

**T. C.**

**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ**

**HALK SAĞLIĞI ANABİLİM DALI**

**BİR SANAYİ KENTİNDE 2016-2020 YILLARI HAVA KİRLİLİĞİ  
DÜZEYLERİNİN SOLUNUM YOLLARI HASTALIKLARI NEDENLİ HASTANE  
BAŞVURULARINA ETKİSİNİN ÇAPRAZ VAKA KONTROL ÇALIŞMA  
DİZAYNI İLE İNCELENMESİ**

**Dr. Tuğba DEMİR**

**HALK SAĞLIĞI UZMANLIK TEZİ**

**Olarak Hazırlanmıştır**

**ANKARA**

**2022**



**T. C.**

**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ**

**HALK SAĞLIĞI ANABİLİM DALI**

**BİR SANAYİ KENTİNDE 2016-2020 YILLARI HAVA KİRLİLİĞİ  
DÜZEYLERİNİN SOLUNUM YOLLARI HASTALIKLARI NEDENLİ HASTANE  
BAŞVURULARINA ETKİSİNİN ÇAPRAZ VAKA KONTROL ÇALIŞMA  
DİZAYNI İLE İNCELENMESİ**

**Dr. Tuğba DEMİR**

**HALK SAĞLIĞI UZMANLIK TEZİ**

**Olarak Hazırlanmıştır**

**DANIŞMAN**

**Dr. Cavit Işık YAVUZ**

**ANKARA**

**2022**

## TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimimiz boyunca sabır ve istekle mesleki bilgi ve deneyimlerini bizlere aktaran, tez sürecimin her aşamasında desteğini hissettiğim, hem akademik hem de kişisel gelişimime büyük katkıları olan kıymetli hocam Doç. Dr. Cavit Işık YAVUZ' a,

Başta idari konularda olmak üzere tez çalışmalarına ve uzmanlık eğitim sürecimde eğitimime verdiği destekleri için Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı Başkanı sayın Prof. Dr. K. Hakan ALTINTAŞ'a,

Uzmanlık eğitimimin boyunca eğitimimin farklı dönemlerinde çalıştığım, mesleki bilgi ve becerileriyle eğitimime katkı veren hocalarıma,

Tez sürecimde çalışma dizaynı ve analiz süreçlerine katkıları için Öğr. Gör. Dr. Hande KONŞUK ÜNLÜ'ye teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Uzmanlık eğitimi sürecinin zorluklarını beraber yaşadığımız hâlen beraber çalışmakta olduğumuz bütün uzmanlık öğrencisi arkadaşlarıma teşekkür eder, meslek hayatlarında başarılar dilerim.

Eğitim sürecim boyunca beraber çalıştığımız anabilim dalımızın tüm personellerine emekleri için teşekkürlerimi sunarım.

Beni bugünlere getiren, desteklerini esirgemeyen başta anne ve babam olmak üzere değerli aileme teşekkür eder, minnetlerimi sunarım. Bu süreçte yanımda olan eşimin değerli ailesine de ayrıca teşekkür ederim.

Koşullar ne olursa olsun hayatımın her anında bana güç veren, desteğini ve sevgisini benden esirgemeyen değerli eşim Demirhan Örsan DEMİR' e ve varlığıyla yüzümü güldüren, neşe kaynağım, biricik kızım Zeynep Beste DEMİR' e sonsuz teşekkür ederim.

Dr. Tuğba DEMİR

## ÖZET

**Demir T., Bir Sanayi Kentinde 2016-2020 Yılları Hava Kirliliği Düzeylerinin Solunum Yolları Hastalıkları Nedenli Hastane Başvurularına Etkisinin Çapraz Vaka Kontrol Çalışma Dizaynı İle İncelenmesi, Halk Sağlığı Uzmanlık Tezi, Ankara, 2022.** Bu çalışmada bir sanayi kentinde solunum sistemi hastalıkları nedeniyle 2016-2020 yılları arasında hastane başvuruları, hava kirliliği ve meteorolojik verilerinin bazı özellikleri ile hastane başvurularına hava kirletici (PM<sub>10</sub>) düzeylerinin etkisi incelenmiştir. Araştırma gözlemsel ekolojik bir çalışmadır ve çalışmada case crossover tasarımı kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan veriler ilgili birimlerden izin alınarak alınmıştır. İlde ölçüm yapan 3 istasyona ait PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> düzeylerinin yıllık ortalamaları büyük çoğunlukta limit değerlerin üzerinde bulunmuştur. İle ait meteorolojik ve hava kirliliği parametreleri arasında yapılan korelasyon analizinde parametreler arasında çeşitli düzeylerde istatistiksel anlamlı ilişki bulunmuştur. Araştırmanın ilk bölümünde 8224 hastane başvurusu, ikinci bölüm case crossover yöntem analizinde koşullu lojistik regresyon modeline 7065 başvuru dahil edilmiştir. 5 yıllık toplam 8224 başvurunun %73,8'i Astım, %26,2'si KOAH nedenlidir. Astım nedeniyle toplam başvuranların %68,8'i kadın, KOAH nedeniyle başvuranların %74,8'i erkektir. Hastalıklara göre başvurular ile yaş ve cinsiyet arasında istatistiksel anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Koşullu lojistik regresyon analizi sonuçlarına göre; 2 günlük lag periyodunda PM<sub>10</sub>'da 10 µg/m<sup>3</sup> artışa maruz kalma ile 5 yıllık toplam Astım ve KOAH başvuruları arasında istatistiksel anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Sıcak sezonda 2 günlük lag periyodunda PM<sub>10</sub> seviyelerinde 10µg/m<sup>3</sup>lük artış KOAH nedenli başvuruları 0,66 kat azalttığı bulunmuştur. 2020 pandemi yılı modelden çıkarıldığında, tüm yıllarda başvuru ve kontrol günleri öncesi 2 günlük dönemde PM<sub>10</sub> düzeyinde 10 µg/m<sup>3</sup>lük artış ile KOAH tanılı başvurular arasında istatistiksel anlamlı bir ilişki saptanmıştır. PM<sub>10</sub> düzeyinde 10 µg/m<sup>3</sup>lük artışa maruz kalmanın KOAH başvurularını 1,22 kat arttırdığı bulunmuştur. 4 yıllık analizde Astım başvuruları ile 2 günlük dönemde PM<sub>10</sub> düzeyinde 10 µg/m<sup>3</sup>lük artışa maruz kalım arasında ilişki bulunmamıştır.

Anahtar Kelimeler: Hava kirliliği, Astım, KOAH, Case-crossover, Hastane başvuruları

## ABSTRACT

**Demir T., Investigation of the Effect of Air Pollution Levels on Hospital Admissions Caused by Respiratory Diseases in an Industrial City for the Years 2016-2020 with Case Crossover Study Design, Public Health Specialization Thesis, Ankara, 2022.** In this study, hospital admissions due to respiratory system diseases in an industrial city, some characteristics of air pollution and meteorological data, and the effects of air pollutant levels on hospital admissions were investigated. The research is an observational ecological study and a case crossover design was used in the study. The data were obtained by obtaining permission from the relevant units. Annual averages of air pollutant levels of 3 air quality monitoring stations measuring in the province were found above the limit values in the vast majority. In the correlation analysis between the meteorological and air pollution data, a statistically significant relationship was found between the parameters at different levels. In the first part of the study, 8224 hospital admissions were included. In the second part of the case crossover method analysis, 7065 admissions were included in the conditional logistic regression model. %73.8 of the total 8224 admissions for 5 years were due to Asthma and %26.2 to COPD. %68.8 of total admissions for asthma are women, %74.8 of total admissions for COPD are men. A statistically significant relationship found between admissions according to diseases and age and gender. According to the results of conditional logistic regression analysis; a statistically significant relationship not found between each  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  increase in 2-day lag of  $\text{PM}_{10}$  concentrations and 5year total Asthma and COPD admissions. An increase of  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  in  $\text{PM}_{10}$  levels in the 2-day lag period in the hot season decreased by 0.66 times COPD admissions was found statistically significant. When the 2020 pandemic year was excluded from the model, a statistically significant relationship was found between each  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  increase in 2-day lag of  $\text{PM}_{10}$  level and the COPD admissions. It was found that exposure to a  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  increase in  $\text{PM}_{10}$  level increased COPD admissions 1.22 times. There is no significant relationship was found between  $\text{PM}_{10}$  levels and Asthma admissions.

