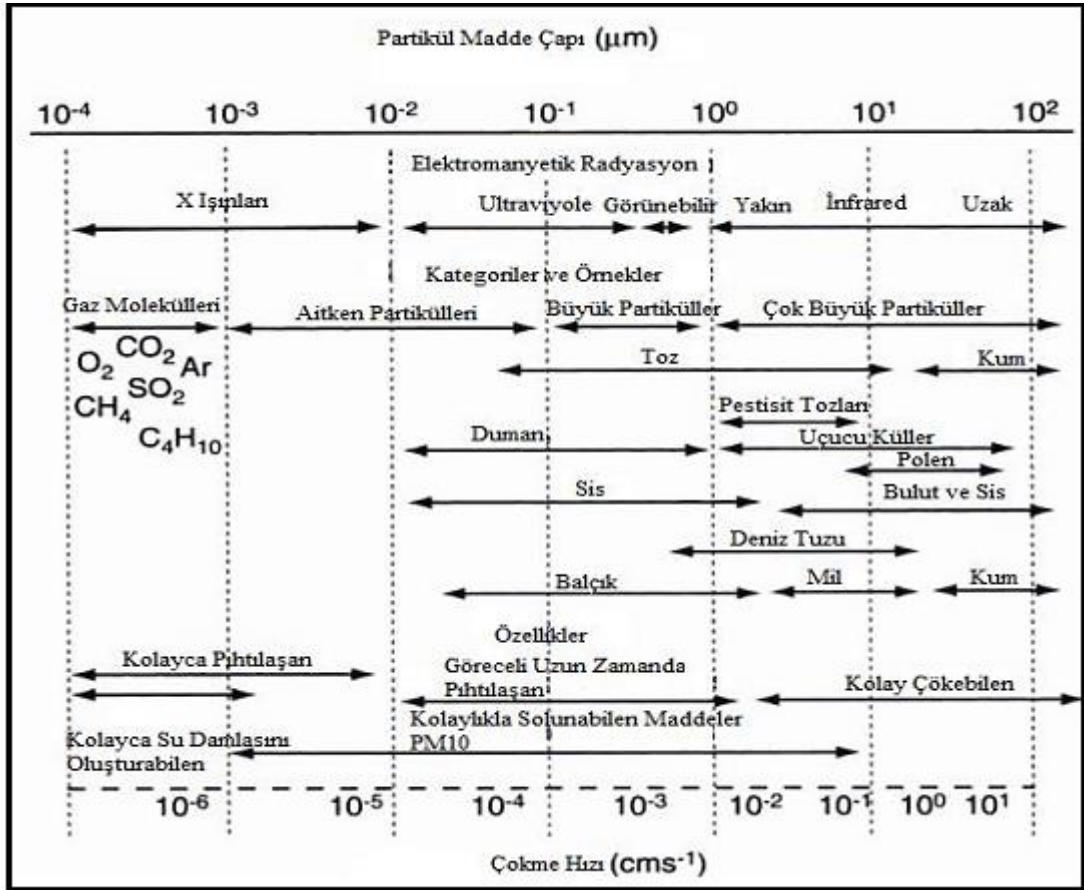
Bu bölümde çalışma kapsamında incelenen kirleticiler hakkında bilgi verilecektir.

2.1.2.1. PM10

Partikül Madde (PM), atmosferdeki ağırlıkları nedeniyle hızla çökebilen büyük partiküllerin dışında, atmosferde yayılan çok küçük tanecikli katı veya sıvı partiküllerdir. Kütle ve bileşimi yönünden; aerodinamik çapı 2.5 µm den büyük kaba partiküller, aerodinamik çapı 2.5 µm den küçük ince partiküller olarak iki gruba ayrılır. İnce partiküller; ikincil olarak oluşan aerosoller (gaz-partikül dönüşümü), yanma sonucunda oluşan partikülleri, yoğunlaşan organik ve metal buharlarını içerir. Büyük partiküller; genelde yer kabuğu materyalleri yol ve endüstrilerden atmosfere verilen tozları içerir. Partikül madde, yakıtların yanması, dizel motorlar, inşaat ve endüstriyel faaliyetler, ikincil aerosoller (amonyak, sülfür ve azot oksitlerinin havada reaksiyonu) bitki polenleri ve yerden kalkan tozlar gibi birçok doğal kaynaktan oluşabilir. Partikül madde, nitelik ve niceliği bakımından; tanecik boyutları,

yoğunluğu, kimyasal bileşimi ve sağlık etkileri potansiyeline bağlı olarak geniş çapta değişim gösterir [13].

Partikül maddeler doğal ve insansal kaynaklardan atmosfere yayılabilmektedirler. Bunun yanında atmosferdeki gaz halindeki kirleticilerin kimyasal reaksiyonları sonucunda partikül maddeler oluşabilmektedir. 20 μm ' nin altında bir çap ölüsüne sahip olan partikül maddeler havada aerodinamik bir hareket sergilemektedirler. Havada askıda bir şekilde duran partikül kirleticiler çap llerine bağlı olarak ya havada asılı durmakta ya da yavaşca yere doğru kmektedirler. Atmosferik aerosolleri oluşturan partikül maddeler 0,005 nm 'den birkaç yüz mikro metreye kadar değişen çap ve ölülere sahiptirler. Partikül boyutları aerodinamik eşitlik llerine bağlı olarak değişiklik göstermektedirler. Aerodinamik eşitlik ls tanım olarak, küresel bir partikül maddenin yoğunluğuna bağlı olarak (1 gr/cm^3) standart yer çekimi ivmesinde yere çökebilme yeteneğidir. Partikül maddelerin boyutları genellikle atmosferde bulunma süreleri ile doğrudan ilgilidir. Çünkü bu süre zarfında partiküller yüzeylerinde diğer kirleticileri biriktirebilmekte, konsantrasyonları ve ağırlıkları artabilmektedir. Partikül maddelerin lleri ve özellikleri şekil 2.1 'de verilmektedir [9].



Şekil 2.1: Partikül madde ölçüleri ve özellikleri.

Havada sınır değerlerin üzerindeki partikül madde varlığı; görüş mesafesini kısaltır, güneş ışınlarının enerji taşıdığı dalga boylarında etkili olarak gelen enerji akışını değiştirir; insan, hayvan ve bitki sağlığına olumsuz etkide bulunur.

2.1.2.2. SO₂

Kükürt dioksit (SO₂), renksiz, boğucu ve asidik bir gazdır. SO₂ kömür ve fuel-oil'in doğal olarak yapısında bulunan kükürt bileşiklerinin yanması ile açığa çıkmaktadır. Mevcut temel kükürt dioksit üretici faaliyetler, endüstriyel uygulamalar, ısınma amaçlı kullanılan evsel yakıtlar, termik santraller ve belli bir miktar da dizel yakıtlı taşıtların kullanımınıdır. SO₂ konsantrasyonları genellikle evsel ısıtma amacıyla kömür kullanımının yaygın olduğu şehirlerin merkezi bölgelerinde ve endüstriyel alanların çevrelerinde yüksek değerlerdedir [14].

SO₂ 'nin havada gaz fazda veya katı partiküller ya da su damlacıkları üzerinde karmaşık reaksiyonlarla oksitlendiği, SO₃ 'e dönüştüğü ve bundan sonra da ıslak ve kuru çökelmeyle atmosferden ayrılan sülfatları oluşturduğu belirlenmiştir. Bu nedenle hem SO₂ ve SO₃ 'ü birlikte SO_x şeklinde ifade etmek yaygın bir uygulamadır. SO_x parametresi SO₂ eşdeğeri şeklinde ifade edilir. SO₂ havada 0,3-1 ppm seviyelerde ağızda karakteristik bir tat bırakmakta, 3 ppm 'in üstünde ise boğucu bir hisse yol açmaktadır. Atmosferde oldukça hızlı bir oksitlenmeyle kükürt trioksit (SO₃) ve sülfatlara dönüşür. Kükürt trioksit sülfürik asidin anhidriti olup; yağmur veya yoğunlaşmış nem (sis) damlalarıyla birleşerek havada bu asidin damlacıklarının oluşmasına yol açar. Sülfatlar ise çoğunluğu 0,2-0,9 µm çapa sahip katı tanecikler şeklinde olup, görünür ışığın 0,4-0,7 µm olan dalga boyları ile girişim yaparak görüş mesafesini azaltır ve güneş radyasyonunu engelleyerek yerel iklimlerde soğumaya yol açar . Bu yüzden kent atmosferinde SO₂ 'nin tipik seviyelerinde, bağıl nemin de %50' den fazla olduğu günlerde önemli görüş kayıpları ortaya çıkar. Örneğin, 265 µg/m³ SO₂ ve %50 bağıl nem içeren bir atmosferde görüş mesafesi 8 km 'nin altına düşer ki, bu da büyük uçakların kalkış ve inişine engel olabilecek bir koşuldur [5].

Kükürtlü gazların insan sağlığıyla ilişkilendirilmesi çok sayıda araştırmaya konu olmuştur. Bu çalışmalar sonucu havadaki SO₂ seviyeleriyle toplum sağlığının ilişkide olduğu belirlenmiştir. SO₂ 'nin solunum yolu rahatsızlıkları yarattığı, özellikle akciğer yetmezliği ve solunum sistemi hastaları için öldürücü olabildiği düşünülmektedir. Havadaki SO₂ kirlenmesinin asıl büyük etkisi bitkilerde gözlenir. Kısa süreli yüksek seviyeli SO₂ 'ye maruz kalan bitkilerin yapraklarında yanıklar görülür. Yaprakların kenar ve damarlar arasındaki bölgeleri bu tür lekelerle dolar [15].

2.1.3. Meteorolojik Koşullar

2.1.3.1. Rüzgar

Hava kirleticilerin taşınması, difüzyonu ve seyrelmesinde en önemli etkenlerden biri de rüzgardır. Rüzgar havanın yatay doğrultudaki kütleli akma hareketi olarak tanımlanabilir. Yere çok yakın kısımdaki sürtünme bölgesinde çok

azalan hız ve laminer akıma sahip bölgenin üstünde rüzgar akışı başlıca iki hakim kuvvetin etkisindedir.

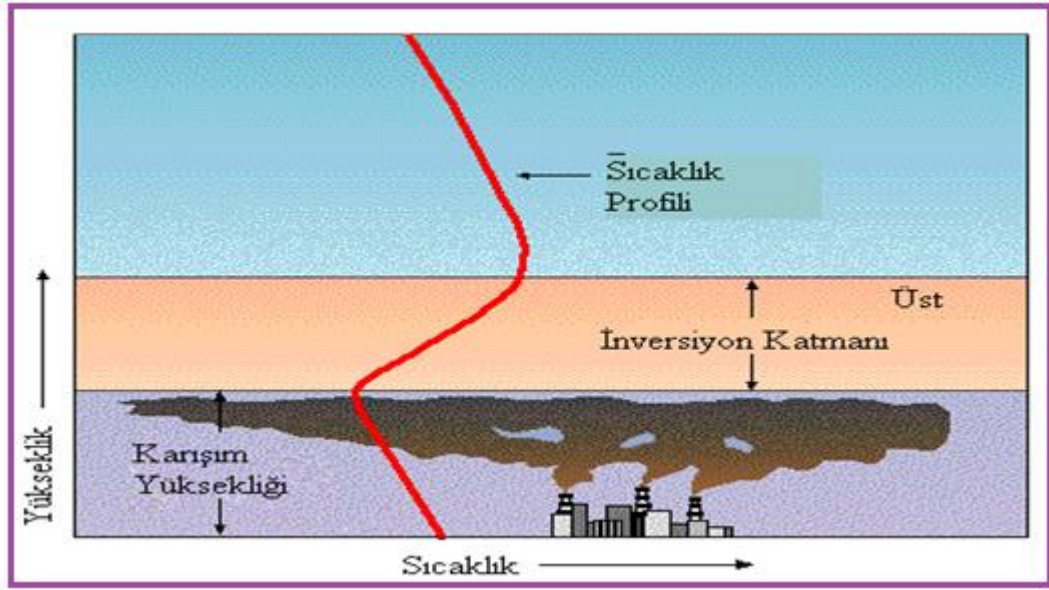
- Coriolis kuvveti
- Basınç değişimine bağlı kuvvetler [5].

Bunlardan yerkürenin dönüşüyle ilgili olan Coriolis kuvveti vektörel bir büyüklüktür. Bu vektörün doğrultusu yatay düzlemde rüzgar doğrultusuna dik, şiddeti ise rüzgar hızıyla doğru orantılıdır. İkinci gruptaki kuvvetler ise basınç değişiminin şiddetine bağlıdır. İzobar çizgileri arasındaki açıklıklar arttıkça azalan, izobarlar birbirine yaklaştıkça artan şiddette rüzgarlar ortaya çıkar. Bu rüzgarlar yüksek basınçtan alçak basınca doğru ve daha önce değinilen Coriolis kuvveti etkisiyle kuzey yarımkürede sağa doğru çarpıtılmış olarak eserler [5].

2.1.3.2. Karışım Yüksekliği

Karışım yüksekliği terimi yeryüzü üzerindeki hava hacminin dikey yüksekliğinde meydana gelen ve göreceli olarak güçlü bir karışımın olduğu yüksekliktir. Bu alanda kirleticilerin dağılımı görülmektedir. Karışım yüksekliğinin doğal ve kararsız durumlar altında görüldüğü farz edilmektedir.

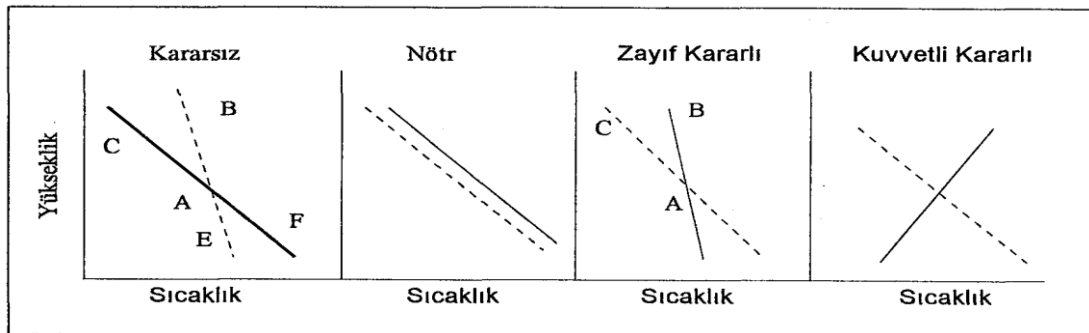
Karışım yüksekliği günlük ve mevsimsel olarak farklılık göstermekte olup yeryüzü topoğrafyasından ve yüksek basınç sistemlerinden belirgin bir şekilde etkilenmektedir. Gün içerisinde güneş doğumundan önce minimum karışım yüksekliği görülmektedir. Saat ilerledikçe güneşten gelen ısının artmasıyla karışım yüksekliği oranı da artacaktır. Maksimum değeri ise yaz aylarında öğleden sonranın ilk saatlerinde gözlenmektedir (sık olarak birkaç bin metrede). Minimum seviyesi de sonbaharın sonları ve kışın kuzey yarımküre ile orta enlemlerde görülmektedir [9]. Karışım yüksekliğinin şematik gösterimi Şekil 2.2'de verilmektedir.



Şekil 2.2: Karışım Yüksekliği şematik gösterimi.

2.1.3.3. Atmosferik Stabilite

Stabilite belli bir yerde yersel koşullar nedeniyle havanın yüksekliğe göre sıcaklık dağılımının adiyabatik sıcaklık düşüm hızından farklılaşması sonucu meydana gelir. Kararlılık, yüzme kuvveti etkisiyle yükselmeye çalışan ve bu arada etrafıyla sıcaklık dengesi oluşturan bir kirli hava paketinin nasıl davranacağını açıklar. Kirli hava paketinin hareketsiz kaldığı veya yükselmek yerine aşağıya bastırıldığı havalarda kararlı havalardır. Bu gibi baskıların olduğu günler enversiyonlu günlerdir. Çeşitli stabilite durumları şekil 2.3 'ün incelenmesi ile saptanabilir.



Şekil 2.3: Stabilite Durumları.

Atmosferde oluşan türbülanslar, kirleticilerin taşınmasında ve seyrelmesinde en önemli etkidir. Atmosfer ne kadar kararsız bir tutum sergiliyorsa kirleticilerin

seyrelmesi de o kadar fazla olur. Kararlılık sınıflandırması kategorizasyonu meteorolojik durumlar göz önüne alınarak geliştirilmiştir. Buradaki meteorolojik koşullar; rüzgar hızı, güneş radyasyonu (gün boyunca) ve bulutluluktur. Meteorolojik koşullara göre havanın kararlılık durumu 6 sınıfta ifade edilmektedir. Bunlar; A (Çok kararsız), B (Kararsız), C (Hafif kararsız), D (Nötr), E (Hafif kararlı), F (Kararlı) [16].

Tablo 2.1: Kararlılık Sınıflaması.

Rüzgar Hızı (m/s)	GÜNDÜZ Yere ulaşan güneş ışınları			GECE	
	Kuvvetli	Orta	Az	> 4/8 bulutlu	< 3/8 bulutlu
< 2	A	A - B	B	-	-
2 - 3	A - B	B	C	E	F
3 - 5	B	B - C	C	D	E
5 - 6	C	C - D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

Kararlılık için Pasquill ve daha sonra Taylor sınıflamaları geliştirilmiştir. Taylora göre sınıflama Tablo 2.1 ' dendir.

2.2. Hava Kalitesi Modellemesi

Hava kalitesi modelleme sistemleri bir bölgede atmosfere verilen kirleticilerin; taşınımını, dağılımını, kimyasal dönüşümünü ve atmosferik taşınım süresince giderimine sebep olan atmosferik süreçlerini ve mevcut tesisler ile gelecekteki muhtemel kaynakların emisyon senaryolarını belirlemek için kullanılan bir yöntemdir.

2.2.1. Hava Kalitesi Modelleri

Hava kalitesi modelleri kirleticilerin atmosfer içerisindeki dağılımlarını, reaksiyonlarını fiziksel ve kimyasal süreçlerini matematiksel ve sayısal yöntemlerle hesaplayabilmektedirler.

Bu hesaplamalar için modeller, meteorolojik bilgiler ve emisyon oranı, baca yüksekliği gibi kaynak verilerine ihtiyaç duymaktadır. Bu modeller atmosfere direk salınan birincil kirleticileri ve atmosfer içerisinde kimyasal dönüşümden sonra oluşabilen ikincil kirleticileri de hesaplayabilmektedir [17].

Hava kalitesi modelleri, girdiler ve çıktılar olmak üzere iki tür elemandan oluşur. Girdiler elemanında kirletici kaynakların emisyon miktarları, meteorolojik veriler ve atmosferdeki kimyasal mekanizmalar da dikkate alınacaksa atmosfer kimyası ile ilgili veriler bulunur. Bu veriler modele girdi olarak verilir ve matematiksel ifadelerle kirleticilerin atmosferde taşınım ve dispersiyonu veya kimyasal ve fiziksel dönüşümleri ve uzaklaştırma prosesleri model yardımıyla simüle edilir [7].

2.2.1.1. Dispersiyon Modelleri

Kirletici emisyonların dağılımlarının incelenmesinde iki farklı yol kullanılmaktadır. Dağılım modelleri; atmosfer olaylarını, hava kirleticilerinin atmosferdeki fiziksel ve kimyasal hareketlerini, reaksiyonlarını, bozunmalarını ve konsantrasyonlarını matematiksel olarak hesaplayabilmektedirler. Dağılım modelleme yöntemlerinden biri, fiziksel yöntemdir. Bu yöntemde ortam şartları bir laboratuarda oluşturularak kirleticilerin dağılımları incelenebilmektedir. Diğer bir yöntem ise, kirletici dağılımlarını matematiksel olarak modellemektir. Bu yöntem en çok kullanılan yöntem olmakla birlikte, günümüzde bilgisayarlar yardımıyla hem hesaplamalar kısmı yapılabilmekte hem de görselleştirilme ile desteklenebilmektedir [9].

