



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



KONYA İLİ TAŞ OCAKLARI CİVARINDA
ATMOSFERİK PARTİKÜL MADDE ÖLÇÜMÜ
VE DAĞILIM MODELLEMESİ

Rahime ATASAĞUN

DOKTORA TEZİ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Rahime ATASAĞUN tarafından hazırlanan “Konya İli Taş Ocakları Civarında Atmosferik Partikül Madde Ölçümü ve Dağılım Modellemesi” adlı tez çalışması 14/07/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Hamiyet ŞAHİN KOL

.....

Danışman

Prof. Dr. Şükrü DURSUN

.....

Üye

Prof. Dr. Mustafa KARATAŞ

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Sezen KÜÇÜKÇONGAR

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Fatma KUNT

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

Bu tez çalışması Konya Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Merkezi BAP tarafından 18201119 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdaki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Rahime ATASAĞUN

ÖZET

DOKTORA TEZİ

KONYA İLİ TAŞ OCAKLARI CİVARINDA ATMOSFERİK PARTİKÜL MADDE ÖLÇÜMÜ VE DAĞILIM MODELLEMESİ

Rahime ATASAĞUN

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Şükrü DURSUN

2021, 119 Sayfa

Jüri

**Danışman Prof. Dr. Şükrü DURSUN
Prof. Dr. Hamiyet ŞAHİN KOL
Prof. Dr. Mustafa KARATAŞ
Dr. Öğr. Üyesi Sezen KÜÇÜKÇONGAR
Dr. Öğr. Üyesi Fatma KUNT**

Konya İli, Ankara Yolu civarındaki taş ocaklarının, her biri ayrı ayrı, ÇED ile Çevre İzin süreçlerinde olumlu olarak değerlendirilseler bile, bölge halkının ve D715 Karayolundan geçenlerin dikkat çekici seviyede hava kirliliği açısından rahatsızlıklarının bulunması nedeniyle; toplam (kümülatif) kirliliği bölgesel bazda değerlendirmek için 2018 ve 2019 yıllarında çalışma alanında PM10 ve PM2,5 ölçümleri yapılmıştır. 15.08.2018 tarihinde günlük PM10 konsantrasyonu $230,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 22.06.2018 tarihinde günlük PM2,5 konsantrasyonu ise $226,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ maksimum olarak ölçülmüştür. 2019 yılında ölçülen saatlik PM10 konsantrasyonu $33333,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve PM2,5 konsantrasyonu $23529,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile pik yapmıştır. Yapılan bu ölçümler 2018 ve 2019 yılları için 15 km çapındaki alanda 250 m aralıklarla grid oluşturularak çalıştırılan AERMOD View Modellemesinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve arazi ölçümlerinin modelleme sonucuyla uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır. Tesislerin kapasite raporlarına göre yılda 300 gün, günde 8 saat çalışması nedeniyle 24 saatlik (günlük) ve yıllık ortalamalar Yönetmelik sınır değerlerini sağlamıştır. Ancak modelleme sonuçlarına göre KVS (Kısa Vadeli Sınır Değer), UVS (Uzun Vadeli Sınır Değer) ve PM10 aşım sayıları Yönetmelikte verilen sınır değerleri sağlamamıştır.

Anahtar Kelimeler: AERMOD, Hava kirliliği, Modelleme, Partikül Madde, Taş Ocağı

ABSTRACT

PhD THESIS

MEASUREMENT AND DISPERSION MODELLING OF ATMOSPHERIC PARTICULATE MATTER FROM STONE QUARRY IN KONYA PROVINCE

Rahime ATASAĞUN

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Environmental Engineering**

Prof. Dr. Şükrü DURSUN

2021, 119 Pages

Jury

Advisor Prof. Dr. Şükrü DURSUN

Prof. Dr. Hamiyet ŞAHİN KOL

Prof. Dr. Mustafa KARATAŞ

Dr. Sezen KÜÇÜKÇONGAR

Dr. Fatma KUNT

Even though the stone quarries around Ankara Yolu in Konya Province are evaluated positively in terms of EIA and Environmental Permit processes separately, due to the fact that they are disturbed in terms of air pollution at a remarkable level for the people of the region and those passing by D715 Highway; In order to evaluate the total (cumulative) pollution on a regional basis, PM10 and PM2.5 measurements were made in the study area in 2018 and 2019. On 15.08.2018, daily PM10 concentration was 230.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, and on 22.06.2018, daily PM2.5 concentration was measured as 226.44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ maximum. The hourly PM10 concentration measured in 2019 peaked at 33333.33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and the PM2.5 concentration at 23529.41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. These measurements were compared with the results obtained from the AERMOD View Modeling, which was run by creating a grid with 250 m intervals on an area of 15 km diameter for the years 2018 and 2019, and it was concluded that the land measurements were compatible with the modeling result. Due to the fact that the facilities operate 300 days a year, 8 hours a day, daily and annual averages have provided the limit values of the Regulation. However, according to the modeling results, KVS(Short term limit value), UVS (Long term limit value) and PM10 exceedance numbers could not be met the limit values given in the Regulation.

Keywords: AERMOD, Air Pollution, Modelling, Particulate Matter, Stone Quarry

ÖNSÖZ

Üniversite dışında bir kurumda çalışırken Doktora yapmanın güçlüğü ve güçleştirildiğini bilen biri olarak; en başta, Doktora öğrenimi tamamlamam konusunda büyük katkısı olan danışman hocam sayın Prof. Dr. Şükrü DURSUN'a,

Bu çalışmanın başlangıcından itibaren destek veren değerli Tez izleme komitesi üyeleri Dr. Öğretim görevlisi Sezen KÜÇÜKÇONGAR ile Dr. Öğretim Görevlisi Fatma Kunt'a,

Ayrıca çalışmamda kullandığım verileri elde etmek için her türlü yardımlarını kolaylıkla gördüğüm Konya Çevre ve Şehircilik İl Müdürü Hülya ŞEVİK ile Şube Müdürü Ülkü SERTKAN AYDIN'a,

2018 yılı çalışmasındaki Hava Kalitesi Ölçüm Cihazını kullanımımıza sunan Güney İç Anadolu Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü'ne, 2019 yılı çalışmasındaki Hava Kalitesi Ölçüm Cihazına maddi destek veren Konya Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Merkezi'ne, meteorolojik verilerini sağlayan Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne,

Hava Kalitesi Modeli kullanımında örnek çalışmalarla yol gösterici olan meslektaşlarım başta İbrahim KARAÇOBAN'a ve Şeyda KARAMAN'a,

Her zaman maddi ve manevi olarak yanımda olan annem Ayşe ATASAĞUN'a, abilerim Prof.Dr.Galip ATASAĞUN ve İzzet ATASAĞUN'a, ablam Havva OĞRAŞ'a, teyzem Cemile TALİ'ye ve babam merhum İsmet ATASAĞUN'a,

Teşekkürlerimle...

Rahime ATASAĞUN
KONYA, 2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Türkiye’de Çevre Konusundaki Teşkilatlanma:	1
1.2. Ülkemiz Çevre Mevzuatında Hava Kirliliği:	2
1.3. Hava Kirliliği ile Hava Kalitesi Modellemesine Giriş:	3
1.4. Tezin Amacı ve Önemi:	4
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	7
2.1. Hava Kirliliği:	7
2.1.1. Hava Kirleticileri:	8
2.1.2. Hava kirliliği kaynakları:	10
2.1.3. Hava kirliliğinin çevresel etkileri:	12
2.1.4. Hava kirliliğinin azaltılması.....	14
2.2. Hava Kalitesi ve Hava Kalitesinin İzlenmesi.	15
2.2.1. Ülkemizde hava kalitesi izleme çalışmaları.....	16
2.3. Hava Kalitesi İndeksi.....	18
2.4. Taş Ocakları ve Kırma – Eleme Faaliyetleri:	20
2.4.1. Madencilik Hakkında Genel bilgiler:	20
2.4.2. Doğaltaş / Malzeme Ocak Madenciliği	21
2.4.3. Kırma ve Eleme Faaliyetleri:	23
2.4.4. Agregası (Mıdır-Çakıl-Kum).....	23
2.4.5. Taş Ocakları ve Kırma-Eleme Faaliyetlerinin Çevreye Etkileri.....	25
2.5. Partikül Madde (PM) Hava Kirleticisine Yakından Bir İnceleme-Tanımı, Özellikleri ve Kaynakları.....	27
2.6. Hava Kalitesi Modellemesi.....	32
2.6.1. Kirleticilerin Atmosferdeki Davranışları	32
2.6.2. Hava Kalitesi Dağılım Modelleri.....	34
2.6.3. Hava Kalitesi Modellerinin Kullanım Amaçları.....	36
2.6.4. Modellerin Sınıflandırılması.....	36
2.6.5. Gauss Dispersiyon Modeli.....	40
2.7. Türkiye’de Modelleme Çalışmaları:	50
2.8. Konya Hava Kirliliği Çalışmaları:	53
3..MATERYAL VE YÖNTEM:	59
3.1. Materyaller:.....	59
3.1.1..Çalışma Alanı:	59

3.2. Yöntem.....	62
3.2.1. PM Ölçüm Metotları.....	62
3.2.2. PM Kirliliği Modelleme Yöntemi AERMOD:.....	68
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA:	78
4.1. PM10 ve PM2,5 Ölçüm Sonuçları:.....	78
4.1.1. 2018 Yılı PM10 ve PM2,5 Ölçüm Sonuçları:.....	78
4.1.2. 2019 Yılı PM10 ve PM2,5 Ölçüm Sonuçları.....	80
4.2. AERMOD Modelleme Sonuçları.....	81
4.2.1. 2018 Yılı AERMOD Modelleme Sonuçları	81
4.2.1.1. 2018 – 9 Tesis için AERMOD Modelleme Sonuçları	81
4.2.1.2. 2018 – 5 Tesis için AERMOD Modelleme Sonuçları	87
4.2.2. 2019 Yılı AERMOD Modelleme Sonuçları	93
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.	105
5.1 Sonuçlar.....	105
5.1.1 2018 yılı Sonuçları.....	105
5.1.2 2019 yılı Sonuçları.....	110
5.2 Öneriler	115
KAYNAKLAR	117

SİMGELER VE KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
AÇA	Avrupa Çevre Ajansı
ANFO	Amonyum Nitrat – Fuel Oil
AED	Aerodinamik Eşdeğer Çapı
AERMAP	AERMOD Modeli Topografik Önişlemcisi
AERMET	AERMOD Modeli Meteorolojik Önişlemcisi
AERMOD	American Meteorological Society/Environmental Protection Agency Regulatory Model, Amerikan Meteoroloji Derneği Amerikan Çevre Koruma Örgütü Düzenleyici Modeli Atmospheric Turbulence Diffusion Laboratory
ATDL	Modeli Atmospheric Turbulence Diffusion Laboratory
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
C	Kirlenici konsantrasyonu, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
CALPUFF	CALifornia PUFF (Kaliforniya Puff) modeli
CAMx	Comprehensive Air Quality Model with Extensions, Kapsamlı Hava Kalitesi Modeli ve Uzantıları
CMAQ	Community Multiscale Air Quality Modeling System, Topluluk Çokölçekli Hava Kalitesi Modelleme Sistemi
ÇED	Çevresel Etki Değerlendirmesi
Ç.O.B.	Çevre ve Orman Bakanlığı
Ç.Ş.B.	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
Ç.Y.G.M.	Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü
DEM	Digital Elevation Model (Sayısal Yükseklik Modeli)
D.M.İ.G.M.	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme (Avrupa İzleme ve Değerlendirme Programı)
EPA	Amerikan Çevre Koruma Örgütü
H.K.D.Y.Y.	Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
HKİ	Hava Kalitesi İndeksi, (Air Quality Index/AQI)
H.K.K.D.	Hava Kirlenmesine Katkı Değeri
H.Y.D.B.	Hava Yönetimi Daire Başkanlığı
ISC	Industrial Source Complex
ISCST3	Industrial Source Complex Short Term 3 (Endüstriyel Kaynak Kompleks Kısa Süreli) modeli
K.H.K.	Kanun Hükmünde Kararname
KVS	Kısa Vadeli Sınır Değer
M.Ç.K.	Mahalli Çevre Kurulu
MM5	Mesoscale Model - Orta Ölçekli Meteorolojik Model
PM0,1	Parçacık çapı 0,1 μm 'den küçük olan partikül maddeler
PM2,5	Parçacık çapı 2,5 μm 'den küçük olan partikül maddeler
PM10	Parçacık çapı 10 μm 'den küçük olan partikül maddeler
R.G.	Resmi Gazete
RIVM	Hollanda Çevre ve Halk Sağlığı Enstitüsü
S.K.H.K.K.Y.	Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
T.C.K.G.M.	T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü
T.H.E.P.	Temiz Hava Eylem Planı
T.H.M.	Temiz Hava Merkezi
u	x-yönündeki ortalama rüzgar hızı, (m/s)
UTM	Universal Transverse Mercator (Evrensel Enlem Merkatörü)
UVS	Uzun Vadeli Sınır Değerler
v	Rüzgâr yönündeki eksen
WHO	World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
WRF	Weather Research and Forecasting - Hava Durumu Araştırmaları ve Tahmin

y	Rüzgar yönüne enine eksen
Y.Ç.K.	Yüksek Çevre Kurulu
z	Rüzgar yönüne dikine eksen
μg	Mikrogram
ΔH	Hüzme yükselmesi, (m)
σ_y	y yönünde hüzmenin standart sapması, (m)
σ_z	z yönünde hüzmenin standart sapması, (m)



1. GİRİŞ

1.1. Türkiye’de Çevre Konusundaki Teşkilatlanma:

Ülkemizde; 1970’lere kadar, çevrenin sürdürülebilirliği ile çevre korunması hususundaki mevzuatta yer alan hükümler; farklı bakanlıklar ve yetkili kuruluşlar tarafından, her birinin alanlarıyla ilgili olarak uygulanmıştır. Çevreyle ilgili ilk müstakil yapılanma; Çevre Sorunları Koordinasyon Kurulu’nun; 12.Şubat.1973 tarihli T.C. Bakanlar Kurulu Kararı ile oluşturulmasıyla başlamıştır. Söz konusu kurul; daha sonra 16.Nisan.1974 tarihli Kararnameyle Çevre Koordinasyon Kuruluna dönüştürülmüştür.

Çevrenin korunmasıyla ilgili plan ve projelerin hazırlanması, çevre sorunlarına yönelik politikaların belirlenmesi ve uygulanması konusu ile ilişkili olarak bakanlık ve ilgili resmi kuruluşlar arasında yeterli koordinasyon oluşturulması amacı ile 27.Temmuz.1978 tarihli T.C. Bakanlar Kurulu Kararı’yla T.C. Başbakanlık Çevre Örgütü kurulmasına karar verilmiştir.

Ülkemizdeki bütün çevre problemleri bu kanunda bütünleşmiş bir şekilde ele almak üzere 09.Ağustos.1983 tarihinde yayımlanan “2872. Sayılı Çevre Kanunu” yürürlüğe girmiştir. 08.Haziran.1984 tarihindeki Başbakanlık Kanun Hükmünde Kararnameyle, Başbakanlığa bağlı, ilgili tüzel kişilik statüsünde bulunan, katma bütçeli bir kurum olarak çevre konularının yetkili kurumu olarak “Ç.G.M.-Çevre Genel Müdürlüğü” yapılandırılmış olup 2872. Sayılı Çevre Kanunu’nu doğrudan yürütme ve uygulamakla yetkili olarak belirlemiştir. Kuruluş ve Görevleri Hakkında K.H.K. (389numaralı) ile çevre teşkilat ve örgütlenmesi, Müsteşarlık seviyesine çıkarılmıştır.

1991 yılında kurulmuş olan Çevre Bakanlığı, 2003 yılında Orman Bakanlığıyla birleştirilmiştir. Daha sonraki yıllarda ismi Çevre ve Orman Bakanlığı (ÇOB) olarak isimlendirilmiş, ilerleyen yıllarda yeni düzenleme ile çevrenin ilgili kısmı ile Bayındırlık ve İskân Bakanlığının bir araya getirilerek “Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın Teşkilat ve Görevleri Hakkında K.H.K.”nin Resmi Gazete (R.G.:04.07.2011/27984)’de yayımlanmasıyla, “Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB)” kurulmuştur.

“Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın (Ç.Ş.B.) kuruluş teşkilatlanma, görevleri ve yetkileri; “1 Nolu Cumhurbaşkanlığı Teşkilatı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi (R.G.: 10.07.2018/30474)”nin yayımlanmasıyla düzenlenmiştir (URL 1).

Günümüzde halen bu kararnamedeki; teşkilat, görev ve yetkiler yürürlüktedir.

1.2. Ülkemiz Çevre Mevzuatında Hava Kirliliği:

Türkiye Cumhuriyeti Anayasası (1982 Anayasası)'na dayanılarak oluşturulan ve Resmi Gazete(R.G.:09.08.1983-2872)de yayımlanarak yürürlüğe giren “Çevre Kanunu” günümüzde de ülkemizdeki çevre mevzuatının ana iskeletidir.

1982 yılında çıkartılan TC. Anayasasının ilgili 56.Maddesi'nde bulunan “Herkes sağlıklı bir çevrede yaşama hakkına sahiptir.” hükümleri çerçevesinde Çevre Kanunu (2872 sayılı)'nın 3'üncü ve 8'inci maddesinde yer alan, her türlü atık ve artığın, ilgili mevzuatlarda tanımlanan esasların dışında, alıcı ortama (çevreye) dolaylı ve doğrudan atılmasının yasak olmasına istinaden çevre çalışmaları ivme kazanmıştır (URL 2).

Avrupa Çevre Ajansı-AÇA (European Environmental Agency-E.E.A); Avrupa Birliği (AB) Konseyinin 07.05.1990 tarihli Yönetmeliği ile çevresel veri tabanları ve raporları oluşturmak, çevreyle ilgili araştırmalar yapmak, raporlama sistemlerine destek sağlamak, hizmet sunumu ile şebeke altyapısını oluşturmak maksatlı çalışmalar yürütmek üzere kurulmuştur. A.Ç.A., uluslararası bir kuruluş statüsündedir ve Türkiye, A.Ç.A.'ya 1999 yılında üyelik başvurusunda bulunmuş olup, katılım anlaşması Avrupa Birliği(AB)'ne aday diğer ülkelerle beraber 9 Ekim 2000'da imzalanmıştır (URL 3).

Ülkemizin, A.Ç.A (Avrupa Çevre Ajansı) ile Avrupa ülkeleri Bilgi ve Gözleme Ağına Katılması ile ilgili olarak; T. C.'nin Avrupa Çevre Ajansı (A.Ç.A.) ve Avrupa Bilgi ve Gözlemleri Sistemine Katılması Antlaşması'nın onaylanması Uygun Olduğuna Dair ilgili Kanun T.C. Resmî Gazetesinde (R.G.:28.01.2003/25007)de yayımlanmıştır (URL 4).

Bu süreçle beraber, Avrupa Birliği Hava Kalitesi Mevzuatı'nda yer alan 27 Eylül 1996'de yayımlanan 96/62/EC (Council Direktive of Ambient Air Quality Assessment & Management) “Hava Kalitesi Çerçeve Direktif” kapsamında hava kalitesiyle ilgili Türkiye'de hava kalitesi mevzuatı geliştirme ve Avrupa Birliği uyumlaştırma çalışmaları hız kazanmıştır.

Ç.Ş.B.-Ç.Y.G.M. bünyesinde yer alan Hava Yönetimi Daire Başkanlığı'nın (H.Y.D.B.) görevleri arasında; hava kalite değerlerinin korunması, havadaki kirlilik üzerine etkisi olan kaynakların tümü ile çevredeki gürültü – titreşim sorunlarının kontrolü ve ayrıca koku ile ilgili emisyonlara ilişkin ilgili mevzuatları (Yönetmelik-Genelge v.b. gibi) hazırlamak; bunlarla ilgili tüm hedef, ilke, politika ve strateji belirlemek yer almaktadır (URL 5).

Ülkemizde hava kirliliği mevzuat çalışmaları içinde Bakanlıkça çıkarılan yönetmeliklerden, tez içeriğinde yer alan 06.Haziran.2008 tarih ve 26898 numaralı T.C. R. Gazetede (URL 6) yayımlanan “Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği-H.K.D.Y.Y.” ile 03.Temmuz.2009 tarih ve 27277. Numaralı T.C. R.G.’de (URL 7) yayımlanan “Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği-S.K.H.K.K.Y.” yapılan bazı değişikliklerle halen yürürlüktedir.

1.3. Hava Kirliliği ile Hava Kalitesi Modellemesine Giriş:

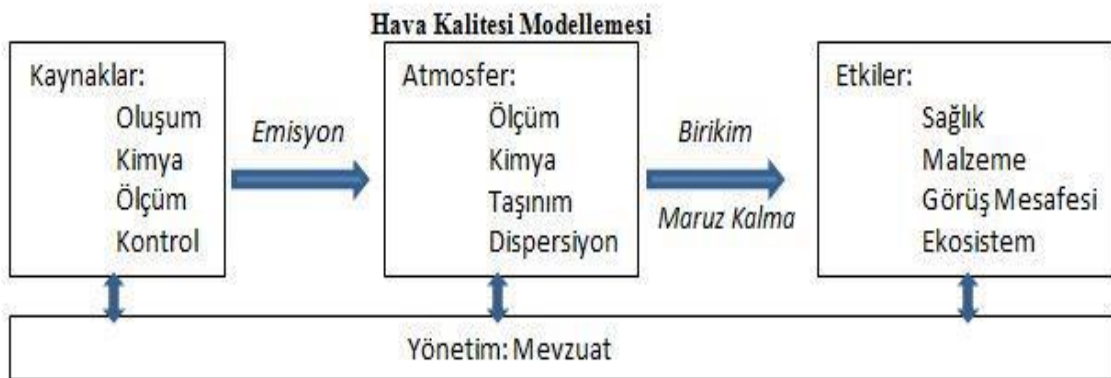
Çok sayıda hava kirletici ile bu kirleticilerin oluşum ve değişim süreçlerinin birlikte bulunduğu hava kirliliği konusu; Şekil 1.(Tayanç, 2013)’den de görüleceği gibi oldukça geniş kapsamlı ve bir o kadar karmaşık bir sistemdir. Hava ile ilgili kaliteyi etkileyen kirletici hava emisyonları; konut ısınma ihtiyacı oluşan, sanayi ve trafik kaynaklı yani insan kaynakları (antropojenik) olabileceği gibi; orman yangınları, volkan, bitki (biyojenik) emisyonları gibi doğal kaynaklar da olabilmektedir. Sayılan kaynaklar; atmosferde doğrudan kirletici emisyonu oluşturabildiği gibi, oluşurken kirletici olarak değerlendirilmeyen ancak bazı kimyasal reaksiyonlar ile ilgili olduğu için, ikincil olarak hava kalitesini etkileyen parametreleri de içine alabilir.

Hava kirliliği bütünsel bir değerlendirme ile incelenirse; ortaya çıkacak süreçler tahmini olarak Şekil 1.(Tayanç, 2013)’deki görüldüğü gibi olacaktır. Fosil kökenli yakıtların, biyokütle ürünlerinin yakılarak insan kaynaklı hava kirletici oluşumu aşamalarına misal olarak, azot için azot oksit bileşiklerin, kükürtün de kükürt dioksit v.b. oluşması gösterilebilir. Yine benzer şekillerde biyolojik kökenli kirleticilerin oluşumu aşamalarına da; bitkilerin (çiçekler) aromatik kokularından oldukça farklı çeşitte uçucu aromatik bileşiğin, bitki yapraklarındaki organik bileşik içeren yapılardan (yani kloroplast), güneş ışık varlığında terpenlerin ve bunlardan isoprene gibi bileşiklerin oluşması misal olarak gösterilebilir. Günümüzdeki fotokimyasal kirliliğin oluşumunda; antropojenik (insani) kaynaklar kadar doğal kaynakların da katkısının önemi oldukça büyüktür.

Atmosfere verilen ve hava kalite değerini etkileyen kirleticiler, kimyasal ve/veya foto-kimyasal benzeri reaksiyonlar ile değişime uğrar ve rüzgar vektörleri (rüzgâr hızı ile yönü), nispi nemlilik, sıcaklık gibi faktörler, sıcak/yükseklik ile değişimi, atm. basınç, yağışlar v.b. gibi meteorolojik ortam faktörlerle yatay ve/veya düşey olarak taşınım (yani konveksiyon ile adveksiyon), kirleticilerin dağılımını ve de birikimini

etkiler. Hava kirletici emisyon bir kez ortaya çıktıktan sonra, bunlar tarafından oluşturulan kirletici konsantrasyonlarının tahmini için hava kalitesini ortaya koyan modelleri kullanılabilir. Atmosferik temelde yapılan bu modeller; hava emisyon verilerinin, meteorolojik parametreler ile topoğrafya bilgilerini de girdi olarak kullanılmaktadırlar. Daha sonra sayısal tekniklerle işleyerek; atmosferde oluşan taşınım, dispersiyon (dağılım) gibi fiziksel oluşumları çalıştırabildiği gibi kimyasal reaksiyonları da içeren kimya algoritmaları ile birlikte kullanıldığında kirleticilerin dönüşümlerini de gerçeğine oldukça uygun bir şekilde üretebilir.

Atmosferik dispersiyon (dağılım), maruz kalma ile birikim aracılığıyla, alıcı ortamlara ulaşan kirleticiler en başta insan ve canlı sağlığı olmak üzere, ekosistemler ve cansız varlıklar üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir. Türkiye’de, hava kalitesini belirlemek için uygulanmış birçok modelleme çalışması, yukarıda bahsedilen süreçlerin belli bir kısmı üzerinde yoğunlaşmıştır ancak, birçok süreci bir arada barındıran daha kapsamlı ve sistemli çalışmalar da mevcuttur (Tayanç, 2013).



Şekil 1. Hava Kirliliğinde Süreçler (Tayanç, 2013)

1.4. Tezin Amacı ve Önemi:

Ülkemizdeki çevre ile ilgili yasal düzenlemelerin Avrupa Birliği hava kalitesi mevzuatıyla uyumlaştırılması amacıyla yukarıda bahsedildiği ve resmi kaynaklarda onaylandığı üzere Hava Kalitesi Çerçeve Direktifiyle (96/62/EC) dört ilgili direktif (1999-30-EC, 2000-69-EC, 2002-3-EC, 2004-107-EC) paralelinde “Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (H.K.D.Y.Y.) (R.G.:06.06.2008/26898)” hazırlanarak yürürlüğe girmiştir.

Bu Yönetmeliğin sorumluluğu; hava kirliliği değerlerinin azaltılması ve insan sağlığı kalitesini iyileştirmesi sonucuna ulaşılması amaçları konusu Bakanlığa aittir. TC. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve ilgili taşra teşkilatı birimleri yani illerde Çevre ve Şehircilik İl Müdürlükleri ve buradaki Belediyeler de dâhil resmi kurumların içerisinde önemli değerlere sahip olduğu oldukça kompleks bir süreçtir. H.K.D.Y.Y. hükümleri, sınır değerlerin aşılması durumunda yetkili mercilerin eylem planları geliştirmesini gerektirir.

Hava kalitesinin kontrol edilebilmesi için, H. K. D. Y. Y.'ne uyum açısından resmî kurumların hava kalitesini değerlendirerek; uyumsuzluk durumunda, azaltım önlemleri alarak, hava kirliliğini azaltmayı amaçlayan politikalar oluşturulmasını gerektirir.

Ç.Ş.B., RIVM, Konya'da Büyükşehir Belediyesi ile birlikte Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'nün 2 yıllık çalışmasıyla 2012 yılı içine bitirilen "IKON-AIR" hava kirliliği projesi ile Konya İl merkezi hava kalitesi ayrıntılı bir şekilde çalışılmış ve tüm olumlu/olumsuz senaryo modelleri değerlendirilerek 2013 - 2019 yıllarını da kapsayan geniş ve kapsamlı eylem çalışma planları belirlenmiştir. Çalışmanın sonucuna göre Konya İli M.Ç.K. Kararıyla 2013 - 2019 yılları T.H.E.P (temiz hava eylem planı) oluşturulmuş olup, hava kirleticilerini kalıcı olarak önlenebilmesi, hava kalite değerlerinin iyileştirilip ve halkın zaten doğal hakkı olan yeterli temizlikte doğal havayı solumaları hedeflenerek ve ilgili kurum/kuruluşlar belirlenerek uygulama için takvimi belirlenmiştir. Buna göre; 2013-2019 yılları Konya İli T.H.E.P.; 20 farklı eylemden oluşturulmuştur. Bu eylemlerden birisi de halk sağlığı için önem taşıdığı projede vurgulanan Konya şehir merkezi yakınlarındaki taş ocakları kaynaklı hava emisyonların %50 oranında düşürülmesidir (URL 8).

2020-2024 yılları için güncellenen Konya İli T.H.E.P. Raporu, Bakanlık onayını almıştır. 2020-2024 yıllarını kapsayacak şekilde hazırlanan ve 25.06.2020 tarihli ve 240 nolu İl M.Ç.K. Kararı ile kabul edilen "Konya İli T.H.E.P."in uygulanmasına 30.Mart.2021 tarihli ve 243 numaralı Mahalli Ç.K.na oy birliğiyle karar verilmiştir (URL 9).

2020-2024 Konya Hava Kalitesi Eylem Planı içeriğinde yine "Taş Ocaklarından Kaynaklanan Emisyonların Azaltılması (Şehir merkezine yakın olan taş ocaklarında hava emisyonlarının %50 oranında azaltımının sağlanması)" hedefi yer almaktadır.

Yukarıdaki bilgilerden de anlaşılacağı gibi yerel yönetimler hava kirliliğini azaltmak için sorumluluk alanlarında birtakım önlemler almak konusunda

yetkilendirilmişlerdir. Ancak bu önlemlerin bilimsel verilere dayalı olması da uygulanabilirliğini arttıracaktır.

Bu çalışma, Konya’da Ankara Yolu civarındaki Partikül Madde kaynaklı hava kirliliğinin toplamı hakkında bilgi sahibi olmak ve bu kirliliğin azaltılmasına yönelik çözüm aramak için yapılmış olup, Ankara Yolu üzerinde yer alan yoğunlukla Karaömerler Mahallesi etrafında kurulu bulunan taş ocakları ve kırma-eleme tesislerinden kaynaklanan PM10 ve PM2,5 kirletici parametreleri gerek belirli noktalardan ölçülerek gerekse kaynak konumundaki işletmelere çevre mevzuatı açısından izinler verilirken elde edilen bilgilerle modelleme çalışması yapılmıştır. Modelleme çalışması sonuçlarına göre mevcut Partikül Madde kirliliğinin tahmin edilmesi ve ilave tedbirlerin alınması hususundaki gerekliliğin Konya İl Mahalli Çevre Kurulu’na sunulması amaçlanmıştır.

Bununla birlikte, bölgesel bazdaki taş ocakları ve kırma-eleme tesislerindeki mevcut durum; hem sahada yapılan hava kalitesi ölçümleriyle hem de modelleme sonuçlarıyla ortaya çıkarıldıktan sonra, belirlenen ilave önlem ve tedbirlerin, benzer şartlarda genel olarak uygulanması da hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Hava Kirliliği:

Atmosferin, kuru hacme göre, %99,97'si dört gazdan oluşur; moleküler nitrojen ve oksijen (sırasıyla N₂ ve O₂), argon (Ar) ve karbon dioksit (CO₂). Kimyasal olarak Ar, soygaz olduğu için inerttir (reaktif değildir). Diğer üç bileşik de çok kararlılırlar ve reaktif değildirler, bu yüzden çoğu sıcaklık ve basınç atmosferik koşulları altında bu özelliklerini gösterirler. Atmosferin yaklaşık %99 kütlesi; dünya yüzeyinin 50 kilometre (km) üzerinde yer almaktadır, ki bu mesafe içinde troposferde ve stratosferi içerir. Hava kirliliğinin meydana geldiği yer burasıdır (Vallero, 2014). Kuru ve kirlenmemiş atmosferde bulunan gazların adları, hacimce konsantrasyonları ve toplam kütleleri Çizelge 1'de verilmiştir (Gündüz, 1994)

Çizelge 1. Kuru ve kirlenmemiş atmosferde bulunan gazlar, bu gazların hacimce konsantrasyonu ve toplam kütleleri (atmosferin kütlesi $5,6 \cdot 10^{15}$ ton)

Gazlar	Hacimce ppm olarak	Toplam Kütlesi (milyon ton olarak)
Atmosfer	-	5 600 000 000
Esas Bileşenler		
Azot(N ₂)	780 900	4 220 000 000
Oksijen(O ₂)	209 400	1 290 000 000
Argon(Ar)	9 300	72 000 000
Karbondioksit(CO ₂)	315	2 700 000
Eser Bileşenler		
Neon(Ne)	18	70 000
Helyum(He)	5,2	4 000
Metan(CH ₄)	1,5	4 600
Kripton(Kr)	1,0	16 200
Hidrojen(H ₂)	0,5	190
Diazotoksit(N ₂ O)	0,2	1 700
Karbonmonoksit(CO)	0,1	540
Ksenon(Xe)	0,08	2 000
Ozon(O ₃)	0,02	190
Amonyak(NH ₃)	0,006	21
Azotdioksit (NO ₂)	0,001	9
Azotmonoksit(NO)	0,0006	3
Kükürtdioksit(SO ₂)	0,0002	2
Kükürtlü Hidrojen(H ₂ S)	0,0002	1

Hava da su ve toprak gibi kirlenebilir bir ortamdır. Fakat hava, su ve topraktan farklıdır; öyle ki, bir insanın günler boyu aç ve susuz yaşayabilme olasılığı varken, nefes almadan birkaç dakikadan fazla yaşama olasılığı yoktur. İşte bu sebeple hava, içerdiği tüm doğal bileşenleriyle her insan için kutsal bir hak olup, yaşam için zorunludur. Hava Kirlenmesi; modern yaşamın getirdiği bir sonuçtur. Şehirlerde, sıkışık düzenin de etkisiyle; ısınma, ulaşım ve üretim için gereken enerji düzenli olarak artış göstermekte ve tüketim gereksinimlerini karşılamak için üretim sonucu oluşan kirletici gaz artıkları, havaya verilen kirletici emisyonlarının yoğunlaşmasına neden olmuştur. Hava kirliliği; bina dışındaki açık hava içeriğinde birden fazla kirletici emisyonun; bitkilerin, hayvanların ve insanların hayatına, eşyalara, iyi yaşama dair çevre kalitesine zarar verecek konsantrasyon ve sürelerde bulunmasıdır (Müezzinoğlu, 1987).

Yakma, ulaşım (trafik), endüstriyel prosesler, katı atık depolama alanları ile doğal prosesler; hava kirliliğine neden olan en önemli kaynaklardır. Anılan olaylar neticesinde; karbon monoksit, karbondioksit, kükürt oksitleri, ozon, kül, kurşun bileşikleri, organik asitler, aldehitler, azot oksitleri, hidrokarbonlar, hidrojen sülfür, amonyak vb. maddeler havaya karışmakta ve başta insan olmak üzere, tüm canlılar için, bir sağlık riskine neden olmakta, binalarla eşyalara zararlı olabilmektedir (Türkman, 1993).

2.1.1. Hava Kirleticileri:

2.1.1.1. Gaz Kirleticiler:

Gaz halindeki kirleticiler; normal basınçla normal sıcaklık altında gaz formunda bulunan maddelerle, normal sıcaklık ve normal basınç şartları durumunda sıvı ve/veya katı durumdaki maddelerin bunların buharlarından ortaya çıkan hava kirliliğine neden olurlar. Ozon, Hidrojen sülfür (H_2S), Karbonmonoksit (CO), Hidrokarbonlar, kükürt oksitler, Azot oksitler (NO_x); gaz halindeki kirleticilerin en önemlileridir. Karbondioksit, normal şartlar altında kirletici değilse bile, atmosfer konsantrasyonunun senedeki 0,7 ppm artışı, bu gazın olası etkilerinin göz önüne alınmasını zorunlu hale getirmiştir. Karbon dioksit güneş enerjisini absorbe ederek atmosfer ısısının artmasına sebep olmaktadır. CO ise karbonlu maddelerin eksik yanmasından ileri gelir ($2C+O_2 \rightarrow 2CO$). Sanayi kuruluşlarında sıhhatli bir işçinin çalışma ortamında bulunabilecek maksimum karbon monoksit konsantrasyonu 50 ppm'dir. Çok şeritli ve

ağır trafik yükü bulunan bir oto yolda seyreden bir otomobilin içindeki CO konsantrasyonu 25-50 ppm civarında olmaktadır. En büyük kaynağı otomobil eksozlarıdır (Karpuzcu, 1991).

Kükürtlü gazların asit yağışları meydana getirmesi en önemli etkisidir. Asit yağışları; CO₂, SO₂, NO_x gibi suyla birleşince asit oluşumuna neden olan gaz kirleticilerin bulutlar içinde yer alarak, yağışları asidik özelliğe çevirmesine verilen addır. Gaz haldeki hidrokarbonların (HC) doğrudan etkilerinden çok, atmosferdeki fotokimyasal reaksiyon ürünleri önemlidir. Azot oksitler (NO_x) en önemli kirletici gazlardandır. Asit yağışlarında katkıları bulunmalarına ilaveten fotokimyasal sisin oluşumunda başlıca etkenlerden sayılırlar. Fotokimyasal oksitleyiciler; başta ozon (O₃) olmak üzere bazı organik nitratlar sayılabilir. Aslında birer nitratlanmış seri elemanı olan peroksiasetil nitrat (PAN) ve peroksi bezoil nitrat (PBzN) topluca oksitleyiciler olarak adlandırılırlar (Müezzinoğlu, 1987).

2.1.1.2. Partikül halindeki kirleticiler:

0.0002 µm çap (ort. gaz molekül çap)tan iri olup, havada belli bir zaman süresi boyunca asıllı vaziyette durabilen sıvı veya katı maddeler partikül sınıfı içine alınır. Buna göre en büyük partikül maddenin çapı 500 µm (0.5 mm) kadardır. Tane büyüklüğü 0.1 µm'den ince tozlar, molekül gibi Brown hareketleri yapar ve birbirleriyle çarpışıp yapışma yoluyla büyüyebilirler. Çapı 0.1 µm -1.0 µm arası tozların, durgun haldeki havadaki çökme hızları rüzgarların yatay bileşenindeki hızdan daha küçüktür. Yalnızca çapı 20 µm'den büyük tozlar çökme yoluyla havadan etkin olarak ayrışabilirler. Aitken çekirdeği olarak adlandırılan ve 0.1 µm'den küçük boyutlardaki aerosollerin, yağış olayını başlatmada önemli rolleri bulunmaktadır. Doğal ya da insan kaynaklı her türlü tozluluk, görüş mesafesi azaltan, güneşten gelen ışınların absorblanmasını değiştiren, canlı sağlığını olumsuz yönde etkileyen kirlilik çeşitlerinden biridir. Tozlar, insan sağlığını değişik şekillerde etkileyebilir ve bunlar aynı zamanda kimyasal olarak aktif olarak, üstüne adsorpladığı farklı kirleticilerin de, havadaki konsantrasyonlarından daha fazla miktarlarda hassas canlı dokularına ulaşmasına sebep olabilir ve tahribatın derecesi de yükselir. (Müezzinoğlu, 1987).

Partikül kirleticiler kaynaklarına ve boyutlarına göre; İnce Toz, Kimyasal Duman, Kimyasal Buhar, Yanma Dumanları ve Spray olarak 5'e ayrılabilir.

İnce tozlara; kömür, kül, çimento v.b. malzemelerden kaynaklı katı zerreciler ile kum yıkama ve püskürtme tesislerinin işletilmelerinden havaya verilen ince zerrecikler örnek olarak gösterilebilir. Çimento tozlarının çapları yaklaşık 100 μ 'dir. Kimyasal dumanlara ise örnek olarak; gaz halindeki metalin oksitlenmesi ve yoğunlaşması sonucu oluşan civa ve kurşun oksitler gösterilebilir, bunların çapları ise 0.03-0.3 μ aralığındadır. Kimyasal olarak bir buharın yoğunlaşmasıyla oluşan kimyasal buharlar; sıvı zerrecikler olup, sülfirik asit buharlarının ortaya çıkışı bunlara en güzel örnektir. 0,5-3,0 μ aralığında çapa sahiptirler. Yanma dumanları; karbon içeren maddelerin yanması esnasında yanmanın tam olamaması nedeniyle oluşurlar, çap aralıkları 0,05-1 μ 'dur. Spray'ler ise sıvı haldeki maddenin atomlarına ayrılmasıyla oluşan sıvı zerreciklerdir (Karpuzcu, 1991).

2.1.1.3. İkinci Tip Kirleticiler:

Hava kirleticiler; birinci tip kirleticiler ve ikinci tip kirleticiler olmak üzere de iki farklı grupta sınıflandırılabilirler. Birinci tipteki kirleticiler, herhangi bir kaynak ile havaya doğrudan verilen kirleticilerdir. İkinci tipteki kirleticiler ise bunların aksine atmosfer içerisinde oluşan kirleticilerdir. İkinci tip kirleticilerin oluşumunda; trafik vasıtalarından kaynaklı bileşikler; oldukça büyük öneme sahiptir (Karpuzcu, 1991).

2.1.2. Hava kirliliği kaynakları:

Hava kirliliğinin kaynaklarını, doğa olayları ve insan faaliyetleri olarak ikiye kısımda incelemek mümkündür.

Hava kirliliğine sebep olan doğal olaylar içinde yanardağ (volkan) püskürmeleri ilk sırada gelmektedir. Bununla birlikte; doğal olarak çıkan orman ve bitki örtüsü yangınları da hava kirliliğine neden olan doğal olaylardandır. Her yıl oluşan bu yangınların; ekonomik etkilerinin yanında, ekolojik olarak da olumsuz etkileri görülmektedir. Çok büyük sayıdaki ağaçlarla birlikte, ekosistemdeki canlılar ve doğal yaşam alanları yok olmaktadır. Ayrıca yangınlar ile tonlarca SO_x , NO_x , CO, CO₂ ve yanmamış hidrokarbon atmosfere karışmaktadır.

Bunlara ilaveten, çok kuvvetli rüzgarlarla oluşan toz fırtınaları da doğal kirletici kaynaklardandır. Toprağı aşındıran kuvvetli rüzgarlar, kopardıkları parçacıkları çok uzaklara taşıyarak, hem doğal ortamlara ve hem de tarımsal alanlara zarar vermektedir.

Bu nedenle; yabani yaşam, yollar, su kanalları ile tarım alanları zarar görmekte, topraklar verimliliğini yitirmekte ve yerleşim alanlarındaki insanlar önemli sağlık riskleri yaşamaktadırlar. Yarı kurak bölge ve kurak bölgelerde oluşan toz fırtınalarının olumsuzlukları her zaman görülmektedir. Doğal bir olay olan polen yayılımı, özellikle alerji yapması sebebiyle; kirlenme olarak değerlendirilebilmektedir. Korunma amaçlı polen yayılımının yoğunlaştığı zamanlarda dışarıya çıkmamak veya polen maskesi takmak verilen önerilerin başında gelmektedir.

İnsan faaliyetleriyle oluşan hava kirlenmesi; en başından şimdiye kadar arta gelmiştir. Dünyadaki insan nüfusunun özellikle çok hızlı bir şekilde artışıyla orantılı olarak tüketimin fazlaşması hava kirlenmesinin artmasında önemli rol oynamaktadır. İhtiyaçların karşılanabilmesi amaçlı, doğal kaynakların ekonomisine ve ekolojik varlığına önem verilmemesi veya bunların ihmal edilmesiyle atmosfere verilen kirletici miktarları daha da artmıştır.

İnsan faaliyetleri sonucu havaya verilen kirleticiler; yerleşim alanları, trafik, sanayi tesisleri, enerji üretilmesi ve tarımsal alan kaynaklı kirleticiler olmak üzere gruplandırılabilirler. Sanayi tesislerinde, üretim aşamalarının farklı kademelerinde hava kirleticilerin oluşumu söz konusudur. Enerji üretilmesinde, yakıt özelliğiyle ilgili olarak termik santraller kirletici kaynakların en önemlilerindedir. Radyasyon yayabilme riski ve oluşan atıklarının giderilmesindeki güçlükler açısından nükleer santraller halkın dikkatini üzerine çekmektedir. Yüksek gerilim hatlarında oluşan manyetik alan- ozon oluşumu-, hava kirliliği bakımından değerlendirilmektedir. Hava, deniz ve kara ulaşımda kullanılan araçlarla tren yolu taşımacılığı; çeşitli miktar ve özelliklerde kirleticilerin salımına neden olmaktadır. Yerleşim alanlarında ısınmak amaçlı kullanılan sıvı, gaz ve katı haldeki yakıtlar sebebiyle; kirleticiler havaya verilmektedir. Tarımsal arazilerde; anız yakma, zirai ilaç kullanma, toprağın işlenmesi ve hasat edilmesi esnasında önemli miktarda kirletici atmosfere yayılabilmektedir. (Kırımhan, 2006).