**Key words:** Air pollution, Asthma, COPD, Case-crossover, Hospital admissions

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR .....	iii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	ix
ŞEKİLLER VE GRAFİKLER DİZİNİ.....	xi
TABLolar DİZİNİ .....	xii
1. GİRİŞ VE GEREKÇE: .....	1
2. AMAÇLAR: .....	6
2.1 Kısa Dönem Amaçlar:.....	6
2.2 Uzun Dönem Amaçlar:.....	6
3. GENEL BİLGİLER: .....	7
3.1 Çevresel Etkenler ve Sağlık .....	7
3.2 Hava Kirliliği .....	8
3.3 Hava Kirleticilerin Sınıflandırılması .....	9
3.3.1 Birincil Kirleticiler .....	9
3.3.2 İkincil Kirleticiler .....	9
3.3.3 Gazlar .....	10
3.3.4 Partikül Maddeler.....	10
3.4 Hava Kirleticilerin Özellikleri.....	11
3.4.1 Partikül Madde (PM) .....	11
3.4.2 Kükürt dioksit (SO <sub>2</sub> ) .....	12
3.4.3 Azot oksitler (NO <sub>x</sub> ).....	12
3.4.4 Karbon monoksit (CO).....	13
3.4.5 Ozon (O <sub>3</sub> ).....	13
3.4.6 Uçucu Organik Bileşikler (UOB).....	14
3.5 Hava Kirliliği Kaynakları .....	14
3.5.1 Isınmadan Kaynaklı Hava Kirliliği:.....	15
3.5.2 Sanayiden Kaynaklı Hava Kirliliği:.....	17

3.5.3	Ulaşımdan Kaynaklı Hava Kirliliği .....	18
3.5.4	Enerji Üretimi Kaynaklı Kirliliği .....	19
3.5.5	Kentleşmeden Kaynaklı Hava Kirliliği .....	21
3.6	Hava Kirliliği Ölçüm ve Değerlendirmeleri.....	22
3.7	Atmosferik Koşullar, Meteorolojik Faktörler Ve Hava Kirliliği İlişkisi .....	25
3.7.1	Rüzgâr .....	26
3.7.2	Sıcaklık .....	26
3.7.3	Nem .....	27
3.7.4	Basınç .....	27
3.8	Coğrafi Özellikler Ve Hava Kirliliği.....	27
3.9	Dünya’da Hava Kirliliği .....	29
3.10	Türkiye’de Hava Kirliliği .....	31
3.11	Hava Kirliliği Ve Kirleticilerin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri .....	34
3.11.1	Alerjik Hassasiyet ve Rinit .....	35
3.11.2	Otoimmün Hastalıklar .....	36
3.11.3	Kemik ve Eklem İlişkili Hastalıklar .....	36
3.11.4	Maligniteler .....	36
3.11.5	Kardiyovasküler Sistem Hastalıkları .....	37
3.11.6	Bilişsel Fonksiyon ve Nörolojik Hastalıklar .....	38
3.11.7	Diyabet, Obezite ve Endokrin Hastalıklar.....	39
3.11.8	Solunum Sistemi Hastalıkları.....	40
3.12	Hava Kirliliği Ve Sağlık Etkileri Alanında Yapılan Çalışmalar .....	41
3.12.1	Epidemiyolojik Çalışmalar .....	41
3.12.2	Çapraz Vaka Kontrol Tasarım ve Hava Kirliliği Alanında Yapılan Çalışmalar.....	43
4.	GEREÇ VE YÖNTEM.....	51
4.1	Araştırmanın Yeri:.....	51
4.2	Araştırmanın Evreni, Araştırma Grubu .....	52
4.3	Araştırmanın Tipi .....	52
4.4	Araştırmanın Değişkenleri .....	52
4.4.1	Bağımlı Değişkenler.....	52
4.4.2	Bağımsız Değişkenler .....	53



4.5	Verilerin Toplanması: .....	54
4.6	Araştırma Yöntemi ve Verilerin Analizi.....	55
4.6.1	Veri tabanlarının oluşturulması ve analize hazırlanması .....	55
4.6.2	Veri tabanı analizleri .....	55
4.6.3	İstatistiksel analizler .....	58
4.7	Etik Konular ve Kurumsal İzinler .....	59
4.8	Araştırmanın İnsan Gücü .....	59
4.9	Araştırmanın Bütçesi .....	59
4.10	Araştırmanın Zaman Çizelgesi .....	60
5.	BULGULAR: .....	61
5.1	Hava Kirliliği Ölçüm İstasyonları Verilerinin Tanımlayıcı Bulguları .....	62
5.2	Meteorolojik Verilerin Tanımlayıcı Bulguları.....	65
5.3	Hastane Başvurularının Tanımlayıcı Bulguları .....	67
5.4	Hava Kirliliği Parametreleri Ve Meteorolojik Verilerin Karşılaştırılması.....	72
5.5	Hastane Başvuruları İle İlişkili Olabilecek Faktörlerin Değerlendirilmesine Ait Bazı Bulgular.....	75
5.6	Hastane Başvuruları Ve Hava Kirliliği İlişkinin İncelenmesine Ait Case-Cross Over Analizine Ait Bulgular .....	78
5.6.1	Koşullu Lojistik Regresyon Analizi Sonuçları .....	78
5.6.2	Koşullu Lojistik Regresyon Sonuçları (2016-2019) .....	81
6.	TARTIŞMA:.....	82
6.1	Araştırmanın Kısıtlılıkları.....	99
7.	SONUÇ: .....	103
8.	KAYNAKLAR: .....	108
9.	EKLER: .....	121
Ek 1.	Karabük İl Sağlık Müdürlüğü İzin Belgesi .....	121
Ek 2.	Etik Kurul İzni .....	122
Ek 3.	Karabük Meteoroloji Genel Müdürlüğü İzin Belgesi.....	123

## SİMGELER VE KISALTMALAR

**DSÖ:** Dünya Sağlık Örgütü

**A.B.D:** Amerika Birleşik Devletleri

**KOAH:** Kronik Obstruktif Akciğer Hastalığı

**PM:** Partiküler Madde

**O<sub>3</sub>:** Ozon

**NO<sub>2</sub>:** Nitrojen Dioksit

**CO:** Karbon Monoksit

**SO<sub>2</sub>:** Kükürt Dioksit

**PAH:** Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar

**NO<sub>x</sub>:** Azot Oksitler

**COVID-19:** Yeni Korona Virüs Hastalığı

**CH<sub>4</sub>:** Metan

**NH<sub>3</sub>:** Amonyak

**H<sub>2</sub>S:** Hidrojen Sülfür

**SO<sub>3</sub>:** Kükürt Trioksit

**MAK:** Maksimum Atmosfer Konsantrasyonu

**MİK:** Maksimum İşyeri Konsantrasyonu

**DTK:** Doğrudan Tehlike Konsantrasyonu

**HKDY:** Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği

**HKİ:** Hava kalitesi indeksi

**EPA:** Çevre Koruma Ajansı

**GSYİH:** Gayrı Safi Yurtiçi Hasıla

**DALY:** Yeti Yitimine Ayarlanmış Yaşam Yılı

**UVS:** Uzun Vadeli Sınır Değer

**KVS:** Kısa Vadeli Sınır Değer

**EAA:** Avrupa Çevre Ajansı

**IARC:** Uluslararası Kanseri Ajansı

**AML:** Akut Miyeloid Lösemi

**DNA:** Deoksiribonükleik Asit

**HbA1c:** Hemoglobini A1c

**ÇVK:** Çapraz Vaka Kontrol

**TUİK:** Türkiye İstatistik Kurumu

**KÜ EAH:** Karabük Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi

**ICD:** Uluslararası Hastalık Sınıflandırması

**µg/m<sup>3</sup>:** mikrogram/metreküp

**°C:** Santigrat Derece

**hPa:** Hectopascal

**m/sn:** metre/saniye

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil 3.1</b> Çalışma Tasarımı ve Bilimsel Çıkarımın Şematik Sunumu	50
<b>Şekil 4.1</b> Hastane Başvurularının Seçilme Şeması	57