EPA-ISCST3 modeli, çok sayıda ve farklı türde kirletici kaynaktan atmosfere bırakılan kirletici gaz ve tozların, farklı mesafelerdeki yer seviyesi konsantrasyonlarını ve çökme miktarlarını hesaplayabilen Gauss tipi bir matematiksel modeldir. Model ile kirleticilerin saatlik ortalama konsantrasyon ve çökme değerlerini hesaplamak mümkündür. EPA-ISCST3 modeli üç tip kirletici kaynak türü ile çalışabilir, bunlar noktasal, alansal ve hacimsel kaynaklardır [18].

2.2.1.2. Fotokimyasal Modeller

Bu modeller genellikle yönetmelikler ve düzenleyici kriterler için kirletici konsantrasyonların ve birikimlerin etkilerini hesaplayabilmektedir. Genellikle hava kalitesinin değerlendirilmesinde hareketli bir referans çerçevesine sahip olan Lagrangian ile sabit kordinant sistemini kullanan Eulerian olmak üzere iki farklı model bulunmaktadır. En yaygın olarak kullanılan fotokimyasal model “Community Multi-scale Air Quality (CMAQ) olup bu modelle troposferdeki ozon, ince partiküller, zehirli gazlar ve asit birikimi küçük ve bölgesel ölçekte tahmin edilebilmektedir [17].

2.2.1.3. Alıcı Modeller

Bu modeller kaynaktan ve alıcı noktalarında ölçülen değerlerden yola çıkarak konsantrasyon değerlerini hesaplayabilmektedir. Alıcı modeller dağılım ve fotokimyasal modellerin aksine, kirletici emisyonlarını, meteorolojik verileri ve kimyasal dönüşümlerini kullanmamaktadır. Bunun yerine gazların ve partikül maddelerin, kaynaktan ve alıcı noktalarındaki fiziksel ve kimyasal özellikleri kullanılmaktadır[9].

2.3. Hava Kalitesi Kavramı ve Hava Kalite standartları

Hava kalitesi, insan ve çevresi üzerine etki eden ortam havasında, hava kirliliğinin göstergesi olan kirleticilerin artan miktarıyla azalan atmosfer kalitesidir.

Ülkemizde 6 Haziran 2008 tarihinde yayınlanarak yürürlüğe giren 26898 sayılı, “Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği” (HKDYY) çevre havasındaki kirleticilerle ilgili sınır değerleri 2019 yılı hedeflerini içerecek şekilde düzenlemiştir. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği’nde 31.12.2013 tarihine kadar geçiş dönemi hava kalitesi standartları uygulanacağı belirtilmiş ve mevcut hava kalitesi sınır değerlerinin 01 Ocak 2014 tarihe kadar kademeli olarak azaltılması ve 01 Ocak 2014 tarihinden sonra ise AB hava kalitesi limit değerleri artı tolerans değerlerine başlanarak kademeli bir geçiş ile

parametrelere göre değişen tarihlerde AB limit değerlerine uyum sağlanması hedeflenmiştir.

Hava kalitesi sınır değerleri, insan sağlığının korunması ve çevre üzerindeki kısa ve uzun vadeli olumsuz etkilerin önlenmesi için atmosferdeki hava kirleticilerin, bir arada bulduklarında değişen zararlı etkileri de göz önüne alınarak tespit edilmiş konsantrasyon birimleri ile ifade edilen seviyelerdir. Yönetmelikte hava kalitesi sınır değerleri, uzun vadeli sınır değerler (UVS) ve kısa vadeli sınır değerler (KVS) olmak üzere iki şekilde tanımlanmaktadır. UVS, aşılmaması gereken ve tüm ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olan değerlerdir. KVS, maksimum günlük ortalama değerler veya istatistik olarak bütün ölçüm sonuçları sayısal değerlerinin büyüklüğüne göre dizildiğinde, ölçüm sonuçlarının yüzde doksan beşini aşmaması gereken değerlerdir.

Geçiş dönemi olarak adlandırılan 2014 yılına kadar uygulanacak uzun ve kısa vadeli yasal sınır değerleri Tablo 2.2 'de yer almaktadır.

Yönetmelikte Ek-1 B 'de limit değerler, hedef değerler, uzun vadeli hedefler, değerlendirme eşikleri, bilgilendirme ve uyarı eşikleri belirlenmiştir. 2019 yılı hedeflerini içeren değerler ise Tablo 2.3 'te verilmiştir.

Tablo 2.2: PM10 ve SO₂ kirleticileri için Geçiş Dönemi Uzun Vadeli ve Kısa Vadeli Sınır Değerleri ve Uyarı Eşikleri.

Kirletici	Ortalama süre	Sınır değer	Sınır değerinin yıllık azalması
SO ₂	-KVS- 24 saatlik % 95 /yıl -insan sağlığının korunması için-	400 µg/m³	Sınır değer, 1.1.2008 tarihinde başlayarak 1.1.2014 tarihine kadar 200 µg/m³ (sınır değerinin %50'si) olana kadar her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azalır
	KışSezonu Ortalaması (1 Ekim – 31 Mart) -insan sağlığının korunması için-	250 µg/m³	Sınır değer, 1.1.2008 tarihinde başlayarak 1.1.2014 tarihine kadar 125 µg/m³ (sınır değerinin %50'si) olana kadar her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azalır
PM10	-KVS- 24 saatlik % 95/yıl -insan sağlığının korunması için-	300 µg/m³	
	-UVS- yıllık -insan sağlığının korunması için-	150 µg/m³	Sınır değer, 1.1.2008 tarihinde başlayarak 1.1.2014 tarihine kadar 60 µg/m³ (sınır değerinin %40'ı) olana kadar her 12 ayda eşit bir miktarda yıllık olarak azalır

Tablo 2.3: PM10 ve SO₂ kirleticileri için limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri.

Kirletici	Ortalama süre	Limit değer	Tolerans payı	Limit değere ulaşılacak tarih
SO ₂	24 saatlik -insan sağlığının korunması için-	125 µg/m³ (bir yılda 3 defadan fazla aşılmaz)	1.1.2014 tarihinde 125 µg/m³	1.Ocak 2019
	yıllık ve kış dönemi (1 Ekim den 31 Marta kadar) ekosistemin korunması-	20 µg/m³		1.Ocak 2014
PM10	24 saatlik -insan sağlığının korunması için-	50 µg/m³ (bir yılda 35 defadan fazla aşılmaz)	1.1.2014 tarihinde 50 µg/m³	1 Ocak 2019
	yıllık -insan sağlığının korunması için-	40 µg/m³	1.1.2014 tarihinde 20 µg/m³	1 Ocak 2019

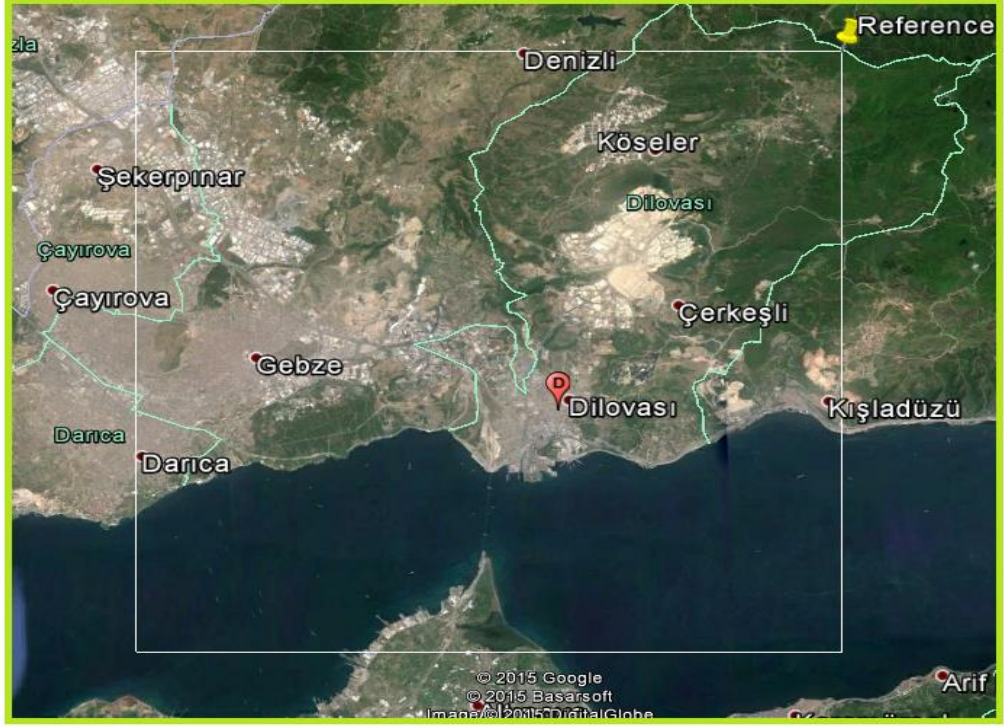
3. YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

Kuzeyi ve batısı Gebze ilçesi, doğusu Körfez ilçesi, güneyi İzmit körfezi ile çevrilidir. Dilovası ilçesi, Gebze'ye 8 km, İzmit'e 25 km uzaklıktadır. Tavşanlı deresi de denilen Dilderesi yaklaşık 12 km uzunluğunda olup Dilovası sınırları içinden geçerek İzmit Körfezine dökülür. Üç tepenin arasındaki bir ovada yer alan Dilovası, adını da doğrudan doğruya bu ovadan almaktadır.

Dilovası, yüzölçümü açısından Kocaeli'nin en küçük ilçelerinden biridir. Buna karşılık sanayinin en yoğun olduğu ilçelerin başında gelmektedir. İlçe yüzölçümünün %40 'ını sanayi yerleşimi oluşturmakta, bu oranı sırasıyla konut (%25) ve ormanlık alan(%35) takip etmektedir. Çanak biçimindeki topoğrafik yapısı bulunan ilçenin ekonomisi tamamen sanayiye dayanmaktadır[19].

Türkiye İstatistik Kurumu Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) Veri Tabanı 2015 verilerine göre, ilçenin nüfusu toplamda 46.099 kişidir. Yüzölçümü 134 km² olan araştırma sahasında, km² 'ye 344 kişi düşmektedir. Nüfus yoğunluğu, TEM Otoyolu ve E-5 Karayolu çevresinde yoğunken kuzeyde bulunan köylere doğru azalış göstermektedir. Dilovası 'nda 11 mahalle bulunmaktadır. Dilovası 'nda nüfus yoğunluğunun en fazla olduğu alan, Orhangazi Mahallesi'dir. Bu yerleşmeden sonra nüfus yoğunluğunun en fazla olduğu alanlar Mimar Sinan ve Diliskelesi'dir. E-5 ve TEM otoyolundan kuzeye doğru, yani köylere gidildikçe nüfus yoğunluğu azalmaktadır. Dilovası 'na bağlı 4 köy yerleşmesi vardır. 2015 nüfus sayımına göre bu köylerden en fazla nüfus barındıranı 1.076 kişi ile Çerkeşli'dir. Diğer köyler ise; 603 kişi ile Tepecik, 575 kişi ile Köşeler, 535 kişi ile Demirciler Köyü'dür.



Şekil 3.1: Çalışma alanı (20 kmx20 km) uydu görüntüsü.

3.1.1. Dilovası'ndaki Organize Sanayi Bölgeleri

Dilovası 'nda en önemli ekonomik etkinlik sanayidir. Türkiye genelindeki 500 dev fabrikanın yaklaşık % 10 'u Dilovası Bölgesi 'ndedir. Kocaeli genelinde bulunan 13 organize sanayi bölgesinin 5'i Dilovası'nda bulunmaktadır. Organize sanayi bölgeleri arasında Dilovası Organize Sanayi Bölgesi, limanlara sınır olması ve içinden işlek karayollarının geçmesi sayesinde avantajlı konumuyla ön plana çıkmaktadır. Çalışma bölgesinde yer alan tesislerin konum ve özellikleri Tablo 3.1 'de yer almaktadır.

Tablo 3.1: Çalışma bölgesindeki sanayilerin özellikleri ve konumları.

TESİS KAYNAK KODU	ÜRETİM TİPİ	KONUMU
K1	Kimya	DOSB
K2	Kimya	DOSB
K3	Kimya	TAVŞANLI
K4	Kimya	GEBKİM
E1	Yapı Endüstrisi	DOSB
E2	Taşıyünü Endüstrisi	DOSB
M1	Metal	İMES
M2	Metal	DOSB
M3	Metal	DOSB
HB1	Hazır Beton	DOSB

Tablo 3.1 'den görüldüğü gibi değerlendirmeye alınan başlıca endüstriler kimya ve metal ürünleri üretimi yapan kuruluşlardır.

3.1.1.1. Dilovası Organize Sanayi Bölgesi

Dilovası Organize Sanayi Bölgesi (DOSB) 300'e yakın büyük ve orta ölçekli sanayi kuruluşuna ev sahipliği yapan bir üretim merkezidir. Dilovası 'ndaki çarpık yapılaşmanın önlenmesi, sanayi kuruluşları arasındaki koordinasyonun sağlanması ve çevresel olumsuzlukların asgariye indirilmesi amacıyla, 1990'lı yılların başında çalışmalarına başlanmış 1998 yılında Organize Sanayi Bölgesi ilan edilmiş ve Dilovası Organize Sanayi Bölgesi 15 Ağustos 2002 tarihinde faaliyete geçmiştir [22].

Dilovası Organize Sanayi Bölgesi yaklaşık 900 hektarlık sanayi alanını kapsamaktadır. DOSB, kuzey ve doğudan D-100 Karayolu ve Çerkeşli Köyü mevkiinde orman sahası ile batısında TEM bağlantısı, demiryolu taşımacılığına uygun bağlantıları, özellikle bölge sınırlarında bulunan 8 adet kuru ve sıvı yük tahmil ve tahliyesine uygun yüksek liman kapasitesiyle yatırımcılar için cazip bir OSB'dir. Dilovası OSB'de 193 tane sanayi kuruluşu faal olarak ülke ekonomisine katkıda bulunmaktadır. Dilovası OSB'de faaliyet gösteren firmalarda yaklaşık 20.000 kişi

çalışmaktadır [22]. DOSB, karma OSB olup, bölgede ağırlıklı olarak metal ve kimya sektöründeki sanayi kuruluşları yer almaktadır.

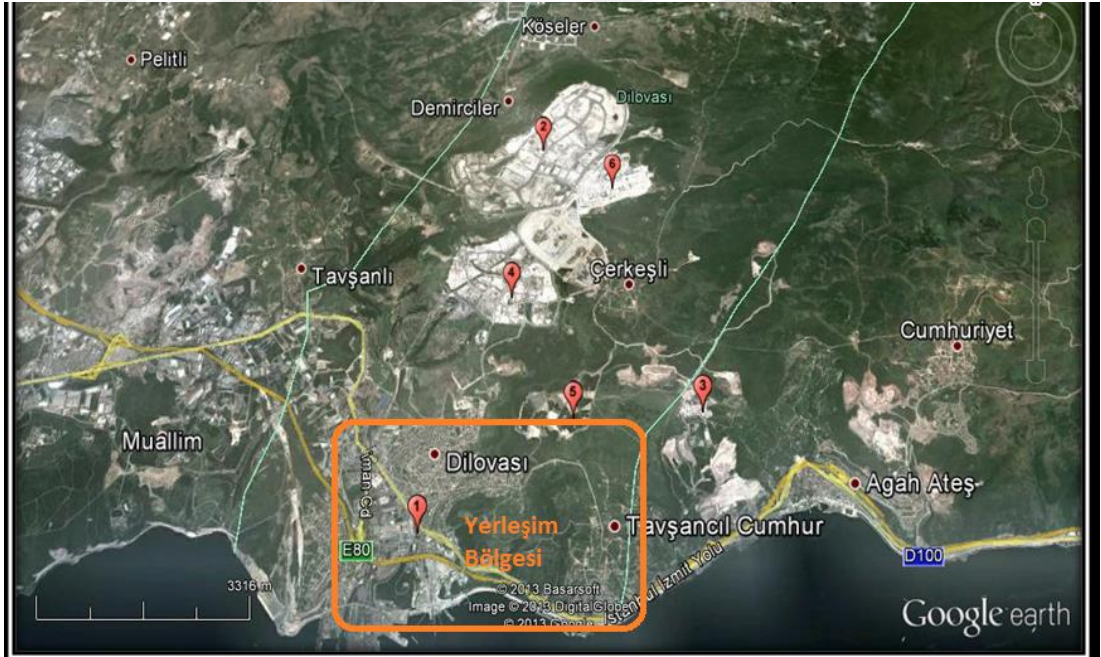
3.1.1.2. İlçedeki Diğer Organize Sanayi Bölgeleri

Kocaeli’nde bulunan 13 OSB’nin 5’i Dilovası ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır.

- VI. İMES OSB: Yaklaşık 300 hektarlık bir alana yayılan ve makine, otomotiv yan sanayi, elektrik elektronik sanayi ağırlıklı İhtisas Organize Sanayi Bölgesi olarak planlanmıştır. 2010 Yılında inşaatı tamamlanan Organize Sanayi Bölgesi faaliyete geçmiştir ve eklenen yeni işletme ve fabrikalarla yapılanma sürecini tamamlamaktadır. Bölge, TEM otoyoluna 8 km ve limana 9 km uzaklıktadır.
- VI. İstanbul Makine İmalatçıları OSB: Bölge, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından 27.03.1998 tarihinde kayıt ve tescil edilerek, Dilovası’nın köylerinden Köşeler ve Demirciler köy sınırları içerisinde kurulmuştur. Bölgenin kurulması, orta ve büyük ölçekte 60’a yakın sanayi kuruluşunun bir araya gelerek oluşturmuş olduğu kooperatifin çalışmaları ile olmuştur Yaklaşık 510 hektarlık bir alana yayılan ve makine, makine yan sanayi, metal ve elektrik elektronik sektörleri ağırlıklı İhtisas Organize Sanayi Bölgesi olarak planlanmıştır. 2010 Yılında inşaatı tamamlanan Organize Sanayi Bölgesi faaliyete geçmiştir ve eklenen yeni işletme ve fabrikalarla yapılanma sürecini tamamlamaktadır.
- V. Kimya OSB (GEBKİM) : Dilovası’nın Gebze’ye bağlı olduğu dönemde kurulduğu için Gebze adıyla anılmaktadır. 08.12.2000 tarihinde kuruluş protokolünün onaylanması ile tüzel kişilik kazanan bu organize sanayi bölgesi Türkiye’nin kimya işkolunda faaliyet gösteren ilk ve tek İhtisas Organize Sanayi Bölgesi özelliğini taşımaktadır. TEM otoyoluna yaklaşık 4 km ve limana 5 km uzaklıkta yer alan bölgeye ulaşım Dilovası ve Çerkeşli yolları üzerinden yapılmaktadır. Kuzey otoyol projesi ve Diliskelesi Mahallesi ’nin bulunduğu alan ile karşı kıyıda yer alan Hersek Deltası arasında İzmit Körfezi üzerine yapılan köprü ile sanayi bölgesinin ulaşımı daha uygun hale gelecektir.

- Kömürcüler OSB: Kocaeli Valiliği'nin kararı çerçevesinde, Kocaeli çevresindeki kömür işleyen 21 kuruluşun 1 Mart 2012 tarihinde Dilovası'na taşınması ile kurulmuştur.
- Mermerciler Sanayi Sitesi: Mermerciler Fuarı ve Borsası şeklinde kuruluş amacı belirlenmiş olan sanayi sitesi, Köselers Köyü arazisi üzerinde kurulmuştur. Sanayi sitesi, bir organize sanayi bölgesi özelliği göstermekte olup 470 hektar sanayi alanını kaplamaktadır. Sitede, sadece mermercilik üzerine sanayi kuruluşları değil; demir-çelik ürünleri, inşaat malzemeleri gibi farklı üretim kolları da faaliyet göstermektedir.

