



**MERSİN TARSUS ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİNDE FAALİYET
GÖSTEREN ENDÜSTRİ TESİSLERİNİN HAVA KALİTESİNE OLAN
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Nuri EKİZ

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**MERSİN
ARALIK - 2022**

**MERSİN TARSUS ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİNDE FAALİYET GÖSTEREN
ENDÜSTRİ TESİSLERİNİN HAVA KALİTESİNE OLAN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Nuri EKİZ
ORCID ID: 0000-0002-6905-4803

MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
PROF. DR. Yağmur UYSAL
ORCID ID: 0000-0002-7217-8217

MERSİN
ARALIK- 2022

ÖZET

MERSİN TARSUS ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİNDE FAALİYET GÖSTEREN ENDÜSTRİ TESİSLERİNİN HAVA KALİTESİNE OLAN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Bu tez çalışması kapsamında Mersin Tarsus Organize Sanayi Bölgesinde (OSB) Çöken Toz, PM₁₀ ve Pasif Örneklemeye çalışmaları yürütülmüş ve bu analizler Türk Standartları Enstitüsü (TSE) analiz ve örneklemeye çalışmalarına uygun olarak yapılmıştır. Çalışmada, hava kirliliği parametrelerinin analiz edildiği Mersin OSB’de öncelikle AERMOD modellemesi ile ölçüm nokta koordinatları hesaplanmış ve model çalışması ile belirlenen 6 noktada çöken toz, 3 noktada PM₁₀ ve 3 noktada pasif örneklemeye ölçümleri yapılmıştır. Sonuçların iklim ve mevsim koşullarına göre değişimini belirlemek için ölçümlere 1 yıl boyunca devam edilmiş ve mevsimsel olarak numuneler toplanarak analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Yapılan ölçümlerde Tesis içi (Tİ) 1, Tİ 2, Tİ 3 PM₁₀ konsantrasyonları sırasıyla; 0,72 mg/Nm³, 0,97 mg/Nm³, 1,05 mg/Nm³ bulunmuştur. Tesis Etki Alanı (TEA) 1, 2, 3 ve 4’te çöken toz konsantrasyonları sırasıyla; 105,61, 98,72, 106,33 ve 114,86 mg/m²-gün ve Tİ 1 ve 2’de sırasıyla 122,64 ve 71,20 mg/m²-gün olarak hesaplanmıştır. Tİ 1 ve 2, TEA 1, 2, 3 ve 4 noktalarında Cd/Tl/Pb bileşen konsantrasyonları sırasıyla; 0,007/0,004/1,594 mg/m²-gün, 0,003/0,005/4,147 mg/m²-gün, 0,022/0,004/5,682 mg/m²-gün, 0,003 /0,004/0,064 mg/m²-gün, 0,002/0,004/0,297 mg/m²-gün, 0,002/0,004/1,710 mg/m²-gün olarak ölçülmüştür. TEA 1, 2 ve 3’de SO₂ pasif örneklemeye konsantrasyonları sırasıyla; 26,03, 19,88 ve 18,36 µg/m³; NO₂ pasif örneklemeye konsantrasyonları sırasıyla; 19,49, 16,70, 18,11 µg/m³ olarak tespit edilmiştir. Tez çalışması süresince ölçülen ve hesaplanan sonuçların SKHKKY’nin Ek 1 ve Ek 2’de belirtilen sınır değerler ile karşılaştırıldığında bu sınır değerlerin altında kaldığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: AERMOD, Çöken Toz, Pm10, Pasif Örneklemeye.

Danışman: Prof.Dr. Yağmur UYSAL, Mersin Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF INDUSTRIAL FACILITIES OPERATING IN MERSIN TARSUS ORGANIZED INDUSTRIAL ZONE ON AIR QUALITY

Within the scope of this thesis, Precipitated Dust, PM₁₀ and Passive Sampling studies were carried out in Mersin Tarsus Organized Industrial Zone (OIZ), and these analyzes were carried out in accordance with the Turkish Standards Institute (TSI) analysis and sampling studies. In the study, in Mersin OIZ, where air pollution parameters were analyzed, first of all, the measurement point coordinates were calculated with AERMOD modeling, and settled dust at 6 points, PM₁₀ at 3 points and passive sampling measurements were made at 3 points determined by the model study. In order to determine the variation of the results according to the climate and seasonal conditions, the measurements were continued for 1 year and seasonal samples were collected and analyzed.

In the measurements made, PM₁₀ concentrations are 1 in the facility, 2 in the facility, 3 in the facility; 0,72 mg/Nm³, 0.97 mg/Nm³, 1.05 mg/Nm³ were found. Dust concentrations settled in Facility Impact Area (FIA) 1, 2, 3 and 4, respectively; 105,61, 98,72, 106,33 and 114,86 mg/m²-day, and 122,64 and 71,20 mg/m²-day in Onsite 1 and 2, respectively. Cd/Tl/Pb component concentrations at 1 and 2 within the facility, 1, 2, 3 and 4 points of the FIA, respectively; 0.007/0.004/1.594 mg/m²-day, 0.003/0.005/4.147 mg/m²-day, 0.022/0.004/5.682 mg/m²-day, 0.003 /0.004/0.064 mg/m²-day, 0.002/0.004/0.297 mg /m²-day is measured as 0.002/0.004/1,710 mg/m²-day. SO₂ passive sampling concentrations in FIA 1, 2 and 3, respectively; 26.03, 19.88 and 18.36 µg/m³; NO₂ passive sampling concentrations, respectively; It was determined as 19.49, 16.70, 18.11 µg/m³. When the results measured and calculated during the thesis study are compared with the limit values specified in Annex 1 and Annex 2 of SKHKKY, it has been observed that these limits are below.

Keywords: AERMOD, Settling Dust, Pm10, Passive Sampling.

Advisor: Prof.Dr. Yağmur UYSAL, Environmental Engineering Department, Mersin University, Mersin.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmamda bana bilgi ve fikirleri ile destekleyerek yönlendiren saygıdeğer hocam Prof.Dr. Yağmur UYSAL'a,

Beni yetiştiren mesleğime sahip olmamda büyük emek ve katkısı olan sevgili annem, babam, kardeşlerime ve tez çalışamda destek vererek benimle birlikte çaba harcayan ve beni çalışmamda sonuca ulaşmamda yardımlarını esirgemeyen canım eşim Kudret Ayça EKİZ'e, sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunuyorum.

Bu tez çalışması, MEÜ BAP Birimi tarafından 2021-2-TP2-4418 numaralı proje ile desteklenmiştir.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇ KAPAK	i
ONAY	ii
ETİK BEYAN	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ŞİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	3
2.1.Hava Kirliliği	3
2.2.Hava Kirliliğini Etkileyen Meteorolojik Faktörler	4
2.3.Hava Kirlitici Parametreler ve Özellikleri	4
2.3.1.Partikül Madde (PM)	4
2.3.2.Çöken Toz	6
2.3.3.Kükürt Oksitler (SO _x)	6
2.3.4.Azot Oksitler (NO _x)	7
2.3.5.Ağır Metaller	7
2.3.5.1.Kurşun	8
2.3.5.2.Talyum	9
2.3.5.3.Kadmiyum	9
2.4.Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKHKKY)	9
2.5.Hava Kalitesi Modellemesi	10
2.6.Mersin İli Hava Kirliliği	11
3. MATERYAL ve YÖNTEM	14
3.1.Materyal	14
3.1.1.Çalışma Alanı	14
3.1.2.MCZ LVS1 Toz Örnekleme Cihazı	14
3.1.3.Çöken Toz Toplama Cihazı	15
3.1.4.Pasif Örnekleme Tüpleri	16
3.1.5.Filtre Kâğıdı	16
3.1.6.Süzme Düzeneği	16
3.1.7.Tartım	17
3.1.8.Bakır (II) Sülfat	17
3.1.9.Etöv	18
3.1.10.Icp-Ms	18
3.2.Yöntem	18
3.2.1.Partikül Madde (PM) Tayin Yöntemi	18
3.2.1.1.Türk Standardı (TS EN 12341) ile PM ₁₀ Ölçümü	18
3.2.2.Çöken Toz Tayin Yöntemi	20
3.2.2.1.Türk Standardı (TS 2342) ile Çöken Toz Ölçümü	20
3.2.3.Pasif Örnekleme Tayin Yöntemi	22
3.2.3.1.Türk Standardı (TS EN 13528) ile Pasif Ölçüm	22
3.2.4.Ağırmetal Analizi Tayin Yöntemi	23

	Sayfa
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	24
4.1.Bulgular	24
4.1.1. PM10 Ölçüm Hesaplamaları	24
4.1.2.Çöken Toz Hesaplamaları	26
4.1.3.Ağır metal Hesaplamaları	28
4.1.4.Pasif Örnekleme Analiz Hesaplamaları	31
4.1.5.AERMOD Modelleme Sonuçları	33
4.1.5.1.Meteorolojik Veri	33
4.1.5.2.Emisyon Ölçüm Noktalarının Belirlenmesi	33
4.1.5.2.1.Pasif Örnekleme Ölçüm Noktaları	35
4.1.5.2.2.PM ₁₀ Örnekleme Ölçüm Noktaları	35
4.1.5.2.3.Çöken Toz Örnekleme Ölçüm Noktaları	37
4.2.Tartışma	39
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	44
5.1.Sonuçlar	44
5.2.Öneriler	47
KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİŞ	64
EKLER	65

TABLOLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.4.1. Tesis Etki Alanında Hava Kalitesi Sınır Değerleri	10
Tablo 2.6.1. Akdeniz Hava Kalitesi İzleme İstasyonu Verileri	12
Tablo 2.6.2. Huzurkent Hava Kalitesi İzleme İstasyonu Verileri	13
Tablo 2.6.3. Tarsus Hava Kalitesi İzleme İstasyonu Verileri	13
Tablo 4.1. Aralık Ayı PM ₁₀ Örneklemeye Düzeltme Verileri	25
Tablo 4.2. Aralık Ayı PM ₁₀ Tartım Verileri	25
Tablo 4.3. Aylık PM ₁₀ sonuçları	26
Tablo 4.4. Aralık Ayı Çöken Toz Analiz Verileri	27
Tablo 4.5. Aylık Çöken Toz Ölçüm Sonuçları	28
Tablo 4.6. Aralık-Şubat Ağırmetal Analiz Sonuçları	29
Tablo 4.7. Mart-Mayıs Ağırmetal Analiz Sonuçları	29
Tablo 4.8. Haziran-Ağustos Ağırmetal Analiz Sonuçları	30
Tablo 4.9. Elül-Kasım Ağırmetal Analiz Sonuçları	30
Tablo 4.10. Aralık-Şubat SO ₂ Pasif Örneklemeye Analiz Sonuçları	31
Tablo 4.11. Mart-Mayıs SO ₂ Pasif Örneklemeye Analiz Sonuçları	31
Tablo 4.12. Haziran-Ağustos SO ₂ Pasif Örneklemeye Analiz Sonuçları	31
Tablo 4.13. Eylül-Kasım SO ₂ Pasif Örneklemeye Analiz Sonuçları	31
Tablo 4.14. Aralık-Şubat NO ₂ Pasif Örneklemeye Analiz Sonuçları	32
Tablo 4.15. Mart-Mayıs NO ₂ Pasif Örneklemeye Analiz Sonuçları	32
Tablo 4.16. Haziran-Ağustos NO ₂ Pasif Örneklemeye Analiz Sonuçları	32
Tablo 4.17. Eylül-Kasım NO ₂ Pasif Örneklemeye Analiz Sonuçları	32
Tablo 4.18. Pasif Örneklemeye Noktaları	35
Tablo 4.19. PM ₁₀ Örneklemeye Noktaları	36
Tablo 4.20. Çöken Toz Örneklemeye Noktaları	38
Tablo 5.1. PM ₁₀ Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi	44
Tablo 5.2. Çöken Toz Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi	44
Tablo 5.3. Ağırmetal Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	45
Tablo 5.4. SO ₂ Pasif Örneklemeye Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	45
Tablo 5.5. NO ₂ Pasif Örneklemeye Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	46
Tablo 5.6. Huzurkent izleme istasyonu PM ₁₀ verilerine göre sonuçların değerlendirilmesi	46
Tablo 5.7. Huzurkent izleme istasyonu SO ₂ verilerine göre sonuçların değerlendirilmesi	46
Tablo 5.8. Huzurkent izleme istasyonu NO ₂ verilerine göre sonuçların değerlendirilmesi	47

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.3.1.PM Parçacıkları için boyut karşılaştırmaları	6
Şekil 2.6.1.Mersin Hava Kalitesi Sürekli İzleme İstasyonları	12
Şekil 3.1.1.Organize Sanayi Bölgesi Uydu Görüntüsü	14
Şekil 3.1.2.PM ₁₀ Toz Örneklemme Cihazı	15
Şekil 3.1.3.Çöken Toz Toplama Cihazı	15
Şekil 3.1.4.Pasif Örneklemme Tüpleri	16
Şekil 3.1.5.Glass Fiber Filtre	16
Şekil 3.1.6.Süzme Düzenegİ	17
Şekil 3.1.7.Tartım İşlemi	17
Şekil 3.1.8.Bakır (II) Sülfat	17
Şekil 3.1.9.EtÜv Cihazı	18
Şekil 3.1.10.ICP MS Cihazı	18
Şekil 3.2.1.PartikÜl Örneklemme 1.ve 2. Nokta	19
Şekil 3.2.3.PartikÜl Örneklemme 3. Nokta	19
Şekil 3.2.4.Çöken Toz Toplama Cihazı 1.ve 2. Nokta	20
Şekil 3.2.6.Çöken Toz Toplama Cihazı 3.ve 4. Nokta	20
Şekil 3.2.8.Çöken Toz Toplama Cihazı 5.ve 6. Nokta	21
Şekil 3.2.10.Süzme İşlemi	21
Şekil 3.2.11.Pasif Örneklemme 1.ve 2. Nokta	22
Şekil 3.2.13.Pasif Örneklemme 3. Nokta	22
Şekil 4.1.Tesis Yeri ve İnceleme Alanı	34
Şekil 4.2.Kirletici Emisyon Dağılımı ve İnceleme Alanlarındaki Etkisi	34
Şekil 4.3.Pasif Örneklemme Ölçüm Noktaları	35
Şekil 4.4.PM ₁₀ Örneklemme Ölçüm Noktaları	36
Şekil 4.5.Günlük PM ₁₀ Emisyon Dağılım Haritası	37
Şekil 4.6.Yıllık PM ₁₀ Emisyon Dağılım Haritası	37
Şekil 4.7.Aylık Çöken Toz Emisyon Dağılım Haritası	38
Şekil 4.8.Yıllık Çöken Toz Emisyon Dağılım Haritası	38
Şekil 4.9.Yıllık Çöken Toz Emisyon Dağılım Haritası (Ölçüm Noktalarıyla Birlikte)	39

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltma/Simgesi	Tanım
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
ISO	Uluslararası standardizasyon örgütü
PM	Partikül madde
UVD	Uzun vadeli değer
TKD	Toplam kirlenme değeri
KVS	Uzun vade sınır değeri
UVS	Kısa vade sınır değeri
HKKD	Hava kirlenmesi katkı değeri
TSE	Türk standartları enstitüsü
SKHKKY	Sanayi kaynaklı hava kirliliği kontrol yönetmeliği
MTOSB	Mersin Tarsus Organize Sanayi Bölgesi

1. GİRİŞ

Son yıllarda hava kirliliği, küresel kentleşme ve sanayileşmenin hızlanmasıyla önlenemeyen ciddi bir küresel ve toplumsal sorun haline gelmiştir. Yaygın hava kirleticileri arasında karbon monoksit (CO), azot oksitler (NO_x), kükürt dioksit (SO₂), partikül madde (PM₁₀ ve PM_{2,5}), ozon (O₃) vb. bulunmaktadır. Hava kirleticilerinin en büyük sebepleri arasında motorlu taşıt trafiği, sanayi ve enerji üretimi, antropojenik ikincil parçacık oluşumu (kükürt ve azot oksitlerin amonyum sülfat ve nitrata oksidasyonu gibi) ve doğal kaynaklar (kentsel olmayan ve tarım dışı topraklardan gelen tozlar, deniz tuzu, orman yangınlarından kaynaklanan yanma emisyonları ve bitki örtüsünden uçucu organik bileşiklerin oksidasyonundan kaynaklanan parçacıklar) gelmektedir (Martins ve Graça, 2018). Çok sayıda toksikolojik ve epidemiyolojik kanıt, kötü hava kalitesine maruz kalmanın kişinin duyguları ve sağlığı üzerinde ani ve zararlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Dünya Bankası'na göre *“hava kirliliği, kirliliğin ölümcül şeklidir ve küresel olarak erken ölümlerin dördüncü önde gelen risk faktörüdür”*. Dünya genelinde yaklaşık 5,5 milyon insanın hava kirliliğinin yol açtığı hastalıklar nedeniyle hayatını kaybettiği bildirilmektedir.

Hava kirliliğinin, insan sağlığını olumsuz yönde etkilemesi (Zivin vd., 2018; Lelieveld vd., 2015), iklim değişikliklerini tetiklemesi (Samset, 2018; Fan vd., 2015), bitkilerin fotosentezini, büyümesini ve verimini bozması ve baskılaması (Feng vd., 2022; Mukherjee vd., 2021; Oksanen vd., 2021), ormanların verimliliğini ve genel olarak kara bitkilerinin net ve brüt birincil üretkenliği (Unger vd., 2020; Yue vd., 2017) ve ekosistem sağlığının düzenlenmesiyle bağlantılı temel ekolojik süreçleri bozmaktadır (Xia vd., 2021; Blande, 2021; Agathokleous vd., 2020). Hava kalitesindeki bozulma, uzun zamandır bitkileri, insan sağlığını ve ekosistemleri yüksek oranda etkilediği bilinen iklim değişikliği ile eş zamanlı olarak ortaya çıkmaktadır. Hava kalitesi bozulması ve iklim değişikliğinin etkileri bu nedenle sıkı bir şekilde bağlantılıdır ve biri diğerinin etkilerini de değiştirebilmektedir (Lee vd., 2022; Tian vd., 2016) ve hava kirleticileri ve iklim değişiklikleri arasındaki çok seviyeli etkileşimleri anlamada zorluk teşkil etmektedir (De Marco vd., 2022a). Hava kirliliği iklimi güçlü bir şekilde etkiler ve bunun tersi de geçerlidir, örneğin daha sıcak bir iklim hava kalitesini kötüleştirebilmektedir (Li vd., 2020). Bu nedenle, iklim değişikliğinin azaltılması, hava kalitesi kirleticilerinin eşzamanlı olarak azaltılmasını gerektirmekte ve hava kalitesindeki bozulma ile iklim değişikliği birlikte ele alınmaktadır (Sicard, 2021).

İklim değişikliği sorunu uluslararası toplumun dikkatini çeken çevresel ve ekolojik bir konudur. Enerji, tarım, gıda ve su kaynaklarının güvenliği iklim değişikliğinden etkilenmektedir. Bu nedenle, sürdürülebilirlik ve yeşil büyüme açısından, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler iklim değişikliğine dikkat etmeli ve operasyonel olarak iklim değişikliği ile mücadeleye yönelik adımlar atmalıdır. Bununla birlikte, mevcut sürdürülemez kozmopolit iklim yönetimi uygun değildir. Bu nedenle, her ülke için emisyon azaltımının yükü artmaktadır (Guo, 2019).

Endüstri sektörünün enerji kullanımları (özellikle petrol ve gaz) nedeniyle atmosferdeki karbon konsantrasyonunun artmasına, küresel sıcaklık ve iklim değişikliği artışı gibi sorunlara neden olmaktadır. Bu nedenle, karbon konsantrasyonunu azaltmaya yönelik temel yaklaşımlardan biri, endüstri sektörlerinde karbon yönetimini ele almaktır. Emisyonları rafine ederek, kontrol ederek ve azaltarak bir endüstrinin çevresel verimliliğini artırmaya yönelik bir yönetim sürecidir. Bu nedenle, enerji ve karbon yönetimi alanında önerilen öne çıkan stratejiler arasında şunlar yer almaktadır:

- Yerine düşük karbonlu enerji kaynaklarının kullanımını artırmak yenilenebilir enerjiler gibi geleneksel fosil yakıtlar,

- Karbon yakalama, kullanma ve depolamanın uygulanması teknolojileri ve

- Kurumlar için temiz ve sürdürülebilir teknolojilerin kullanılmasıdır (Aviso vd., 2019).

Küresel çevresel kaygılar, özellikle kötüleşen hava kirliliği ve hızlanan iklim değişikliği, çevresel bozulmayı kontrol altına almak için mevcut eşi görülmemiş aciliyete katkıda bulunmaktadır (Cheung vd., 2020; Wang vd., 2020). Bu durumun ışığında, Paris Anlaşması, 2030 yılına kadar emisyonları %45 oranında azaltmayı zorunlu kılarak, çevresel kirleticilerin emisyonlarını azaltma ihtiyacının altını çizmektedir (Zheng vd., 2020; Wang vd., 2019). Bununla birlikte, çoğu durumda, yerel yetkililerin stratejileri uygulamada yanlış uygulama ve zayıf uygulama nedeniyle çevre koruma yasaları ve yönetmelikleri etkili olmaktan uzaktır (Lin vd., 2021; Peng vd., 2020).

2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

2.1.Hava Kirliliği

Hava kirliliğinin, çeşitli yaş grupları arasında bir dizi ciddi hastalık ile bağlantısının ortaya çıktığı XXI. Yüzyıl da büyük bir küresel halk sağlığı riski olduğu yaygın olarak kabul edilmekte ve bilimsel kanıtlarla desteklenmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'ne göre (2015), hava kirliliği *“her yıl dünya çapında yedi milyon insanın ölümünden sorumludur”*. Hava kirlleticileri, biyogenik ve antropojenik kaynaklardan salınan veya atmosferde meydana gelen ikincil reaksiyonlarla üretilen en tehlikeli maddeler olarak kabul edilmektedir (Kelly vd., 2020; Khaniabadi vd., 2018; Khaefi vd., 2017).

Hava kirliliği, gazların ve partikül maddelerin (PM) heterojen bir karışımıdır (Al-Kindi vd., 2020). Atmosferin doğal özelliklerini değiştiren kimyasal, fiziksel veya biyolojik maddeler tarafından kontaminasyon olarak tanımlanmaktadır (Xiao vd., 2017). Hava kirliliğinin bileşenleri arasında PM, kükürt dioksit (SO₂), nitrojen oksitler (NO_x), ozon (O₃), karbon monoksit (CO), polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'ler), uçucu organik bileşikler (VOC'ler), toksik metaller, aerosoller ve biyolojik kirleticiler gelmektedir. Hava kirleticilerinin insan sağlığı üzerindeki toksisitesinin, bileşimleriyle ilgili olduğu düşünülmektedir (Cho vd., 2018).