## TABLOLAR DİZİNİ

<b>Tablo 3.1</b> 2005 ve 2021 Yıllarında Kirleticilerin Önerilen Sınır Değerleri .....	23
<b>Tablo 3.2</b> EPA (United States Environmental Protection Agency) Hava Kalitesi İndeksi (62).....	25
<b>Tablo 4.1</b> Araştırmanın Zaman Çizelgesi (Ankara, 2022).....	60
<b>Tablo 5.1.1</b> Karabük İli Kardemir 1 Hava Kirliliği Ölçüm İstasyonu Hava Kirliliği Ölçüm Verileri (2016-2020) .....	62
<b>Tablo 5.1.2</b> Karabük İli Kardemir 2 Hava Kirliliği Ölçüm İstasyonu Hava Kirliliği Ölçüm Verileri (2016-2020) .....	63
<b>Tablo 5.1.3</b> Karabük İli Tören Alanı Hava Kirliliği Ölçüm İstasyonu Hava Kirliliği Ölçüm Verileri (2016-2020) .....	64
<b>Tablo 5.2.1</b> Karabük İli Meteorolojik Ölçüm Verileri (2016-2020) .....	65
<b>Tablo 5.2.1</b> Devamı .....	66
<b>Tablo 5.3.1</b> Yıllara göre ASTİM ve KOAH tanılı hastane başvurularının dağılımı (Karabük, 2016-2020).....	67
<b>Tablo 5.3.2</b> Yıllara göre ASTİM tanılı hastane başvurularının yaş dağılımı (Karabük, 2016-2020) .....	68
<b>Tablo 5.3.3</b> Yıllara göre KOAH tanılı hastane başvurularının yaş dağılımı (Karabük, 2016-2020) .....	69
<b>Tablo 5.3.4</b> Yıllara göre Astım ve KOAH nedenli başvuruların yaş dağılımının bazı özellikleri (Karabük, 2016-2020) .....	70
<b>Tablo 5.3.5</b> Yıllara göre Astım ve KOAH tanısı ile başvuran hastaların cinsiyete göre dağılımı (Karabük, 2016-2020) .....	71
<b>Tablo 5.4.1</b> Karabük İli Kardemir 1 Hava Kirliliği Ölçüm İstasyonu ve Meteorolojik Parametreler Korelasyon Analizi (2016-2020) .....	72
<b>Tablo 5.4.2</b> Karabük İli Kardemir 2 Hava Kirliliği Ölçüm İstasyonu ve Meteorolojik Parametreler Korelasyon Analizi (2016-2020) .....	73
<b>Tablo 5.4.3</b> Karabük İli Tören Alanı Hava Kirliliği Ölçüm İstasyonu ve Meteorolojik Parametreler Korelasyon Analizi (2016-2020) .....	74

<b>Tablo 5.5.1</b> Yıllara Göre Astım Nedenli Hastane Başvuru Günleri PM <sub>10</sub> ve SO <sub>2</sub> Ölçüm Değerlerinin Karşılaştırılması (Karabük 2016-2020) .....	75
<b>Tablo 5.5.2</b> Yıllara Göre KOAH Nedenli Hastane Başvuru Günleri PM <sub>10</sub> ve SO <sub>2</sub> Ölçüm Değerlerinin Karşılaştırılması (Karabük 2016-2020) .....	76
<b>Tablo 5.5.3</b> Karabük Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi'ne Astım ve KOAH Tanısı İle Başvuran Hastaların Yaş ve Cinsiyet Dağılımı (2016-2020).....	77
<b>Tablo 5.6.1</b> Tehlike ve Kontrol Periyotlarında Maruz Kalım Kriterine (2 günlük Lag Periyodunda PM <sub>10</sub> 'da 10 µg/m <sup>3</sup> Artış) Göre Maruz Kalma Durumu .....	78
<b>Tablo 5.6.1.1</b> Astım ve KOAH Tanılı 5 Yıllık Toplam Hastane Başvurularının ÇVK Tasarımına Göre Koşullu Lojistik Regresyon Sonuçları (Karabük 2016-2020) .....	78
<b>Tablo 5.6.1.2</b> Yıllara Göre Astım ve KOAH Tanılı Hastane Başvurularının ÇVK Tasarımına Göre Koşullu Lojistik Regresyon Sonuçları (Karabük 2016-2020) .....	79
<b>Tablo 5.6.1.3</b> Astım ve KOAH Tanılı Toplam Hastane Başvurularının ÇVK Tasarımına Göre Koşullu Lojistik Regresyon Sonuçları (Karabük 2016-2020) .....	80
<b>Tablo 5.6.2.1</b> Astım ve KOAH Tanılı 4 Yıllık Toplam Hastane Başvurularının ÇVK Tasarımına Göre Koşullu Lojistik Regresyon Sonuçları (Karabük 2016-2019) .....	81

## 1. GİRİŞ VE GEREKÇE

İnsan sağlığı ve iyilik hali, temiz hava, su, toprak ve sağlıklı gıdanın kaynağı olan sürdürülebilir bir doğal çevre ile yakından ilişkilidir (1). Temiz hava, temiz suya erişim, yeterli sanitasyon ve hijyen, kimyasalların güvenli kullanımı, radyasyondan korunma, sağlıklı tarım uygulamaları ve korunmuş bir doğa, sağlıklı yaşam için ön koşullardır. Bu koşulların sağlandığı daha sağlıklı ortamlar küresel hastalık yükünün yaklaşık dörtte birini önleyebilir. 2016 yılı verilerine göre, küresel ölümlerin yaklaşık %24'ü değiştirilebilir çevresel etmenlere bağlı gerçekteşmiştir. Sağlıksız çevre koşullarının en sık neden olduğu hastalıklar; iskemik kalp hastalığı, kronik solunum yolu hastalıkları ve kanserlerdir. Yaralanmalar, diğer solunum yolu hastalıkları ve inme bu hastalıkları takip etmektedir (2).

Değiştirilebilir çevresel risklere atfedilen olumsuz sağlık sonuçları ve hastalıkların anlaşılması, önleme fırsatları için farkındalık oluşturup önleyici tedbirlerin alınmasında küresel çabalara ivme kazandırabilir (3). Çevre sağlığının sağlık üzerine olumsuz etkileri gün geçtikçe daha güçlü kanıtlarla gösterilmektedir. Bu kanıtlar özellikle günümüzde bir halk sağlığı sorunu haline dönüşen hava kirliliği üzerinde yoğunlaşmaktadır. 2015 yılında Dünya Sağlık Asamblesi, hava kalitesi konusunda önemli bir kararı benimseyerek, hava kirliliğini iskemik kalp hastalığı, inme, kronik obstrüktif akciğer hastalığı, astım ve kanser gibi bulaşıcı olmayan hastalıklar için bir risk faktörü olarak kabul etmiştir (4).

Hava kirliliği, atmosferin doğal özelliklerini değiştiren herhangi bir kimyasal, fiziksel veya biyolojik ajan ile yapı içi veya dış ortamın kirlenmesidir. Artan kentleşme ve sanayileşme faaliyetleri ile antropojenik hava kirliliği dünya çapında en büyük halk sağlığı tehlikelerinden biri haline gelmiştir (2). Araç emisyonları, yakıt, ısınma, özellikle kömür yakıtlı elektrik santralleri ve kimyasal üretimden çıkan kirleticiler antropojenik kaynaklı hava kirliliğinin başlıca kaynaklarıdır (5) .

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) verilerine göre, küresel nüfusun neredeyse tamamı (%99), DSÖ kılavuz sınırlarını aşan ve yüksek düzeyde kirletici içeren hava solumaktadır ve bu maruz kalım düşük ve orta gelirli ülkelerde en yüksek düzeydedir (2).

Dünyanın hemen her yerinde yapılan çeşitli araştırmalar, kirlilik seviyelerindeki günlük artışların farklı patolojilere neden olduğunu göstermektedir(6). ABD Çevre Koruma Ajansı (*U.S. Environmental Protection Agency, EPA*), Dünya Sağlık Örgütü ve diğer kuruluşlar tarafından yapılan literatür incelemeleri, ortam hava kirliliğine uzun süre maruz kalmanın kardiyovasküler ve solunum yolu hastalıkları ile akciğer kanserinden kaynaklanan mortalite ve morbiditeyi artırdığını ve yaşam beklentisini kısalttığını göstermiştir. Küresel Hastalık, Yaralanma ve Risk Faktörleri Çalışması 2015 (*The Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors Study 2015*) 'in 1990-2015 yılları arasında 195 ülkede 79 risk faktörüne atfedilebilen hastalık yükünü tahmin ettiği çalışmada; hava kirliliği özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde küresel hastalık yükünün önde gelen nedeni olarak tanımlanmıştır (7). Hava kirliliğinin sağlık üzerindeki etkileri ciddi olup; inme, akciğer kanseri ve kalp hastalığı kaynaklı ölümlerin üçte biri hava kirliliğinden kaynaklanmaktadır (8). Bu etkiler kirli hava vücuda solunum yoluyla ulaşırsa da diğer birçok organa zarar verebilecek sistemik etkilere sahip olduğunu göstermektedir (9).