Bölgedeki organize sanayi bölgelerini gösteren harita Şekil 3.2'de [22] verilmiştir. Harita içerisinde işaretlenen noktaların açıklamaları aşağıdaki gibidir:



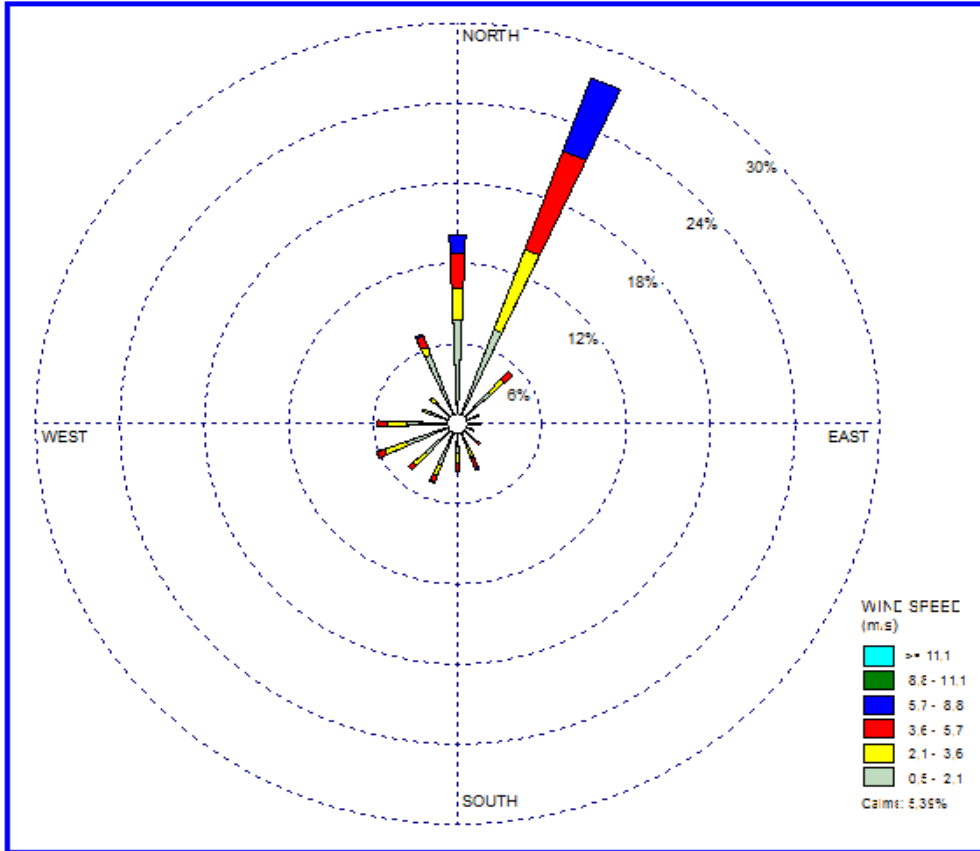
Şekil 3.2: Dilovasi'nda bulunan organize sanayi bölgeleri. 1. Dilovasi OSB 2. Makinacılar OSB 3. Mermerciler Sanayi Sitesi 4. Gebkim Kimyacılar OSB 5. Kömürcüler OSB 6. Imes OSB.

3.1.2. Meteorolojik Veriler

Gebze Meteoroloji istasyonundan temin edilen veriler Rüzgar hızı, rüzgar yönü, sıcaklık, bulut kapallığı, bağıl nem, basınç ve yağış miktarıdır. 2013 yılı için

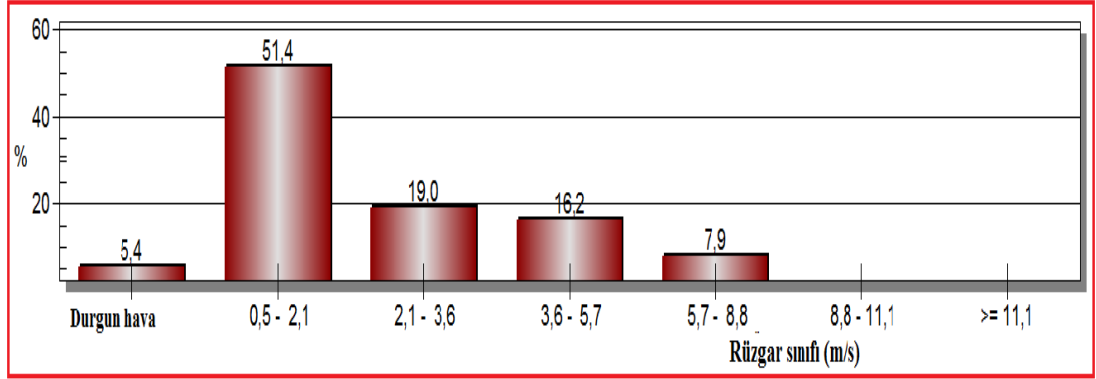
ortalama sıcaklık 16 °C, ortalama rüzgar hızı 2,62 m/s, ortalama yıllık basınç 994-997 mb, ortalama bağıl nem % 75-80 olarak hesaplanmıştır.

Modelleme çalışmasında, meteoroloji dosyası oluşturulmuş, meteoroloji dosyasında kullanılan parametreler meteoroloji işleri genel müdürlüğünden temin edilmiştir. Çalışma bölgesi incelenirken kullanılan veriler Gebze Meteoroloji İstasyonu'na ait olan 10 yıllık (saatlik) rasat sonuçları kullanılarak oluşturulmuştur. Her ay için hakim rüzgar yönü belirlenirken, o ay içerisinde yönlere göre esen rüzgarların esme sayıları göz önünde bulundurulmuş ve en çok rüzgarın estiği yön hakim rüzgar yönü olarak kabul edilmiştir. Araştırma sahasında 30 yıllık rüzgâr verileri incelenip hâkim rüzgâr yönünün NNE (kuzey kuzey doğu) olduğu saptanmıştır. Son on yılın rüzgar yönü 2013 yılı ile benzerlik göstermesi nedeni ile 2013 yılı meteoroloji verileri kullanılmıştır. Saatlik meteorolojik veriler PCRAMMET ön işlemcisi kullanılarak, ASCII formatına uyarlanıp, input dosyası olarak programa girilmiştir. 2013 yılı verilerine ait PCRAMMET ile hazırlanan rüzgar gülü Şekil 3.3 'te verilmiştir.



Şekil 3.3: Rüzgar gülü.

RAMMET View meteorolojik programının çalıştırılmasıyla 2013 yılı için etkin rüzgar sınıf aralığının 0,5-2.1 m/s, etkin atmosfer kararlılık sınıfının ise D olduğu görülmüştür.



Şekil 3.4: Rüzgar sınıfı görülme sıklığı dağılımı.

3.1.3. Dilovası 'ndaki Ölçüm İstasyonları

Dilovası 'nda hava kalitesinin izlenmesi açısından yürütülen çalışmalar mevzuatla belirlenen çerçeve içerisinde yürütülmekte olup anlık ölçümlerin yapıldığı 2 ölçüm istasyonu bulunmaktadır. Bu ölçüm istasyonlarının konumları ve açıklamaları Şekil 3.5 'te sunulmuştur.



Şekil 3.5: Dilovası İlçesi' nde faaliyette olan ölçüm istasyonları.

Dilovası Bölgesi 'nde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı 'na bağlı iki adet sabit hava kalitesi izleme istasyonu bulunmakta olup, istasyonlarda sürekli olarak kükürtdioksit (SO₂) ve partiküler madde (PM10) parametreleri otomatik cihazlarla ölçülmektedir ve saatlik ortalama değerler olarak veri alınmaktadır.

Dilovası Bölgesi 'nde 2006 yılında Mülga Kocaeli İl Çevre ve Orman Müdürlüğü tarafından TÜBİTAK-MAM, GYTE ve Kocaeli Üniversitesi ortaklığında yapılan “Hava Kalitesinin İzlenmesi” çalışması sonuçlarının açıklanmasından sonra Mart 2007 de Dilovası Belediyesi 'nin arka bahçesine yerleşim yeri olması münasebetiyle Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hava kalitesi ölçüm istasyonu kurulmuştur. Bu istasyon daha sonra Dilovası 'nda bulunan bir anaokulunun bahçesine taşınmıştır. Mayıs 2007 de Polisan İ.Ö.O. bahçesine Dilovası OSB tarafından bir istasyon daha kurulmuştur.

İzleme istasyonlarında ölçülen parametrelerin detayları Tablo 3.2 'de verilmiştir.

Tablo 3.2: İzleme istasyonunda ölçülen parametreler.

Dilovası İstasyonu	Dilovası OSB İstasyonu
PM10 (Partikül Madde Toz)	PM10 (Partikül Madde Toz)
SO ₂ (Kükürtdioksit)	SO ₂ (Kükürtdioksit)
CO (Karbonmonoksit)	NMHC(Metanolmayan Hidrokarbonlar)
NO _x (Azotoksitler)	NO _x (Azotoksitler)
O ₃ (Ozon)	Meteorolojik Sensörler

3.2. ISC-AERMOD View Dispersiyon Modeli ile Hava Kalitesi Modellemesi

Bu tezde EPA tarafından önerilen Industrial Source Complex (ISC3) dispersiyon modelinin kullanımına imkan tanıyan ISC-AERMOD View model programının, 6.00 versiyonu kullanılmıştır. ISC-AERMOD View model programı, Industrial Source Complex - Short Term (ISCST3) dispersiyon model uygulamaları için gerekli tüm özellikleri içeren bir programdır. ISC3 modelinin, ISCST3 ile

ISCLT3 (Industrial Source Complex - Long Term) olmak üzere iki versiyonu vardır. ISCST3, 24 saatlik ya da daha kısa zaman periyodundaki yer seviyesi konsantrasyon değerlerinin, ISCLT3 ise 30 günlük ya da daha uzun zaman periyodundaki ortalama yer seviyesi konsantrasyon değerlerinin hesabında kullanılır. Bu çalışma kapsamında çalışılacak alanın özellikleri dikkate alınarak en uygun dispersiyon modelinin ISCST3 olduğuna karar verilmiştir.

ISC3 modeli, noktasal ve noktasal olmayan kaynaklardan havaya bırakılan kirleticilerin, zaman içerisinde değişen gerçek zaman verilerini baz alarak kaynak ve kaynaklar grubu etrafındaki dağılımlarını, yer seviyesindeki veya istenilen yükseklikteki konsantrasyonlarını ve yer seviyesindeki çökelmeleri hesaplayan gelişmiş bir bilgisayar modelidir.

ISC3 kararlı hal Gauss duman modeli olup, endüstri alanlarındaki farklı kaynaklardan yayılan kirleticilerin dağılımını hesaplayabilmektedir. Bu model programı noktasal, alansal, çizgisel ve hacimsel kaynaklardan yayılan konsantrasyonları, partikül maddelerin kuru birikimini hesaplayabilmekte aynı zamanda karmaşık arazi yapısını da öngörebilmektedir [17].

3.2.1. ISCST3 Modelinin Genel Özellikleri

ISCST3 modeli, bacadan atmosfere salınan kirleticilerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olmak üzere değişik modelleme seçenekleri sunmaktadır. Bunlar ayrı ayrı çalıştırılabilecekleri gibi birlikte de çalıştırılabilirler. Bu seçenekler arasında konsantrasyon dağılımları, yaş, kuru ve toplam birikim bulunmaktadır. Bu çalışmada sadece konsantrasyon dağılımı seçeneği işaretlenmiştir. Model, kullanıcı tarafından tanımlanan kartezyen veya polar alıcı ortam sisteminde rüzgar esme yön ve frekansı, dış ortam sıcaklığı gibi meteorolojik verileri, baca boyu, çapı emisyon kütleli debisi, baca gazı çıkış hızı gibi kaynak verileri ve alıcı ortamın topoğrafik özelliklerini kullanarak konsantrasyonları belirler.

ISCST3 modeli, noktasal kaynaklar için kararlı hal Gaussian hüme dağılım eşitliğini kullanır. Gauss duman akımı hesaplamaları için, bir noktadan duman yayılımında, noktanın koordinatları 0,0, H (burada H efektif baca yüksekliği), fiziksel baca yüksekliği (h) ve duman yüksekliği (Δh) gereklidir. Burada kirleticilerin Gauss dağılım eşitliği ile dağıldığı varsayılmakta ve dağılımın normal olduğu kabul

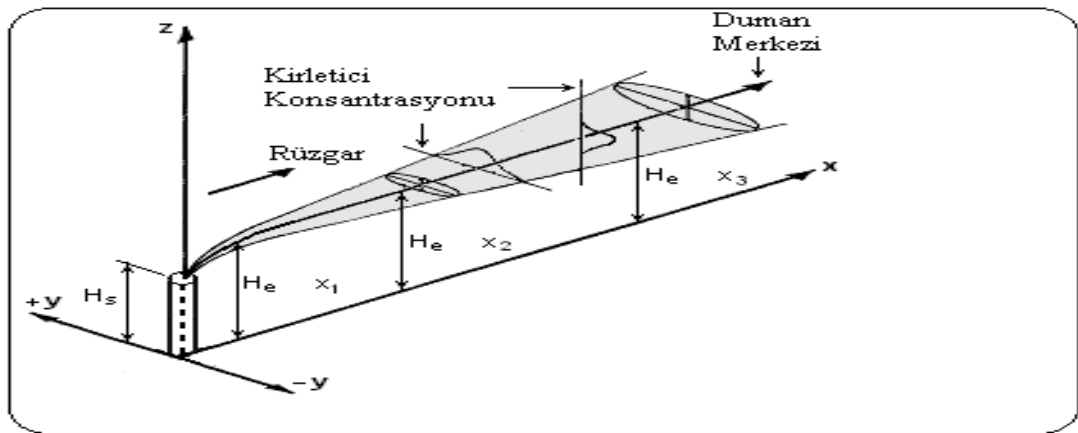
edilmektedir. Bu modelleme genelde dağılımın devamlı olduğu durumlar ile kaynaktan yer seviyesine veya daha üst seviyelerdeki kirletici konsantrasyonların tahmininde kullanılmaktadır. Gauss duman akımı modellemesinde yüksek bir noktasal kaynaktan (örneğin baca) atmosfere karışan gaz kirleticilerinin konsantrasyonları Denklem (3.1) ile hesaplanmaktadır [7] ve Gauss duman akımı Şekil 3.6 'da [21] verilmektedir;

$$C(x, y) = \frac{Q}{\pi u_s \sigma_y \sigma_z} \left[\exp\left(-H^2 / 2\sigma_z^2\right) \right] \left[\exp\left(-y^2 / 2\sigma_y^2\right) \right] \quad (3.1)$$

Burada

- $C(x, y)$: Yer seviyesinde (x,y) noktasındaki konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- Q : Kirletici emisyon oranı ($\mu\text{g}/\text{sn}$)
- u_s : Etkin baca yüksekliğindeki rüzgar hızı (m/sn)
- y : Hüzme doğrultusuna dik olan uzaklık (m)
- x : Rüzgar yönündeki uzaklık (m)
- σ_y, σ_z : Konsantrasyon dağılımının yanal ve düşey standart sapması (m)
- H : Etkili baca yüksekliği (m)

Burada $H = h + \Delta h$ formülü ile hesaplanıp h fiziksel baca yüksekliğini, Δh ise duman akımı yükselmesini göstermektedir.



Şekil 3.6: Gauss duman akımı.

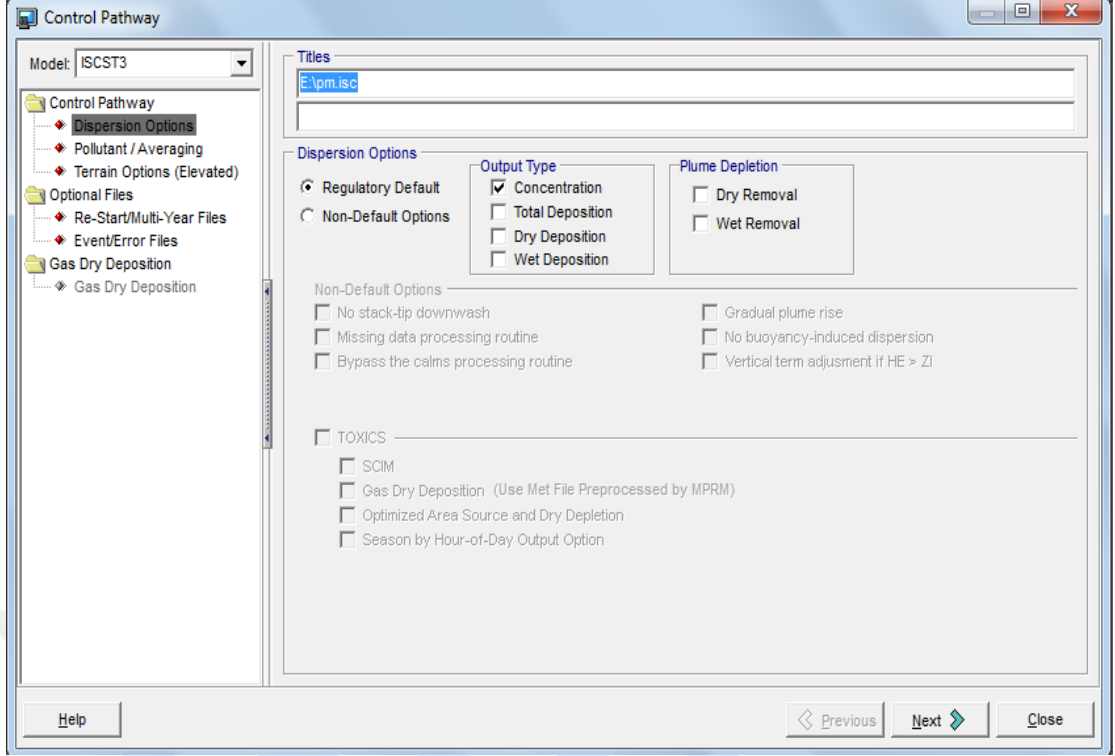
Gauss modellemesinin dezavantajlarından biri, düşük rüzgar hızlarında emisyon kaynağının 100 m daha yakınlarında modellemenin yapılamayışıdır.

3.2.2. ISCST3 Giriş Verileri

ISCST3 modeli kaynak input dosyası ve meteorolojik dosya olmak üzere temelde iki tip input dosyasına ihtiyaç duyar. İntput dosyasında ISCST3 modelinin kontrol seçenekleri, kaynak veya birden çok kaynağın özelliklerinin yer aldığı kaynak seçenekleri, dağılımın olduğu alanın özelliklerini yansıtan meteoroloji seçenekleri ve son olarak model sonuçlarının tanımlandığı çıktı seçenekleri yer alır [4]. Bu parametreler programda altı başlıkta sıralanır.