Yukarıdaki sınıflandırma; hava kirleticileri temel kaynak özellikleri itibarıyla yapılmış olup, hava kirliliği kaynaklarının konumsal (mekânsal) olarak sınıflandırılması mümkündür:

- a) Noktasal Kaynaklar-Point Sources (sabit konumdaki sanayi tesislerinin bacaları vb.),
- b) Alansal Kaynaklar-Non-Point Sources (yerleşim yerlerindeki konutların ısınmasından, orman yangınlarından, katı atık depolama sahalarından ve tarımsal arazilerin işlenmesi, ilaçlanması, taş ocakları vb.),

c)Çizgisel (Hareketli) Kaynaklar-Onroad Mobile Sources ve Nonroad Mobile Sources (trafik kökenli olup, yol boyunca motor yanma sonucu oluşan gazların kaynaklarıdır ve 2 şekilde ifade edilebilir: yolcu ve yük taşıyan kara araçları Onroad Mobile Sources, yolcu ve yük taşıyan deniz ve hava yolu ulaşım araçları Nonroad Mobile Sources) (URL 10).

2.1.3. Hava kirliliğinin çevresel etkileri:

2.1.3.1. Hava kirlenici maddelerin insan sağlığı üzerine etkileri:

Solunum sistemi; üst solunum yolları (burun, farinks, larink ve nefes borusu) ile nefes borusunun 2'ye ayrılmasıyla tezahür eden bronşlardan meydana gelir. Bronşlar ise sayıca çok bronşiolle ayrılır ve alveollerle (hava kesecikleri) sona erer. Alveol içindeki kılcal damarlardaki yarı geçirimli membran oluşumlarının varlığıyla; difüzyon yoluyla havanın oksijeni, kandaki karbondioksit ile değiş-tokuş yapar, böylelikle temizlenen kan, küçük dolaşıma girip kalbe geçer. İçerdiği karbondioksidi fazlalaşan hava da girdiği yoldan geriye döner ve nefes verme esnasında dışarı atılır (Müezzinoğlu, 1987).

Partikül Maddelerin solunumla ilgili organlarda birikme eğilimi gösterdiği yerler ve buralardaki kalış süreleri, bazı fiziksel etkenlerle, bilhassa zerreciklerin büyüklüğüyle ilgilidir. Akciğer alveol bölgelerinde kirlenicilerin birikme göstermesi özellikle önem arz etmektedir. Çünkü bu alanda “titrek tüyler” adındaki partiküllerin uzaklaştırılmasını sağlayan tüycükler bulunmaz. Bu yüzden kirlenici zerrecikler; burada diğer yerlere göre daha uzun sürelerde bulunabilirler. 0,1 μ 'dan daha küçük zerrecikler, Brownien hareketiyle akciğer hava torbalarına kadar gidebilmekte, burada yer alan “alveoli” denilen çukurlara yerleşmektedirler. Bunlardan daha büyük zerrecikler, eğer titrek tüycükler tarafından yakalanmazlarsa alveoli bölgelerine kadar ilerleyebilirler. Genellikle 1 μ 'dan büyükler bu bölgeye ulaşmadan yakalanır. Kükürt dioksit (SO₂), suda büyük ölçüde çözünebilir bir gazdır ve bu nedenle vücut sıvısında da çözülebilir. Bunun en önemli etkisi ise üst solunum yolları cidarlarında harabiyete yol açarak, sonuçta hava akışına olan mukavemetini düşürmesidir. Akciğerlere etki eden diğer bir gaz kirlenici de NO₂'dir. Ozonun da ciğerlere etkisi vardır. Karbon monoksit (CO) ise vücuttaki oksijen taşınmasını sekteye uğratar (Karpuzcu, 1991).

2.1.3.2. Kirleticilerin bitkilere etkileri:

Hava kirlenmesinin bitkiler üzerindeki tesirleri; genel olarak yaprak dokuların zarar görmesi, yaprakların sarararak veya başka renklere değişerek yeşilliğini kaybetmesi ve gelişiminin yavaşlaması olarak sayılabilir (Karpuzcu, 1991).

2.1.3.3. Kirleticilerin hayvanlar üzerine tesiri:

Bilindiği üzere; hava kirliliği insanlarla beraber, hayvanların sağlığını da etkilemektedir. Geçmişte kazayla oluşan büyük hava kirliliği vakalarıyla; kirleticilerin hayvanlarda mortaliteye neden olması doğrulanmıştır. Buna; geçmişteki birçok olay (1930 Belçika, 1948 Pensilvanya, 1952 Londra) örnek olarak verilebilir (Karpuzcu, 1991).

2.1.3.4. Hava kirlenmesinin eşyalar üzerine tesiri:

Hava kirleticilerinin, binaların dış yüzeylerinde, kumaş ve diğer birçok eşya üzerinde lekeler meydana getirmesi; eşyalar üzerindeki en çok bilinen tesiridir. Hava kirlenmesinin malzemeler üzerindeki diğer bir tesiri ise korozyonun oluşumunun hızlanmasıdır. Bilhassa, kükürtdioksit (SO₂) çürümenin çabuklaşmasına neden olur. Ozonun ise kauçuk, lastik malzemeler üzerine son derece zararlı etkileri bulunmaktadır. Bunun yanında H₂S kirleticisinin, kurşun içeren boyalar üzerine çok büyük zararlı etkileri mevcuttur. Hava kirleticilerin diğer bir tesiri de görüş mesafesinin azalmasına neden olmalarıdır. Çapları 0,3-0,6µ arasında değişebilen partiküllerin görüşü güçleştirdiği bilinmektedir. (Karpuzcu, 1991).

Bütün bunların yanında, hava kirliliği; su ve toprak gibi alıcı ortamları da olumsuz etkilemektedir. Havaya kirletici kaynaklardan verilen SO_x ve NO_x emisyonlarının; sülfürik asit, amonyum nitrat ve nitrik aside dönüşmeleri sonucu asit yağmurları oluşurlar ve yüzlerce kilometre taşınabilirler.

Asit yağmurlarıyla sadece karalar üzerindeki hayat değil, sudaki hayat da etkilenir. Bu yağmur suları; yeraltı ve yerüstü sularına karışarak, ortamın asitliğinin yükselmesine ve bunun neticesinde ise sucul ortamdaki havyan ve bitkilere olumsuz etki eder. Önce sucul ortamdaki böceklerle otlar yaşayamaz ve levrek, alabalık, midye,

v.b. gibi asitliğe karşı toleransı çok az bulan canlı türleri ise bu şartlardan olumsuz etkilenirler. Sucul ortamdaki canlılar yaşamlarını kaybettikten sonra bozulmaya başlarlar. Bozulmuş maddeler suyun oksijeniyle birleşip, sudaki oksijen konsantrasyonunu azaltır. Bununla birlikte, organik maddelerdeki artış, göl yüzey alanını kaplayan, oksijenle güneş ışığının ortama girişini engelleyen bazı alg çeşitlerinin de gelişimini çoğaltarak su hayatını olumsuz etkiler (Kant ve Kızıloğlu, 2003).

2.1.3.5. Kirleticilerin “Sinerjistik” etkileri:

Havadaki kirliliğinin tesirleri incelenirken, karmaşık etkenlerin birlikte tesir etmelerinin de göz önünde tutulması gerekir. “Sinerji” olarak bilinen olay bunun en yaygın örneğidir. Sinerjistik tesir, ortamdaki farklı kimyasalların varlığından etkilenir. İki farklı kirleticinin beraber oluşturdukları tesir, kirleticilerin ayrı ayrı sebep olabilecekleri tesirden çok daha farklı olabilir. Örneğin, yalnızca broşlara etki eden SO₂ hava ortamında aerosolların bulunmasıyla, bunların yüzeyine adsorbe olup, akciğer pulmonari zarlarına ulaşır, oraya yerleşerek hava torbacıklarının zarar görmesine neden olur (Karpuzcu, 1991).

2.1.4. Hava kirliliğinin azaltılması

Çoğunlukla, hava kirliliği sorununun en basit çözümlerinden biri, kirliliğe sebebiyet veren iş ve işlemlerin durdurulmasıdır. İş ve işlemlerin durdurulamaması durumunda, çevre mühendislerinin ilk işi; kullanılmış teknik ve metodları değiştirerek emisyonların kontrol altında olmasını sağlamak olmalıdır.

Kirleticilerin kaynaktan kontrolü ile azaltımında;

1. Proses girişlerinde kirleticinin elimine edilmesine yönelik seçilmesi,
2. Proses girişlerindeki kirleticilerin uzaklaştırılmasının sağlanması,
3. Proseslerin kirleticileri minimuma indirecek şekilde işletilmesi,
4. Proseslerin kirleticiye neden olmayan alternatiflerle değiştirilmesi yollarından biri seçilebilir.

Hava kirlenmesinin kontrolündeki en zor aşama kirleticilerin toplanmasıdır. Mesela arabaların egzozlarından çıkan kirleticileri toplayacak bir cihaz geliştirilememiştir (Karpuzcu, 1991).

2.2. Hava Kalitesi ve Hava Kalitesinin İzlenmesi

İnsanların yaşaması için nefes alması zaruri bir ihtiyaçtır, hatta su ve yemek ihtiyacından daha önemlidir çünkü bilindiği gibi insan yemek yemeden haftalarca, su içmeden günlerce dayanabilir ancak nefes almadan yaşaması dakikalarla sınırlıdır. Ayrıca; su ve yemek ihtiyacı zaruri ve afet gibi durumlarda başka bölgelerden temin edilebilmesine rağmen hava için halkın kullanımına sunulabilecek geniş ölçekli bir seçenek yoktur. Bu yüzden bir bölgede bulunan insanların soludukları havanın kalitesi insan ve/veya hayvan ve/veya bitki ve/veya eşya sağlığı için bir gösterge durumundadır ve ölçülmesi de bu yüzden gereklilik göstermektedir.

Hava kalitesini izleme çalışmaları; mevcut kirliliğin kaynakları ile kirleticilerin dağılımı belirlemek, uygun kontrol taktiklerinin geliştirilmesi ile söz konusu taktiklerin etkinliğini denetlemek konusunda büyük öneme sahiptir.

Hava kalitesini örneklemek için; pasif izleme, aktif izleme ve otomatik analizörler veya uzaktan algılayıcı kullanılabilir. Pasif İzlemede güç kaynağı gerektirmeyen difüzyon tüpleriyle ortam havasından belirli miktarda buhar ve gaz kirleticiler permeasyon gibi fiziksel bir işlemle, hız kontrollü olarak çekilir. Bunlarla elde edilen ölçüm sonuçları meteorolojik koşullarla yakından ilişkilidir.

Aktif izlemede, pompa aracılığıyla ortam havasını belli bir süre boyunca fiziksel veya kimyasal ortamdan geçirerek örnekleme yapılır. Örneklenecek havanın hacmi ne kadar yüksek tutulursa hassasiyeti o kadar artar. Kükürdioksit örneklemesinde kullanılan asidimetrik metod ve askıda PM için O.E.C.D. filtreleme metoduyla toplam veya solunabilir PM için E.P.A.-gravimetrik yüksek hacim örnekleme yönteminin geniş kullanım alanları mevcuttur.

Otomatik analizörler, ölçülen gaza ait özelliklerden faydalanarak sürekli tayinlere imkân verirler. Bunlarda örneklenmiş ortam havası; seçilen gazı tanıyan ve konsantrasyonunu hesaplayan bir analizör aracılığıyla çekilir.

Uzaktan algılayıcı vasıtasıyla yapılan izlemelerde ise 100 metreden uzun bir hatta birden fazla bileşenli ölçümlerin yapılmasına imkân verir. Mobil sistemleri kullanarak, ölçüm bölgesi içindeki kirleticilerin konsantrasyonlarına ait üç boyutlu olarak haritalar oluşturabilir. Kirlilik kaynağının yakınında yapılan araştırmalar ve atmosfer dikey ölçümleri için uzaktan algılayıcılar yararlıdır. Fakat, bunların maliyeti oldukça yüksek (>200.000 \$)tir ayrıca çok da komplekstir. Bununla beraber, verilerin

gerçekliği, kalitelerinin güvenilirliği ve kalibrasyonlarıyla ilgili ciddi güçlükler oluşabilir(Aydınlar ve ark. 2009).

2.2.1. Ülkemizde hava kalitesi izleme çalışmaları

Yaşadığımız ortamlardaki hava kalitesi iyileştirmek amacıyla, gelişmiş ülkelerdeki gibi Türkiye’de de mevzuat düzenlemeleri mevcuttur. Bu mevzuatın bir bölümü; sanayi kaynaklı hava kirliliği, ısınma kaynaklı hava kirliliği ve trafik kaynaklı hava kirliliğinin kontrolüne yönelik, bir kısım mevzuat da solunan havanın kalitesine ilişkindir. Hava kirlenmesinin kontrolüyle ilgili düzenlemelerde amaç; hava kirlenmesinin insan sağlığında ve çevrede oluşturduğu olumsuz tesirlerinin önlenmesi veya azaltılması için belirlenen hava kalitesi hedeflerine ulaşmaktır.

Sınırlandırmanın üstünde konsantrasyonlara sahip kirleticilerin, insanların ve çevrenin üstünde belirlenmiş olumsuz tesirleri mevcuttur. İnsanların, kirleticilerin olumsuz etkilerine maruz kalmaması için en kısa zamanda kirlilik seviyesi belirlenerek harekete geçilmesi gerekmektedir. Bu ise sadece otomatik olarak hava kirliliği ölçüm cihazların kullanımında, kesintisiz hava kalitesinin izlenmesiyle mümkündür.

A.B.’nin hava kalitesi alanındaki mevzuatının, H.K.D.Y.Y. ile Türkiye hava kalitesi mevzuatına uyumlaştırılması amaçlanmıştır.

Hava Kalitesi Çerçeve Direktifiyle (99-30-EC, 2000-69-EC, 96/62/EC) 2004-107-EC ile 2002-3-EC, numaralı direktifler doğrultusunda oluşturulan H.K.D.Y.Y., 13 adet farklı hava kirleticisi için yasal düzenleme uyumu ile uygulama süreçlerinde zaman çizelgesi oluşturarak hava kirlenmesinin kontrolü ile atmosferik kalitenin bu bölgelerde; yaptırım, izleme görevi ve kurumsal yönlerini güçlendirmeyi hedef almaktadır. H.K.D.Y.Y.’nin solunan havanın kalitesinin limit değerleri 01.Ocak.2009 tarihinden başlayarak, 01. Ocak. 2014 tarihi itibarıyla aşaması diye düşürülmektedir. Ulaşılmış sınır değerler 01 Ocak 2014 tarihinde A.B. havanın kalite sınır kriterleri ile kabul edilebilir limit değerleri totalin oluşan değere denk gelmektedir. Sonrasında her kirletici için farklı, yine kademeli bir geçiş ile 2014-2024 yılları arasında Avrupa Birliği (A.B.) sınır değerlerine uyumlaştırma amaçlanmaktadır. H.K.D.Y.Y. Ek-II, Sınır Değerlerde Kademeli Azaltım Değerleri Çizelge 2’de verilmektedir.

PM10, kükürtdioksit, azotdioksit ve karbonmonooksit kirleticileri için 2009-2013 yılları arasında K.V.S. ve U.V.S. tanımları, kurşun için ise sadece U.V.S. tanımı kullanılmıştır. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Tüzüğü - H.K.D.Y.Y. Geçici

birinci Madde (1)'nin 2.'nci bendinde (a) fıkrasında ise “Uzun vadeli sınır değerler-U.V.S., aşılmaması gereken ve tüm ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olan değerlerdir.” şeklinde ve (c.) bendinde ise “Kısa vadeli sınır değerler-K.V.S., maksimum günlük ortalama değerler veya istatistik olarak bütün ölçüm sonuçları sayısal değerlerinin büyüklüğüne göre dizildiğinde, ölçüm sonuçlarının yüzde %95 (doksan beşini) aşmaması gereken değerlerdir. Çöken tozlar için farklı olarak aşılmaması gereken maksimum aylık ortalama değerlerdir.” şeklinde tanımlanmaktadır.

PM10 ve kükürtdioksit kirleticileri için; 2014 yılından itibaren K.V.S.-ölçüm sonuçlarının-%95ini aşmaması gereken değerinin yerine, günlük ortalama, azotdioksit için ise 60 dak.'lık ortalamaların kullanılarak, karbonmonooksit için ise Kısa Vadeli Sınır değer kavramının tamamen kalktığı görülmektedir (Anonim, 2020).

Çizelge 2. H.K.D.Y.Y. Limit Değerlerinde Kademeli Azaltım

Kirletici	Ortalama süre	LİMİT DEĞER (µg/m ³)						UYARI EŞİĞİ	
		2013	2014	2015	2016	2017	2018		2019
SO ₂	Saatlik -insan sağlığının korunması için-	500	500	470	440	410	380	350	500µg/m ³ (hava kalitesinin temsili bölgelerinde bütün bir “bölge” veya “alt bölgede” veya en azından 100 km ² ’de- hangisi küçük ise- üç ardışık saatte ölçülür)
	24 saatlik -insan sağlığının korunması için-	250	250	225	200	175	150	125	
	Yıllık ve kış dönemi (1 Ekim den 31 Mart a kadar) - ekosistemin korunması-	20	20	20	20	20	20	20	
NO ₂	Saatlik -insan sağlığının korunması için-	---	300	290	280	270	260	250	400µg/m ³ (hava kalitesinin temsili bölgelerinde bütün bir “bölge” veya “alt bölge” de veya en azından 100 km ² ’de- hangisi küçük ise- üç ardışık saatte ölçülür)
	Yıllık -insan sağlığının korunması için-	60	60	56	52	48	44	40	
NO _x	Yıllık - vejetasyonun korunması için-	---	30	30	30	30	30	30	---
PM ₁₀	24 saatlik -insan sağlığının korunması için-	100	100	90	80	70	60	50	---
	Yıllık -insan sağlığının korunması için-	60	60	56	52	48	44	40	
Pb	Yıllık -insan sağlığının korunması için-	1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	---
Benzen	Yıllık -insan sağlığının korunması için-	10	10	10	10	9	8	7	---
CO	Maksimum günlük 8 saatlik ortalama (mg/m ³) -insan sağlığının korunması için-	16	16	14	12	10	10	10	---

*Arsenik(As), Kadmiyum(Cd), Nikel(Ni) ve Benzen(a)piren kirleticileri için Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde hedef değerler ve hedef değere ulaşılacak tarih bulunmaktadır.

* Ozon(O₃) kirleticisi için Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde değerlendirme ve uyarı eşiği ile hedef değer ve uzun vadeli hedef bulunmaktadır.

Türkiye, Avrupa Birliği(A.B.) ile Dünya Sağlık Örgütü(W.H.O.)nün Sınır Değerleri Çizelge 3’de verilmektedir (Anonim, 2020).

Çizelge 3. Türkiye, A.B. ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) Limit Değerleri

Kirletici	Periyot	Türkiye (a) Hava Kalitesi Yönergeleri	AB Direktif 2008/50/EC	WHO (b) Hava Kalitesi Kılavuz Değerleri
PM10	24 saat 1 yıl	80 µg/m ³	50 µg/m ³	50 µg/m ³
		52 µg/m ³	40 µg/m ³	20 µg/m ³
PM2.5	24 saat 1 yıl	-	- µg/m ³	25 µg/m ³
		-	25 µg/m ³	10 µg/m ³
NO ₂	1 saat 1 yıl	280 µg/m ³	200 µg/m ³	200 µg/m ³
		52 µg/m ³	40 µg/m ³	40 µg/m ³
SO ₂	1 saat	440 µg/m ³	350 µg/m ³	-
	24 saat	200 µg/m ³	125 µg/m ³	20 µg/m ³
	1 yıl	20 µg/m ³	-	-
CO	8 saat	12 mg/m ³	10 mg/m ³	10 mg/m ³
O ₃	8 saat – insan sağlığını koruma	-	120 µg/m ³	100 µg/m ³

(a) (HKDY)'ne göre. (b) Dünya Sağlık Örgütü'nün 2005, 2000 ve 1997 tarihli yönergelerine göre.

2.3. Hava Kalitesi İndeksi

Önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi, Türkiye’de H.K.D.Y.Y. ile dış ortam hava kalitesi parametrelerinin yönetimi gerçekleştirilmektedir. Bu konuyla ilgili olarak çalışan bir bilim insanı tarafından farklı kirleticilere ait analizlerin ve ölçüm sonuçlarının anlaşılması mümkün olabilse bile, genellikle vatandaş ile mahalli otoriteler tarafından anlaşılması kolay olmamaktadır. Dolayısıyla, hava kirliliği ile hava kalitesi açıklanırken kamuoyu tarafından kolaylıkla anlaşılabilir bir sınıflandırma kullanılmaktadır. Hava Kalitesi İndeksi (H.K.İ.) olarak adlandırılan ve dünya genelinde yaygın olarak kullanılan sistem ile hava kirleticilerinin miktarlarına göre iyi, orta, tehlikeli v.b. hava kalitesi değerlendirilmeleri yapılmaktadır. Dünyadaki birçok ülkede gösterge-İndeks hesaplamalarındaki yöntem ile kriterler, o ülkede uygulanan hava kalitesinin standartları göre geliştirilmiştir.

Ülkeler bazında; hava kalitesi iyileştirilebilmesi, mahalli-ulusal hava kirlenmesi problemleri ile kirlenmenin azaltımındaki gelişmeler, doğru ve iyi bilgilendirilmiş kamuoyunun destekleriyle mümkün olabilir. Bir bölgedeki kirleticilerin miktarlarını belirleyebilmek amacıyla uygun bir yöntem belirlenmesinin önemi büyüktür. Bu yöntem, vatandaşlara hava kirliliği hakkında doğru, aynı zamanda anlaşılır bilgi verirken, yetkili otoritelerin toplumsal sağlığı koruyabilmek için tedbir alınması için kullanılabilir.

Bu maksatla, geliştirilen standartlar, uyarıcı ve anlaşılır olduğu gibi aynı zamanda da kullanım bakımından yaygın bir indekse çevrilip sunulmaktadır. Hava kalitesinin belirli bir alanda, karakterize edilebilmesi için her ülkenin kendi limit değerlerine göre çevirdikleri ve kirliliğin sınıflandırıldığı indeks; Hava Kalitesi İndeksi-(H.K.İ.)-(Air Quality Index-AQI) olarak adlandırılmaktadır. Bu indekste belirlenmiş kategoriler değişik tanım ve renklerle ifade edilmekte ve ölçülen kirleticilerin herbiri için ayrı ayrı düzenlenmektedir. Mevzuatımız ve limit değerlerimize uygun olarak Ulusal-H.K.İ. oluşturulmuştur. Ülkemizde; 5 önemli kirlilik faktörü yani kükürt dioksit-SO₂, partikül maddeler (PM10), azot dioksit-NO₂, karbon monoksit-CO ve ozon-O₃'nu içine alan atmosferik kalite indeksler hesaplanmaktadır (URL 11).

Hava kalitesine ilişkin Ulusal-H.K.İ. kesme noktaları Çizelge.4.'de, Ulusal-H.K.İ. Çizelge 5'de verilmektedir (URL 11).

Çizelge 4. Ulusal-H.K.İ.Kesme Noktaları (URL 11)

İndeks	HKİ	SO ₂ [µg/m ³]	NO ₂ [µg/m ³]	CO [µg/m ³]	O ₃ [µg/m ³]	PM10 [µg/m ³]
		1 Sa. Ort.	1 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	24 Sa. Ort.
İyi	0 – 50	0-100	0-100	0-5.500	0-120 ^L	<u>0-50</u>
Orta	51 – 100	101-250	101-200	5.501-10.000	121-160	<u>51-100</u>
Hassas	101 – 150	251-500	201-500	10.001-16.000 ^L	161-180 ^B	<u>101-260</u>
Sağlıksız	151 – 200	501-850	501-1.000	16.001-24.000	181-240 ^U	<u>261-400</u>
Kötü	201 – 300	851-1.100	1.001-2.000	24.001-32.000	241-700	<u>401-520</u>
Tehlikeli	301 – 500	>1.101	>2.001	>32.001	>701	<u>>521</u>

L: Limit Değer B: Bilgi Eşiği U: Uyarı Eşiği

Çizelge 5. Ulusal-H.K.İ. Değerleri (URL 11)

Hava Kalitesi İndeksi (AQI) Değerler	Sağlık Endişe Seviyeleri	Renkler	Anlamı
Hava Kalitesi İndeksi bu aralıkta olduğunda..	..hava kalitesi koşulları..	..bu renkler ile sembolize edilir..	..ve renkler bu anlama gelir.
0 - 50	İyi	Yeşil	Hava kalitesi memnun edici ve hava kirliliği az riskli veya hiç risk teşkil etmiyor.
51 - 100	Orta	Sarı	Hava kalitesi uygun fakat alışılmadık şekilde hava kirliliğine hassas olan çok az sayıdaki insanlar için bazı kirleticiler açısından orta düzeyde sağlık endişesi oluşabilir.
101- 150	Hassas	Turuncu	Hassas gruplar için sağlık etkileri oluşabilir. Genel olarak kamunun etkilenmesi olası değildir.
151- 200	Sağlıksız	Kırmızı	Herkes sağlık etkileri yaşamaya başlayabilir, hassas gruplar için ciddi sağlık etkileri söz konusu olabilir.
201 - 300	Kötü	Mor	Sağlık açısından acil durum oluşturabilir. Nüfusun tamamının etkilenme olasılığı yüksektir.
301 - 500	Tehlikeli	Kahverengi	Sağlık alarmı: Herkes daha ciddi sağlık etkileri ile karşılaşabilir.

2.4. Taş Ocakları ve Kırma – Eleme Faaliyetleri:

2.4.1. Madencilik Hakkında Genel bilgiler:

En eski endüstrilerden biri olarak madencilik, bir ülkenin kalkınmasında, insanlığın refahında oldukça önemli bir role sahiptir ve Türkiye’de çok sayıdaki sektöre hammaddelerini sağlamaktadır. Genellikle, yer kabuğundaki mevcut cevher oluşumlarının 3-boyutlu belirlenmesinden sonra ekonomik olmaları halinde bulunan madenin işletilmesi için üretime geçilir.

Madencilik; yer kabuğunda bulunan cevherler veya minerallerin ekonomik, verimli ve güvenli şekilde çıkartılıp üretilmesiyle insanlığın hizmetine sunulmasıdır. Genellikle maden üretimi 2 ana metotla yapılmaktadır. Bunların ilki maden yataklarının yeryüzeyinde açıkça izlenen ve/veya yeryüzeyine yakın olması durumlarında kullanılan açık ocak madenlerin işletilme yöntemi, ikincisi ise yeryüzeyinden daha aşağılarda yer alan madenlerin çıkarıldığı yeraltı maden işletilme yöntemidir. Yeraltı maden işletmeciliğinde; kömürlerin çıkarılması, metalik madenlerin üretimleri v.b.

yapılmaktadır. Çevre konusunda; yeraltı maden işletmelerinin açık maden işletmeciliğine göre göreceli olarak olumsuz etkileri sınırlıdır. Yer altın madenlerindeki en olumsuz çevre tesiri tasman'ın -yeryüzü çöküntüsünün- görülmesidir. Yeraltı maden işletmelerini yerleşime açık alanların altında konumlanması ise oluşabilecek tasman'ın binaların hasarlarına, patlatmadan kaynaklı titreşimin ise etkilenen insanların rahatsız olmasına ve/veya binaların hasarlarına sebebiyet verebilmektedir.

Açık ocak madenciliği, adından anlaşılabilir gibi, kesinlikle yeraltı koşullarına inilmeden ve tamamıyla yeryüzünde uygulanan bir işlemdir. Yüksek hareket olanağına sahip olması, kaza oranı düşüklüğü, cevherin çıkarılmasındaki yüksek verimlilik, hazırlık zamanının kısalığı, cevher kazanım oranının ve emek verimlerinin yüksekliği ve uygun çalışma koşulları mevcudiyeti gibi nedenlerle; ülkemizle beraber tüm dünya genelinde çokça kullanılmakta olan bir metodudur. Ancak, yüksek düzeyde sermaye yatırımının gerekmesi, derinde yer alan cevherlerin çıkarılmasında kullanılamaması, iklim şartlarından olumsuz etkilenmesi, çevreye olumsuz tesirleri nedeniyle de dezavantaja sahiptir. Açık ocak madenciliklerinde, habitat ve biyoçeşitlilik; yeraltı maden işletmelerinden daha fazla etkilenmektedir. Açık maden işletmeciliğinde; açık ocak kömür işletmeleri, açık ocak metal işletmeleri ve agrega-doğal taş maden işletmeciliği olmak üzere mekanik metotlar, başlıca 3 sınıfa ayrılabilir (URL 13).

2.4.2. Doğaltaş / Malzeme Ocak Madenciliği

Doğal taş veya malzeme ocak maden işletmeciliği; hammaddenin yatak geometrisinin tabakalı veya gevşek olması durumlarıyla ilgili olarak patlatma işlemiyle veya patlatmasız olarak yapılagelmektedir. Şekil 2.'de patlatma işlemine gerek olmayan gevşek malzeme açık işletme taş ocağı görülmektedir. Şekil 3.'de ise sert taş ocak açık işletmesi görülmektedir (URL 14).



Şekil 2. Gevşek malzemeli bir taş ocağı



Şekil 3. Sert taş ocak işletmesi

Agrega üretimi; açık ocak işletmeciliği olarak yapılmakta ve hammadde alanında mevcuttaki bitki oluşumlarıyla yapılaşmanın alandan sıyrılmasıyla başlamaktadır. Yüzeyin temizliğinden sonra hammaddeye ulaşılabilmesi için eğer mevcutta varsa üstteki toprağın da kaldırılması gerekmektedir. Bu işlemden sonra, malzeme ocağında delme işlemi için toprak; ekskavatör v.b ile temizlenerek, Amonyum Nitrat – Fuel Oil (ANFO), jelatinit tipi dinamitin ve milisaniye gecikmeli kapsüllerin kullanılmasıyla patlatma gerçekleştirilir. İş makinalarıyla kazılamayan sert kaya formasyonları patlatmayla gevşetilerek kolay taşınabilir duruma getirilir. Maden ocağı alanlarında kalker üretimi için gecikmeli sistem patlatma metodunun kullanılmasıyla, açılan delikler için serbest yüzeylerin oluşturularak sıralı patlamaları sağlamak, sıkışmayı önlemek ve verimi artırmak amaçlanmaktadır. Delmeyle patlatma; delici makinayla deliklerin açılıp, belge sahibi ateşleyicinin eşliğinde, tecrübeli ekip tarafından patlayıcıyla doldurulması ve deliklerin her birine gecikmeli elektrikli kapsül bağlanıp, sıkıştırılması yoluyla yapılır. Şekil 4’de patlatma delikleri ve ateşleme kabloları görülmektedir (Altınok, 2016).



Şekil 4. Patlatma Delikleri ve Ateşleme Kabloları

Patlatmayla ayrılan kayaç ve kütleler; ekskavatörün ucuna takılan hidrolik kırıcılar ile konkasör tesisindeki kırıcılara girecek ebada getirilmek için küçültülmektedir. İstenilen boyutlara getirilen kayaçlar, iş makinalarıyla kamyonlara yüklenip konkasör tesisine ulaştırılmaktadır. Şekil.5.’te kamyonlara yükleme yapılması ve kırma-eleme tesisine nakliyat görülmektedir (Altınok, 2016).



Şekil.5.Kamyonlara Yükleme ve Kırma-Eleme Tesisine Nakliyat

2.4.3. Kırma ve Eleme Faaliyetleri:

Kamyonlarla ocak alanından taşınan malzeme, ilk olarak bunkere boşaltılır, hammadde dışındaki istenmeyen malzeme bunker altındaki ızgara sisteminden elenip elek altı malzeme olarak ayrılıp, sistemden uzaklaştırılır. Eleğin üstündeki belli büyüklükteki malzemeler ise konkasöre iletilmektedir. Şekil.6.'da konkasör tesisi (Kırma- Eleme Tesisi) görülmektedir (Altınok, 2016).



Şekil 6. Konkasör Tesisi (Kırma- Eleme Tesisi)

2.4.4. Agregada (Mıçır-Çakıl-Kum)

Çakıl-mıçır-kum; inşaat alanında agrega adı verilen, dane sınıflarına ayrılan, organik olmayan(-inorganik-)kırma ve doğal olarak 2 sınıfı olan, malzemelerdir. Beton ile hafif betonun üretilmesinde, yol dolgu ve kaplama çalışmalarında, inşaatlarda kullanılan sıvanın hazırlanmasında bu malzemeler yoğun olarak kullanılmaktadır. 0.063-2 mm tane boyutundaki gevşek dokulu klastik bir sediman olan kum; yapı malzemesi olarak kullanılır. İnce kumun ane boyutu 0.063 mm ila 0.25 mm aralığında,

orta dereceli kumun dane boyutu 0.25-1 mm arasında ve kumun tane boyutu ise 1-2 mm arasındadır. Kum; mika, kayaç artıkları, kuvars, glokonit v.b. minerallerin bir karışımıdır. Bununla birlikte, kalker kayaçlarının kırılarak sınıflandırılmasıyla elde edilen taş unu-yapay kumların da kullanımı yaygın olarak görülmektedir.

Çakıl olarak isimlendirilen doğal hammaddeyle mıcır adı verilen kırılmış agregaların dane boyutu da 2 mm ile 128 mm arasında değişmektedir. Dane boyutu 2 mm ile 8mm aralığındakiler ince , 8 mm ile 32 mm aralığındakiler ise iri olarak tariflenir.

Kırmataş, kum ve çakıl hammaddelerini içeren Ülkemizdeki hacimsel olarak büyük rezervlerin varlığı dolayısıyla ihtiyaca yönelik talepleri karşılamada sıkıntı yaşanmayacağı öngörülmektedir. Fakat, birim maliyetlerinin düşürülmesinin gerekliliği nedeniyle; kullanım yerlerine km. bazında uzak kalan hammadde alanları, nakliye masraflarının da birim maliyete eklenmemesi için işletmeye açılmamaktadır.

Agrega; beton malzemesi olarak kullanılmasının yanında, yol yapımlarında da asfalt ve dolgu malzemesi olarak oldukça fazla miktarlarda kullanılır. T.C.-K.G.M., Belediyelerin Asfalt Tesisleri gibi kamu kurum ve kuruluşlarının yanında özel sektör tarafından tüketilen agrega miktarları dikkate alındığında yaklaşık 30 milyon ton'luk üretim yapılmaktadır.

Türkiye'de pek çok tesisin faaliyet gösterdiği bu alanda, ihtiyaç oldukça kapasite artışları kısa zaman içerisinde yapılabilmektedir. Üretimin başlama aşamasının vakit almaması nedeniyle, tesislerin işletilmesinde uzun vadeli planlara gerek duyulmamaktadır. Talebin arttığı zamanlarda kolayca temin edilen makina-ekipmanlarla üretimde artış sağlanabilmektedir. Bu sektördeki işletmelerin; kapasitelerindeki artışlarının kolayca yapılabilmesi sayesinde mevcuttaki kapasiteleri yüksek oranda kullanılır.

Kumun, çakılın ve kırmataşın üretilmesi genelde açık ocak işletilmesi metoduyla yapılmaktadır. Üretim, rezerv alanının topoğrafik özellikleriyle alakalı olarak tek basamaklı veya çok basamaklı şekilde olmaktadır. Kırmataş üretilirken, hammadde patlatma işlemleri ile, kazı ve yükleme öncesinde, gevşetilir. Bununla birlikte; kökeni plaser olan kum-çakıl ocaklarında, patlatmaya ihtiyaç duyulmadan ekskavatörlerle kazma-yükleme yapılabilir. Teknolojik gelişmelerle, ocaklarda üretim aşamasında yapılan galeri yöntemi patlatmanın yerini delme - patlatma metodu almıştır. Galeri patlatma metodunda elde edilen son ürünün dane boyutlarının oldukça iri olması ve aynı zamanda düzgün bir şekilde ocaktaki basamakların yapılandırılmaması, şiddetli

sarsıntılar gibi çevresel etkilere neden olması nedeniyle bu yöntemin kullanımında yasaklamaya gidilmiştir. (URL 15).

2.4.5. Taş Ocakları ve Kırma-Eleme Faaliyetlerinin Çevreye Etkileri

Maden sektöründe faaliyet gösteren ocaklarda gereken tedbirlerin alınmaması olumsuz çevresel etkilere neden olmaktadır. Artan şehirleşmeyle belediyelerin imar planlarının sınırlarının genişletilmesi ve daha önce yerleşim alanı olarak planlanmamış alanların da gecekondulaşma veya toplu konut üretimi sebebiyle imar planı sınırları içine alınması, mevcuttaki bazı taş ocaklarının büyük şehir statüsündeki yerleşim yerleri içerisinde kalabilmesine sebebiyet vermiştir.

İşletme esnasında taş ocaklarının, çevredeki yerleşme alanlara tozluluk, gürültü seviyesinin yüksekliği, yer sarsıntısı-vibrasyon türü olumsuz çevresel tesirleri bulunmakta olup, gelişigüzel açılmış ocakların da şehir görüntüsüne oldukça ters düşen görsel olumsuzlukları mevcuttur (URL 15).

Taş ocaklarının üretime hazırlanması sırasında; bitkisel toprak kazılması, dekapaj yapılması, kamyonlara yükleme ve boşaltma, nakliye ile çıkarılanların depolanması sırasında iş makinelerinden kaynaklanacak tozlulukla, üretim sahası içerisindeki yollarda araçlardan kaynaklanacak toz ile patlatmayla oluşacak toz ve zararlı gazlarla makina-ekipmanlardan kaynaklanan egzoz emisyonları hava kirliliğine neden olabilecek temel faktörlerdir.

Açık maden ocaklarında hava kirliliği; hammaddenin üstündeki örtü toprağı ile kayaların parçalanıp kazılması, kamyonlara yüklenerek taşınması-boşaltılması-depolanması esnasında; hammaddenin de üretilerek taşınma işlemi; malzeme hazırlama veya ileştirme ünitesiyle kırılma işlemi-taşınma-boşaltılma ünitesi ile aktarılma işlemi-alanda yığma-depolanması sırasında, zenginleştirmenin kuru işlemlerle yapılması prosesinden oluşmaktadır. Kullanılan makine ve ekipmandan kaynaklanan toz ve egzoz gazları da hava kirliliğine tesir eden etkenler arasındadır.

Tozun oluşması; ürünün depolanması ve nakliyesi sırasında, pasa yükleme, nakliye, boşaltma sırasında ve kırma-eleme tesislerinde üretim aşamalarında da söz konusudur. Maden Yönetmeliği (21.09.2017) nin 26.maddesinde “Kırma eleme tesislerinde toz indirgeme sistemi olacak şekilde bunkerler, kırıcılar, elekler, bantlar ile malzeme dökülme noktalarının en az ünite bazında kapatılması yönünde işletme projesi hazırlanarak işletilmesi esastır. Maden Kanunu kapsamında daha sonra geçici

tesis yapılması durumunda toz indirgeme sistemi olacak şekilde ve bunkerler, kırıcılar, elekler, bantlar ve malzeme dökülme noktalarının kapatılması zorunludur. Aksi halde tesisin faaliyetleri durdurulur” hükmü yer almaktadır (URL 13).

2.4.5.1. Hava Kirliliğinde etki azaltıcı tedbirler:

Bitkisel örtüsü kaldırılan alanlara uygulanabilir erozyonla tozumaya karşı tedbirler, yağış olmayan günlerde gereken miktarda ve sıklıkta sulama yapılarak tozun bastırılma önlemleri, ocağın içindeki yollarda iyileştirilme sağlanarak tozumaya karşı alınan önlemler, ocağın dışındaki yollarda gerekli olması durumunda uygun malzemeyle kaplanması, sahadaki araç trafiğinin azaltılması, kamyonlarda taşınan tozumaya neden olan malzemelerin sulanması ve/veya üstlerini örtülmesi, arazide kullanılan araçlardaki egzoz sistemlerinin düzenli kontrol edilmesi, bakımının sağlanması, araçların saha içi ve dışında verilen hız sınırlamalarına uymaları konusunda gerekli tedbirlerin alınması, araçlara ve kullanılan ekipmanlara düzenli bakım yapılması, aahada ulaşım-nakliye yollarının dışındaki araç kullanımının kısıtlanması, gereksiz yüzey açmaya engel olunması, ocağın dışına çıkacak araçlarda tekerleklerinin yıkanması amacıyla su havuzundan geçirilmelerinin sağlanması.

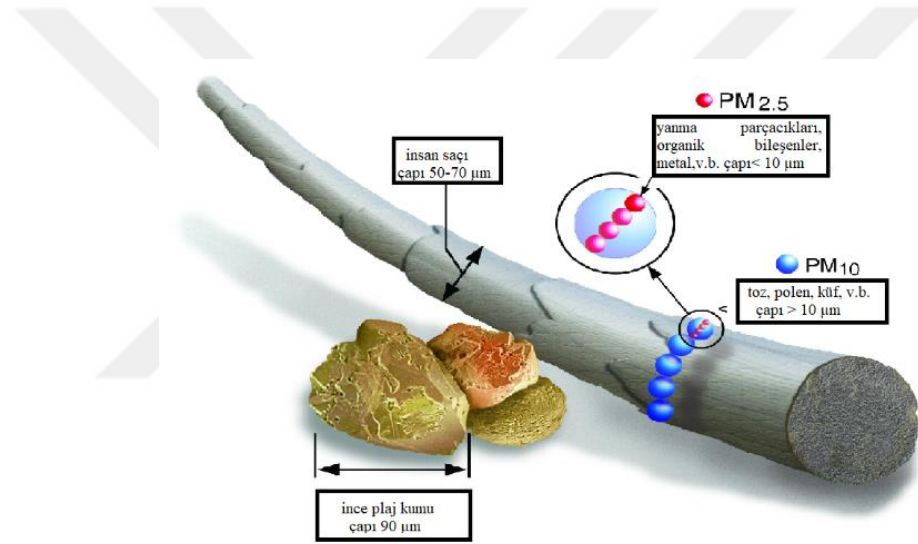
S.K.H.K.K.Y.’de yer alan emisyon değerlerinin sağlanması, malzemenin yüklenmesi ile boşaltılması aşamalarında tozumaya neden olmayacak şekilde uygulama yapılması, malzemeyi taşıyan araçların üstlerinin brandayla örtülmesi, sulama veya kimyasal kullanımıyla toz bastırmanın tozumayı engelleyecek şekilde yapılması, bant nakliyesinde bantların üstlerinin örtülmesi, yükleme ile transfer yerlerinin yapılabilecek en düşük yüksekliğe sahip olması ve kapatmanın sağlanması, gereken noktalarda (kırıcı ile delicilerde) uygun tozuma engelleyici teknolojik tedbirlerin uygulanması, nakliyeyi sağlayan araçlarda tozumaya neden olmayacak hızlarda seyretmesinin kontrol edilmesi, kırma eleme tesislerinde üretim çalışmalarının üstü kapatılmış mekanda olması, ayrıca toz yayılmasının önlenmesi maksadıyla basınçlandırılmış su sisteminden fiskiye şeklinde su püskürtme ve/veya toz giderme ünitesi kullanılması, erozyona açık alanlarda bitkilendirme yapılması; taş ocaklarında hava kirliliği azaltıcı önlemlerden sayılabilir (URL 13).

Bunlarla birlikte; tozumayı minimize etmek için; araçlardaki tonaj limitlerine uyulması, savurmaya meydan vermeden doldurma boşaltma yapılması, depolanmış malzemenin üstünün aralıklar ile sulanmasının sağlanması, depolama sahasının

çevresinde tozumanın dağılmasını önlemek amaçlı bitkilendirme yapılması veya hakim rüzgâr yönü esas alınıp bent çekilmesi de yapılabilmektedir (Coşkun, 2016).