Son yıllarda atmosfere zararlı maddelerin emisyonları azaltılmış olsa da (Guerreiro vd., 2016), küreselleşme, fosil yakıtların yakılması ve diğerlerinin yanı sıra endüstrilerin sayısındaki artış, hava kalitesinin iyileşmemesinin ana nedenlerinden bazılarıdır. İç ve dış hava koşulları, içinde bulunan kimyasalların konsantrasyonları ile belirlenebilir. Azot oksitler (NO_x), kükürt dioksit (SO₂), ozon (O₃), partikül madde (PM), karbon monoksit (CO) ve karbon dioksit (CO₂) gibi belirli bileşiklerin yüksek seviyeleri özellikle tehlikelidir. Bu gazlar hem doğal olarak atmosfere yayılabilir, volkanik patlamalar, orman yangınları veya mikrobiyal çürüme süreçleri ve antropojenik olarak, yanmalı motorlar, endüstriyel süreçler, tarımsal faaliyetler veya çiftçiliktir. Ayrıca gürültü, ışık veya radyasyon gibi diğer faktörler de kirleticiler olarak kabul edilmekte ve hava kalitesini azaltır veya düşürmeye katkıda bulunmaktadır. Bu kirleticilerin tümü hem insan sağlığına hem de ekosistemlere zararlıdır. Zehirli gazların emisyonundan kaynaklanabilecek bazı semptomlar solunum yollarında, ciltte ve gözlerde tahriş, öksürük, astım, solunum güçlüğü veya kalp krizi geçirme riskinin artmasıdır. Ayrıca, bu bileşiklere uzun süre maruz kalmak, belirli kanser türlerinin gelişmesine veya solunum veya bağışıklık sistemlerinde hasara yol açabilir (Brumberg vd., 2021; Bentayeb vd., 2013).

2.2. Hava Kirliliğini Etkileyen Meteorolojik Faktörler

Hava kalitesini etkileyen önemli faktörlerden biri olan meteorolojik koşullar, atmosferik kirleticilerin seyrelmesini, difüzyonunu, taşınmasını ve dönüşümünü kısıtlamakta ve dolayısıyla atmosferik kirleticilerin dağılımını ve konsantrasyonunu etkilemektedir (He vd., 2017; He vd., 2016). Meteorolojik koşulların hava kirliliği üzerinde önemli etkileri olduğunu bilinmektedir ancak meteorolojik koşulların hava kalitesi indeksi (AQI) üzerindeki etkileri hakkında sistematik ve ayrıntılı çalışmalar nadirdir. Bu nedenle, belirli bir meteorolojik değişkenin etkisi (atmosferik basınç, sıcaklık, nem, yağış kapasitesi, rüzgâr hızı, güneşlenme süresi gibi), etki büyüklüğü ve mekanizması, meteorolojik değişkenler arasındaki etkileşim ve hava kalitesini etkileyen meteorolojik değişkenin dinamik özellikleri belirsizliğini korumaktadır.

Hava kalitesinin oluşumunda meteorolojik faktörler önemli rol oynamaktadır. Hava kirlenmesi meteorolojisi açısından önem taşıyan başlıca değişkenler ısı, basınç, rüzgâr ve nem oranıdır. Oluşan kirli havada ise, görüş mesafesinde azalma, sis ve yağış oluşumu, güneş radyasyonunda azalma, sıcaklık ve rüzgâr da değişme gibi meteorolojik etkiler görülmektedir. Atmosferdeki ısıнын kaynağı radyasyonun soğurulmasıdır. Atmosferi bir termodinamik bir sistem gibi düşünüldüğünde ısıнын çeşitli yollardan dağılması sırasında hava içerisinde kütsel hava hareketleri oluşmaktadır. Havadaki nemin içerdiği su buharının hava sıcaklığındaki doygunluk konsantrasyonu olarak belirlenmektedir. Hava kirleticilerinin taşınması, difüzyonu ve seyrelmesinde rüzgâr çok etkilidir. Rüzgâr havanın yatay doğrultuda kütsel olarak akmasıdır. Havanın ısınma –soğuma hareketleri ile basınç farklılıklarına neden olması bölgesel olarak hava kirleticilerinin taşınımını etkilemektedir (Müezzinoğlu, 2000).

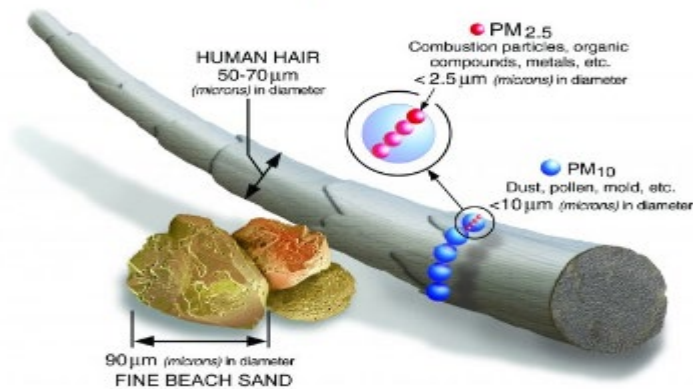
2.3. Hava Kirleticisi Parametreler ve Özellikleri

2.3.1.Partikül Madde (PM)

Atmosferdeki hava kalitesi, doğal faaliyetler ve antropojenik süreçler dahil olmak üzere birçok faktörden etkilenir. Hava kirliliği seviyelerini belirtmek için oluşturulan parametreler arasında partikül madde (PM) en alakalı olanlardan biridir (Seinfeld vd., 2006; WHO, 2005; Renoux vd., 1988). Hava kirleticisi parametreler arasında yer alan partikül maddeler, aerodinamik çaplarına göre PM_{10} ve $PM_{2,5}$ olarak adlandırılmaktadır. PM_{10} ve $PM_{2,5}$, atmosferde sırasıyla 10 μm ve 2,5 μm 'den daha az yarıçaplı katı partikül veya gaz formlarında asılı kalan doğal veya yapay olarak oluşturulmuş partikül maddeyi (PM) ifade etmektedir (Pappa vd., 2021). Bu kirleticilerin kaynağı genellikle fabrikalar, enerji santralleri, yakma tesisleri, inşaat, taşıt trafiği gibi antropojenik faaliyetler olabileceği gibi, yangın ve toz taşıma gibi doğal kaynaklar da olabilmektedir (Tosun, 2017).

Toz, kir, kurum veya duman gibi bazı parçacıklar gözle görülebilecek kadar büyük ve diğerleri o kadar küçüktür ki sadece bir elektron mikroskobu kullanılarak tespit edilebilmektedir (EPA, 2022). Çalışmalar, partiküllerin boyutu ile insanlardaki olası olumsuz etkilerin türü ve yoğunluğu arasında bir bağlantı kurmaktadır. İnce partiküller (yani $PM_{2.5}$) ölüm ve hastalanma oranı ile daha güçlü bir şekilde ilişkilendirilirken, kaba partiküller ($PM_{2.5-10}$) solunum bozuklukları ile ilişkilendirilmektedir (Minguillon vd., 2008). PM atmosferde yüzdüğü için bazen kısa vadede trafik kazaları ve ölümlerin sıklığını artırabilir ve uzun vadede kardiyopulmoner hastalıklar, akciğer kanseri, solunum yolu hastalıkları ve felce neden olarak halk sağlığını tehlikeye atabilmektedir (Minh vd., 2021; Yang vd., 2020; Lee, 2020; Kang vd., 2018).

Epidemiyolojik çalışmalar, partikül madde (PM) solumasının akciğer kanseri de dahil olmak üzere solunum yolu hastalıklarının görünümünü arttırdığını göstermektedir (Turner vd., 2020). PM_{10} 'dan daha küçük boyutlu olan $PM_{2.5}$, kapalı yaşam ortamına kolayca nüfuz edebilir ve akciğerlerin derinliklerine yerleşebilir, böylece kanser ve astım ve nefes darlığı gibi kronik hastalık riskini artırarak akciğer fonksiyonunun azalmasına neden olmaktadır (Zamani Joharestani vd., 2019). Çalışmalar ayrıca hava kirliliğini azaltmak için önlemler alındığında ve hava kirlileti seviyeleri azaltıldığında akciğer kapasitesinde iyileşme ve bronşit semptomlarında azalma olduğunu bildirmiştir (Berhane vd., 2016; Gauderman vd., 2015). Bu nedenle, birçok ülke gerçek zamanlı hava kalitesi izleme ve tahmin yoluyla ulusal veya bölgesel olarak hava kirlileticilerinin emisyonunu düzenlemek ve azaltmak için çaba göstermektedir (Czernecki vd., 2021). PM_{10} konsantrasyonunun neden olduğu hava kirliliğini önlemek için, kirliliği oluşturan hava kalitesi parametreleri belirli zamanlarda bölgeyi temsil eden noktalardan ölçülmeli ve bu ölçümlerin sonuçlarına göre gerekli önlemler alınmalıdır (Ayturan, 2019). Bu nedenle, hava kalitesini ve bunun canlı organizmaların sağlığı üzerindeki etkisini değerlendirmek için PM'nin kimyasal bileşimi izlenmelidir. Partikül madde tipik olarak Be, Tl, Cd ve Pb vb. gibi çeşitli ağırmetaller içermektedir. Bu ağırmetaller kanserojen özelliklerinden dolayı sağlık için risk oluşturduğu bilinen kirlileticilerdir (Melaku vd., 2008; Vassilakos vd., 2007; Van Bree vd., 2000; Gurjar vd., 1996).



Şekil 2.3.1. PM parçacıkları için boyut karşılaştırmaları (EPA, 2022)

2.3.2. Çöken Toz

Doğal ve antropojenik olaylar ile açığa çıkan partikül maddeler belirli bir zaman zarfında atmosferde kalmaktadır. Atmosferde serbest şekilde dolaşan partikül maddeler kendi ağırlıkları ile yeryüzüne düşmektedir. Yeryüzüne ulaşmış olan partikül maddeler insan sağlığına zarar vermekte ve yaşam şartlarını olumsuz etkilemektedir. Bu partikül maddelerin oluşumu engellenmeli ve azaltma çalışmaları yapılması gerekmektedir. Hava ortamına ulaşmış olan partikül zerrecikleri içerisinde kirlilik barındırması çeşitli maddeler ile reaksiyona girdiği zaman asit yağmurları, ağır metal kirliliği ve birçok hava kirliliğine sebep olmaktadır.

2.3.3. Kükürt oksitler (SO_x)

Hava kirliliği insan sağlığını ve ekonomiyi tehdit eden en ciddi çevre sorunudur. Bölgesel ulaşım, asit depolama ve artan sera gazları, hava kirliliğinin küresel boyutlara ulaşan etkilerini gözler önüne sermektedir. Trafik, ulaşım, sanayi ve ısınmadan kaynaklanan kirleticiler hava kirliliğinin ana nedenleridir (Li vd., 2021). Hava kirleticilerinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkilerinin zamana, mekâna, etki süresine, konsantrasyona ve diğer özelliklere bağlı olduğu bilinmektedir (Lu vd., 2020a).

Günümüzde büyük sanayilerin ve enerji santrallerinin elektrik enerjisi halen kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtların yakılmasıyla üretilmektedir (IEA, 2020). Fosil yakıtın yakılmasıyla oluşan baca gazı, kükürt dioksit (SO₂), azot oksit (NO), azot dioksit (NO₂), karbon dioksit (CO₂) ve su buharı (H₂O(g)) içermektedir (Adil, 2017). Küresel çevre ve ekolojik kirlilik üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir (Wang vd., 2019).

Kömür dahil olmak üzere fosil enerji kaynakları, insan sağlığına ve çevrenin sürdürülebilir gelişimine ciddi şekilde zarar veren insan toplumunun gelişimini teşvik ederken büyük miktarlarda SO₂ üretir. Bir yandan, yüksek konsantrasyonda SO₂'ye uzun süreli maruz kalma, insan solunum yolu hastalıkları riskini artırır (Guo vd., 2021; Yun vd., 2015; Longo vd., 2008). Ekosisteme ve binalara zarar veren asit yağmurlarının ana faktörü SO₂'dir (Liu vd., 2022; Rosso vd., 2016). Kükürt dioksit (SO₂), sülfürik asit (H₂SO₄) ve sülfat (SO₄²⁻) formuna dönüşerek dolaylı olarak insan sağlığını tehdit etmektedir (HKO, 2020).

Kükürt dioksit, antropojenik ve doğal olmak üzere iki kaynaktan gelir. Volkanlar, ana doğal kaynağın kökenini oluşturur. Ana antropojenik kaynaklar fosil yakıtların (özellikle kömür ve dizel) yakılmasıdır. Enerji santralleri, metal işleme ve ergitme tesisleri ve bu yakıtlarla çalışan araçlar SO₂'nin ana kaynaklarıdır (Jain vd., 2016). İnsan sağlığını çok ciddi şekilde etkileyen SO₂, solunum fonksiyonlarına zarar veren çok tehlikeli bir kirleticidir. Doğal ve antropojenik olmak üzere iki kaynaktan gelen SO₂, (H₂SO₄) ve sülfat (SO₄²⁻) formlarına dönüşerek dolaylı olarak insan sağlığını

tehdit etmektedir (Lak vd., 2019). Genel emisyon azaltma hedefinin belirlenmesi kirletici emisyonlarının azaltımını etkin bir şekilde destekleyebileceği kanıtlanmıştır (Li vd., 2021).

2.3.4. Azot oksitler (NO_x)

Azot dioksit kısa ömürlü bir eser gazdır (Lamsal, 2020; Marchenko, 2015). Özellikle şehirlerde ve diğer kentsel ortamlarda troposferik ozon (O₃) seviyelerini etkileyen bir sera gazıdır (Otmani, 2020; Bauwens, 2020; He, 2019; Georgoulas, 2019; Krotkov, 2017). Güneş radyasyonu varlığında serbest troposferik O₃'ün fotokimyasında azot oksitler (NO_x= NO+NO₂) anahtardır (Qin, 2020). Ayrıca NO_x su ile reaksiyona girerek nitrik asit, nitrat aerosoller ve ayrıca peroksiasetil nitrat (HNO⁻³) oluşturmaktadır (Wang vd., 2020).

Azot oksitlerin başlıca kaynakları arasında termik santraller, biyokütle yakma, ev içi katı yakıt kullanımı, fosil yakıt yakma, araç emisyonları gibi antropojenik faaliyetler yer alırken, doğal kaynaklar arasında toprak ve yıldırım yer alır (Albayati, 2021; Lerma, 2021; Qu, 2021). NO₂ noktaları daha önce termik santraller, kentsel şehirler ve sanayi bölgeleri olarak tanımlanmaktadır (Pathakoti, 2020). NO₂'nin özellikle uzun süreli maruziyetin, örneğin mahsul veriminin düşmesi ve ekosistem üzerindeki diğer çevresel zararların yaşandığı durumlarda hem olumsuz çevresel insan sağlığı sonuçlarına sahip olduğunu gösteren kanıtlar mevcuttur (Manisalidis, 2020). Öte yandan, insan sağlığı üzerindeki bilinen olumsuz etkilerden bazıları, NO₂'nin akciğerlere nüfuz edip zayıflatabilmesi nedeniyle solunum yolu hastalıkları, öksürük, hırıltılı solunum ve astımı içermektedir (Anenberg, 2016).

2.3.5. Ağır metaller

Kirletici emisyonların eşlik ettiği hızlı sanayileşme ve kentleşme, endişe verici hava kirliliğine neden olmaktadır (Zhang vd., 2020; Jin vd., 2017; Su vd., 2015). Atmosferik kirletici olan partikül madde, atmosferik kimyasal reaksiyonlara katılır ve çevre kalitesini, iklimi ve halk sağlığını etkilemektedir (Cai vd., 2020; Morgan vd., 2020; Jin vd., 2019a; McNeill, 2017). Fosil yakıtların yanması, endüstriyel faaliyetler ve araç trafiği, atmosferik partikül maddenin ana kaynaklarıdır (Lu vd., 2020). Kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), Talyum (Tl), çinko (Zn), bakır (Cu), krom (Cr), nikel (Ni) ve manganez (Mn) gibi ağır metaller, atmosferik partikül maddenin önemli bileşenleridir (Zhao vd., 2020; Xie vd., 2020).

İster esansiyel bir element olsun, ister esansiyel olmayan bir element olsun, belli bir konsantrasyon seviyesi aşıldığında canlı organizmalarda ciddi zararlara yol açmaktadır (Singh vd., 2020; Liu vd., 2020a; Li vd., 2020; Shahid vd., 2019; Gan vd., 2017). Ağır metalleri taşıyan partikül madde, çeşitli ekosistem bölümlerinde ağır metal kirliliğini ağırlaştıran uzun bir mesafe boyunca taşınabilmektedir (Hou vd., 2020; Xiang vd., 2016; Solek-Podwika vd., 2016; Chen vd., 2016).

2.3.5.1.Kurşun

Kurşun, benzersiz fiziksel ve kimyasal özellikleri ve endüstriyel üretimde yaygın kullanımı nedeniyle en önemli ağır metal kirleticilerinden biridir (Huang vd., 2018). Kurşun kirliliği esas olarak endüstriyel süreçler, araç trafiği, gübre kullanımı ve atık yakma gibi antropojenik faaliyetlerin bir sonucudur (Dietrich vd., 2018; Li vd., 2015). Kurşunun bozunma özelliğinden dolayı kurşun kirleticiler atmosferde, bitkilerde ve toprakta farklı şekillerde varlığını sürdürmektedir. Antropojenik kaynaklardan yayılan kurşun içeren partiküller, kuru ve ıslak birikim yoluyla doğrudan toprak yüzeylerinde, yol tozlarında ve bitki yapraklarında birikebilir (Bi vd., 2018).

Kurşun (Pb), kurşunlu benzinin küresel aşamasından sonra bile çevrede tehlikeli seviyelerde tespit edilmektedir. Kurşun, yaklaşık 5-10 günlük bir atmosferik kalış süresine sahiptir ve aerosol dinamiklerine dayalı olarak yerel, ulusal, bölgesel veya kıtalararası ölçeklerde transfer edilebilmektedir (Overland vd., 2021). Kentleşmiş bölgelerde ve sanayileşmiş bölgelere yakın alanlarda, araçlardan ve kömür yakmayan endüstrilerden kaynaklanan emisyonların, Pb konsantrasyonunun arttırılmasında büyük bir katkısı olması muhtemeldir (Kumar vd., 2016; Sen vd., 2016). Kış aylarında, kömür yakma emisyonlarının Pb'ye katkısı artmasına rağmen, tarihi kurşunlu benzinin yeniden süspanse edilmesinin katkısı sabit kalmaktadır (Mitra vd., 2021).

2.3.5.2.Talyum

Talyum (Tl), yüksek risk taşıyan son derece toksik bir metaldir (Liu vd., 2019b). İnsan vücuduna toksisitesi Hg, Cd ve Pb gibi birçok iyi bilinen metalden çok daha yüksektir. Talyum zehirlenmesinin sonuçları olarak mide ve bağırsak ülserleri ve alopesi gibi bir dizi klinik belirti tespit edildi (Karbowska, 2016). Metalurji endüstrisi, çevresel sistemlere As, Pb, Zn, Cd, Hg, Cr ve Ni gibi çeşitli tehlikeli elementlerin baskın kaynağı olarak kabul edilen kirlilik yoğun bir imalat sektörüdür (Liu vd., 2020; Chen vd., 2016). Başta ergitme ve madencilik faaliyetleri olmak üzere çeşitli endüstriyel proseslerden kaynaklanan atık su ve katı atıklar da çevreye çok büyük miktarlarda Tl bırakmıştır (Liu vd., 2019a). Son yıllarda metal ergitme endüstrisinin hızla gelişmesi üzerine, Tl kontaminasyonu dünya çapında ciddi bir çevre sorunu haline gelme eğilimi göstermiştir (He vd., 2019; Liu vd., 2019c). Sülfür cevherlerinin yüksek sıcaklıkta eritilmesi çoğu Tl bileşiğini kolayca uçucu hale getirdiğinden, Pb ve Zn ergitme işlemlerinin önemli Tl kirleticilere neden olabilmektedir.

2.3.5.3.Kadmiyum

Kadmiyum (Cd), topraktaki en çok ilgili ağır metal kirleticilerinden biridir ve kararsız değişebilirliği nedeniyle göç etmeye eğilimlidir (Ren vd., 2022; Kubier vd., 2019). Sanayinin gelişmesiyle, çok sayıda maden eriticiler kurulmuştur. Eritme tesisi yakınında katı atıkların sızması veya atmosferik çökeltme nedeniyle, topraktaki kadmiyum konsantrasyonu standardı ciddi şekilde aşmaktadır.

Kadmiyum, düşük konsantrasyonlarda bile toksik reaksiyonlara neden olabilir ve bitkinin kök sistemi tarafından emilebilir, besin zinciri yoluyla bulaşıp zenginleştirildiğinde çevre güvenliği ve insan sağlığı için tehdit oluşturur (Nakagawa vd., 2021; Zou vd., 2021; Zhang vd., 2021).

2.4.Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKHKKY)

SKHKKY'nin Ek-2 kapsamının "h" bendinde belirtildiği gibi hava kalitesi ölçümleri yapılmaktadır. Ölçümler uluslararası kabul görmüş dağılım modelleri, metot ve EK-2 'de yer alan kural ve esaslar çerçevesinde gerçekleştirilmektedir. Hava Kalitesi Katkı Değerinin (HKKD) en yüksek olduğu noktalarda hava kalitesi ölçüm istasyonları belirlenmektedir. Bu istasyonlar kirliliğin aylara göre farklılık gösterdiği alanlarda yetkili merci tarafından belirlenen süreler ile ölçümler yapılmaktadır. Yapılan ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi yetkili merci tarafından aşağı da verilen tablodaki sınır değerler çerçevesinde yorumlanmaktadır (SKHKKY, 2009).

Tablo 2.4.1. Tesis Etki Alanında Hava Kalitesi Sınır Değerleri (SKHKKY, 2009)

Parametre	Süre	Birimi	YIL						2024 ve sonrası
			2014	2015	2016	2017	2018	2019-2023	
SO ₂	Saatlik (bir yılda 24 defadan fazla aşılmaz)	µg/m ³	500	470	440	410	380	350	350
	24 saatlik		250	225	200	175	150	125	125
	UVS		60	60	60	60	60	60	60
	**Yıllık ve kış dönemi (1 Ekim-31 Mart)		20	20	20	20	20	20	20
NO ₂	Saatlik (bir yılda 18 defadan fazla aşılmaz)	µg/m ³	300	290	280	270	260	250	200*
	yıllık		60	56	52	48	44	40*	40
Havada Asılı Partikül Madde (PM 10)	24 saatlik (bir yılda 35 defadan fazla aşılmaz)	µg/m ³	100	90	80	70	60	50	50
	Yıllık		60	56	52	48	44	40	40
Çöken toz	KVS	mg/m ² gün	390	390	390	390	390	390	390
	UVS		210	210	210	210	210	210	210
Çöken tozda	Pb ve bileşikleri	mg/m ² gün	250	250	250	250	250	250	250
	Cd ve bileşikleri		3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75
	Tl ve bileşikleri		5	5	5	5	5	5	5

2.5.Hava Kalitesi Modellemesi

Hava kirliliği genel olarak insanlarda rahatsızlık, hastalık veya ölüme neden olan ve belirli maddelerin atmosfere salınması nedeniyle diğer organizmalara veya çevreye zarar veren bir olgu olarak tanımlanmaktadır (Araujo vd., 2020; Hu vd., 2019). Hava kirliliği, dünyanın gelişmiş şehirlerinde ve sanayileşmiş bölgelerinde kalıcı bir sorundur (Fawole vd., 2019; Wang vd., 2019c). Bu sorun çevre, bitki ve hayvanların yaşamı ve insan refahı için büyük bir tehdit haline gelmekte ve neredeyse dünyadaki tüm ülkeleri etkilemektedir (Gonzalez-salazar vd., 2018; Song vd., 2017a; Song vd., 2017b; Rohde vd., 2015;).