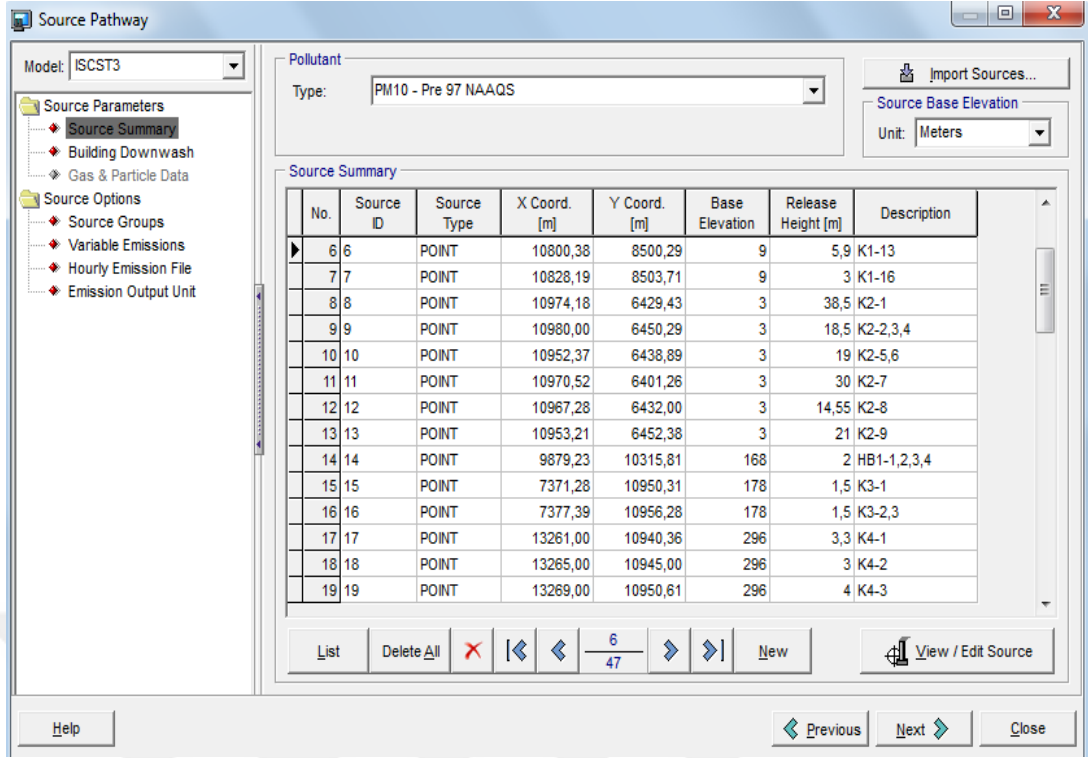
- Kontrol Bölümü (CO): Modelleme senaryosunun oluşturulduğu ve modelin çalıştırılmasında tüm kontrolün yapıldığı kısım.
- Kaynak Bölümü (SO): Hava kirletici emisyonlarının tanımının yapıldığı kısım.
- Reseptör Bölümü (RE): Hava kalitesi etkisinin görülmek istendiği spesifik noktaların tanımlandığı kısım.
- Meteoroloji Bölümü (ME): Atmosferik koşulların tanımlandığı kısım.
- Topoğrafik Bölüm (TG): Arazi özelliklerinin tanımının yapıldığı kısım.
- Çıktı Bölümü (OU): Modelin analizi için model çıktısı özelliklerinin tanımlandığı kısım [7].

Kontrol bölümü ana hatlarıyla modelin çalışma kurallarının belirlendiği program parametresidir. Kontrol bölümü penceresi Şekil 3.7 'de verilmiştir.



Şekil 3.7: Model programı kontrol bölümü penceresi.

Bu kısımda programa dağılım modellemesi yapılacak kirleticinin yarılanma ömrü veya bozulma hızı, çökme hızı, dağılımın olacağı alandaki binaların çökmeye etkisi, bacanın geri yıkamasının dağılıma etkisi, düşey sıcaklık gradyanı gibi çok sayıda bilgi girilir. Programın model seçeneği kısmında EPA 'nın yaptığı kabulleri seçmek için Default seçeneği kullanılır. Aksi takdirde bu özellikler ve değerler kullanıcı tarafından girilmelidir. Bu kısımda ayrıca modelleme yapılacak kirleticinin tipi, modelleme yapılan alanın kentsel alan olup olmadığı, ve ortalama konsantrasyonlarının hangi zaman periyodunda istenildiği belirtilmelidir. Bu çalışma kentsel alanda yapıldığından urban parametresi seçilmiş, kirletici tipi olarak PM10 ve SO₂ için program ayrı ayrı çalıştırılmış ve ortalama zaman periyodu olarak da 24 saatlik ve yıllık sonuçlar istenmiştir.



Şekil 3.8: Model programı kaynak bölümü penceresi.

Kaynak seçenekleri bölümü, hava kirletici emisyonlarının tanımının yapıldığı program parametresidir. Bunlar; kaynak tipi (noktasal, alansal, hacimsel), kaynak koordinatları, kaynağın özellikleri (baca yüksekliği, çapı, emisyon kütleli debisi, baca gazı çıkış sıcaklığı ve hızı), kaynak gruplandırması gibi bilgilerdir.

Source Inputs

Source Type
 Type: POINT Source ID: 1
 Description: K1-1 (Optional)

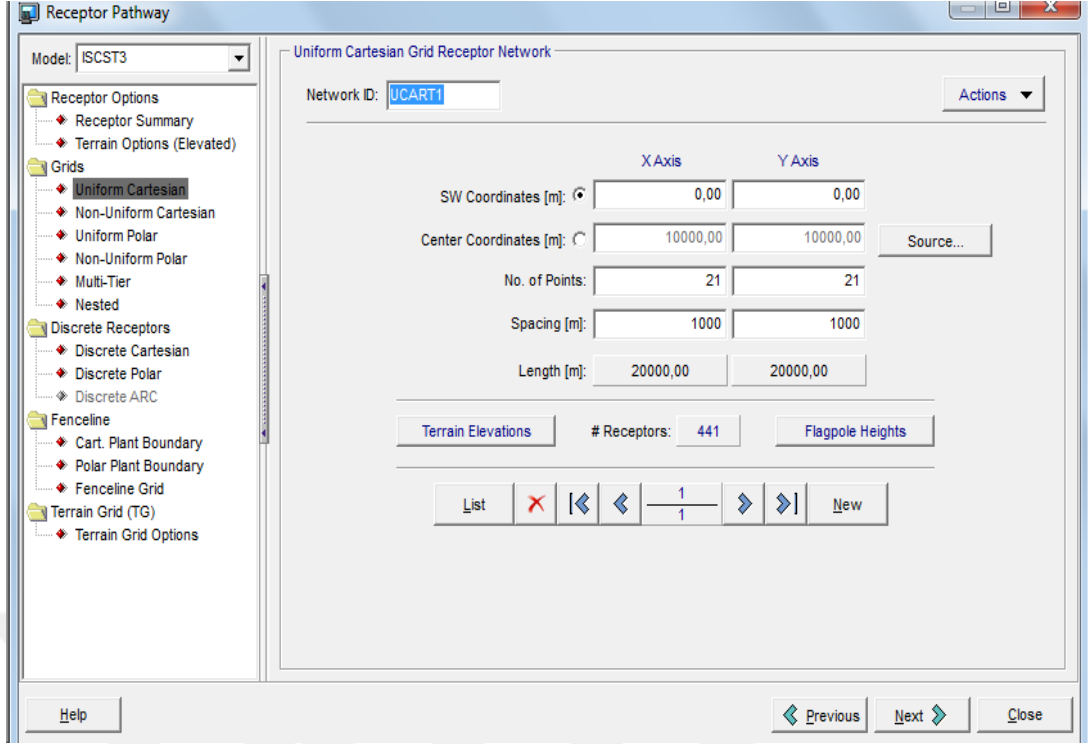
Source Location
 X Coordinate [m]: 10819,00
 Y Coordinate [m]: 8513,26
 Base Elevation [m]: 9 29,53 [ft]
 Release Height [m]: 15 49,21 [ft]

Source Release Parameters
 Emission Rate [g/s]: 0,001 0,00794 [lb/hr]
 Gas Exit Temperature [K]: 400 260,33 [F] Tip...
 Stack Inside Diameter [m]: 0,5 1,64 [ft]
 Gas Exit Velocity [m/s]: 4,17 13,68 [ft/s]
 Gas Exit Flow Rate [m³/s]: 0,82 28,91 [ft³/s]

Help [X] [Left Arrow] [Right Arrow] 1/47 [New] [Print] [Close]

Şekil 3.9: Nokta kaynak bilgilerinin girildiği pencere.

Bu çalışmada kaynak olarak bölgeden temin edilen raporlardan PM10 için 49, SO₂ için 11 bacaya ait bilgiler girilmiştir.



Şekil 3.10: Uniform kartezyen grid penceresi.

Reseptör bölümü, modelleme yapılan arazinin programa tanıtıldığı parametredir. Modelde kartezyen ve polar olmak üzere iki tip alıcı ortam sistemi tanımlanabilir. Kartezyen veya polar sistemde teşkil edilen grid noktalarının dışında "Discrete Receptor" adı verilen parametre girilerek istenilen koordinatlarda yer seviyesi konsantrasyonları tahmin edilebilir. Noktaların yükseklikleri de programa girilmelidir. Şekil 3.10 'da Dilovası Bölgesi 'ni çevreleyen 20x20 km 'lik bir alan, 1 km 'lik aralıklarla gridlere ayrılmış ve toplam 441 noktada yer seviyesi konsantrasyonları tahmin edilmiştir.

Şekil 3.11: Meteorolojik bilgilerin tanımlandığı pencere.

Meteoroloji bölümü, modellemede kullanılacak meteorolojik veri setinin, verilerin ait olduğu yıl ve bölgenin programa girildiği parametredir. ISCST3 modeli saatlik meteorolojik verileri kullanır. Programa girecek meteoroloji dosyasında temel olarak rüzgar hız ve yönü, hava sıcaklığı, kararlılık sınıfları ve maksimum karışma yüksekliği değerleri bulunur. Modelleme çalışmalarında çalışma alanına yakın olan Gebze istasyonu verileri kullanılmıştır. Meteoroloji dosyasının hazırlanmasında bir meteoroloji ön programı olan PCRAMMET kullanılmıştır. PCRAMMET kısa vadeli hava kalitesi dispersiyon modelleri için uygun formatta girdi hazırlamak için USEPA tarafından geliştirilen bir ön işlemci programıdır. Şekil 3.11 'de meteorolojik bilgilerin tanımlandığı pencere yer almaktadır.

Met View [Pre-Processed ISC Met Data File]

File Header Data

File Name: b.MET

Surface Station ID: 17639 Mixing Height Station ID: 17639

Surface Data Year: 2013 Mixing Height Data Year: 2013

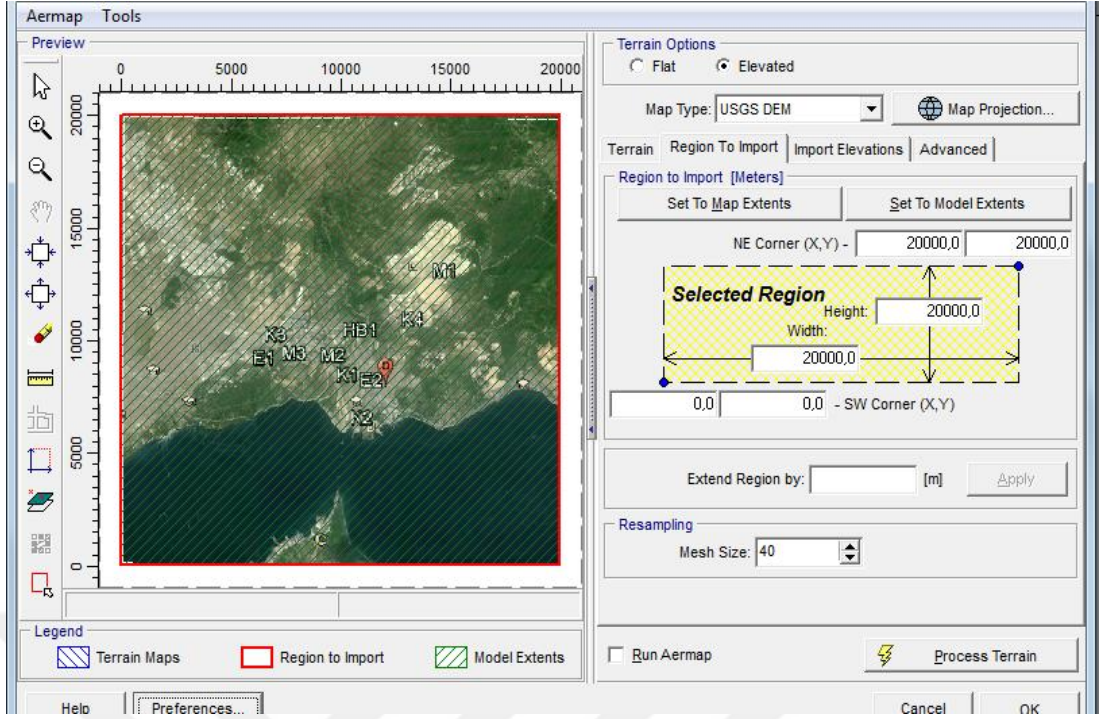
Filter

Year: All Month: All Day: All

	Year	Month	Day	Hour	Random Flow Vector	Wind Speed (m/s)	Ambient Temperature (K)	Stability Category	Rural Mixing Height (m)	Urban Mixing Height (m)
Min.	2013	Oca	1	1	1,0000	0,0000	267,0	1	0,4	59,0
Max.	2013	Ara	31	24	360,0000	8,7455	307,0	7	4000,0	4000,0
1	2013	Oca	1	1	204,0000	2,0578	279,3	5	1956,0	1956,0
2	2013	Oca	1	2	201,0000	2,0578	279,3	5	1956,0	1956,0
3	2013	Oca	1	3	229,0000	2,0578	279,3	5	1956,0	1956,0
4	2013	Oca	1	4	206,0000	2,0578	279,3	5	1956,0	1956,0
5	2013	Oca	1	5	206,0000	3,0866	279,3	5	1956,0	1956,0
6	2013	Oca	1	6	205,0000	2,0578	279,3	5	1956,0	1956,0
7	2013	Oca	1	7	208,0000	2,0578	279,3	5	1956,0	1956,0
8	2013	Oca	1	8	228,0000	2,0578	279,3	4	145,0	1956,0
9	2013	Oca	1	9	200,0000	2,0578	280,4	4	446,8	1956,0
10	2013	Oca	1	10	204,0000	3,0866	280,4	3	748,6	1956,0

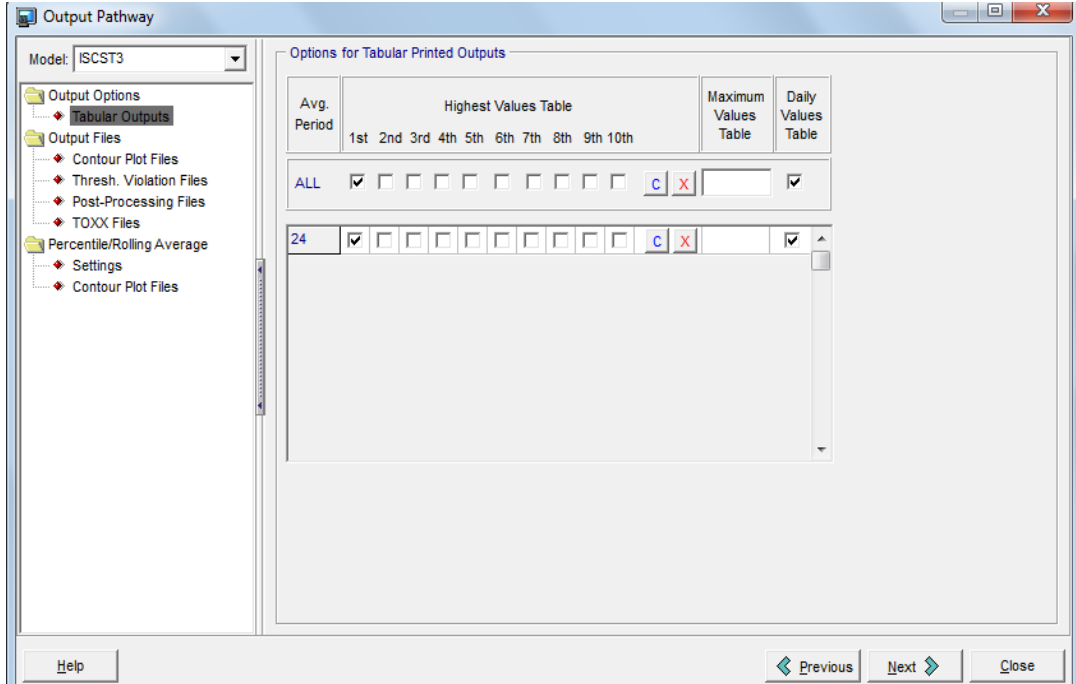
Şekil 3.12: PCRAMMET çıkış dosyası.

PCRAMMET ön işlemcisi kullanılarak ASCII formatında hesaplanan meteoroloji çıkış dosyası Şekil 3.12 'de görülmektedir.



Şekil 3.13: Topoğrafik bilgilerin tanımlandığı pencere.

Arazi özelliklerinin tanımlandığı pencere Şekil 3.13 'te görülmektedir. Bu bölümde modelde çalışılan koordinat sistemi, arazi grid veri dosyası gibi bilgiler girilir.



Şekil 3.14: Çıkış dosyalarının tanımlandığı pencere.

Çıktı bölümü, model sonuçlarının gösterim formatının belirlendiği program parametresidir. Model çıktı dosyalarının tanımlandığı pencere Şekil 3.14 'te verilmiştir. Modelde farklı çıktı dosyaları seçilebilir. Bu çalışmada 24 saatlik ve yıllık periyodları için en yüksek ilk konsantrasyonlar hesap edilmiştir.



4. BULGULAR

4.1. ISCST3 Dispersiyon Model Bulguları

Dağılım modellemesinin bulguları, bölgeyi çevreleyen alandaki tesislerden yayılan kirleticilere ait, bu kirleticilerin (PM10 ve SO₂) konsantrasyonlarını gösteren dağılım haritalarıdır. Kirlilik haritalarında, kullanıcı tarafından belirlenen faaliyeti çevreleyen alanda her bir alıcı ortam noktası için hesaplanmış yer seviyesine ait birim hacimdeki kirlilik miktarı görülür.

Çalışma için izlenen alan, evsel ve endüstriyel yerleşimin iç içe olduğu 20x20 km 'lik bir bölgeyi kapsamaktadır. Çalışma bölgesi sınırları Şekil 3.1 'de verilmiştir. 1 km aralıklarla oluşturulan kartezyen alıcı sisteminde toplam 441 noktada ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 'na ait Dilovası Ölçüm İstasyonu 'nda yer seviyesi konsantrasyonları hesaplanmıştır. Model programı için gerekli kaynak input verileri bölgeye ait sınırlı sayıda temin edilen raporlardan elde edilmiştir.

Dilovası İlçesi' nde bulunan 10 adet işletmeye ait noktasal kaynak verileri ile yöreye özgü meteorolojik ve topoğrafik veriler ISCST-3 modelleme programına girilmiştir. Yapılan çalışma ile bölgede meydana gelen hava kirliliğinin dağılım haritaları her iki parametre (PM10, SO₂) için oluşturulmuş ve alıcı noktalarına bağlı kirletici konsantrasyonları oluşturulmuştur. Kullanılan programda her parametre için 24 saat ve 1 yıl zaman seçenekleri ile dağılımlar hesaplanmış ve hesaplanan sonuçlar tablo olarak ilgili bölümde açıklanmıştır. Dağılım haritalarında emisyonların en yüksek olduğu noktaların koordinatları belirlenmiş ve ilgili tabloda gösterilmiştir.