2.5. Partikül Madde (PM) Hava Kirleticisine Yakından Bir İnceleme-Tanımı, Özellikleri ve Kaynakları

Partikül madde (PM); katı madde ve sıvı damlacıkları karışımları için kullanılan bir terimdir. Toz, is, kir veya duman gibi bazı parçacıklar normalde gözle görülebilecek kadar büyük ve belirgindir. Fakat bazıları o kadar küçüktür ki, ancak bir elektron mikroskopuyla tespit edilebilirler. Şekil 7’de partikül madde için boyut karşılaştırması görülmektedir (URL 10).



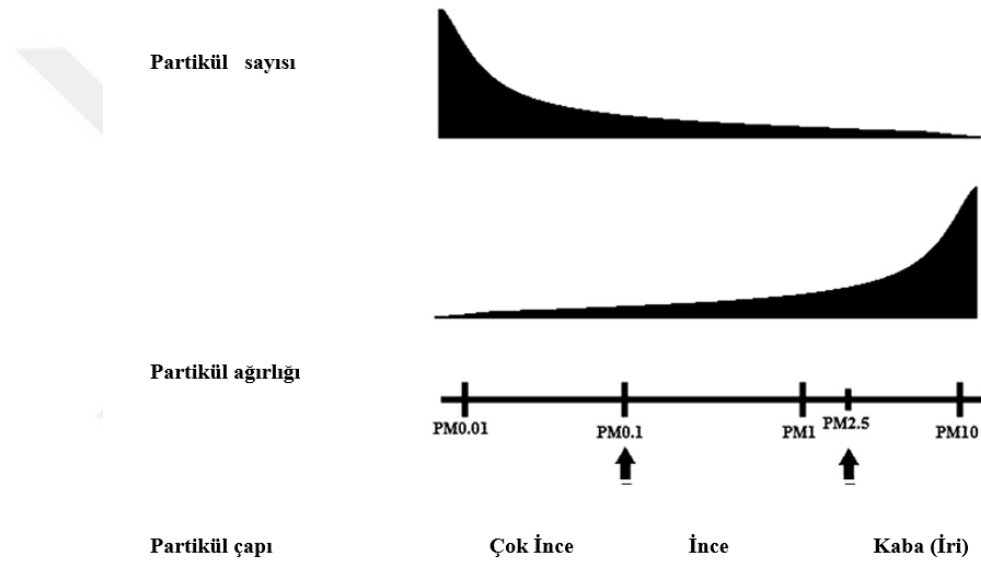
Şekil 7. Partikül madde için boyut karşılaştırması

PM, “aerodinamik eşdeğer çapı” (AED) ile tanımlanabilir. Aynı AED’ye sahip parçacıklar aynı çökme hızına sahip olma eğiliminde olacaktır. Araştırmacılar geleneksel olarak partikülleri; partiküllerin nasıl oluşturulduğuna ve insan solunum yollarında nerede biriktiklerine bağlı olarak AED fraksiyonlarına ayırır: <10, <2.5 ve <0.1 µm (sırasıyla PM10, PM2.5 ve PM0.1).

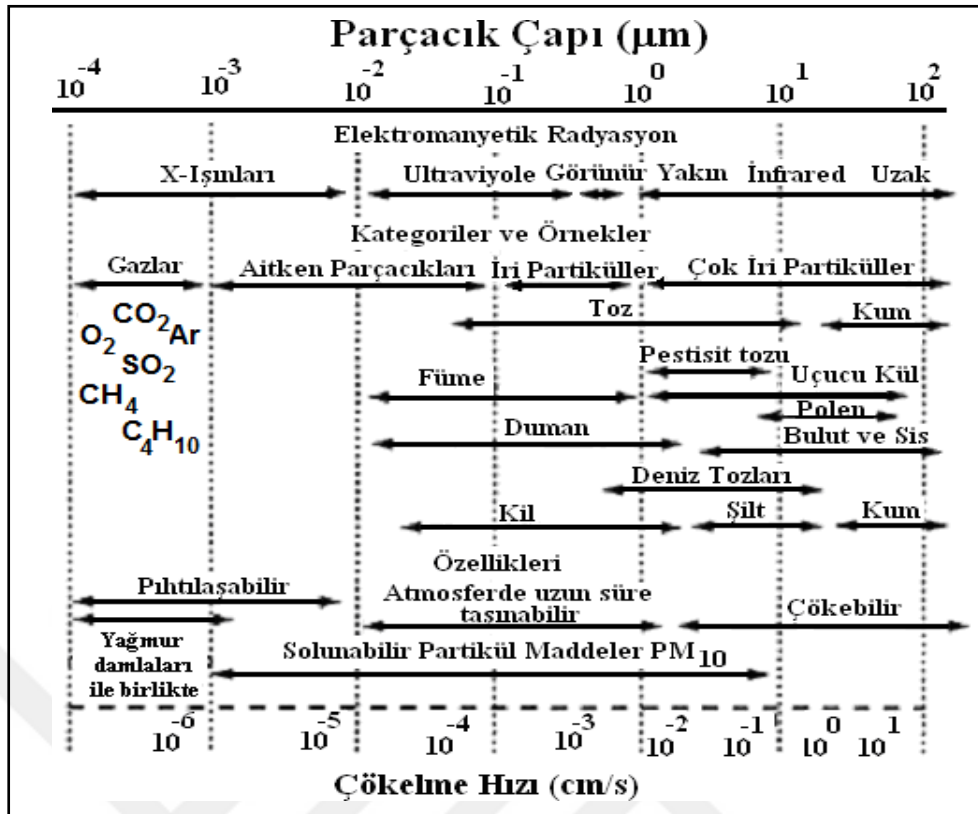
Çapı 10 µm’den büyük olan partiküller nispeten küçük bir süspansiyon yarı ömrüne sahiptir ve büyük ölçüde burun ve üst hava yolu tarafından filtrenir. Araştırmacılar, 2,5 ile 10 µm (PM2,5–10) arasındaki bir çapı “kaba (iri)”, 2.5 mikro metre’den küçük “ince” ve 0,1 mikro metre’den küçük olanı ise “ultra ince” parçacıklar olarak tanımlamaktadır. PM araştırmasını yorumlarken, PM10’un ultra ince (PM0.1),

ince (PM0.1–2.5) ve kaba (iri) (PM2.5–10) fraksiyonlar içerdiğini değerlendirmek önemlidir.

Karışık bir çevresel numunede, bu partiküllerin toplam sayısı ve toplam yüzey alanı, partikül çapı azaldıkça üssel olarak artar. Bununla birlikte, bir maddenin toplam partikül kütlesi, genellikle azalan partikül çapı ile üssel olarak azalır. Örneğin, bir PM10 numunesinde, parçacıkların sayısal çoğunluğu ultra ince olacaktır, ancak bu parçacıklar, Şekil 8’de görüldüğü gibi numunenin toplam parçacık kütlesinin ihmal edilebilir bir bölümünü oluşturacaktır (Anderson ve ark.,2012).



Şekil 8. Karışık Partikül Dağılımının bir varsayımı (Anderson ve ark.,2012).



Şekil 9. PM boyut dağılımı, özellikleri ve çökme hızları

Godish, (2004)'den uyarlanan Partikül maddelere ait boyut dağılımları, özellikleri ile çökme hızları Şekil 9'de gösterilmiştir. Atmosferdeki partiküllere etki eden kuvvetler yer çekimi kuvveti ve yer çekimine karşı sürtünme kuvvetidir. Kaba parçacıklar (PM10) ince parçacıklara (PM2,5) göre daha hızlı çökdikleri için atmosferde daha kısa süreli kalırlar. İnce partiküller ise atmosferde birkaç saat ile birkaç gün arasında kalarak hava akımının etkisiyle yüzlerce kilometre öteye taşınabilmektedirler. Süper ince partiküllerin (PM0,1 – 2,5) atmosferik ömürleri haftalar veya aylar ile ifade edilebildiği için kıtalar arası taşınımaları bile mümkündür (Zeydan, 2014).

Çevreye etkilerinin önemli olması dolayısıyla; izlemesi ve kontrol edilmesi gerekli havada bulunan partikül maddeler (PM), hava kirleticisi gruplarından. 10 mikrondan küçük partiküller (PM10) (ki bunlar özellikle havada uzun süre askıda kalabilirler) ile solunum yollarına ulaşabilecek boyuttaki partikül maddeler (PM2,5)'in konu olduğu son yıllarda hızla artış gösteren sayılarda çalışmalar yapılmıştır. Partikül Maddelerin (PM); güneş kaynaklı enerjiyi ve görüşteki mesafeyi düşürmeleri, güneş ışığını azaltmaları nedeniyle tarım ürünlerinde verim azalmasına, hava-su transferiyle su ekosistemleri etkilemeleri, uzun mesafelere taşınmalarıyla denizel ekosistem alanlarına

etki etmeleri, yoğun seviyelerde solunumla ilgili rahatsızlıklara sebep olması ve ağır metalleri soluyabilme etkisine sebebiyet nedeniyle toksisite oluşturması; belirlenen en önemli çevresel etkilerindendir. Ayrıca, atmosferdeki Partikül Madde varlığı; astım ataklarına, öksürüğe, solunum yolu tahrişine, solunum gücüne, kronik bronşite, cenin kayıplarına neden olma gibi sağlık etkileri oluşturabilir (Yatkın ve Bayram, 2007).

17.10.2013 tarihinde Dış Ortam Hava Kirliliği; WHO (Dünya Sağlık Örgütü ve Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı tarafından (IARC), Grup1.Kanserojen etken olarak ilan edilmiştir. Ayrıca tek başına Partiküler Madde de kanser yapıcı ilan edilip Grup 1'e eklenmiştir (Zencirci ve Işıklı, 2017).

Şu anda birçok çalışmanın; PM10'un akut etki tahminlerini, kantitatif olarak makul ölçüde tutarlı göstermesi; PM10 fraksiyonu içindeki partikül bileşimi veya boyut dağılımının önemsiz olduğunu göstermez. Toz fırtınaları üzerine yapılan çalışmalardan elde edilen sınırlı kanıtlar, bu tür PM10 partiküllerinin, yanma ile ilişkili olanlardan çok daha az toksik olduğuna işaret etmektedir. PM10 boyut oranlarının ve/veya bileşenlerinin ölçüldüğü son çalışmalarda; PM10'un gözlenen etkilerinin aslında iri tanecik (PM10 - PM2.5 farkı) oranıyla değil, büyük ölçüde ince parçacıklar, güçlü aerosol asitliği veya sülfatlarla (ki bu, diğer ikisi için bir vekil olarak hizmet edebilir) ilişkilendirildiği bildirilmiştir (WHO, 2000).

Bununla birlikte; PM2.5 konsantrasyonları, her yıl 800,000 cenin kaybının sebebi olması nedeniyle, bu konuda dünya genelinde mortalite açısından 13. sırada yer almaktadır (Anderson ve ark.,2012).

Dünya Sağlık Örgütü -WHO- tarafından; insanlarda ciddi solunum rahatsızlıklarına sebep olan PM10 miktarının 1 m³ havada en çok 20µg (WHO teknik raporunda "yıllık ortalama" olarak değerlendirilmektedir) olabileceği ve PM_{2,5} değerinin ise 1 m³ havada 10µg'dan fazla olmasının insanlar için zararlı olacağını kabul edilmektedir.

Dünyanın her tarafındaki araştırmacılar; sağlıklı şehir ormanlarıyla PM düzeylerinin azalması arasındaki bağı yıllardır belirlemektedirler. Amerika Birleşik Devletleri'nde Doğal Ortam Araştırma Teşkilatının araştırma sonuçlarına göre (2007); uygun ağaçlandırma bölge ve alanları bulunması durumuna bağlı olarak yerleşim yerlerinde fazla miktarlarda ağaçlandırma yapılmasıyla %10-20 oranında PM azalmasının sağlanabileceği göstermiştir. Yine Amerika Birleşik Devletlerinde; 2006 yılında yayınlanan Şehir Ormanları Araştırma Merkezi'nin araştırmalarında,

Sacramento bölgesinde 6 milyondan fazla adet ağaç yıllık 700 tondan fazla PM10 kirleticisini giderildiği dikkat çekilmektedir (URL 16).

Atmosferde bulunan PM kaynakları; deniz, toprak, volkan, çöl, bataklık v.b. gibi tabii faktörlerden olabildiği gibi fosil türevi yakıtların kullanılması, sanayi gibi insan menşeyli de olabilir ve bunların etki oranları bölgelere göre değişebilir. Sanayileşmenin ve nüfusun hızlı artışına paralel olarak fosil yakıtların da tüketiminin çoğalması; dünyada pek çok bölgede atmosfer içindeki PM konsantrasyonlarının artması neticesini oluşturmuştur. Şehirlerin atmosferindeki PM konsantrasyonunun büyük bir kısmından, genellikle, insan kaynaklı kirleticiler sorumludur. Aktif volkanlarla çöllerin bulunduğu bölgelerde ise doğa kaynaklı kirleticilerin PM konsantrasyonlarına etkisi çok daha büyüktür. Dünyada Partikül Madde konulu çalışmalar; konsantrasyonlarının tespit edilmesi, mevsimsel-bölgesel değişmelerin gösterilmesi, element değerlerinin bulunması ve orijinlerinin belirlenmesi üzerinde yoğunlaşmaktadır ve son yıllarda bu çalışmaların sayısı hızla artmaktadır. Ülkemizde de bu türden çalışmalar yıllardan beri sürdürülmektedir. Bu konuda değişik alanlarda yapılmış incelemeler, PM değerlerin kış mevsiminde artmakta olduğu ve element değerlerinin çoğunlukla alkali toprak bileşenlerden oluştuğu ortaya çıkarılmıştır (Yatkın ve Bayram, 2007).

Partikül maddelerin kimyasal yapıları boyutlarına göre değişiklik göstermektedir. İnce partiküller yapılarında sülfat, nitrat, amonyum ve organik bileşikler barındırabilmektedirler. Ayrıca, ince partiküllerin yapılarında asidik maddeler, metaller, toprak erozyonundan kaynaklı tozlar ve sağlık etkileri oluşturabilecek diğer kirleticiler de mevcuttur. Partiküllerin yapılarındaki organik bileşikler doğrudan insan aktivitelerinden kaynaklanır. Örneğin, dizel yakıtlı otomobiller ve ağır vasıtalarından salınan partikül maddelerin yapısında asitler, aromatik aldehytler, n-alkanoik asitler, n-alkanlar ile çoklu aromatik hidro-karbonlar bileşikler bulunmaktadır.

İnce Partikül Maddelerin yapılarında bulunan metaller ise partiküllerin kaynağına göre değişiklik göstermektedir. Erozyon kaynaklı tozlarda yer kabuğunda görülen metallere demir (Fe), krom (Cr), manganez (Mn), kurşun (Pb), çinko (Zn), nikel (Ni), vanadyum (V), kobalt (Co), bakır (Cu), kadmiyum (Cd) ve civa (Hg) gibi metaller bulunmaktadır. Termik santrallerden atmosfere salınan uçucu küllerin yapıları incelendiğinde ise alüminyum (Al), demir (Fe), silikon oksitleri ile yüksek konsantrasyonlarda manganez (Mn), nikel (Ni), kurşun (Pb), vanadyum (V), krom (Cr), nikel (Ni), bakır (Cu), kobalt (Co), arsenik (As) ve antimon (Sb) gibi maddelerin

bulunduğu belirtilmiştir. Trafikten kaynaklanan partikül madde emisyonlarında ise magnezyum (Mg), alüminyum (Al), silisyum (Si), fosfor (P), kükürt (S), potasyum (K), titanyum (Ti), kalsiyum (Ca), manganez (Mn), bakır (Cu), demir (Fe), çinko (Zn) ve Kurşun (Pb) bulunabildiği bildirilmiştir (Zeydan, 2014).

2007 yılında Samsun Organize Sanayi Bölgesi'nde yapılan çalışmada; partikül madde (PM), SO₂, NO_x, CO ve O₃ hava kalitesi ve kirletici parametreleri ölçülerek yapılan istatistiksel analizlere göre, Nisan ayındaki partikül madde (PM) konsantrasyonu meteorolojik ölçümler arasında pozitif ilişki belirlenmiş, basıncın etkisinin diğerlerine göre yüksek olduğu görülmüştür (Akdemir, 2007)

2.6. Hava Kalitesi Modellemesi

2.6.1. Kirleticilerin Atmosferdeki Davranışları

Hava kalitesini azaltan kirleticilerin atmosfer içerisindeki yayılım karakteri, kirletici partiküllerin niteliğinin yanında; meteorolojik hareketler ile atmosferin dinamik yapısından da önemli derecede etkilenmektedir. Hava kirleticilerin, kaynaktan çıktıktan sonra atmosferde dağılımları, rüzgârın hızı ve yönü başta olmak üzere güneş ışığının oranı, ortam sıcaklığı, atmosferdeki türbülans durumu, bulut örtüsü, karışma yüksekliği seviyesi, enverziyon katmanıyla yağış ve rutubet v.b. meteorolojik faktörler ile değişiklik göstermektedir. Atmosferde görülen fiziksel kanunlardan ve olaylardan sayılan bu atmosferik etkiler oluşmaktadır. Atmosferik ortamdaki bazı fizik, durumlar; kirletici faktörlerin taşınması ve dağılmasını kolaylaştırmakta veya kısıtlamaktadır. Gazların deşarj noktasından gidebileceği en uzak mesafenin, rüzgâra bağlı uzaklık incelendiğinde, kirletici gazların atmosferdeki maksimum çözünürlüğüne bağlı olarak değişiklik gösterdiği görülmektedir. Bunun sonucunda da kirletici kaynakla ne kadar çok mesafe olursa, yer seviyesinde kirletici konsantrasyonu da o kadar düşmektedir. Rüzgârın estiği hâkim yön, duman bulutunun akım yönünü de belirlemektedir. Rüzgâr hızı; duman bulutunun akımını etkilemektedir. Hızla esen rüzgârda duman bulutu akımı da hızlı olacak ve seyrelme oranı da artacaktır.

Örneğin yer seviyesinden veya yüksek bir kaynaktan (örneğin baca) yayılan bir kirletici, ani şekilde atmosferik işleme maruz kalmaktadır ve dikey-yatay taşınımına uğrarken gittikçe artan bir şekilde dağılma eğilimi göstermektedir. Taşınım; gaz ve partiküllerin hava hareketleri ile bir bölgeden başka bir bölgeye taşınımı olayı olarak

değerlendirilebilir ve farklı kaynaklardan gelen, birbirleri ile etkileşen kirleticiler için bir dağılım ve seyrelme ortamı sağlamaktadır.

Atmosferin yapısı kararsız olup, değişkenlik gösterebilir. Atmosferin kararsızlık durumlarında, üst katmanlara yönelen bir çok karışım durumu görülür, bu olay özellikle baskın güneşlenme ile rüzgârın hakim durumda olduğu zaman periyodunda meydana gelir. Benzeri bir durumda; hava kirleticileri daha hızlı yayılabilmekte, geceleriye daha kararlı bir duruş sergilemektedirler. Bunun neticesi olarak da kirletici dağılımı yavaşlamaktadır.

Atmosferdeki kirleticilerin dağılımına tesir eden etkenlerden biri de karışım yüksekliğidir. Yeryüzü üstündeki hava kütesinin dikey yönlerde oluşan ve nispi bir şekilde bir karışım olduğu yüksekliğe; karışım yüksekliği denir ve burada kirletici yoğunluğu artış gösterir. Karışım yüksekliğinin doğal ve kararsız şartlarda görüldüğü farz edilmektedir. Mevsimsel veya günlük olarak yüksekliği farklı durum göstermekle birlikte; yüksek basınç sistemlerinden ve topoğrafya yapısından önemli olarak etkilenmektedir. Gün farklı saatlerinde; gün doğumundan önceki zaman periyodunda minimum karışım yüksekliği olup, saatler ilerledikçe güneş ışınları ile gelen sıcaklığın artmasıyla karışım yüksekliği oranında artmaktadır. Maksimum değere ise yaz aylarında öğleden sonranın ilk saatlerinde ulaşmaktadır (sıklıkla ilk birkaç bin metrede). Minimum değeri de sonbaharın sonları ve kışın kuzey yarımküre ile orta enlemlerde görülmektedir. Atmosferde karışım seviyesi kirletici dağılmasında önemli bir rol oynar. Kış aylarında, durumun beklenildiği gibi yaz mevsiminden daha kirli olmaktadır. Bunun nedeni ise kış mevsiminde hava karışım yüksekliği seviyesinin daha düşük olmasıdır. Konsantrasyon; matematiksel olarak kütle hacme oranı olarak tanımlanmaktadır. Bir kentsel çevrede emisyonların, eşit olarak karıştığı, düşük karışım yüksekliğinde yüksek ortam konsantrasyonlarında olduğu farz edilmektedir. Atmosferik sınır katmanı ise kirleticilerin yoğunluklarının değiştiği, meteorolojik koşulların hüküm sürdüğü, troposferin küçük bir kısmıdır. Kirleticilerin dağılımı ise iki farklı işlem sonucunda meydana gelmektedir:

-Uzun ömürlü kirleticilerin uzak mesafelere taşınımını açıklayan, rüzgâr alanlarının oluşturduğu yatay taşınım,

-Sınır katmanı efekti sonucu atmosferik türbülansların meydana getirdiği dikey karışım (Demirarslan, 2018).

2.6.2. Hava Kalitesi Dağılım Modelleri

Birçok çalışma, özellikle hava şartlarının ve lokasyonun günlük hava kalitesinin belirlenebilmesinde önemli bir role sahip olduğunu göstermiştir. Sıcaklık ve gün ışığı (veya bulutluluk), NO_x ve VOC'lerden yüzey ozonu oluşumundaki fotokimyasal reaksiyonların verimliliğinde önemli bir etkidir. Rüzgâr hızı, kirleticilerin bölgeden uzaklaşmasında, rüzgâr yönü ise kirleticilerin hangi noktaya yönelmesi üzerinde etkilidir. Kirletici alanı üzerindeki antisiklonik koşullar sıklıkla alçak basınç inversiyonunu tetiklemekte ve bu da kirleticilerin dikey yöndeki hareketini belirlemektedir. Bu durumda ise yüzeye yakın sağıksız hava beraberinde gelmektedir. Nem koşulları da ikincil kirleticilerin dönüşümünde veya kuru ve yaş birikiminde özellikle etkili olmaktadır.

Anlatılan tüm bu durumlar kirleticilerin atmosfer içerisindeki davranışlarında etkilidir ve bilinen bu koşullar kirletici hareketlerinin hesaplanmasında önemli verilerdir. Sonuç olarak hava kalitesi ile ilgili modeller, atmosferik emisyonlar, meteoroloji, atmosferdeki konsantrasyon, birikim ile diğer faktörlerin arasındaki ilişkilerin belirlendiği sayısal araçlar olarak tanımlanır. Hava kalitesi modelleme hesaplamaları ile hava kalitesinin birebir gerçek ölçümü arasında her zaman farklılıklar bulunmaktadır. Özellikle hava kirliliği ölçümleri, ortam konsantrasyonları ve birikim hakkında önemli kantitatif bilgiler vermesine karşın, sadece hava kalitesi probleminin nedenini tanımlayamadan, belirli bir alanda ve zamandaki hava kalitesini göstermektedir. Hava kalitesi modellemesinin değerlendirilmesi, geçtiğimiz yıllarda artan bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bundan yaklaşık 10 yıl önce yapılan modellemeler aylarla ifade edilebilecek uzunlukta hesaplamalarla yapabildiği sınırlı çalışmalar iken günümüzde bilgisayar teknoloji ilerleyip kapasiteleri arttıkça modellerin kabiliyetleri de orantılı olarak artmıştır.

Atmosferik dağılım; topoğrafyaya, arazi kullanımına, meteorolojiye ve emisyonlara bağlıdır. Bu veriler havadaki kirlilik konsantrasyonlarının karmaşık tahmininde ve hava kalitesi modellerinde sistematik olarak kullanılan karmaşık bir prosestir. Kullanılan modelleme yöntemleri karmaşık olmasına rağmen, elde edilen sonuçların kesinliği ve doğruluğu, bu modellerde kullanılan emisyon envanterine bağlı olarak azalmaktadır.

Yukarıda yapılan açıklamaların sonucunda dağılım modeli kavramı, salınan kirletici konsantrasyonları için bilimsel prensiplere dayanan matematiksel veya fiziksel

süreçlerin ilişkileri olarak özetlenebilir ve modelleme sonuçları ile çalışma alanının hava kalitesi hakkında bilgi sahibi olunabilir. Ayrıca yeni kurulacak bir fabrikanın yer seçiminde ve baca tasarımının yapılmasında, filtrasyon sisteminin tesisinde yardımcı olmaktadır. Bunun yanında emisyon kaynağından en çok etkilenebilecek alanların izlenmesinde ve buralara farklı senaryoların uygulanmasında da kullanılabilir. Dağılım modellerinde emisyon oranı bilgisine, meteorolojik ve topoğrafya verilerine ihtiyaç vardır ve dağılım sürecini anlayabilmek için iki durum bulunmaktadır:

-Atmosferde yayılan kirleticilerin konsantrasyonları her zaman azalma eğilimi göstermektedir. Konsantrasyon asla ilk yayıldığı konsantrasyondan büyük olamaz,

-Yayılan duman en sonunda atmosfer ile aynı momentuma sahip olacaktır (örneğin hareketin yönü ve hızı). Böylece duman yayıldığında karışım süreci momentum ve bileşenlerin karışımını barındıracaktır.

Dağılım, atmosfer içerisinde salınan kirleticilerin seyrelmesini ve taşınımını içermektedir. Dağılım modelleri ise bir kaynaktan çıkan kirleticilerin atmosferik süreçlerini matematiksel formülasyonlarla karakterize etmektedirler. Uzun mesafeli atmosferik dağılım modelleri, bölgesel ve kıtasal ölçeklerde, saat ve günlerle ölçülebilecek düzeyde konsantrasyonları hesaplayabilmektedirler. Kirleticilerin dağılım ve taşınımına birçok faktör etki etmektedir ve bunları matematiksel modellemeler olmaksızın açıklayabilmek mümkün olamamaktadır. Atmosferik kirleticilerin modellemesinde kullanılan birbirinden farklı birçok matematiksel modelleme vardır ve bu modeller söz konusu amaçlarda kullanılabilir. Modelleme teknolojisi dağılım ve seyrelme davranışlarının analizi için kullanışlı ve ekonomik bir yöntemdir. Dağılım hesaplamalarında kullanılan birçok model bulunmaktadır. Örneğin, plume modelleme rüzgârın olduğu koşullarda, kararlı hallerde, kirletici dağılımını hesaplayabilmektedir. Bir diğer yaklaşım ise Puff modelledir, bu modelleme sistemi ise rüzgârsız sakin koşullarda kullanılmaktadır. Puff modeller karmaşık arazi yapısı üzerindeki atmosfer içerisindeki dağılımları konusunda oldukça etkili olmaktadır. Bu modellerin pratikliği ve teorik basitliği ile esnekliği kirletici dağılımında bu modelleri başarılı hale getirmiştir. İlk puff modellerin kirletici dağılımlarında Gauss formülasyonunu kullandığı literatürde görülmekte ancak son yıllarda ise farklı formülasyonların ortaya çıktığı bilinmektedir.

Hava kirliliği dağılım modellemeleriyle çalışılırken, hava kirleticilerinin atmosferdeki dağılımı, matematiksel olarak tahmin edilebilmektedir. Bu işlem,

geliştirilen bilgisayar programlarıyla kirleticilerin matematiksel eşitliklerinin ve algoritmalarının çözülmesiyle mümkün olmaktadır (Demirarslan, 2018).

2.6.3. Hava Kalitesi Modellerinin Kullanım Amaçları

Hava kirleticilerinin kaynaktan havaya verilmesinden sonra atmosferdeki hareketliliğin (dispersiyon ve taşınım), giderim ve oluşum olaylarının (yağ ve kuru çökeltme, fiziksel, kimyasal reaksiyonlarla) ve alıcı noktalardaki değerlerin matematiksel simülasyonu olarak tanımlanan Hava Kalitesi Modeli için kullanılan matematiksel ifadeler; enerji korunumu, genellikle kütle ve moment denklemleridir.

Hava kalitesi için modellerine; Emisyon Envanteri, Meteoroloji, Kimyasal Reaksiyonlar ve Topografya verileri girdi olarak yüklenir ve Kirlilik Dağılım Haritaları ile İstenen koordinattaki kirletici konsantrasyonları (zaman serisi olarak) çıktı olarak alınır.

Veriler ve denklemler yardımıyla oluşturulan Hava Kalitesi Modellemeleri;

1. Bilimsel amaçlı araştırmalar
 2. Hava kalitesinin yönetimi ve bu konularda karar verilmesi (Ulaşım sistemleri planlama, Arazi kullanımını planlama)
 3. Hava kirliliğinin kontrolünün sağlanması (Kontrol stratejilerini geliştirmek, Kirlilik öngörülerini yapabilmek için)
 4. Çevresel etkilerin değerlendirmesi
 5. Hava kirliliği episodları (Erken uyarı sistemleri) amaçlarıyla;
- kullanılabilmektedirler (URL 17).

2.6.4. Modellerin Sınıflandırılması

Modelleri fiziksel ve matematiksel olmak üzere iki gruba ayırmak mümkündür. Fiziksel modeller; genellikle bir olayı laboratuvar ortamında simüle etmek ve matematiksel modeller için gerekli olan parametreleri bulmak amacıyla kullanılırlar. Rüzgâr tüneli deneyleri fiziksel modellere örnek olarak verilebilir. Matematiksel modeller bir veya birden fazla parametre değerinin hesabı için bilinen parametrelerin bazılarının kullanıldığı matematik hesaplamalarıdır. Matematiksel modeller; atmosferde gerçekleşen olayları matematik formülleriyle ifade eden deterministik modeller olabildikleri gibi ölçüm ve istatistiksel ilişkilere bağlı olan stokastik modeller de

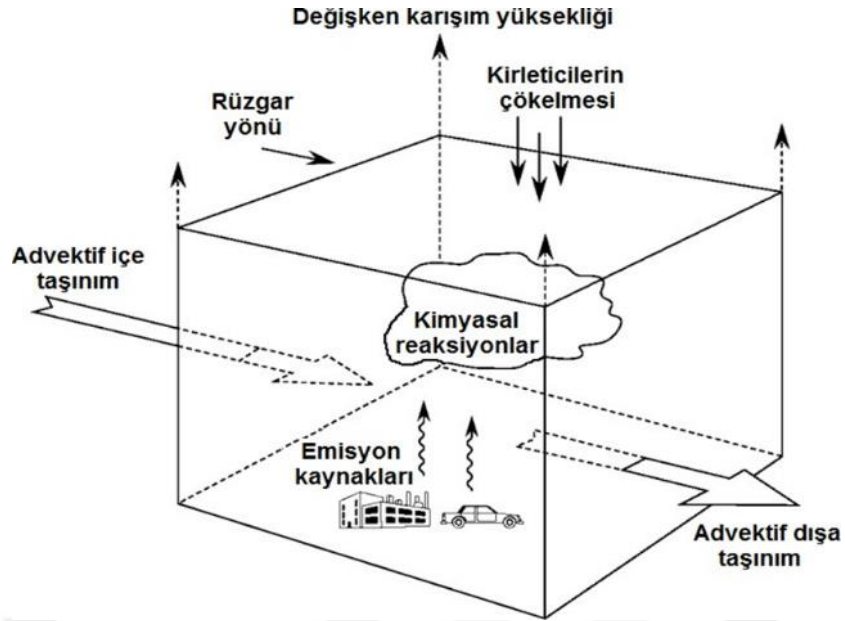
olabilirler.

Hava kalitesinin belirlenmesinde kullanılan modelleri; Zanetti (1990) şu şekilde sınıflandırmıştır (Zeydan, 2014):

- Hüzmenin yükselme fonksiyonları
- Ampirik modelleme
- Kimyasal modeller
- Lagrange modeller
- Euler modeller
- Gauss modelleri
- Reseptör modelleri
- Stokastik modeli

Havanın yükselmesi modellenirken sıcaklıkla yükseltme etkisi ve dikey hareketlilik bacadan salınan gazların yükselmesi için etkindir. Bunun gibi modellerde horizontal değişim ve dağılmanın temel aşamasındaki duman davranışı hesabını amaçlamaktadır.

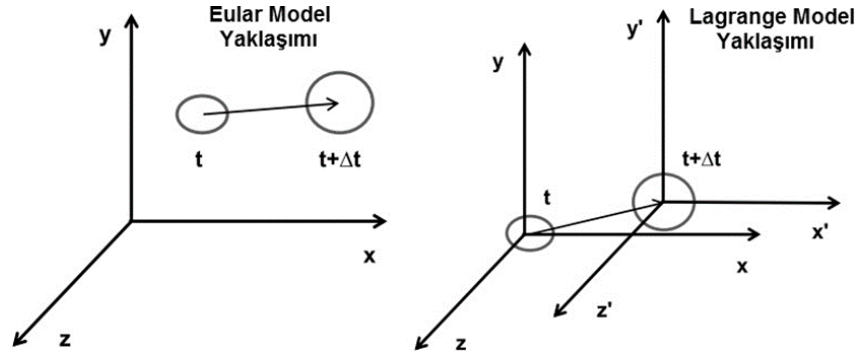
Basitlik esasına dayanan, yarı-ampirik modeller ve ilaveten ampirik parametreler kullanılan temel model düzenlemesidir. Kutu modeli olarak gösterilebilen modeldir. Gaz kütlelerinin sakınımı hesaplamasını temel alan kutu modeli hem reaktif hem de inert tip kirletici parametreler için kullanılabilir. Model kutu içerisinde kirleticilerin değerlerinin harmonize olduğu varsayan bu gibi modellerde kirleticilerin faktörler, fizikokimyasal reaksiyonlar ile kutu dahiline ve haricine kirleticiler meteorolojik şartlarla transfer hesabına dahil edilir. Birincil avantaj modelin yeterince basit olması ve kolay hesaplanma imkânıdır. Diğer taraftan, kutu tipi modeller kirleticiler için alansal dağılımı hususunda bilgi sağlayabilmekten yeterince uzaktır. 1990'lı yıllarda oldukça popüler olan bu modeller günümüzde hemen hemen hiç kullanılmamaktadır.



Şekil 10. Basit kutu modeli

Grid modeller veya çok kutulu modeller olarak da adlandırılan Euler modellerinde kirlenmenin konsantrasyonu, kütlenin korunumu temeline göre dağılım eşitliği sayısal olarak işlemlerle hesaplanır. Euler model tiplerinde koordinat sistemi sabittir. Euler model tipi genellikle meteorolojik tahminlerinde kullanılabilir. Weather Research and Forecasting - Hava Durumu Araştırmaları ve Tahmin (WRF) ve Mesoscale Model - Orta Ölçekli Meteorolojik Model (MM5) meteorolojik model Euler atmosferik modellerine misal olarak verilebilir. Topluluk Çok ölçekli Hava Kalitesi Modelleme Sistemi-Community Multiscale Air Quality Modelling System (CMAQ) model de yeterince sıklıkla kullanılan bir Euler hava kalitesi modeli olarak kabul edilir.

Hızın küçük elementlere bölündüğü Lagrange model yaklaşımı, kutu modeline benzer ve akışkan parçacık yollarını, zaman parametresinin bir fonksiyonu olarak açıklar. Lagrange modellerinde, Euler modellerinde olduğu gibi koordinat sistemi sabit değildir (Şekil 11). Lagrange kutu modellerinde türbülanslı karışma hesaba katılmayıp, kimyasal kinetikler (kuru ve yaş çökme, kimyasal reaksiyonlar) için ilgili eşitlikler arzının hareket eden eğri yönünde düzenlenebilmektedir.



Şekil 11. Euler ve Lagrange model yaklaşımları

Gazlarla aerosollerin; atmosferdeki olaylar kimyasal model için temel dayanaktır. Ozonla sekonder kirleticilerin oluşuma olayını izah eden modeller örnek olarak verilebilirler. Havadaki kirletici kimyasal reaksiyonları hesaplayan CAMx ve CMAQ (Detaylı Hava Kalitesinin Modelilemesi ve Uzantıları- Extentions Comprehensive Air Quality Model) modelleri için kimyasal modeller için örnek verilir.

Dispersiyon modellerinin tersi olarak da düşünebileceğimiz alıcı modelleri, konsantrasyonunun tespit edildiği reseptörün bulunduğu noktadan başlayarak, bu konsantrasyonun oluşmasına tesir eden kirletici kaynaklarını bulmak için kullanılır. Reseptör noktasında toplanan veriler istatistiksel olarak değerlendirilerek farklı kirletici kaynakların reseptör noktasındaki konsantrasyona etkisini belirleyebilmek mümkündür. Reseptör modellerindeki ilk işlem, gazlarla partiküllerin konsantrasyonlarını ölçmektir. Mümkünse partiküllere ait boyut dağılımı da belirlenmelidir. Kirletici kaynaklardan salınan emisyonlar; fiziksel ve kimyasal özelliklerinin farklı olması mantığıyla reseptör noktasına hangi kaynaktan ne kadar etki edildiği bulunabilir.

Stokastik modeller için, istatistiki veya yarı-ampirik yollar kirleticinin derişiminin diğer parametreler için (mesela meteorolojik parametrelerin) ilişkilerinin ne şekilde değişeceğini izaha çalışan model tipidir. İstatistiki modellerle diğer deterministik model arasındaki önemli değişiklik, deterministik modelde hesaplamalar sebep-sonuç ilişkisi kullanması ve istatistiki modelde ise yarı-ampirik ilişkiler hesaba alınır. Emisyon envanterine stokastik modellerde ihtiyaç yoktur. Özellikle gerçek zamanlı emisyon envanterinin mevcut olmaması gibi durumlarda bu oldukça önemli bir avantaj olarak düşünülebilir. Stokastik modellerin bir başka avantajı da genellikle basit olmaları ve uzman olmayan kişilerce de

kullanılabilmeleridir. Bu modeller, kısa vadede konsantrasyon öngörülerini için uygundur. Regresyon analizi, yapay sinir ağları, frekans dağılım analizi, bulanık mantık ve zaman serisi analizi sıklıkla kullanılan metotlardır.

Gauss modelleri, bacadan salınan kirletici derişiminin, rüzgâr istikametine dik olup dikey yönde ve enine ekseninde gauss dağılımıyla açıklanabilmesi temeline dayanır. En genel olarak bilinen modeller çoğunlukla gauss tipi modelleridir (Zeydan, 2014).

Hava kalitesi modellerini ölçeklerine göre 3 gruba ayırmak mümkündür:

- Mikro ölçekli modeller (<1 km): hava hareketleri yerel topografyaya bağlıdır. Cadde kanyon modelleri bu türe örnektir.

- Orta ölçekli modeller (10 – 100 km): hava hareketleri sinoptik ölçekte olmakla beraber, yüzey pürüzlülüğü gibi etmenlerden de etkilenmektedir.

Makro ölçekli modeller (~1000 km): hava hareketleri alçak ve yüksek basınçlar gibi sinoptik ölçekteki atmosferik olaylardan etkilenir. Uzun mesafeli taşınım modelleri bu türe örnek olarak verilebilir (Zeydan, 2014).

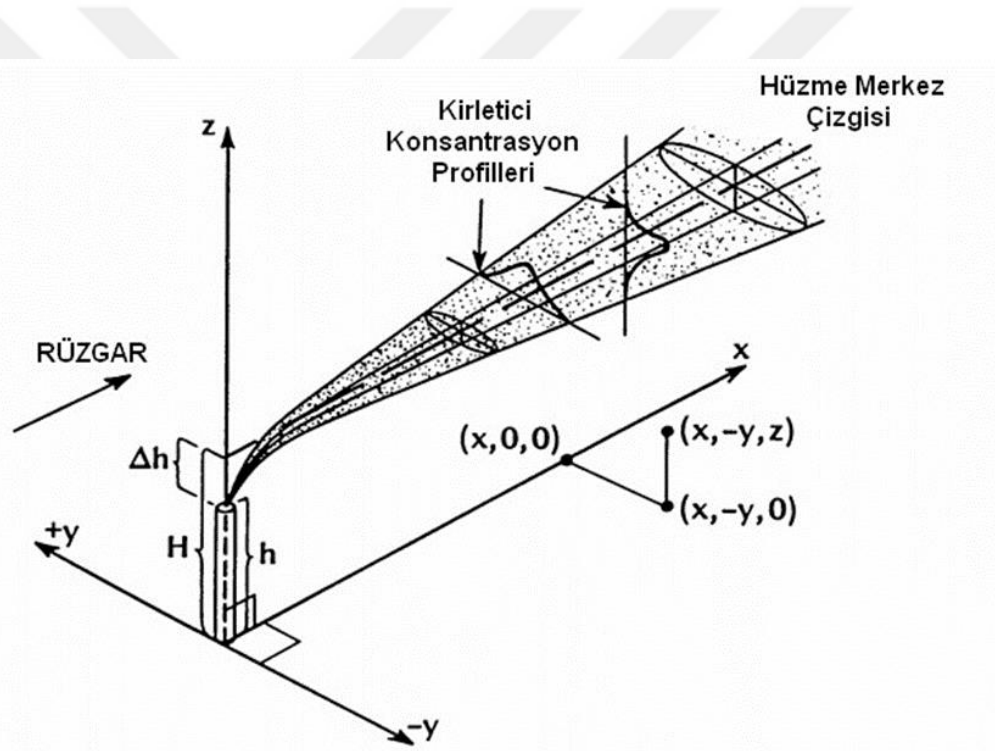
2.6.5. Gauss Dispersiyon Modeli

Dispersiyon modelleri, maddenin korunumu esasına dayanan diferansiyel denklemlerin belirli kabuller ile elde edilen analitik çözümleridir. Bir kaynaktan yayılan emisyonların rüzgâr yönündeki oluşturacağı konsantrasyonların belirlenmesinden en yaygın kullanılan yöntem; Gauss Dispersiyon Modelidir. Bu model, bir noktasal kaynaktan salınan gazların kararlı durumda, rüzgâr istikametine dik olan eksenlerde (z ve y eksenleri) belli süreç içerisinde "Gauss" veya "Normal" tipte bir dağılım göstereceği esasına dayandırılmaktadır (Şekil 12). Rüzgarla beraber hareket eden hüzme dağılımındaki esas etken, türbülanstır. Maksimum kirletici konsantrasyonu hüzme merkez çizgisinde (x ekseninde) oluşmaktadır. Y ve z eksenlerindeki hüzme genişlemesi y yönünde hüzmenin standart sapması (σ_y) ve z yönünde hüzmenin standart sapması (σ_z) ile belirlenmektedir. Hüzmenin yer şekillerinden (binalar gibi) etkilenmesi modelde σ_y ve σ_z değerlerinde yapılan değişikliklerle tanımlanmaktadır.

Gauss dispersiyon modelinin kabulleri şu şekildedir:

► Kararlı durum söz konusudur, diğer bir deyişle kirletici emisyonu sabittir, zamanla değişmez.

- Rüzgâr hızı sabittir, zamanla değişmez. Bu durum gerçektekinin tam tersi olduğu için bazı gelişmiş dispersiyon modelleri atmosferi katmanlara bölerek her katmanda farklı rüzgâr hızı ve stabilite değeri kullanmaktadır.
- Rüzgâr sadece x yönünden eser.
- Rüzgârın estiği yönde, rüzgâr ile taşınım difüzyonla taşınımına göre çok daha önemlidir.
- Kütle korunumu mevcuttur, kirleticiler kimyasal reaksiyona girmezler veya herhangi bir atmosferik giderim mekanizması ile konsantrasyonları değişmez.
- Kirletici partikül madde ise çökelmeye uğramamaları için parçacık çapı $20 \mu\text{m}$ 'den küçüktür. Dolayısıyla iri toz tanecikleri için modelde modifikasyon yapılmalıdır.



Şekil 12. Gauss Dispersiyon modeli

Gauss dispersiyon modelinin en büyük dezavantajlarından birisi düşük rüzgâr hızlarında ve kirletici kaynağa çok yakın olan mesafelerde (<100 m.) konsantrasyonları olduğundan daha fazla tahmin etmesidir. Ayrıca bu model tüm rüzgâr yönü boyunca konsantrasyonları sıfırdan farklı olarak hesapladığı için uzak mesafeler (>50 km.) için kullanılmamalıdır.