Gauss dağılım modelleri, konsantrasyon tahmini, örnekleme ağı tasarımı, ÇED (Çevresel Etki Değerlendirmesi) ve çevresel yönetim senaryoları için yaygın olarak kullanılmaktadır (EPA, 2015). Göreceli kullanım kolaylığı, hızlı kurulum, kabul edilebilir doğruluk ve farklı atmosfer koşullarında geniş uygulanabilirlik bu modellerin avantajlarıdır. Gelişmekte olan ülkelerde, bu modellerin kullanımı hem kaynak emisyon belirlemede hem de meteorolojik verilerin mevcudiyetinde çeşitli kısıtlamalara sahiptir. Bu ülkelerde doğru ve ardışık meteorolojik veriler mevcut değildir (özellikle üst meteorolojik veriler). Bir diğer sorun da sanayinin konumudur. Çoğu fabrika ve endüstriyel tesis, meteorolojik alanların modelleme için uygun olmadığı büyük şehirlerin dışında inşa edilmiştir. Kullanılan ADMS, AERMOD ve ISC3 bulunmaktadır (EPA, 2015).

AERMOD (AMS/EPA Regulatory Model), bina aşağı yıkama algoritmalarını, gelişmiş çökeltme parametrelerini, yerel arazi etkilerini ve gelişmiş meteorolojik türbülans hesaplamalarını içeren Gauss hava dağılım modelidir. AERMOD hem gerçek hem de tahmini üst meteorolojik verilerle uygulanabilmektedir (EPA, 2004). AERMOD'a otomatik hava istasyonlarından veya prognostik meteorolojik modelden girdi sağlanabilir. Gözlemlenen meteorolojik verilerin yokluğunda, atmosferik dağılım modelleri, bir prognostik(tahmin) meteorolojik modelden girilebilmektedir (Kumar vd., 2015).

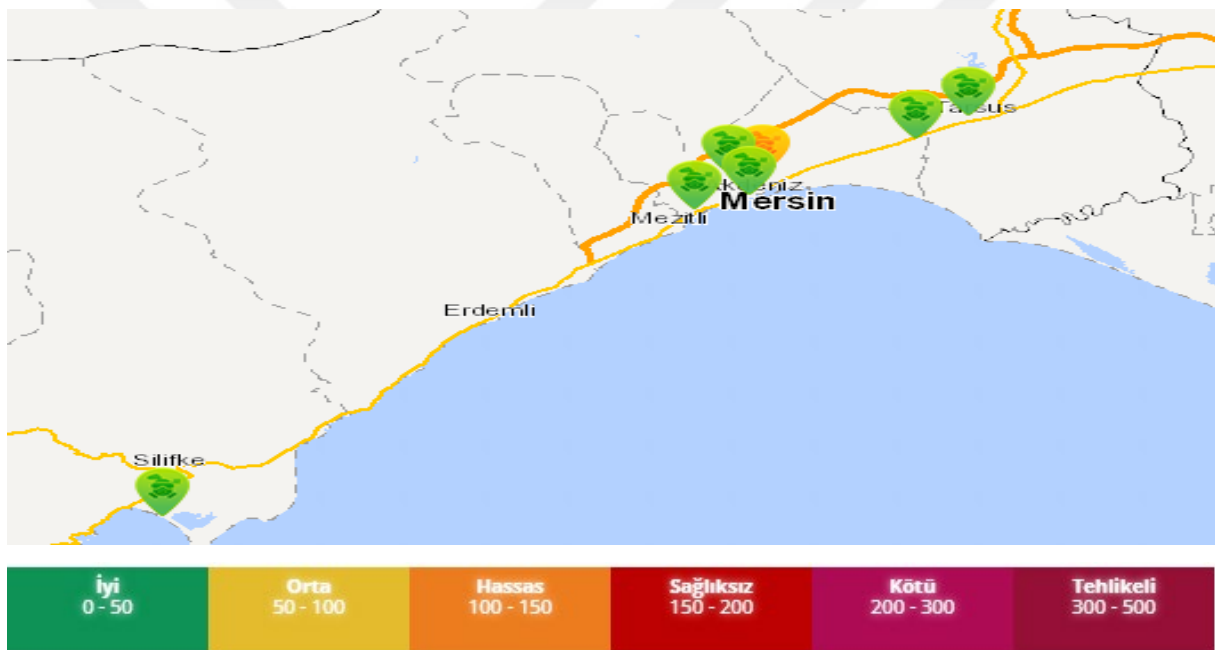
AERMOD'u çalıştırmak için minimum yüzey meteorolojik verileri şunlardır:

- 1.Yıl, Ay, Gün, Saat
2. Rüzgâr hızı
3. Rüzgâr yönü
4. Kuru Ampul Sıcaklığı

2.6.Mersin İli Hava Kirliliği

Mersin İli ve Çevresinde yaygın olarak Akdeniz ikliminin etkisi görülür. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Kıyı bölgelerde hâkim rüzgâr yönü güneybatı ve batıdır. Mersin ilinin hava kalitesi, evsel ısınma, trafik ve sanayi emisyonlarını da kapsayan birçok kaynak tipinden olumsuz etkilenmektedir (ÇMO, 2022).

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Ulusal Hava İzleme Merkezi'nden alınan verilere göre Mersin'de yer alan 7 adet hava kalitesi ölçüm istasyonu bulunmaktadır (Şekil 2.6.1.) (ÇMO, 2022). Ölçüm istasyonları sürekli olarak Partikül madde, SO₂, NO₂ gibi kirleticileri ölçmekte ve verilerini günlük, aylık ve yıllık olarak kayıt altına almaktadır (Tablo 2.6.1). Mersin–Tarsus Organize Sanayi Bölgesinin bulunduğu konum nedeni ile Tarsus, Huzurkent ve Akdeniz de bulunan istasyonların verileri kullanılmaktadır.



Şekil 2.6.1. Mersin Hava Kalitesi Sürekli İzleme İstasyonları

Tablo 2.6.1. Akdeniz Hava Kalitesi izleme istasyonu verileri

Akdeniz İstasyonu	İzleme	PM₁₀ (µg/m³)	PM_{2,5} (µg/m³)	SO₂ (µg/m³)	NO₂ (µg/m³)	NO_x (µg/m³)
Kasım 2021		122,57±24,98	44,84±12,22	8,59±2,40	116,97±25,39	212,56±54,81
Aralık 2021		106,29±24,98	40,09±12,22	9,28±2,40	96,62±25,39	174,33±54,81
Ocak 2022		88,73±24,98	44,33±12,22	9,82±2,40	80,45±25,39	146,46±54,81
Şubat 2022		106,41±24,98	56,66±12,22	9,16±2,40	76,17±25,39	136,55±54,81
Mart 2022		79,26±24,98	35,12±12,22	8,96±2,40	53,16±25,39	84,36±54,81
Nisan 2022		116,76±24,98	27,33±12,22	8,57±2,40	65,77±25,39	99,17±54,81
Mayıs 2022		67,45±24,98	17,81±12,22	5,18±2,40	44,26±25,39	61,09±54,81
Haziran 2022		53,50±24,98	22,47±12,22	3,14±2,40	35,82±25,39	47,84±54,81
Temmuz 2022		52,94±24,98	-	4,17±2,40	47,78±25,39	61,52±54,81
Ağustos 2022		54,57±24,98	45,18±12,22	4,44±2,40	42,81±25,39	57,04±54,81
Eylül 2022		72,42±24,98	35,30±12,22	5,04±2,40	51,9±25,39	71,75±54,81
Ekim 2022		93,67±24,98	20,78±12,22	6,36±2,40	-	-
Ortalama		84,55±24,98	35,45±12,22	6,89±2,40	64,70±25,39	104,79±54,81

Tablo 2.6.2. Huzurkent Hava Kalitesi izleme istasyonu verileri

Huzurkent İstasyonu	İzleme	PM₁₀ (µg/m³)	PM_{2,5} (µg/m³)	SO₂ (µg/m³)	NO₂ (µg/m³)	NO_x (µg/m³)
Kasım 2021		57,56±10,29	30,29±7,98	9,29±2,91	30,37±6,87	57,56±10,82
Aralık 2021		67,77±10,29	42,47±7,98	11,39±2,91	44,40±6,87	68,39±10,82
Ocak 2022		58,24±10,29	42,95±7,98	10,73±2,91	37,55±6,87	56,01±10,82
Şubat 2022		61,71±10,29	42,21±7,98	10,04±2,91	41,51±6,87	60,80±10,82
Mart 2022		50,12±10,29	31,43±7,98	8,68±2,91	38,08±6,87	50,82±10,82
Nisan 2022		82,44±10,29	28,21±7,98	5,86±2,91	34,55±6,87	47,88±10,82
Mayıs 2022		50,45±10,29	24,07±7,98	4,16±2,91	27,24±6,87	37,73±10,82
Haziran 2022		48,21±10,29	27,02±7,98	3,44±2,91	20,31±6,87	29,27±10,82
Temmuz 2022		48,15±10,29	21,71±7,98	4,08±2,91	27,39±6,87	40,20±10,82
Ağustos 2022		49,06±10,29	24,70±7,98	3,99±2,91	30,19±6,87	43,12±10,82
Eylül 2022		51,61±10,29	25,68±7,98	5,37±2,91	35,28±6,87	49±10,82
Ekim 2022		50,28±10,29	22±7,98	6,29±2,91	38,19±6,87	53,56±10,82
Ortalama		56,30±10,29	30,23±7,98	6,94±2,91	33,76±6,87	49,53±10,82

Tablo 2.6.3. Tarsus Hava Kalitesi izleme istasyonu verileri

Tarsus İstasyonu	İzleme	PM₁₀ (µg/m³)	PM_{2,5} (µg/m³)	SO₂ (µg/m³)	NO₂ (µg/m³)	NO_x (µg/m³)
Kasım 2021		66,70±9,49	34,49±8,12	9,06±2,99	66,55±14,47	100,26±23,83
Aralık 2021		59,43±9,49	37,64±8,12	11,26±2,99	50,86±14,47	73,77±23,83
Ocak 2022		49,72±9,49	37,08±8,12	11,37±2,99	41,17±14,47	58,11±23,83
Şubat 2022		61,69±9,49	43,97±8,12	9,82±2,99	53,96±14,47	75,15±23,83
Mart 2022		47,63±9,49	31,17±8,12	7,96±2,99	38,37±14,47	48,83±23,83
Nisan 2022		76,64±9,49	27,91±8,12	6,39±2,99	30,49±14,47	39,02±23,83
Mayıs 2022		52,71±9,49	21,59±8,12	5,39±2,99	-	-
Haziran 2022		50,66±9,49	22,26±8,12	3,83±2,99	24,86±14,47	29,52±23,83
Temmuz 2022		70,22±9,49	17,29±8,12	3,62±2,99	22,99±14,47	30,81±23,83
Ağustos 2022		70,87±9,49	27,88±8,12	3,47±2,99	23,44±14,47	29±23,83
Eylül 2022		67,94±9,49	21,75±8,12	4,80±2,99	28,60±14,47	33,44±23,83
Ekim 2022		60,80±9,49	23,19±8,12	4,36±2,99	27,95±14,47	33,66±23,83
Ortalama		61,25±9,49	28,85±8,12	6,78±2,99	37,20±14,47	50,14±23,83

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1.MATERYAL

3.1.1.Çalışma Alanı

Mersin Tarsus Organize Sanayi Bölgesi; 1993 yılında 380 hektarlık bir alan üzerine başlangıçta 35 firma ile kurulan bölge 2020 yılı itibari ile 756 hektar üzerinde 3 (üç) ayrı bölge olarak faaliyet göstermektedir. Karma OSB olan bölge; ağırlıklı olarak çelik konstrüksiyon, gıda, plastik, makine, ahşap (mobilya), kimya, cam sektörleri bulunmakla birlikte 14 ayrı sektörde faaliyetlerine devam etmektedir. İlave alan yatırımları olan, MTOSB 2. Bölge 2010 yılında, MTOSB 3. Bölge ise kısa zaman önce faaliyete alınarak, kurulduğunda 380 hektar olan bölge, son 10 yılda 376 hektar alan daha Mersin Tarsus Organize Sanayi Bölgesi'ne dahil edilerek 756 hektar yüzölçümüne ulaşmıştır. Altyapı ve üstyapı çalışmaları tamamlanan 3. Bölge'nin tam kapasite ile faaliyete geçmesi ile 228 parselde 25.000 kişilik istihdam ile faaliyetine devam edecek olan Mersin Tarsus OSB'de ağırlıklı sektör olarak, Demir ve Çelik Sanayi, Gıda Sanayi, Plastik Sanayi, Kimya Sanayi, Makine Sanayi ve Cam Sanayi bulunmaktadır (Mersin OSB, 2018).



Şekil 3.1.1. Organize Sanayi Bölgesi Uydu Görüntüsü

3.1.2.MCZ LVS1 Toz Örneklem Cihazı

Mikrobilgisayar kontrollü hava örnekleyici (MCZ UMWELTTECHNIK/μ-PNS1 marka MicroPNS Tip LVS1), filtrelerdeki parçacıkların otomatik olarak toplanması için kullanılan bir sistemdir. Modüler sistem, 3 m³/saate kadar hava debisi için dahili bir pompa ile donatılmıştır. Gaz akışları, yerleşik mikrobilgisayar ve MicroPNS elektroniği tarafından kontrol edilen kütle akış

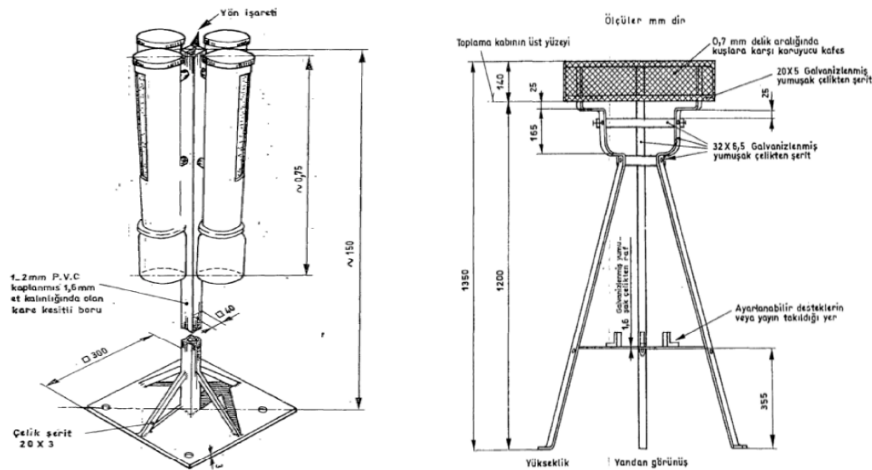
kontrolörleri ile düzenlenmiştir. Tüm değerler sıcaklık ve basınç kompanzasyonu ile hesaplanır. MicroPNS LVS1 ile sınırsız bir süre boyunca değişken bir hacim için bir örnekleme veya sabit bir gaz akışı ile önceden belirlenmiş bir süre boyunca bir örnekleme önceden ayarlanmaktadır.



Şekil 3.1.2. PM₁₀ Toz Örnekleme Cihazı

3.1.3.Çöken Toz Toplama Cihazı

Toplama başlıklarını taşıyacak olan destek, ağaçtan veya metalden yapılmış bir malzemedir. Bu malzeme, yerden yüksekliği $1,5 \pm 0,1$ m olacak biçimde ya toprağa çakılmakta ya da üzerinde durduğu yere gömülme olanağı olmayan üç veya dört bacaklı bir sehpaye tutturulmaktadır. Metot içerisinde belirtilen ebatları sağlayan yetkili firmalar tarafından yapılan sanayi usulü el yapımı cihazdır. Toplama başlıkları kimyasal etkenlere dayanıklı, PVC gibi, uygun bir plastik malzemeden ve verilen boyutlarda yapılmış olmaktadır. Dört toplama başlığı birbirleriyle 90° lik açı yapacak şekilde çubuğa sıkıca takılmaktadır. Toplama şişeleri uygun malzemeden yapılmış, öncelikle yarı saydam, yoğunluğu yüksek, polietilen veya camdan yapılmış olmaktadır.



Şekil 3.1.3. Çöken Toz Toplama Cihazı

3.1.4. Pasif Örneklem Tüpleri

Passivesam marka Pasif örneklem tüpleri gaz haldeki kükürt dioksit ve azotdioksit parametresinin pasif olarak izlenmesi amacıyla TS EN 13528 standardı referans alınarak üretilmiştir. Bir ucu açık ya da koruyucu (filtre veya ızgara) ile kapatılmış, kapalı ucu absorbanı ızgaraya emdirilmiş gri kapaklı şeffaf akrilik tüptür. Adsorbe edilen kükürt dioksit (SO_2), azot dioksit (NO_2) analiz edilecek cihazda kantitatif olarak belirlenmektedir.



Şekil 3.1.4. Pasif Örneklem Tüpleri

3.1.5. Filtre Kağıdı

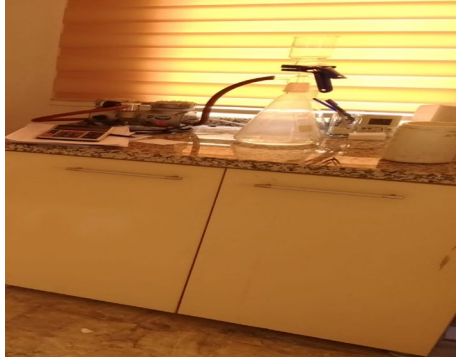
Merck Marka Glass Fiber Filtre Partikül madde için ve sahadan toplanan çöken toz numunelerinin süzülme işleminde kullanılmaktadır. Filtre 1,2 μm gözenek çaplı ve 47 mm çap özelliğindedir.



Şekil 3.1.5. Glass Fiber Filtre

3.1.6. Süzme Düzeneği

Rocker 400 marka pompa kullanılarak çöken tozlar sahadan toplandıktan sonra süzme işleminden geçirilmektedir.



Şekil 3.1.6.Süzme Düzeneği

3.1.7.Tartım

Radwag marka hassas terazi ile partikül madde işlemi ve çöken toz süzme işlemi için kullanılan filtreleri tartım işlemine tabidir.



Şekil 3.1.7. Tartım işlemi

3.1.8 Bakır (II) Sülfat

Merck marka bakır (II) sülfat çöken Toz işleminde cihaz içerisinde herhangi bir mikroorganizma üremesini engellemek için kullanılmaktadır.



Şekil 3.1.8. Bakır (II) Sülfat

3.1.9 Etüv

Nüve Marka Etüv cihazı çöken toz ve partikül madde toplanmasında kullanılan glass fiber filtreleri şartlandırmak ve kurutma işlemine tabi tutmak için kullanılır.



Şekil 3.1.9. Etüv cihazı

3.1.10. ICP-MS Cihazı

ICP-MS (Perkin Elmer Elan 9000) cihazı ağırmetal analizleri ve birçok farklı analiz türlerinin yapılmasında kullanılan cihazdır.



Şekil 3.1.10. ICP-MS cihazı

3.2.YÖNTEM

3.2.1. Partikül madde (PM) Tayin Yöntemi

3.2.1.1. Türk Standardı (TS EN 12341) ile PM₁₀ Ölçümü

Partikül madde tayini CEN/TC 264 “Hava kalitesi - Air quality” standardına göre yapılmıştır (TS EN 12341, 2014). Numune almadan önce, tüm filtreler tartım odasında 19 ila 21 °C sıcaklık ve %45 ila %50 nem koşullarında 48 saat boyunca şartlandırılmıştır. Ardından ilk tartım sonuç M_{c1} ve ardından 12 saat için ek bir koşullandırmadan sonra sonuç M_{c2} olarak kayıt edilmiştir. İki sonuç arasındaki farkın aşağıdaki eşitlikte (Eşitlik 1) belirtilen şartı yerine getirmesine dikkat edilmiştir.

$$|M_{c1} - M_{c2}| \leq 40\mu g \quad (1)$$

Yapılan çalışmada 3 ardışık ölçüm ile 1 saat boyunca 38,33 l/dk olacak şekilde cihaz hazırlanmıştır. Ortam havası, boyut seçici bir girişten bilinen, sabit bir akış hızında geçirilmiştir. PM, nominal olarak 1 saatlik bilinen bir süre boyunca cihaz içerisine yerleştirilmiş filtre üzerinde toplanmıştır. PM malzemesinin kütlesi, partikül maddenin toplanmasından önce ve sonra filtrenin önceden belirlenmiş, sabit koşullarda laboratuvar ortamında hassas terazi ile tartımı yapılmıştır. Ölçüm sonuçları $\mu\text{g}/\text{m}^3$ cinsinden kayıt edilmiştir. Burada hava hacmi ise, numune alma anında ortam koşullarındaki hacimdir.



Şekil 3.2.1. Partikül Örnekleme 1. ve 2. Nokta



Şekil 3.2.3. Partikül Örnekleme 3. Nokta

Numune alınan filtreler, tartım odasının da 48 saat şartlandırılmış ve ardından ilk tartım sonucu M_{s1} ve ardından 24 saat ila 72 saat arası ek bir şartlandırmadan sonra sonuç M_{s2} olarak kayıt edilmiştir. İki sonuç arasındaki fark, aşağıda Eşitlik 2’de verilen şartı yerine getirilmiştir.

$$|M_{s1} - M_{s2}| \leq 60\mu\text{g} \quad (2)$$

3.2.2. Çöken Toz Tayin Yöntemi

3.2.2.1. Türk Standardı (TS 2342) ile Çöken Toz Ölçümü

Hava kirliliğini oluşturan, katı maddelerin tayini için TS 2342 standardı kullanılmıştır. Atmosferde bulunan, kendi ağırlığı veya yağmur vb. etkenlerle çöken tanecik niteliğindeki maddelerin geldikleri yöne göre toplanmış ve tayin işlemi gerçekleştirilmiştir (TS 2342, 1976). Yönlendirilebilir çökelti toplama cihazı çevresi açık bir yere, dik bir konumda yer seviyesinden 1,5- 4 m arasındaki yükseklikte ve binadan (veya ekili alandan) en az 1,5 m uzağa rüzgâr yönüne de dikkat edilerek yerleştirilmiş, havayı kirleten kaynağın oluşturduğu kirletmeyi saptamak için bir veya birden çok cihaz hem kaynağın olduğu yere hem de kaynaktan belirli yön ve uzaklıklara yerleştirilmiştir.