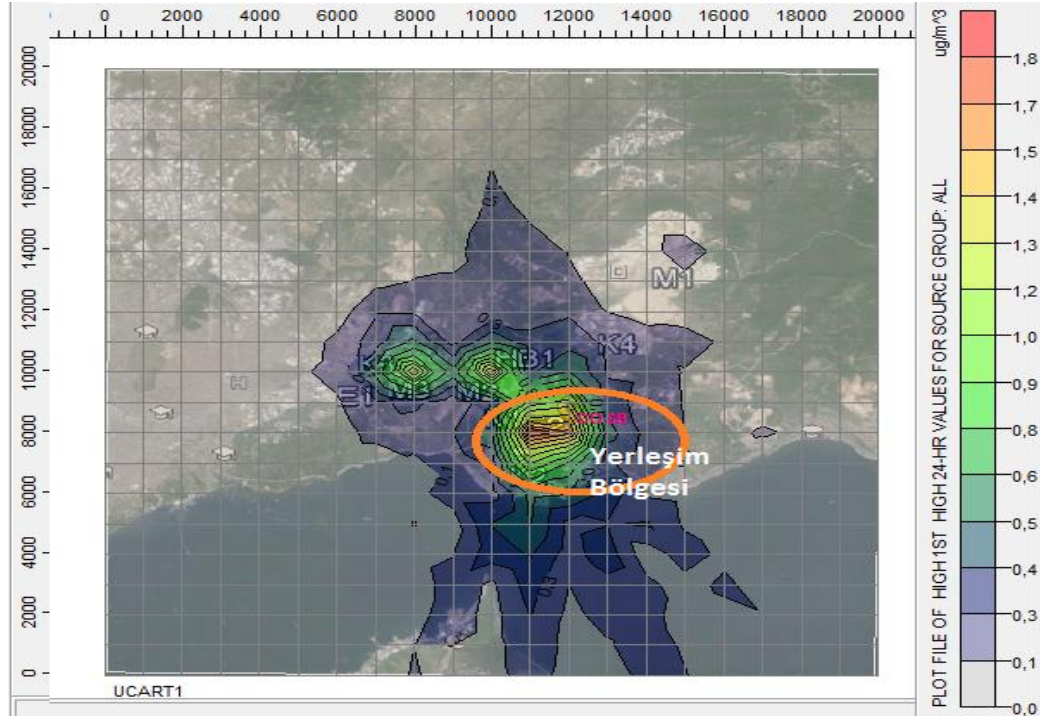
Senaryo için endüstri tesisleri yerleşimin yoğun olmadığı ve son yıllarda ilçe merkezinin kuzeyinde kurulmuş henüz çok az firmaya hizmet veren organize sanayi bölgelerine taşınmıştır. Bunun için kimya tesisleri Şekil 3.2 'deki 4 numaralı sanayi olan Gebkim Kimyacılar OSB 'ye, metal endüstrileri ise 2 numaralı Makinacılar OSB 'ye taşınmıştır.

4.1.1. Dilovası Bölgesi PM10 Dağılımları

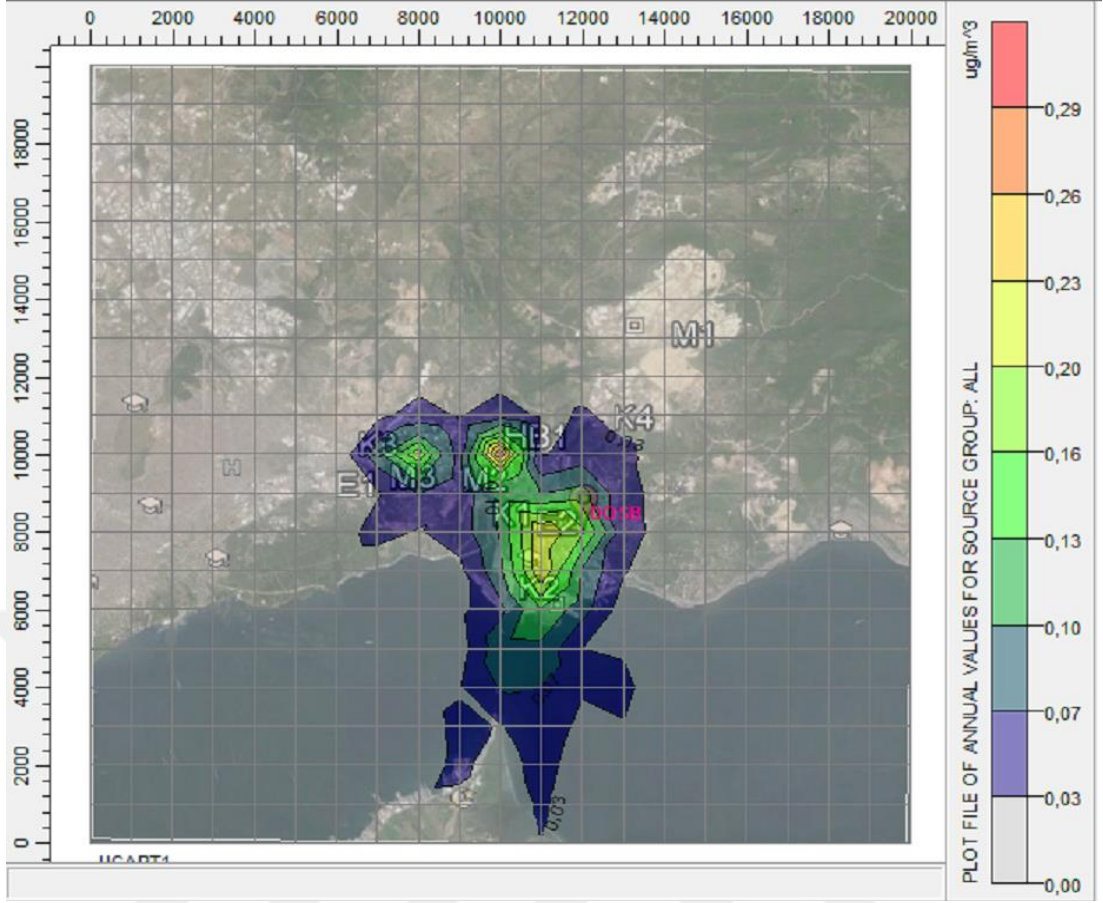
Dilovası İlçesi 'ndeki noktasal kaynaklardan meydana gelen partikül madde dağılımları incelenirken bölgede bulunan 10 adet sanayi tesisine ait 47 adet bacadan yayılan partikül madde emisyonları modelleme programına girilmiştir. Maksimum PM10 konsantrasyon değerleri ve bu değerlerin görüldüğü koordinatlar Tablo 4.1 de özetlenmiştir. Program günlük ve yıllık dağılım haritaları ise Şekil 4.1 ve 4.2 'de verilmiştir.

Tablo 4.1: Modelde tahmin edilen PM10 konsantrasyonu maksimum değerleri ve lokasyonları.

Hesaplanan Zaman Periyodu	Tahmin Edilen Kirlenici Maksimum Konsantrasyonu $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Koordinat	
		X	Y
Günlük ortalama	1,78	11000	8000
Yıllık ortalama	0,29	10000	10000



Şekil 4.1: Tesisler mevcut yerlerinde iken 24 saatlik ortalama PM10 konsantrasyonu dağılımı.



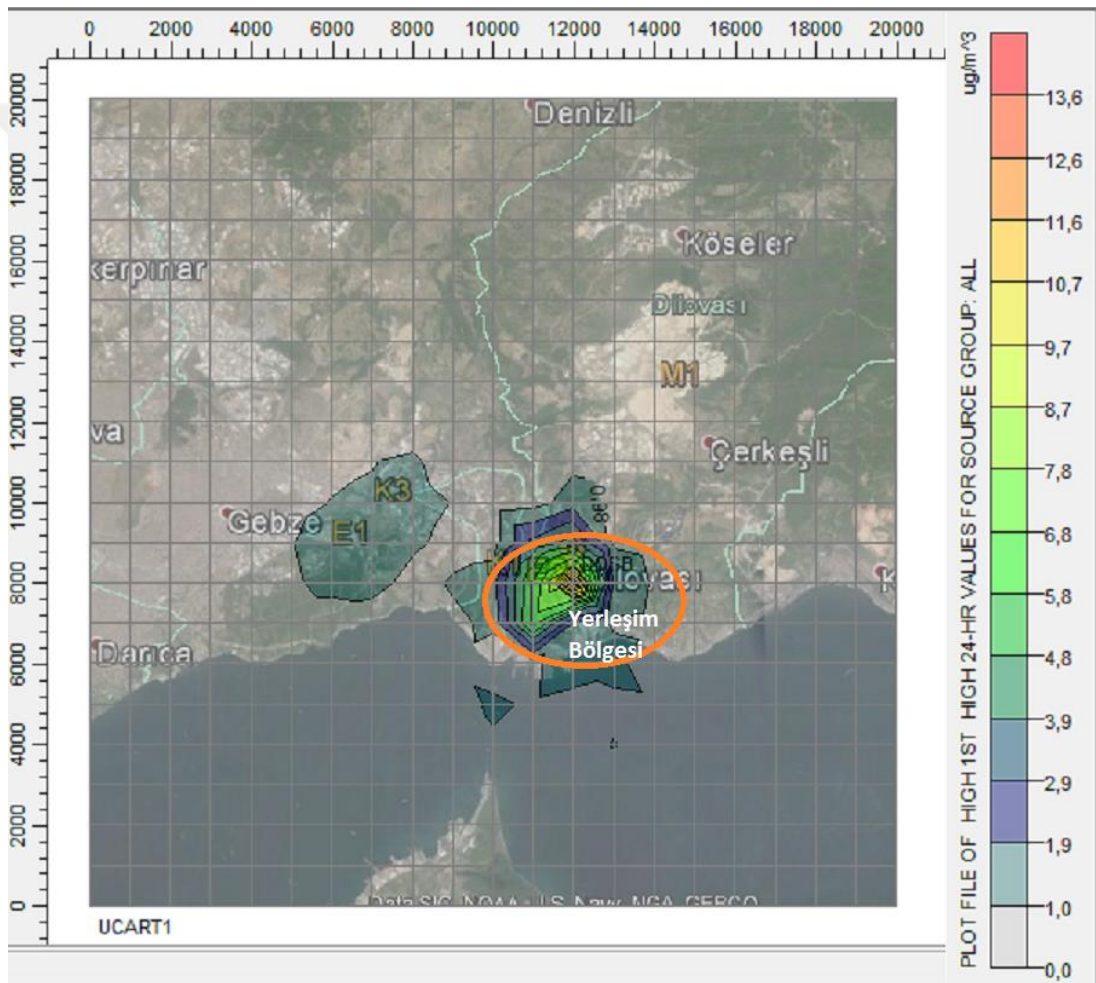
Şekil 4.2: Tesisler mevcut yerlerinde iken yıllık ortalama PM10 konsantrasyonu dağılımı.

Şekil 4.1 ve Şekil 4.2 'de yer alan PM10 dağılım haritalarında görüldüğü gibi PM10 dağılımı bölgedeki hakim rüzgar yönü ve topoğrafyanın etkisi ile kirleticilerin, Dilovası Bölgesi 'nin güneydoğu yönünde biriktiği görülmektedir.

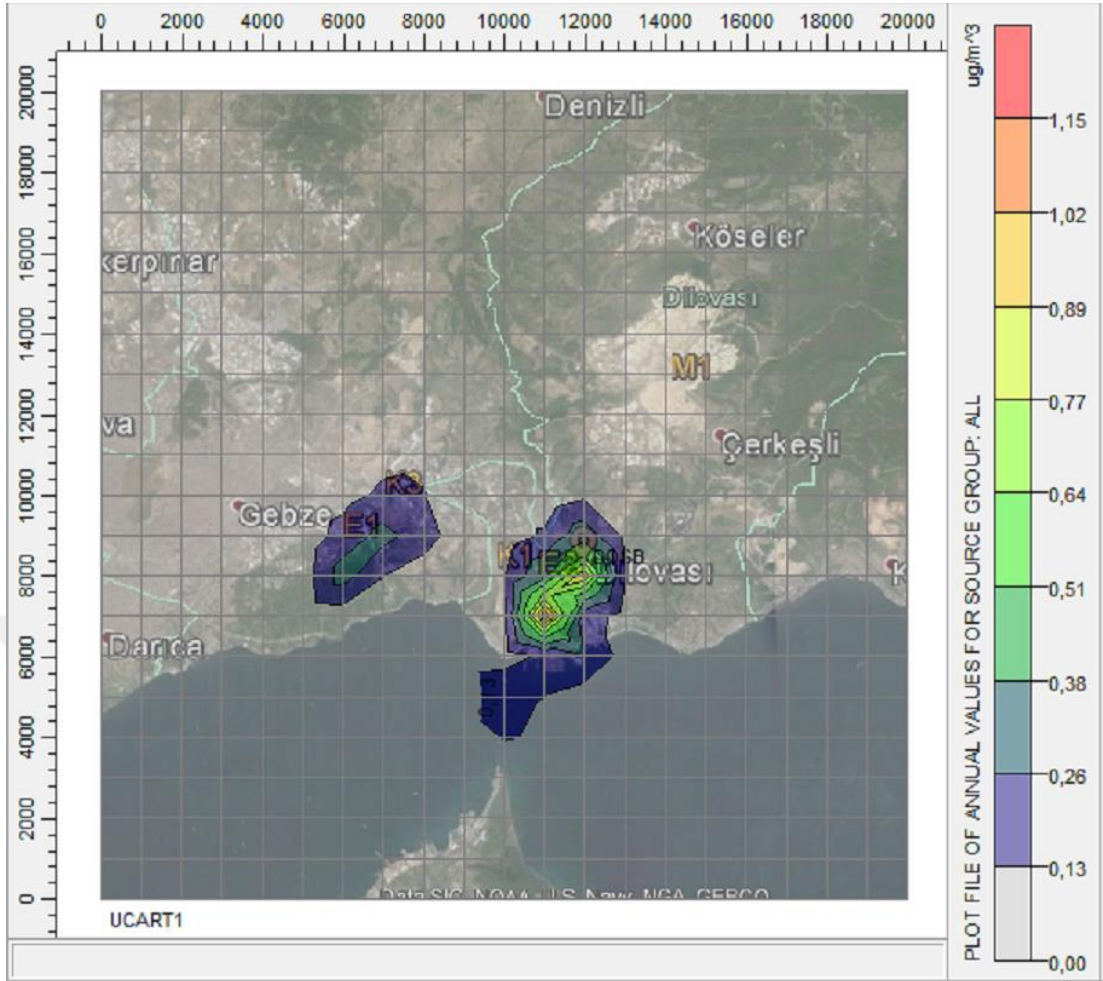
Model sonuçlarına göre maksimum PM10 yer seviyesi günlük ortalama değeri $1,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lük değer ile bölgenin güneydoğusunda oluşmaktadır.

4.1.2. Dilovası Bölgesi SO₂ Dağılımları

Dilovası İlçesi 'ndeki noktasal kaynaklardan meydana gelen kükürdioksit dağılımları incelenirken bölgede bulunan 5 adet sanayi tesisine ait 11 adet bacadan yayılan kükürt dioksit emisyonları modelleme programına girilmiştir. Maksimum konsantrasyon değerleri ve bu değerlerin görüldüğü koordinatlar Tablo 4.2 'de özetlenmiştir. Program günlük ve yıllık dağılım haritaları ise Şekil 4.3 ve 4.4 'te verilmiştir.



Şekil 4.3: Tesisler mevcut yerlerinde iken 24 saatlik ortalama SO₂ konsantrasyonu dağılımı.



Şekil 4.4: Tesisler mevcut yerlerinde iken yıllık ortalama SO₂ konsantrasyonu dağılımı.

Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 'te yer alan SO₂ dağılım haritalarında görüldüğü gibi SO₂ dağılımı bölgedeki hakim rüzgar yönü ve topoğrafyanın etkisi ile kirleticilerin, Dilovası Bölgesi 'nin güney ve güneydoğu yönünde biriktiği görülmektedir.

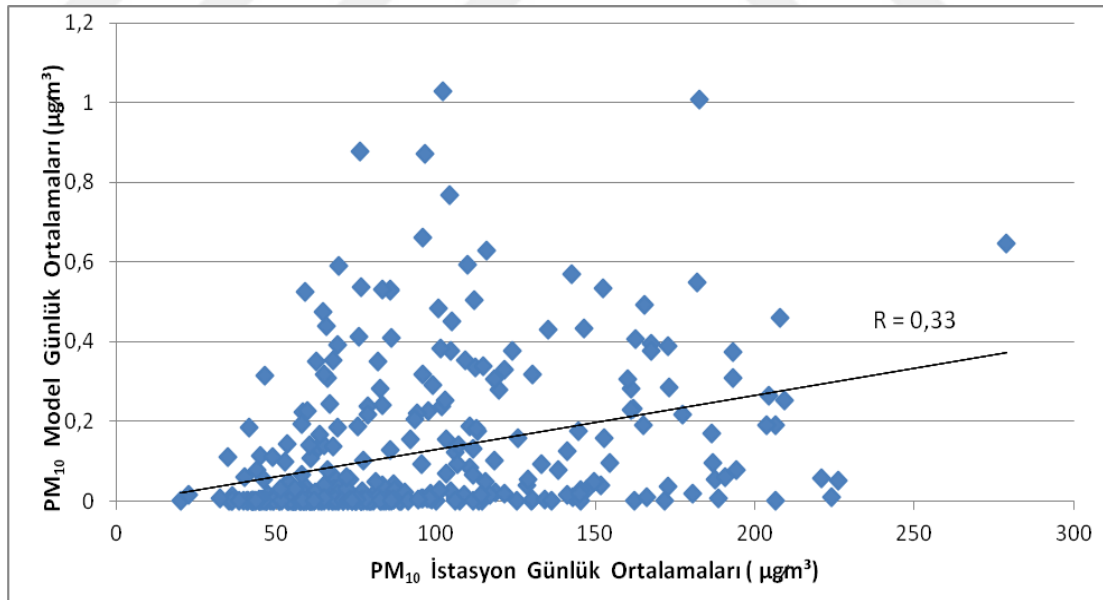
Model sonuçlarına göre maksimum SO₂ yer seviyesi günlük ortalama değeri 13,55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lük değer ile bölgenin güneydoğusunda oluşmaktadır.

Tablo 4.2: Modelde tahmin edilen SO₂ konsantrasyonu maksimum değerleri ve lokasyonları.

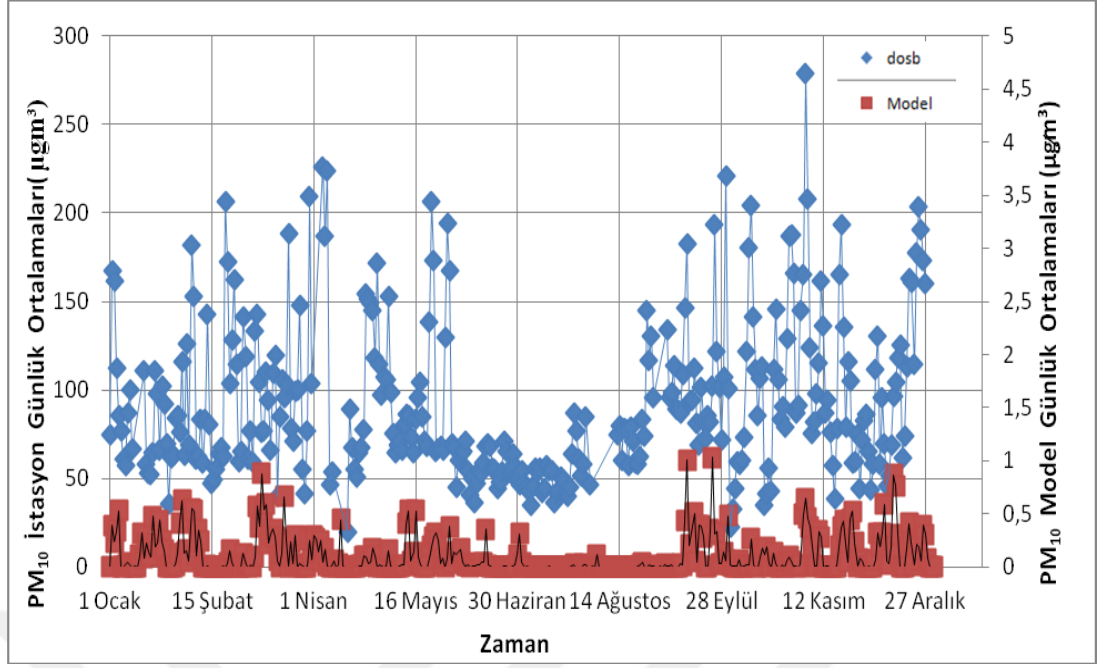
Hesaplanan Zaman Periyodu	Tahmin Edilen Kirlenici Maksimum Konsantrasyonu $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Koordinat	
		X	Y
Günlük ortalama	13,55	12000	8000
Yıllık ortalama	1,14	11000	7000

4.1.3. Model Sonuçları İle Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

Dilovası Organize Sanayi Bölgesi istasyonundan elde edilen günlük ortalama PM₁₀ konsantrasyon değerleri ile model programından elde edilen günlük PM₁₀ konsantrasyon verileri arasındaki ilişkiyi ifade eden regresyon eğrisi ve denklemi Şekil 4.5 'te verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi 0,33 korelasyon katsayısı ile bu iki veri arasında düşük düzeyde bir ilgileşim görülmüştür. Bu verilerin Ocak - Aralık (2013) dönemi için zamansal değişimini gösterir grafik Şekil 4.6 'da verilmiştir.