Gauss modelini açıklayabilmek için noktasal bir kaynaktan salınan bir kirleticinin, yoğunluğu değişmeyen havada, sabit rüzgâr hızı (u) ile x eksenı boyunca

hareket ettiğini düşünelim. Yataydaki (x eksenindeki) adveksiyon ile taşınmanın, dikey (z) ve enine (y) eksenlerindeki difüzyon ile dengelendiği düşünüldüğünde kütleli korunumu denklemi yazılacak olursa Denklem (1) elde edilir:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} = K_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + K_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \quad (1)$$

Burada;

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

x: Rüzgar yönündeki eksen

y: Rüzgar yönüne enine eksen

z: Rüzgar yönüne dikine eksen

t: Zaman

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

K_i : Türbülanslı diffüzyon katsayısı (i: x, y ve z)

Denklem (1)'deki eşitlik hiçbir sınır durumu tanımlanmadığı zaman Gauss fonksiyonu ile çözülür (Denklem (2)). Türbülanslı diffüzyon katsayılarını ise Denklem (3)'de şekli ile tanımlamak mümkündür.

$$C(x, y, z, H) = \frac{Q}{(2\pi t)^{3/2} \sqrt{K_x + K_y + K_z}} \exp \left[-\frac{(x-ut)^2}{4K_x t} - \frac{y^2}{4K_y t} - \frac{z^2}{4K_z t} \right] \quad (2)$$

$$K_i = u \frac{\sigma_i^2}{2x} \quad (i: x, y, z) \quad (3)$$

Denklem (1)'de, x ekseni yönünde adveksiyonla taşınım, dispersiyonla taşınımına göre çok daha etkili olacağından (Denklem (4)) x ekseni yönündeki dispersiyon ile taşınım terimi ihmal edilebilir.

$$\left| u \frac{\partial C}{\partial x} \right| \gg \left| K_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \right| \quad (4)$$

Rüzgâr yönündeki dispersiyon terimi Denklem (1)'den çıkarıldıktan sonra, sürekli olarak (zamana göre sürekli) sabit bir emisyon (Q) salan ve koordinatları belirli (0, 0, H) bir kirlitici kaynağından salınan kirleticinin konsantrasyonunu hesaplamak için kullanılacak olan Gauss eşitliği Denklem (5)'de verilmiştir. Denklemdeki "H" etkin baca yüksekliğini ifade etmektedir. Bu denklem yer yüzeyinden yansımanın olmadığı durumlar için geçerlidir. Yer yüzeyinden yansımanın olduğu durumlarda (Şekil 13) ise Denklem (5)'e sanal bir kaynağın (z+H) eklenmesi gerekmektedir ve eşitlik Denklem (6)'daki hale dönüşür.

$$C(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp \left[\frac{-y^2}{2\sigma_y^2} \right] \left\{ \exp \left[\frac{-(z-H)^2}{2\sigma_z^2} \right] \right\} \quad (5)$$

$$C(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp \left[\frac{-y^2}{2\sigma_y^2} \right] \left\{ \exp \left[\frac{-(z-H)^2}{2\sigma_z^2} \right] + \exp \left[\frac{-(z+H)^2}{2\sigma_z^2} \right] \right\} \quad (6)$$

Burada,

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

u: x yöndeki ort. rüzgarın hızı (m/s)

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

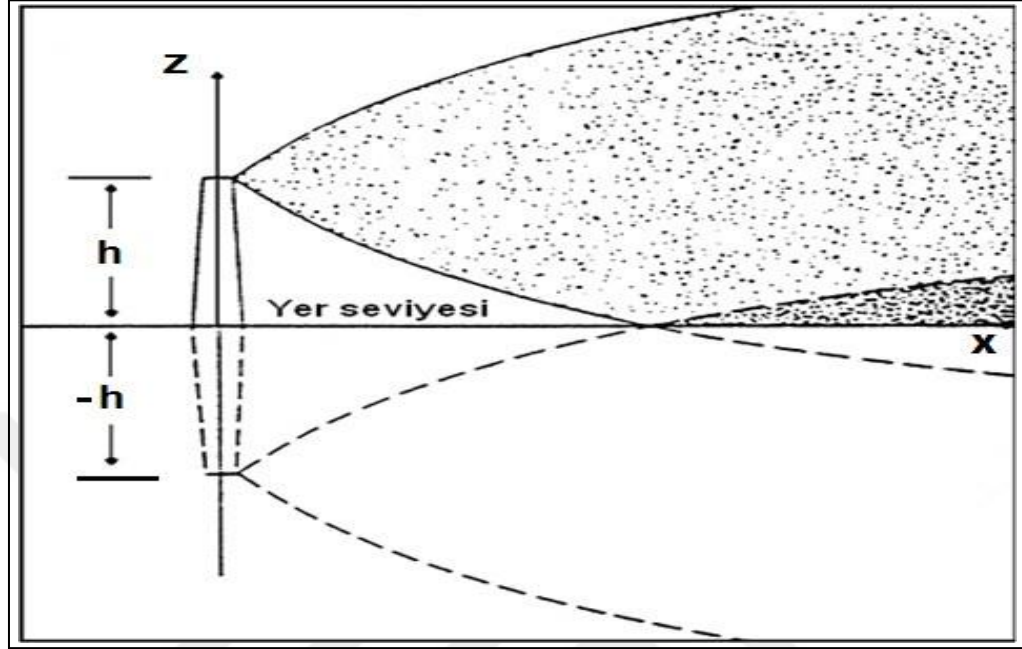
σ_y : y yönünde hüzme standart sapması (m)

σ_z : z yönünde hüzme standart sapması (m).

H: Etkin bacanın yüksekliği (m)

Herhangi bir kaynaktan atmosfere salınan hüzme, bazı durumlarda yer yüzeyinden yansımaya ek olarak inversiyon katmanından da yansıyabilmektedir. İncersiyon katmanı hüzmenin karşısında bir bariyer olarak duracağı için yukarı yönlü dispersiyon gerçekleşemeyecektir. En kötü kirlilik episodlarında görülen bu durumda, Gauss Denklemine yeni yansıma terimlerinin eklenmesi gerekmektedir. Denklem (5)'e, Şekil 14'de görülen sanal kaynaklar (A, B, C ve D) sırasıyla eklendiğinde Gauss

eşitliği Denklem (7)'deki halini alacaktır. Denklem (7)'deki H_{b1} terimi inversiyon katmanının yüksekliğini (m) belirtmektedir.



Şekil 13. Yer yüzeyinden yansımının olduğu durumda sanal kaynak

$$C(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left[\frac{-y^2}{2\sigma_y^2}\right] \left\{ \begin{array}{l} \exp\left[\frac{-(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[\frac{-(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[\frac{-(z-2H_{b1}+H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \\ + \exp\left[\frac{-(z+2H_{b1}-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[\frac{-(z-2H_{b1}-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \end{array} \right\} \quad (7)$$

Bacadan atmosfere salınan gazlar bazı faktörlerin etkisiyle etkin baca yüksekliği (H) olarak adlandırılan mesafeye kadar yükselmeye devam ederler. Bazı kaynaklarda efektif baca yüksekliği olarak da adlandırılan bu mesafe, baca boyu (h) ile hüzme yükselmesinin (ΔH) toplamına eşittir (Denklem 8)).

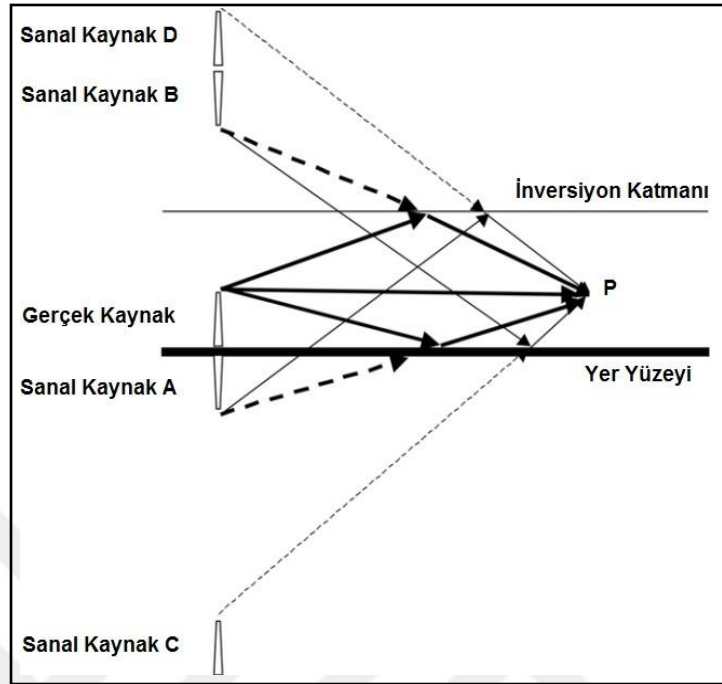
$$H = h + \Delta H \quad (8)$$

Burada;

H: Etkin bacanın yük.(m)

h: Bacanın boyu (m)

ΔH : Hüzmenin yükselmesi (m)



Şekil.14. Yer yüzeyinden ve inversiyon katmanından yansımının olduğu durumda sanal kaynaklar

Hüzme yükselmesini (ΔH) etkileyen faktörler ise şu şeklide listelenebilir:

- Bacaya ait geometrik özellikler
- Meteorolojik parametreler
- Baca gazına ait fiziksel ve kimyasal özellikler
- Momentum: Bacadan çıkan gazın hızından (V_s) meydana çıkan dikey istikamette baca gazı yükselmesi.

• Yükseltme kuvveti (Buoyancy): Termal kaldırma olarak da bilinen bu durumda, bacadan çıkan baca gazların sıcaklığı (T_s) ve hava sıcaklığı (T_a) arasındaki farkdan ileri gelen bir yükselme oluşacaktır, çünkü sıcak olan gazı yoğunluğu kendisini çevreleyen havadan daha hafiftir.

Hüzme yükselmesinin hesaplanabilmesi için genellikle Briggs formülleri kullanılmaktadır. Ancak, Briggs formüllerini kullanabilmek için öncelikle kaldırma akısı (F) (Denklem (9)) ile stabilite (s) (Denklem (10)) ile ilgili iki parametrenin hesaplanmasına ihtiyaç vardır. Stabilite parametresi, atmosferik koşulların kararlı olması durumunda kullanılacaktır.

$$F=gv_s d^2(T_s-T)/(4T_s) \quad (9)$$

Burada;

T_s: Baca gazının sıcaklığı (°K)

F: Kaldırma akısına ait parametre(m⁴/s³)

g: Yerçekiminin ivmesi(9,806 m/s²)

d: Bacanın ağzının iç çapı (m)

T: Dış ortamın sıcaklığı (°K)

$$s=g(\Delta\theta/\Delta z)/T \quad (10)$$

Burada;

$\Delta\theta/\Delta z$: Sıcaklığın yükseklikle değişimi

g: Yerçekiminin ivmesi(9,806 m/s²)

s: Stabilite parametresi.

T: Dış ortamın sıcaklığı (°K)

Kararsız veya nötr koşullarda, kaldırma kuvveti etkisiyle yükselen hüzmenin yüksekliği, kaldırma akısı parametresi 55'den küçükse Denklem (11) ile kaldırma akısı parametresinin değeri 55 veya daha fazla ise Denklem (12) ile hesaplanır.

$$H=h+21,425F^{3/4}/u \quad (F < 55) \quad (11)$$

$$H=h+38,71F^{3/5}/u \quad (F \geq 55) \quad (12)$$

Burada;

u: Rüzgarın hızı (m/s)

h: Bacanın yüksekliği (m)

F: Kaldırma akısının parametresi (m⁴/s³)

H: Etkin bacanın yüksekliği(m)

Kararlı koşullardaki, kaldırma kuvveti etkisiyle yükselen hüzmenin yüksekliği ise Denklem (13) yardımıyla hesaplanır.

$$H=h+2,6 \left[\frac{F}{us} \right]^{1/3} \quad (13)$$

Burada;

s: Stabilite parametresi değeri

u: Rüzgarın hızı (m/s)

H: Etkin bacanın yüksekliği (m)

F: Kaldırma akısının parametresi (m^4/s^3)

h: Bacanın yüksekliği (m)

Hüzmenin momentum etkisi ile yükseldiği koşullar için, kararsız ve nötr atmosferik koşullarda etkin baca yüksekliğini hesaplamak için Denklem (14); kararlı atmosferik koşullardaki etkin baca yüksekliğini hesaplamak için de Denklem (15) kullanılır.

$$H=h+3d \frac{V_s}{u} \quad (14)$$

$$H=h+1,5 \left[\frac{F}{u\sqrt{s}} \right]^{1/3} \quad (15)$$

Burada;

H: Etkin bacanın yüksekliği (m)

h: Bacanın yüksekliği (m)

F: Kaldırma akısının parametresi (m^4/s^3)

u: Rüzgarın hızı (m/s)

s: Stabilite parametresi değeri

EPA tarafından geliştirilen modellerde hüzme yükselmesi ve etkin baca yüksekliği hesapları Briggs formülleri ile yapılmaktadır. Ancak, bu formüllerin kullanımı oldukça fazla işlem gerektirmektedir. Hüzme yükselmesini daha kolay hesaplayabilmek için kullanılacak bir başka formül ise Holland formülüdür (Denklem (16)). Holland formülü sadece nötr atmosferik şartlar için kullanılmalıdır. Hesaplanan

hüzme yükselmesi değeri, A ve B sınıfı stabilite için 1,1 ve 1,2; E ve F sınıfı stabilite için de 0,8 ve 0,9 düzeltme katsayıları ile çarpılmalıdır.

$$\Delta h = \frac{V_s d}{u} \left(1,5 + 2,68 \times 10^{-3} P d \frac{(T_s - T)}{T_s} \right) \quad (16)$$

Burada;

Δh : Hüzmenin yükselmesi(m)

d: Bacanın ağzının iç çapı (m)

V_s : Baca gazının çıkış hızı (m/s)

u: Rüzgarın hızı (m/s)

T: Dış ortamın sıcaklığı ($^{\circ}K$)

T_s : Baca gazının sıcaklığı ($^{\circ}K$)

P: Basınç (mbar)

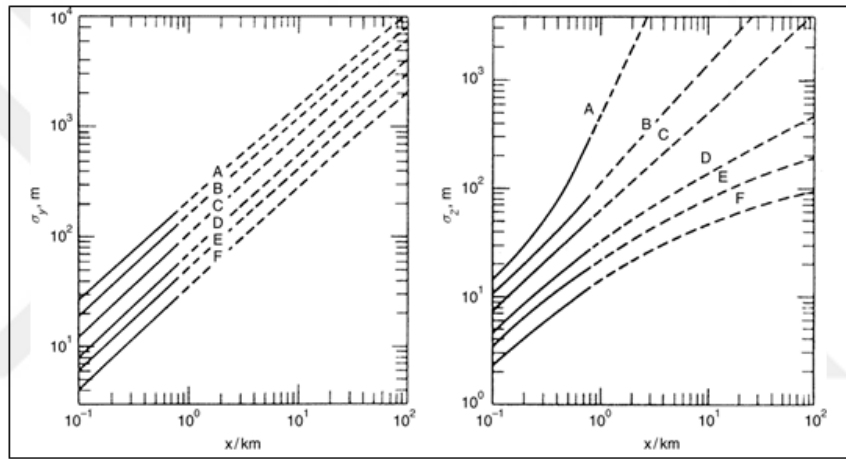
Gauss dispersiyon modelindeki σ_y ve σ_z değerleri stabilite sınıfına göre değişmektedir. Stabilite sınıfları atmosferin kararlı veya kararsız olmasına göre "A"dan "F"ye toplam 6 sınıfa ayrılmıştır. A sınıfı stabilite en kararsız durumu ifade ederken, B değeri orta kararsız, C hafçe kararsız, D nötr, E hafif kararlı ve F sınıfı stabilite de en kararlı durumu ifade etmektedir. A, B ve C sınıfı stabilite de süper adiyabatik; E ve F sınıfı stabilite de subadiyabatik durum söz konusudur. Çok aşırı inversiyon olaylarını belirtmek için de 7. bir sınıf olan "G" sınıfı stabilite kullanılmaktadır. Stabilite sınıfı güneş radyasyonu, yüzeydeki rüzgar hızı ve bulutluluk oranına bağlı olarak Çizelge 6 yardımıyla belirlenir.

Çizelge 6. Atmosferik stabilite sınıfları

Rüzgâr Hızı (m/sn) (10 m yüksekte)	GÜNDÜZ			GECE	
	Açık	Yarı Açık	Kapalı	Açık	Kapalı
<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	--
>6	C	D	D	D	D

Stabilite sınıfının bilinmesinden sonra σ_y ve σ_z değerleri Turner Abakları (Şekil 15) yardımıyla veya diğer ampirik formüller ile bulunabilir.

σ_y ve σ_z değerlerinin hesaplanabilmesi için Pasquill-Gifford sigma formülleri, Brookhaven sigma formülleri veya McElroy-Pooler sigma formülleri adı ile de bilinen Briggs sigma formülleri kullanılabilir. Ancak, Amerikan Çevre Koruma Örgütü (EPA) kentsel alanlardaki dispersiyon simülasyonlarında Briggs sigma formüllerinin kullanımının en uygun yöntem olacağını belirtmiştir. Çizelge 7’de kentsel bölgelerdeki, Çizelge 8’de de kırsal bölgelerdeki σ_y ve σ_z değerlerini hesaplamak için Briggs sigma formülleri verilmiştir. Bu formüller 100 m. – 10000 m. arası mesafeler için geçerlidir. Formüllerdeki “x” rüzgâr yönündeki mesafeyi (m olarak) belirtmektedir.



Şekil 15. Turner Abakları

Çizelge 7. Kentsel bölgeler için σ_y ve σ_z formülleri

Stabilite Sınıfları	σ_y (m)	σ_z (m)
A – B	$0,32x \times (1 + 0,0004x)^{-0.5}$	$0,24x \times (1 + 0,001x)^{0.5}$
C	$0,22x \times (1 + 0,0004x)^{-0.5}$	$0,20x$
D	$0,16x \times (1 + 0,0004x)^{-0.5}$	$0,14x \times (1 + 0,0003x)^{-0.5}$
E – F	$0,11x \times (1 + 0,0004x)^{-0.5}$	$0,08x \times (1 + 0,0015x)^{-0.5}$

Çizelge 8. Kırsal bölgeler için σ_y ve σ_z formülleri

Stabilite Sınıfları	σ_y (m)	σ_z (m)
A	$0,22x \times (1 + 0,0001x)^{-0.5}$	$0,20x$
B	$0,16x \times (1 + 0,0001x)^{-0.5}$	$0,12x$
C	$0,11x \times (1 + 0,0001x)^{-0.5}$	$0,08x \times (1 + 0,0002x)^{-0.5}$
D	$0,08x \times (1 + 0,0001x)^{-0.5}$	$0,06x \times (1 + 0,0015x)^{-0.5}$
E	$0,06x \times (1 + 0,0001x)^{-0.5}$	$0,03x \times (1 + 0,0003x)^{-1}$
F	$0,04x \times (1 + 0,0001x)^{-0.5}$	$0,016x \times (1 + 0,0003x)^{-1}$

Gauss dispersiyon modeli ile konsantrasyonların hesaplanabilmesi için ihtiyaç duyulan bir başka parametre ise rüzgâr hızıdır. Meteorolojik ölçümler yapılırken rüzgâr hızı anemometre yüksekliğinde ölçüldüğü için farklı yüksekliklerdeki rüzgâr hızlarının hesaplanmasında Denklem (17)'ye ihtiyaç duyulur.

$$u_z = u_0 \left(\frac{z}{z_0} \right)^p \quad (17)$$

Burada,

u_z : z yüksekliğindeki rüzgar hızı (m/s)

z: Yükseklik (m)

z_0 : Anemometre yüksekliği (m)

u_0 : Anemometre yüksekliğindeki rüzgar hızı (m/s)

p: Parametre (pürüzlülük ve stabiliteye bağlı) (p değeri Çizelge 9'den seçilir) (Zeydan, 2014).

Çizelge 9. Pürüzlülük ve stabiliteye bağlı p parametresi

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

2.7. Türkiye'de Modelleme Çalışmaları:

Ülkemizdeki atmosferik modelleme çalışmalarında; AERMOD, A.T.D.L., ISC, CALPUFF, gibi kütle denkliği temelini esas alan Gauss baca gazı duman dağılım yaklaşımı temelindeki modeller kullanılabildiği gibi, mekânsal ve zamansal olarak yüksek çözünürlükte olan, çok sayıdaki atmosferik süreçleri bir arada barındıran Euler tabanlı MM5 / CAMx MM5 / CMAQ, ve WRF / CMAQ gibi hava kalitesi modelleme sistemleri de son yıllarda kullanılmaya başlanmıştır (Tayanç, 2013).

Ülkemizdeki hava kalitesi modellemesiyle alakalı uluslararası endekslerce taranan dergilerin incelenmesiyle, bu konudaki yayımlanan ilk çalışmanın Ertürk (1986)

olduğu Tayanç (2013)'de belirlenmiştir. Söz konusu çalışmada; A.T.D.L. şehir dağılım modelinin geliştirilmiş sürümü, yıllık SO₂ ve askıda PM konsantrasyonlarını belirlemek için İstanbul'da Haliç bölgesine uygulanmıştır. Bu çalışma emisyonları; alan kaynaklar (ticari, evsel veya küçük endüstriyel alanlar) ile nokta kaynaklar (elektrik santralleri ve büyük endüstriler) olmak üzere ikiye ayırmıştır. Alansal kaynaklar, 3 km² grid yapısına göre dağıtılmıştır. Model tarafından hesaplanmış konsantrasyonların, gözlenmiş konsantrasyonlarla karşılaştırılmasıyla korelasyon katsayısı 0.874 hesaplanmıştır. Modelleme, SO₂ ve askıda PM azaltımı üzerindeki çeşitli kontrol stratejilerinin etkilerini belirlemede kullanılarak, bu stratejiler karşılaştırılarak tartışılmıştır.

Ülkemizde Euler Model Sistemleriyle yapılan ilk çalışmalar arasında yer alan Anteplioğlu ark. 'nin (2004) gerçekleştirdiği modelle MM5'in Türkiye'deki hava kalitesi modelleme çalışmalarında ilk defa kullanıldığını görülmüştür. 2001 yılı Temmuz episodunda İstanbul'da oluşan yüksek ozon konsantrasyonları için yapılmış bu çalışmada; mevcut emisyon envanterinin yetersizliği vurgulanmış ve hava kirliliğinin modellenmesinde meteorolojik olayların önemi belirtilmiştir (Tayanç, 2013).

Tayanç (2013)'de; Lagrange Model Sistemlerinden olan CALMET / CALPUFF Modeliyle ülkemizde yapılan ilk çalışmalar arasındaki İm (2003) ile İm ve Yenigün (2005) tarafından yapılan modellemenin; Muğla'daki Yatağan Termik Santrali (Y.T.S.) emisyonlarının özellikle Yatağan kasabasında ciddi hava kirliliği sorunlarına neden olmasıyla bu bölgede gerçekleştirildiğine dikkat çekilmiştir. Söz konusu çalışmayla, 2000 yılı Aralık ayının 2-3. günlerinde, Y.T.S. kaynaklı SO₂ kirliliği, CALMET meteoroloji modeliyle Gauss tabanlı CALPUFF baca gazı duman dağılım modelini kullanarak hesaplanmıştır. CALMET 96 saatlik meteorolojik alanların tahmininde, CALPUFF modelinde ise saatlik SO₂ konsantrasyonlarının tahmininde kullanılmıştır. Modelleme alanı batı ve kuzey – doğu – güney yönlerinde 15km olarak seçilmiş ve bu alan 1 km'lik gridlere ayrılmıştır. Model çalışmasında Y.T.S.'ye ait emisyon verileri kullanılmış, yer seviyesindeki meteorolojik verileri Yatağan Meteoroloji İstasyonu'ndan, yukarı atmosfere ait veriler ise Isparta Meteoroloji İstasyonundan temin edilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda; güney batıdan esen düşük hızlı rüzgarlar ile gece saatlerinde görülen inversiyon tabakalarının, kirleticileri Yatağan bölgesi üzerinde tutulmasına neden olarak yüksek konsantrasyonlara ulaşıldığını tespit etmiştir. Modelin sonuçları, Muğla İl Çevre Müdürlüğü tarafından yapılan ölçümlerin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Modelin çıktılarına göre, kirleticilerin, kaynağın kuzeydoğu tarafında biriktiği belirlenmiş, bu sonuç, ölçümlerle de doğrulanmıştır. Fakat, modelin

sonuçlarıyla ölçüm sonuçları arasında, büyüklük açısından farklar tespit edilmiştir. Çalışma günleri sabah saatlerinde, SO₂ konsantrasyonlarının yüksek değerlerde olduğu görülmüş ve Yatağan'ın bu kirlilikten ciddi bir biçimde etkilendiği sonucuna varılmıştır. Hassasiyet analizleriyle, konsantrasyonların emisyonlarla doğru orantıda olduğunu, fakat rüzgâr hızının, diğer meteorolojik parametrelere kıyasla daha etkili bir parametre olduğu ortaya koyulmuştur (Tayanç, 2013).

Özdemir ve ark. tarafından (2017) yılında AERMOD ile yapılan “Kanal İstanbul Projesi Sonrası Deniz Yolu Trafiğinin Kent Atmosferinde Neden Olacağı Hava Kalitesinin Belirlenmesi” çalışmasında; İstanbul Boğazı'ndaki mevcut deniz yolu trafiği kaynaklı kirletici emisyonları ile bunların sebep olduğu hava kalitesi seviyeleriyle gelecekte faaliyete geçirilecek Kanal İstanbul Projesi sonrası şehrin atmosferinde oluşmasının beklenen hava kalitesi değişimleri de tespit edilmiştir. Boğazın mevcut durumunda emisyonların tüm kirletici parametreler için büyük motor hacimleri nedeniyle %95 oranında transit yük gemilerinden kaynaklandığı görülmüştür. Transit yük gemileri arasındaki en büyük paya ise; geçiş sayıları fazla, hacim olarak büyük olan başta kargo gemileri, sonra sırasıyla dökme yük gemisi ve tankerler sahiptir.

Özmen (2016) tarafından Denizli'deki taş ocaklarının ortalama özelliklerini yansıtan pilot bir tesis ele alınmış ve ISCST3 hava kalitesi modeli kullanılmıştır. Pilot tesisi için hesaplanan kontrollü ve kontrolsüz toplam toz emisyonları 1,0 kg/saat'ten fazla çıkmıştır. Kontrolsüz ve kontrollü durum emisyon faktörleri kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda gerekli önlemlerin alınması durumunda oluşacak toplam toz emisyonu miktarlarında % 50'lik bir azalma sağlanabileceği belirlenmiştir.

Türkiye'de bilimsel araştırma amaçlı yapılan çalışmaların yanında Çevre Mevzuatı gereği yapılması gereken ve Çevre Mevzuatı gereği değerlendirmeye tabi modelleme çalışmaları da mevcuttur. Çevre Mevzuatına göre ÇED ve Çevre İzin aşamalarında, Ç.Ş.B. veya Çevre ve Şehircilik İl Müdürlükleri tarafından belgelendirmeleri yapılacak işletmelerin bazı koşullarda Hava Kalitesi Dağılım Modellemesi yaptırması gerekmektedir.

S.K.H.K.K.Y. (URL 7)'nde; tesis etki alanı içinde her bir inceleme alanındaki tüm tepe noktalarında ve bütün yayılma durumları için hesaplanan değer olarak tanımlanan Hava Kirlenmesine Katkı Değeri (H.K.K.D.)'nin dağılım modellemesi kullanılarak hesaplanması, tesis etki alanında hava kalitesinin ölçülmesi, ölçüm metodlarının belirlenmesiyle ilgili hükümler söz konusu yönetmelik Ek-2'de düzenlenmiştir.

Ç.Ş.B., Çevresel Etki Değerlendirme-İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü tarafından 2018 yılında yayınlanan Madencilik Projelerinde Hava Kalitesi Dağılım Modeli – Bakanlık ve Taşra Teşkilatı Uygulama ve Değerlendirme Kılavuzunda; S.K.H.K.K.Y.(R.G.: 03.07.2009/27277) kapsamında hava kirliliği seviyesinin ölçülmesi ve işletmenin kirleticiliğinin değerlendirilmesi amacıyla uluslararası kabul görmüş bir dağılım modeli kullanılması gerektiğinden bahisle; U.S.Environmental Protection Agency (EPA) tarafından yayınlanmış uluslararası kabul görmüş hava kalitesi dağılım modellerinden (Aermod, Calpuff vs.) AERMOD modelinin ÇED sürecinde kullanılmasının Bakanlık tarafından uygun görüldüğü belirtilmektedir (URL 18).

2.8. Konya Hava Kirliliği Çalışmaları:

İlimizde; Sağlık Bakanlığı'na ait Halk Sağlığı Laboratuvarı Müdürlüğü'nce iki parametre üzerinden (Kükürtdioksit ve Partikül Madde) 1986 yılında bir cihazla yapılmaya başlayan hava kirliliği ölçümleri, yıllar içinde arttırılarak 6 Aralık 1999 tarihinden itibaren de 24 saat, 365 gün sürekli çalışan, yarı otomatik, sabit 5 cihazla yapılmıştır (Yaşar ve Şevik, 2003).

1990 yıllarda Konya İli, Türkiye çapında hava kirliliğinin en yoğun olarak yaşandığı iller sıralamasında ilk sıralarda yer alırken, 1997-1998 yıllarında hazırlanan Temiz Hava Planı ile, paçal ve ithal kömür uygulaması getirilmiş ve hava kirliliğinde SO₂ de hedef sınır değer olan 120 µg/m³ değerinin altına inilerek ilk kez 115 µg/m³ değeri ölçülmüştür. 2004 yılına kadar bu değerlerde herhangi bir artış gözlenmemiştir.

Ancak 2005 yılında Temiz Hava Programı uygulamasında alınan spekt değerlerin uygulamadan kaldırılmasıyla, düşük kalorili kömür kullanımı beraberinde yakıt miktarını arttırmış ve hava kalitesinde yakalanan ivme tersi yönde gelişme göstermiştir. 2005 yılında alınan İl M.Ç.K. Kararlarıyla; ısınma amaçlı kullanılacak kömürlerde kalite sınırlaması getirilmiş ve 2006 yılında Hava Kalitesi değerlerinde iyileşme sağlanmıştır.

2007-2008 kış sezonunda SO₂ miktarı 16 µg/m³, PM10 131 µg/m³ kış ortalaması olarak tespit edilmiştir. SO₂ miktarındaki bu düşüşün nedeni geçmiş yıllara göre daha kaliteli kömür kullanımı ve kışın daha yumuşak geçmesidir. Ancak PM10 miktarı artış göstermiştir. Bunun nedeni ise yağış miktarının azalması olarak gösterilebilir (Güneş, 2008).

Ülkemizin birçok şehrinde olduğu gibi Konya merkezde de hava kirliliği bazı zamanlarda rahatsız edici duruma gelmektedir. Hava kirliliği nedenlerinin araştırılmasıyla birlikte çözüm yollarının ortaya çıkarılması da önem arz etmektedir. Konya merkeze doğal gaz hattının getirilmesi, mülki idarenin aldığı zorlayıcı tedbirlerle, fosil yakıtlara göre daha temiz sayılan doğal gaz kullanımını da artırmıştır. Geçmişteki yıllara oranla 2009 yılı kış mevsiminden itibaren hava kirliliğindeki azalmalar gözle görülür niteliktedir.

Bir yerleşim alanında oluşan hava kirliliği seviyesi; sadece kirlilik kaynaklarından gelen kirletici miktarına değil; aynı zamanda bölgenin topoğrafik yapısıyla mevcut meteorolojik şartlarla da yakından ilgilidir. Yerel anlamda, meteorolojik faktörler; hava kirliliği seviyesine tesir eden en önemli unsurların başında gelmektedir.

Konya İli'nin topoğrafik yapısının rüzgâr yönüyle beraber incelenmesiyle kuzey ve batısının kapalı, güney ve doğusunun açık olarak tariflenebilir. Hava olaylarının etkisi, bir yerleşim yerinin coğrafi olarak konumuyla ve topoğrafyasıyla yakından ilgilidir. Çeşitli sektörlerdeki sanayi işletmeleriyle yoğun nüfusu beraber barındıran Konya İlinin, etrafı dağlarla çevrelenmiş çanak şeklindeki çukur bir alanda konumlanması hava kirliliğinin bazı zamanlarda artmasına yol açmaktadır.

Kunt ve Dursun tarafından (2018) yılında yapılan çalışmada; hava kirliliği parametrelerinin, meteorolojik verilere bağlı olarak değişiminin incelenmesinin, geçmişteki sorunların tekrarlanmaması için bir model araştırması niteliğinde ele alınmasının öneminden bahsedilerek yapılan çalışmada; Konya iline ait SO₂ ve PM10 kirleticilerinin konsantrasyon verileri Ç.Ş.B. web sitesinden alınarak, meteorolojik şartların hava kirliliğine etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmayla; 2006 yılı Ekim ayıyla 2007 yılı Mart ayı arasındaki kış dönemi kirlilik konsantrasyonlarının, en çok rüzgâr parametresi ile ilgili esme sayılarına göre etkilendiği gözlenmiştir. Hakim rüzgar yönü, rüzgâr hızı kadar önemli bir parametredir. Özellikle Konya'daki sanayi bölgeleriyle katı atık depolama sahasının rüzgârın esme yönünde bulunması merkezdeki kirletici konsantrasyonlarının artışına katkıda bulunmaktadır. Kirlilik konsantrasyon aralığının yükselmesiyle tespit sayılarında azalmalar kaydedilmekle beraber, insan sağlığını tehdit edecek boyutlardaki kirlilik tespit edilmiştir.

Verilerin kaynağı olan hava kalitesi ölçüm cihazının şehir merkezindeki ana trafik güzergahı üstündeki konumunun, kirletici konsantrasyonlarının yüksek çıkmasında da baş rolde olduğu düşünülmektedir. Bir sonraki yıl ölçüm istasyonun

yerinin yerleşim alanlarına daha yakın bir konuma taşınmasının; kirletici konsantrasyonlarının sonraki yıllarda görülen düşüşlerinde rol oynadığı söylenebilir. Fakat söz konusu yıllarda şehir merkezinde doğal gaz kullanımının başlaması ve sonraki yıllarda da yaygınlaşması belki de hava kirliliğindeki azalmanın en önemli faktördür.

Bölgesel olarak hava kirliliğinin artmasında; en önemli faktörler olarak atmosferik kararlılık ve inversiyon olayı gösterilebilir. Atmosferik kararlılık ve inversiyon olaylarının olduğu günlerde sis olaylarının meydana gelmesi episod denilen ekstrem kirliliğin meydana gelmesine neden olmaktadır. Son zamanlarda dünya genelinde yaşandığı gibi Konya İli'nde de iklim değişiklikleri, özellikle kış aylarının daha ılıman geçmesi, ısınma maksadıyla fosil türü yakıt tüketimindeki azalmaya sebep olurken yanma ürünü gazların salımında da bir azalma görülmektedir. Bununla beraber mutedil olan iklim koşullarının diğer meteorolojik koşullara tesir ederek dispersiyonu arttırdığı ve bunun sonucunda kirletici konsantrasyonlarında azalmaya yol açtığı tahmin edilmektedir (Kunt ve Dursun, 2018).

Hava kalitesi izleme görevinin Ç.O.B.'ye aktarılmasından sonra, temiz hava politikalarının oluşturularak hava kalitesinin iyileştirilmesi için hava kirliliğinin doğru ölçümü maksadıyla, Ç.O.B. tarafından 2005-2007 yılları arasında Türkiye geneli 81 İilde hava kalitesi ölçüm istasyonlarının kurulması sağlanmıştır (URL 12).

Konya'da Hollanda Hükümeti desteğiyle, Ç.O.B. tarafından yürütülen "Büyükşehirlerde Hava Kalitesi Yönetiminin Geliştirilmesi Projesi – IKONAIR" kapsamında 2007-2010 yılları için hazırlanan Konya Hava Kalitesi Değerlendirme Raporu'nda; hava kalitesinin durumu, proje ekibinin eldeki mevcut ilgili verileri kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu projede; sürekli izleme veya özel ölçüm çalışmaları yapılarak hava kirleticilerinin direk ölçümleriyle ve ayrıca kapsamlı emisyon envanteri ile meteorolojik verilerle OPS kullanılarak dağılım modellemesi yapılarak iki yol içeren bir metodla Konya'daki hava kalitesinin mevcut durumu ortaya konmuştur. Pasif örnekleme kampanyası sonuçlarıyla desteklenen mevcut istasyonlardan elde edilen verilerin değerlendirmesinde; PM10 için H.K.D.Y.Y.'nde yer alan sınır değerlerde aşımalar görülmemiştir. Fakat, kış aylarındaki kirletici seviyeleri tipik kış şartları, düşük rüzgâr hızı, düşük inverziyon yüksekliği, sebebiyle oldukça yüksektir. Bununla birlikte, ısınma için kömür kullanılması sebebiyle bu kirleticilerin emisyonlarına özel olarak dikkat çekilmesi gerekmektedir. Emisyon envanter sonuçlarının değerlendirilmesinde; PM10 konsantrasyonlarının ısınma ve sanayiden kaynaklanmakta olduğu ve kaynak oranların evsel ısınmada (%66), sanayide (%27) ve trafikte (%7) olarak gerçekleştiği

belirlenmiştir (URL 19).

Kara ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada; Ç.Ş.B. Hava Kalitesi İzleme Ağı kapsamında Konya’da bulunan 4 istasyondaki 2012-2017 yılları arasında PM10, SO₂ hava kirletici parametrelerinin ölçülen verileri kullanılmıştır. Konya ili 2012-2017 yılları arasındaki hava kalitesi parametreleriyle seçilen meteorolojik değişimlerin incelendiği bu çalışmadaki sonuçlara göre kış döneminde kirliliklerin sınır değerlerini oldukça aştığı görülmektedir. Bunun başlıca nedenlerinden biri ildeki bazı alanlarda yakıt olarak kömürün kullanılması ve bu kömürün çok da kaliteli olmamasıdır. Konya’da doğal gaz geçişe rağmen kullanılan kömür miktarı çok fazla azalmamıştır. Bir başka neden ise Konya’nın coğrafi konumunun sanayiye oldukça elverişli bir alan olması ve büyük sanayi tesislerini bünyesinde bulunduran İl Merkezinin yeşil kuşak engeli oluşturulmadığı için ve hâkim rüzgâr yönünün de tesiriyle sanayi kaynaklı kirliliği merkeze taşımasıdır.

Ç.Ş.B., Güney İç Anadolu T.H.M. Müdürlüğü tarafından, Konya İli 2018 Yılı Hava Kalitesi Raporu (Anonim 2019) hazırlanırken, Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü’ne ait Konya Meram ve Konya Selçuklu Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonları tarafından, 01.01.2018 – 31.12.2018 tarihleri aralığında ölçülen saatlik hava kirliliği (PM10 ve SO₂) verileri kullanılmıştır.

Meteorolojik koşullar, hava kirleticilerin atmosferdeki konsantrasyon seviyelerini önemli ölçüde etkileyebilmektedirler. Rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü verileri, bir bölgeye kirlilik taşınımıyla ilgili güvenilir bilgi sağlamakta ve izleme istasyonları ölçümleri ve kirletici kaynaklar arasındaki ilişkileri değerlendirebilmek için kullanılmaktadırlar. Hava sıcaklığı, ısınma kaynaklı yakıt tüketimini ve atmosferdeki kimyasal reaksiyonları; güneş radyasyonu ise hava kirleticilerin arasındaki fotokimyasal reaksiyonları etkilemektedir. Yağışlılık, kirleticilerin atmosferden giderimini sağlayabilmektedir. Bunlarla birlikte, meteorolojik faktörler, kirletici konsantrasyonlarını ve atmosferde kalış sürelerini de etkileyebilmektedir. Genel olarak sıcaklık düştüğünde, PM10 konsantrasyonunda artış gözlenirken, rüzgar hızı arttığında ise PM10 konsantrasyonunda azalış gözlemlenmektedir. Rüzgâr hızı, atmosferdeki sıcaklık değişimleriyle artmakta olup, sıcaklığın yükselmesinde caddeler üzerinde yoğunlaşmış partikül maddelerin havada kalması kolaylaşmaktadır. Rüzgâr hızı düştüğünde ise olumsuz koşullar gözlemlenerek, dispersiyon azalmaktadır. Rüzgâr hızının yüksek ve sıcaklığın düşük olduğu durumlarda dağılım daha yüksek olmaktadır. Kış periyodundaki PM10 konsantrasyonlarının rüzgâr hızı ile ters orantıda olduğu

görülmüştür. PM10 konsantrasyonlarının; genellikle atmosferdeki yüksek basıncın etkili olduğu, nemin düşük olduğu koşullarda arttığı görülmektedir. Rüzgâr yönündeki küçük değişikliklerde emisyon bulutları ile bazı bölgelerde şiddetli kirlilik ve sis oluşabilir. Bu vejetasyondaki ıslak ve kuru çökelmeyi önemli miktarda arttırabilecek bir etkidir. Bağıl nem yüksekse dispersiyon az, bağıl nem düşük ise dispersiyon yüksek olmaktadır. Kış dönemlerinde basıncın artmasıyla PM10 konsantrasyonlarının arttığı, basıncın düştüğü yaz aylarında ise PM10 konsantrasyonlarının azaldığı görülmektedir.

Evsel ısınmanın tesirlerini görebilmek amacıyla; kirleticilerin meteorolojik parametreler ile ilişkisi yaz ve kış dönemlerinde ayrı ayrı incelendiğinde hava kirliliğinin özellikle evsel ısınma gerektiren dönemde, tahmin edildiği gibi Konya’da da arttığı tespit edilmiştir. Konya’daki hava kirliliği, özellikle kış dönemlerinde yüksek basınç ile düşük rüzgâr hızının tesiri altındadır (Anonim 2019).

Konya Selçuklu İstasyonu’na ait Partikül madde (PM10) konsantrasyonlarının yıllık ortalaması $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’tür. En yüksek aylık ortalama PM10 konsantrasyonu 2018 yılının Mart ayında $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en düşük aylık ortalama ise 2018 yılının Ağustos ayında $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüştür. Ayrıca Konya Selçuklu İstasyonu’ndaki 2018 yılı içerisindeki en yüksek partikül madde değeri 07.02.2018 tarihinde $159 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüştür. Partikül Madde (PM10) için Sınır Aşım değeri: 2018 Yılı 24 saatlik limit değer $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dür. 01.01.2018 – 31.12.2018 aralığında 24 saatlik ortalama PM10 konsantrasyonlarının incelenmesi sonucunda, H.K.D.Y.Y.’de 24 saatlik ortalama süre için verilen sınır değer Konya Meram İstasyonu için 75 kez, Konya Selçuklu İstasyonu için 126 kez aşıldığı görülmüştür. Konya Selçuklu hava kalitesi izleme istasyonundan elde edilen partikül madde kirleticisinin Meteorolojik parametrelerden olan Rüzgâr Hızı ve Rüzgâr Yönü ile beraber değerlendirildiği zaman; kirlilik gülünün tüm yönlerinden gelen rüzgarlarla istasyondaki Partikül Madde kirliliğinin Hava Kalitesi İndeksine göre; Sarı-Orta ve Turuncu-Hassas seviyelerine ulaşıldığı belirlenmiştir (Anonim 2019). Selçuklu Hava Kalitesi İstasyonu, Karaömerler’in yaklaşık 25 km. güneyinde yer almaktadır. (Anonim 2019) da “Taş ocaklarının yerleşim alanı dışında, şehrin ağırlıklı rüzgâr yönü istikametinde bulunması toz taşınımı ile PM10 konsantrasyonlarında artışa sebep olmaktadır.” ifadesi bulunmaktadır.

Dursun ve ark. (2021) COVID-19 kısıtlamalarının Türkiye’deki hava kalitesine etkilerini araştırdıkları çalışmada; 30 Büyükşehirde hava kalitesi, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’ndan alınan PM10, PM2.5, NO₂, CO, O₃ ve SO₂ parametrelerine ait verilerle; pandemi öncesi 01 Ocak- 15 Mart 2020 dönemi ile kısıtlamalar 16 Mart – 15

Nisan 2020 dönemi ve ilave olarak mevsimsel bir farklılık olup olmadığını belirlemek için 2020 kısıtlamalar sonrası dönem 2018 ve 2019 yıllarının ortalamalarıyla karşılaştırılmış ve içlerinde Konya'nın da bulunduğu 30 Büyükşehirin hepsinde olumlu yönde gelişme tespit edilmiştir. Konya için, PM10 parametresinde, 2018 yılı ortalaması $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 2019 yılı ortalaması $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pandemi kısıtlamaları ortalaması $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmış ve kısıtlama döneminin 2020 pandemi öncesi ve sonrası ortalamasına göre -29 oranında ve 2018- 2019 yılları ortalamasına göre ise -47 oranında azalma görülmüştür. Yine Konya için, PM2,5 parametresinde, 2019 yılı ortalaması $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pandemi kısıtlamaları dönemi $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmış ve 2019 yılına ortalamasına göre -25 oranında azalma görülmüştür.