Şekil 3.2.4. Çöken Toz Toplama cihazı 1. Nokta ve 2. Nokta



Şekil 3.2.6. Çöken Toz Toplama cihazı 3. ve 4. Nokta



Şekil 3.2.8. Çöken Toz Toplama cihazı 5. ve 6. Nokta

Toplanan çökeltinin kimyasal yapısını etkileyebilecek mantar ve bazı mikroorganizmaların üremesini engellemek için temiz toplama şişelerine bir engelleyici (inhibitor) olarak 10 mL 0,02 N ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{HO}$, 2,5 g/L) bakır sülfat çözeltisi eklenmiştir. Ölçümler mevsimsel olarak belirlenmiş olup dört mevsim (ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış) her bir mevsim 3 ay süre ile hesaplanmış ve toplam 12 ay sürmüştür. Toplama kapları değiştirilirken; her bir çöken toz aparatında biriken toz numuneleri, saf su ve gerektiğinde fırça yardımıyla toplama kabına aktarılaraq örnek kaybı engellenmeye çalışılmıştır.

Analiz işlemi için filtreler $(105 \pm 2) ^\circ\text{C}$ 'de 2 saat boyunca etüvde kurutma işlemi yapılmıştır. Etüvden çıkarılan filtreler desikatöre alınarak ortam şartlarına kadar soğutulmuş daha sonra ilk tartımı alınmıştır. Çöken toz aparatında toplanan numuneler süzme düzeneğine yerleştirilen filtrelerde süzölmüştür. Süzülen filtreler son tartım için etüv içerisinde $(105 \pm 2) ^\circ\text{C}$ 'de 2 saat boyunca kurutulmuştur. Sonrasında desikatörde ortam şartlarına soğumaya bırakılmıştır. İşlemler bittiğinde filtrelerin son tartımı alınmıştır.



Şekil 3.2.10. Süzme İşlemi

3.2.3. Pasif Örneklemeye Tayini Yöntemi

3.2.3.1 Türk Standardı (TS EN 13528) ile Pasif Ölçüm

Numune alma noktaları meteorolojik veriler ile hesaplaması yapılmış ve çalıştırılmış olan model programları neticesinde elde edilen noktalara yerleştirilmiştir. Numune alma noktalarında kirletici havanın difüzyon tüplerine ulaşmasını engelleyici unsurların (ağaç, örtü vs) olmamasına dikkat edilmiştir. Çalışma mevsimsel (İlkbahar, Sonbahar, Kış, Yaz) olarak belirli periyotlarda sahaya konulmuştur. Uygun numune alma yerine yerleştirilmiş tüpler belirli periyotlarla sahada bekletildikten sonra ağızları kapatılarak tedarikçi firmaya gönderilmiştir (TS EN 13528-2, 2004).



Şekil 3.2.11. Pasif Örneklemeye 1. ve 2. Nokta



Şekil 3.2.13. Pasif Örneklemeye 3. Nokta

3.2.4. Ağır Metal Analizi Tayin Yöntemi

Modelleme çalışmasına göre belirlenmiş konumlarda belirli periyotlarda toplanan çöken toz numuneleri analiz çalışması için laboratuvara getirilmiş ve şartlandırılmış filtrelerle süzme işlemi gerçekleştirilmiştir. Süzme işlemi yapıldıktan sonra filtreler tartılmıştır. Bu filtreler yakma kabı içerisine yerleştirilir. Yakma kabı içerisinde filtrenin homojen bir dağılım sağlaması için filtre cam, teflon baget vb. ile parçalanır. 8 mL konsantre HNO_3 , 2 mL konsantre H_2O_2 eklenir ve 2 mL su eklenir. Ardından 0,5 mL HF eklenir. Reaksiyonun tamamlanması için en az 15 dakika beklenmelidir. Filtre yakma kabı destek kılıfının içine yerleştirilir. Filtreler yuvaya yerleştirildikten sonra hepsi 60 torluk dönme momenti ile sıkılır. Numune kaplarının yerleştirildiği daire şeklinde teflon bir tabla vardır. Kontrol kabı ve diğer parçalama yapılacak kaplar bu tablaya yerleştirilir. Kaplar fırın içerisine yerleştirildikten sonra ilk olarak kaplar 2-3 tur döndürülmeli ve sıcaklık / basınç problemlerinin birbiri ile uyumlu ve dolaşma olmadan döndüğü gözlenmiştir. Parçalama işlemi 3 dk'da 220°C 'ye ulaşp 20 dk boyunca da 220°C 'de kalarak yapılmıştır. Berrak hale gelmiş numune beklenen konsantrasyona bağlı olarak 50 mL balon joje içinde hacme tamamlanarak perkin elmer elan 9000 marka ICP/MS cihazı ile analiz edilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1.Bulgular

4.1.1.PM₁₀ Ölçüm Hesaplamaları

PM₁₀ ölçümü ile hava ortamında asılı halde bulunan partikül maddeler filtre üzerine toplanmaktadır. Bu filtreler laboratuvar da Eşitlik (3) ile tartım işlemine tabi tutulurlar ve tartım farkları hesaplanır.

$$Tartım\ Farkı(mg) = Son\ Tartım(g) - İlk\ Tartım(g) \quad (3)$$

Ölçüm anında cihaz sıcaklık ve basınç okuması yapmaktadır. Okunan sıcaklık ve basınç değerleri hesaplanacak olan toz sonucu için düzeltme faktör hesabında kullanılacaktır. Düzeltme faktörü Eşitlik (4) ile hesaplanmaktadır.

$$Sonuç(Nm^3/dk) = \frac{(Debi(\frac{lt}{dk}) * Basınç(kPa) * 298)}{(1000 * (Sıcaklık(^{\circ}C) + 273,15) * 101,3)} \quad (4)$$

Düzeltme faktörü ölçüm süresi ile çarpılmakta Eşitlik (5) işlemi ile Nm³ sonucu hesaplanmaktadır.

$$Sonuç\ (Nm^3) = eşitlik(4) * ölçüm\ süresi(dk) \quad (5)$$

Filtre üzerine toplanan partikül madde tartım sonucu mg/Nm³ cinsinden Eşitlik (6) ile hesaplanmaktadır. Ölçüm cihazından alınan örnekleme süresi, sıcaklık, basınç, çekilen debi verileri Tablo 4.1' de verilmiştir.

$$Sonuç(\frac{mg}{Nm^3}) = \frac{eşitlik(3)}{eşitlik\ (5)} \quad (6)$$

Tablo 4.1.Aralık Ayı PM₁₀ Örneklem Düzeltme Verileri

Emisyon Kaynağı	1. Ay Aralık 2021			
	Örneklem Süresi (dk)	Sıcaklık (°C)	Basınç (kPa)	Çekilen debi (L/dk)
Tİ 1. nokta	60	17,2	100,12	38,33
	60	17,3	100,13	38,33
	60	17,3	100,13	38,29
Tİ 2. nokta	60	17,4	100,12	38,36
	60	17,4	100,11	38,32
	60	17,5	100,12	38,33
Tİ 3. nokta	60	18,2	100,10	38,32
	60	18,3	100,13	38,33
	60	18,3	100,10	38,34

Ölçüm cihazından alınarak belirli sıcaklık ve nem değerinde şartlanmış filtrelerin ölçüm öncesinde ve ölçüm sonrasında tartım sonuçları Tablo 4.2’ de verilmiştir. Ölçümlerde şahit(tanık) amaçlı kullanılan filtreler ölçüm öncesi ve sonrasındaki tartım sonuçları birbirine eşit çıkmıştır. Bu nedenle şahit filtre ölçümde kullanılan filtre tartımlarından çıkarılmış ve sonuçlara etkisi olmamıştır.

Tablo 4.2.Aralık Ayı PM₁₀ tartım verileri

Emisyon Kaynağı	Son Tartım(g)	İlk Tartım (g)	Sonuç (g)
Tİ 1. nokta	0,09686±0,0019	0,09675±0,0011	0,00011±0,0010
	0,09776±0,0019	0,09763±0,0011	0,00013±0,0010
	0,09840±0,0019	0,09825±0,0011	0,00015±0,0010
Tİ 2. nokta	0,09698±0,0025	0,09684±0,0014	0,00014±0,0013
	0,09805±0,0025	0,09788±0,0014	0,00017±0,0013
	0,09470±0,0025	0,09451±0,0014	0,00019±0,0013
Tİ 3. nokta	0,09570±0,0022	0,09549±0,0011	0,00021±0,0015
	0,09672±0,0022	0,09649±0,0011	0,00023±0,0015
	0,09869±0,0022	0,09852±0,0011	0,00017±0,0015

Analiz işleminden sonra toplanan bu veriler aşağıdaki eşitlik ile sonuçlar mg/Nm^3 cinsinden hesaplanmıştır.

Tİ 1.Nokta Konsantrasyon Hesabı;

1.ölçüm;

$$\text{Sonuç} \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{dk}} \right) = \frac{38,33 * 100,12 * 298}{1000 * 290,35 * 101,3} = 0,039 \text{Nm}^3/\text{dk}$$

$$\text{Sonuç}(\text{Nm}^3) = 0,039 * 60 = 2,34 \text{Nm}^3$$

$$\text{Sonuç} \left(\frac{\text{mg}}{\text{Nm}^3} \right) = \frac{0,11}{2,34} = 0,047 \text{mg}/\text{Nm}^3$$

Organize sanayi bölgesi içerisinde belirlenen noktalarda yapılan PM_{10} ölçümü sonucunda hesaplanmış olan ölçüm sonuçlarının ortalama değerleri Tablo 4.3’de verilmiştir.

Tablo 4.3. Aylık PM_{10} sonuçları

Emisyon kaynağı	Tİ 1 (mg/Nm^3)	Tİ 2 (mg/Nm^3)	Tİ 3 (mg/Nm^3)
Aylar			
Aralık	0,047±0,5	0,033±0,6	0,091±0,7
	0,056±0,5	0,073±0,6	0,099±0,7
	0,064±0,5	0,082±0,6	0,073±0,7
Mart	0,53±0,5	0,87±0,6	0,80±0,7
	0,54±0,5	0,87±0,6	0,81±0,7
	0,59±0,5	0,88±0,6	0,84±0,7
Haziran	1,07±0,5	1,49±0,6	1,80±0,7
	1,11±0,5	1,53±0,6	1,82±0,7
	1,19±0,5	1,61±0,6	1,84±0,7
Eylül	1,13±0,5	1,37±0,6	1,45±0,7
	1,15±0,5	1,39±0,6	1,47±0,7
	1,16±0,5	1,41±0,6	1,48±0,7
Ortalama Değer (mg/Nm^3)	0,72	0,97	1,05

4.1.2.Çöken Toz Hesaplamaları

OSB’de belirlenen noktalara yerleştirilen çöken toz cihazları her ay üzerlerinde kavanozlar da birikmiş olan toz miktarları laboratuvarında analizi yapılmak üzere toplanarak getirilmiştir. Ölçüm 2021-2022 yılları arasında 12 ay boyunca devam etmiştir. Çöken toz cihazı ebatlarının ölçülerine göre Eşitlik (7) kullanılarak m^2 olarak alanı hesaplanmıştır.

$$A(\text{m}^2) = \text{çeper} * \text{yükseklik} \quad (7)$$

r =Çöken toz toplama kabı çeper çapı (m)

h =Çöken toz toplama kabı yükseklik(m)

BS =Kullanılan bakır sülfattan gelen ağırlık (10 mL için 0,0178 g)

$$= 0,045 * 0,34 = 0,0153 \text{m}^2$$

Her ay değişimi yapılarak toplanan çöken toz miktarları laboratuvara getirilmiştir. Çöken toz miktarları için belirli sıcaklık ve nem de şartlanmış filtrelerde süzme düzeneğinde süzülerek tartma işlemi yapılmıştır. Yapılan tartım sonucu Eşitlik (8) de olduğu gibi hesaplanmıştır.

$$Tartım Farkı(mg) = (Son Tartım(g) - İlk Tartım(g)) - (BS) * 1000 \quad (8)$$

Tartma işlemi sonucu ile bulunan fark değeri Eşitlik (9) da olduğu gibi gün sayısı ve çöken toz cihazı alanına bölünmüş mg/m²-gün cinsinden sonuçlar hesaplanmıştır.

$$Sonuç\left(\frac{mg}{m^2-gün}\right) = \frac{eşitlik(8)}{eşitlik (7)*gün sayısı} \quad (9)$$

Çöken toz aparatında dört yönlü ve 4 adet kap olması nedeni ile 40 ml bakır sülfat kullanılmıştır. 40 ml bakır sülfat için 0,0712 g gelmektedir. OSB’de kurulan noktalardan toplanan çöken toz değerleri Tablo 4.4’de verilmiştir.

Tablo 4.4. Aralık Ayı Çöken Toz Analiz Verileri

Emisyon Kaynağı	Aralık 2021			
	Son Tartım(g)	İlk Tartım(g)	Bakır sülfat(g)	Fark (mg)
TEA 1	0,18796±0,037	0,09821±0,0012	0,0712	18,55±36,19
TEA 2	0,18587±0,033	0,09571±0,0014	0,0712	18,94±33,14
TEA 3	0,18444±0,036	0,09905±0,0012	0,0712	14,19±35,73
TEA 4	0,18228±0,037	0,09568±0,0012	0,0712	15,40±36,14
Tİ 1	0,18889±0,035	0,09717±0,00094	0,0712	20,52±34,86
Tİ 2	0,18009±0,020	0,09688±0,0013	0,0712	12,01±19,74

Tablo 4.4’de bulunan değerlere göre aşağıdaki eşitlik ile çöken toz sonuçları mg/m²-gün cinsinden hesaplanmıştır.

TEA 1 için konsantrasyon değeri;

$$Sonuç\left(\frac{mg}{m^2-gün}\right) = \frac{18,55}{0,0153 * 31} = 39,11 \text{ mg/m}^2.\text{gün}$$

Analiz işlemi yapılarak hesaplanmış olan konsantrasyonlar Tablo 4.5’de verilmiştir. Bulunan konsantrasyonlar 12 ay olarak ortalama değeri bulunmuştur.

Tablo 4.5. Aylık Çöken Toz Ölçüm Sonuçları

Aylar	Emisyon Kaynağı					
	TEA 1	TEA 2	TEA 3	TEA 4	Tİ 1	Tİ 2
Aralık	39,11 ±76,95	39,93 ±70,47	29,92 ±75,79	32,47 ±76,78	43,26 ±73,84	25,32 ±41,73
Ocak	32,57 ±76,95	35,32 ±70,47	32,38 ±75,79	32,68 ±76,78	43,18 ±73,84	23,55 ±41,73
Şubat	32,70 ±76,95	36,88 ±70,47	34,43 ±75,79	34,62 ±76,78	49,42 ±73,84	30,07 ±41,73
Mart	31,16 ±76,95	31,86 ±70,47	30,32 ±75,79	30,85 ±76,78	40,67 ±73,84	25,11 ±41,73
Nisan	54,79 ±76,95	59,72 ±70,47	66,17 ±75,79	110,44 ±76,78	132,35 ±73,84	77,32 ±41,73
Mayıs	81,21 ±76,95	51,97 ±70,47	116,91 ±75,79	138,06 ±76,78	138,75 ±73,84	102,68 ±41,73
Haziran	165,16 ±76,95	154,01 ±70,47	151,85 ±75,79	171,26 ±76,78	145,82 ±73,84	111,79 ±41,73
Temmuz	187,46 ±76,95	168,92 ±70,47	184,86 ±75,79	187,43 ±76,78	203,35 ±73,84	121,63 ±41,73
Ağustos	196,44 ±76,95	180,58 ±70,47	193,27 ±75,79	193,40 ±76,78	206,56 ±73,84	130,53 ±41,73
Eylül	206,86 ±76,95	193,31 ±70,47	198,19 ±75,79	204,55 ±76,78	214,05 ±73,84	91,24 ±41,73
Ekim	198 ±76,95	189,96 ±70,47	204,41 ±75,79	206,47 ±76,78	205,97 ±73,84	84,59 ±41,73
Kasım	41,85 ±76,95	42,16 ±70,47	33,22 ±75,79	36,10 ±76,78	48,26 ±73,84	30,61 ±41,73
Ortalama	105,61 ±76,95	98,72 ±70,47	106,33 ±75,79	114,86 ±76,78	122,64 ±73,84	71,20 ±41,73

4.1.3. Ağır Metal Hesaplamaları

Modelleme çalışması sonrası belirlenmiş olan noktalara çöken toz cihazları konulmuştur. Bu noktalardan her ay toplanan çöken toz miktarları laboratuvara getirilmiş ve süzme işlemi yapılmıştır. Süzme işlemi sonrasında alınan filtreler ICP-MS cihazında Ağır metal analizi işlemi yapılmıştır. ICP-MS cihazında hesaplanan sonuçlar Tablo 4.6, Tablo 4.7, Tablo 4.8 ve Tablo 4.9’da verilmiştir.

Tablo 4.6. Aralık-Şubat Ağır Metal Analiz Sonuçları

Emisyon Kaynağı	Aralık-Şubat	
	Bileşen	Sonuç (mg/m ² -gün)
Tİ 1	Cd	0,0021±0,00005
	Tl	0,0109±0,004
	Pb	0,7511±0,77
Tİ 2	Cd	0,0004±0,003
	Tl	0,0109±0,004
	Pb	0,0770±4,03
TEA 1	Cd	0,0122±0,007
	Tl	0,0109±0,004
	Pb	3,5173±2,18
TEA 2	Cd	0,0034±0,001
	Tl	0,0109±0,004
	Pb	0,2190±0,104
TEA 3	Cd	0,0013±0,00083
	Tl	0,0109±0,0043
	Pb	0,1230±0,49
TEA 4	Cd	0,0013±0,00035
	Tl	0,0109±0,004
	Pb	0,4618±0,84

Tablo 4.7. Mart-Mayıs Ağır Metal Analiz Sonuçları

Emisyon Kaynağı	Mart-Mayıs	
	Bileşen	Sonuç (mg/m ² -gün)
Tİ 1	Cd	0,002±0,00005
	Tl	0,002±0,004
	Pb	1,135±0,77
Tİ 2	Cd	0,002±0,003
	Tl	0,002±0,004
	Pb	2,635±4,03
TEA 1	Cd	0,021±0,007
	Tl	0,002±0,004
	Pb	4,421±2,18
TEA 2	Cd	0,002±0,001
	Tl	0,002±0,004
	Pb	0,028±0,104
TEA 3	Cd	0,003±0,00083
	Tl	0,002±0,0043
	Pb	1,018±0,49
TEA 4	Cd	0,002±0,00035
	Tl	0,002±0,004
	Pb	2,251±0,84

Tablo 4.8. Haziran-Ağustos Ağır Metal Analiz Sonuçları

Emisyon Kaynağı	Haziran-Ağustos	
	Bileşen	Sonuç (mg/m ² -gün)
Tİ 1	Cd	0,002±0,00005
	Tl	0,002±0,004
	Pb	2,322±0,77
Tİ 2	Cd	0,004±0,003
	Tl	0,003±0,004
	Pb	4,256±4,03
TEA 1	Cd	0,026±0,007
	Tl	0,002±0,004
	Pb	6,374±2,18
TEA 2	Cd	0,002±0,001
	Tl	0,002±0,004
	Pb	0,004±0,104
TEA 3	Cd	0,002±0,00083
	Tl	0,002±0,0043
	Pb	0,005±0,49
TEA 4	Cd	0,002±0,00035
	Tl	0,002±0,004
	Pb	1,975±0,84

Tablo 4.9. Eylül-Kasım Ağır Metal Analiz Sonuçları

Emisyon Kaynağı	Eylül-Kasım	
	Bileşen	Sonuç (mg/m ² -gün)
Tİ 1	Cd	0,002±0,00005
	Tl	0,002±0,004
	Pb	2,169±0,77
Tİ 2	Cd	0,007±0,003
	Tl	0,006±0,004
	Pb	9,621±4,03
TEA 1	Cd	0,027±0,007
	Tl	0,002±0,004
	Pb	8,414±2,18
TEA 2	Cd	0,004±0,001
	Tl	0,002±0,004
	Pb	0,004±0,104
TEA 3	Cd	0,003±0,00083
	Tl	0,002±0,0043
	Pb	0,003±0,49
TEA 4	Cd	0,002±0,00035
	Tl	0,002±0,004
	Pb	2,151±0,84

4.1.4. Pasif Örneklemeye Analiz Hesaplamaları

Modelleme çalışmasına göre belirlenen noktalara yerleştirilen pasif örneklemeye tüpleri belirlenmiş saat sahada kaldıktan sonra toplanarak gaz kromatografi cihazında analiz işlemi yapılmıştır. Gaz kromatografi cihazında hesaplanan SO₂ verileri Tablo 4.10, Tablo 4.11, Tablo 4.12 ve Tablo 4.13’de verilmiştir.

Tablo 4.10. Aralık-Şubat SO₂ Pasif Örneklemeye Analiz Sonuçları

Emisyon Kaynağı	Toplam Kalış Süresi (sa)	SO ₂ Ölçüm Sonuçları (µg/m ³)
TEA 1	2760	34,26±9,14
TEA 2	2760	28,26±7,97
TEA 3	2760	21,84±5,83

Tablo 4.11. Mart-Mayıs SO₂ Pasif Örneklemeye Analiz Sonuçları

Emisyon Kaynağı	Toplam Kalış Süresi (sa)	SO ₂ Ölçüm Sonuçları (µg/m ³)
TEA 1	2760	26,61±9,14
TEA 2	2760	15,32±7,97
TEA 3	2760	19,67±5,83

Tablo 4.12. Haziran-Ağustos SO₂ Pasif Örneklemeye Analiz Sonuçları

Emisyon Kaynağı	Toplam Kalış Süresi (sa)	SO ₂ Ölçüm Sonuçları (µg/m ³)
TEA 1	2760	30,11±9,14
TEA 2	2760	24,75±7,97
TEA 3	2760	22,16±5,83

Tablo 4.13. Eylül-Kasım SO₂ Pasif Örneklemeye Analiz Sonuçları

Emisyon Kaynağı	Toplam Kalış Süresi (sa)	SO ₂ Ölçüm Sonuçları (µg/m ³)
TEA 1	2760	13,15±9,14
TEA 2	2760	11,17±7,97
TEA 3	2760	9,78±5,83

Gaz kromatografi cihazında hesaplanan NO₂ verileri Tablo 4.14, Tablo 4.15, Tablo 4.16 ve Tablo 4.17’de verilmiştir.