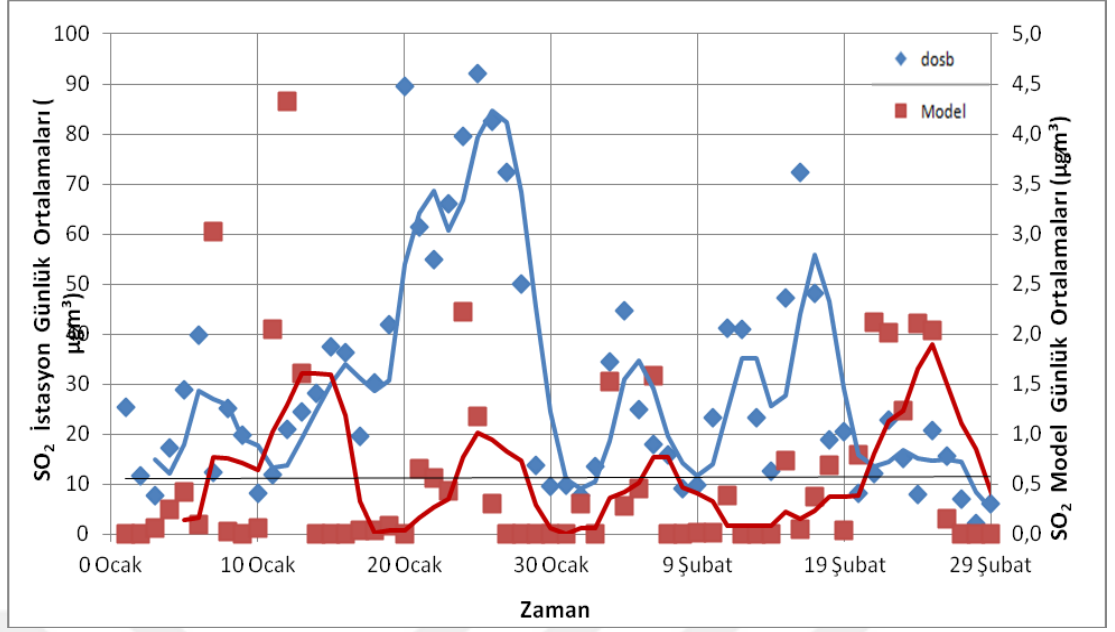
Şekil 4.5: Model sonuçları ile ölçüm sonuçları arasındaki ilişki.



Şekil 4.6: PM10 istasyon verileri ile model ortalamaları arasındaki günlük değişim (1 yıllık veri).

İstasyondan alınan günlük ortalama PM10 konsantrasyon verileri ile model programı günlük ortalama PM10 konsantrasyon değerinin zamansal değişimi Şekil 4.6 'da verilmiştir. Sadece sınırlı sayıda kaynak dikkate alındığı için hesaplanan PM10 konsantrasyonları bölgede gözlemlenen konsantrasyonların yalnızca %85 'ini oluşturmaktadır. Model sonuçlarındaki örüntü, ölçülen PM10 konsantrasyonundaki örüntülerle paralellik göstermektedir. Özellikle yaz dönemindeki daha düşük seyreden PM10 konsantrasyonları model tarafından da yakalanmıştır. Zaman zaman gözlemlenen ve ölçülen değerler arasındaki uyumsuzluk modelde dikkate alınmamış, diğer kaynakların emisyonlarındaki dalgalanmalardan geldiği düşünülmektedir.

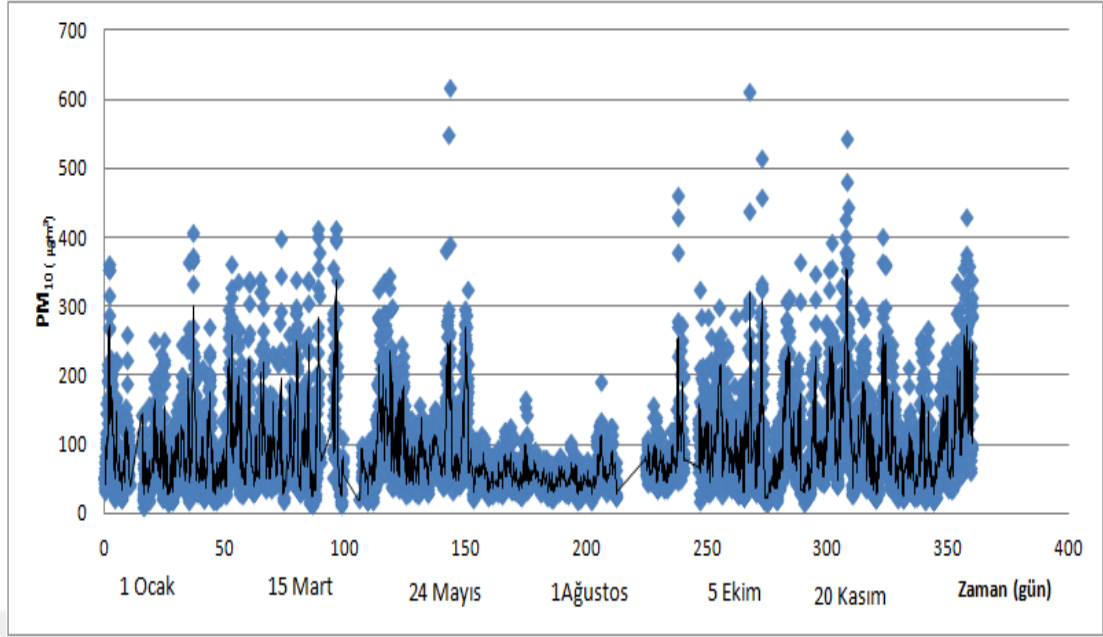
İstasyondan alınan günlük ortalama SO₂ konsantrasyon verileri ile model programı günlük ortalama SO₂ konsantrasyon değerinin zamansal değişimi Şekil 4.7 'de verilmiştir. SO₂ parametresi için, Dilovası Organize Sanayi Bölgesi İstasyonu 'ndan 2013 yılında %42 oranında veri kayıt altına alınmıştır. Bu nedenle bu parametrenin tüm yıla ait zamansal değişimi gözlenememiştir. İstasyonda kış mevsimi (Aralık, Ocak, Şubat) için sağlıklı veriye erişilmiştir. Erişilen veri ile model sonuçları arasındaki ilişkiye bakıldığında zaman zaman benzer yükselişlerin olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyon 25.12.2013 tarihinde 92 µg/m³ olarak görülmüştür.



Şekil 4.7: SO₂ istasyon verileri ile model ortalamaları arasındaki günlük değişim.

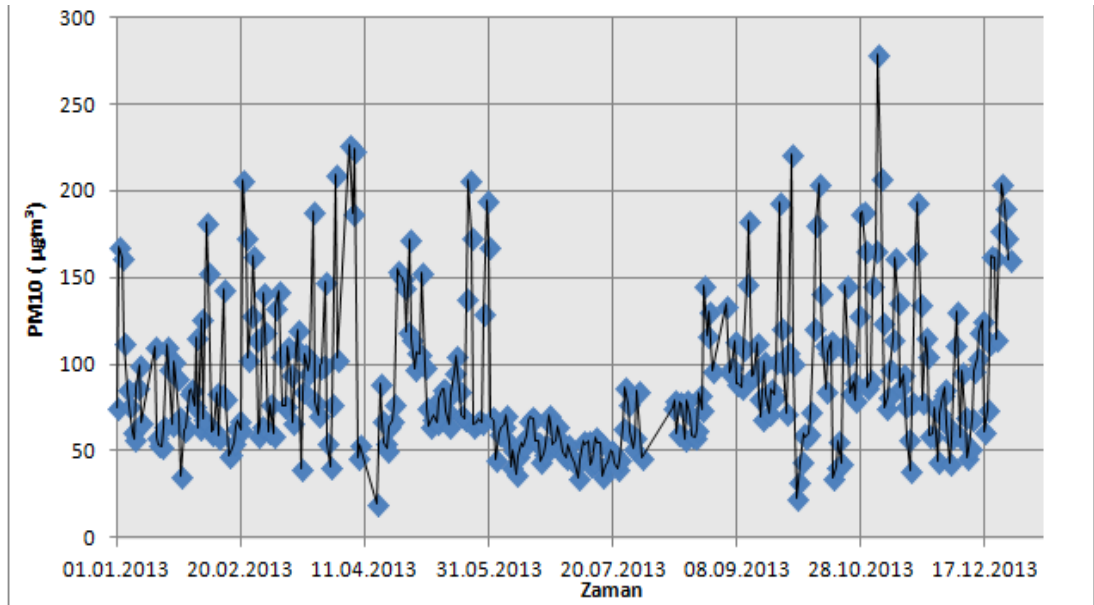
4.2. Dilovası Hava Kalitesi

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı kontrolünde bulunan Dilovası Organize Sanayi Bölgesi hava kirliliği ölçüm istasyonunda, saatlik periyodlarla hava kirliliği parametreleri ölçümleri gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, hava kirletici parametreleri olarak SO₂ ve PM10 'nin 2013 yılına ait verileri kullanılmıştır. Hava kirliliği parametreleri web ortamından yayınlanan (havaizleme.gov.tr) Dilovası istasyonu için excel tablo formatında alınmıştır. İstasyondan PM10 için %85, SO₂ içinse %42 oranında veri elde edilmiştir.

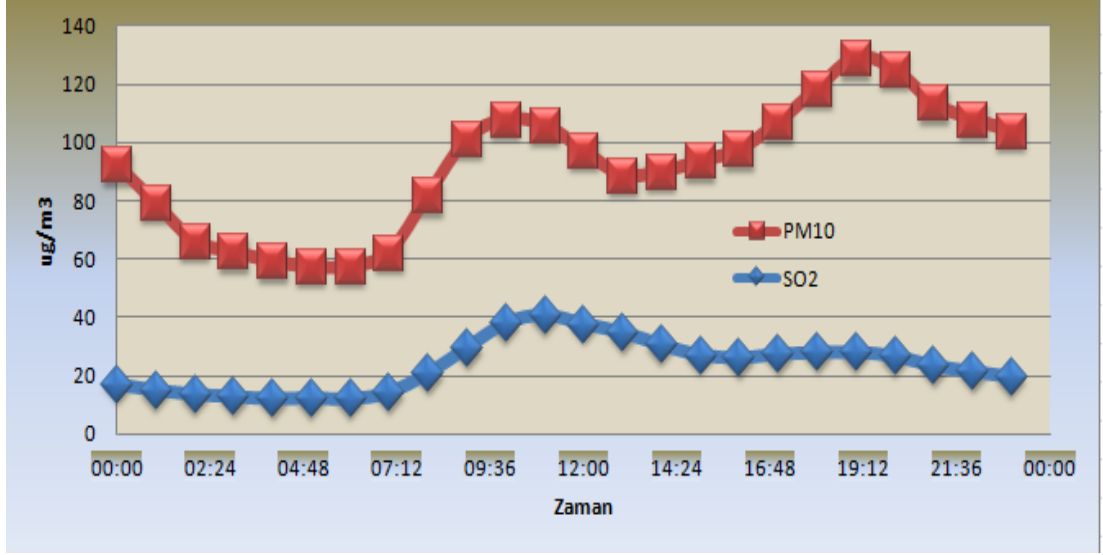


Şekil 4.8:PM10 ölçümlerinin gün cinsinden saatlik ortalamaları.

Şekil 4.8 'de PM10 ölçümlerinin gün cinsinden saatlik ortalamaları incelendiğinde saatlik konsantrasyon değerleri Ekim, Kasım, Aralık, Şubat ve Mart aylarında yüksek sonuçlar vermiştir. Yaz aylarında konsantrasyon değerlerinde düşüş gözlenirken, Mayıs ayında bazı günler, kaynaktaki muhtemel artı emisyon girdisine bağlı olarak istasyonda yüksek konsantrasyonlar okunmuştur.



Şekil 4.9: PM10 ölçümlerinin günlük ortalamaları.

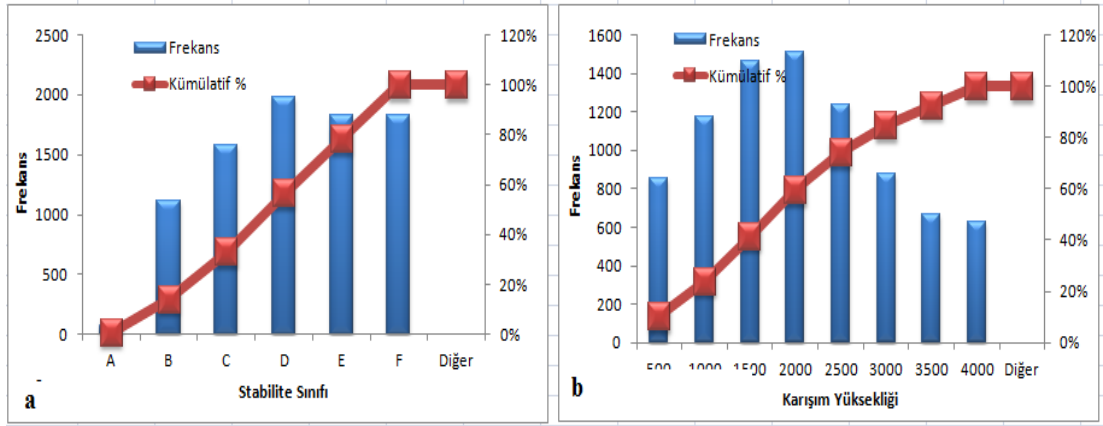


Şekil 4.10: Gün bazında PM10 ve SO₂ değişimi.

İstasyonun gün bazındaki emisyonları incelendiğinde; PM10 parametresi için, her günün 8, 9, 18 ve 19. saatlerinde yükselen konsantrasyon eğilimi gözlenmekte, SO₂ parametresi için bu trendin günün 9, 10 ve 11. saatinde yakaladığı izlenmektedir. PM10 kaynaklı artışın iş trafiğinden kaynaklandığı söylenebilir.

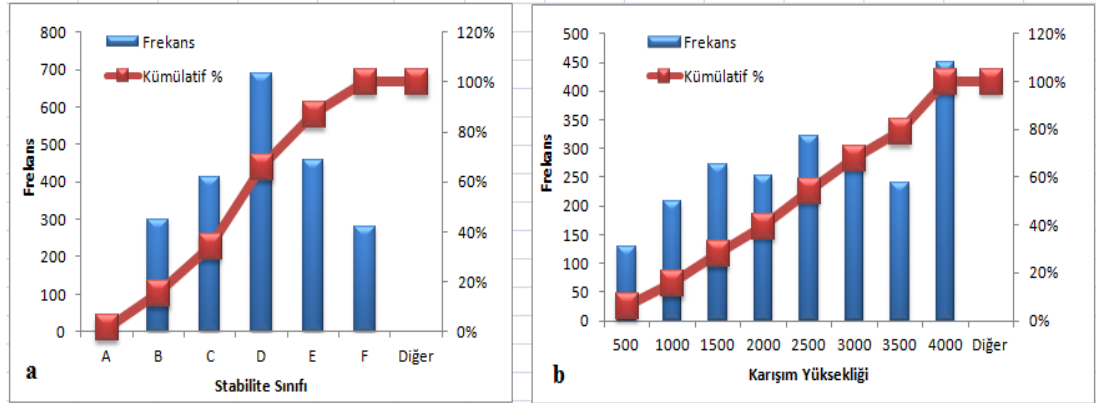
4.2.1. Meteorolojinin Hava Kalitesine Etkisi

Meteorolojik faktörler kirleticilerin konsantrasyonuna ve atmosferde kalış süresine etki etmektedir. Dilovası OSB ölçüm istasyonunda zaman zaman çok yüksek konsantrasyonda ölçümler gözlenmiştir. Yüksek kirliliğin olduğu dönemlerde meteorolojinin, kirletici konsantrasyonlarına etkisi araştırılmıştır. Kocaeli Gebze meteoroloji istasyonundan elde edilen veriler, sıcaklık, rüzgâr hızı, nispi nem, rüzgar hızı ve yönü, atmosferik basınç gibi meteorolojik parametreler model programına girilmiş ve program tarafından 2013 yılına ait karışım yüksekliği ve kararlılık sınıfı verileri elde edilmiştir. Bu iki parametrenin kirletici konsantrasyonlarına etkisi aşağıdaki grafiklerle yorumlanmıştır.



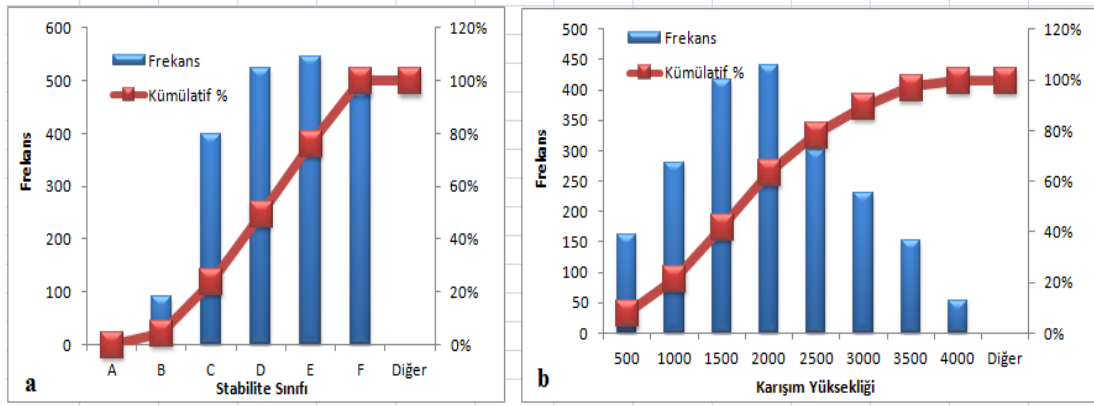
Şekil 4.11: 2013 Yılı meteoroloji verilerine ait histogramlar. a) Stabilite Sınıfı. b) Karışım Yüksekliği.

Stabilite sınıfı ve karışım yüksekliğini görmek üzere histogramlar çizilmiştir. Şekil 4.11 'deki karışım yüksekliği verileri incelendiğinde tüm yıla ait değerlerin %58 'i 2000 metrenin üzerinde kalmaktadır. 1000 m 'nin altında kalan karışım oranı %24 lük bir dilimi kapsamaktadır. Stabilite sınıfı açısından durum değerlendirildiğinde ise değerlerin %67 'si D ve üzerindeki kararlılık sınıfını göstermektedir.



Şekil 4.12: Yaz mevsimine ait histogramlar. a) Stabilite Sınıfı. b) Karışım Yüksekliği.

Şekil 4.12 incelendiğinde hakim kararlılık sınıfının D olduğu gözlenmekte, histogramdan yaz mevsimi kararlılık sınıfının, %34 'lük oranla C ve altındaki kararlılık sınıfında olduğu okunmaktadır. Buna mukabil karışım yükseklikleri %74 'lük oranda 2000 m 'nin üzerinde gerçekleşmektedir.