Solunum sistemi, hava kirliliğinden etkilenen ana sistemdir ve yapılan çalışmalar en çok etkilenen organın akciğer olduğunu göstermiştir (10). Amerikan Toraks Derneği' nin resmi açıklamasına göre hava kirliliğinin solunum sistemine zararlı etkileri; pulmoner fonksiyonda azalma, pulmoner enfeksiyonlarda artış, solunum sıkıntısı semptomlarında artış , kronik obstrüktif akciğer hastalığı akut alevlenmeleri , astım başlangıcı, hastaneye başvuru ve yatış sayılarında artış, artan solunum mortalitesi ve çocukluk astımının daha yüksek prevalansı olarak bildirilmiştir (11). Konu ile ilgili son yıllara ait literatür incelendiğinde, akciğer kanserine bağlı mortalitede ve bronşiyal astım ile kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) insidansında artış görülmektedir (12).



İnsanlarda hastalık gelişiminde ana faktör olan birçok kirletici vardır. Bunlar arasında, değişken çaplarda bulunan partiküller olan Partikül Madde (PM), inhalasyon yoluyla solunum sistemine nüfuz ederek solunum, kardiyovasküler, üreme ve merkezi sinir sistemi hastalıkları ile kansere neden olmaktadır (13). İnce ve ultra ince partikül maddeler, akciğer alveollerine rahatlıkla ulaşır kılcallar yolu ile kan dolaşımına daha kolay için karışabileceği için akciğer, kalp ve beyinde hasar oluşturabilir (14). Partikül maddenin boyutunun ötesinde, verdiği zarar yapısı ve bileşimi ile de ilgilidir. Ağır metal ve yüksek düzeyde kükürt içeren kömür yanması başta olmak üzere fosil yakıt kaynaklı parçacıklar daha fazla toksik etkiye sahiptir (9). Ozon (O<sub>3</sub>), nitrojen dioksit (NO<sub>2</sub>), uçucu organik bileşikler, karbon monoksit (CO) ve kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) insanlarda hastalığa yol açan diğer önemli kirleticilerdir (15). NO<sub>2</sub>, karayolu trafiğinden veya kapalı gaz ocaklarından kaynaklı, SO<sub>2</sub> yanan fosil yakıtlardan kaynaklı ve O<sub>3</sub> güneş ışığının araç emisyonlarından kaynaklanan kirleticilerle reaksiyonundan kaynaklı kirleticilerdir (8). Bu hava kirleticiler, solunum yolu hastalığı alevlenmelerinin iyi bilinen tetikleyicileri olup öksürük, balgam ve bronş aşırı duyarlılığını indükleyebilen tahriş edici etkilere sahiptirler. Yapılan çalışmalarda PM düzeylerindeki artışların; astım, KOAH ve sıklıkla solunum yolu enfeksiyonlarına atfedilen solunum semptomları için acil servise artan başvurular ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (16). Gaz haldeki kirleticilerin insan dokusuna verdiği zarar; suda çözünürlük, oksitleme yeteneği, dağılımı gibi özellikleri ile etkilenen kişinin duyarlılığına bağlıdır. SO<sub>2</sub> suda yüksek çözünebilir ve üst solunum yolu ile cilde ciddi hasar verebilirken, NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> suda daha çözünürlük ve akciğerin daha derinlerine nüfuz ederek hasar verebilir (10). Bu kirleticilerin solunum sistemi dışında diğer sistemleri de etkilediği yapılan bazı çalışmalar ile gösterilmiştir. Havada artan O<sub>3</sub> miktarının apandisit riskini artırabileceği ve hatta perforasyon apandisitine neden olabileceği yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (17). İspanya’da yapılan hava kirliliği ile mesane kanseri ilişkisini inceleyen bir vaka kontrol çalışmasında yaşanan konut yakınındaki endüstrilerden kaynaklı polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) ve dizel emisyonlarının mesane kanseri için artan risk ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (18).

Günümüzdeki kadar yoğun olmasa da hava kirliliği sorunu ateşin bulunmasından itibaren çevresel bir tehdit olmaya başlamıştır. Sanayi devriminden sonra özellikle 20. yüzyılda hava kirliliği nedeni ölümler olmuş ve çok ciddi sağlık sorunları ortaya çıkmaya başlamıştır. Hava kirliliğinin bu denli ciddi bir sorun haline dönüşmesine endüstriyel faaliyetlerin artması neden olmuştur. Hızlı sanayileşme faaliyetlerinden kaynaklı hava kirliliğinin başlıca nedenleri sanayide enerji elde etmek için kullanılan yakıtlar, yanlış yer seçimi ve kontrolsüzce sanayi kuruluşlarından açığa çıkan atık gazların atmosfere salınmasıdır. Türkiye’de hava kirliliğini büyük ölçüde arttıran endüstriler petrokimya, çimento, enerji santralleri ve demir çelik endüstrisidir. Sanayi faaliyetinin çeşidine göre ortaya çıkan kirleticilerin türü ve miktarı değişmektedir. Katı veya sıvı yakıt kullanan enerji santrallerinde yanma sonucu fazla miktarda SO<sub>2</sub> ve CO atmosfere salınmaktadır. Azot oksitler (NO<sub>x</sub>) termik santraller başta olmak üzere gübre sanayisi faaliyetleri sonucu oluşurlar. Özellikle petro kimya endüstrisi faaliyetleri sonucu uçucu organik bileşikler oluşmaktadır. Kömür yakan enerji santrallerinde, çimento, madencilik ve demir çelik endüstrisinde önemli miktarlarda PM emisyonları açığa çıkmaktadır. Demir çelik endüstrisinde yakma için kullanılan kok gazı kükürt bileşenleri içerdiğinden SO<sub>2</sub> oluşumuna neden olmaktadır (19).

Hava kirliliğinin artan sağlık etkilerine dikkat çekmek için yapılan ulusal ve uluslararası çalışmalar giderek artmaktadır. PM<sub>10</sub> ortalamaları ile hastane başvurularında artışın değerlendirildiği bir çalışmada, solunum ve kardiyovasküler sistem hastalıkları nedeni başvurular ile PM<sub>10</sub> düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki gözlenmiştir(20). Ankara’da bir şehir hastanesi göğüs hastalıkları kliniğinde yapılan bir çalışmada; havada kirletici düzeyleri arttıkça acil servise göğüs hastalıkları nedeni başvuruların arttığı ve bu artışların özellikle PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> ve PM<sub>2,5</sub> düzeyleri ile pozitif yönlü doğrusal bir korelasyon gösterdiği saptanmıştır. Hava kirliliğinin göğüs hastalıkları ile ilgili semptomlarını tetiklediği ve özellikle KOAH, astım ve pnömoni riskinde artışa neden olduğu gösterilmiştir (21). Giderek artan çalışmalar, hava kirliliği ile solunum yolu hastalığı arasındaki ilişkinin tüm yönleriyle ortaya konulması gerektiği ihtiyacını göstermektedir. Hava kirliliğinin ciddi bir küresel halk

sağlığı sorunu haline gelmesi ve bu alanda artan kanıtlara ihtiyaç duyulması nedeniyle uluslararası literatürde yaygın kullanılan farklı bir tasarımla yürütölen bu çalışmada, ciddi bir endüstri kenti olan Karabük ilinde hava kirliliği ve meteorolojik parametreler ile solunum sistemi hastalıkları nedenli hastane başvurularının ilişkisini incelemek amaçlanmıştır.

## 2. AMAÇLAR

### 2.1 Kısa Dönem Amaçlar

Bir sanayi kentinde beş yıllık dönemde;

- Solunum sistemi hastalıkları nedeni hastane başvuru sayılarının ve belirli özelliklerinin belirlenmesi,
- Solunum sistemi hastalıkları nedeni hastane başvuruları ile bazı hava kirletici (PM<sub>10</sub>) düzeyleri arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi

### 2.2 Uzun Dönem Amaçlar

- Mevsimsel faktörler ve hava kirliliği sonucu oluşan etkinin yönü ve anlamlılığı doğrultusunda elde edilen sonuçlara göre, önleyici tedbirler ile ilgili farkındalık oluşturarak hastalıkların atak insidansının azalmasına katkı sağlamak,
- Çalışmanın, ülkemizde bu alanda çapraz vaka kontrol tasarımı ile yapılan nadir çalışmalardan biri olması sebebiyle yapılacak diğer çalışmalara ve literatüre katkı sağlamak.