3. MATERYAL VE YÖNTEM:

3.1. Materyaller:

3.1.1. Çalışma Alanı:

3.1.1.1. Çalışma Alanının fiziksel özellikleri:

Konya, coğrafi konum olarak 31°14' ve 34°26' doğu boylamı ile 36°41" ve 39°16' kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır. 41.001 km²'lik yüz ölçümüyle Ülkemizdeki en fazla yüzey alana sahip olan şehridir. (URL 11).

Konya, İç Anadolu Bölgesi'nin orta bölümünde, etrafı dağlarla çevrili, geniş bir çukur alan içinde bulunmaktadır. Deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 1.016 metredir. Konya İli'nin, büyük kesimi kapalı havza durumundadır. Kentin özellikle kuzey ve batısının dağlarla çevrili olması, bölgedeki hava hareketlerini ve rüzgârın oluşumunu sınırlandırmakta, Konya'yı etkileyen hâkim rüzgarların da kuzey ve güney istikametinde olması ile kışın kirlenmiş dış ortam havasının seyrelmesini ve uzaklaşmasını önleyerek hava kirliliğinde artışa neden olmaktadır (Güneş, 2018).

Şehir merkezi kırsal bölgenin kuzeyinde; şehrin doğu-batısı istikametinde Ankara yolunda bulunan Karaömerler mahallesine kadar uzanmakta olup, oradan kuzeye doğru olan alanda tepelikler bulunmaktadır. Şehrin kuzey bölgesinde doğu-batı yönlü daha az yüksek bir set teşkil eden dağ yamaçları mevcut bulunur. Bu bölgedeki Karaömerler mahallesi kuzey bölgesindeki yükselti ile tamamlanmakta sonra kuzey bölgesine doğru yönelmektedir (Kunt ve Dursun, 2018).

3.1.1.2. Çalışma alanının meteorolojik özellikleri

Hava kirleticilerinin konsantrasyonları, yalnızca kaynaklardan salınan kirliliğin miktarlarıyla değil, oluştuğu bölgedeki anlık meteorolojik koşullarıyla da yakından ilgilidir. Hava kirleticilerinin konsantrasyonlarına etki eden önemli etkenlerin en başında, meteorolojik koşullar geldiği görülmektedir. Konya'daki ovaların yaygınlığı ile

şehrin deniz seviyesinden 1016,0 metre yüksekliğe sahip olmasıyla tipik karasal (kışlar soğuk ve yağışlı, yazlar sıcak ve kurak) iklim koşulları yaşanmaktadır.

Konya merkezde hâkim rüzgârın yönü kuzey-kuzeydoğu olarak belirlenmiştir. Ortalama olarak yıllık rüzgâr hızı ise 2.0 m/sn'dir. Ekim ila Mart aylarındaki kışın ortalaması rüzgâr hızı 1,80 m/sn olarak yıllık ortalamadan düşük olup, hâkim yön kuzey yönlüdür. Kış mevsimlerinde rüzgârın olduğu günler sayısı daha az olup, diğer aylara göre sakin saatler fazladır. Rüzgârın gün içerisindeki esme saatleri genellikle gün doğumundan sonra başlayıp, gün batımına kadar sürmektedir. Gece ile akşam saatleri rüzgârın hızının en düşük olduğu zamanlardır. Bu sebeple; hava kirliliği en yoğun olarak sabah erken saatler ile akşamın ilk saatlerinde yaşanmaktadır.

Atmosferdeki yatay hava hareketi olan rüzgâr, kirlenici taşınımı, dağılımı ve seyrelmesi konusunda oldukça önemli role sahiptir. Kirlenici konsantrasyonları, rüzgârın hızı arttıkça azalır. Rüzgâr yönü, hava kirliliği rüzgâr yönüyle yayılım gösterdiği için ayrıca önemlidir. Konya merkezde şehrin büyüme yönü ve kurulmuş olan sanayi bölgeleri genellikle hâkim rüzgâr istikametinde yer aldığı, hava kirliliğinin başlıca sebeplerinden biri olarak rüzgâr gösterilebilir.

Basınç atmosferde oluşan cephesel geçişlerle hava sıcaklığı ile ilişkili olarak havanın basıncındaki artma ve azalmalar nedeniyle değişebildiği gibi yükseklik, yer çekimi ve mevsimlere göre de farklılık gösterir. Yüksek basınç altındaki hava kirliliği; hava akımlarıyla yukarı taşınmadığı için dağılımı gecikmektedir. Konya merkezdeki ortalama yıllık atmosferik basınç 898.4 mbar'dır. Fakat kış aylarında yüksek basıncın etkisi altında daha fazla kalmaktadır, bununla birlikte sislilik oluşumu daha fazla görülür.

Atmosferdeki bağıl nem arttıkça kirlilik daha zor dağılabilmekte ve inverziyon olayı daha kolaylıkla meydana gelmektedir. Kuru havanın yükseklik için sıcaklık düşmesi 100 metreye 1°C olurken, nemli hava için bu 0,65°C'dir. Bu sebeple yer seviyesi ve yüksekteki seviyeler arasında sıcaklığın düşmesine bağlı olarak atmosferin içerisindeki dolaşım yavaşlar. Konya merkezindeki nispi nem ortalama olarak %60 olup, nispi nem en az olduğu aylar Ağustos ve Temmuz olup, en fazla olduğu aylar ise Ocak ve Aralık olarak gözlenmiştir. Nispi nemin yüksek olduğu dönemlerde sis olan günler daha da fazla oluşmaktadır.

D.M.İ.G.M.'den alınan verilerde, Konya hava sıcaklığı için yıllık ortalama değer 11.5°C olup, havadaki kirliliğinin fazla görüldüğü kış döneminde (Ekim-Mart) sıcaklık ortalama olarak 3.0°C'dir. Bölgede kış döneminde havanın üst bölgelerinin yer

seviyesine göre daha sıcak olması ve ortaya çıkan sis ve inversiyon olayı hava kirleticilerin daha uzun süre havada kalmalarını oluşturmaktadır (Kunt ve Dursun, 2018).

3.1.1.3. Çalışma Alanını kirletici kaynaklar:

Konya İlinde; Madencilik ve Taş ocakçılığı sektöründe 3 adet ve Diğer Madencilik ve Taş ocakçılığı sektöründe 126 adet sanayi siciline kayıtlı firma bulunmaktadır (URL 11).

Konya'daki kurulu ve çalışır durumdaki taş ocağı ve kırma-eleme tesislerinden 9 tanesi; Konya - Ankara Yolu civarında, Valiliğe 30 km, Konya Organize Sanayi Bölgesine ve Konya Havaalanına 14 km uzaklıkta, Merkez Selçuklu ilçesine bağlı şehrin kuzeyinde yer alan Karaömerler Mahallesi yakınlarında faaliyet göstermektedir.

Bilindiği gibi; taş ocakları ve kırma eleme tesislerinden kaynaklanan kirleticilerin içinde nicelik ve nitelik olarak en fazla partikül madde kirlenmesinden bahsedilebilir.

Söz konusu tesislerin Karaömerler, Sarıca ve Eğribayat yerleşim yerlerine yakınlığı, çevrede yaşayanların ve D715 Karayolundan arabayla geçenlerin özellikle yaz aylarında ama son yıllarda iklim değişikliği nedeniyle neredeyse yılın çoğunda yağışların azalması ile ve sıcaklıkla artan tozumanın kolaylıkla görülmesi nedeniyle şikayetlere konu olmaktadır.

Bu şikayetleri azaltmak amacıyla daha önce bahsedildiği gibi Konya İli Temiz Hava Eylem Planı'nın bir parçası olarak Şehir merkezine yakın olan taş ocaklarında hava emisyonlarının %50 oranında azaltımının sağlanması hedefi yer almaktadır.

Bu amaçla toplam PM kirlilik miktarını belirleyerek, azaltımı için çeşitli önerilerde bulunmak için çalışma alanı olarak Karaömerler Mahallesi civarı seçilmiştir. Şekil 16'de Çalışma Alanı Tesislerin Konumu Uydu Görüntüsü verilmektedir.



Şekil 16. Çalışma Alanı Tesislerin Konumu Uydu Görüntüsü

Her bir tesis, istisnasız, kirlilik yönünden ilgili mevzuat kapsamında dağılım modellemesi hazırlamakla mükellef olan şartlara sahiptir. Çalışma alanındaki kirlenici kaynakların (9 tesis) modellemeye giriş bilgileri; almakla yükümlü oldukları Çevre İzni ve Lisansı aşamasındaki ölçüm sonuçlarıyla hazırlanan Emisyon Raporlarındaki veriler olup, Ç.Ş.B. online çevre izin ve lisans uygulaması (e-izin) dan temin edilmiştir. Tesislerden bazılarında muhtelif zamanlarda, resmi makamlarca kümülatif dağılım modellemesi istenmesine rağmen aynı bölgede sayılacak bu işletmelerin 9 tanesinin tamamıyla daha önce modelleme çalışması yapılmamıştır. Tez çalışmasında işletmelerin isimleri ve e-izin sisteminden alınan verileri açıkça kullanılmayacak olup, numaralandırılma ile bu tezde yer alacaklardır.

3.2. Yöntem

3.2.1. PM Ölçüm Metotları

TS EN 12341: 2014-10 yani “Ortam Havası - Askıdaki Tanecikli Maddenin PM10 Veya PM2,5 Kütle Derişimlerinin Tayini İçin Standart Gravimetrik Ölçme Yöntemi”; 10 Nisan 2014 tarihinde Avrupa standardı olarak CEN tarafından onaylanmıştır (Anonim, 2014).

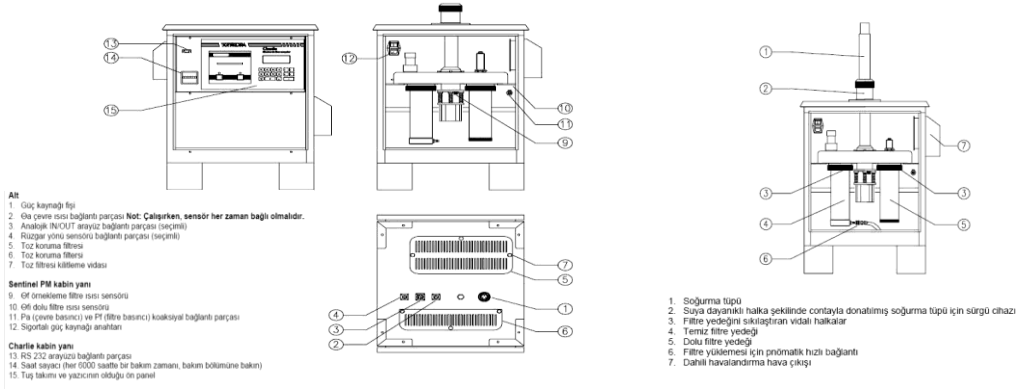
A.B.’de PM10 ölçümlerinin yapılmasında referans metodu olup (Gravimetrik yöntem) TS.EN-12341 standardı kabul edilmiştir. Diğer metotlarla yapılan PM10 ölçümlerinin mutlaka TS.EN-12341 standart metoduna göre değerlendirme işlemleri yapılması gerekir.

Ülkemizde, H.K.D.Y.Y. Ek-3'de 5. Madde ile belirlenen "PM10 örnekleme ve ölçümü için referans metot"da; "EN-12341 "Hava Kalitesi -Asılı partiküler maddenin PM10 fraksiyonu tayini- ölçüm metotlarına denkliği gösterilen referans metot ve saha test prosedürü"nde tanımlanmış metot olması gerekmektedir. Ölçme yöntem prensibi için, havadaki partikül maddenin PM₁₀ kesrini filtrede toplanan ve ağırlık ölçme esasına dayanır. Anlatılan metoda benzer sonuçlar ortaya çıktığını gösteren ayrı bir metot veya kaynak metot la geçerli olduğu gösteren ve ortaya çıkaran ayrı bir yöntem kullanılabilir. Bu halde, yeni yöntemle bulunan sonuçlar, kaynak metodu kullanılarak temin edilenle uygun neticeler üretmesi için ilişkili bir çarpan değerle düzeltilir." hükmü ile yine aynı yönetmelik Ek-3'de 6. Madde ile belirlenen "PM2,5 örnekleme ve ölçümü için geçici referans metot"da "Bakanlık tarafından uygun olduğu düşünülen herhangi bir metot kullanılabilir. PM2,5 ölçümü yapan otoriteler, PM2.5 örnekleme ve ölçmek için kullanılan metodu Bakanlığa bildirmek zorundadır." hükmü yer almaktadır.

PM10 VE PM2,5 ölçüm çalışmalarının başlangıcı olan Aralık 2017 tarihinde Konya İl Mahalli Çevre Kurulu'nda bu araştırma için karar alınmıştır. Nisan 2018'de yerel yetkili kişilerce yer seçimi yapılmış ve Mayıs 2018 de cihazlar kurulmuş ve çalıştırılmaya başlanmıştır. 2018 yılının Mayıs ayından Eylül ayına kadar muhtelif zamanlarda, 24 saat boyunca Ç.Ş.B. Laboratuvarı tarafından bu çalışmada kullanılmak üzere gönderilen TECORA cihazlarıyla PM10 ve PM2,5 için ölçümler elektrik ihtiyacı nedeniyle tek bir noktada sabit konumda yapıldı.

TS-EN-12341 standardında "Ölçmeler, 24 h'lik bir anma numune alma süresi boyunca 2,3 m³/h'lik bir anma akış hızında çalışan, giriş tasarımları Ek A'da belirtildiği gibi olan numune alıcılarla gerçekleştirilir" ifadesi yer almaktadır (Anonim, 2014).

Tecora PM10 numune alma cihazı ile TS.EN-12341 yöntemine uygun olarak örnekleme yapılmaktadır. Skypost ve Charlie proses modülleriyle, otomatik olarak 16 farklı filtreye birer günlük örnekleme yapılabildiği gibi 1 filtrenin üzerine istenilen süre kadar örnekleme yapılabilmesi mümkündür. Şekil 17.'de TCR Tecora Skypost cihazının ayrıntılı şemaları yer almaktadır (Anonim, 2002).



Şekil 17. TCR Tecora PM10 Ölçüm Cihazı Şemaları

Cihazdaki tuş takımı ön panelinde olup, tuş takımında, aşağıda verilen ve Şekil 18.'de görülen tuşlar yer almaktadır:

<ENTER> Görünen girdileri kabul eder ve programı bir sonraki adıma ilerletir.

<MENU> Görünen girdileri kabul eder ve bir önceki menüye geri döner.

<NEXT> Girdiler ya da veri girişi sırasında, imleci sonraki alana gönderir; tüm seçenekler ile verilerin sayfasını görmek için, ekran aşağı hareket ettirir. Ölçüm cihazı çalıştırılınca, <NEXT> ile ana menüye girilir ve aşağıdaki numaralandırmayla yapılacak işlemler seçilir.



- <1> Programlanmış örnekleme başlatır.
- <2> Örnekleme zamanını programlama menüsü
- <3> Sistem testleri menüsü
- <4> Sistem konfigürasyon menüsü
- <5> Alarm ayar menüsü
- <6> Cihaz ayar menüsü
- <7> Veri menüsü

Şekil 18. TCR Tecora Membran Tuş takımı ve tuş kodlamaları

Açılan ekranda örnekleme başlama ve bitiş saatlerini ayarlanarak örnekleme programı oluşturulur. Başlangıç 00:05 saati olup, bitiş saati ise 23:55 olarak belirlenmiştir. Daha sonra örnekleme başla komutu verilerek programlanan örnekleme başlatılır (Anonim, 2002).

Ç.Ş.B. Laboratuvarı tarafından bu çalışmada kullanılmak üzere kalibrasyonu yapılmış olarak 2018 yılında gönderilen PM10 ve PM2,5 başlıklarına sahip 2 adet TCR Tecora cihazının kurulmuş hali ve arazideki konumu Şekil 19.'da; filtre takılmış

kasetlerin yüklenmesi ve süre ile akış hızını içeren sonuç çıktılarının alınması ise Şekil 20’de görülmektedir.



Şekil 19. 2018 yılı araziye kurulan TCR Tecora cihazları ve arazideki konumu



Şekil 20. Tecora cihazlara kasetlerin yüklenmesi ve ölçüm sonuç çıktılarının alınması

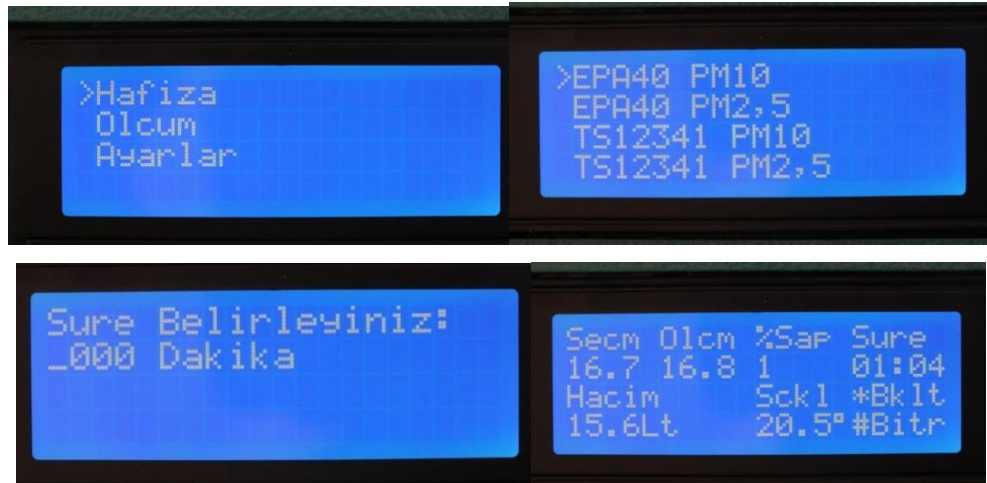
2019 yılında Üniversitemiz BAP Proje desteği ile MEFE / EYM-B Hava Kalitesi Ölçüm Cihazı satın alınmıştır. Cihaza ait debi ölçer (pompa), debi ölçer (sayaç), basınç sensör hassasiyeti ve pompa kapasitesi için EN 12341 standardı uygunluk sertifikası mevcuttur. Şekil 21’de MEFE / EYM-B Hava Kalitesi Ölçüm Cihazı açıklayıcı şeması ve Şekil 22’de MEFE Hava Kalitesi Ölçüm Cihazı çalıştırma aşamaları verilmektedir (Anonim, 2019).



- 1- 220 Volt Giriş
- 2- Cihaz açma-kapama düğmesi
- 3- Numune pompası Egzos
- 4- Numune Hattı Giriş
- 5- Klavye
- 6- Sd Kart girişi
- 7- Ekran
- 8- Yazıcı

Şekil 21. MEFE / EYM-B Hava Kalitesi Ölçüm Cihazı Şeması

Cihazın klavyesinde “8” tuşu aşağı yönü, “2” tuşu yukarı yönü, “#” tuşu enter ve “*” tuşu geri/iptal anlamına gelmektedir. Menüde “ölçüm” seçildikten sonra çalışılacak standart da yön tuşlarıyla belirlenir. Daha sonra ölçüm süresi cihaza girilir ve ölçüm başlatılır ve ölçüm ekranında ilerleyen ölçüm dakikası ve hava çekiş hacmi görülür. Ölçüm bittiği zaman süre ve akış hızını içeren sonuç çıktısı alınır ve isteğe göre sd kart hafızasına kayıt yapılır.



Şekil 22. MEFE Hava Kalitesi Ölçüm Cihazı çalıştırma aşamaları.

2019 yılında hareketli ölçümler yapabilmek için MEFE / EYM-B Hava Kalitesi Ölçüm Cihazı'nın tercih edilme sebebi küçük ve taşınabilir olmasıdır. Çalışma alanında Şekil 23'da gösterilen 9 farklı yerde farklı günlerde saatlik PM10 ve PM2,5 ölçümleri mobil olarak yapılmış ve koordinatlar harita üzerinde işaretlenmiştir.



Şekil 23. 2019 yılı MEFE cihaz ile yapılan ölçüm yerleri uydu görüntüsü ve arazide mobil ölçüm

2018 ve 2019 yılı ölçümlerinde kullanılan EN 12341 standardını sağladığını belgeleyen her iki cihazda da; AXIVA Glass Fibre Filters 47 mm çaplı, 1,2 µm kalınlıkta kağıt filtreler kullanılmıştır.

Kullanılan filtreler cihazlara yerleştirilmeden önce laboratuvar ortamında TS EN 12341’de tariflendiği gibi $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\%50 \pm \%5$ neme sahip Tartım Odasında 48 saat şartlandırılmış ve tartım odasına kurulan GEC AVERY Hassas Terazî ile tartımları yapılarak ve sonuçları “M2” olarak kaydedilerek arazi ölçümlerinde kullanılmışlardır. Ölçüm işlemi tamamlandıktan sonra yine laboratuvar ortamında söz konusu standarda göre şartlandırıldıktan sonra hassas terazide tartımları yapılarak sonuçları “M1” olarak kaydedilmiştir. PM konsantrasyonları Denklem (18) ile elde edilmiştir.

$$C = (M1-M2)/(Q*T) \quad (18)$$

Burada,

C : Metreküp başına mikrogram ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) cinsinden derişim

M1: Mikrogram (μg) cinsinden numune alınmış filtre kütlesi

M2: Mikrogram (μg) cinsinden numune alınmamış filtre kütlesi

Q: Saatte metreküp (m^3/h) cinsinden ortam koşullarındaki akış hızı

T: Saat cinsinden numune alma süresi’ dir (Anonim, 2014).

Şekil 24’de kullanılan filtre kağıtları, filtre kasedi ve filtrelerin kasede yerleştirilmeleri görülmektedir.



Şekil 24. Ölçümlerde kullanılan filtre kağıtları ve cihaz kasedine yerleştirilmesi

3.2.2. PM Kirliliği Modelleme Yöntemi AERMOD:

1991 yılında, Amerikan Meteoroloji Derneği (AMS) ve ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA), mevcut gezegensel (atmosferik) sınır katmanı (PBL) kavramlarını düzenleyici dağılım modellerine dahil etme hedefiyle resmi bir iş birliği başlattı. Bu iş birliği çabası için AMS ve EPA bilim adamlarından oluşan bir çalışma grubu (AMS/EPA Düzenleyici Model Geliştirme Komitesi, AERMIC) oluşturulmuştur. AERMIC'in ilk odak noktası, çeşitli endüstriyel kaynak türlerinin yakın alan etkilerini tahmin etmek için tasarlanmış düzenleyici modeller olmuştur. EPA'nın yakın alan modellemesi için mevcut düzenleyici platformu, birkaç istisna dışında, yaklaşık 25 yıl önce, hava programlarının başlangıcından bu yana temelde değişmedi. ISC3, değişmeye elverişli kod yapısına sahip mevcut düzenleyici araçların öncüsüdür. Bu nedenle, AERMIC büyük bir revizyon için EPA'nın ISC3 Modelini seçti. AERMIC tarafından geliştirilen yeni model (AERMOD), şu anda EPA Endüstriyel Kaynak Kompleksi (ISC) Modeli, ISC3 (ABD EPA, 1995) tarafından ele alınan aynı senaryo olan sabit endüstriyel kaynaklardan kısa menzilli dağılmayı ortaya koymayı amaçlamaktadır (EPA, 2019).

AERMOD'un temel girdilerinden biri, seçilen modelleme seçeneklerinin yanı sıra kaynak konumu ve parametre verileri, alıcı konumları, meteorolojik veri dosyası özellikleri ve çıktı seçeneklerini içeren kontrol dosyasıdır. Modeli çalıştırmak için gereken diğer bir temel girdi verisi türü meteorolojik verilerdir. AERMOD; AERMET meteorolojik ön işlemci programı tarafından sağlanan iki tür meteorolojik veri dosyası gerektirir. Bunun yanında Yükseltilmiş arazi etkilerini içeren uygulamalar için, alıcı ve arazi verilerinin, AERMOD modeline girilmeden önce AERMAP arazi ön işleme programı tarafından işlenmesi gerekecektir.

AERMOD modelinin mevcut sürümü, Microsoft Windows işletim sistemi (Windows) içinde geliştirildi ve bir model çalıştırmasını başlatmak için komut satırı bağımsız değişkenlerini kullanarak bir Komut isteminde Windows PC'lerde çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Belirli bir uygulama için sabit diskte gereken depolama alanı miktarı, büyük ölçüde seçilen çıktı seçeneklerine bağlı olacaktır. Konsantrasyon verilerinin isteğe bağlı çıktı dosyalarından bazıları oldukça büyük olabilmektedir.

AERMOD modeli, kirlilik kaynaklarının hava kalitesi etkilerini modellemek için çok çeşitli seçenekler içerir ve bu da onu çeşitli uygulamalar için modelleme sınıfları arasında tercih edilen bir seçim haline getirir.

Kaynak emisyon oranları, modelleme dönemi boyunca sabit olarak kabul edilebilir veya aya, mevsime, günün saatine veya diğer isteğe bağlı varyasyon dönemlerine göre değişebilir. Bu değişken emisyon oranı faktörleri, tek bir kaynak veya bir grup kaynak için belirtilebilir. Kullanıcı ayrıca belirli bir model çalışmasına dahil edilen kaynakların bazıları veya tümü için saatlik emisyon oranlarının ayrı bir dosyasını belirtebilir.

AERMOD modeli, alıcı konumlarının belirlenmesinde önemli bir esnekliğe sahiptir. Kullanıcı, tek bir çalışmada birden fazla alıcı ağı belirleme yeteneğine sahiptir.

AERMOD modeli, bir yüzey sınır tabakası parametreleri dosyası ve rüzgâr hızı, rüzgâr yönü ve türbülans parametreleri dahil olmak üzere bir profil değişkenleri dosyası kullanır. Bu iki tür meteorolojik girdi, AERMET olarak adlandırılan AERMOD için meteorolojik ön işlemci tarafından üretilir. Her iki meteorolojik girdi dosyası da sıralı ASCII dosyalarıdır ve model, AERMET tarafından oluşturulan formatı otomatik olarak varsayılan format olarak tanır. Model, varsayılan olarak belirtilen girdi dosyasındaki tüm mevcut meteorolojik verileri işleyecektir, ancak kullanıcı, işlenecek seçili günleri veya gün aralıklarını kolayca belirleyebilir.

AERMOD modelinin başka bir çıktı dosyası seçeneği, bir konsantrasyon değeri kullanıcı tarafından belirlenen bir eşige eşit veya bunu aştığında tüm oluşumların bir dosyasını oluşturmaktır. Yine, yalnızca kullanıcıyı ilgilendiren ortalama periyot ve kaynak grubu kombinasyonları için ayrı dosyalar oluşturulur. Bu dosyalar, eşik ihlalinin meydana geldiği tarihi, alıcı konumunu ve konsantrasyon değerini içerir (EPA, 2019).

AERMOD, önceki çalışmalarda kullanılan daha basitleştirilmiş diğer modellere kıyasla modelin güvenilirliğini ve işlevselliğini artıran algoritmalar sunarak Gauss varsayımlarının basitleştirilmesi sağlar. AERMOD, nokta, alan ve hacim kaynaklarını kullanarak kırsal ve kentsel alanlarda, düz veya karmaşık arazilerde kirleticilerin dağılımını analiz edebilir.

Yazılım, meteorolojik ön işlemcisi (AERMET) ile arazi ön işlemci (AERMAP) tarafından elde edilen meteorolojik ve arazi girdilerini gerektirir. AERMOD, meteoroloji istasyonlarından ve sondajlardan elde edilebilen yüzey havası ve üst hava verilerini (örneğin rüzgâr hızı, yön, sıcaklık, basınç ve güneş radyasyonu) gerektirir. Bu durumda olduğu gibi, üst hava verilerinin mevcut olmadığı durumlarda, AERMOD yüzey verilerinden tahminde bulunmak için bir algoritma kullanır. Veriler, AERMOD ile uyumlu çıktı dosyaları elde etmek için işlenir ve hem konvektif hem de kararlı atmosfer koşullarında kullanılabilir. AERMAP; kaynak ve alıcıların koordinatlarını içeren bir Dijital Yükseklik Modeli (DEM) gerektirir. Topoğrafyanın dağılım süreçleri üzerindeki etkisi dikkate alınarak, alıcıların temsili yükseklikleri oluşturmak için veriler detaylandırılmıştır. AERMOD giriş verilerini işler ve alıcıların bulunduğu yerde kirletici konsantrasyon değerlerini sağlar (Matacchiera ve ark., 2019).

Tartakovskya ve ark. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, iki dağlık bölgedeki taş ocaklarından kaynaklanan partikül madde emisyonlarının AERMOD ve CALPUFF dağılım hesaplamaları; TSP ve PM10 için değerlendirilmiştir. Ölçümler hem gözlemsel hem de WRF modellenli meteorolojik verileri kullanılarak yapılmıştır. Farklı model parametreleri nedeniyle; AERMOD dağılım tahminlerinin, CALPUFF ile elde edilenlere göre ölçülen konsantrasyonlarla daha iyi uyum içinde olduğu belirlenmiştir.

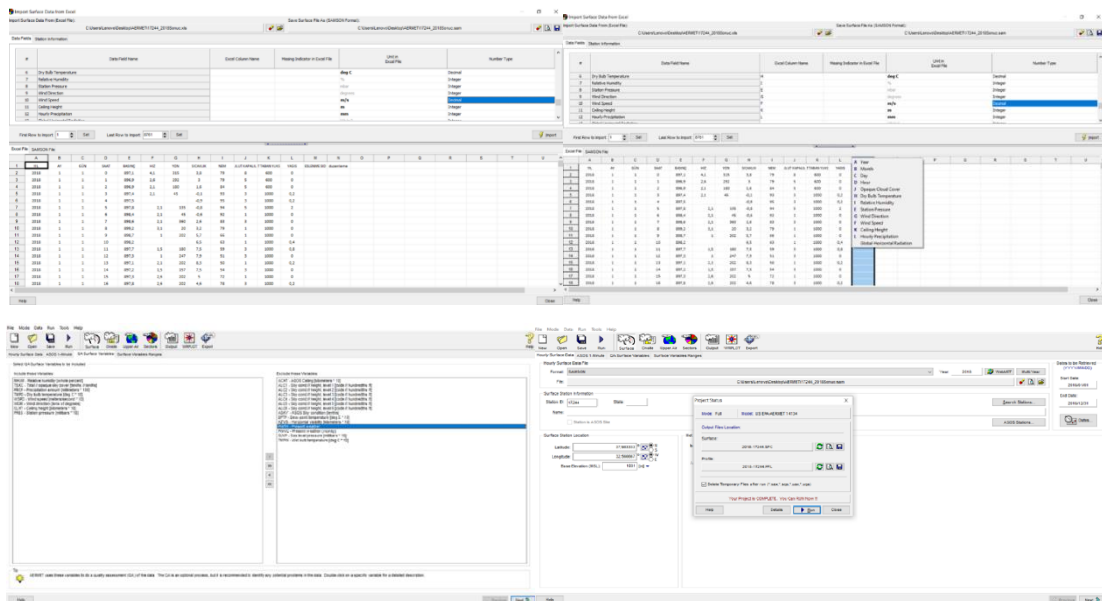
21 Nisan 2000'de EPA, ISC3'ün yerine AERMOD'un kabul edilmesini önerdi (EPA, 2021). Bunlarla birlikte; daha önce bahsedildiği gibi Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından uygulamada birlik sağlanması açısından AERMOD Hava Kalitesi Modellemesi kullanılması beklenilmektedir. Bu yüzden çalışma sahasıyla ilgili modelleme çalışmaları AERMOD kullanılarak yapılmıştır.

3.2.1.1. AERMOD View Veri Girişleri

Bu çalışmada yapılan modellemeler için Lakes Environmental firması tarafından geliştirilen ve Üniversite eğitim çalışmalarında kullanılmak üzere satın alınan AER0008161 seri nolu AERMOD View arayüzü kullanılmıştır.

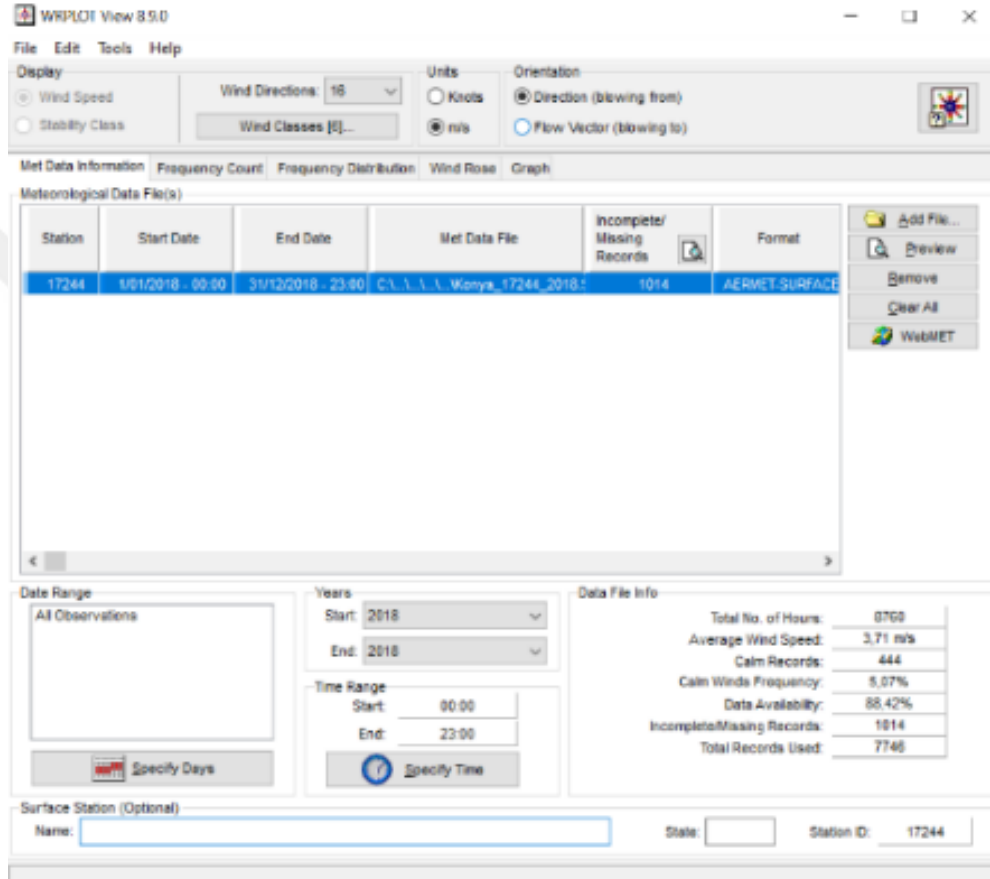
Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden 2018 ve 2019 yılları için alınan Konya Havaalanında kurulu Meteoroloji İstasyonu (17244)'na ait, Modeli çalıştırabilmek için gerekli olan saatlik 8 ana parametre yani Sıcaklık, Atmosferik basınç, Rüzgâr Hızı, Rüzgâr Yönü, Nem, Bulut Taban Yüksekliği, Bulut Kapalılık ve Yağış verileri ile Konya'da radio sondaj verilerinin bulunmaması nedeniyle bu çalışmanın yapıldığı en yakın il olan Isparta'ya ait atmosferik sondaj verileri de excel formatında temin edilmiştir.

AERMOD View arayüzünü çalıştırabilmek için gerekli olan Yüzey Veri Seti (.SFC uzantılı) ile Anasondaj Veri Seti (.PFL uzantılı) dosyaları elde edebilmek için; öncelikle, AERMET View arayüzünde "TOOLS" sekmesi "HOURLY SURFACE DATA" ile excel (.xls uzantılı) formatındaki meteorolojik veriler içeri aktarılır, bilgiler tanıttıldıktan sonra ".samson" ve ".ua" uzantılı dosyalar oluşturularak AERMET View (RUN edilir) çalıştırılır. 2018 ve 2019 yılları için AERMET View ayrı ayrı çalıştırılıp, SFC ve PFL dosyaları yıllara göre elde edilmiştir. Şekil 25.'de AERMET View veri giriş basamakları kısaca gösterilmiştir.



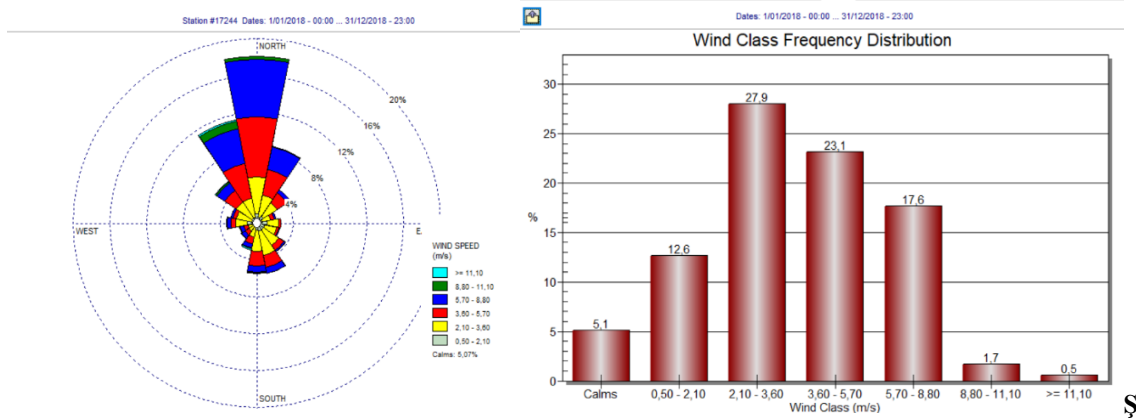
Şekil 25. AERMET View Veri Girişi Basamakları

AERMET View ile yıllara göre elde edilen Yüzey Veri Seti (.SFC uzantılı dosya) aynı zamanda; “Wind Rose Plots for Meteorological Data “(WRPLOT-View) modülüne yüklenerek AERMOD-View Modelinin kullandığı; Esen ve Savuran Rüzgar Gülü, rüzgar yönü/ rüzgar sınıfı (hızı-m/s) oranı yani frekans (sıklık) sayıları, frekans (sıklık) dağılımı ile Rüzgâr Sınıfı Frekans Dağılımı Diyagramları ayrıntılı olarak görülebilir. Şekil 26.’da WRPOLT View Veri Girişi görülmektedir.

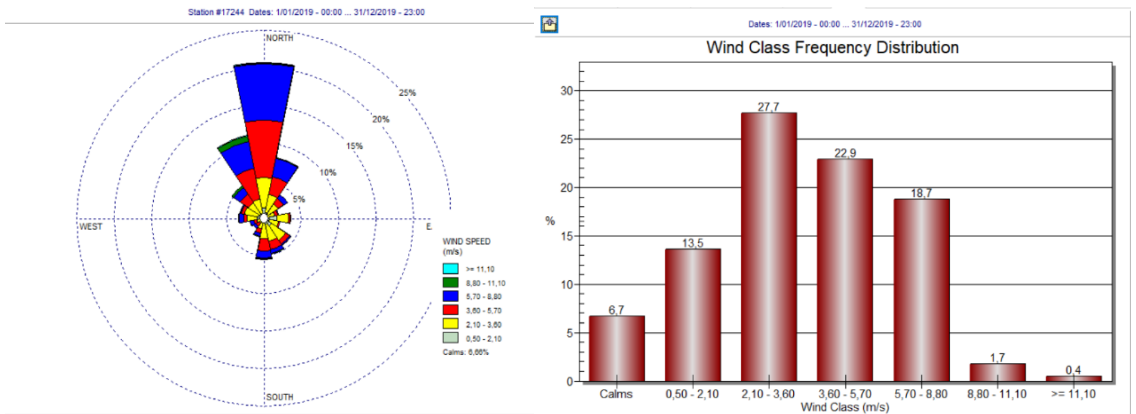


Şekil 26. WRPOLT View Veri Girişi

Konya Havaalanı Meteoroloji İstasyonuna (17244) ait verilerle WRPLOT modülüyle elde edilen 2018 yılına ait Esen Rüzgâr Gülü ile Rüzgar Sınıfı Frekans Dağılımı Diyagramı Şekil 27.’de, 2019 yılına ait Esen Rüzgar Gülü ile Rüzgar Sınıfı Frekans Dağılımı Diyagramı ise Şekil 28.’de verilmiştir.



Şekil 27. 2018 yılı Esen Rüzgâr Gülü ve Rüzgâr Sınıfı Frekans Dağılımı Diyagramı

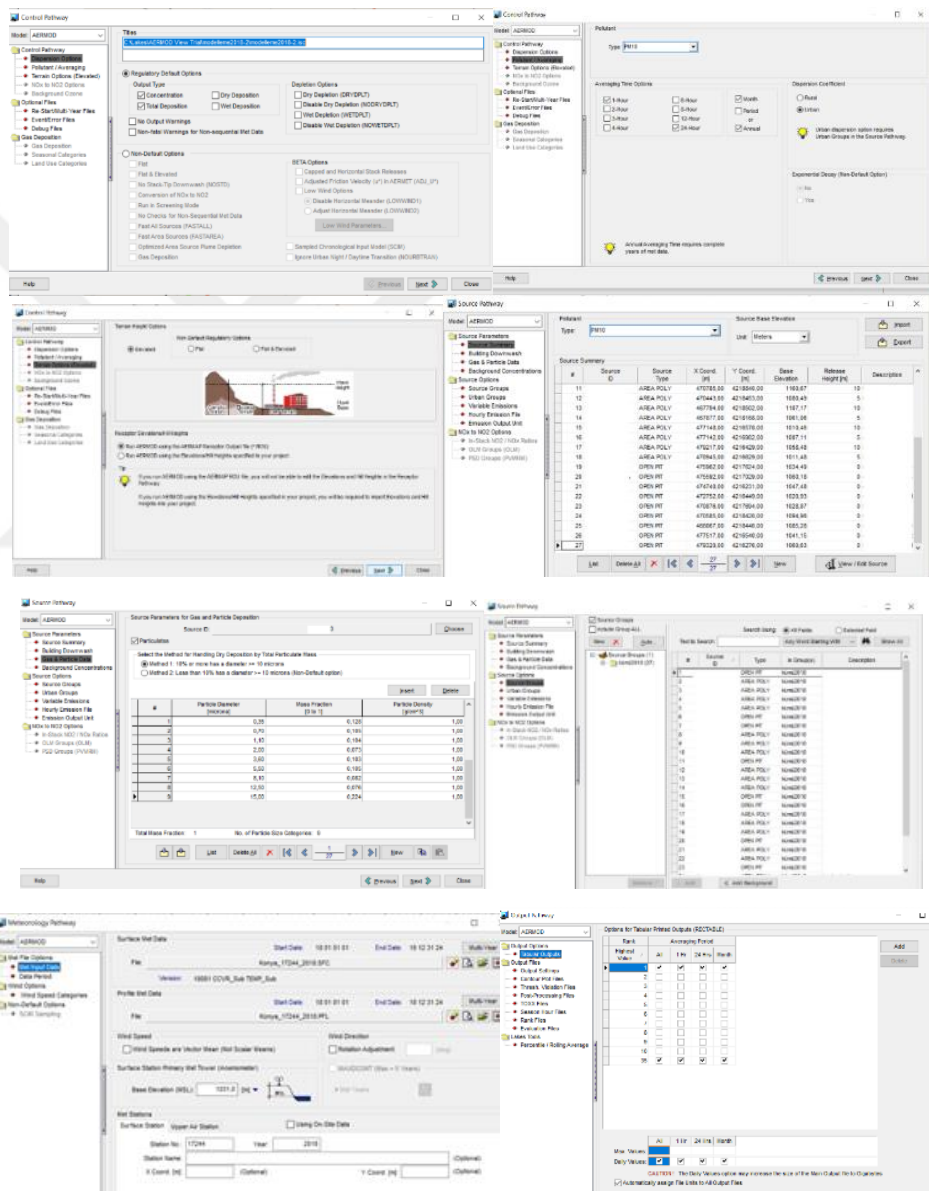


Şekil 28. 2019 yılı Esen Rüzgâr Gülü ve Rüzgâr Sınıfı Frekans Dağılımı Diyagramı

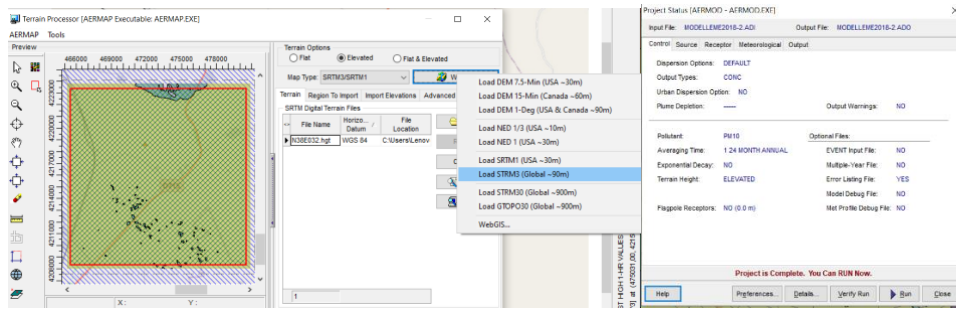
AERMOD View 6 ana veri girişi modülü içermektedir. Öncelikle; AERMOD View'in önışlemcisi olan AERMET View ile Yüzey Veri Seti (.SFC uzantılı) ile Anasondaj Veri Seti (.PFL uzantılı) dosyaları elde edildikten sonra AERMOD View modülünde; modelin hangi kirletici için çalıştırılacağı, sonuçların hangi süreler için hesaplanacağı "CONTROL PATHWAY" ile, kaynakların verileri (e-izin sisteminden alınan saatlik kütleli debiler g/sn olarak, tesis ve ocak koordinatları vb.) "SOURCE PATHWAY" ile, alıcı verileri "RECEPTOR PATHWAY" ile, SFC ve PFL verileri "METEOROLOGY PATHWAY" sekmesiyle, istenilen çıktı seçenekleri "OUTPUT PATHWAY" ile oluşturularak Modelleme programına girilir. Araziye ait veriler "TERRAIN PROCESSOR (AERMAP EXECUTABLE)" sekmenin çalıştırılmasıyla (RUN edilmesiyle) modelleme programının içine çekilir. En son olarak AERMOD View arayüzü çalıştırılır (RUN edilir). Şekil 29'da AERMOD veri girişi basamakları kısaca gösterilmiştir.