Şekil 4.13: Kış mevsimine ait histogramlar. a) Stabilite Sınıfı. b) Karışım Yüksekliği.

Kış mevsimi karışım yüksekliği %42 lik oranla 1500 m 'nin altındadır. Bu mevsimde A sınıfı kararlılık hiç gözlenmezken E sınıfı kararlılık yüzdelik dilimin 27 'sini kapsamaktadır.

Yaz ve kış dönemi için çizilen histogramlarda beklendiği üzere görüldüğü gibi kış dönemi (Aralık, Ocak, Şubat) daha kararlı, yaz dönemi (Haziran, Temmuz, Ağustos) karışım yükseklikleri kışa nispeten çok daha yüksektir.

Ölçüm istasyonunda zaman zaman yüksek konsantrasyondaki kirliliğin etkisinin meteoroloji açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. İstasyon saatlik verilerinin 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün üzerindeki PM10 konsantrasyonları için stabilite sınıfı, rüzgar hızı ve karışım yüksekliği parametrelerine bakılmıştır. PM10 için yüksek konsantrasyonlar çoğunlukla kış mevsiminde gözlenmekle birlikte, karışımın 1400 m ve altı, rüzgar hızının 0,5-2 m/s arasında, D ve üzerindeki kararlılık sınıflarının hakim olduğu zamanlarda gözlenmiştir. Dolayısıyla karışım yüksekliğinin düşük, atmosferin kararlı olduğu meteorolojik durumlarda kirlilik hep yüksek oranda okunmaktadır.

Yaz mevsiminde gözlenen yüksek konsantrasyonlar üzerinde, meteorolojik faktörlerin yüksek etken olmadığı gözlenmiştir. Kirliliğin emisyon kaynaklarından kaynaklanan artı bir durum olduğu varsayımı yapılabilir.

4.3. Dilovası Hava Kalitesinin Mevzuat Açısından Değerlendirilmesi

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği 'nde hava kalitesi ile ilgili olarak yönetmelik Ek-1 de limit değerler, hedef değerler, uzun vadeli hedefler, değerlendirme eşikleri, bilgilendirme ve uyarı eşikleri belirlenmiştir.

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde 31.12.2013 tarihine kadar geçiş dönemi hava kalitesi standartları uygulanacağı belirtilmiş ve mevcut hava kalitesi sınır değerlerinin 01 Ocak 2014 tarihine kadar kademeli olarak azaltılması ve 01 Ocak 2014 tarihinden sonra ise AB hava kalitesi limit değerleri artı tolerans değerlerine başlanarak kademeli bir geçiş ile parametrelere göre değişen tarihlerde AB limit değerlerine uyum sağlanması hedeflenmiştir.

Tablo 4.3: Gözlenen kirletici konsantrasyonlarının ulusal standartlarla karşılaştırılması.

KİRLLETİCİ	GÖZLENEN		HKDYY GEÇİŞ DÖNEMİ 2013 YILI SINIR DEĞERİ		HKDYY 2019 HEDEFİ	
	Günlük	Yıllık	Günlük	Yıllık	Günlük	Yıllık
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	20-278 N=310	91	140 (bir yılda 35 defadan fazla aşılmaz)	78	50	40
SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Günlük	Kış sezonu	Günlük	Kış sezonu	Günlük	Kış sezonu
	2-92 N=153	24	280 (bir yılda 3 defadan fazla aşılmaz)	150	125	20

Limit değerlere uyumluluğun değerlendirilmesi için hem yıllık ortalama konsantrasyon seviyelerinin, hem de günlük ortalama seviyelerin aşım sayılarının dikkate alınması gereklidir. Günlük ortalama PM10 ve SO₂ konsantrasyonlarının istasyondaki yıl içindeki aşım sayıları HKDYY kademeli azaltım değerleri Tablo 4.2

'de görülmektedir.

SO₂ için istasyonda sadece kış sezonunda (1 Ekim - 31 Mart) ölçüm yapılmıştır. Bu nedenle bu parametreye özgü sağlıklı bir karşılaştırma yapmak için kış dönemi verileri dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır.

HKDYY Ek-1A geçiş dönemine göre PM10 için 2013 yılı günlük sınır değerin 140 µg/m³, yıllık değerin ise 78 µg/m³ olduğu görülmektedir. Ek-1B Limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri 1.1.2019 tarihine kadar sıfıra düşecek şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılmasını yine yönetmeliğin aynı maddesi tolerans payı olarak vermektedir. Dolayısıyla ölçüm sonuçları incelendiğinde, istasyonda gözlenen PM10 günlük 20-278 µg/m³ aralığındaki değerler yönetmeliğin geçiş dönemi değerlerini ve 2019 yılı hedef değerlerini aşmaktadır.

SO₂ parametresi için istasyonda ölçüm yapılan gün sayısı 153 olmakla birlikte, ölçüm yapılan günler kış mevsimine denk gelmektedir. Veri setindeki eksiklik nedeniyle yönetmelikteki kış sezonu değerleri dikkate alınarak yorum yapılmıştır. HKDYY Ek-1B Limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşiklerine göre SO₂ için 125 µg/m³ olarak Tablo 2.3 'te verilen limit değerinin, 1.1.2019 tarihine kadar sıfıra düşecek şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılmasını öngörmektedir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde, istasyonda gözlenen SO₂ günlük 2-92 µg/m³ aralığındaki değerlerin limit değeri ve geçiş dönemi değerlerini aşmadığı ancak 24 µg/m³ 'lük kış dönemi ortalama değerinin 2019 yıllık hedef değerini aştığı gözlenmektedir.

Limit değer dışındaki diğer bir parametre de, günlük ortalama konsantrasyonunun limit değerden yüksek olduğu gün sayısıdır. PM10 için yönetmelikte verilen limit değerinin bir takvim yılında 35 defadan fazla aşılmayacağı şartı dikkate alındığında, 1.1.2013 tarihi için istenen 140 µg/m³ 'lük şartın 54 defa, 1.1.2019 tarihi için istenen 50 µg/m³ 'lük hedefinin 292 defa aştığı gözlenmektedir. Bu durumda istenen şartın sağlanabilmesi için çeşitli tedbirlerin alınmasının gerekli olduğu görülmüştür.

PM10 için günlük ortalama değerlerin limit değerden yüksek olduğu günler, daha çok Ekim, Kasım, Aralık aylarında görülmektedir. Spesifik olarak PM10 için Şubat ayı içerisindeki günlerde limit değerler çok sayıda gün aşılmaktadır. Emisyonlarda herhangi bir azaltım olmazsa, günlük ortalama değerler için 2013 yılında, PM10 için yürürlükteki limit değer, istasyondaki aşım maksimum sayısı olan

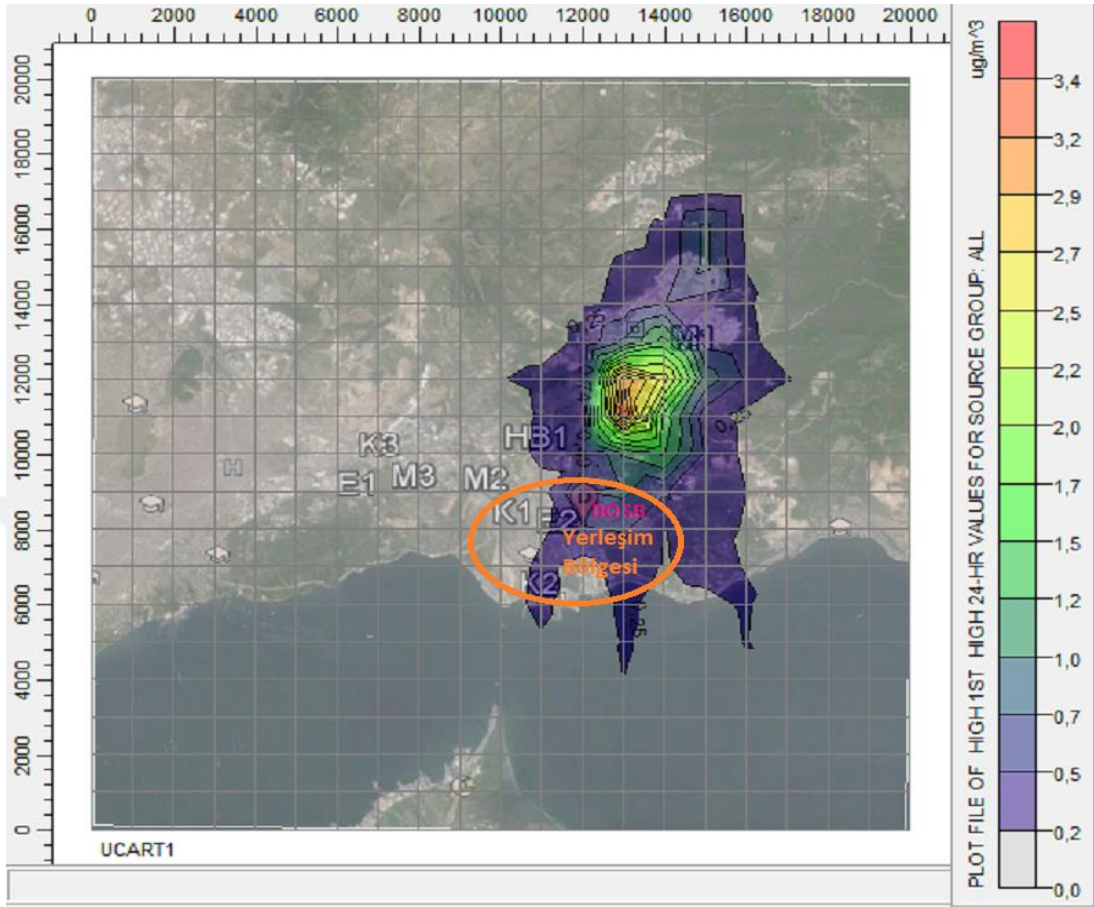
35'den daha fazla olacaktır. Hedef değeri 50 µg/m³ ile karşılaştırıldığında, 54 olan aşım sayısı 292'ye çıkacaktır.

SO₂ için yönetmelikte verilen günlük limit değerinin bir takvim yılında 3 defadan fazla aşılmayacağı göz önünde bulundurulduğunda, 1.1.2013 tarihi için istenen 280 µg/m³ 'lük şartın ve 1.1.2019 tarihi için istenen 125 µg/m³ 'lük hedefin şuan için aşılmadığı görülmüştür.

4.4. Alternatif Senaryo İçin Model Sonuçları

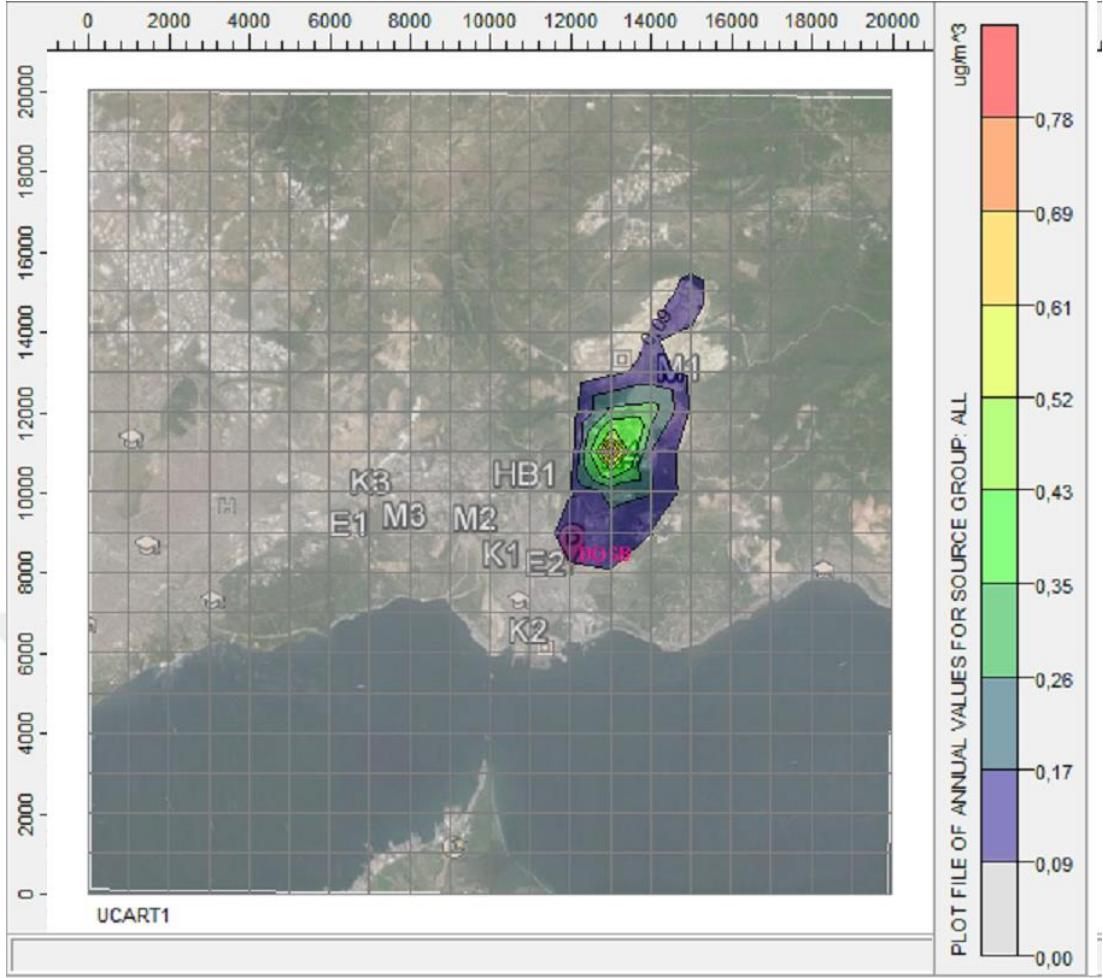
Programda girdi olarak belirtilen tesislerin lokasyon dağılımları Şekil 3.2 'de 1 numaralı alan olan Dilovası Organize Sanayi Bölgesi 'nde yer almaktadır. Şekil 3.1 'de sınırlandırılmış bölgede sanayi tesisleri ve yerleşim bölgesi iç içedir. Senaryo için endüstri tesisleri yerleşimin yoğun olmadığı kuzey bölgeye taşınmıştır. Bunun için kimya tesisleri şekildeki 4 numaralı sanayi olan Gebkim Kimyacılar OSB 'ye, metal endüstrileri ise 2 numaralı Makinacılar OSB 'ye taşınmıştır. Tesislerin kuzeye taşınması sonucu dağılım haritalarında gözlenen maksimum konsantrasyonlar ve bu değerlerin görüldüğü koordinatlar Tablo 4.3 'te özetlenmiştir.

4.4.1. PM10 Dağılımı Senaryo Bulgusu



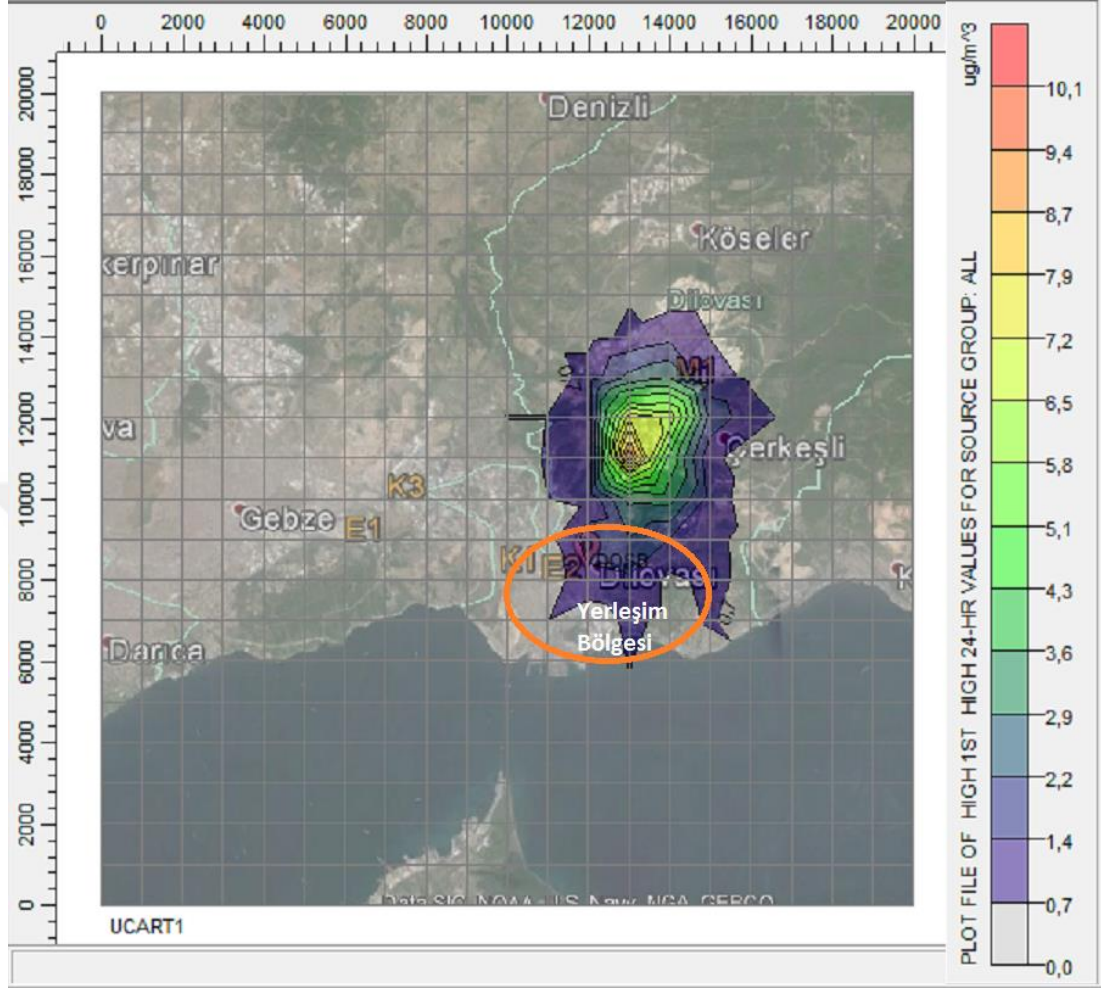
Şekil 4.14: Tesislerin kuzeye taşınması durumunda 24 saatlik ortalama PM10 konsantrasyonu dağılımı.

Şekil 4.14 ve Şekil 4.15 yer alan PM10 dağılım haritalarında görüldüğü üzere tesislerin kuzeye taşınması durumunda PM10 günlük ve yıllık kirletici konsantrasyonlarının yerleşim bölgesinden uzaklaşarak kuzeydoğuda bir alanda yoğunlaştığı görülmektedir.