Tablo 4.14. Aralık-Şubat NO₂ Pasif Örneklem Analiz Sonuçları

Emisyon Kaynağı	Toplam Kalış Süresi (sa)	NO ₂ Ölçüm Sonuçları (µg/m ³)
TEA 1	2760	23,11±3,29
TEA 2	2760	19,88±2,72
TEA 3	2760	21,25±4,67

Tablo 4.15. Mart-Mayıs NO₂ Pasif Örneklem Analiz Sonuçları

Emisyon Kaynağı	Toplam Kalış Süresi (sa)	NO ₂ Ölçüm Sonuçları (µg/m ³)
TEA 1	2760	20,18±3,29
TEA 2	2760	17,25±2,72
TEA 3	2760	19,92±4,67

Tablo 4.16. Haziran-Ağustos NO₂ Pasif Örneklem Analiz Sonuçları

Emisyon Kaynağı	Toplam Kalış Süresi (sa)	NO ₂ Ölçüm Sonuçları (µg/m ³)
TEA 1	2760	19,51±3,29
TEA 2	2760	16,39±2,72
TEA 3	2760	20,11±4,67

Tablo 4.17. Eylül-Kasım NO₂ Pasif Örneklem Analiz Sonuçları

Emisyon Kaynağı	Toplam Kalış Süresi (sa)	NO ₂ Ölçüm Sonuçları (µg/m ³)
TEA 1	2760	15,15±3,29
TEA 2	2760	13,29±2,72
TEA 3	2760	11,17±4,67

4.1.5.AERMOD Modelleme Sonuçları

03.07.2009 tarih ve 27277 sayılı Resmi Gazete’ de yayınlanarak yürürlüğe giren Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği’nin – (Değişik: RG-20/12/2014-29211) (SKHKKY) Ek-2 maddesi kapsamında, “*mevcut tesislerin bacalarından veya bacaları dışından atmosfere verilen emisyonlara ilişkin olarak ölçülen saatlik kütsel debilerin, yönetmelikteki Tablo 2.1’ de verilen değerleri aşması halinde, söz konusu emisyonların tesis etki alanındaki hava kirlenmesi katkı değerleri (HKKD), mümkünse saatlik, aksi takdirde günlük, aylık ve yıllık olarak hesaplanır*” hükmü gereği hazırlanmıştır.

Mersin-Tarsus OSB’den kaynaklanacak emisyonlar ve hava kirlenmesine katkı değerleri, uluslararası kabul görmüş AERMOD dağılım modeli aracılığı ile hesaplanarak, emisyon ölçüm noktaları belirlenmiştir.

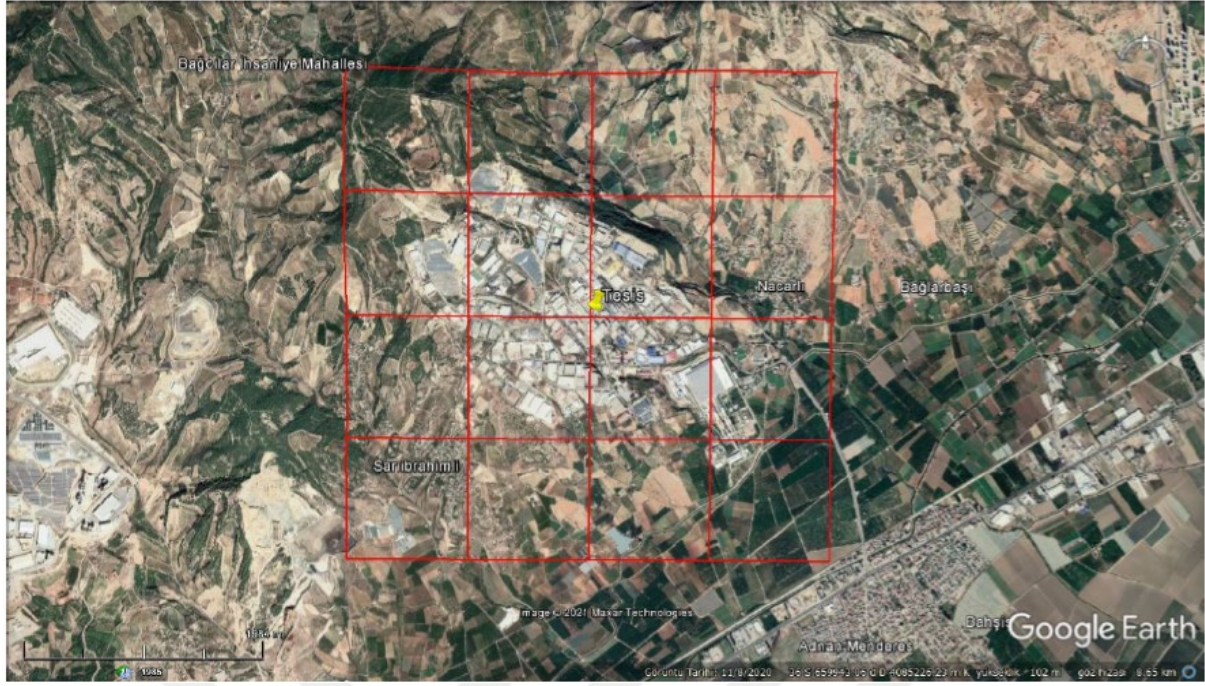
SKHKKY Ek-2 c Maddesinde Hava Kirlenmesine Katkı Değeri (HKKD) hesaplanmasıyla ilgili; “*tesis etki alanı içinde her bir inceleme alanındaki tüm tepe noktalarında ve bütün yayılma durumları için hesaplanan değerin aritmetik ortalamasıdır. Bu değer, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden saatlik meteorolojik verilerin alınabilmesi halinde saatlik, yoksa günlük, aylık ve yıllık olarak hesaplanır.*” hükmü gereği inceleme alanında 288 adet tepe noktası tespit edilmiş ve bu noktalar için bütün yayılma durumları için modelleme yapılmıştır. Yine bu madde gereği Meteoroloji İleri Genel Müdürlüğünden saatlik veri temin edilerek gerekli hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

4.1.5.1.Meteorolojik veri

Modelleme çalışmaları için gerekli olan uzun dönemli meteorolojik veriler, yöredeki mevcut meteoroloji istasyonlarından sağlanmıştır. AERMOD modeli için saatlik yüzey istasyonu verileri ve ravinsonde tip istasyonlarında ölçülen meteorolojik sondaj verisi gerekmektedir. Bu çalışmada, gerekli saatlik meteorolojik veri setlerinin, proje güzergâhına en yakın istasyon olan Tarsus Meteoroloji İstasyonu’ndan temin edilmesi uygun bulunmuş ve bu istasyona ait meteorolojik veriler modelleme çalışmaları sırasında kullanılmıştır. Sondaj verileri ise, Türkiye’de 9 adet bulunan ravinsonde istasyonlarından proje sahasına en yakın olan Adana Meteoroloji İstasyonu’ndan temin edilmiştir. Modelleme çalışmasında, uzun yıllar esme yönlerine en yakın yöne sahip olan 2019 yılı verileri kullanılmıştır.

4.1.5.2. Emisyon Ölçüm Noktalarının Belirlenmesi

Örnekleme noktaları; bölge halkı, tarım alanları ve bitki örtüsünün maruziyetlerini göz önünde bulunduracak şekilde seçilmiştir. Tesis etki alanı ve inceleme alanları Şekil 4.1’de verildiği gibidir.



Şekil 4.1. Tesis Yeri ve İnceleme Alanı

Yapılan hava kalitesi dağılım modellemesine göre tesis etki alanında emisyonların yıllık dağılımları ve maksimum emisyonların olduğu inceleme alanları Şekil 4.2’de verildiği gibidir. İnceleme alanlarında maksimum emisyonlar sırasıyla numaralandırılarak işaretlenmiştir.



Şekil 4.2. Kirlenici Emisyon Dağılımı ve İnceleme Alanlarındaki Etkisi

4.1.5.2.1. Pasif Örneklemeye ölçüm noktaları

Ölçüm noktalarının uydu haritasında gösterimi Şekil 4.3'te verilmiştir. Belirlenen hava kalitesi ölçüm noktaları Tablo 4.18'de verilmiştir.



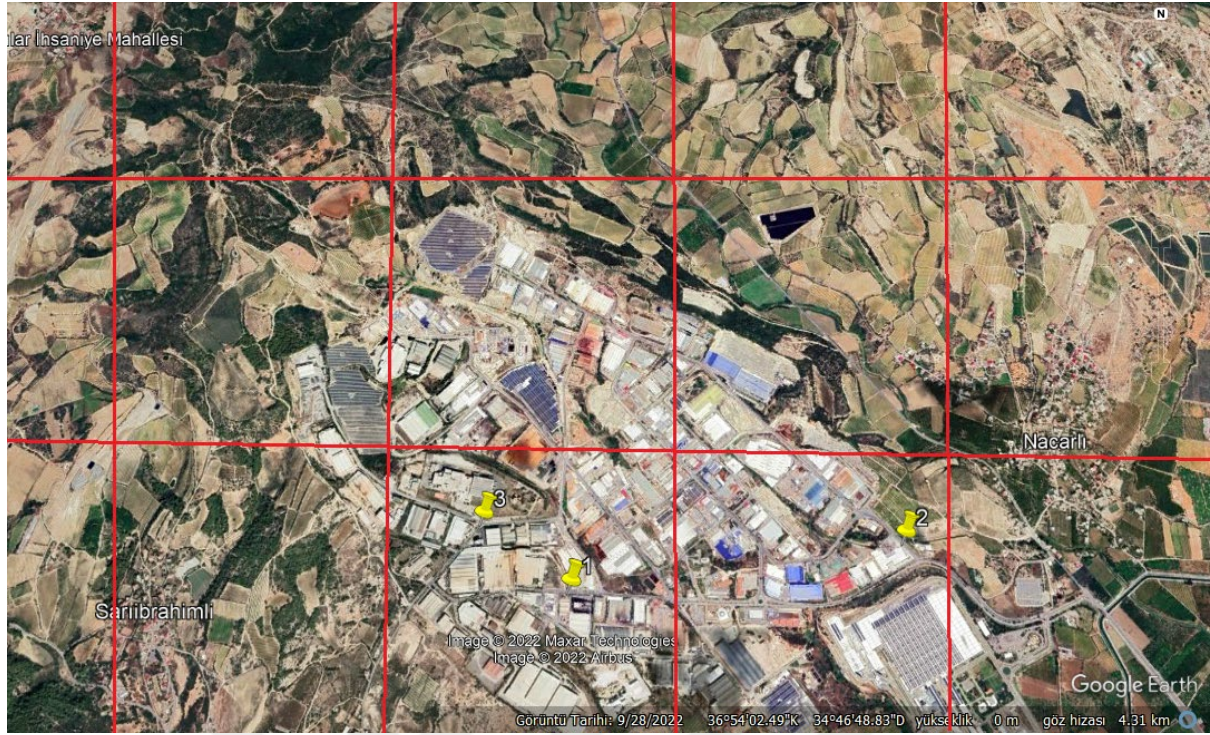
Şekil 4.3. Pasif Örneklemeye Ölçüm Noktaları

Tablo 4.18. Pasif Örneklemeye Noktaları

Emisyon kaynağı	K	D
TEA 1	36°53'50.64"	34°46'57.47"
TEA 2	36°53'45.44"	34°47'04.91"
TEA 3	36°53'26.06"	34°47'35.27"

4.1.5.2.2. PM₁₀ Örneklemeye Ölçüm Noktaları

Ölçüm noktalarının uydu haritasında gösterimi Şekil 4.4'te verilmiştir. Belirlenen hava kalitesi ölçüm noktaları Tablo 4.19'da verilmiştir.

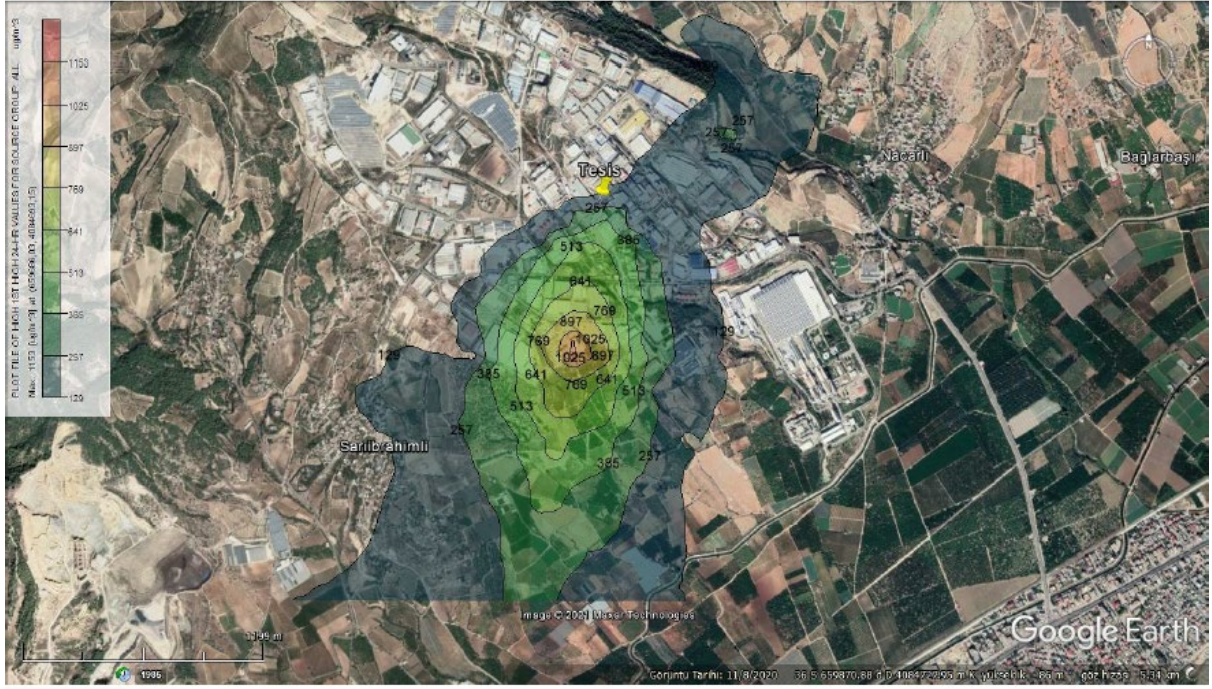


Şekil 4.4. PM₁₀ Örnekleme Ölçüm Noktaları

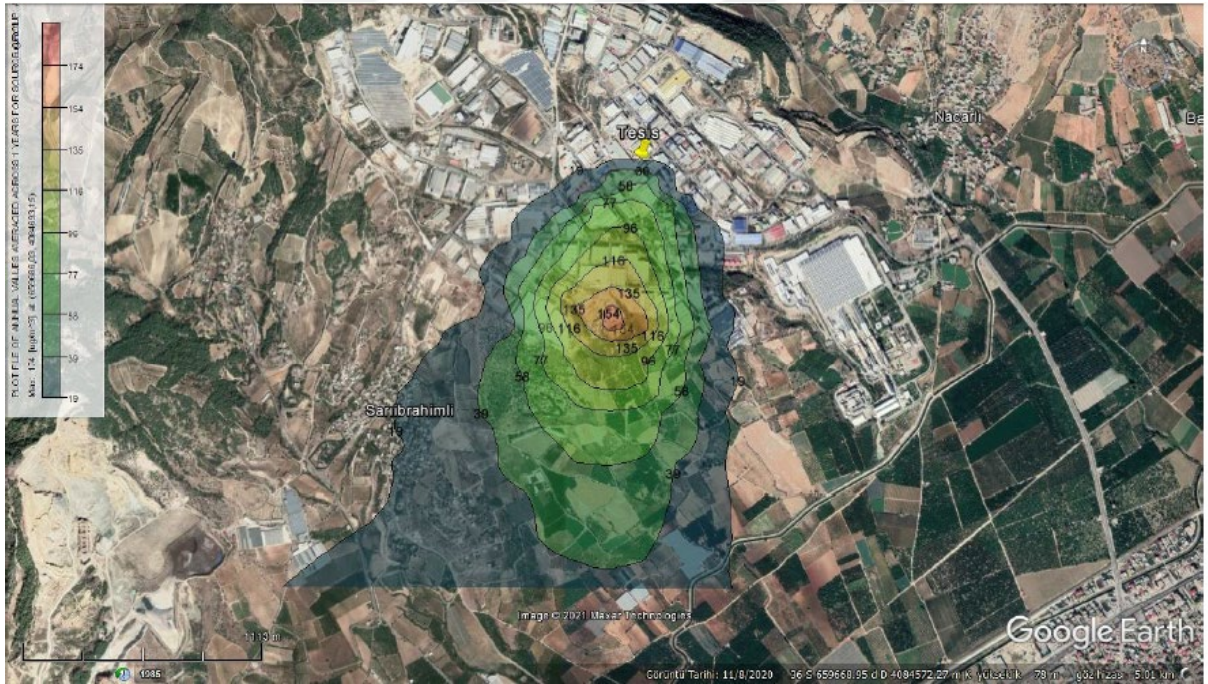
Tablo 4.19. PM₁₀ Örnekleme Noktaları

Emisyon kaynağı	K	D
Tİ 1.nokta	36°53'52.97"	34°47'22.24"
Tİ 2.nokta	36°53'58.98"	34°48'14.41"
Tİ 3.nokta	36°54'1.35"	34°47'8.64"

AERMOD hava kalitesi modellemesine göre PM₁₀ kirlilik verilerinin harita üzerinde günlük ve yıllık olarak hava hareketlerine bağlı olarak yoğun olduğu bölgeler Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Günlük Pm₁₀ Emisyon Dağılımı Haritası



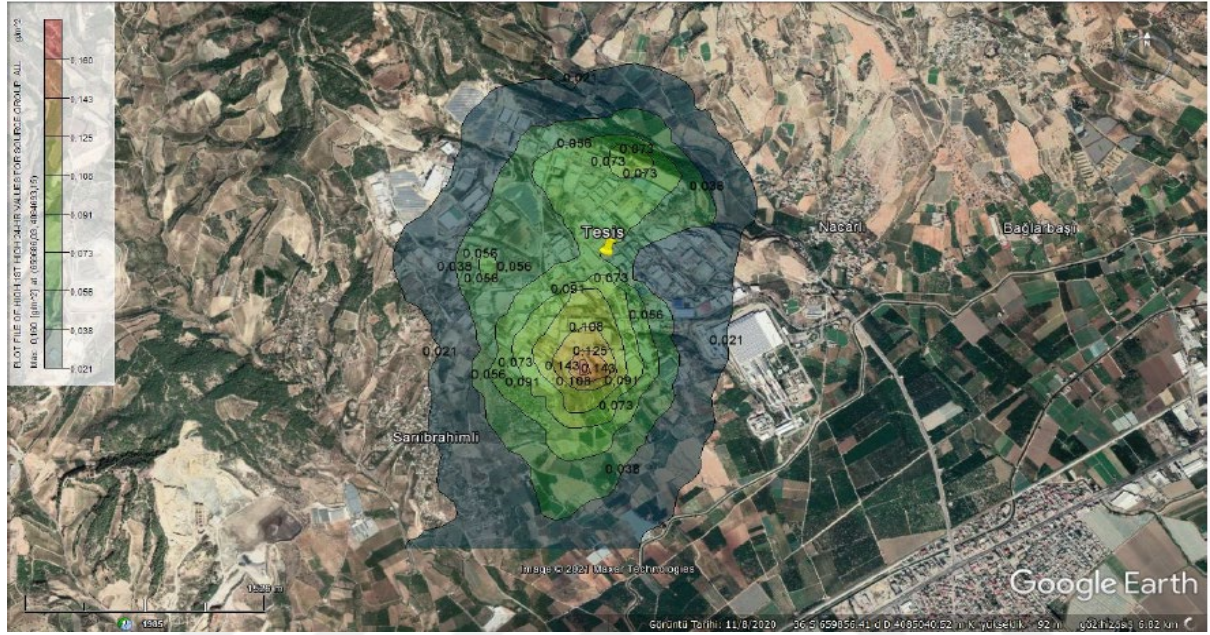
Şekil 4.6. Yıllık Pm₁₀ Emisyon Dağılımı Haritası

4.1.5.2.3.Çöken Toz Örnekleme Ölçüm Noktaları

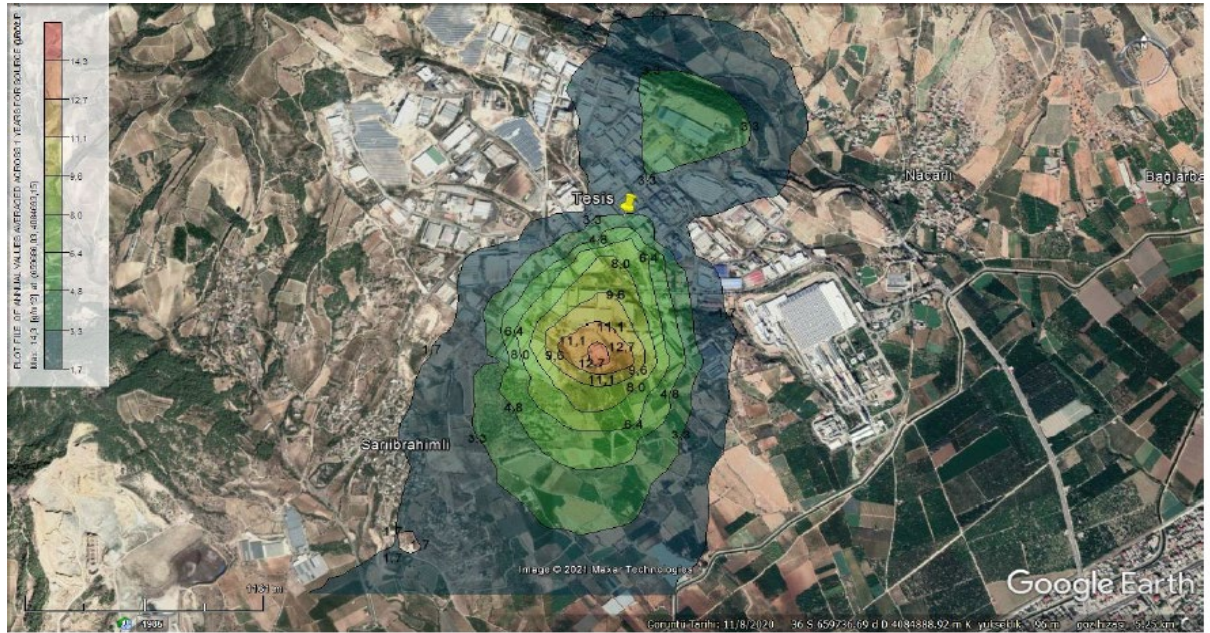
Ölçüm noktalarının uydu haritasında gösterimi Şekil 4.7’te verilmiştir.