AERMOD View modellemesi; 9 tesisin Çevre ve Şehircilik Bakanlığının “e-izin” sisteminden alınan bilgileri kaynak olarak, yıllara göre ölçüm noktaları alıcı olarak, 2018 yılı ve 2019 yılı meteorolojik verileriyle her iki yıl için de ayrı ayrı çalıştırılmıştır.

Bu çalışmaya; kirlilik azaltımı hakkında da veri sahibi olmak için, “9 tesis yerine sadece 5 tanesi çalışıyor olsa” senaryosu eklenerek ve 2018 yılı ile 2019 yılı için ayrı ayrı çalıştırılarak model sonuçları incelenmiştir.



Şekil 29. AERMOD Veri Girişi Basamakları



Şekil 29. devamı. AERMOD Veri Girişi Basamakları

Çalışma alanı şehrin kuzeyinde yer almaktadır. Şekil 30.'da çalışma alanının şehir merkezine, havaalanına ve Organize Sanayi Bölgesine göre konumu görülmektedir.



Şekil 30. Çalışma Alanının Şehir Merkezine Göre Konumu

AERMOD modellemelerinde Karaömerler merkez konuma alınarak, 7500 m yarıçapında, Ç.Ş.B. Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü tarafından yayımlanan “Madencilik Projelerinde Hava Kalitesi Dağılım Modeli”nde tariflendiği gibi 250 m aralıklarla, uniform polar grid noktalar oluşturulmuştur. 1080 adet Grid Nokta yani her bir kesişim noktası reseptör olarak algılanır ve değer okunur. Oluşturulan uniform polar grid noktalar Şekil 31’de görülmektedir. 9 işletmeye ait bilgiler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı online e-izin sisteminden alınmış olup, yıllık çalışma gün sayısı ve günde saatlik çalışma süreleri kapasite raporlarından temin edilmiştir.

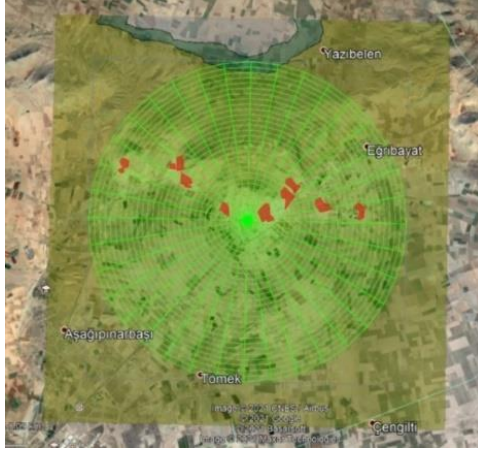


Şekil 31. Hava Kalitesi Modellerine Tanımlanan Polar Grid Noktalar

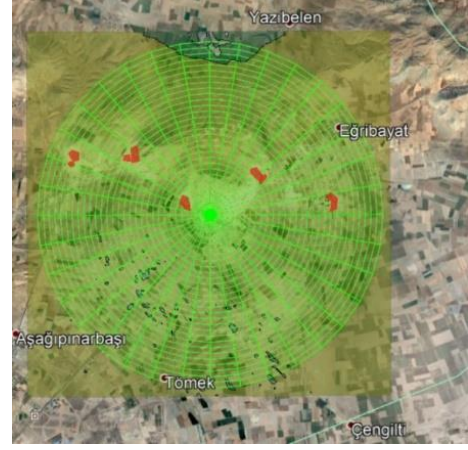
“Gas Particle Data” kodları da “Madencilik Projelerinde Hava Kalitesi Dağılım Modeli”nde tariflendiği gibi modellemeye yüklemiştir: (Particul Diameter 0.35 0.70 1.10 2.00 3.60 5.50 8.10 12.5 15.0 - Mass Fraction 0.128 0.105 0.104 0.073 0.103 0.105 0.082 0.076 0.224 - Particul Density 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0).

S.K.H.K.K.Y.; PM10 için (24 sa değerleri) “1 yıl içinde 35 defadan fazla aşamaz” hükmü yer aldığı için, bu kaç defa aştığının görülebilmesi için 2018 yılı için $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 2019 yılı için $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'yi aşan değerlerin görülebilmesi için modellemede “Treshold Violation File” sekmesinde “35th” (35. Değer - Rank) işaretlenmiş ve tanımlanmıştır.

Modelleme çalışmaları için; “Madencilik alanı Projeleri için Hava Kalitesi Dağılım Modeli”nde tariflendiği gibi Toz Yayılım Yüksekliği (Release Height, metre) değerleri için patlatma olayında (OPENPIT) seçilip yapılarak ve sıfır (0) olarak tespit edilmiştir, diğer işlemler için kaynak (AREA) seçilerek “Malzemenin alınması senasında 10 metre, Kırma ve Eleme Ünitesinde 5.0 m olarak kabul edilmiştir. Daha önce bahsedilen ölçüm yerleri alıcı olarak tariflenmiş, bütün alan kaynaklara ait koordinatlar ve patlatma noktalarının koordinatları ile birlikte AERMOD modellemesine yüklenmiştir. Şekil 32.a’da mevcut durum (9 tesis), Şekil 32.b’de iyileştirme senaryosu (5 tesis) için; alıcıların, alan kaynaklarının, patlatma noktalarının koordinatları ve “TERRAIN PROCESSOR” (AERMAP) “SRTM3/SRTM1” harita tipinde WebGIS “STRM3 90m” indirilip çalıştırıldıktan sonra gelen Terrain Contours’un grid noktalarla gösteriminin uydu görüntüsü yer almaktadır.



a) Mevcut Durum (9 Tesis)



b) İyileştirme Senaryosu (5 Tesis)

Şekil 32. Kaynak Alan, Patlatma Nokta, Alıcı Koordinatları ile Grid Noktalarının Terrain Contour'la gösterilmesinin Uydu Görüntüsü



4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA:

4.1. PM10 ve PM2,5 Ölçüm Sonuçları:

4.1.1. 2018 Yılı PM10 ve PM2,5 Ölçüm Sonuçları:

2018 yılında; X:474440 Y:4215500 koordinatlarına kurulan, Ç.Ş.B. Laboratuvarı tarafından kalibrasyonu yapılarak gönderilen PM2,5 ve PM10 başlıklarına sahip 2 adet TECORA cihazıyla muhtelif günlerde 24 saatlik ölçümler yapılmıştır.

TS EN 12341 sayılı standarda göre şartlandırılmış filtrelerin; yine TS EN 12341 sayılı standarda göre saatte 2,3 m³ hava çekerek PM10 veya PM2,5 başlıklarıyla filtreye baca özelliklerindeki partikül maddenin düşmesini sağlayan cihazlara yerleştirilmesini müteakip, 24 saatlik ölçümler otomatik olarak başlatılmıştır. Cihazların ayarlandığı sürenin sonunda; filtreler tekrar şartlandırılarak tartılmış ve Denklem (18) ile PM konsantrasyonları hesaplanmıştır.

Toplamda 50 kere yapılan PM10 ölçümlerinin; 19 tanesi Haziran ayında, 10 tanesi Temmuz ayında, 14 tanesi Ağustos ayında ve 7 tanesi de Eylül ayında gerçekleştirilmiştir. Haziran ayı ortalaması 70,55 µg/m³, Temmuz ayı ortalaması 36,77 µg/m³, Ağustos ayı ortalaması 101,708 µg/m³, Eylül ayı ortalaması 106,62 µg/m³ ve 50 günlük ortalama ise 77,57 µg/m³ olarak hesaplanmıştır. Deney günlerinde ölçülen PM10 konsantrasyonu; 14,492 µg/m³ ile 02.06.2018 tarihinde minimum; 230,07 µg/m³ ile 15.08.2018 tarihinde maksimum pik yapmıştır.

Toplamda 46 kere yapılan PM2,5 ölçümlerinin; 19 tanesi Haziran ayında, 12 tanesi Temmuz ayında, 8 tanesi Ağustos ayında ve 7 tanesi de Eylül ayında gerçekleştirilmiştir. Haziran ayı ortalaması 55,491 µg/m³, Temmuz ayı ortalaması 75,78 µg/m³, Ağustos ayı ortalaması 77,67 µg/m³ ve Eylül ayı ortalaması 76,08 µg/m³ ve 46 günlük ortalama ise 67,77 µg/m³ olarak hesaplanmıştır. Deney günlerinde ölçülen günlük PM2,5 konsantrasyonu; 7,24 µg/m³ ile 01.06.2018 tarihinde minimum; 226,44 µg/m³ ile 22.06.2018 tarihinde maksimum pik yapmıştır.

Bu ölçümlerin çeşitli günlerine ait PM2,5 ölçümlerinde kullanılan 16 tane filtresi Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Referans Laboratuvarı'na ağır metal analizi için gönderilmiştir. PM2,5 içindeki ağır metal analiz sonuçları Çizelge 10'da verilmektedir.

Yapılan analizlerin hepsinde Baryum (Ba) ve Çinko (Zn) varlığı anlamlıdır.

Çizelge 10. 2018 yılı PM_{2,5} içindeki ağır metallerin ölçüm sonuçları

Parametre(ug/filtre)	1.ölçüm	2.ölçüm	3.ölçüm	4.ölçüm	5.ölçüm	6.ölçüm	7.ölçüm	8.ölçüm	9.ölçüm	10.ölçüm	11.ölçüm	12.ölçüm	13.ölçüm	14.ölçüm	15.ölçüm	16.ölçüm
Antimon (Sb)	0,021	0,022	0,020	0,011	0,008	0,009	0,009	0,011	0,009	0,008	0,008	0,014	0,009	0,009	0,012	0,006
Arsenik (As)	0,027	0,025	0,020	0,028	0,038	0,026	0,025	0,040	0,045	0,033	0,041	0,026	0,039	0,035	0,051	0,014
Bakır (Cu)	0,445	0,354	0,326	0,434	0,457	0,393	0,390	0,388	0,403	0,386	0,445	0,378	0,446	0,460	0,498	0,368
Baryum (Ba)	333,733	332,701	321,561	403,149	331,626	411,806	356,412	370,581	285,272	394,236	320,887	357,569	459,637	288,730	243,952	300,740
Berilyum (Be)	0,0020	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,004	0,002
Çiçya (Hg)	0,015	0,030	0,026	0,018	0,051	0,046	0,037	0,025	0,036	0,051	0,036	0,025	0,014	0,022	0,028	0,019
Çinko (Zn)	289,029	287,831	273,787	348,923	307,515	374,982	322,991	340,274	283,565	350,730	278,532	300,435	398,086	263,528	228,592	262,780
Gümüş (Ag)	0,013	0,016	0,016	0,022	0,024	0,018	0,014	0,014	0,016	0,029	0,019	0,015	0,014	0,009	0,142	0,008
Kadmiyum(Cd)	0,080	0,080	0,075	0,096	0,086	0,104	0,089	0,093	0,076	0,098	0,078	0,083	0,112	0,072	0,064	0,069
Kobalt(Co)	0,010	0,009	0,009	0,015	0,016	0,010	0,011	0,015	0,023	0,011	0,017	0,007	0,009	0,015	0,035	0,009
Toplam Krom (Cr)	0,653	0,868	0,976	1,586	0,638	0,750	0,574	0,752	0,828	0,813	0,894	0,733	0,875	0,943	0,851	0,713
Kurşun (Pb)	0,693	0,692	0,682	0,836	0,840	0,993	0,862	0,841	0,718	0,895	0,722	0,760	0,950	0,648	0,742	0,569
Mangan (Mn)	0,416	0,467	0,267	0,316	0,656	0,407	0,426	0,568	0,980	0,439	0,602	0,287	0,332	0,624	1,747	0,713
Nikel (Ni)	2,087	0,768	2,853	0,407	1,068	2,097	0,460	0,389	0,361	0,592	0,632	0,596	1,527	0,994	0,509	0,504
Selenyum (Se)	0,012	0,012	0,031	0,009	0,027	0,021	0,019	0,014	0,015	0,021	0,022	0,017	0,020	0,014	0,017	0,005
Talyum (Tl)	0,006	0,006	0,006	0,006	0,007	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,007	0,006	0,006	0,005
Vanadyum (V)	0,043	0,037	0,026	0,039	0,067	0,041	0,042	0,066	0,088	0,074	0,058	0,031	0,040	0,073	0,144	0,032

EP A 29-TS EN ISO metotları kullanılarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Gölbaşı Laboratuvarlarında analiz edilmiştir.

Bazı elementler, doğal kaynaklara ek olarak, aynı zamanda farklı insan faaliyetleri sonucunda atmosfere salınabilirler. Örnek olarak; antimon (Sb), baryum (Ba), bakır (Cu) ile demir (Fe) motorlu araçlarda fren sisteminde zamanla oluşan aşınmanın sonucu atmosfere salınırken, çinko (Zn) ise çoğunlukla araç lastiklerinin aşınması sonucu atmosfere verilmektedir (Pant ve Harrison, 2013).

Jawed ve Abo Aisha (2019) tarafından yapılan çalışmayla; Baryum ve Alüminyum'un At Kestanesi'nin bütün organellerinde trafik yoğunluğuyla ilişkili arttığı belirlenmiştir. Bu elementlerden Baryum insan sağlığı için zararlı olabilmektedir. Baryum; televizyon tüpleri, yakıt sentezi, cam, seramik, havai fişek yapımı, kauçuk üretimi vb. alanların yanı sıra evsel kullanımı olan böcek öldürücüler, tüy dökücüler, vb. maddeler içerisinde de bulunması sebebiyle toksikolojik önemi vardır. Yapılan diğer çalışmalarda bitki yapraklarındaki Baryum konsantrasyonları ile trafik kaynağına olan uzaklık arasında bariz bir korelasyon olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bazı bölgelerde satışı yapılan benzin ve motorin içerisinde de Baryum olduğu belirlenmiştir.

Vanadyum(Vn) ve nikel(Ni); genelde dizel yakıtların kullanılmasının neticesinde havaya karışmaktadır, arsenik(As) ve antimon(Sb) ise metalürji endüstrisi, atık yakma veya kömür kullanımı kaynaklı havaya salınmaktadır. Bunlarla birlikte, toprağın yapısında bulunan, alüminyum(Al), titanyum(Ti), krom(Cr), demir(Fe), kalsiyum(Ca), magnezyum(Mg) ve niyobyum(Nb) gibi metaller rüzgâr katkısıyla havaya karışabilmektedirler (Morera-Gomez ve ark., 2019, Querol ve ark., 2007, Viana ve ark., 2008, Gao ve ark., 2002).

Karayolları Genel Müdürlüğü, 2018 Devlet Yolları Trafik Hacim Haritası Toplam taşıt/Gün Yıllık Ortalama Günlük Trafik Değerleri (YOGT) verilerine göre Karaömerler Altınekin arası değerler aşağıda verilmiştir: Günlük geçen araç sayısı;

Otomobil 7296, Orta Yüklü Ticari Taşıt 728, Otobüs 185, Kamyon 745, Kamyon+Römork,Çekici+Yarı Römork 1115 olmak üzere Toplam 10069. (URL, 20)

Bununla birlikte; çalışma alanındaki Karayolları Genel Müdürlüğü'ne ait Ocak ve Tesis yol yapım çalışmalarına özellikle çok yakınlarındaki ve yapımı devam eden yeni çevre yolu inşaatına malzeme sağlamaktadır. 2018 yılında yoğun şekilde devam eden ve çalışma alanı yanındaki şantiyenin araç parkı olarak kullanılmasından ve yakın arayolların geçiş yolu seçilmesinden dolayı araç (Kamyon) sayısı ve sefer miktarındaki artıştan kaynaklanan trafik kaynaklı hava kirliliği parametrelerinde ekstra çoğalma sağlamış olması da kuvvetle muhtemeldir.

4.1.2. 2019 Yılı PM10 ve PM2,5 Ölçüm Sonuçları

2019 yılında; çalışma alanında MEFE / EYM-B Hava Kalitesi Ölçüm Cihazı ile PM2,5 ve PM10 başlıkları planlanan ölçümlere göre değiştirilerek; 2019 yılı Eylül ayı içinde muhtelif günlerde işletmelerin çalışma saatleri içerisinde, saatlik mobil ölçümler yapılarak, ölçüm yapılan 9 noktanın koordinatları harita üzerine kaydedilmiştir (Şekil 23) ve alıcı (RECEPTOR) olarak modellemeye dahil edilmiştir.

TS EN 12341 sayılı standarda göre şartlandırılmış filtrelerin; saatlik ölçümlerde kullanıldıktan sonra filtreler tekrar şartlandırılarak tartılmış ve Denklem (18) ile PM konsantrasyonları hesaplanmıştır. Hesaplanan saatlik PM10 ve PM2,5 konsantrasyonları Çizelge 11'da verilmektedir.

Çizelge 11. 2019 yılı PM10 ve PM2,5 saatlik ölçüm sonuçları

	X	Y	PM10 Saatlik ortalama ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2,5 Saatlik ortalama ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1.Ölçüm Yeri	473861	4215692	8333,33	4524,88
2.Ölçüm Yeri	473894	4215360	5208,33	4347,82
3.Ölçüm Yeri	474876	4215368	24691,35	20833,33
4.Ölçüm Yeri	475560	4215969	6493,5	23529,41
5.Ölçüm Yeri	476650	4218004	1960,78	4166,66
6.Ölçüm Yeri	476167	4217080	21929,82	5555,55
7.Ölçüm Yeri	475890	4216601	33333,33	17391,3
8.Ölçüm Yeri	474479	4215426	20833,33	9389,67
9.Ölçüm Yeri	473036	4216033	13888,88	5128,2

Ölçülen PM10 konsantrasyonları içinde 7. Ölçüm yerinde saatte 33333,33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ miktarı ile pik yapmıştır. Haritadaki koordinatların kontrol edilmesiyle söz konusu noktada genel olarak 3 tesisten kaynaklı bu maksimum PM10 miktarı; tesislere yakınlık, hâkim rüzgâr yönünde olması ve 3 tesisin de aynı anda çalışırken ölçüm yapılması ile açıklanabilir.

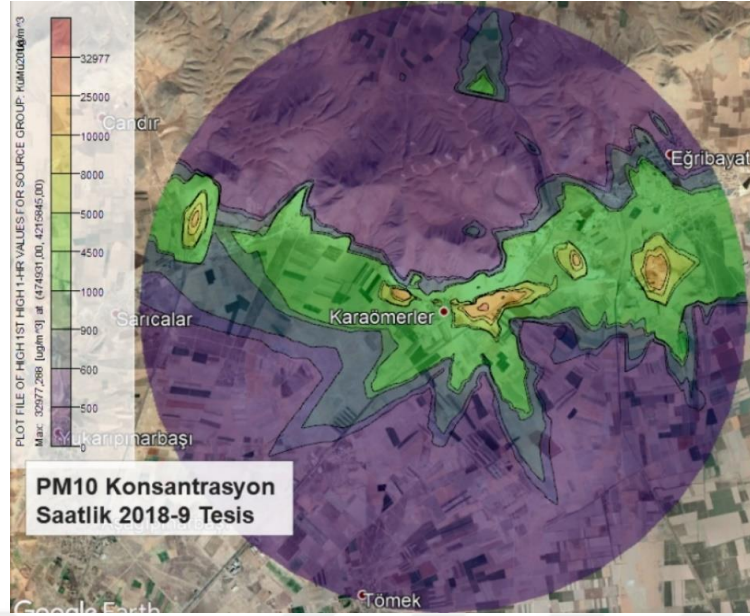
Ölçülen PM2,5 konsantrasyonları içinde 4. Ölçüm yerinde saatte 23527,41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ miktarı ile pik yapması, haritadaki konumundan da anlaşılacağı gibi D715 yolunun karşı tarafında gerçekleşmiştir, bu PM2,5 çökeltme mesafesinin PM10'a göre daha uzun olması ve hakim rüzgar yönü ile tesislerin kümülatif etkisiyle açıklanabilir.

4.2. AERMOD Modelleme Sonuçları

4.2.1. 2018 Yılı AERMOD Modelleme Sonuçları

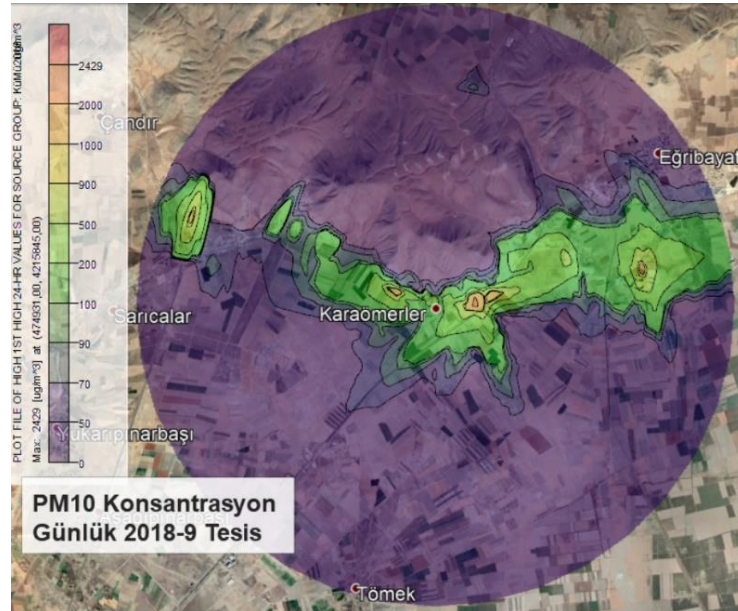
4.2.1.1. 2018 – 9 Tesis için AERMOD Modelleme Sonuçları

2018 yılı için çalışma alanı içindeki kirletici kaynak (SOURCE) olarak 9 işletmeye ait kütleli debi, koordinatlar vb. ile alıcı (RECEPTOR) olarak 2018 yılı ölçüm noktası koordinat bilgileri AERMOD View'e veri olarak girildikten sonra modelleme programı RUN edilerek çalıştırılmış ve modelleme tarafından çıktı sonuçları için hesaplanan maksimum PM10 konsantrasyonlarına ait saatlik, günlük, aylık ve yıllık dağılım haritaları, Google Earth'e "EXPORT" yapılmış halleriyle, uydu görüntüleriyle sırasıyla Şekil 33.,34.,35.,36.'da verilmiştir.



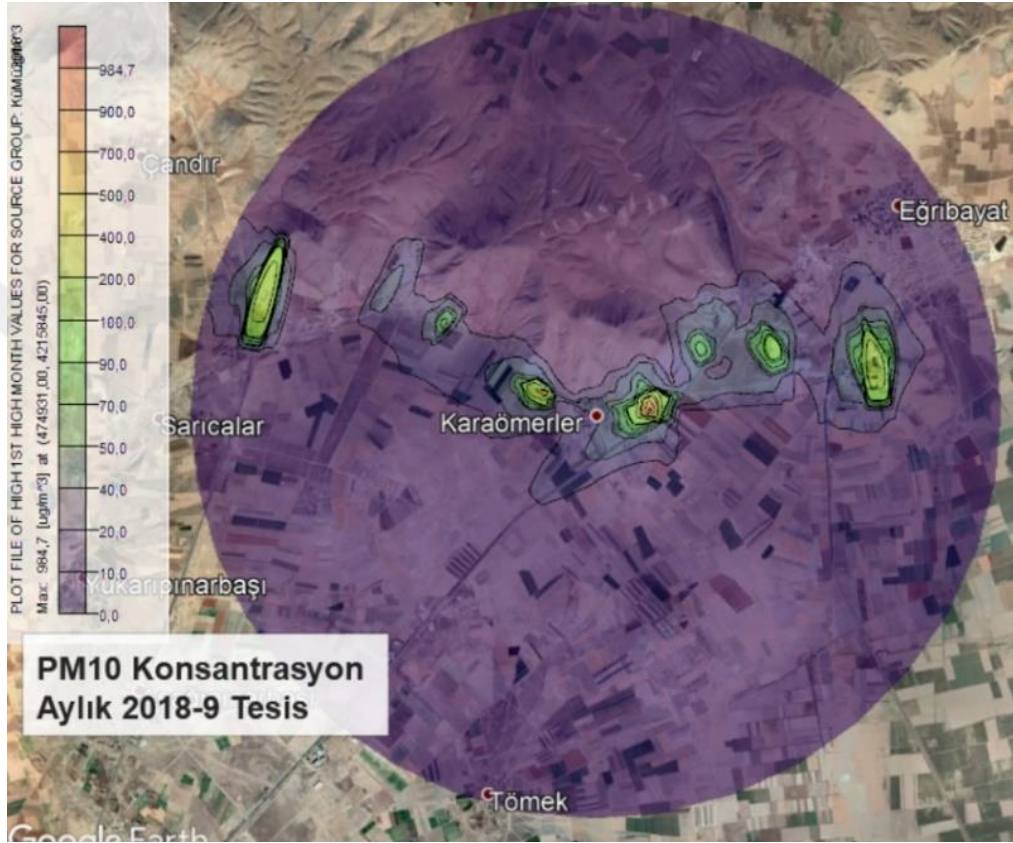
Şekil 33. Saatlik Maksimum PM10 Konsantrasyonlarına Ait Dağılım Haritası (2018-9)

2018 yılı 9 tesisin çalışması durumunda saatlik maksimum PM10 konsantrasyonlarının ortalama değeri; $1088,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Saatlik maksimum PM10 konsantrasyonu X:474781, Y:4215845 koordinatı için $30180,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak sonuç vermiştir. 2018 yılı ölçüm noktası koordinatında ise saatlik maksimum PM10 konsantrasyonu $7328,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır.



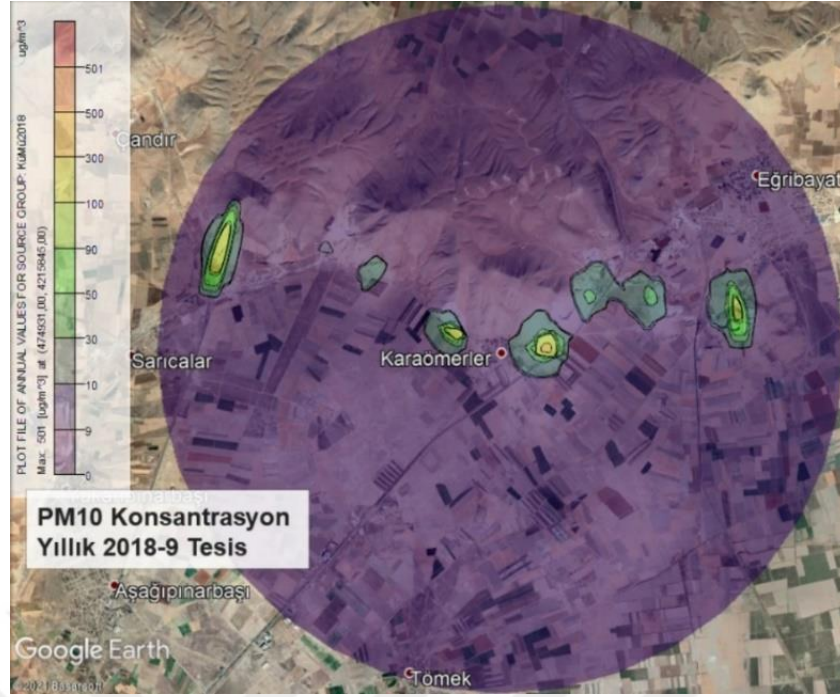
Şekil 34. Günlük Maksimum PM10 Konsantrasyonlarına Ait Dağılım Haritası (2018-9)

2018 yılı 9 tesisin çalışması durumunda günlük maksimum PM10 konsantrasyonlarının ortalama değeri; $68,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Günlük maksimum PM10 konsantrasyonu X:475031, Y:4215845 koordinatı için $1671,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak sonuç vermiştir. 2018 yılı ölçüm noktası koordinatında ise günlük maksimum PM10 konsantrasyonu $441,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 35. Aylık Maksimum PM10 Konsantrasyonlarına Ait Dağılım Haritası (2018-9)

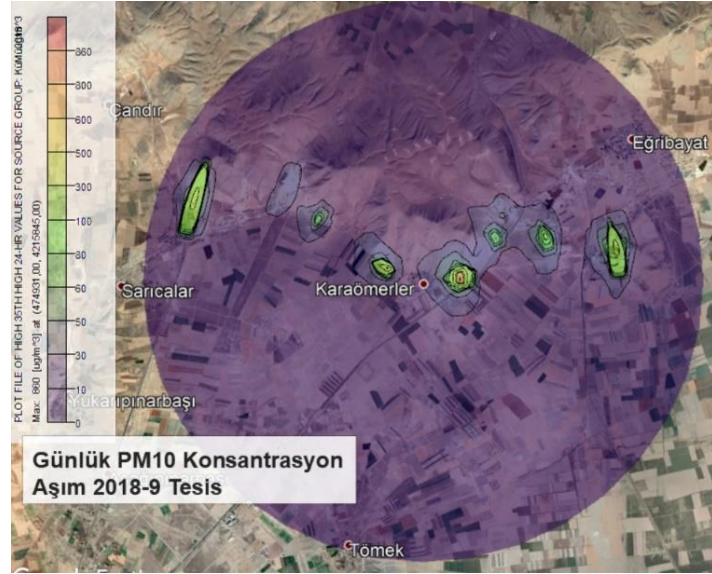
2018 yılı 9 tesisin çalışması durumunda aylık maksimum PM10 konsantrasyonlarının ortalama değeri; $11,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Aylık maksimum PM10 konsantrasyonu X:475031, Y:4215845 koordinatı için $627,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak sonuç vermiştir. 2018 yılı ölçüm noktası koordinatında ise aylık maksimum PM10 konsantrasyonu $60,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 36. Yıllık Maksimum PM10 Konsantrasyonlarına Ait Dağılım Haritası (2018-9)

2018 yılı 9 tesisin çalışması durumunda yıllık maksimum PM10 konsantrasyonlarının ortalama değeri yani Hava Kirliliğine Katkı Değeri (HKKD) **4,09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** olarak bulunmuştur. Yıllık maksimum PM10 konsantrasyonu X:475031, Y:4215845 koordinatı için 297,47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak sonuç vermiştir. 2018 yılı ölçüm noktası koordinatında ise yıllık maksimum PM10 konsantrasyonu 13,92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır.

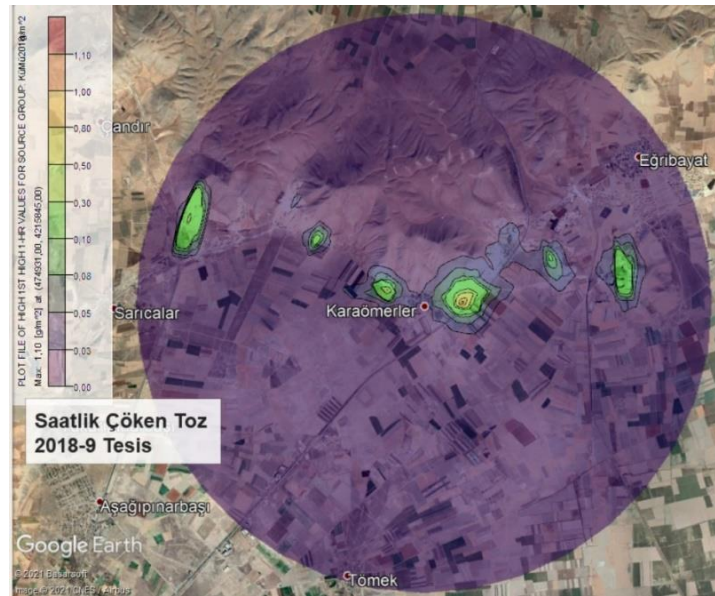
2018 yılı için Çizelge 2.'de verilmiş ve mevzuatta yer alan, 24 saatlik (günlük) PM10 konsantrasyonları için, yılda 35 defadan fazla aşılmaması istenen 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değeri de "35TH RANK" olarak 9 tesis için AERMOD View'e girilerek, modelleme tarafından hesaplanan maksimum günlük PM10 konsantrasyonlarına ait aşım sayısı dağılım haritası Şekil 37'de verilmiştir.



Şekil 37. Günlük Maksimum PM10 Konsantrasyonları(>60 µg/m³) Aşım Sayısı Dağılım Haritası(2018-9)

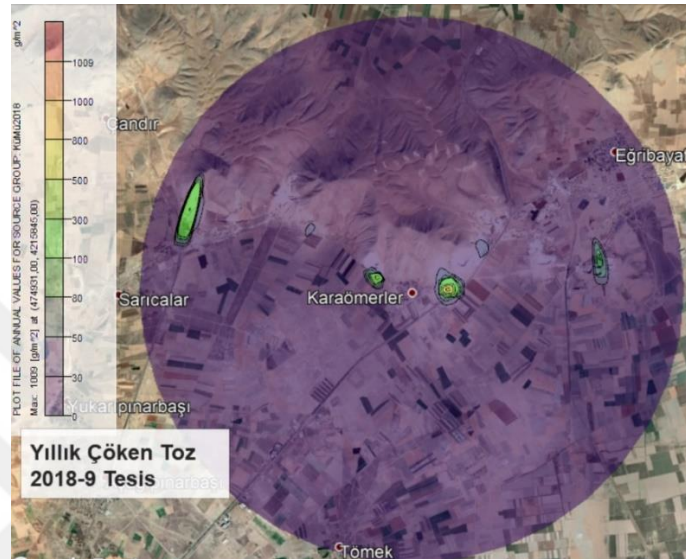
2018 yılı 9 tesisin çalışması durumunda AERMOD Modelleme sonuçlarına göre; yönetmelikte verilen 60 µg/m³ değeri yılda 293 kere aşılmıştır.

Bunlara ilave olarak; 2018 yılı 9 tesis için yapılan modellemede PM10 toplam depolama yani Çöken Toz miktarları da hesaplanmış ve Çöken Toz miktarlarına ait saatlik, günlük, aylık ve yıllık dağılım haritaları, Google Earth'e "EXPORT" yapılmış halleriyle, sırasıyla Şekil 38.,39.,40.,41.'de yer almaktadır.



Şekil 38. Saatlik Maksimum Çöken Toz Dağılım Haritası (2018-9)

2018 yılı 9 tesisin çalışması durumunda maksimum aylık Çöken Toz konsantrasyonlarının ortalama değeri; $0,942 \text{ g/m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Aylık maksimum Çöken Toz X:475031, Y:4215845 koordinatı için $136,12 \text{ g/m}^2$ olarak sonuç vermiştir. 2018 yılı ölçüm noktası koordinatında ise aylık maksimum Çöken Toz $2,55 \text{ g/m}^2$ olarak bulunmuştur.

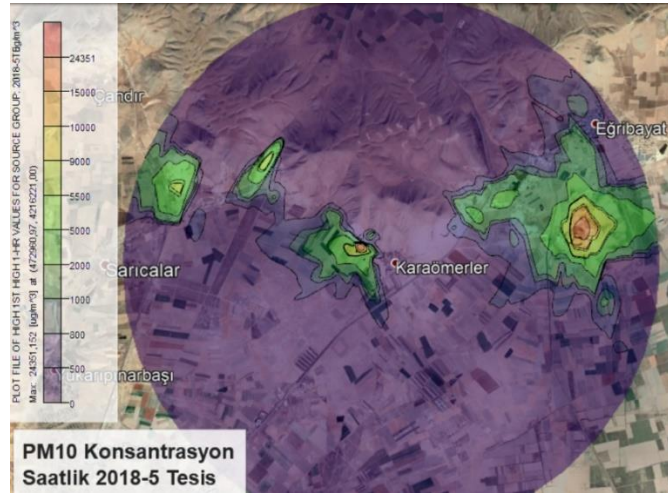


Şekil 41. Yıllık Maksimum Çöken Toz Dağılım Haritası (2018-9)

2018 yılı 9 tesisin çalışması durumunda maksimum yıllık Çöken Toz konsantrasyonlarının ortalama değeri; $5,03 \text{ g/m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Yıllık maksimum Çöken Toz X:475031, Y:4215845 koordinatı için $737,80 \text{ g/m}^2$ olarak sonuç vermiştir. 2018 yılı ölçüm noktası koordinatında ise yıllık maksimum Çöken Toz $10,75 \text{ g/m}^2$ olarak bulunmuştur.

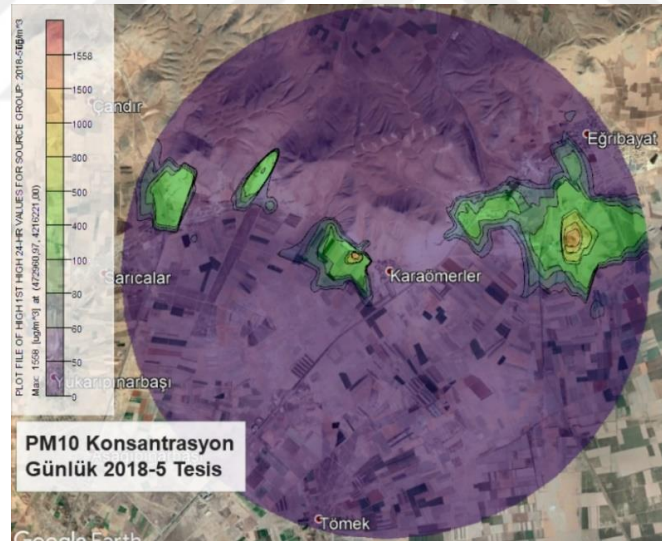
4.2.1.2. 2018 – 5 Tesis için AERMOD Modelleme Sonuçları

2018 yılı için çalışma alanı içindeki kirlenici kaynak (SOURCE)ların azalması durumunu modelleme ile tahmin etmek için kümülatif etkinin azaltılması için 2,5 km yarıçapında başka bir tesise izin verilmemesi senaryosu oluşturularak, işletme sayısının ve üretim kapasitenin %50 nin altına düşmemesi de gözetilerek, 9 tesisten sadece 5 tanesi seçilerek kütleli debi, koordinatlar vb. ile alıcı (RECEPTOR) olarak ölçüm noktası koordinat bilgileri AERMOD View'e veri olarak girildikten sonra çalıştırılmış ve modelleme tarafından hesaplanan maksimum PM10 konsantrasyonlarına ait saatlik, günlük, aylık ve yıllık dağılım haritası, sırasıyla Şekil 42.,43.,44.,45.'de yer almaktadır.



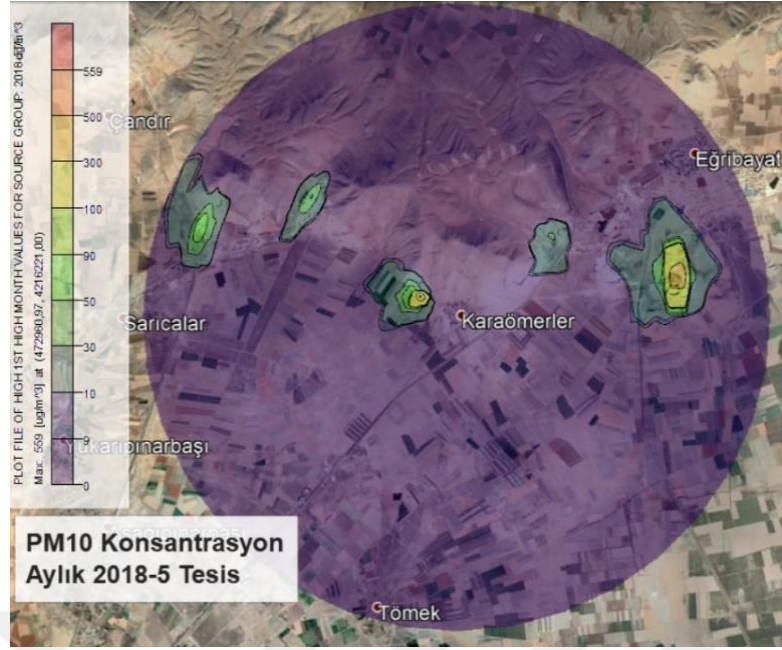
Şekil 42. Saatlik Maksimum PM10 Konsantrasyonlarına Ait Dağılım Haritası (2018-5)

2018 yılı 5 tesisin çalışması durumunda saatlik maksimum PM10 konsantrasyonlarının ortalama değeri; $497,186 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Saatlik maksimum PM10 konsantrasyonu X:472960, Y:4216221 koordinatı için $24351,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak sonuç vermiştir. 2018 yılı ölçüm noktası koordinatında ise saatlik maksimum PM10 konsantrasyonu $160,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır.