### 3. GENEL BİLGİLER

#### 3.1 Çevresel Etkenler ve Sağlık

İnsan sağlığı ve refahı, yaşadığı çevrenin durumu ile yakından ilişkilidir. İnsanla bir şekilde etkileşen çevresel etmenlerin tümü insan ve toplum sağlığı için önemlidir. Çevre, insanın genetiği dışındaki her şey olarak tanımlanmaktadır. Çevrenin geniş bir yelpazeye sahip bu tanımı, çevrenin çok çeşitli bileşenlere sahip olduğunu göstermektedir. Bu bileşenler fiziksel (radyasyon, sıcaklık, gürültü vb), kimyasal (tarımda kullanılan kimyasallar, solventler, ağır metaller vb), biyolojik (bakteriler, virüsler, artropodlar, mantarlar gibi çeşitli mikroorganizmalar vb), sosyokültürel, ekonomik ve davranışsal etmenler (iş çevresi, aile, arkadaşlar, kişisel alışkanlıklar, diyet, stres vb) olarak değerlendirilmektedir. Bu bileşenlere bakıldığında çevre, kişi üzerindeki dış etkenlerin bütünüdür (22). Çevre kirliliği ve çevrenin bozulması çeşitli mekanizmalarla yaşamı etkilemektedir. Çevresel etmenler; hastalığa neden olarak, var olan hastalıkların gidişatını etkileyerek, hastalıkların yayılımını kolaylaştırarak, sağlığı doğrudan ya da dolaylı etkilemektedir (22). Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre, tüm küresel ölümlerin tahmini olarak %24'ü çevresel etmenlere bağlıdır (23).

Günümüzde çevre ile ilgili sorunlar (ekolojik dönüşüm, iklim krizi, biyoçeşitlilik kaybı, su ile ilgili sorunlar, atıklar ve kirlilik) sağlık alanında göz önünde bulundurulması gereken önemli bir konu haline gelmiştir. Yakın zamanda yaşanan COVID-19 salgını, insanlarla yaşadığımız gezegen arasındaki hassas ilişkinin önemli bir hatırlatıcısı niteliğindedir. Temiz hava, yeterli su, sanitasyon ve hijyen, kimyasalların güvenli kullanımı, radyasyondan korunma, sağlıklı ve güvenli işyerleri, sağlıklı tarım uygulamaları, sağlığı destekleyici şehirler ve korunmuş bir doğa, sağlıklı bir yaşam için ön koşullardır (2). Dünyada hala yaklaşık 83 milyon insan yeterli sanitasyon sistemine erişememektedir. Toksik pestisitlere, kurşuna ve cıvaya maruz kalma gibi tehlikeli kimyasal riskler; çocukları ve hamile kadınları orantısız bir şekilde etkileme eğilimindedir. İklim değişikliği gibi çevresel değişiklikler; küresel olarak fiziksel, biyolojik ve ekolojik sistemleri bozarak o bölgedeki insanların sağlığı ve refahı üzerinde giderek artan bir etkiye sahiptir. Aşırı hava olayları; gıda güvensizliği, temiz

suya erişimde zorluk, vektör kaynaklı hastalıkların yayılımını kolaylaştırarak sağlık olumsuz etkileyen durumları şiddetlendirmektedir (24). Günümüzde küresel bir sorun haline gelen ve çevresel etmenler ile sağlık ilişkisinin en önemli belirleyicilerinden biri olan hava kalitesi, dünyanın iklimi ve ekosistemleri ile yakından ilişkilidir (2).

### 3.2 Hava Kirliliği

Hava, tüm canlılar için hayati bir öneme sahiptir ve tüm insanların temiz havaya erişimi temel insan hakkıdır (25). İnsan sağlığı veya çevresel dengeleri bozacak şekilde havanın bileşiminin değişmesi ya da havada bulunmaması gereken maddelerin havaya karışması "hava kirliliği" olarak tanımlanmaktadır (26).

Antropojenik hava kirliliği dünya çapında en büyük halk sağlığı tehlikelerinden biridir. Hava kirliliği; sadece iklim değişikliği üzerindeki etkisiyle değil, aynı zamanda halk sağlığı üzerinde morbidite ve mortalite artışı etkisinden dolayı önemli bir sorun haline gelmiştir (27). Hava kirliliğine maruz kalmayla ilişkili küresel hastalık yükü, dünya çapında insan sağlığına büyük zarar vermektedir: hava kirliliğine maruz kalmanın her yıl milyonlarca ölüme ve yıllarca sağlıklı yaşam kaybına neden olduğu tahmin edilmektedir. Hava kirliliğine atfedilebilen hastalık yükünün, sağlıksız beslenme ve tütün kullanımı gibi diğer önemli küresel sağlık riskleriyle aynı düzeyde olduğu tahmin edilmektedir ve hava kirliliği artık insan sağlığına yönelik en büyük çevresel tehdit olarak kabul edilmektedir (28).

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) verilerine göre; hava kirliliği her yıl tahmini 7 milyon erken ölüme neden olmaktadır. Dünyada 10 kişiden 9'u DSÖ kılavuz sınırlarını aşacak düzeyde kirletici içeren hava solumakta ve bu maruz kalım düşük ve orta gelirli ülkelerde çok daha fazla olmaktadır (29). Dünya Sağlık Örgütü hava kalitesi veri tabanı 2022 yılı güncellemesinde belirtilen kılavuz sınırlara göre; dünya nüfusunun %99'u hava kirliliği seviyelerinin DSÖ kılavuz sınırlarını aştığı yerlerde yaşamaktadır (30). Dünya' da her yıl 4,2 milyon ölüm dış ortam hava kirliliğine maruz kalımın bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (2). 2016 yılı DSÖ verilerine göre, Türkiye'de hava kirliliğine atfedilebilir ölüm oranı 100.000 de 46,15'tir (7).

### 3.3 Hava Kirleticilerin Sınıflandırılması

Bir maddenin kirletici olması için insan sağlığını olumsuz etkilemesi gerekmektedir. Örneğin havada %78 bulunan azot ( $N_2$ ) kirletici olarak kabul edilmez. Kirleticilerin sağlığa etkilerinin iyi gözlemlenmesi ve tanımlanması önemlidir. Bir kirletici sağlığı akut etkilemeyebilir fakat uzun dönemde kronik maruz kalıma bağlı olumsuz sağlık sonuçları gözlemlenebilir. Kılavuz değerlerin altındaki seviyelerde etkilenim mutlak olarak göz ardı edilmemelidir. Kılavuz değerlerin altında çeşitli kimyasallara maruz kalım ya da aynı kimyasala birden fazla yolla maruz kalma da bu değerlerin altında olumsuz sağlık sonuçlarına neden olabilmektedir (31).

Kirleticiler için çeşitli sınıflamalar mevcuttur. Birincil veya ikincil kirleticiler olarak sınıflandırılabilirler. Birincil kirleticiler, kaynaklardan doğrudan atmosfere yayılan maddelerdir. İkincil kirleticiler ise atmosferde kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşurlar. Bu sınıflamaya göre kirleticiler şu şekilde sıralanabilir (28):

#### 3.3.1 Birincil Kirleticiler

- Karbon bileşikleri (karbon monoksit ( $CO$ ), karbon dioksit ( $CO_2$ ), metan ( $CH_4$ )) ve uçucu organik bileşikler (UOB)
- Azot bileşikleri (azot oksit ( $NO$ ), azot dioksit ( $N_2O$ ) ve amonyak ( $NH_3$ ))
- Kükürt bileşikleri (hidrojen sülfür ( $H_2S$ ) ve kükürt dioksit ( $SO_2$ ))
- Halojen bileşikler (klor, flor ve brom bileşikleri)
- Partiküler madde (PM)

#### 3.3.2 İkincil Kirleticiler

$NO$ 'dan oluşan  $NO_2$  ve Nitrik asit ( $HNO_3$ )

- Azot oksit ve uçucu organik bileşiklerden fotokimyasal reaksiyonlar ile oluşan ozon ( $O_3$ )
- $SO_2$ 'den oluşan sülfürik asit damlacıkları ve  $NO_2$ 'den oluşan nitrik asit damlacıkları

- Sülfürik asit ve nitrik asit damlacıkları ile  $\text{NH}_3$  reaksiyonundan oluşan sülfat ve nitrat aerosolleri (amonyum bisülfat, amonyum nitrat)
- Gaz-partikül reaksiyonu ile uçucu organik bileşiklerden oluşan organik aerosoller