Tablo 4.20.Çöken Toz Örnekleme Noktaları

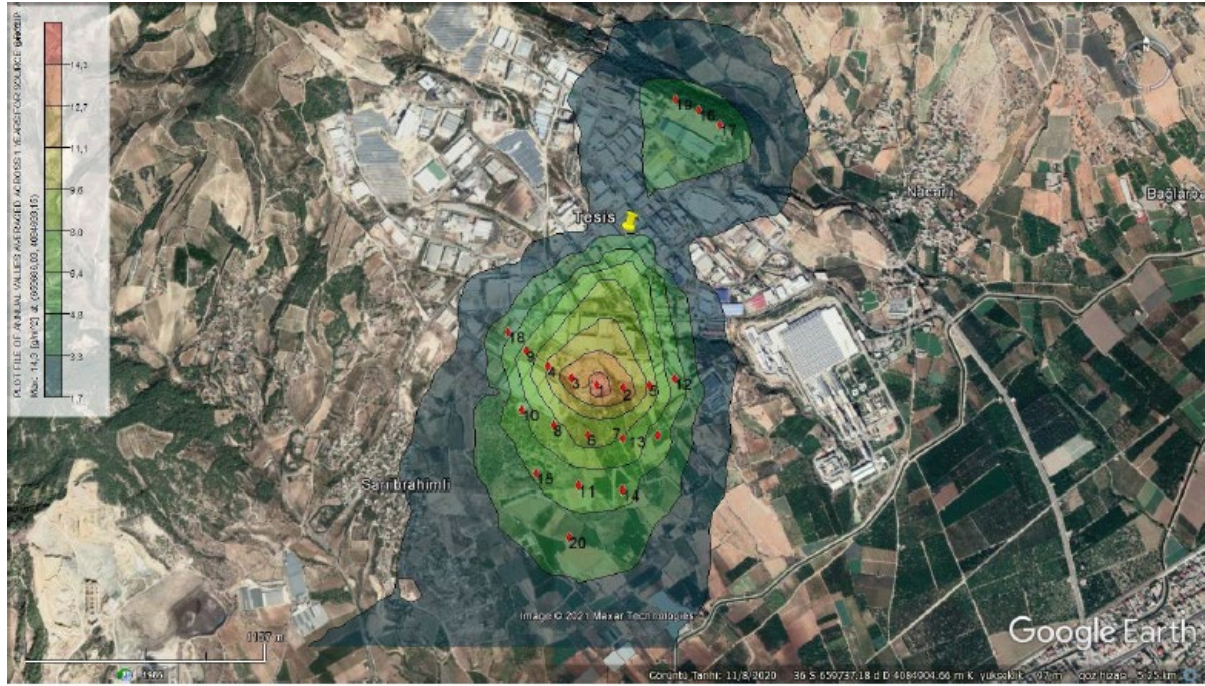
Emisyon Kaynağı	K	D
TEA 1	36°53'52.09"	34°46'58.44"
TEA 2	36°53'45.35"	34°47'4.53"
TEA 3	36°54'29.55"	34°47'25.78"
TEA 4	36°54'23.06"	34°47'43.36"
Tİ 1	36°54'4.82"	34°47'37.45"
Tİ 2	36°53'56.77"	34°47'42.01"



Şekil 4.7. Aylık Çöken Toz Emisyon Dağılımı Haritası



Şekil 4.8. Yıllık Çöken Toz Emisyon Dağılımı Haritası



Şekil 4.9. Yıllık Çöken Toz Emisyon Dağılımı Haritası (Ölçüm Noktalarıyla Birlikte)

4.2.Tartışma

Mersin Tarsus OSB’de bulunan firmalar hurda akü geri kazanım, çivi ve tel üretimi, alüminyum parça imalatı, hazır sıva üretimi, metal işleme üretimi, mukavva üretimi, çelik aksamli rulo ve konveyör üretimi, plastik ve ambalaj üretimi, duvar kâğıdı üretimi, PVC kapı ve pencere imalatı, fiberglas boru ve ek parçalar ile tank üretimi, cam işleme, kimyasal madde üretimi, cıvata ve somun üretimi, demir çelik ve bakırdan yivli bağlantı malzeme imalatı, öğütülmüş kalkerden cam hammaddeler üretimi, çelik imalatı, petrol ürünleri, levha veya tabaka halinde işlenmiş cam üretimi, vulkanize edilmiş kauçuk üretimi, atık madeni yağ geri kazanımı, fosfatlı veya potasyumlu gübre üretimi, perlit maden işleme, kömür çeşitleri üretimi, polimer üretimi, yapı kimyasalları üretimi, cam macunu, boya, pigment ve duvar macunu üretimi gibi üretim faaliyetinde bulunmaktadır.

Ağır metaller çevresel etkilerinin yanında önemli bir mesleki kirleticilerdir. Kurşun akü imalatı, demir çelik metal sektörü, kablo ızalasyonu, alaşımlar, kimyasal maddeler pigmentler, petrol rafinerileri, boya endüstrisi ve patlayıcı imalatı endüstrisinde kullanımı mevcuttur. Kurşunun insan vücuduna giriş yolu solunum, deri yolu ve sindirim sistemidir. Buhar ve tozları solunum sistemi ile insan vücuduna girerek akciğerlere ve sonra kana ulaşmaktadır. Kurşun zehirdir ve vücuttan idrar ve dışkı yolu ile atılmaktadır. Endüstriyel ürünlerin üretimi sırasında insan vücudunda biriken kurşun meslek hastalığına neden olmaktadır.

Talyum, kükürt, selenyum ve arsenik ile bileşik oluşturup sıvı hale geçen cam üretiminde kullanılmaktadır. Optik camların üretiminde, yarı iletkenlerde, bazı alaşımlarda, düşük-sıcak termometrelerinde, şalterlerde, kimya endüstrisinde, katalitik proseslerde ve yeşil havai fişeklerde kullanılmaktadır. İnsan vücuduna talyum deri, solunum ve sindirim yolu ile girmektedir. Talyum iyonları sindirim sistemi ile böbrekler, tükürük bezleri, bağırsak, iskelet kasları, tiroid bezi ve böbrek üstü bezlerinde büyük konsantrasyonlarda birikmektedir. Talyum idrar ve dışkı yolu ile vücuttan atılmaktadır. Sanayi bölgesinde üretim sırasında çıkan bileşik insan vücudunda birikerek meslek hastalığına neden olmaktadır.

Kadmiyum çalışma yaşamında sıklıkla elektro kaplamada kullanılmaktadır. Lehimleme, kaynakçılık, plastik boya, seramik endüstrisi, uçak ve cam endüstrisi, cila üretimi ve işlenmesi, akümülatör sanayi, kadmiyum içeren eritme ve metal kaplama, bakır eritme, batarya üretimi ve mücevher yapım işlemlerinde sıklıkla kadmiyuma maruz kalınmaktadır. Kadmiyumun vücuda fazla miktarlarda alındığında; dolaşım sistemi, enzim aktiviteleri, sinir sistemi, bağışıklık sistemi ve hematopoetik sistemde sağlık sorunlarına yol açtığı bilinmektedir. Kadmiyuma çoğu kez doğrudan solunum yolu veya besin zinciri aracılığıyla maruz kalınmaktadır. Maruz kalınan yol, doz ve süreyle bağlı olarak kadmiyum, akciğer, karaciğer, böbrek, kemik, testis ve plasentada hasara yol açabilmektedir. Endüstri tesislerinde üretilen ürünler ile ortaya çıkan kadmiyum insan vücudunda birikerek meslek hastalığına neden olmaktadır.

Bu nedenle OSB'de bulunan firmaların üretimlerinden kaynaklı olarak kurşun, kadmiyum ve talyum ağır metallerine bakılmıştır. Organize sanayi bölgesi içerisinde kurşun fazla olduğu TEA 1 ve Tİ 2 noktalarında taşıt trafiği ve akü geri kazanım işleme endüstrisi faaliyeti olduğu anlaşılmaktadır. Bölge içerisinde kadmiyum ve talyum gibi ağır metal konsantrasyonları cam işleme tesisleri ve metal galvanizleme tesislerinden kaynaklanmakta ve konsantrasyonlar incelendiğinde noktalardaki konsantrasyon değerleri birbirlerine çok yakın miktarlarda olduğu gözlenmiştir.

Çin, demir çelik endüstrisinden kaynaklanan emisyonları azaltmak için 2012'den bu yana bir dizi güçlendirilmiş emisyon standardı uygulamaya koymaktadır. 2012 yılında mevcut standartların uygulanmasından sonra, Çin'in demir çelik endüstrisinden kaynaklanan emisyonların ortam hava kalitesine katkısını ulusal ölçekte keşfetmeye yönelik ilk girişimi, demir ve çelik endüstrisi, kükürt dioksit (SO₂), nitrojen oksitler (NO_x) ve partikül madde (PM_{2,5}) vb.'yi kapsamıştır. İkinci olarak, karşılık gelen hava kalitesi etkileri, Genişletilmiş Kapsamlı Hava Kalitesi Modeli (CAMx) modeliyle modellenmektedir. Çin'in demir ve çelik endüstrisinden kaynaklanan emisyon sıcak noktalarını aşağıdaki yönlerle bulunmaktadır. (1) Mekânsal bir perspektiften bakıldığında, en büyük emisyonlara ve ortam konsantrasyonuna katkıda bulunanlar, esas olarak yüksek ham çelik üretimi ile Çin'in doğu bölgelerinde yoğunlaşmaktadır. (2) Üç ana kirletici (yani, SO₂, NO_x ve PM_{2,5}) arasında, Çin'in demir ve çelik endüstrisinde ortam konsantrasyonuna en büyük katkıyı SO₂ yapmaktadır. (3) Geçici

dağılıma bakıldığında, yaz aylarında hava kalitesi konsantrasyonuna en büyük katkısı emisyon kaynakları sağlamaktadır. (4) Politika değerlendirmesi için, 2012 yılında mevcut standartlar kapsamında, demir çelik sektörü emisyonlarının hava kalitesine katkısı SO_2 ve $PM_{2,5}$ için sırasıyla %92,07 ve %72,91 oranında azalmıştır. Bu nedenle, bu sonuçlar mevcut emisyon özelliklerini yansıtmak ve emisyon azaltımları için daha fazla fırsatı vurgulamak için gerekli olmaktadır. (Tang vd., 2020).

Pakistan'ın İslamabad kentindeki sanayi ve yerleşim bölgelerindeki partikül madde (PM_{10}) ve bağlı ağır metal seviyeleri araştırılmıştır. PM_{10} örnekleri, Hava Kalitesi İzleme İstasyonu (AQMS, Horiba, Ltd) kullanılarak İslamabad'daki Kahuta Üçgeni (KT), I-9 ve I-10'daki sanayi ve yerleşim yerlerinden toplanmıştır. Sanayi ve yerleşim yerlerinin ortalama PM_{10} değerleri, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) kılavuz değerlerini ($50 \mu g/m^3$) aşmıştır. PM_{10} , atomik absorpsiyon spektrofotometrisi (Perkin Elmer, AAPEA700) kullanılarak ağır metaller için test edilmiş ve bakır (Cu), kadmiyum (Cd), demir (Fe), nikel (Ni) ve çinko (Zn) dahil olmak üzere ağır metaller incelenmiştir. Bununla birlikte, I-10, İslamabad'ın hem sanayi hem de yerleşim yerlerinde yalnızca kurşunun (Pb) DSÖ sınırlarının iki katından daha yüksek olduğu gözlenmiştir. PM_{10} 'a bağlı ağır metal konsantrasyonu, çocukların ve yetişkinlerin potansiyel riski açısından, yutulmaya maruz kalma yolları için ortalama günlük dozlar (ADD), kanser olmayan veya tehlike katsayısı (HQ), tehlike indeksi (HI) ve kanser riski (CR) kullanılarak değerlendirilmektedir. Sonuçlar, çocukların alımının yetişkinlerden daha yüksek olduğunu ortaya çıkarmıştır, bunun da esas olarak alım yoluyla meydana geldiği rapor edilmiştir. Sanayi ve yerleşim yerlerinde ağır metallerle maruz kalmaya bağlı HI ve CR değerleri, Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı'nın sırasıyla <1 ve 10^{-3} ile 10^{-6} eşik sınırları içinde gözlenmiştir (Khan vd., 2020).

Ön oksidasyon koşulu altında, mevcut ıslak kükürt giderme sisteminde NO , SO_2 ile eş zamanlı olarak giderilebilir. Islak kükürt giderme sistemindeki NO_2 absorpsiyon verimliliği düşüktür ve verimli bir şekilde uzaklaştırmak için katkı maddelerinin eklenmesi gerekmektedir. NO_2 ve SO_2 'nin aynı anda uzaklaştırılması için yeni bir katkı maddesi (tetrabutylamonyum hidrojen sülfat, THS) kullanılmaktadır. SO_2 ve NO_2 'nin absorpsiyon ve uzaklaştırma özelliklerini incelemek ve 35 t/h'lik bir endüstriyel kazanda mühendislik uygulamasını gerçekleştirmek için hem laboratuvar ölçekli hem de pilot ölçekli deney sistemleri kullanılmaktadır. Geleneksel bir ıslak kükürt giderme sisteminde NO_2 giderme verimliliğinin %20'den az olduğu gösterilmektedir. THS'nin eklenmesi SO_2 'yi stabilize edebilir ve NO_2 giderme verimliliğini artırabilir. SO_2 , NO_2 emilimini artırabilir, ancak baca gazındaki O_2 ve absorpsiyon sistemindeki NO_2^- , NO_2 'nin uzaklaştırılmasını engelleyebilmektedir. Mühendislikte THS, büyük uygulama potansiyeline sahip olan NO_2 absorpsiyon verimliliğini %13'ten %70'e çıkarabilmektedir (Li vd., 2021).

NO₂, SO₂ ve benzen konsantrasyonları, pasif difüzyon numune alıcıları tarafından Hanoi'de şehir içi arka plandaki 80 site, 6 trafik yoğun noktası, 5 endüstriyel sıcak nokta ve 5 kırsal alandan oluşan 96 tesiste ölçülmüştür. 2007 yılı kış ve yaz sezonlarında iki örnekleme kampanyası yürüterek, iki kampanyanın ortalama konsantrasyonu, yıllık ortalamanın temsilcisi olarak kullanılmıştır. Şehir içi arka planda yıllık NO₂, SO₂ ve benzen ortalamaları sırasıyla 17,9 ila 65,9 mg /m³, 11,7 ila 47,4 mg/m³ ve 3,5 ila 15,4 mg/ m³ arasında değişmiştir. NO₂/benzen ve SO₂ konsantrasyonları sırasıyla trafik ve endüstri sıcak noktalarında daha yüksek ölçülmüştür. NO₂ ve benzenin arka plan konsantrasyonlarının nüfus yoğunluğuyla birlikte artma eğiliminde olduğu ve kalabalık Hanoi şehir merkezinde en yüksek seviyede olduğu bulunmuştur. Bu alanlar, NO₂ için ulusal mevzuat eşiğini (40 mg /m³) ihlal etme konusunda yüksek risklerle karşı karşıyadır. SO₂ arka plan konsantrasyonları genellikle mevzuat eşiğinin (50 mg /m³) altında ölçülmüştür. Hanoi araç filosuna hâkim olan motosikletler, NO₂ ve benzenin ana kirleticileridir, oysa SO₂, endüstriyel kömür yakılmasından doğrudan etkilenen bazı alanlar dışında, çoğunlukla dizel otobüslerden ve kamyonlardan kaynaklanmıştır. Hanoi'nin hava kalitesini iyileştirmek için, özellikle motosikletler olmak üzere araçların egzoz emisyonlarını sıkı bir şekilde düzenlemenin ve yakıtlardaki kükürt ve benzen içeriğini azaltmanın uygulanabileceği önerilmiştir (Hien vd., 2014).

Hava kirliliği insan sağlığını, görüş mesafesini, malzeme, bitki ve hayvan sağlığını olumsuz etkiler. Hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkisi, atmosferdeki yüksek miktardaki zararlı maddelerin solunmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle, PM₁₀ kirleticilerinin neden olduğu hasara ilişkin anlayışımız her geçen gün gelişmektedir. Konya OSB'de belirli zaman ve mekânlarda PM₁₀ kirliliğini ölçmeyi ve analiz etmeyi amaçlayan bir çalışma yürütülmüştür. Sabah, öğle ve akşam saatlerinde yirmidört noktada ölçümler yapılmış, sonuçlar Türk Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği ile karşılaştırılmış ve Surfer Software ve ArcGIS 10.1 programları ile bölgelerin kirlilik haritaları oluşturulmuştur. Yapılan ölçümlerde sınırın aşıldığı saatlerin ağırlıklı olarak akşam saatleri olduğu görülmüştür. Sabah saatlerinde limit aşımı kaydedilmezken, bu saatlerde ortalama konsantrasyon değeri bir kez, öğle saatlerinde ise beş kez maksimum değerde gözlenmiştir. Bu çalışmada, ölçüm sonuçları, bölgeden geçen ortalama araç sayısı ile ilişkilendirilmiş ve Konya OSB'de PM₁₀ kaynaklı hava kirliliğinin akşam saatlerindeki yoğun trafikten kaynaklandığı görülmüştür. Bölgede trafik kaynaklı kirliliğin önlenmesi için sanayi bölgesinde giriş ve çıkış kapılarının sayısının artırılması ve uygun bölümlere ağaç dikilmesi önerilmiştir (Kunt ve Erdoğan, 2022).

BAE'de Sharjah ile Ajman sınırı arasındaki sanayi bölgesinde hava kalitesi koşulları ve kirlilik durumu değerlendirilmiştir. O₃, CO, NO₂, SO₂, PM_{2,5}, PM₁₀, Toplam Uçucu Organik Bileşikler (TVOC) ve Toplam Askıda Partikül (TSP) günlük konsantrasyonları Eylül 2015'ten Nisan 2016'ya kadar izlenmiştir. Aylık ortalama O₃, CO, NO₂, SO₂ ve TVOC konsantrasyonlarının, araştırma süresi

boyunca BAE ortam havası kalite standartları dâhilinde olduğu, ancak PM₁₀ ve TSP seviyelerinin Eylül ve Ekim 2015'de önerilen limitleri aştığı tespit edilmiştir. Hava kalitesi parametrelerindeki zamansal değişimler, PM_{2,5}, PM₁₀, NO₂, TVOC ve TSP için Mart 2016'da en yüksek seviyeleri gösterirken, O₃, SO₂ ve CO bu ayda nispeten düşük değerler göstermiştir. Ortam havasındaki PM_{2,5} seviyeleri, tüm aylarda EPA yönergesi olan 35 µg/m³'ün üzerinde bulunmuştur. PM_{2,5}, 103-209 arasında değişen Kirletici İndeksi (Ip) değerleri ile kritik ortam havası kirleticisi olarak belirlenmiş ve PM_{2,5}'in Ip ortalama değerleri, Eylül-Aralık 2015'te en düşük değere ulaşmış, ardından kademeli olarak artarak Mart 2016'da zirveye ulaşmıştır. Bu sonuçlar, PM_{2,5} ile ilişkili potansiyel sağlık risklerinin kış aylarında düşük olduğunu, daha düşük sıcaklıklar, daha yüksek nem, daha yüksek rüzgâr hızı gibi meteorolojik koşulların partikül maddeyi azalttığını ortaya koymuştur. Sonuçlar, endüstriyel bölgenin antropojenik ve doğal partikül madde kaynaklarından etkilendiğini göstermiştir (Al-Taani vd., 2018).

Havadaki partikül maddenin (PM) izlenmesi ve modellenmesi, PM'nin olumsuz sağlık sonuçları daha iyi anlaşıldıkça, önemli bir düzenleyici hedef haline gelmektedir. Bununla birlikte, emisyonların PM simülasyonu için özel olarak tasarlanmamış modellerin uygulanması, tahminleri saptırabilir. Bu sorunu ele almak için, tipik bir pamuk çırçır tesisinden PM dağılımının simülasyonu için bir hava dağılım modelinin modifikasyonu ve doğrulaması araştırılmıştır. Düzenleyici tarafından önerilen modelin (AERMOD), kirletici konsantrasyonlarını PM_{2,5}, PM₁₀ ve toplam asılı parçacık (TSP) için ortalama olarak sırasıyla 64,7, 6,97 ve 7,44 kat fazla tahmin ettiği bulunmuştur. Kirletici konsantrasyonları, yükseklik ($p < 0.05$), kaynaktan uzaklık ($p < 0.05$) ve rüzgâr yönünün standart sapması ($p < 0.001$) ile negatif, ortalama rüzgâr hızı ($p < 0.001$) ile pozitif korelasyon göstermiştir. Bu sonuçlara dayanarak, AERMOD için dağılım düzeltme faktörleri geliştirilmiş ve revize edilmiş modeli bağımsız gözlemlere karşı çapraz doğrulayarak fazla tahmin etme faktörleri sırasıyla PM_{2,5}, PM₁₀ ve TSP için 3.75, 1.52 ve 1.44'e düşürülmüştür. Model hatasında, ek gözlemlerin kullanılması ve dağılım düzeltme faktörlerinin iyileştirilmesiyle daha fazla azalma elde edilebileceği önerilmiştir (Yang vd., 2023).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1.Sonuçlar

Mersin Tarsus OSB’de AERMOD hava kalitesi modelleme programında meteorolojik verilere dayanarak yapılan model çalışması ile belirlenen noktalarda ölçümler yapılmıştır. Ölçümler mevsimsel olarak belirlenen aylarda 3 adet noktada 3 ardışık partikül madde örnekleme ile gerçekleştirilmiş ve sonuçlar hesaplanmıştır. Hesaplanan sonuçların ortalama değeri Tablo 5.1’de verilmiş ve SKHKKY Ek-1 ve Ek-2 Tablo 2.2 de belirtilen sınır değerlere göre değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucuna göre bulunan değerler SKHKKY sınır değerlerinin altındadır.

Tablo 5.1. PM₁₀ ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi

Emisyon Kaynağı	Ortalama Değer (mg/Nm ³)	SKHKKY Ek-1 Sınır Değer mg/Nm ³	SKHKKY Ek-2 Sınır Değer mg/Nm ³
Tİ 1	0,72±0,5	3 mg/Nm ³	40 mg/Nm ³
Tİ 2	0,97±0,6		
Tİ 3	1,05±0,7		

Mersin Tarsus OSB’de AERMOD hava kalitesi modelleme programında meteorolojik verilere dayanarak yapılan model çalışması ile belirlenen noktalar da ölçümler yapılmıştır. Bölge içerisinde 6 adet noktaya yerleştirilen çöken toz örnekleme cihazlarından aylık olarak 12 ay boyunca ölçüm alınmıştır. Alınan ölçüm sonuçlarının ortalama değerleri Tablo 5.2’de verilmiştir. SKHKKY Ek-1 ve Ek-2 Tablo2.2’de belirtilen sınır değerlere göre değerlendirme yapılmıştır. Değerlendirme sonucunda değerler sınır değeri altındadır.