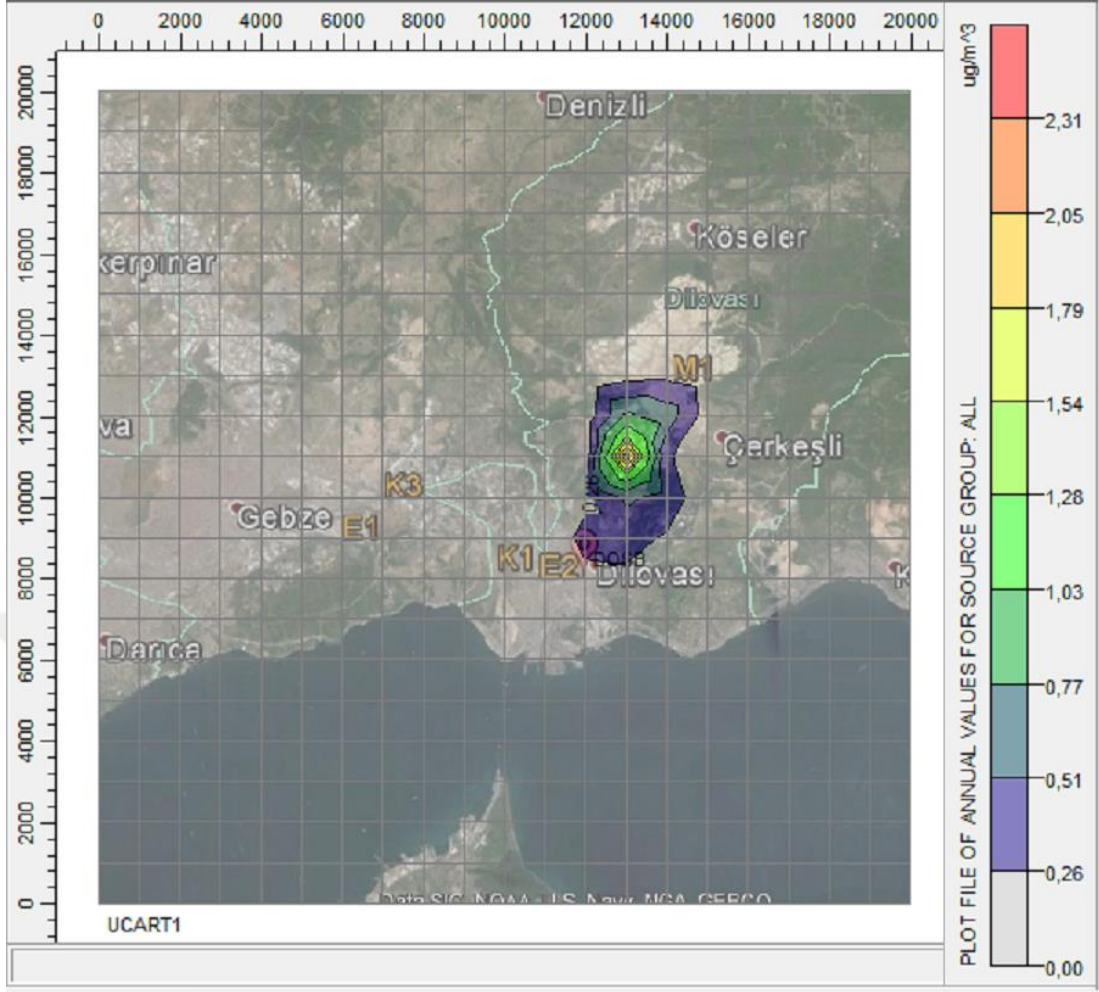
Şekil 4.15: Tesislerin kuzeye taşınması durumunda yıllık ortalama PM10 konsantrasyonu dağılımı.

4.4.2. SO₂ Dağılımı Senaryo Bulgusu



Şekil 4.16: Tesislerin kuzeye taşınması durumunda 24 saatlik ortalama SO₂ konsantrasyonu dağılımı.

Şekil 4.16 ve Şekil 4.17 'de yer alan SO₂ dağılım haritalarında görüldüğü üzere tesislerin kuzeye taşınması durumunda SO₂ günlük ve yıllık kirletici konsantrasyonlarının yerleşim bölgesinden uzaklaşarak kuzeydoğuda kümüle olduğu görülmektedir.



Şekil 4.17: Tesislerin kuzeye taşınması durumunda yıllık ortalama SO₂ konsantrasyonu dağılımı.

Tablo 4.4: Tesislerin kuzeye taşınması durumunda kirletici konsantrasyonu maksimum değerleri ve lokasyonları.

Parametre	Hesaplanan Zaman Peryodu	Tahmin Edilen Kirletici Maksimum Konsantrasyonu µg/m ³	Koordinat	
			X	Y
PM10	Günlük ortalama	3,4	13000	11000
	Yıllık ortalama	0,77	13000	11000
SO ₂	Günlük ortalama	10,11	13000	11000
	Yıllık ortalama	2,3	13000	11000

Tesislerin kuzeye taşınması sonucu dağılımın yerleşimin daha az olduğu bölgede, kuzeyde; X 13000 ve Y 11000 koordinatlarında gerçekleştiği

gözlemlenmiştir. Ayrıca yerleşim bölgesinde; X 12000, Y 9000 koordinatlarındaki bir okul baz alınarak tesislerin mevcut konumlarındaki ve taşınım sonrasındaki konsantrasyon değerlerindeki yüzde değişim oranını görmek için model sonuçlarına bakılmıştır.

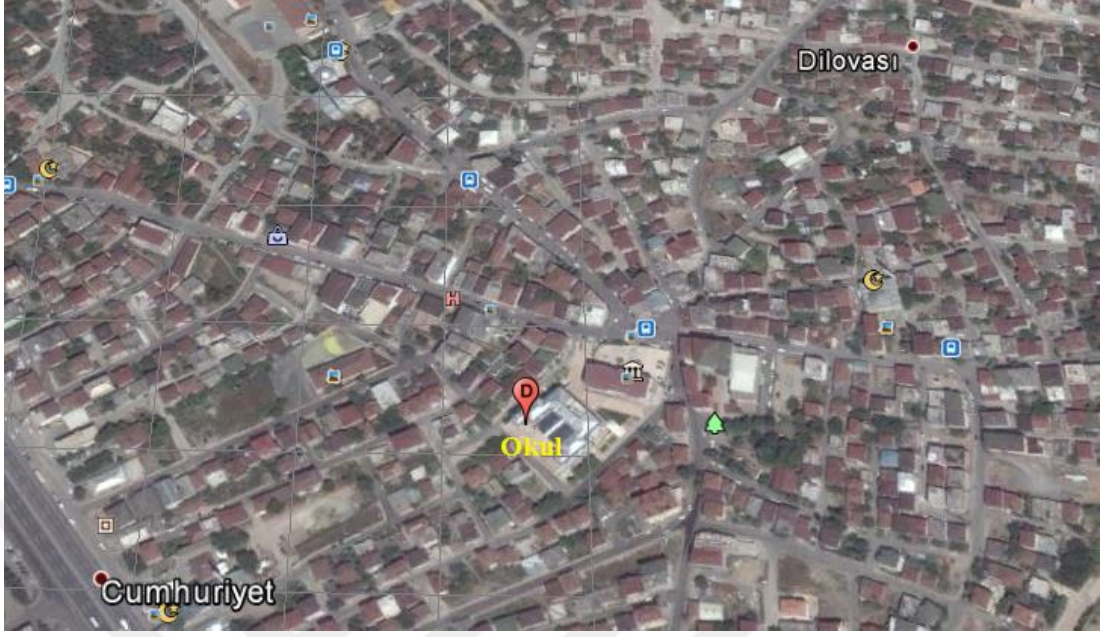
Tablo 4.5: Tesislerin konumlarının değiştirilmesi durumunda yerleşim bölgesindeki kirleticilerdeki %'lik azalma oranları.

Parametre	Hesaplanan Zaman Peryodu	Tahmin Edilen Kirletici Konsantrasyonu $\mu\text{g}/\text{m}^3$	% Azalım	Koordinat	
				X	Y
PM10	Günlük ortalama	1,081	67	12000	9000
	Senaryo sonrası günlük ortalama	0,727		12000	9000
SO ₂	Günlük ortalama	4,328	42	12000	9000
	Senaryo sonrası günlük ortalama	1,826		12000	9000

Tesislerden kaynaklanan kirleticilerin yerleşim yeri içindeki koordinatta (X 12000, Y 9000) yer alan bir okul üzerine etkilerini belirlemek amacıyla ISC modelinin bir özelliği olan "Discrete Receptor" parametresi kullanılmıştır. Yerleşim bölgesi içindeki okulu gösterir uydu görüntüsü Şekil 4.18 ' de verilmiştir. 1 km olarak kartezyen sistem olarak programa tanıtılmış ve bölgenin sınırları içerisinde 1 noktada PM10 ve SO₂ yer seviyesi konsantrasyonları belirlenmiştir.

Tesisler mevcut yerlerinde iken kirletici konsantrasyonları sırasıyla PM10 1,081, SO₂ 4,328 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüştür. Senaryo sonrası tesislerin kuzeye taşınması durumunda modelin bölge üzerinde okuduğu konsantrasyonlar sırasıyla 0,727 ve 1,826 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak gözlenmiştir. Tesislerin taşınması durumunda konsantrasyonların okul üzerindeki etkisi azalmıştır. Tablo 4.4' te verildiği üzere

PM10 için %67 ve SO₂ için % 42 oranında bir azalım hesaplanmıştır.



Şekil 4.18: Yerleşim bölgesini gösterir uydu görüntüsü.

5. SONUÇLAR ve YORUMLAR

Endüstriyel tesislerin yoğun olduğu, buna bağlı olarak nüfusun hızla arttığı ayrıca İstanbul-Ankara karayolunun içerisinde geçtiği ve iskele ile limanları barındıran Kocaeli 'nin Dilovası İlçesi 'nde; bölgeye ait temin edilen raporlardan yararlanılarak noktasal kirletici kaynaklar saptanmış ve bu kaynaklardan salınan PM10 ve SO₂ kirleticilerin bölgede 20x20 km' lik alanda oluşturacağı kirletici konsantrasyon dağılımını belirlemek, kirletici kaynakların katkı paylarını belirlemek ve bölgenin kirlilik haritalarını çıkarmak amacıyla ISCST-3 dağılım modeli kullanılmıştır. Çalışma alanında, 1 km aralıklarla oluşturulan kartezyen alıcı ortam sisteminde toplam 441 nokta ve yerleşimin olduğu Cumhuriyet mahallesindeki bir okulun bahçesinde bulunan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 'na ait hava kalitesi ölçüm istasyonunun olduğu 1 noktada yer seviyesi konsantrasyonları incelenmiştir. Mevcut tesislerin senaryo gereği bölgenin kuzeyindeki organize sanayi bölgelerine taşınması durumundaki hava kalitesinin yerleşim bölgesi üzerinde değişimleri hesaplanmıştır. Son olarak model sonuçları, bölgedeki anlık ölçüm istasyonu verileri ile karşılaştırılmış, zamana karşı maksimum konsantrasyon grafikleri çizilerek regresyon denklemleri oluşturulmuştur. Bu yönüyle hem model performansı belirlenmiş, hem de çıkan sonuçlar, ulusal standartlarla karşılaştırılarak bölgenin mevcut durumu ortaya konulmuştur.

Meteorolojik verilerin değerlendirilmesi sonucu 2013 yılı rüzgar hızı 2,62 m/s etkin rüzgar yönünün NNE olduğu görülmüştür. RAMMET View meteorolojik programının çalıştırılmasıyla 2013 yılı için etkin rüzgar sınıf aralığının 0,5-2.1 m/s, etkin atmosfer kararlılık sınıfının ise D olduğu görülmüştür. Yaz ve kış dönemi için çizilen histogramlarda beklendiği üzere kış dönemi (Aralık, Ocak, Şubat) daha kararlı, yaz dönemi (Haziran, Temmuz, Ağustos) karışım yükseklikleri kışa nispeten çok daha yüksektir.

10 adet noktasal endüstriyel kaynaktan bulunan 49 adet bacaya ait verilerin ISCST-3 dağılım modeline girilerek maksimum konsantrasyonlara ait dağılım haritaları oluşturulmuştur. Dikkate alınan kaynaklar nezdinde SO₂ ve PM10 konsantrasyonları açısından kirlilik konsantrasyonlarının en yoğun olduğu yerler yerleşimin de yoğun olduğu Diliskelesi ve Cumhuriyet mahalleridir. Ancak tüm kaynaklar modele dahil edilmediği için söz konusu sonuçlar nihai olmamakla beraber, diğer çoğu başlıca kaynağın da modelde kullanılan kaynaklara yakın

bölgelerde olduğu düşünülürken bu dağılım sonuçlarının gerçek ölçekteki dağılım için bir ön örnek teşkil ettiği söylenebilir.

Tahmin edilen ve gözlenen konsantrasyonların zamansal değişimine bakıldığında yaz döneminin daha düşük PM10 konsantrasyonlarına denk gelirken soğuk dönemler için hem model hem gözlenen değerlerin daha yüksek olduğu görülmüştür. Meteorolojik şartlar neticesinde soğuk dönemde gözlenen daha stabil sınıfların oluşması ve karışım yüksekliğinin azalması söz konusu yüksek PM10 konsantrasyonları ile sonuçlanmaktadır. Tahmin edilen ve gözlenen değerler arasındaki regresyon anlamlı olmakla beraber ($R=0,33$) çok yüksek bir korelasyon göstermemiştir. Kaynaklarda kaynaklanan değişim bir parametre olarak modele dahil edilemediğinden model meteorolojik şartlar neticesindeki değişime göre dağılımı göstermektedir. Gerçek zamanlı tüm kaynaklara ait bilgilerin girilmesi hiç şüphesiz modelin gerçek konsantrasyonları yakalamadaki kullanılabilirliğini artıracaktır.

Tüm kaynaklara ait verinin elde edilmemesinin sonucu olarak tahmin edilen PM10 konsantrasyonlarının HKDYY 'deki tüm sınır değerleri sağlamasına rağmen, gözlenen konsantrasyonlar HKDYY 'deki limit değerleri çok aşmaktadır. Ayrıca PM10 için yönetmelikte verilen limit değerinin bir takvim yılında 35 defadan fazla aşılmayacağı şartı dikkate alındığında, 2013 yılı için istenen $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lük şartın 54 defa, 1.1.2019 tarihi için istenen $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lük hedefinin 292 defa aştığı gözlenmektedir. Bu durumda istenen şartın sağlanabilmesi için çeşitli tedbirlerin alınmasının gerekli olduğu görülmüştür. PM10 için günlük ortalama değerlerin limit değerden yüksek olduğu günler kış aylarında gözlenmiştir. Spesifik olarak, Şubat ayı içerisinde istasyonda sıklıkla limit değer üzerinde ölçüm gözlenmiştir.

Partikül Madde değerlerinin limit değerleri çok kere aşmasının sebebi olarak bölgede çok sayıda sanayi olması ve yoğun trafiğe sahip iki adet otoyolun bu bölgede bulunuyor olması gösterilebilir.

Tahmin edilen SO_2 konsantrasyonlarının HKDYY 'deki değerleri aşmadığı, ölçüm sonuçları incelendiğinde, istasyonda gözlenen SO_2 günlük $2-92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığındaki değerlerin limit değeri ve geçiş dönemi değerlerini aşmadığı ancak $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lük kış dönemi ortalama değerinin 2019 yıllık hedef değerini aştığı gözlenmektedir.

Senaryo gereği modelde kaynak olarak girilen tesislerin konumları kuzeydeki mevcut organize sanayi bölgelerine taşınmıştır. Tesisler mevcut yerlerinde iken yer seviyesi konsantrasyonları dağılım haritalarında güneyde birikirken, tesis

konumlarının kuzeye taşınması durumunda kirleticilerin yerleşim bölgesinin az olduğu kuzeyde kümüle olmuştur. Taşınım sonrası yerleşim bölgesindeki X 12000, Y 9000 koordinatında yer alan ilk okulun yer seviyesi konsantrasyonlarında PM10 ve SO₂ için sırasıyla, %67 ve % 42 oranlarında azalma meydana gelmiştir. Dolayısı ile tesislerin mevcut yerlerinin yerleşimin az olduğu kuzey bölgesine taşınması tüm tesislere ait verilerin modellenmesi ile daha gerçekçi bir şekilde değerlendirilebilir.

Sanayi tesislerinin kuzeydeki yerlere taşınması ve bu yerlerin yakınının yerleşime açılmaması şartıyla; Dilovası 'nda yoğun nüfusun bulunduğu bölgelerin PM10 ve SO₂ açısından daha kaliteli bir havaya kavuşacağı öngörülebilir.

Senaryo sonrası dağılım haritalarında gözlenen maksimum konsantrasyon değerlerindeki artış, tesislerin bir bölgeye toplanması ve kümülatif etki oluşturmasından kaynaklanmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Zhu L., Huang X., Shi H., Cai X., Song Y., (2011), "Transport pathways and potential sources of PM10 in Beijing", Atmospheric Environment, 45, 594-604.
- [2] İncecik S., İm U., (2013), "Megaşehirlerde Hava Kalitesi ve İstanbul Örneği", Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi 2,133-145.
- [3] OECD, (2012), "Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction", ISBN 978-92-64-122161, Organisation for Economic Cooperation and Development.
- [4] Atlı A., (2002), "Hava Kirliliğinin Dağılımının Belirlenmesinde ISCST3 Model Programının Kullanımı AÇS Örneği", Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi.
- [5] Müezzinoğlu A, (2005), "Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları", 3. Baskı, Dokuz Eylül Yayınları.
- [6] Rao M. N., Rao H. V., (2007), "Air pollution", 26th Edition, Tata McGraw-Hill Publishing.
- [7] Onat B., (2004), "İstanbul Atmosferinde Hava Kirlleticilerinin Dağılımının Modellenmesi", Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- [8] Kara S., Kaytakoğlu S., Döğeroğlu T., Var F., (1991), "Sabit Emisyon Kaynaklarında Hava Kirleticilerin Ölçüm Yöntemleri", 1. Baskı, Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- [9] Demirarslan K.O., (2012), "Kocaeli İli Körfez İlçesi'nde Hava Kirleticisi Kaynaklarının ve Hava Kalitesi Seviyesinin Belirlenmesi", Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi.
- [10] Vallero D., (2008), "Fundamentals of Air Pollution", 4th Edition, Academic Press.
- [11] Web 1, (2015), <http://www.scorecard.org>, (Erişim Tarihi: 27/10/2015).
- [12] Griffin R. D., (2006), "Principles of Air Quality Management", 2nd Edition, CRC Press.
- [13] Özdemir, F., (2008), "Türkiye Genelinde Kükürt Dioksit ve Partiküler Madde Kirlilik Dağılımlarının Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

- [14] 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.
- [15] Müezzinoğlu A., (2009), “Atmosfer Kimyası”, 2. Baskı, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları.
- [16] Web 2, (2015), http://www.ess.co.at/MANUALS/AIRWARE/stability_class.html, (Erişim Tarihi: 11/11/2015).
- [17] Web 3, (2015), <http://www3.epa.gov/ttn/scram/aqmindex.htm>, (Erişim Tarihi: 20/09/2015).
- [18] EPA, (1995), User's Guide For The Industrial Source Complex Dispersion Models, Volume I - User Instructions User's Guide For The Industrial Source Complex Dispersion Models, Volume II - Description Of Model Algorithms.
- [19] Karagoz K., (2012), “Sağlık Haberlerinin Kamuoyunu Yönlendirme İşlevi: Dilovası 'ndaki Kanser Vakalarının Türk Yazılı Basınına Yansımaları”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- [20] RezGaz 1, (2008), Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, 6 Haziran 2008 tarih ve 26898 sayılı Resmi Gazete.
- [21] Web 4,(2015),<http://www.eoearth.org/topics/view/51cbfc78f702fc2ba8129e8a/> (ErişimTarihi: 20/11/2015).
- [22] Özdemir G., (2013), “ Dilovası Bölgesindeki Uçucu Organik Bileşiklerin Zaman ve Konuma Bağlı Değişiminin Pasif Örnekleme Metodu ile İzlenmesi ve Dağılım Haritalarının Oluşturulması”, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi.

ÖZGEÇMİŞ

Bahar TÜNCEL 1987 yılında doğdu. 2005 yılında başladığı Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünü 2009 yılında tamamladı. 2010 yılında Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı 'nda Yüksek Lisans eğitime başladı. Aynı yıl çalışma hayatına başladı. Sırasıyla, Alka Çevre Laboratuvarı ve Millenium Mühendislik Çevre Danışmanlığı Limited Şirketi 'nde Çevre Mühendisi ve Kalite Sorumlusu olarak çalıştı. Şuan İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı 'nda görev yapmaktadır.