Kirleticiler aynı zamanda fiziksel durumlarına göre gaz ve partikül olarak da sınıflandırılmaktadır. Gazlar filtrelerden geçebilen küçük moleküller olup, partiküller ise atmosferde katı ya da sıvı halde asılı damlacıklar olarak bulunurlar, antropojenik ve doğal kaynaklardan havaya salınırlar. Fiziksel durumlarına göre kirleticilerin sınıflaması şu şekildedir (25,28):

### 3.3.3 Gazlar

- Kükürt dioksit
- Azot oksitler
- Hidrokarbonlar
- Karbon monoksit
- Ozon
- Uçucu organik bileşikler

### 3.3.4 Partikül Maddeler

Aerodinamik çaplara göre;

- Burun ve ağızdan kolayca girebildikleri için "inhale edilebilir" olarak da adlandırılan 100 mikrondan küçük parçacıklar
- Solunum sisteminin derinliklerine ulaşabildiği için "torasik" olarak da adlandırılan 10 mikrondan küçük parçacıklar
- Solunum sisteminden kan dolaşımına boyutu nedeniyle rahatça geçebilen "solunabilir" olarak adlandırılan 4 mikrondan küçük partiküller



- 2,5 mikrondan küçük ince partiküller
- 0,1 mikrondan küçük ultra ince partiküller

### 3.4 Hava Kirleticilerin Özellikleri

Halk sağlığı açısından ciddi tehdit oluşturan kirleticiler arasında partiküler madde, ozon, nitrojen dioksit, kükürt dioksit ve karbon monoksit bulunmaktadır. 2.5 mikron ( $\mu\text{m}$ ) çapında veya daha küçük partiküller ile ilişkili sağlık riskleri, özellikle halk sağlığı açısından önem taşımaktadır.  $\text{PM}_{2,5}$  ve  $\text{PM}_{10}$ , akciğerlerin derinliklerine nüfuz etme yeteneğine sahiptir.  $\text{PM}_{2,5}$ , kan dolaşımına girerek, esas olarak kardiyovasküler ve solunumsal etkilere neden olabilmektedir. 2013 yılında, DSÖ Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından dış ortam hava kirliliği ve PM, kanserojen olarak sınıflandırılmıştır (32).

#### 3.4.1 Partikül Madde (PM)

Çoğu PM partikülü, kirleticiler arasındaki kimyasal reaksiyonların bir sonucu olarak atmosferde oluşmaktadır. Daha küçük parçacıklar; organik ve metal buharların yeniden yoğunlaştırılması ile yanma ile oluşan partiküllerden ikincil olarak oluşan partikülleri içerir. Partiküllerin taşınmasında, solunum sistemi üzerindeki etkilerinde ve kimyasal yapılarında belirleyici olan aerodinamik çaplarıdır. Katı, sıvı ya da katı-sıvı formda olabilen bu partiküller, genellikle basitçe parçacık boyutu olarak adlandırılan aerodinamik çaplarına göre örneklenir ve tanımlanırlar. Atmosferdeki asılı parçacıkların boyutu, birkaç nanometreden onlarca mikrometreye kadar değişen çaplarda olabilmektedir. Kaba fraksiyon olarak adlandırılan en büyük parçacıklar, daha büyük katı parçacıkların parçalanmasıyla mekanik olarak oluşmaktadır. Bu parçacıklar, tarımsal faaliyetlerden, asfaltlanmamış yollardan veya madencilik faaliyetlerinden gelen rüzgârla savrulan tozu içerir. Trafik de yollardan kaynaklı tozu ve bu tozu dağıtacak hava türbülansını oluşturur. İnce fraksiyon olarak adlandırılan daha küçük parçacıklar, büyük ölçüde gazlardan oluşur. 0,1 mikrondan daha küçük olan en küçük parçacıklar, nükleasyon, yani düşük buhar basınçlı maddelerin yüksek sıcaklıkta buharlaşma veya atmosferdeki kimyasal reaksiyonlarla yeni parçacıklar

oluşturmak için yoğunlaşması ile oluşmaktadır. Avrupa 'da derlenen kapsamlı bir rapora göre, sülfat ve organik madde yıllık ortalama  $PM_{10}$  ve  $PM_{2,5}$  kütle konsantrasyonlarına katkıda bulunan iki ana unsur olarak bildirilmiştir (33).

### 3.4.2 Kükürt dioksit ( $SO_2$ )

Kükürt dioksit, kükürt içeren fosil yakıtların yanmasından elde edilir ve dünyanın birçok yerinde önemli bir hava kirleticidir. Kükürt dioksitin özellikle partiküllerin yüzeyinde metalik katalizörlerin varlığında oksidasyonu ile kükürtlü ve sülfürik asitler oluşur. Amonyak ile nötralizasyon, bisülfat ve sülfat üretimine yol açar. Kükürt dioksit, suda kolayca çözünen renksiz bir gazdır. Sülfürik asit, kükürt trioksit gazının ( $SO_3$ ) su ile reaksiyonundan oluşan güçlü bir asittir (30). Atmosfere salınan kükürt dioksitin başlıca kaynakları; yakıt olarak kömür ve fosil yakıt kullanan endüstriler, petrol rafineleri, ısınma için katı ve sıvı yakıt kullanma, orman yangınları ve volkanik faaliyetler gibi doğal kaynaklardır. Solunum yolunda ciddi irritasyon ve ani solunum spazmı gibi sağlık etkileri görülebilmektedir. Suda çözünen bir gaz olduğu için, solunum sisteminin alt noktalarına inmeden elimine edilir. Kükürt dioksit aynı zamanda bitki ve diğer canlılara da asit yağmurları şeklinde zarar verebilir. Toprak, bitki ve bakteri florası üzerindeki bu etki kimyasal, güneş ışığı ve atmosferik nem gibi etkenler ile kükürt dioksitten sülfürik asit ve asit yağmurları oluşumu ile başlar (25).

### 3.4.3 Azot oksitler ( $NO_x$ )

Birçok kimyasal azot oksit türü mevcut olup, insan sağlığı açısından en çok ilgi çeken hava kirletici türü nitrojen dioksittir. Nitrik oksit, havaya maruz kaldığında kendiliğinden dioksiti üretir. Nitrojen dioksit, karakteristik keskin bir kokuya sahip kırmızımsı kahverengi bir gazdır ve atmosferde yaygın olarak bulunmaktadır. Azot oksitler yüksek sıcaklıklarda katı ve sıvı yakıtların yanması sonucu oluşurlar. En önemli kaynakları motorlu taşıtlar ve enerji santralleridir. Özellikle kentsel bölgelerde artan motorlu taşıt trafiğine bağlı azot oksitlerin konsantrasyonu artmaktadır. Diğer kaynaklar ise endüstriyel ve evsel ısıtma için yakıt tüketimidir. Azot dioksit sağlığa olumsuz etkilerinin yanı sıra sera gazı etkisi nedeniyle küresel iklim değişikliği üzerine de olumsuz etkileri vardır. Azot oksitle beraber radikal oluşumu ve troposferin

oksitleme kapasitesinin baş düzenleyicisidirler. Ozon konsantrasyonlarının belirlenmesinde kritik rol oynarlar (28). Azot dioksit ve diğer azot oksitler, asit yağmuru oluşturmak için atmosferdeki su, oksijen ve diğer kimyasallarla etkileşime girerler. Asit yağmurları ekosistemlere zarar vererek; toprak ve suyun doğal özelliklerinin bozulmasına, canlıların zarar görmesine, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere ve tarihi yapıların bozulmasına neden olmaktadır (31).

#### **3.4.4 Karbon monoksit (CO)**

Karbon monoksit havadan daha düşük yoğunluğa sahip ve yaygın olarak dağılan hava kirleticilerinden biridir. Suda az çözünür, renksiz, kokusuz ve tatsız bir gazdır. İnsan vücudunda, karboksihemoglobin oluşturmak için hemoglobinin ile kolayca reaksiyona girer. Düşük miktarlarda karbon monoksit de endojen olarak üretilmektedir. Karbon monoksit maruz kalımı hala kasıtsız ve intihar amaçlı zehirlenmelerin önde gelen nedenlerinden biridir ve çok sayıda ölüme neden olmaktadır. Atmosfere yıllık küresel karbon monoksit emisyonlarının, yaklaşık %60'ı insan faaliyetlerinden ve yaklaşık %40'ı doğal süreçlerden kaynaklı olduğu tahmin edilmektedir (34). Dış ortamda en büyük karbon monoksit kaynakları motorlu taşıtlar ve fosil yakıtları kullanan diğer araçlar veya makinelerdir. Havalandırmanın iyi olmadığı ortamlarda odun ve kömür gibi yakıtların yanması, yoğun trafiğe yakın bölgelerde iyi havalanmayan ortamlar, ev içinde yaygın kullanılan şofben, kombi, katalitik gibi ısıtma sistemlerinin kullanımında hatalar nedeniyle karbon monoksit zehirlenmeleri görülmektedir. Yüksek konsantrasyonda karbon monoksit içeren havanın solunması ile kan akışı bozulur ve kalp ve beyin gibi kritik organlara taşınan oksijen miktarının azalarak ölüme dahi neden olabilen olumsuz sağlık sonuçları ortaya çıkmaktadır (35).