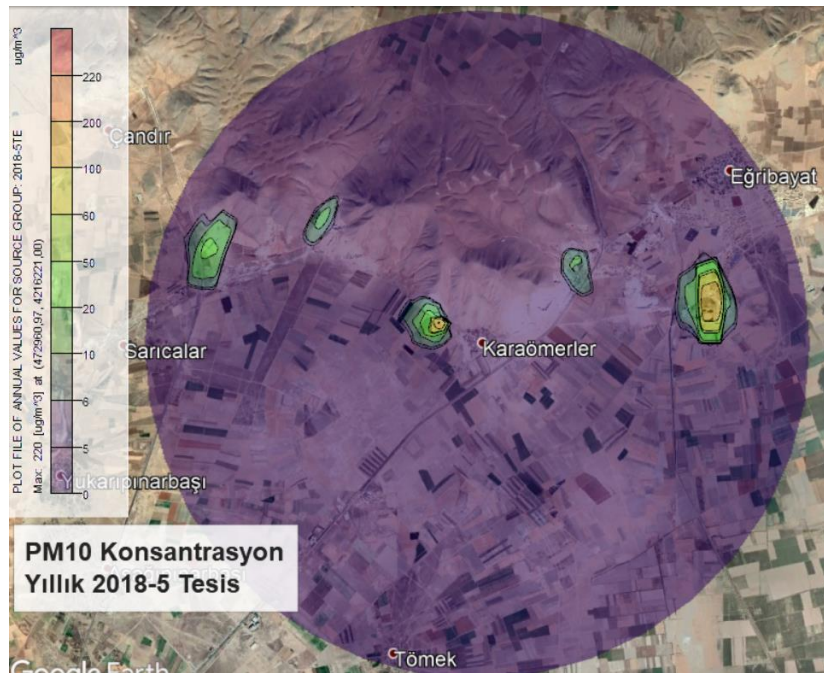
Şekil 43. Günlük Maksimum PM10 Konsantrasyonlarına Ait Dağılım Haritası (2018-5)

2018 yılı 5 tesisin çalışması durumunda günlük maksimum PM10 konsantrasyonlarının ortalama değeri; $30,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Günlük maksimum PM10 konsantrasyonu X:472960, Y:4216221 koordinatı için $1557,49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak sonuç vermiştir. 2018 yılı ölçüm noktası koordinatında ise günlük maksimum PM10 konsantrasyonu $10,93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 44. Aylık Maksimum PM10 Konsantrasyonlarına Ait Dağılım Haritası (2018-5)

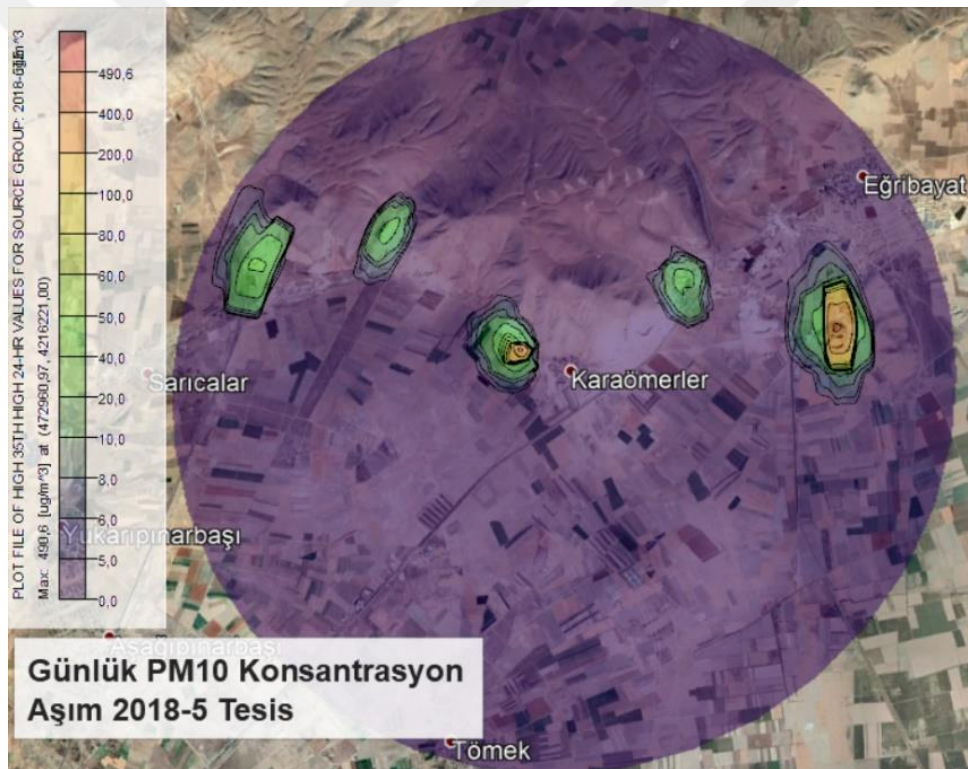
2018 yılı 5 tesisin çalışması durumunda aylık maksimum PM10 konsantrasyonlarının ortalama değeri; $3,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Aylık maksimum PM10 konsantrasyonu X:472960, Y:4216221 koordinatı için $558,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak sonuç vermiştir. 2018 yılı ölçüm noktası koordinatında ise aylık maksimum PM10 konsantrasyonu $1,51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 45. Yıllık Maksimum PM10 Konsantrasyonlarına Ait Dağılım Haritası (2018-5)

2018 yılı 5 tesisin çalışması durumunda yıllık maksimum PM10 konsantrasyonlarının ortalama değeri yani Hava Kirliliğine Katkı Değeri (HKKD) **1,58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** olarak bulunmuştur. Yıllık maksimum PM10 konsantrasyonu X:472960, Y:4216221 koordinatı için 220,36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak sonuç vermiştir. 2018 yılı ölçüm noktası koordinatında ise yıllık maksimum PM10 konsantrasyonu 0,42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır.

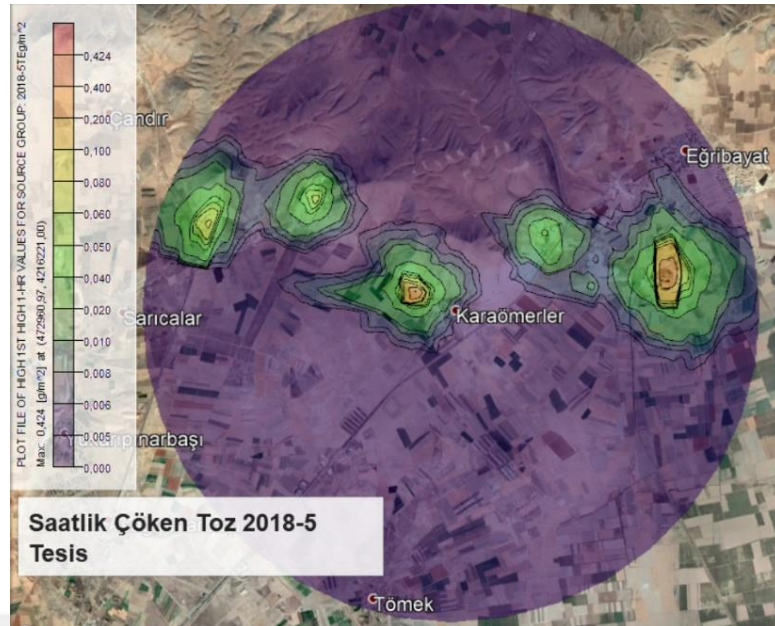
2018 yılı için yönetmelikte yer alan Çizelge 2. Verilmiş olan yılda 35 defadan fazla aşılmaması istenen 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değeri de “35TH RANK” olarak 2. Senaryo olan 5 tesis için AERMOD View’e girilerek, modelleme tarafından hesaplanan maksimum günlük PM10 konsantrasyonlarına ait aşım sayısı dağılım haritası Şekil 46’da verilmiştir.



Şekil 46. Günlük Maksimum PM10 Konsantrasyonları Aşım Sayıları (60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)ne Ait Dağılım Haritası (2018-5)

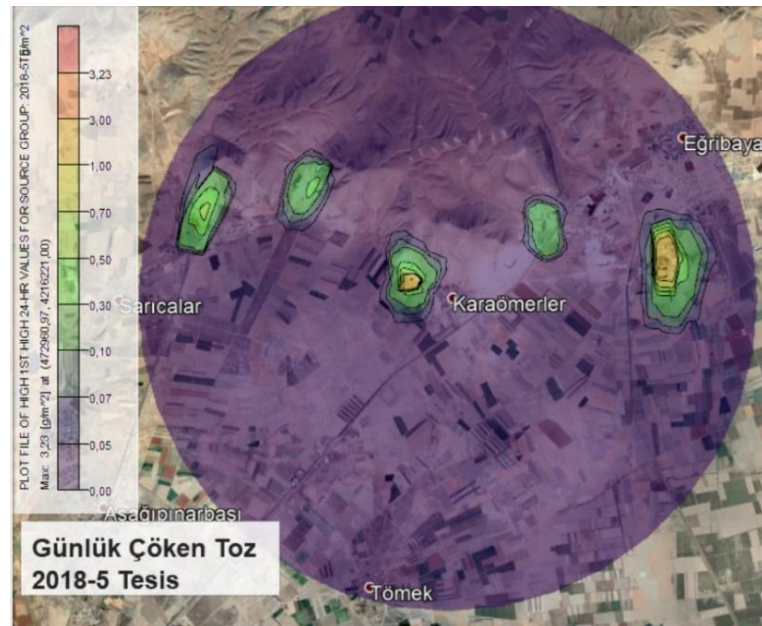
2018 yılı 5 tesisin çalışması durumunda AERMOD Modelleme sonuçlarına göre; yönetmelikte verilen 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değeri yılda 280 kere aşılmıştır.

Bunlara ilave olarak; 2018 yılı 5 tesis için yapılan modellemede PM10 toplam depolama yani Çöken Toz miktarları da hesaplanmış ve Çöken Toz miktarlarına ait saatlik, günlük, aylık ve yıllık dağılım haritaları, Google Earth’e “EXPORT” yapılmış halleriyle, sırasıyla Şekil 47.,48.,49.,50.’de yer almaktadır.



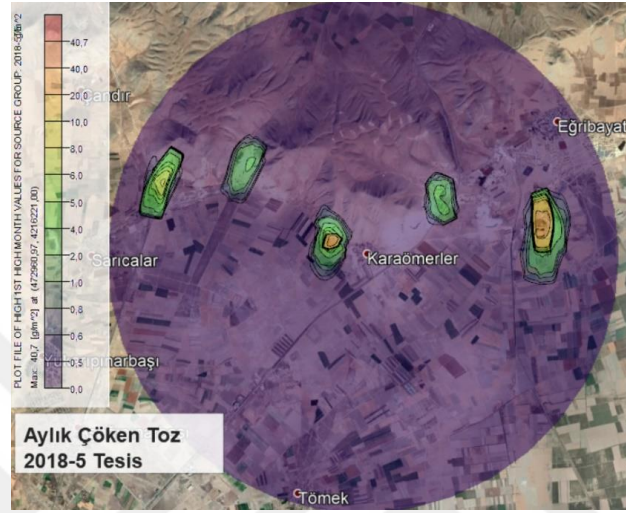
Şekil 47. Saatlik Maksimum Çöken Toz Dağılım Haritası (2018-5)

2018 yılı 5 tesisin çalışması durumunda saatlik maksimum PM10 Toplam Depolama (Çöken Toz) konsantrasyonlarının ortalama değeri; 0,0067 g/m² olarak bulunmuştur. Saatlik maksimum Çöken Toz X:472960, Y:4216221 koordinatı için 0,4237 g/m² olarak sonuç vermiştir. 2018 yılı ölçüm noktası koordinatında ise saatlik maksimum Çöken Toz 0,0037 g/m² olarak hesaplanmıştır.



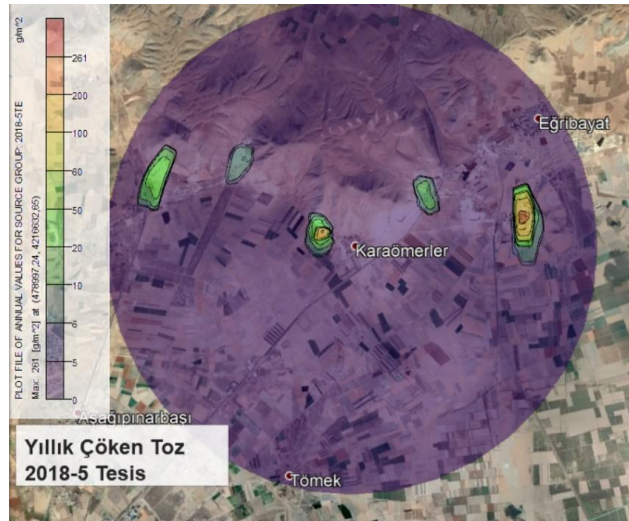
Şekil 48. Günlük Maksimum Çöken Toz Dağılım Haritası (2018-5)

2018 yılı 5 tesisin çalışması durumunda maksimum günlük Çöken Toz konsantrasyonlarının ortalama değeri; $0,0319 \text{ g/m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Günlük maksimum Çöken Toz X:475031, Y:4215031 koordinatı için $3,22 \text{ g/m}^2$ olarak sonuç vermiştir. 2018 yılı ölçüm noktası koordinatında ise günlük maksimum Çöken Toz $0,007 \text{ g/m}^2$ olarak bulunmuştur.



Şekil 49. Aylık Maksimum Çöken Toz Dağılım Haritası (2018-5)

2018 yılı 5 tesisin çalışması durumunda maksimum aylık Çöken Toz konsantrasyonlarının ortalama değeri; $0,21 \text{ g/m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Aylık maksimum Çöken Toz X:472960, Y:4216221 koordinatı için $40,66 \text{ g/m}^2$ olarak sonuç vermiştir. 2018 yılı ölçüm noktası koordinatında ise aylık maksimum Çöken Toz $0,036 \text{ g/m}^2$ olarak bulunmuştur.



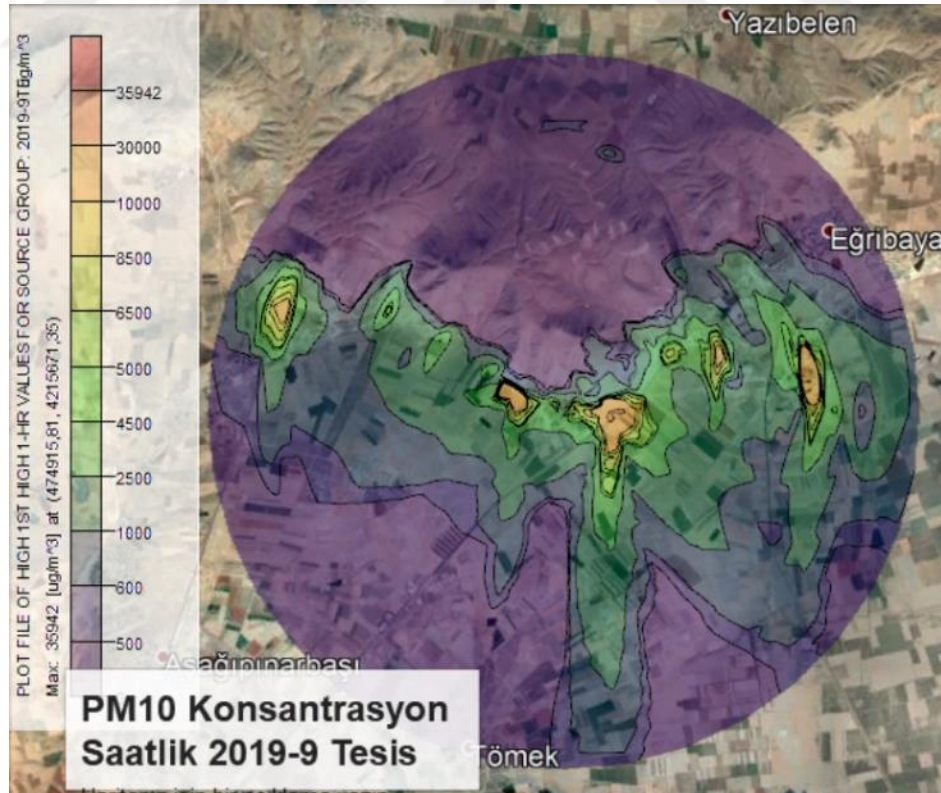
Şekil 50. Yıllık Maksimum Çöken Toz Dağılım Haritası (2018-5)

2018 yılı 5 tesisin çalışması durumunda yıllık maksimum Çöken Toz konsantrasyonlarının ortalama değeri; $1,10 \text{ g/m}^2$ olarak bulunmuştur. Yıllık maksimum Çöken Toz X:475031, Y:4215845 koordinatı için $261,05 \text{ g/m}^2$ olarak sonuç vermiştir. 2018 yılı ölçüm noktası koordinatında ise yıllık maksimum Çöken Toz $0,23 \text{ g/m}^2$ olarak hesaplanmıştır.

4.2.2. 2019 Yılı AERMOD Modelleme Sonuçları

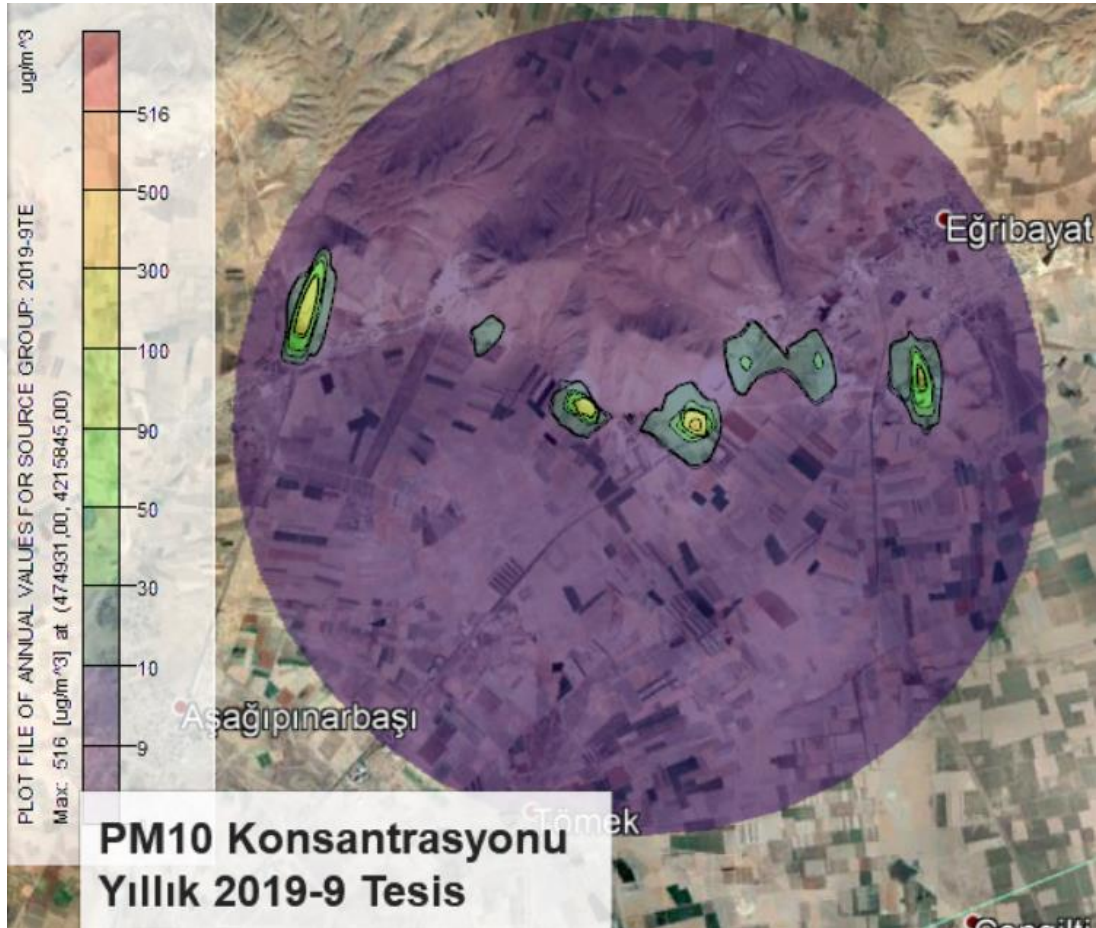
4.2.2.1. 2019 – 9 Tesis için AERMOD Modelleme Sonuçları

2019 yılı için çalışma alanı içindeki kirletici kaynak (SOURCE) olarak 9 işletmeye ait kütleli debi, koordinatlar vb. ile alıcı (RECEPTOR) olarak 2019 yılı 9 adet saatlik ölçüm noktaları koordinat bilgileri AERMOD View'e veri olarak girildikten sonra çalıştırılmış ve modelleme tarafından hesaplanan maksimum PM10 konsantrasyonlarına ait saatlik, günlük, aylık ve yıllık dağılım haritaları, Google Earth'e "EXPORT" yapılmış halleriyle, sırasıyla Şekil 51.,52.,53.,54.de yer almaktadır.



Şekil 51. Saatlik Maksimum PM10 Konsantrasyonlarına Ait Dağılım Haritası (2019-9)

2019 yılı 9 tesisin çalışması durumunda aylık maksimum PM10 konsantrasyonlarının ortalama değeri; $13,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Aylık maksimum PM10 konsantrasyonu X:474931, Y:4215845 koordinatı için $1032,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak sonuç vermiştir.

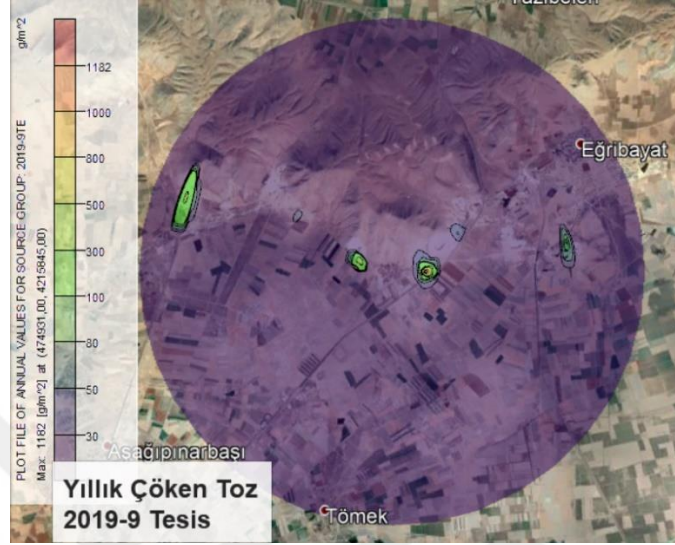


Şekil 54. Yıllık Maksimum PM10 Konsantrasyonlarına Ait Dağılım Haritası (2019-9)

2019 yılı 9 tesisin çalışması durumunda yıllık maksimum PM10 konsantrasyonlarının ortalama değeri yani Hava Kirliliğine Katkı Değeri (**HKKD**) $4,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Yıllık maksimum PM10 konsantrasyonu X:474931, Y:4215845 koordinatı için $515,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak sonuç vermiştir.

2019 yılı için yönetmelikte yer alan Çizelge 2. Verilmiş olan yılda 35 defadan fazla aşılmaması istenen $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değeri de 35TH RANK olarak 9 tesis için AERMOD View'e girilerek, modelleme tarafından hesaplanan maksimum günlük PM10 konsantrasyonlarına ait aşım sayısı dağılım haritası Şekil 55'de verilmiştir.

2019 yılı 9 tesisin çalışması durumunda aylık maksimum Çöken Toz konsantrasyonlarının ortalama değeri; $0,927 \text{ g/m}^2$ olarak bulunmuştur. Aylık maksimum Çöken Toz X:474931, Y:4215845 koordinatı için $173,09 \text{ g/m}^2$ olarak sonuç vermiştir.

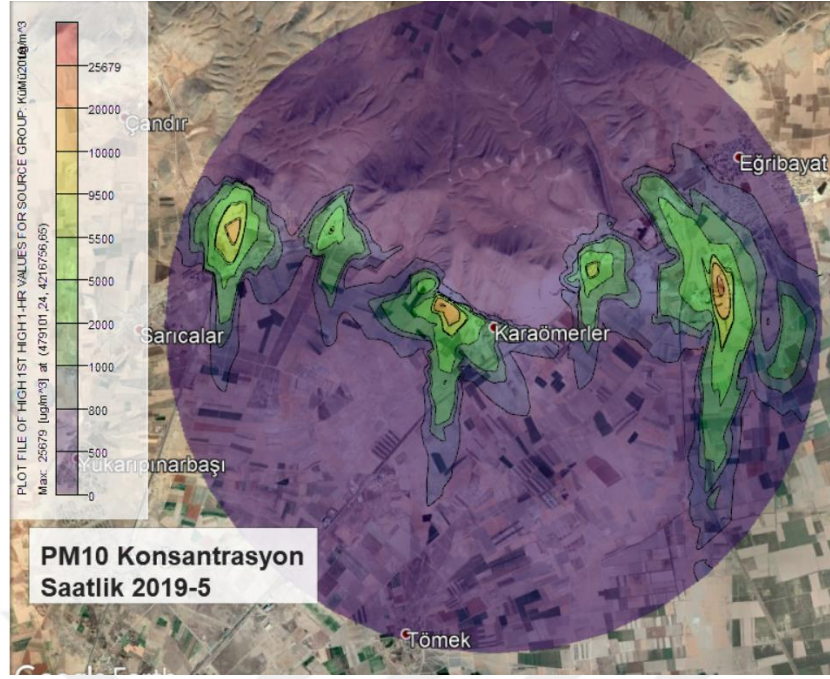


Şekil 59. Yıllık Maksimum Çöken Toz Dağılım Haritası (2019-9)

2019 yılı 9 tesisin çalışması durumunda maksimum yıllık Çöken Toz konsantrasyonlarının ortalama değeri; $5,64 \text{ g/m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Yıllık maksimum Çöken Toz X:474931, Y:4215845 koordinatı için $1181,63 \text{ g/m}^2$ olarak sonuç vermiştir.

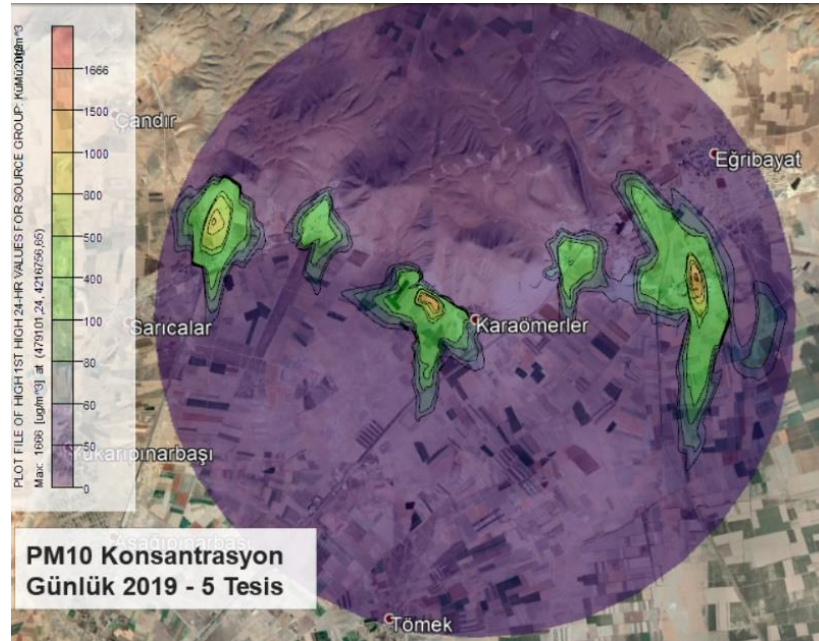
4.2.2.2. 2019 – 5 Tesis için AERMOD Modelleme Sonuçları

2019 yılı için çalışma alanı içindeki kirlenici kaynak (SOURCE)ların azalması durumunu modelleme ile tahmin etmek için kümülatif etkinin azaltılması için 2,5 km yarıçapında başka bir tesise izin verilmemesi senaryosu oluşturularak, işletme sayısının ve üretim kapasitenin %50 nin altına düşmemesi de gözetilerek 9 tesisden sadece 5 tanesi seçilerek kütleli debi, koordinatlar vb. ile alıcı (RECEPTOR) olarak ölçüm noktası koordinat bilgileri AERMOD View'e veri olarak girildikten sonra çalıştırılmış ve modelleme tarafından hesaplanan maksimum PM10 konsantrasyonlarına ait saatlik, günlük, aylık ve yıllık dağılım haritası, sırasıyla Şekil 60.,61.,62.,63.'de yer almaktadır.

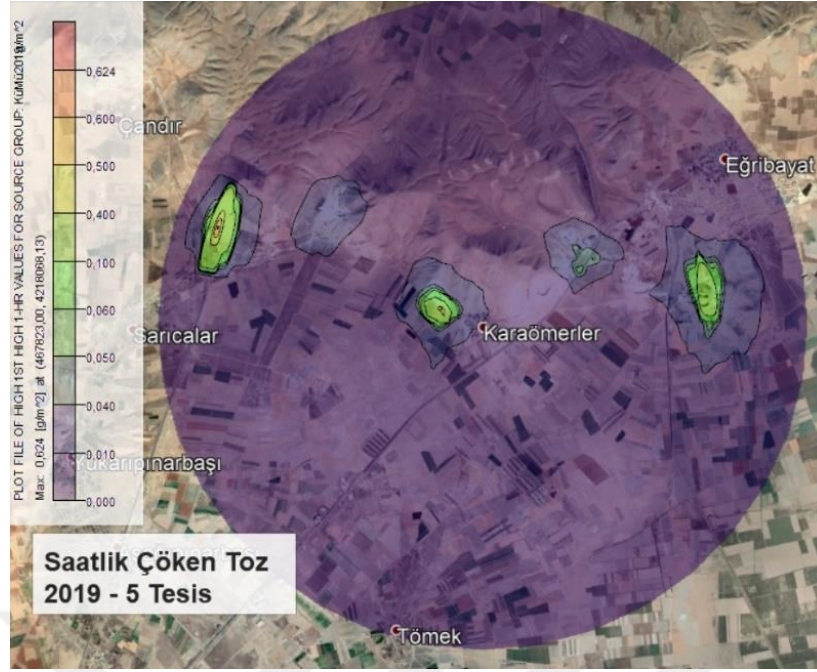


Şekil 60. Saatlik Maksimum PM10 Konsantrasyonlarına Ait Dağılım Haritası (2019-5)

2019 yılı 5 tesisin çalışması durumunda saatlik maksimum PM10 konsantrasyonlarının ortalama değeri; $670,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Saatlik maksimum PM10 konsantrasyonu X:479101, Y:4216756 koordinatı için $25679,32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak sonuç vermiştir.

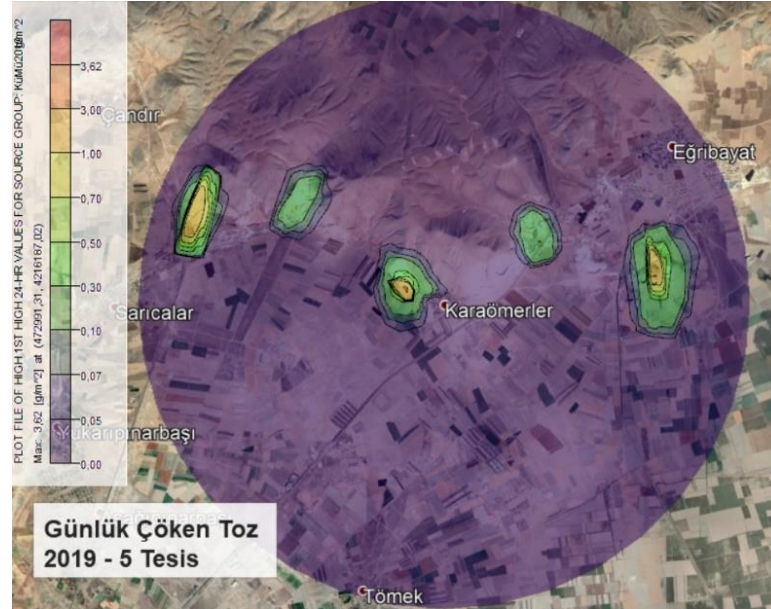


Şekil 61. Günlük Maksimum PM10 Konsantrasyonlarına Ait Dağılım Haritası (2019-5)



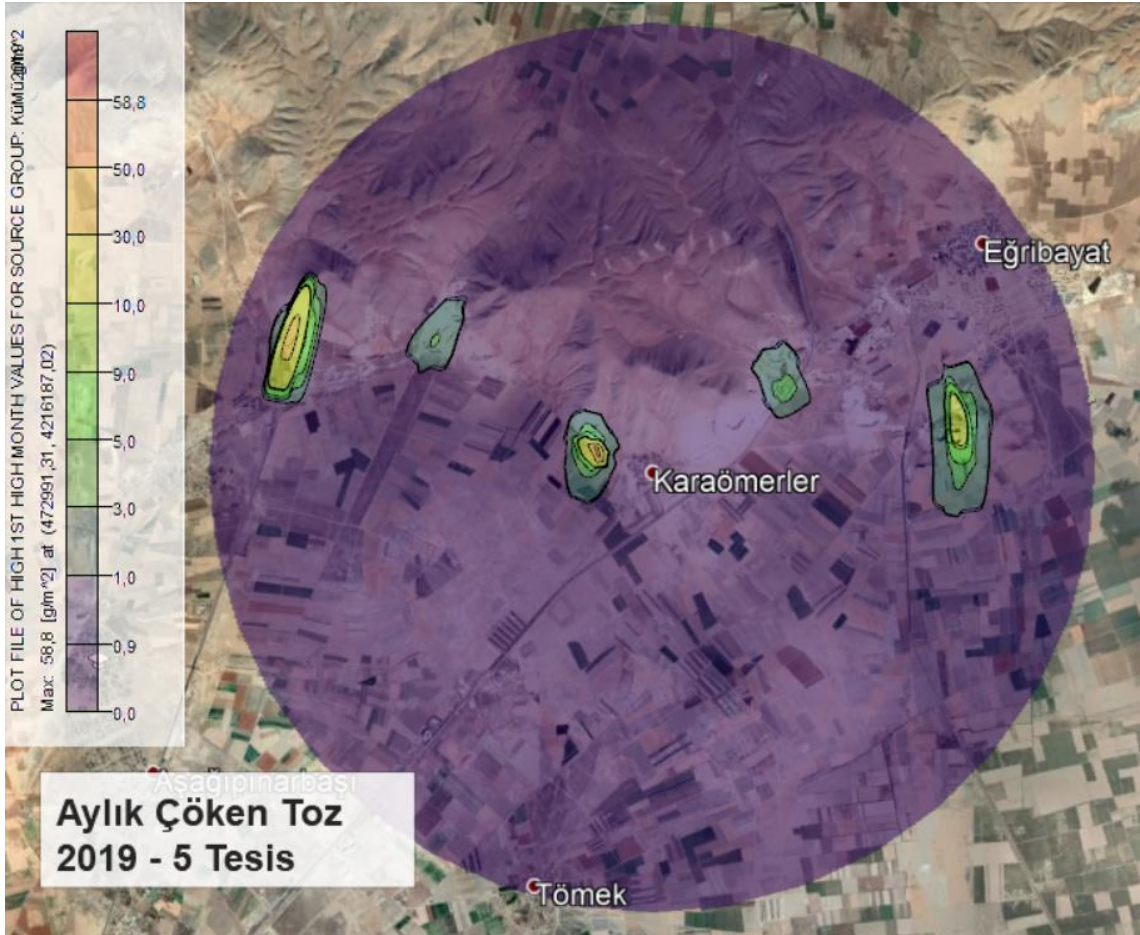
Şekil 65. Saatlik Maksimum Çöken Toz Dağılım Haritası (2019-5)

2019 yılı 5 tesisin çalışması durumunda saatlik maksimum PM10 Toplam Depolama (Çöken Toz) konsantrasyonlarının ortalama değeri; $0,0075 \text{ g/m}^2$ olarak bulunmuştur. Saatlik maksimum Çöken Toz X:467823, Y:4218068 koordinatı için $0,624 \text{ g/m}^2$ olarak sonuç vermiştir.



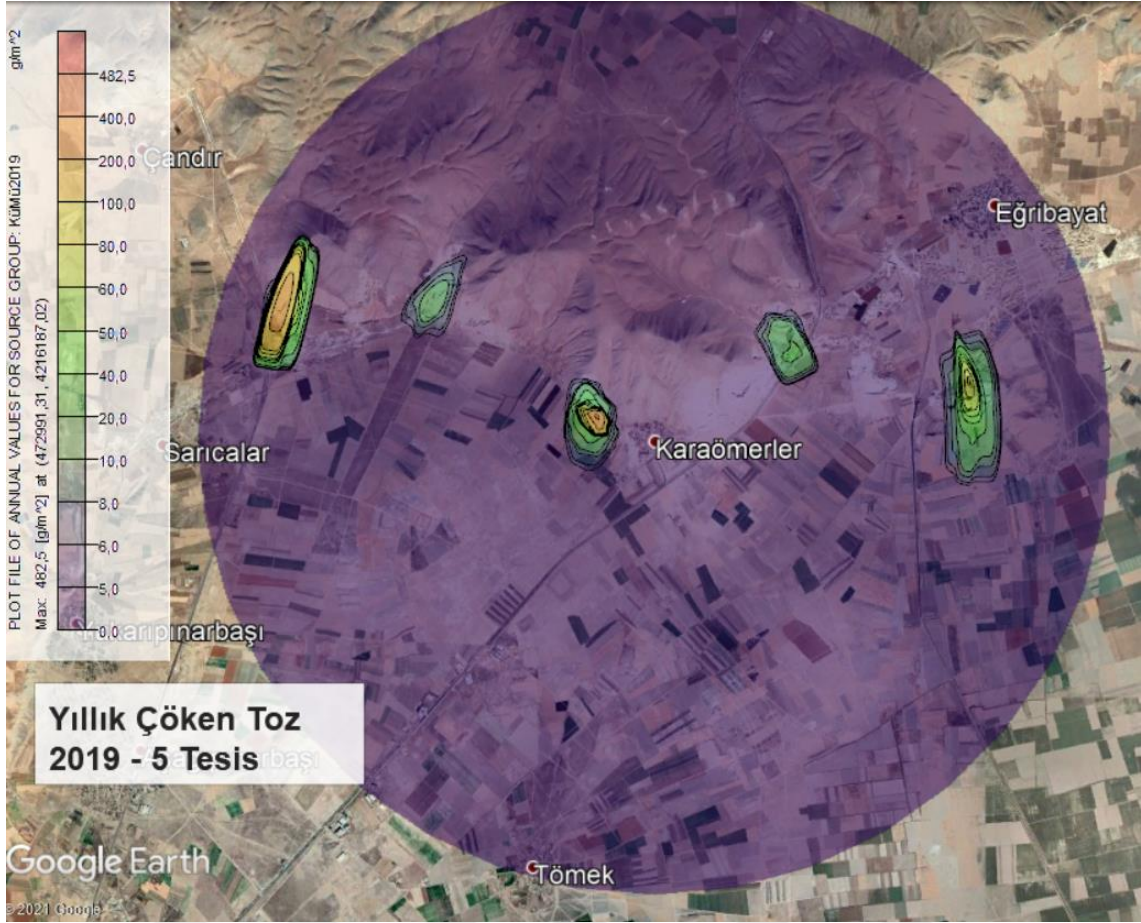
Şekil 66. Günlük Maksimum Çöken Toz Dağılım Haritası (2019-5)

2019 yılı 5 tesisin çalışması durumunda maksimum günlük Çöken Toz konsantrasyonlarının ortalama değeri; $0,033 \text{ g/m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Günlük maksimum Çöken Toz X:472991, Y:4216187 koordinatı için $3,62 \text{ g/m}^2$ olarak sonuç vermiştir. 9 adet ölçüm yerlerinde modelleme tarafından hesaplanan günlük maksimum Çöken Toz konsantrasyonları Çizelge 12’de verilmiştir.



Şekil 67. Aylık Maksimum Çöken Toz Dağılım Haritası (2019-5)

2019 yılı 5 tesisin çalışması durumunda aylık maksimum Çöken Toz konsantrasyonlarının ortalama değeri; $0,344 \text{ g/m}^2$ olarak bulunmuştur. Aylık maksimum Çöken Toz X:472991, Y:4216187 koordinatı için $58,84 \text{ g/m}^2$ olarak sonuç vermiştir.



Şekil 68. Yıllık Maksimum Çöken Toz Dağılım Haritası (2019-5)

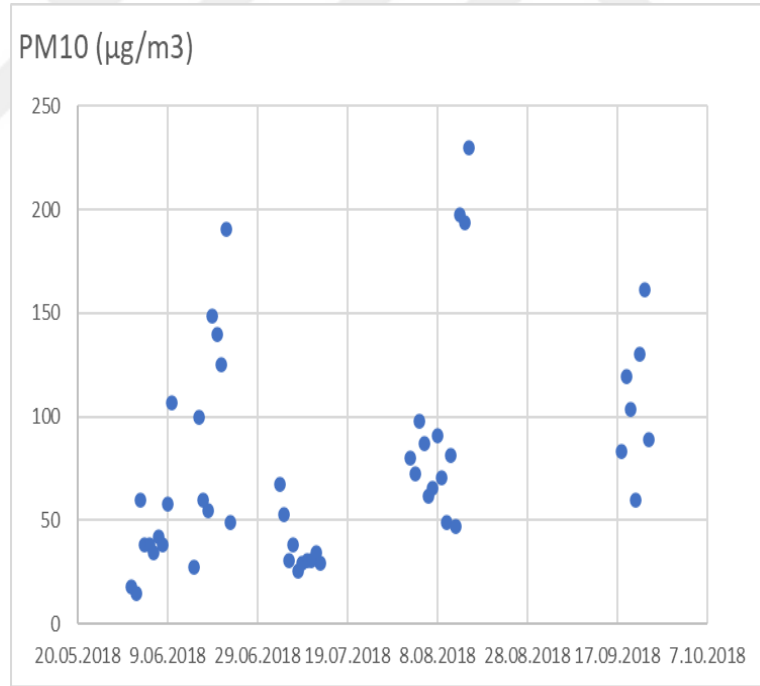
2019 yılı 5 tesisin çalışması durumunda yıllık maksimum Çöken Toz konsantrasyonlarının ortalama değeri; $2,12 \text{ g/m}^2$ olarak bulunmuştur. Yıllık maksimum Çöken Toz X:472991, Y:4216187 koordinatı için $482,45 \text{ g/m}^2$ olarak sonuç vermiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

5.1.1 2018 yılı Sonuçları

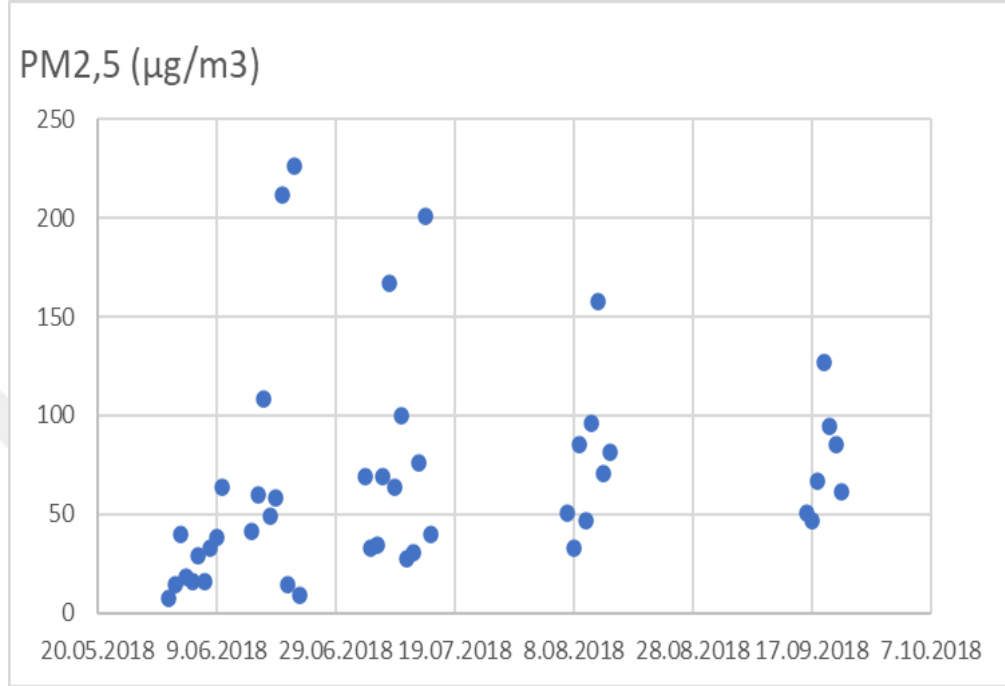
2018 yılında X:474479, Y:4215426 koordinatlarına kurulan TCR Tecora cihazlarıyla 4 aylık süre içinde 50 kere ölçülen günlük PM10 konsantrasyonlarının zamana göre değişimleri Şekil 69'da verilmektedir. 2018 yılında Haziran ayının başında yerel olarak yağın yağmurlar istinaden Haziran ilk haftası ölçümlerinde minimum, en kurak ay olan Ağustos 2. Haftası ölçümlerinde ise maksimum PM10 değerleri ölçülmüştür (Deney günlerinde ölçülen PM10 konsantrasyonu; 14,492 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile 02.06.2018 tarihinde minimum; 230,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile 15.08.2018 tarihinde maksimum pik yapmıştır).



Şekil 69. 2018 yılı ölçülen günlük PM10 Konsantrasyonlarının zamana göre değişimi

2018 yılında X:474479, Y:4215426 koordinatlarına kurulan TCR Tecora cihazlarıyla 4 aylık süre içinde 46 kere ölçülen günlük PM2,5 konsantrasyonlarının zamana göre değişimleri Şekil 70'da verilmektedir. 2018 yılında Haziran ayının başında yerel olarak yağın yağmurlar istinaden Haziranın ilk haftası ölçümlerinde minimum,

Haziran ayının 3. haftasında ise maksimum PM_{2,5} değerleri ölçülmüştür (Deney günlerinde ölçülen günlük PM_{2,5} konsantrasyonu; 7,24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile 01.06.2018 tarihinde minimum; 226,44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile 22.06.2018 tarihinde maksimum pik yapmıştır).