Tablo 5.2.Çöken Toz Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Emisyon Kaynağı	Ortalama Değer (mg/m ² -gün)	SKHKKY Ek-1 Sınır Değer (mg/m ² -gün)	SKHKKY Ek-2 Sınır Değer (mg/m ² -gün)
TEA 1	105,61±76,95	450 mg/m ² -gün	210 mg/m ² -gün
TEA 2	98,72±70,47		
TEA 3	106,33±75,79		
TEA 4	114,86±76,78		
Tİ 1	122,64±73,84		
Tİ 2	71,20±41,73		

Sanayi bölgesinden toplanan çöken toz numune analizleri sonucunda hesaplanan ağır metaller Tablo 5.3’de hesaplanmıştır. SKHKKY Ek-2 Tablo 2.2 de belirtilen sınır değerler ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda değerler sınır değeri altındadır.

Tablo 5.3. Ağır metal analiz sonuçlarının değerlendirilmesi

Emisyon Kaynakları	Bileşen	Sonuç (mg/m ² -gün)	SKHKKY Ek-2 Sınır Değer (mg/m ² -gün)
Tİ 1	Cd	0,002±0,00005	3,75
	Tl	0,0042±0,004	5
	Pb	1,594±0,77	250
Tİ 2	Cd	0,0034±0,003	3,75
	Tl	0,0055±0,004	5
	Pb	4,147±4,03	250
TEA 1	Cd	0,022±0,007	3,75
	Tl	0,004±0,004	5
	Pb	5,682±2,18	250
TEA 2	Cd	0,003±0,001	3,75
	Tl	0,004±0,004	5
	Pb	0,064±0,104	250
TEA 3	Cd	0,0023±0,00083	3,75
	Tl	0,0042±0,0043	5
	Pb	0,297±0,49	250
TEA 4	Cd	0,002±0,00035	3,75
	Tl	0,004±0,004	5
	Pb	1,710±0,84	250

Mersin Tarsus OSB’de AERMOD hava kalitesi modelleme programında meteorolojik verilere dayanarak yapılan model çalışması ile belirlenen noktalar da ölçümler yapılmıştır. Modelleme sonucuna göre sanayi bölgesi içerinden belirlenen 3 adet noktada pasif örnekleme tüpleri yerleştirilerek ölçüm yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarının ortalama değerleri Tablo 5.4’de verilmiştir. Ortalama değerlerin SKHKKY Ek-2 Tablo 2.2 de belirtilen sınır değere göre değerlendirme yapılmış ve sonuçlar sınır değerler altındadır.

Tablo 5.4. SO₂ Pasif Örnekleme Analiz Sonuçlarının değerlendirilmesi

Emisyon Kaynağı	Toplam Kalış Süresi (sa)	SO ₂ Ölçüm Sonuçları (µg/m ³)	SKHKKY Ek-2 Sınır Değer (µg/m ³)
TEA 1	2760	26,03±9,14	60
TEA 2	2760	19,88±7,97	
TEA 3	2760	18,36±5,83	

Mersin Tarsus OSB’de AERMOD hava kalitesi modelleme programında meteorolojik verilere dayanarak yapılan model çalışması ile belirlenen noktalar da ölçümler yapılmıştır. Modelleme sonucuna göre sanayi bölgesi içerinden belirlenen 3 adet noktada pasif örnekleme tüpleri yerleştirilerek ölçüm yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarının ortalama değerleri Tablo 5.5’de verilmiştir. Ortalama değerlerin SKHKKY Ek-2 Tablo 2.2 de belirtilen sınır değere göre değerlendirme yapılmış ve sonuçlar sınır değerler altındadır.

Tablo 5.5. NO₂ Pasif Örnekleme Analiz Sonuçlarının değerlendirilmesi

Emisyon Kaynağı	Toplam Kalış Süresi (sa)	NO ₂ Ölçüm Sonuçları (µg/m ³)	SKHKKY Ek-2 Sınır Değer (µg/m ³)
TEA 1	2760	19,49±3,29	40
TEA 2	2760	16,70±2,72	
TEA 3	2760	18,11±4,67	

Organize sanayi bölgesine (OSB) en yakın hava kalitesi izleme istasyonu olarak huzurkent seçilmiştir. Huzurkent hava kalitesi izleme istasyonunun Kasım 2021'den başlayarak Ekim 2022 tarihleri arasında aylık olarak Çevre ve Şehircilik iklim değişikliği bakanlığına aktardığı anlık verilerin ortalama değerleri bulunmuştur. Bu veriler ile OSB'de yapmış olduğumuz analiz çalışmasının sonuçları ile istasyon verileri karşılaştırılması yapılmıştır. Karşılaştırma sonucunda bölge içerisinde yapılan çalışma sonuçları daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Sanayi kaynaklı hava kirliliği kontrol yönetmeliği esas alındığında değerlerin sınır değerler altında kaldığı görülmüştür.

Tablo 5.6.Huzurkent izleme istasyonu PM₁₀ verilerine göre sonuçların değerlendirilmesi

Emisyon Kaynağı	Tesis İçi 1 (µg/m ³)	Tesis İçi 2 (µg/m ³)	Tesis İçi 3 (µg/m ³)	Huzurken izleme istasyonu verileri (µg/m ³)
Aralık	0,057±0,49	0,073±0,63	0,088±0,73	0,27±0,04
Mart	0,55±0,49	0,88±0,63	0,82±0,73	0,20±0,04
Haziran	1,07±0,49	1,48±0,63	1,74±0,73	0,19±0,04
Eylül	1,10±0,49	1,33±0,63	1,41±0,73	0,21±0,04
Ortalama	0,69±0,49	0,94±0,63	1,01±0,73	0,22±0,04

Tablo 5.7.Huzurkent izleme istasyonu SO₂ verilerine göre sonuçların değerlendirilmesi

Emisyon	TEA 1 (µg/m ³)	TEA 2 (µg/m ³)	TEA 3 (µg/m ³)	Huzurken izleme istasyonu verileri (µg/m ³)
Yıllık	26,03±9,14	19,88±7,97	18,36±5,83	6,94±2,91

Tablo 5.8.Huzurkent izleme istasyonu NO₂ verilerine göre sonuçların değerlendirilmesi

Emisyon	TEA 1 (µg/m³)	TEA 2 (µg/m³)	TEA 3 (µg/m³)	Huzurken izleme istasyonu verileri (µg/m³)
Yıllık	19,49±3,29	16,70±2,72	18,11±4,67	33,76±6,86

5.2.Öneriler

Gelişmekte olan ülkeler endüstri faaliyetlerini arttırmak için çalışmaktadır. Endüstri faaliyetlerini arttırırken çevre bilinci açısından özverili davranmamaktadırlar. Mersin Tarsus Organize Sanayi bölgesi birçok endüstri firmalarına ev sahipliği yapmaktadır. Bu tesisler üretim yapabilmek için kömür, fuel-oil, doğalgaz vb. yakıtlar kullanmaktadır. Kullandığı yakıtlar hava kirliliğine yol açmaktadır.

Çevre ve Şehircilik İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından çevre kanununca Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Isınmadan Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği gibi birçok yönetmelik getirmiştir. Bakanlık tarafından bu yönetmeliklerde belirtilen sınır değer şartlarının sağlanması istenmekte ve sınır değer aşılması durumunda yaptırım uygulanmaktadır.

Sanayi bölgesinde kullanılan kömür, doğalgaz, fuel-oil, biyokütle gibi yakıtlar düzgün yakma işlemine tabii olmadıkları zaman havaya çeşitli kirletici gazlar vermektedir. Aynı zamanda endüstri tesislerinin faaliyetlerinde de kullanılan birçok kimyasal mevcuttur. Kimyasallar üretim aşamasında çeşitli sıcaklık vb. etkiler ile havaya uçucu organik bileşik vermektedir. Bu kimyasallara genellikle boya, vernik, üretim kimyasalları, çeşitli reçine türleri örnek olarak verilebilir. Endüstri tesislerinde bu şekilde kullanılan yakıt ve kimyasallar bölgeden çevrede bulunan yerleşim yerlerine hava hareketleri ile ulaşmakta insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. İnsan sağlığı açısından bu kirleticiler çeşitli hastalıklara yol açmaktadır. Organize sanayi bölgesi içerisinde üretim işlemini gerçekleştiren çalışanlarda sürekli kirleticilere yüksek konsantrasyonlar da maruz kaldıkları için zaman içerisinde meslek hastalığına yakalanmaktadır.

Organize sanayi bölgesinde bu tez çalışmasında belirtilen PM₁₀, Çöken toz, Ağır metal ve Pasif Örnekleme (SO₂, NO₂) ölçüm ve analizleri yapılmıştır. Ölçüm ve Analiz sonuçlarına göre sanayi bölgesinden çıkan kirletici konsantrasyonları hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçları yönetmeliğin belirttiği sınır değerler ile karşılaştırılmış sınır değer altında kalmıştır. Aynı zamanda sürekli izleme istasyon verileride incelendiğinde kirletici konsantrasyonlarının bulunan çalışma verileri ile yaklaşık olarak aynı seyrettiği gözlemlenmiştir.

Organize sanayi bölgesi toz açısından heryer beton kaplı olmasına rağmen yinede taşıt trafiğinden kaynaklı tozuma oluşmaktadır. Tozumanın olmaması için sanayi bölgesi içerisi düzenli vidanjörlerle veya fiskiyeler ile sulanmalıdır. Aynı zamanda kırma eleme faaliyeti yürüten tesislerininde sahasının beton ile kaplı olması gerekmekte, yığma malzemesi ve saha içerisinde düzenli sulanması gerekmektedir. Yakıt olarak kömür, fuel-oil, doğalgaz, biyokütle vb. malzeme kullanan firmaların yakma kazanları düzenli periyodik bakımları yaptırılmalı ve ölçümleri zamanında

yapılmalıdır. Yakma işleminin düzgün olması çıkacak kirlilik değerini azaltacaktır. Yakma kazanlarına gazların ve partikül maddelerin tutulmasını sağlamak amacıyla filtreleme (torba, sulu filtre, siklon filtre vb.) sisteminin olması ve düzgün çalışması gerekmektedir. Filtreleme sisteminin olmaması çıkacak olan gaz içerisindeki kirleticiler hava kirliliğine yol açacaktır. Endüstri tesisleri kirletici maddelerin çıkmamasına dikkat etmelidir. Metal işleme faaliyeti ile üretim yapan firmalardan çıkan ağır metaller çevre açısından kirlilik oluşturmaması için havaya verilmemelidir. Hava ortamına vermemek için tesis etrafında kapalı olacak şekilde engeller, ağaçlar vb. uygulamalar ile azaltma yoluna gidilmelidir. Bu nedenler ile atmosfere verilen kirletici maddeler iklim değişikliğine yol açması en büyük felaketlerden biridir. Endüstri tesisleri yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına teşvik edilmeli ve bu kaynakları kullanmaları sağlanmalıdır.



KAYNAKLAR

Albayati, N., et al., (2021). Effect of covid-19 on air quality and pollution in different countries. *J. Transport Health* 21 (March), 101061.

Araujo, L.N., Belotti, J.T., Alves, T.A., Tadano, Y. de S., Siqueira, H., (2020). Ensemble method based on Artificial Neural Networks to estimate air pollution health risks. *Environ. Model. Software* 123.

Adil, K., Bhatt, P.M., Belmabkhout, Y., Abtab, S.M.T., Jiang, H., Assen, A.H., Mallick, A., Cadiau, A., Aqil, J., Eddaoudi, M., (2017). Valuing metal-organic frameworks for postcombustion carbon capture: a benchmark study for evaluating physical adsorbents. *Adv. Mater.* 29 (39).

Ayturan, Y.A., (2019). Derin Öğrenme ile Havadaki Partikül Madde Konsantrasyonunun Tahmini. KTO Karatay Üniversitesi.Türkiye.

Anenberg, S.C., et al., (2016). Survey of ambient air pollution health risk assessment tools. *Risk Anal.* 36 (9), 1718–1736.

Al-Kindi,S.G.,Brook,R.D.,Biswal,Rajagopan,S.,(2020).Environmental determinants of cardiovascular disease:lessons learned from air pollution.Nat.Rev.Cardiol.17,656-672.

Agathokleous, E., Feng, Z., Oksanen, E., Sicard, P., Wang, Q., Saitanis, C.J., Araminiene, V., Blande, J.D., Hayes, F., Calatayud, V., et al., (2020). Ozone affects plant, insect, and soil microbial communities: a threat to terrestrial ecosystems and biodiversity. *Sci. Adv.* 6, eabc1176.

Aviso, K.B., Belmonte, B.A., Francis, M., Benjamin, D., Ismael, J., Arogo, A., Louis, A., Coronel, O., Marco, C., Janairo, J., Foo, D.C.Y., Tan, R.R., (2019). Synthesis of optimal and near-optimal biochar-based carbon management networks with P-graph. *J. Clean. Prod.* 214, 893–901.

Al-Taani A.A., Howari F.M., Nazzal Y., Yousef A., (2018). Seasonal impact to air qualities in industrial areas of the Arabian Gulf region. *Environmental Engineering Research* 23(2) 143-149.

Bentayeb M., M. Simoni, D. Norback, S. Baldacci, S. Maio, G. Viegi, I.Annesi Maesano (2013). “Indoor air pollution and respiratory health in the elderly”, *J. Environ. Sci. Health A* 48 (14) 1783-1789.

Berhane K., Chang, C.C., McConnell, R., Gauderman, W.J., Avol, E., Rapaport, E., Urman, R., Lurmann, F., Gilliland, F., (2016). Association of changes in air quality with bronchitic symptoms in children in California, 1993-2012. *jama* 315, 1491–1501.

Bi C., Zhou, Y., Chen, Z., Jia, J., Bao, X., (2018). Heavy metals and lead isotopes in soils, road dust and leafy vegetables and health risks via vegetable consumption in the industrial areas of Shanghai, China. *Sci. Total Environ.* 619–620, 1349–1357.

Bauwens M., et al., (2020). Impact of coronavirus outbreak on NO₂ pollution as sensed using TROPOMI and OMI observations. *Geophys. Res. Lett.* 47 (11), 1–9.

Blande J.D., (2021). Effects of air pollution on plant-insect interactions mediated by olfactory and visual cues. *Curr. Opin. Environ. Sci. Heal.* 19, 100228.

Brumberg H.L., C.J. Karr, A. Bole, S. Ahdoot, S.J. Balk, A.S. Bernstein, L.G. Byron, P.J. Landrigan, S.M. Marcus, A.L. Nerlinger, et al. (2021). “Ambient air pollution: Health hazards to children”, *Pediatrics* 147 (6) .

Cai, J., Zhao, Y., Kan, J., Chen, R., Martin, R., van Donkelaar, A., Ao, J., Zhang, J., Kan, H., Hua, J., (2020). Prenatal exposure to specific PM_{2.5} chemical constituents and preterm birth in China: a nationwide cohort study. *Environ. Sci. Technol.* 54, 14494–14501.

Cheung, C.W., He, G., Pan, Y., (2020). Mitigating the air pollution Effect? The remarkable decline in the pollution-mortality relationship in Hong Kong. *J. Environ. Econ. Manag.* 11, 1–19.

Chen B., Stein, A.F., Castell, N., et al., (2016). Modeling and evaluation of urban pollution events of atmospheric heavy metals from a large Cu-smelter. *Sci. Total Environ.* 539, 17–25.

Chen B., Stein, A.F., Castell, N., Gonzalez-Castanedo, Y., Sanchez De La Campa, A.M., de la Rosa, J.D., (2016). Modeling and evaluation of urban pollution events of atmospheric heavy metals from a large Cu-smelter. *Sci. Total Environ.* 539, 17–25.

Cho C.C., Hsieh, W.Y., Tsai, C.H., Chen, C.Y., Chang, H.F., Lin, C.S., (2018). In vitro and in vivo experimental studies of PM on disease progression. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 15, 1380.

Czernecki, B., Marosz, M., Jędruszkiewicz, J., (2021). Assessment of machine learning algorithms in short-term forecasting of PM10 and PM2.5 concentrations in selected Polish agglomerations. *Aerosol Air Qual. Res.* 21, 200586.

Çevre Mühendisleri Odası (2022). “2021 Yılı Mersin İli Hava Kirliliği Raporu”, MERSİN.

De Marco,A., Sicard,P., Feng, Z., Agathokleous, E., Alonso, R., Araminiene,V., Augustaitis,A., Badea, O., Beasley, J.C., Branquinho, C.,et al.,(2022a). Strategic roadmap to assess forest vulnerability under air pollution and climate change. *Glob. Chang. Biol.* In Revision.

Dietrich M., Huling, J., Krekeler, M.P.S., (2018). Metal pollution investigation of Goldman Park, Middletown Ohio: evidence for steel and coal pollution in a high child use setting. *Sci. Total Environ.* 618, 1350–1362.

EPA, (2004). User's Guide for the AMS/EPA Regulatory Model e AERMOD. EPA 454/B 03 001.

EPA (Environmental Protection Agency), (2022), Particulate Matter (PM) Pollution. United States Environmental Protection Agency, 15.07.2022 tarihinde <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM>. Adresinden erişildi.

EPA, (2015), 40 CFR Part 51, Federal Register. Revision to the Guideline on Air Quality Models: Enhancements to the AERMOD Dispersion Modeling System and Incorporation of Approaches to Address Ozone and Fine Particulate Matter; Proposed Rule, vol. 80 No. 145, pp. 45340e45387.

Fan J., Rosenfeld, D., Yang, Y., Zhao, C., Ruby Leung, L., Li, Z., (2015). Substantial contribution of anthropogenic air pollution to catastrophic floods in Southwest China. *Geophys. Res. Lett.* 42, 6066–6075.

Fawole O.G., Cai, X., Abiye, O.E., Mackenzie, A.R., (2019). Dispersion of gas flaring emissions in the Niger delta: impact of prevailing meteorological conditions and flare characteristics. *Environ. Pollut.* 246, 284e293.

Feng Z., Xu, Y., Kobayashi, K., Dai, L., Zhang, T., Agathokleous, E., Calatayud, V., Paoletti, E., Mukherjee, A., Agrawal, M., Park, R.J., Oak, Y.J., Yue, X., (2022). Ozone pollution threatens the production of major staple crops in East Asia. *Nat. Food* 3, 47–56.

Guo J.X., (2019). Cleaner technology choice in the synergistic control process for greenhouse gases and air pollution. *J. Clean. Prod.* 238, 1–11.

Guerreiro C., A.G. Ortiz, F. de Leew, M. Viana, J. Horalek. (2016) “ Air Quality in Europe-2016” Report, Publications Office of the European Union.

Gurjar B.R., M. Mohan, K.S. Sidhu, (1996). Potential health risks related to carcinogens in the atmospheric environment in India, *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 24, 141–148.

Guo H., Wei J, Li X, Ho HC, Song Y, Wu J, et al. (2021). Do socioeconomic factors modify the effects of PM1 and SO2 on lung cancer incidence in China? *Sci Total Environ* 756,143998.

Gonzalez-Salazar M.A., Kirsten, T., Prchlik, L., (2018). Review of the operational flexibility and emissions of gas-and coal-fired power plants in a future with growing renewables. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 82, 1497e1513.

Gan Y., Wang, L., Yang, G., Dai, J., Wang, R., Wang, W., (2017). Multiple factors impact the contents of heavy metals in vegetables in high natural background area of China. *Chemosphere* 184, 1388–1395.

Georgoulas A.K., et al., (2019). Trends and trend reversal detection in 2 decades of tropospheric NO2 satellite observations. *Atmos. Chem. Phys.* 19 (9), 6269–6294.

Gauderman W.J., Urman, R., Avol, E., Berhane, K., McConnell, R., Rappaport, E., Chang, R., Lurmann, F., Gilliland, F., (2015). Association of improved air quality with lung development in children. *N. Engl. J. Med.* 372, 905–913.

Hou D., O Connor, D., Igalavithana, A.D., Alessi, D.S., Luo, J., Tsang, D.C.W., Sparks, D. L., Yamauchi, Y., Rinklebe, J., Ok, Y.S., (2020). Metal contamination and bioremediation of agricultural soils for food safety and sustainability. *Nat. Rev. Earth Environ.* 1, 366–381.

Huang Y., Chen, Q., Deng, M., Japenga, J., Li, T., Yang, X., He, Z., (2018). Heavy metal pollution and health risk assessment of agricultural soils in a typical peri-urban area in southeast China. *J. Environ. Manag.* 207, 159–168.

He Y., Men, B., Yang, X., Li, Y., Xu, H., Wang, D., (2019). Relationship between heavy metals and dissolved organic matter released from sediment by bioturbation/bioirrigation. *J. Environ. Sci.* 75, 216-223.

He Q., et al., (2019). Spatially and temporally coherent reconstruction of tropospheric NO₂ over China combining OMI and GOME-2B measurements. *Environ. Res. Lett.* 15 (12).

He J., Yu, Y., Xie, Y., et al., (2016). Numerical model-based artificial neural network model and its application for quantifying impact factors of urban air quality. *Water Air Soil Pollut.* 227, 235.

He J., Gong, S., Yu, Y., et al., (2017). Air pollution characteristics and their relation to meteorological conditions during 2014–2015 in major Chinese cities. *Environ. Pollut.* 223, 484–496.

Hu Y., Wang, S., Yang, X., Kang, Y., Ning, G., Du, H., (2019). Environment Impact of winter droughts on air pollution over Southwest China. *Sci. Total Environ.* 664, 724e736.

HKO, (2020). Hava kalitesinde PM₁₀ ve SO₂ ortalamaları. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı–Çevresel Göstergeler 25.08.2020 tarihinde [https://cevresehgostergeler.csb.gov.tr/havakalitesinde-PM₁₀-ve-SO₂-ortalamlari-i-85734](https://cevresehgostergeler.csb.gov.tr/havakalitesinde-PM10-ve-SO2-ortalamlari-i-85734) adresinde erişildi.

Hien P.D., Hangartner M., Fabian S., Tan P.M., (2014). Concentrations of NO₂, SO₂, and benzene across Hanoi measured by passive diffusion samplers. *Atmospheric Environment* 88, 66-73.

IEA, (2020). World Energy Outlook 2020. IEA.

Jain R.K., Cui, Z., Domen, J.K., (2016). Environmental impact of mining and mineral processing: management, monitoring, and auditing strategies. Butterworth Heinemann, Oxford.

Jin L., Xie, J., Wong, C.K.C., Chan, S.K.Y., Abbaszade, G., Schnelle-Kreis, J., Zimmermann, R., Li, J., Zhang, G., Fu, P., Li, X., (2019a). Contributions of city-specific fine particulate matter (PM_{2.5}) to differential in vitro oxidative stress and toxicity implications between Beijing and Guangzhou of China. *Environ. Sci. Technol.* 53, 2881–2891.