#### **3.4.5 Ozon (O<sub>3</sub>)**

Ozon, üç oksijen atomundan oluşan bir gaz molekülüdür. Genellikle "smog" olarak adlandırılan ozon, çeşitli kimyasal reaksiyonlar sonucu akciğere agresif olarak saldırıp nefes almayı zorlaştıran bir moleküldür. Özellikle astım hastaları, ozon içeren havanın solunmasından en fazla zarar görme olasılığı olan kişilerdir (35). Ozon;

atmosferde egzoz borularından, bacalardan ve diğer birçok kaynaktan çıkan gazlardan oluşur. Atmosferde azot oksitler ile uçucu organik bileşikler gibi öncü kirleticilerin varlığında fotokimyasal reaksiyonlarla oluşur. Bileşenler güneş ışığı varlığında reaksiyona girerler. Reaksiyon atmosferde gerçekleştiği için, ozon genellikle orijinal kaynaklarının rüzgâr yönünde görünür. Rüzgârlar ile oluştukları yerden uluslararası sınırlara kadar değişen bölgelere taşınabilirler (36).

#### **3.4.6 Uçucu Organik Bileşikler (UOB)**

Uçucu organik bileşikler yüksek buhar basınçlı, düşük suda çözünürlüğe sahip bileşiklerdir. Bazı katı ve sıvılardan gaz halinde ortama yayılırlar. Çoğunlukla boya, ilaç ve soğutucuların üretiminde kullanılan kimyasallardan kaynaklanırlar. Uçucu organik bileşiklerin özellikle iç ortamda konsantrasyonları yüksek olup iç ortam hava kirliliğine neden olmaktadır. Boyalar, cilalar, boya sökücüler, temizlik malzemeleri, pestisitler, inşaat malzemeleri, mobilyalar, fotokopi makinesi ve yazıcı gibi ofis malzemeleri, karbonsuz kopya kağıdı ve yapıştırıcı gibi kırtasiye malzemeleri, kuru temizlemede kullanılan kimyasallar, çeşitli kozmetikler gibi çok geniş ürün yelpazesinden yayılırlar (37).

### **3.5 Hava Kirliliği Kaynakları**

Hava kirliliği kaynaklarına genel olarak bakıldığında, antropojenik yani insan faaliyetleri sonucu oluşan yapay emisyon kaynakları ve doğal kaynaklar olarak sınıflandırılmaktadır. Doğal kaynaklar; yanardağ faaliyetleri, çöl tozları, bitki türleri ve hayvan nesillerinin azalması ve orman yangınları gibi olaylar sonucu oluşan kirliliktir. Bu nedenlere bağlı ortaya çıkan kirleticiler atmosferde uzun süre kalmazlar.

Antropojenik kaynaklar; kaynağın yapısına ve türüne göre alansal (ısınma), noktasal (sanayi) ve çizgi (ulaşım) olarak sınıflandırılmaktadır. İnsanların yaptığı faaliyetler sonucu kendi eliyle verdiği hasar, hava kirliliğine doğal kaynaklardan çok daha fazla neden olmaktadır. İnsan kaynaklı kirlilik, bölgesel pek çok faktöre göre (nüfus, kentleşme, coğrafik konum, iklim, endüstriyel faaliyetler gibi) farklılık gösterir

(38). Bu bölümde antropojenik kaynaklar ve hava kirliliğine etkilerinden bahsedilecektir.

### 3.5.1 Isınmadan Kaynaklı Hava Kirliliği

Kentlerde artan nüfus yoğunluğu, yanlış kentleşme, binalarda kullanılan yakıt türü ile bu yakıtların atmosfere kontrolsüzce salınımı nedeniyle özellikle kış sezonunda hava kirliliği düzeylerinde artış görülmektedir. Kış mevsiminde konutların ısınması için kömür kullanılması, puslu havanın önemli kaynaklarından biridir. Isınma kaynaklı hava kirliliğinde temel sorun yakıt türüne bağlıdır. Yakıt türüne göre karbon monoksit , kükürt dioksit , azot dioksitler ve partikül maddeler (is, kurum ve toz) gibi emisyonlar havaya salınmaktadır (39). Gelişmekte olan ülkelerde ısınma için, gübre, odun, mahsul artıkları ve kömür gibi katı biyoyakıtların kullanılmasına bağlı hava kirliliği tehlikesi giderek artmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre, bu yakıtların sayısı 3 milyarı aşan yoksul insanlar tarafından kullanılması, uluslararası ortam hava kalitesi standartlarının izin verdiğiinden daha yüksek düzeyde hava kirliliği oluşturarak hane halklarının sağlığı için de risk oluşturmaktadır. Isınma kaynaklarının seçiminde, hane halkı geliri ve sosyoekonomik durum önemli bir rol oynamaktadır. Kuru hayvan gübresi, düşen dallar ve çimenler gibi ucuz, verimsiz ve en ağır kirletici yakıtlar, gelir ve en düşük sosyoekonomik düzeye sahip mekanlarda kullanılırken; kömür, gaz yağı ve odun, orta düzeydeki hanelerde kullanılır. Yüksek gelirli haneler ise elektrik ve LPG gibi modern yakıtları kullanmaktadır. Gelişmiş ülkelerde ısınma amaçlı yakıt kullanımında biyoyakıtlardan petrol ürünlerine (gazyağı, LPG) ve elektriğe geçiş olmuştur (38).

Ülkemizde fosil yakıtlar (kömür, doğal gaz) ısınma amaçlı yaygın olarak kullanılmaktadır. Düşük kalitede kömürü (yüksek nem, kül ve kükürt) yakıt olarak kullanan ısınma sistemlerinde, yakıt hem verimli kullanılamaz hem de yanma olayı sonucu havaya karışan kirletici emisyonlar artmaktadır. Konutlarda soba kullanımı ve yakıtların uygun yöntemlerle yakılmaması, o bölgede hava kirliliğinin daha belirgin olmasına neden olmaktadır. Aynı zamanda bu bilinçsiz kullanım sebebiyle, meteorolojik koşulların da etkisiyle kış mevsiminde karbon monoksit zehirlenmeleri

sıklıkla görülmekte ve çok ciddi sağlık sonuçlarına neden olabilmektedir (40). Isınma amaçlı odun kullanımı bireyler tarafından her ne kadar doğal ve çevreye zararsız olarak algılansa da ince partiküler madde, siyah karbon, dioksinler ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar gibi pek çok kirleticinin kaynağı olmaktadır. Katı yakıt yakılmasına bağlı oluşan emisyonlar, erken ölüm ve morbiditeye neden olmalarının yanı sıra arktik ısınma ve küresel iklim değişikliğine neden olmaktadır (41). Isınma, tüm insanlar için temel bir ihtiyaçtır. Elektrik ve doğal gazın yaygın olarak bulunmasına rağmen, ısınma için katı yakıtların kullanımı, Avrupa ve Kuzey Amerika ülkeleri de dahil olmak üzere birçok yerde yaygın bir uygulama olmaya devam etmektedir. Katı ısınma yakıtları esas olarak odun ve kömürden oluşur, ancak ormancılık ve tarım faaliyeti atıkları ve hatta çöpleri de içerebilmektedir (38). Odun ve kömürle konutların ısıtılması önemli bir dış ortam hava kirliliği kaynağı olmasının yanında doğrudan maruz kalma veya dışarıdan sızma yoluyla iç mekân hava kirliliğine neden olabilmektedir. Sorunun özgül boyutu coğrafyaya, katı yakıt kullanımının yaygınlığına ve kullanılan yakma teknolojilerine göre büyük ölçüde değişmektedir. Dünya çapında  $PM_{2,5}$ 'un yaklaşık %10 kadarı konutların ısınması için kullanılan çoğunlukla evlerde kullanılan kömür ve daha az miktarda biyokütle kullanımından gelmektedir. Bununla birlikte, dünyanın bazı bölgelerinde, katı yakıtların (biyokütle ve kömür) ısınma amaçlı konutlarda yakılması, Avrupa dahil olmak üzere toplam ortam  $PM_{2,5}$  emisyonlarına önemli bir katkı sağlar. (2010 yılında %13-21 ile en yüksek orta Avrupa'da, %10 civarında ABD ve Kanada'da ve %10 Orta Asya'da) (38).