Şekil 70. 2018 yılı ölçülen günlük PM₁₀ Konsantrasyonlarının zamana göre değişimi

2018 yılında elde edilen günlük PM₁₀ ölçüm sonuçlarının; 2018 yılı için 9 tesisin hepsinin kaynak olarak eklendiği ve 2018 yılına ait 17244 numaralı Meteoroloji İstasyonundan alınan verilerle 2018-9 modellemesinin çalıştırılması sonucunda, X:474479, Y:4215426 koordinatlarının reseptör olarak kabul edilmesiyle; 2018 ölçüm noktasındaki günlük maksimum PM₁₀ konsantrasyonu 441,60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır.

2018 yılı ölçüm günlerinin 4 ayda 50 günle sınırlı olması ve ölçüm yapılan günlerde tesislerin tümünün aynı anda çalışmama olasılığında maksimum 230,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ölçülmesi ile modelin en kötü senaryo olarak tüm tesislerin çalıştığı ve sonucunda maksimum değer (1ST RANGE) olarak 441,60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplaması son derece kabul edilebilir ve durumu yansıtır bir yöntem olarak değerlendirilebilir.

Zaten bu çalışmada modelleme kullanım amacı; yılın her günü 24 saat ölçüm yapılacak imkanlara sahip olunamaması, sürekli ölçüm cihazı kurulamaması nedeniyle insan, hayvan ve bitki sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahip PM₁₀ kirletici

parametresini doğruya en yakın şekilde tahmin etmesi ve saatlik, günlük, aylık ve yıllık olarak hesapladığı değerlerden ortalama alınabilmesidir.

2018 yılı mevcut durum (9 tesis) ve iyileştirme modeli (5 tesis) için hesaplanan ortalama değerler Çizelge 12’de verilmektedir.

Bununla birlikte; AERMOD Modellemesi ile Çöken Toz hesaplamaları da yapılabilmektedir. 2018 yılı mevcut durum (9 tesis) ve iyileştirme modeli (5 tesis) için hesaplanan saatlik, günlük, aylık ve yıllık ortalamalar da Çizelge 12.’de verilmektedir.

Çizelge 12. 2018 Yılı için Modellemelerin Sonuçları

Modelleme Sonuçları	2018-9 PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2018-9 Çöken Toz g/m^2	2018-5 PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2018-5 Çöken Toz g/m^2
Saatlik ortalama	1088,57	0,016	497,186	0,0067
Günlük ortalama	68,62	0,08	30,45	0,0319
Aylık ortalama	11,08	0,942	3,016	0,21
Yıllık ortalama	4,09	5,03	1,58	1,10
Aşım Sayısı (max)	293	-	280	-

AERMOD 2018-9 Modelleme sonuç çıktılarından 1ST Range ve 35TH Range 24 Saatlik PM10 değerleri Şekil 13.’de, yıllık en yüksek 10 PM10 değerlerinin hesaplandığı değerler ve koordinatları Şekil 14.’de verilmektedir.

Çizelge 13. 2018 yılı 9 tesis için 24 saatlik 1ST Range ve 35TH Range PM10 değerleri

*** THE SUMMARY OF HIGHEST 24-HR RESULTS **				
** CONC OF PM_10 IN MICROGRAMS/M**3				
GROUP ID	AVERAGE CONC	YYMMDDHH	RECEPTOR (XR, YR, ZELEV, ZHILL, ZFLAG)	
KüMü2018 HIGH	1ST HIGH VALUE IS	1671,17050b	ON 18102324: AT (475031.00, 4215845.00, 1006.40, 1437.00)	
	HIGH	35TH HIGH VALUE IS	582,72932b ON 18102124: AT (475031.00, 4215845.00, 1006.40, 1437.00)	

Çizelge 14. 2018-9 için yıllık en yüksek 10 sıralamasındaki PM10 Değerleri ve Koordinatları

*** THE SUMMARY OF MAXIMUM ANNUAL RESULTS AVERAGED OVER 1 YEARS ***							
** CONC OF PM_10 IN MICROGRAMS/M**3							
GROUP ID		AVERAGE CONC	RECEPTOR	(XR, YR, ZELEV, ZHILL, ZFLAG)	OF	TYPE	
KÜMÜ2018	1ST HIGHEST VALUE IS	297.47378	AT (475031.00,	4215845.00,	1006.40,	1437.00,	0.00)
	2ND HIGHEST VALUE IS	198.04638	AT (472987.59,	4216091.20,	1008.50,	1437.00,	0.00)
	3RD HIGHEST VALUE IS	169.51205	AT (472945.49,	4216079.92,	1006.80,	1437.00,	0.00)
	4TH HIGHEST VALUE IS	166.16691	AT (473031.00,	4216095.00,	1010.40,	1437.00,	0.00)
	5TH HIGHEST VALUE IS	144.84210	AT (474781.00,	4215845.00,	1011.30,	1437.00,	0.00)
	6TH HIGHEST VALUE IS	108.48531	AT (472781.00,	4216278.01,	1021.20,	1437.00,	0.00)
	7TH HIGHEST VALUE IS	100.43820	AT (472906.00,	4216061.51,	1006.60,	1437.00,	0.00)
	8TH HIGHEST VALUE IS	74.39653	AT (472709.61,	4216228.02,	1009.90,	1437.00,	0.00)
	9TH HIGHEST VALUE IS	65.49220	AT (470158.33,	4218255.45,	1064.70,	1437.00,	0.00)
	10TH HIGHEST VALUE IS	60.91516	AT (472870.30,	4216036.51,	1006.70,	1437.00,	0.00)

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

Bununla birlikte; yine söz konusu yönetmelikte “Kısa Vadeli Sınır Değer (K.V.S.): Maksimum günlük ortalama değerleri veya sayısal değerlerinin büyüklüğüne göre dizildiğinde, istatistik olarak bütün ölçüm sonuçlarının % 95 ine tekabül eden ve Ek-2 Tablo 2.2 de belirtilen aşmaması gereken değeri” ile “Uzun Vadeli Sınır Değer (U.V.S.): Yapılan bütün ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olan, Ek-2 Tablo 2.2 de belirtilen aşmaması gereken değeri,” tanımları yer almaktadır.

Çizelge 15. S.K.H.K.K.Y.’ne göre Sınır Değerler (Tablo 2.2.’den alınmıştır)

Parametre	Süre	Birimi	YIL		
			2018	2019-2023	2024 ve Sonrası
Havada Asılı Partikül Madde (PM 10)	24 saatlik (bir yılda 35 defadan fazla aşılmaz)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	60	50	50
	Yıllık		44	40	40
Çöken toz	KVS	$\text{mg}/\text{m}^2\text{gün}$	390	390	390
	UVS		210	210	210

S.K.H.K.K.Y.'nde verilen sınır değerler Çizelge 15'de yer almaktadır. 2018 yılı mevcut durum (9 tesis) için ortalama PM10 saatlik maksimum değer 1088,57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak oldukça yüksek hesaplanmasına rağmen söz konusu tesislerin kapasite raporlarına göre, yılda 300 gün, günde 8 saat çalışmalarından dolayı, yıllık ortalama değer 4,09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır.

2018 yılı mevcut durumda (9 tesis) çalıştırılan AERMOD Modelleme sonucuna göre; Çöken Toz 8,16 $\text{g}/\text{m}^2.\text{gün}$ yani 8160 $\text{mg}/\text{m}^2.\text{gün}$ (KVS) olarak, yıllık bazda (UVS) ise 737,80 $\text{g}/\text{m}^2.\text{yıl}$ yani 2021,36 $\text{mg}/\text{m}^2.\text{gün}$ olarak bulunmuştur. KVS ile UVS değerleri yönetmelik sınır değerlerinin üzerindedir. Buna ilaveten; 24 saatlik aşım değerleri yılda 35 defadan fazla aşılamaz denmesine rağmen yılda maksimum bir noktada 293 defa aşılmıştır. Şekil 13'den de görüleceği gibi günlük (24 saatlik) değer olarak 2018 yılı için 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değerini yılda 35 defadan aşmaması gerekirken yani 35TH Range yani 24 saatlik 35. en yüksek değer 582,7293 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu için Yönetmelik sınır değerleri sağlanamamıştır.

Yönetmelikteki KVS, UVS ile aşım sayısı değerleri mevcut durumda sağlanamadığından, 9 tesisin 5 tanesinin çalıştırılması durumundaki iyileşmeyi görmek için AERMOD Modellemesi 2018-5 için tekrar çalıştırılmıştır. 2018-5 iyileştirme senaryosu modelleme sonuçları Çizelge 12.'de verilmiştir.

Buna göre; 2018 yılı iyileştirme senaryosu (5 tesis) için ortalama PM10 saatlik maksimum değer mevcut duruma göre oldukça düşerek 497,186 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ve yine mevcut duruma göre azalarak yıllık değer 1,58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır.

2018 yılı mevcut durumda (5 tesis) çalıştırılan AERMOD Modelleme sonucuna göre; mevcut duruma göre düşerek Çöken Toz 3,22 $\text{g}/\text{m}^2.\text{gün}$ yani 3220 $\text{mg}/\text{m}^2.\text{gün}$ (KVS) olarak, yıllık bazda (UVS) ise 261,05 $\text{g}/\text{m}^2.\text{yıl}$ yani 715,06 $\text{mg}/\text{m}^2.\text{gün}$ olarak bulunmuştur. KVS ile UVS değerleri yönetmelik sınır değerlerinin üzerindedir.

Buna ilaveten; iyileştirme senaryosunda mevcut duruma göre PM10 ve Çöken Toz konsantrasyon ve ortalamalarında gözle görülen azalma olmasına rağmen aşım sayısında ise belirgin düşüş olmamış, 280 olarak gerçekleşmiş ve Çizelge 16.'dan da görüleceği gibi 35TH Range değer 490,56204 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanarak yönetmelik sınır değerini sağlamamıştır. Çizelge 17.'de 2018 yılı 5 tesis için yıllık en yüksek 10 PM10 Değeri ve Koordinatları Model sonuçları verilmiştir.

Çizelge 16. 2018 yılı 5 tesis için 24 saatlik 1ST Range ve 35TH Range PM10 değerleri

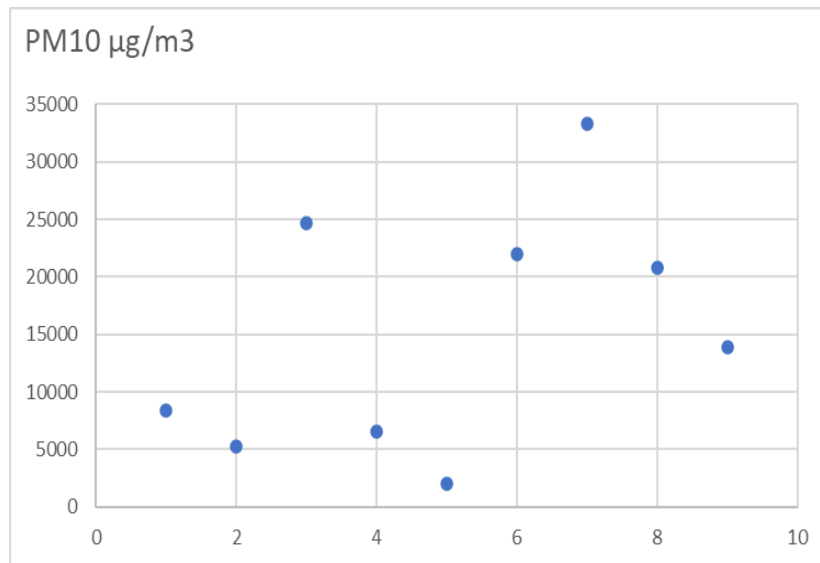
*** THE SUMMARY OF HIGHEST 24-HR RESULTS ***			
** CONC OF PM_10 IN MICROGRAMS/M**3			
GROUP ID	AVERAGE CONC	DATE	NETWORK
2018-5TE HIGH	1557,74918b	ON 18112224: AT (472960.97, 4216221.00, 1021.70, 1437.00, 0.00)	GP
HIGH 35TH HIGH VALUE IS	490,56204b	ON 18112124: AT (472960.97, 4216221.00, 1021.70, 1437.00, 0.00)	GP

Çizelge 17. 2018 yılı 5 tesis için yıllık en yüksek 10 sıralamasındaki PM10 Değeri ve Koordinatları

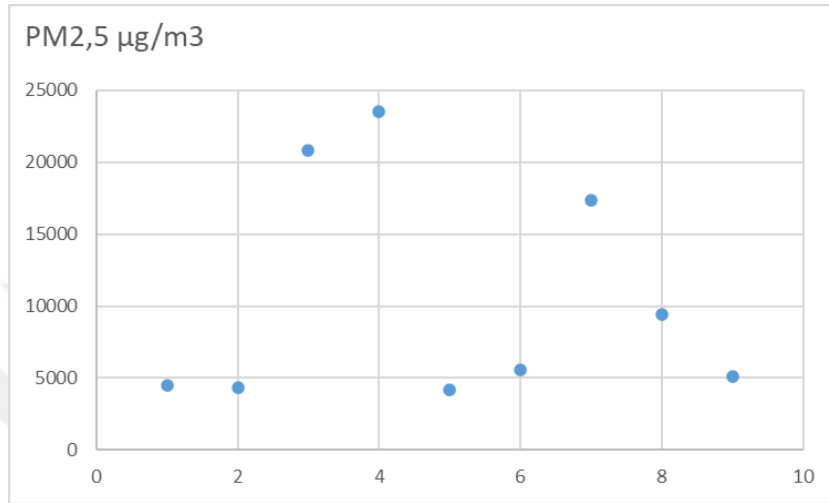
*** THE SUMMARY OF MAXIMUM ANNUAL RESULTS AVERAGED OVER 1 YEARS ***							
GROUP ID	AVERAGE CONC	DATE	NETWORK	** CONC OF PM_10 IN MICROGRAMS/M**3			
2018-5TE	220,36934	AT (472960.97, 4216221.00, 1021.70, 1437.00, 0.00)	GP	1ST HIGHEST VALUE IS	178,27560	AT (479243.44, 4216676.06, 1017.20, 1080.00, 0.00)	GP
	176,35785	AT (478997.24, 4216632.65, 1013.70, 1080.00, 0.00)	GP	2ND HIGHEST VALUE IS	89,71953	AT (472887.31, 4216063.02, 1007.00, 1437.00, 0.00)	GP
	30,41604	AT (472744.47, 4216346.00, 1035.10, 1437.00, 0.00)	GP	3RD HIGHEST VALUE IS	29,53408	AT (472652.38, 4216148.53, 1004.40, 1437.00, 0.00)	GP
	26,00295	AT (467719.00, 4217944.13, 1033.90, 1332.00, 0.00)	GP	4TH HIGHEST VALUE IS	21,53554	AT (467953.92, 4217858.63, 1038.70, 1428.00, 0.00)	GP
	18,70845	AT (478751.04, 4216589.24, 1009.90, 1080.00, 0.00)	GP	5TH HIGHEST VALUE IS	17,02297	AT (472842.19, 4215894.65, 1003.40, 1437.00, 0.00)	GP
			GP	6TH HIGHEST VALUE IS			GP
			GP	7TH HIGHEST VALUE IS			GP
			GP	8TH HIGHEST VALUE IS			GP
			GP	9TH HIGHEST VALUE IS			GP
			GP	10TH HIGHEST VALUE IS			GP

5.1.2 2019 yılı Sonuçları

2019 yılında MEFE cihazıyla saatlik olarak gerçekleştirilen PM10 ölçümlerinin 9 ayrı noktada ölçülen ortalama konsantrasyonları Şekil 71.'de verilmektedir (PM10 konsantrasyonu 7. Ölçüm yerinde saatte 33333,33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ miktarı ile pik yapmıştır) .

**Şekil 71.** 2019 yılı ölçülen saatlik PM10 Konsantrasyonlarının konuma göre değişimi

2019 yılında MEFE cihazıyla saatlik olarak gerçekleştirilen PM_{2,5} ölçümlerinin 9 ayrı noktada ölçülen ortalama konsantrasyonları Şekil 7.2’de verilmektedir (PM_{2,5} konsantrasyonları içinde 4. ölçüm yerinde saatte 23527,41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ miktarı ile pik yapmıştır).



Şekil 72. 2019 yılı ölçülen saatlik PM_{2,5} Konsantrasyonlarının konuma göre değişimi

Şekil 73.’de 4. ve 7. ölçüm noktalarının uydu görüntüsü verilmektedir, konumlardan da anlaşılacağı gibi 2019 mevcut durum (2019-9 tesis) model sonucunda elde edilen saatlik PM₁₀ dağılım haritası Şekil 51.’de de buradaki yoğunluk son derece dikkat çekicidir. 7. Ölçüm noktası yakınlarında X:474915, Y:4215671 koordinatında, Modelleme tarafından hesaplanan saatlik maksimum PM₁₀ konsantrasyonu 35941,51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmış olup, modellemenin maksimum saatlik PM₁₀ konsantrasyonu hesaplaması, ölçülen saatlik PM₁₀ konsantrasyonuyla uyumlu olarak değerlendirilmiştir. Bu uyum, ölçüm yapıldığı zaman 9 tesisin de aynı anda çalıştığına ve en kötü senaryoyu hesaplayan modellemenin doğruluğuna işaret etmektedir.



Şekil 73. 4. ve 7. ölçüm yerlerinin uydu görüntüsü

AERMOD View ile elde edilen hesaplamalar; 2019 yılı mevcut durum (9 tesis) ve iyileştirme modeli (5 tesis) için hesaplanan ortalama değerler Çizelge 18.'de verilmektedir.

Bununla birlikte; AERMOD Modellemesi ile Çöken Toz hesaplamaları da yapılabilmektedir. 2019 yılı mevcut durum (9 tesis) ve iyileştirme modeli (5 tesis) için hesaplanan saatlik, günlük, aylık ve yıllık ortalamalar da Çizelge 18.'de verilmektedir.

Çizelge 18. 2019 Yılı Modelleme Sonuçları

Modelleme Sonuçları	2019-9 PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2019-9 Çöken Toz g/m^2	2019-5 PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2019-5 Çöken Toz g/m^2
Saatlik ortalama	1510,45	0,018	670,88	0,0075
Günlük ortalama	94,73	0,085	40,73	0,033
Aylık ortalama	13,703	0,927	5,07	0,344
Yıllık ortalama	4,47	5,64	1,67	2,12
Aşım Sayısı (Max)	300	-	298	-

AERMOD 2019-9 Modelleme sonuç çıktılarından 1ST Range ve 35TH Range 24 Saatlik PM10 değerleri Çizelge 19.'da, yıllık en yüksek 10 PM10 değerlerinin hesaplandığı değerler ve koordinatları Çizelge 20.'de verilmektedir.

Çizelge 19. 2019 yılı 9 tesis için 24 saatlik 1ST Range ve 35TH Range PM10 değerleri

*** THE SUMMARY OF HIGHEST 24-HR RESULTS ***						
** CONC OF PM_10			IN MICROGRAMS/M**3		**	
GROUP ID		AVERAGE CONC	DATE	RECEPTOR	(XR, YR, ZELEV, ZHILL, ZFLAG)	
2019-9TE	HIGH 1ST HIGH VALUE IS	2422,01792b	ON 19111324:	AT (	474931.00, 4215845.00,	1009.20, 1437.00,
	HIGH 35TH HIGH VALUE IS	868,99672m	ON 19090624:	AT (	474931.00, 4215845.00,	1009.20, 1437.00,

Çizelge 20. 2019 yılı 9 tesis için yıllık en yüksek 10 sıralamasındaki PM10 Değeri ve Koordinatları

*** THE SUMMARY OF MAXIMUM ANNUAL RESULTS AVERAGED OVER 1 YEARS ***						
** CONC OF PM_10			IN MICROGRAMS/M**3		**	
GROUP ID		AVERAGE CONC	RECEPTOR	(XR, YR, ZELEV, ZHILL, ZFLAG)	OF TYPE	
2019-9TE	1ST HIGHEST VALUE IS	515,71837	AT (	474931.00, 4215845.00,	1009.20, 1437.00,	0.00) GP
	2ND HIGHEST VALUE IS	264,06647	AT (	472991.31, 4216187.02,	1020.10, 1437.00,	0.00) GP
	3RD HIGHEST VALUE IS	236,12043	AT (	474915.81, 4216018.65,	1027.90, 1437.00,	0.00) GP
	4TH HIGHEST VALUE IS	188,13172	AT (	467823.00, 4218068.13,	1049.00, 1332.00,	0.00) GP
	5TH HIGHEST VALUE IS	126,87871	AT (	479101.24, 4216756.65,	1013.90, 1080.00,	0.00) GP
	6TH HIGHEST VALUE IS	115,50814	AT (	473036.00, 4216033.00,	1005.23, 1437.00,	0.00) DC
	7TH HIGHEST VALUE IS	109,16914	AT (	472756.38, 4216272.53,	1019.20, 1437.00,	0.00) GP
	8TH HIGHEST VALUE IS	74,73554	AT (	475181.00, 4215845.00,	1005.80, 1436.00,	0.00) GP
	9TH HIGHEST VALUE IS	67,44900	AT (	472946.19, 4216018.65,	1003.70, 1437.00,	0.00) GP
	10TH HIGHEST VALUE IS	66,28688	AT (	474681.00, 4215845.00,	1016.80, 1437.00,	0.00) GP

2019 yılı mevcut durum (9 tesis) için ortalama PM10 saatlik maksimum değer 1510,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak oldukça yüksek hesaplanmasına rağmen söz konusu tesislerin kapasite raporlarına göre, yılda 300 gün, günde 8 saat çalışmalarından dolayı, yıllık ortalama değer 4,47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır.

2019 yılı mevcut durumda (9 tesis) çalıştırılan AERMOD Modelleme sonucuna göre azalarak; günlük (24 saatlik) ortalama Çöken Toz 8,51 $\text{g}/\text{m}^2.\text{gün}$ yani 8510 $\text{mg}/\text{m}^2.\text{gün}$ (KVS) olarak, yıllık bazda (UVS) ise 1181,6 $\text{g}/\text{m}^2.\text{yıl}$ yani 3237,26 $\text{mg}/\text{m}^2.\text{gün}$ olarak bulunmuştur. KVS ile UVS değerleri yönetmelik sınır değerlerinin üzerindedir.

Buna ilaveten; 24 saatlik aşım değerleri yılda 35 defadan fazla aşılamaz denmesine rağmen yılda maksimum bir noktada 300 defa aşılmıştır. Şekil 19'den de görüleceği gibi günlük (24 saatlik) değer olarak 2019 yılı için 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değerini yılda 35 defadan aşmaması gerekirken yani 35TH Range yani 24 saatlik 35. en yüksek değer 868,9967 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu için Yönetmelik sınır değerleri sağlanamamıştır.

Yönetmelikteki KVS, UVS ve aşım sayısı değerleri mevcut durumda sağlanamadığından, 9 tesisin 5 tanesinin çalıştırılması durumundaki iyileşmeyi görmek için AERMOD Modellemesi 2019-5 için tekrar çalıştırılmıştır. 2019-5 iyileştirme senaryosu modelleme sonuçları Çizelge 18.'de verilmiştir.

Buna göre; 2019 yılı iyileştirme senaryosu (5 tesis) için ortalama PM10 saatlik maksimum değer mevcut duruma göre oldukça düşerek $670,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ve yıllık değer yine mevcut duruma göre azalarak $1,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır.

2019 yılı mevcut durumda (5 tesis) çalıştırılan AERMOD Modelleme sonucuna göre; günlük (24 saatlik) (KVS) Çöken Toz $3,62 \text{ g}/\text{m}^2.\text{gün}$ yani $3620 \text{ mg}/\text{m}^2.\text{gün}$ olarak, yıllık bazda (UVS) ise $482,45 \text{ g}/\text{m}^2.\text{yıl}$ yani $1321,23 \text{ mg}/\text{m}^2.\text{gün}$ olarak bulunmuştur. KVS ile UVS değerleri yönetmelik sınır değerlerinin üzerindedir.

Buna ilaveten; iyileştirme senaryosunda mevcut duruma göre PM10 ve Çöken Toz konsantrasyon ve ortalamalarında gözle görülen azalma olmasına rağmen aşım sayısında ise belirgin düşüş olmamış, 298 olarak gerçekleşmiş ve Çizelge 21'den de görüleceği gibi 35TH Range değer $535,8164 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanarak yönetmelik sınır değerini sağlamamıştır. Çizelge 22.'de 2019 yılı 5 tesis için yıllık en yüksek 10 PM10 Değeri ve Koordinatları Model sonuçları verilmiştir.

Çizelge 21. 2019 yılı 5 tesis için 24 saatlik 1ST Range ve 35TH Range PM10 değerleri

*** THE SUMMARY OF HIGHEST 24-HR RESULTS ***						
** CONC OF PM ₁₀ IN MICROGRAMS/M**3						**
GROUP ID		AVERAGE CONC	DATE	RECEPTOR	(XR, YR, ZELEV, ZHILL, ZFLAG)	
KüMü2019-5te	HIGH 1ST HIGH VALUE IS	1665,53479b	ON 19020224: AT (	479101.24, 4216756.65,	1013.90, 1080.00,	0.00)
	HIGH 35TH HIGH VALUE IS	535,81647b	ON 19101724: AT (	472991.31, 4216187.02,	1020.10, 1437.00,	0.00)

Çizelge 22. 2019 yılı 5 tesis için yıllık en yüksek 10 sıralamasındaki PM10 Değeri ve Koordinatları

*** THE SUMMARY OF MAXIMUM ANNUAL RESULTS AVERAGED OVER 1 YEARS ***						
** CONC OF PM ₁₀ IN MICROGRAMS/M**3						**
GROUP ID		AVERAGE CONC	RECEPTOR	(XR, YR, ZELEV, ZHILL, ZFLAG)		
KüMü2019-5 te	1ST HIGHEST VALUE IS	261.01745	AT (	472991.31, 4216187.02,	1020.10, 1437.00,	
	2ND HIGHEST VALUE IS	187.64663	AT (	467823.00, 4218068.13,	1048.90, 1332.00,	
	3RD HIGHEST VALUE IS	126.51872	AT (	479101.24, 4216756.65,	1013.90, 1080.00,	
	4TH HIGHEST VALUE IS	111.54595	AT (	473036.00, 4216033.00,	1005.22, 1437.00,	
	5TH HIGHEST VALUE IS	106.10929	AT (	472756.38, 4216272.53,	1019.20, 1437.00,	
	6TH HIGHEST VALUE IS	63.74504	AT (	472946.19, 4216018.65,	1003.70, 1437.00,	
	7TH HIGHEST VALUE IS	31.00796	AT (	468057.92, 4217982.63,	1059.00, 1428.00,	
	8TH HIGHEST VALUE IS	26.93557	AT (	472699.99, 4216062.06,	1003.30, 1437.00,	
	9TH HIGHEST VALUE IS	26.82810	AT (	478855.04, 4216713.24,	1009.90, 1080.00,	
	10TH HIGHEST VALUE IS	20.67204	AT (	479347.44, 4216800.06,	1012.50, 1080.00,	

5.2 Öneriler

Konya için Ankara Yolu üzerinde kurulu bulunan Taş ocaklarının varlığı, uzun yıllardır, gözle görülebilir hava kirleticisi kaynağı olduklarından, civarda oturanlar ve D715 Karayolunu kullananlar için her zaman dikkat çekici olmuştur. Partikül Maddelerin sağlık sorunlarına yol açtığı bir gerçektir ve azaltımı da sağlanmalıdır.

Bu çalışma; gözle görülebilecek ve hatta yoldan geçen herkesi kolaylıkla rahatsız edebilecek boyutlardaki mevcut kirliliğin, gerçekçi olarak analiz edilebilmesi ve ortaya çıkarılabilmesi ihtiyacından yola çıkmıştır. Böylelikle yol haritası oluşturularak hava kalitesini iyileştirebilmek amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın sonuçlarıyla PM10 ölçümlerinin AERMOD modellemesiyle uyumlu olduğu ve her an izleme olasılığı bulunamayan alansal kaynakların hava kirliliği parametrelerini modelleme yardımıyla tahmin etme bakımından güvenilir sonuçlar verdiği söylenebilir.

Çalışma alanındaki tesislerin her birinin yıllık üretim kapasitesi milyon tonlarla ifade edilmektedir. Ancak yapılan ölçümlerde ve modelleme tarafından hesaplanan saatlik değerlerdeki yüksekliğe rağmen işletmelerin kapasite raporlarındaki bilgiye göre yılda 300 gün, günde 8 saat çalışmaları nedeniyle, bu yoğunluk zaman dilimi arttıkça azalmakta gibi görülmektedir. Ancak hava kirleticisine çok kısa zaman diliminde çok fazla maruz kalmanın da etkilerinin göz ardı edilmemesi gerekmektedir. S.K.H.K.K.Y.'de bu amaçla yer alan KVS, UVS, aşım seviyesi ve sayısı sınırlamaları mevcuttur. Bu araştırma ortaya çıkarmıştır ki, bu kirliliğin boyutlarını göstermede; KVS ve UVS dışındaki diğer göstergeler zamanla seyrelmeyle Yönetmelik sınır değerlerinin altına düşerken tesis sayısı azaltıldığı halde bile bu aşım sayılarında belirgin bir farklılık olmamış, sadece oluştukları koordinatlar değişmiştir.

İşte bu yüzden; ilerleyen zamanlarda sorunun çözümü için kararlar alınırken bu değerler dikkate alınmalıdır. Özellikle yılın bazı ayları çalışmayan ama belli aylarda da kirlilik yükü ekstra olan sektörler için yönetmelikte sezonluk sınır değerlerin getirilmesi de düşünülmelidir.

Mevcut durumda, 9 tesisin aynı anda çalışması, kütleli debiler hesaplanırken kontrollü durumlar için verilen emisyon faktörleri kullanılmış olsa bile PM kirliliğinin azaltılabilmesi için daha radikal kararlar alınmasının gerekli olduğuna işaret etmektedir.

Bununla birlikte; kurulu bulunan tesislerin; Çevre Kanunu ve ilgili mevzuat gereğince gerekli Çevresel Etki Değerlendirmeleri yapılmış ve ayrıca Çevre İzin ve

Lisansları da mevcut olsa dahi “Y.Ç.K. ve M.Ç.K.’nın Çalışma Usul ve Esaslarına İlişkin Yönetmeliğin (R.G.:03.08.2013/28727) (19.)Maddesinde yer alan görevleri arasındaki “ ç) ilde çevre kirliliğine neden olan veya olabilecek tesis ve işletmeleri belirlemek, yapılan iş ve işlemleri incelemek, değerlendirmek ve gerekli önlemleri almak” hükmü gereğince ilave tedbirler alınabilir, bu ilave tedbirlere uymayanlara Çevre Kanunu’nun (20) maddesi (d) bendi uyarınca “Hava kirliliği yönünden özel önem taşıyan bölgelerde veya kirliliğin ciddi boyutlara ulaştığı zamanlarda ve yerlerde veya kritik meteorolojik şartlarda yönetmeliklerle öngörülen önlemleri almayan, yasaklara aykırı davranan ya da mahallî çevre kurullarınca bu konuda alınan kararlara uymayanlara bu maddenin (b) ve (c) bentlerinde öngörülen cezalar bir kat artırılarak verilir.” hükmü uygulanır.

Yukarda sayılan yönetmelik hükümleri gereğince alınacak kararlar; İldeki yetkili mercilerce resmileştirilebilir.

Türkiye şartlarında; üretim yapan tesislerin gerekli izinleri olduğu halde, bazılarının kapatılmaları veya kapasitelerinin sınırlandırılması gibi radikal kararlar, ekonomik açıdan, şu an için pek mümkün görülmemekle birlikte; çevreye ve insan sağlığına olan etkileri düşünüldüğünde çalışan tesislerde ilave tedbirler de alınmalıdır.

Bu itibarla; daha önce bazı işletmelere yapılan ve örnekleri bulunan, ünite bazında kapatma değil, tüm tesisin üstünün kapatılması, coğrafi şartlar el verdiği sürece en uygun tozumu engellemenin seçeneği olarak görülmektedir.

Bununla birlikte; stok sahalarından kaynaklanan tozumanın azaltılması için, mevcut koşullarda mümkünse, bu alanların 4 tarafının kapalı hale getirilmesi veya en azından toz perde/duvarlarının yüksekliğinin stoklanan malzeme yüksekliğinin üzerinde olması ve devamlı sulama ile nemli tutulması sağlanmalıdır.

Tesislerin içindeki yollar ile anayola kadar olan ara yolların tozumu önleyici malzemelerle kaplanarak, hız kesicilerin yerleştirilmesi ve bu yollardaki bozulmaların gecikilmeksizin giderilmesi, ayrıca, tesislerin giriş ve çıkışlarında araç tekerleklerinin yıkanması amacıyla yıkama havuzları yapılması tozuma açısından alınabilecek ilave önlemlerdir.

Taş Ocaklarından kaynaklanan PM konsantrasyon miktarının azaltımı ise çevre konusunda, insanlar başta olmak üzere ve canlılara sağlıklı hava kalitesi sağlayabilecektir.

KAYNAKLAR

- Akdemir A., 2007, “Samsun Organize Sanayi Bölgesinde Hava Kalite Parametrelerinin İzlenmesi Ve Meteorolojik Parametrelerle İlişkilerinin İncelenmesi”, Doktora Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun.
- Altınok, A., 2016, “Agrega Üretiminde İş Sağlığı ve Güvenliğini Değerlendirilmesi”, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anderson, J.O., Thundiyil, J.G. and Stolbach, A., 2012, “Clearing the Air: A Review of the Effects of Particulate Matter Air Pollution on Human Health”, *Journal of Medical Toxicology*, Jun; 8(2): 166–175.
- Anonim, 2014, “TS EN 12341:2014”.
- Anonim, 2002, “Air Guard PM Line Kullanım Kılavuzu, Charlie / HV, Sentinel PM, Skypost PM / HV Rev. 3.0 e.w”.
- Anonim, 2019, “MEFE/EYM-B Hava Kalitesi Ölçüm Cihazı Kullanım ve Bakım Kitapçığı, Endüstri Çevre”.
- Anonim, 2019, “Konya İli 2018 Yılı Hava Kalitesi Raporu”, Güney İç Anadolu Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü.
- Anonim, 2020, “Konya İli 2019 Yılı Hava Kalitesi Raporu”, Güney İç Anadolu Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü.
- Aydınlı, B., Güven, H., Kırsekiz, S., 2009 , “Hava Kirliliği Nedir, Ölçüm Ve Hava Kalite Modelleme Yöntemleri Nelerdir Hava Kirliliği Ve Modellemesi”, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü.
- Coşkun, S., 2016, “Taş Ocağı Toz Ölçümlerinde Alan Çalışması Ve Toz Model Karşılaştırması-İncesu Örneği”, Niğde Üniversitesi, Y.L.Tezi Ocak
- Demirarslan, K.O., 2018, “PUFF Dağılım Modellemesi ve Hava Kalitesi Değerlendirmesinde Kullanımı”, BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi, 20(1), S.1-12.
- Dursun, S., Sagdic, M. & Toros, H., 2021, “The impact of COVID-19 measures on air quality in Turkey”, *Environmental Forensics*, ISSN: (Print) (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/uenf20>.
- EPA, 2021, “AERMOD Model Formulation and Evaluation, EPA-454/B-21-003”, U.S. Environmental Protection Agency Office of Air Quality Planning and Standards Air Quality Assessment Division Research Triangle Park, NC.
- EPA, 2019, “User’s Guide for AMS/EPA Regulatory Model (AERMOD), EPA-454/B-19-027”, U.S. Environmental Protection Agency Office for Air Quality Planning and Standards Air Quality Assessment Division Research Triangle Park, NC.
- Gao, Y., Nelson, E. D., Field, M. P., Ding, Q., Li, H., Sherrell, R. M., ... & Eisenreich, S. J. 2002. Characterization of atmospheric trace elements on PM2.5 particulate matter over the New York–New Jersey harbor estuary, *Atmospheric Environment*, 36(6), P. 1077-1086.
- Gündüz, T., 1994, “Çevre Sorunları”, Ankara, S. 1-2.
- Güneş, H. B., 2008, “Konya İline Hava Kalitesi açısından Genel Bakış”, Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 30-31 Mayıs 2008, Konya
- Güneş, H. B., vd., 2008, “Hava Kalitesi Yönetiminde Konya Kenti Temiz Hava Uygulamaları”, Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Konya.
- Jawed, A.A., Abo Aisha, A.E.S., 2019, “Trafik Kaynaklı Bazı Ağır Metal Konsantrasyonlarının İzlenmesinde At Kestanesi’nin (Aesculus hippocastanum L.) Biyomonitor Olarak Kullanılabilirliği”, *IJEDT E-ISSN: 2667-5374 International Journal of Engineering, Design and Technology* 1(1): 16-23

- Uluslararası Mühendislik, Tasarım ve Teknoloji Dergisi 1(1): 16-23, <http://dergipark.gov.tr/ijedt>.
- Kant, C., Kızıloğlu, T., 2003, "Asit Yağmurlarının Canlılar Üzerine Etkileri", Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg. 34 (2), 217-221.
- Kara, G., Yalçınkaya, B., Özdil, B., Avcı, E.; 2018, "Konya İlinin Hava Kirliliğine Bazı Meteorolojik Faktörlerin Etkisi", Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, Sayı 1(2): S. 104-109.
- Karpuzcu, M., 1991, "Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü", İstanbul, S.134-175.
- Kırımhan, S., 2006, "Hava Kirliliği ve Kontrolü", Ankara S. 41-45
- Kunt, F., Dursun, Ş., 2018, "Konya Merkezinde Hava Kirliliğine Bazı Meteorolojik Faktörlerin Etkisi", Ulusal, Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, Sayı 1(1): S.54-61.
- Matacchiera, F., Manes, C.R., Beaven, P., Rees-White, T.C., Boano, F., Mønster, J., Scheutz, C., 2019, "AERMOD as a Gaussian dispersion model for planning tracer gas dispersion tests for landfill methane emission quantification", Waste Management, Elsevier, Volume 87, 15 March, Pages 924-936.
- Morera-Gomez, Y., Santamaria, J.M., Elustondo, D., Lasheras, E., Alonso-Hernandez, C.M., 2019, Determination and source apportionment of major and trace elements in atmospheric bulk deposition in a Caribbean rural area, Atmospheric Environment 202, P. 93-104.
- Müezzinoğlu, A., 1987, "Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları", İzmir, S. 1-33.
- Özdemir, E., Tuna Tuvgun, G., Elbir, T., 2017, "Kanal İstanbul Projesi Sonrası Deniz Yolu Trafiki Kent Atmosferinde Neden Olacağı Hava Kalitesinin Belirlenmesi", VII. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 1-3 Kasım.
- Özmen, S., 2016, "Taş Ocağı Partikül Madde Emisyonlarının Modellenmesi", Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Pant, P., ve Harrison, R. M. (2013), "Estimation of the contribution of road traffic emissions to particulate matter concentrations from field measurements: a review", Atmospheric Environment, 77, 78-97.
- Querol, X., Viana, M., Alastuey, A., Amato, F., Moreno, T., Castillo, S., ... & Zabalza, J., 2007, Source origin of trace elements in PM from regional background, urban and industrial sites of Spain, Atmospheric Environment, 41(34), P. 7219-7231.
- Tartakovskya, D., Stern, E., Broday, D.M., "Dispersion of TSP and PM10 emissions from quarries in complex terrain", Science of The Total Environment, Elsevier, 542, p. 946-954.
- Tayanç, M., 2013, "Türkiye'de Hava Kalitesi Modellemesi", Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi, 2, S. 112-122.
- Türkman, A., 1993, "Çevremiz ve Biz", İzmir, S.15.
- URL 1, <https://www.csb.gov.tr/tarihcemiz-i-7012> [Ziyaret Tarihi: 4 Nisan 2020].
- URL 2, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/haberler/haberler158701.pdf> [Ziyaret Tarihi: 4 Eylül 2019].
- URL 3, <https://www.tbmm.gov.tr/sirasayi/donem21/yil01/ss715m.html> [Ziyaret Tarihi: 2 Mayıs 2019].
- URL 4, https://www.ab.gov.tr/files/UlusalProgram/UlusalProgram_2003/Tr/pdf/IV-22.pdf [Ziyaret Tarihi: 4 Nisan 2020].
- URL 5, <https://cygm.csb.gov.tr/birimler/hava-yonetimi-dairesi-baskanligi/177> [Ziyaret Tarihi: 1 Mart 2020].
- URL 6, <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=12188&MevzuatTur> [Ziyaret Tarihi: 1 Eylül 2020].
- URL 7, <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=13184&MevzuatTur> [Ziyaret Tarihi: 1 Eylül 2020].

- URL 8 , <https://webdosya.csb.gov.tr/db/konya/icerikbelge/icerikbelge1500.pdf> , 2013 – 2019 Konya Temiz Hava Programı, [Ziyaret Tarihi: 1 Mart 2021].
- URL 9, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/konya/icerikler/mck-243> , 2020 – 2024 Konya Temiz Hava Programı, [Ziyaret Tarihi: 1 Mart 2021].
- URL 10, <https://www.epa.gov.tr> , [Ziyaret Tarihi: 1 Şubat 2019].
- URL 11, https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/2019_cdr_konya-2020 , [Ziyaret Tarihi: 1 Mayıs 2021].
- URL 12, <https://sim.csb.gov.tr> , [Ziyaret Tarihi: 1 Mart 2020].
- URL 13, <https://ced.csb.gov.tr/sektorel-kilavuzlar-i-85878> , NIRAS IC Konsorsiyum, 2017, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Alanında Kapasitesinin Güçlendirilmesi İçin Teknik Yardım Projesi, Faaliyet 1.2.3 – Kılavuz 10, Aralık 2017, [Ziyaret Tarihi: 1 Mart 2019].
- URL 14, <http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/> , Kulaksız., S. Prof. Dr., 2012, Madencilikte Çevre Yönetimi, Afyonkarahisar. [Ziyaret Tarihi: 3 Ocak 2021].
- URL 15, <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/micir> [Ziyaret Tarihi: 4 Şubat 2021].
- URL 16, https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormankoruma_d0053.pdf [Ziyaret Tarihi: 15 Mayıs 2021].
- URL 17, <http://www.ozgurzeydan.com/cev715.html> [Ziyaret Tarihi: 14 Ocak 2021].
- URL 18, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/hava-kalitesi-dagilim-modeli-kilavuzu-tasra-teskilati-20180319135919.pdf> [Ziyaret Tarihi: 5 Mayıs 2020].
- URL 19, https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/icerikler/konya_hava_kal-tes-degerlend-rme_raporu-20191127113030.pdf [Ziyaret Tarihi: 4 Nisan 2021].
- URL 20, <https://www.kgm.gov.tr/2018HacimHaritalari/Bolge3.pdf>, [Ziyaret Tarihi: 4 Nisan 2021].
- Vallero, D., 2014, Fundamentals Of Air Pollution, Fifth Edition, Elsevier, UK, P. 4.
- Viana, M., Kuhlbusch, T. A., Querol, X., Alastuey, A., Harrison, R. M., Hopke, P. K., ... & Hitzenberger, R., 2008, Source apportionment of particulate matter in Europe: a review of methods and results, Journal of aerosol science, 39(10), P. 827-849.
- WHO, 2000, Air quality guidelines for Europe, second edition, World Health Organization, Regional Office for Europe.
- Yaşar, S., Şevik, H., 2003, Konya'da Hava Kirliliğinin Değerlendirilmesi, Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü VI. Ulusal Sempozyumu, 10-12 Eylül, İZMİR
- Yatkın, S., Bayram, A., 2007, İzmir Havaında Partikül Madde Kirliliği: Ölçüm ve Değerlendirme, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Dergisi, Cilt: 9 Sayı: 2 Sh. 15-27 Mayıs.
- Zencirci, S.A., Işık B., 2017, Hava Kirliliği, Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Halk Sağlığı Dergisi; 2(2), S. 24-36.
- Zeydan, Ö., 2014, Zonguldak Bölgesi PM10 Konsantrasyonu Dağılımının Modellenmesi, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.