Jin L., Luo, X., Fu, P., Li, X., (2017). Airborne particulate matter pollution in urban China: a chemical mixture perspective from sources to impacts. *Nat. Sci. Rev.* 4, 593–610.

Kelly F.J., J.C. Fussell (2020), Toxicity of airborne particles - established evidence, knowledge gaps and emerging areas of importance: topical aspects of particle toxicity, *Philos. Trans. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci.* 378.

Kunt F., Erdoğan Ş., (2022). Evaluation of Outdoor Environment PM₁₀ Concentration in an Organized Industrial Zone Using Geographical Information System. *Atmosphere* 13,1918.

Khan S.A., Muhammad S., Nazir S., Shah F.A., (2020). Heavy metals bounded to particulate matter in the residential and industrial sites of Islamabad, Pakistan: Implications for non-cancer and cancer risks. *Environmental Technology & Innovation* 19,100822.

Kubier A., R.T. Wilkin, T. Pichler, (2019). Cadmium in soils and groundwater: A review, *Appl. Geochem.* 108, 1–16.

Kumar A., Dikshit, A.K., Fatima, S., R.S.P., (2015). Application of WRF model for vehicular pollution modelling using AERMOD. *Atmos. Clim. Sci.* 05 (02), 57–62.

Krotkov N.A., et al., (2017). The version 3 OMI NO₂ standard product. *Atmos. Meas. Tech.* 10 (9), 3133–3149.

Kang G.K., Gao, J.Z., Chiao, S., Lu, S., Xie, G., (2018). Air quality prediction: big data and machine learning approaches. *Int. J. Environ. Sustain Dev.* 9 (1), 8–16.

Kumar S., Aggarwal, S.G., Malherbe, J., Barre, J.P.G., Berail, S., Gupta, P.K., Donard, O. F.X., (2016). Tracing dust transport from Middle-East over Delhi in March 2012 using metal and lead isotope composition. *Atmos. Environ.* 132, 179–187.

Karbowska B., (2016). Presence of thallium in the environment: sources of contaminations, distributions, distribution and monitoring methods. *Environ. Monit. Assess.* 188,640.

Khaefi M., S. Geravandi, G. Hassani, A.R. Yari, F. Soltani, S. Dobaradaran, S. Moogahi, M.J. Mohammadi, M. Mahboubi, N. Alavi, M. Farhadi, Y. O. Khaniabadi (2017), Association of particulate matter impact on prevalence of chronic obstructive pulmonary disease in Ahvaz, southwest Iran during 2009–2013, *Aerosol Air Qual. Res* 17, 230–237.

Khaniabadi Y.O., P. Sicard, A.M. Taiwo, A. De Marco, S. Esmaeili, R. Rashidi (2018), Modeling of particulate matter dispersion from a cement plant: upwind-downwind case study, J. Environ. Chem. Eng. 6, 3104–3110.

Jerma Z.O., et al., (2021). Evaluation of omi NO₂ vertical columns using max-doas observations over mexico city. Remote Sens. 13 (4), 1–19.

Li Y., Yang C., Yao M., Liu X., Zhao H., Cai M., Che D., (2021). Research and engineering practice of catalytic absorption of NO₂ by tetrabutylammonium hydrogen sulfate for simultaneous removal of SO₂/ NO_x. Fuel 283, 118858.

Longo BM., Rossignol A, Green JB. (2008). Cardiorespiratory health effects associated with sulphurous volcanic air pollution. Public Health 122, 809–20.

Liu Z, Shi Z, Wei H, Zhang J. (2022). Acid rain reduces soil CO₂ emission and promotes soil organic carbon accumulation in association with decreasing the biomass and biological activity of ecosystems: A meta-analysis. catena 208, 105714.

Lak A., Ramezani, M., Aghamolae, R., (2019). Reviving the lost spaces under urban highways and bridges: an empirical study. J. Place Manag. Dev. 12, 469–484.

Li C., Quan, Q., Gan, Y., Dong, J., Fang, J., Wang, L., Liu, J., (2020). Effects of heavy metals on microbial communities in sediments and establishment of bioindicators based on microbial taxa and function for environmental monitoring and management. Sci. Total Environ. 749, 141555.

Lv Z., Wang, X., Deng, F., Ying, Q., Archibald, A.T., Jones, R.L., Ding, Y., Cheng, Y., Fu, M., Liu, Y., Man, H., Xue, Z., He, K., Hao, J., Liu, H., (2020). Source–receptor relationship revealed by the halted traffic and aggravated haze in Beijing during the covid-19 lockdown. Environ. Sci. Technol. 54, 15660–15670.

Li Z, Zhao T, Wang J, Cui X. (2021). Two-step allocation of CO₂ emission quotas in China based on multi-principles: Going regional to provincial. J Cleaner Prod 305, 127173.

Lamsal, L., et al., (2020). OMI/Aura Nitrogen Dioxide standard product with improved surface and cloud treatments. Atmos. Meas. Tech. Discuss. (June) 1–56.

Liu N., Huang, X., Sun, L., Li, S., Chen, Y., Cao, X., Wang, W., Dai, J., Rinnan, R., (2020a). Screening stably low cadmium and moderately high micronutrients wheat cultivars under three different agricultural environments of China. *Chemosphere* 241, 125065.

Liu J., Luo, X., Sun, Y., Tsang, D., Qi, J., Zhang, We, Li, N., Yin, M., Wang, J., Lippold, H., Chen, Y., Sheng, G., (2019b). Thallium pollution in China and removal Technologies for waters: a review, *Environ, Int.* 126, 771-790.

Liu J., Yin, M., Xiao, T., Zhang, C., Tsang, D., Bao, Z., Zhou, Y., Chen, Y., Luo, X., Yuan, W., Wang, J., (2020). Thallium isotopic fractionation in industrial process of pyrite smelting and environmental implications. *J. Hazard Mater.* 384, 121378.

Liu J., Li, N., Zhang, W., Wei, X., Tsang, D., Sun, Y., Luo, X., Bao, Z., Zheng, W., Wang, J., Xu, G., Hou, L., Chen, Y., Feng, Y., (2019a). Thallium contamination in farmlands and common vegetables in a pyrite mining city and potential health risks. *Environ. Pollut.* 248, 906-915.

Liu, J., Ren, S., Zhou, Y., Tsang, D., Lippold, H., Wang, J., Yin, M., Xiao, T., Luo, X., Chen, Y., (2019c). High contamination risks of thallium and associated metal(loid)s in fluvial sediments from a steel-making area and implications for environmental management. *J. Environ. Manag.* 250, 109513.

Lee M., Lin, L., Chen, C.Y., Tsao, Y., Yao, T.H., Fei, M.H., Fang, S.H., (2020). Forecasting air quality in Taiwan by using machine learning. *Sci. Rep.* 10 (1), 1–13.

Lee J.K., Kwak, M.J., Jeong, S.G., Woo, S.Y., (2022). Individual and interactive effects of elevated ozone and temperature on plant responses. *Horticulture* 8, 211.

Li K., Jacob, D.J., Shen, L., Lu, X., De Smedt, I., Liao, H., (2020). Increases in surface ozone pollution in China from 2013 to 2019: anthropogenic and meteorological influences. *Atmos. Chem. Phys.* 20, 11423–11433.

Li N., Kang, Y., Pan, W., Zeng, L., Zhang, Q., Luo, J., (2015). Concentration and transportation of heavy metals in vegetables and risk assessment of human exposure to bioaccessible heavy metals in soil near a waste-incinerator site, South China. *Sci. Total Environ.* 521–522, 144–151.

Lelieveld J., Evans, J.S., Fnais, M., Giannadaki, D., Pozzer, A., (2015). The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature* 525, 367–371.

Lin J., Long, C., Yi, C., et al., (2021). Has central environmental protection inspection improved air quality? Evidence from 291 Chinese cities. *Environ. Impact Assess. Rev.* 90, 106621.

Li B., Qiu, Z., Zheng, J., (2021). Impacts of noise barriers on near-viaduct air quality in a city: a case study in Xi'an. *Build. Environ.* 196, 107751.

Lu K.F., He, H.D., Wang, H.W., Li, X.B., Peng, Z.R., (2020a). Characterizing temporal and vertical distribution patterns of traffic-emitted pollutants near an elevated expressway in urban residential areas. *Build. Environ.* 172, 106678.

Martins, N.R., da Graça, G.C., (2018). Impact of PM_{2.5} in indoor urban environments: a review[J].*Sustain.Cities Soc.*42,259-275.

McNeill V.F., (2017). Atmospheric aerosols: clouds, chemistry, and climate. *Ann. Rev. Chem. Biomol. Eng.* 8, 427–444.

Morgan J.L.L., Shauchuk, A., Meyers, J.L., Altemeier, A., Qiao, X., Jones, M., Smith, E. D., Jiang, J., (2020). Quantifying the deposition of airborne particulate matter pollution on skin using elemental markers. *Environ. Sci. Technol.* 54, 15958–15967.

Marchenko S., et al., (2015). Revising the slant column density retrieval of nitrogen dioxide observed by the ozone monitoring instrument. *J. Geophys. Res.* 120 (11), 5670–5692.

Mersin Organize Sanayi Müdürlüğü (2018). “Mersin-Tarsus Organize Sanayi Bölgesi tarihçesi” 18.09.2022 tarihinde <http://www.mtosb.org.tr/sayfa/1/hakkimizda-tarihce/> adresinden erişildi.

Mukherjee A., Singh Yadav, D., Agrawal, S.B.S.B., Agrawal, M., Yadav, D.S., Agrawal, S. B.S.B., Agrawal, M., (2021). Ozone a persistent challenge to food security in India: current status and policy implications. *Curr. Opin. Environ. Sci. Heal.* 19, 100220.

Mitra A., Sen, I.S., Pandey, S.K., Velu, V., Reisberg, L., Bizimis, M., Cloquet, C., Nizam, S., (2021). Lead isotope evidence for enhanced anthropogenic particle transport to the Himalayas during summer months. *Environ. Sci. Technol.* 55, 13697–13708.

Manisalidis I., et al., (2020). Environmental and health impacts of air pollution: a review. *Front. Public Health* 8 (February), 1–13.

Müezzinoğlu, A.(2000).Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları. Dokuz Eylül Üniversitesi. İzmir. Türkiye.

Minguillón M.C., M. Arhami, J.J. Schauer, C. Sioutas,(2008). Seasonal and spatial variations of sources of fine and quasi-ultrafine particulate matter in neighborhoods near the Los Angeles–Long Beach harbor, Atmos. Environ. 42, 7317–7328.

Minh V.T.T., Tin, T.T., Hien, T.T., (2021). PM_{2.5} forecast system by using machine learning and wrf model, A case study: Ho chi Minh city, vietnam. Aerosol Air Qual. Res. 21, 210108.

Melaku S., V. Morris, D. Raghavan, C. Hosten,(2008). Seasonal variation of heavy metals in ambient air and precipitation at a single site in Washington, DC, Environ. Pollut. 155 , 88–98.

Nakagawa K., T. Imura, R. Berndtsson, (2021). Distribution of heavy metals and related health risks through soil ingestion in rural areas of western Japan, Chemosphere 133316.

Oksanen E., Kontunen-Soppela, S., (2021). Plants have different strategies to defend against air pollutants. Curr. Opin. Environ. Sci. Heal. 19, 100222.

Overland I., Sagbakken, H.F., Chan, H.-Y., Merdekawati, M., Suryadi, B., Utama, N.A., Vakulchuk, R., (2021). The ASEAN climate and energy paradox. Energy Clim. Change 2, 100019.

Otmani A., et al., (2020). Impact of Covid-19 lockdown on PM₁₀, SO₂ and NO₂ concentrations in Salé City (Morocco). Sci. Total Environ. 735 (2), 139541.

Peng X., (2020). Strategic interaction of environmental regulation and green productivity growth in China: green innovation or pollution refuge? Sci. Total Environ. 732, 1–14.

Pathakoti M., et al., (2020). An assessment of the impact of a nation-wide lockdown on air pollution – a remote sensing perspective over India. Atmos. Chem. Phys. Discuss. 0002 (February), 1–16.

Pappa A., Kioutsioukis, I., (2021). Forecasting particulate pollution in an urban area: from Copernicus to sub-km scale. Atmosphere 12 (7), 881.

Qin K., et al., (2020). Satellite-based estimation of surface NO₂ concentrations over eastcentral China: A comparison of POMINO and OMNO2d data. Atmos. Environ. 224 (2), 117322.

Qu Z., et al., (2021). US COVID-19 shutdown demonstrates importance of background NO₂ in inferring NO_x emissions from satellite NO₂ Observations. *Geophys. Res. Lett.* 48 (10), 1–8.

Rohde R.A., Muller, R.A., (2015). Air pollution in China: mapping of concentrations and sources. *PloS One* 10 (8).

Renoux A., D. Boulard, Les aérosols. (1988). *Physique et Métrologie*, Lavoisier Technique & Documentation, Paris.

Rosso F, Jin W, Pisello AL, Ferrero M, Ghandehari M.(2016). Translucent marbles for building envelope applications: Weathering effects on surface lightness and finishing when exposed to simulated acid rain. *Constr Build Mater* 108, 146–53.

Ren S., C. Song, S. Ye, C. Cheng, P. Gao, (2022). The spatiotemporal variation in heavy metals in China's farmland soil over the past 20 years: A meta-analysis, *Sci. Total Environ.* 806, 150322.

Song C., He, J., Wu, L., Jin, T., Chen, X., Li, R., Ren, P., Zhang, L., Mao, H., (2017a). Health burden attributable to ambient PM_{2.5} in China. *Environ. Pollut.* 223, 575e586.

Song C., Wu, L., Xie, Y., He, J., Chen, X., Wang, T., Lin, Y., Jin, T., Wang, A., Liu, Y., Dai, Q., Liu, B., Wang, Y. nan, Mao, H., (2017b). Air pollution in China: status and spatiotemporal variations. *Environ. Pollut.* 227, 334e347.

Seinfeld J.H., S.N. Pandis. (2006). *Atmospheric Chemistry and Physics from Air Pollution to Climate Change*, Second ed., Wiley, New Jersey.

Skhkky ,(2009). Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği,03.07.2009,27277.

Shahid M., Niazi, N.K., Rinklebe, J., Bundschuh, J., Dumat, C., Pinelli, E., (2019). Trace elements-induced phytohormesis: a critical review and mechanistic interpretation. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 50, 1–32.

Su Y., Liang, Y., (2015). Foliar uptake and translocation of formaldehyde with Bracket plants (*Chlorophytum comosum*). *J. Hazard Mater.* 291, 120–128.

Sen I.S., Bizimis, M., Tripathi, S.N., Paul, D., (2016). Lead isotopic fingerprinting of aerosols to characterize the sources of atmospheric lead in an industrial city of India. *Atmos. Environ.* 129, 27–33.

Singh P., Purakayastha, T.J., Mitra, S., Bhowmik, A., Tsang, D.C.W., (2020). River water irrigation with heavy metal load influences soil biological activities and risk factors. *J Environ Manage* 270, 110517.

Solek-Podwika K., Ciarkowska, K., Kaleta, D., (2016). Assessment of the risk of pollution by sulfur compounds and heavy metals in soils located in the proximity of a disused for 20 years sulfur mine (SE Poland). *J environ manage* 180, 450–458.

Samset B.H., (2018). How cleaner air changes the climate. *Science* 360, 148–150.

Sicard P., (2021). Ground-level ozone over time: an observation-based global overview. *Curr. Opin. Environ. Sci. Health* 19, 100226.

Tosun E., (2017). 2009-2016 Yılları Arasında Türkiye Hava Kalitesi Verilerinin Değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi. Türkiye.

Tang L., Xue X., Jia M., Jing H., Wang T., Zhen R., Huang M., Tian J., Guo J., Li L., Bo X., Wang S., (2020). Iron and steel industry emissions and contribution to the air quality in China, *Atmospheric Environment*, 237, 117668.

Turner M.C., Andersen, Z.J., Baccarelli, A., Diver, W.R., Gapstur, S.M., Pope III, C.A., Prada, D., Samet, J., Thurston, G., Cohen, A., (2020). Outdoor air pollution and cancer: an overview of the current evidence and public health recommendations. *CA Cancer J Clin* 70, 460–479.

Tian H., Ren, W., Tao, B., Sun, G., Chappelka, A., Wang, X., Pan, S., Yang, J., Liu, J., Felzer, S., Melillo, B.M., J, Reilly, J, (2016). Climate extremes and ozone pollution: a growing threat to China's food security. *Ecosys. Health Sustain.* 2, e01203.

TS EN 12341 (2014). Ortam havası - Askıdaki tanecikli maddenin PM₁₀ veya PM_{2,5} kütle derişimlerinin tayini için standart gravimetrik ölçme yöntemi. Ankara. Türkiye.

TS 2342 (1976). Hava Kirliliği Ölçme Metotları Yönlendirilebilir Çökelti Ölçme Cihazı Kurma Ve Çalıştırma Metodu. Ankara. Türkiye.

TS EN 13528-2 (2004). Ortam Hava Kalitesi-Gaz ve Buhar Derişimlerinin Tayini İçin Difüzif Numune Alma Cihazları-Özellikler ve Deney Metotları-Bölüm 1: Belirli Özellikler ve Deney Metotları. Ankara.Türkiye.

Unger N., Zheng, Y., Yue, X., Harper, K.L., (2020). Mitigation of ozone damage to the world's land ecosystems by source sector. *Nat. Clim. Change* 10, 134–137.

Vassilakos C., D. Veros, J. Michopoulos, T. Maggos, C.M. O'Connor,(2007). Estimation of selected heavy metals and arsenic in PM10 aerosols in the ambient air of the greater Athens area, Greece, *J. Hazard. Mater.* 140, 389–398.

Van Bree L., F.R. Cassee, (2000).Toxicity of Ambient Air PM₁₀: A Critical Review of Potentially Causative PM Properties and Mechanism Associated with Health Effects, National Insitue of Public Health and the Environment, Netherlands.

Wang Q., Su, M., (2020). A preliminary assessment of the impact of COVID-19 on environment – A case study of China. *Sci. Total Environ.* 728, 138915.

Wang K., Yin, H., Chen, Y., (2019). The effect of environmental regulation on air quality: a study of new ambient air quality standards in China. *J. Clean. Prod.* 215, 268–279.

Wang Han, Yuan, B., Hao, R., Zhao, Y., Wang, X., (2019c). A critical review on the method of simultaneous removal of multi-air-pollutant in flue gas. *Chem. Eng. J.* 378 (April), 122155.

Wang S., Gao, S., Li, S., Feng, K., (2020). Strategizing the relation between urbanization and air pollution: empirical evidence from global countries. *J. Clean. Prod.* 243, 1–10.

Wang Y., Sun, X.H., Guo, X., (2019). Environmental regulation and green productivity growth: empirical evidence on the porter hypothesis from OECD industrial sectors. *Energy Policy* 611–619.

WHO (2015), Relative risk calculations 1-14.

WHO, (2005). World Health Organization, Guidelines for Air Quality, WHO, Genebra.

Xiong T., Dumat, C., Pierart, A., Shahid, M., Kang, Y., Li, N., Bertoni, G., Laplanche, C., (2016). Measurement of metal bioaccessibility in vegetables to improve human exposure assessments: field study of soil-plant-atmosphere transfers in urban areas, South China. *Environ. Geochem. Hlth* 38, 1283–1301.

Xiao C., Goryakin, Y., Graf, S., Cecchini, M., (2017). *Healthy People, Healthy Planet*. OECD Paris.

Xia L., Lam, S.K., Kiese, R., Chen, D., Luo, Y., van Groenigen, K.J., Ainsworth, E.A., Chen, J., Liu, S., Ma, L., et al., (2021). Elevated CO₂ negates O₃ impacts on terrestrial carbon and nitrogen cycles. *One Earth* 4, 1752–1763.

Xie J., Jin, L., Cui, J., Luo, X., Li, J., Zhang, G., Li, X., (2020). Health risk-oriented source apportionment of PM_{2.5}-associated trace metals. *Environ. Pollut.* 262, 114655.

Xie j., Sun T., Liu C., Li L., Xu X., Miao S., Lin L., Chen Y., Fan S., (2022). Quantitative evaluation of impacts of the steadiness and duration of urban surface wind patterns on air quality. *Science of the Total Environment* 850, 157957.

Yang G., Lee, H., Lee, G., (2020). A hybrid deep learning model to forecast particulate matter concentration levels in Seoul, South Korea. *Atmosphere* 11 (4), 348.

Yang Z., Evans M.N., Buser M.D., Hapeman C.J., Torrents A., Whitelock D.P., (2023). Improving modeling of low-altitude particulate matter emission and dispersion: A cotton gin case study. *Journal of environmental sciences* 133, 8–22.

Yun Y, Gao R, Yue H, Li G, Zhu N, Sang N. (2015). Synergistic effects of particulate matter (PM₁₀) and SO₂ on human non-small cell lung cancer A549 via ROS-mediated NFκB activation. *J Environ Sci* 31, 146–53.

Yue X., Unger, N., Harper, K., Xia, X., Liao, H., Zhu, T., Xiao, J., Feng, Z., Li, J., (2017). Ozone and haze pollution weakens net primary productivity in China. *Atmos. Chem. Phys.* 17, 6073–6089.

Zou K., J. Wei, D. Wang, Z. Kong, H. Zhang, H. Wang, (2021). A novel remediation method of cadmium (Cd) contaminated soil: Dynamic equilibrium of Cd²⁺ rapid release from soil to water and selective adsorption by PP-g-AA fibers-ball at low concentration, *J. Hazard. Mater.* 416, 125884.

Zhang Y., Y. Zhang, O.U. Akakuru, X. Xu, A. Wu, (2021). Research progress and mechanism of nanomaterials-mediated in-situ remediation of cadmium-contaminated soil: A critical review, J. Environ. Sci. (China) 104, 351–364.

Zivin, J.G., Neidell, M., (2018). Air pollution's hidden impacts. Science 359, 39–40.

Zamani Joharestani M., Cao, C., Ni, X., Bashir, B., Talebiesfandarani, S., (2019). PM_{2.5} prediction based on random forest, XGBoost, and deep learning using multisource remote sensing data. Atmosphere 10 (7), 373. <https://doi.org/10.3390/atmos10070373>.

Zhao Z., Luo, X., Jing, Y., Li, H., Pang, Y., Wu, L., Chen, Q., Jin, L., (2020). In vitro assessments of bioaccessibility and bioavailability of PM_{2.5} trace metals in respiratory and digestive systems and their oxidative potential. J. Hazard Mater. 409, 124638.

Zhang X., Gu, X., Cheng, C., Yang, D., (2020). Spatiotemporal heterogeneity of PM_{2.5} and its relationship with urbanization in North China from 2000 to 2017. Sci. Total Environ. 744, 140925.

Zheng L., Na, M., (2020). A pollution paradox? The political economy of environmental inspection and air pollution in China. Energy Res. Soc. Sci. 70, 101773.