Dünya nüfusunun yaklaşık %40'ı (2,8 milyar insan) katı yakıtlarla yemek pişirmektedir. Katı yakıt kullanımı ile ortaya çıkan iç ortam hava kirliliğini oluşturan  $PM_{2,5}$  kirliliği, yılda tahmini 3,5 milyon ölüme ilişkilidir. Buna ek olarak, pişirme ile dünya çapındaki tüm dış ortam  $PM_{2,5}$  kirliliğinin yaklaşık %12'sini (bazı bölgelerde çok daha yüksek bir oranda) ve bu kaynak nedeniyle dış ortam  $PM_{2,5}$  kirliliğine maruz kalma nedeniyle her yıl yaklaşık 370.000 erken ölümün nedeni olmaktadır (38). Odunun yanması sonucu oluşan partiküllere kısa süreli maruz kalmanın sağlığa etkisi, fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan partiküllere maruz kalma kadar zararlı görünmektedir. Katı yakıt kullanımından kaynaklanan dumanda bulunan en az 28

kirleticinin; 14 kanserojen bileşik ve 4 kanser teşvik edici ajan dahil olmak üzere hayvan çalışmalarında toksik olduğu gösterilmiştir (39).

### **3.5.2 Sanayiden Kaynaklı Hava Kirliliği**

Hızla artan nüfus, nüfusun ihtiyaçlarının sağlanması ve kalkınmanın sürdürülebilmesi için gerekli ana sektörlerden biri olan sanayi, kalkınma için ciddi yarar sağlamaktadır. Çevre sağlığını koruyacak koşullar sağlanmadığı ve sanayi faaliyetlerinde uygun teknolojilerin kullanılmadığı durumlarda sanayinin neden olduğu kirlilik; çevre sağlığı için ciddi bir tehdit nedeni olmakta ve dolayısıyla sanayi sektöründen beklenen bu yararın giderek zarara dönüşmesine neden olmaktadır. Sanayileşmeye bağlı kirlilik, faaliyetlerin ve yatırımların büyüklüğünden daha çok, bu yatırımların uygulamaya geçilmeden önce planlanmasında ve yer seçimindeki eksiklerden kaynaklanmaktadır. Verimli tarım arazileri üzerine kurulan tesisler ve bir yandan bu tesislerden kontrolsüz çıkan atıklar toprak, su, hava kirliliği gibi pek çok çevresel soruna neden olmaktadır. Tesislere yakın bölgelerdeki tarım arazilerinde kirlilik, o topraklarda yetişen ürünlerin üretiminde verimi ve kaliteyi düşürmektedir. Yer altı ve yer üstü su kaynaklarının bu kirlilikten etkilenmesi ile suların içme ve sulama için kullanım olanakları da azalmaktadır (42).

Sanayi tesislerinin günümüzde çevreye verdiği en büyük zararlardan biri hava kirliliğidir. Sanayi tesislerinden çıkan zehirli gazlar atmosfere oldukça kolay yayılmaktadır. Endüstride özellikle düşük kaliteli yakıt kullanımı kirleticilerin konsantrasyonlarını arttırmakta ve hava kirliliğinin başlıca nedeni olmaktadır (43). Endüstriyel faaliyetlere bağlı hava kirliliği genellikle fosil yakıtların yakılmasıyla ilişkilendirilmektedir. Fosil yakıtlar, elektrik santralleri, demir çelik, çimento üretimi gibi kendi yerinde elektrik ve ısı üretebilecek pek çok endüstriyel faaliyette kullanılmaktadır (44). Ürettikleri enerjiden dolayı çok tercih edilen fosil yakıtlar kaynağından çıkartıldıktan sonra kullanılmak için daha saf forma dönüştürülürken çok fazla atık üretimine neden olurlar. Enerji santrallerinde oldukça yaygın kullanılan kömür, diğer fosil yakıtlara kıyasla yüksek karbon, toksik ağır metal ve kimyasal madde içerdiği için kirli bir yakıt olarak bilinmektedir. Kömürün yanması ve

kullanmadan önce rafine edilip saflaştırılmasıyla; çok yüksek miktarlarda kükürt dioksit, azot oksitler, karbon monoksit, ozon, hidrokarbonlar, PM ve kül oluşmaktadır (43). Kömürün yanmasından sonra bu atıklar kömür külü ve dip külü olarak kalır. Kömür külü uçucudur ve enerji santrallerinin bu külü yakalayacak uygun nitelikte bir filtre sistemi olmazsa bu atık doğrudan havaya karışır ve çok ciddi düzeylerde hava kirliliğine neden olur. Her iki kül de ciddi ağır metal içerdiği için, sanayi tesislerinin arıtma sistemleri bu atıkların uygun bertarafı için son derece önemlidir (45).

Gübre, demir çelik, kâğıt, çimento, tekstil, petrokimya, tarım kimyasalları, enerji santralleri gibi endüstrilerin faaliyetlerinden kaynaklı emisyonlar atmosfere hava kirleticilerin salınımına neden olarak havayı kirletmektedir. Farklı endüstrilerden kaynaklı bu emisyonlar yakıtın türüne, sanayi türüne ve proses teknolojisine bağlı olarak karbon monoksit, kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), azot dioksitler (NO<sub>x</sub>) ve partikül madde gibi kirletici parametreleri ortaya çıkarmaktadır (46). Endüstriyel faaliyetlerin bazıları havadaki partikül madde yoğunluğunu arttıracak toz üretimi ile kirliliği arttırırken metal işleme, solvent gibi faaliyetler kirletici organik bileşen emisyonlarına neden olmaktadır (44).

### 3.5.3 Ulaşımın Kaynaklı Hava Kirliliği

Ulaşım kaynaklı çevresel zararlar genel olarak kazalar, gürültü, hava kirliliği ve iklim değişikliği şeklinde sıralanmaktadır. Ulaşımın çevreye verdiği zarar ulaşımın türüne göre değişmektedir. Hava kirliliği açısından değerlendirildiğinde en fazla kirliliğe sebep olan ulaşım türü karayolu ulaşımıdır. Karayolu ulaşımı genel olarak tüm çevresel etkiler değerlendirildiğinde en elverişsiz olan türdür (47).

Taşıtlarda kirliliği esas belirleyen kullanılan benzinli ya da dizel olabilen motorun türüdür. Benzinli araçlarda kirletici kaynaklar; benzin deposu, lastikler, egzoz borusu, fren balataları, karbüratör ve havalandırma. Dizel araçlarda ise lastikler, egzoz borusu ve fren balatalarıdır. Egzoz gazı içerisindeki karbon monoksit (CO), partikül madde (is, toz, tanecik vs.) ve hidrokarbonlar genel kirleticiler olarak kabul edilmekte olup, benzinli taşıtlarda ise kurşun bileşikleri önemli kirleticilerdir (48).



Ulaşımın hava kirliliğine neden olmasında pek çok faktör etkili olup ana faktör yanma olaylarıdır. İçten yanmalı motorlarda kullanılan fosil yakıt türevleri, ulaşımın hava kirliliği meydana getirmesinin en önemli nedenidir. Kullanılan fosil yakıtlar, uygun koşullarda oksijen ile reaksiyona girerek karbondioksit, su buharı ve azot oksit gibi emisyonları oluştururlar. Fakat genellikle uygun koşullar sağlanamadığından tam yanma gerçekleşemez ve farklı kirletici unsurlar da oluşmaktadır. Motorlu taşıt kaynaklı kirleticilerin yaklaşık %75' ini oluşturan egzoz gazları; parafinler, olefinler ve aromatikler gibi yanmamış hidrokarbonlar, aldehitler, ketonlar ve karboksilik asitler gibi kısmen yanmış hidrokarbonlar, karbon monoksit, azot oksitler, kurşun bileşikleri ve partikül maddelerinden oluşmaktadır. Sağlığa ve çevreye zararlı bu emisyonların en önemlileri; karbon oksitler, azot oksitler, kükürlü bileşenler, hidrokarbonlar, aldehitler ve partiküller olarak gruplandırılabilir. Bu emisyonların diğerlerinden en önemli farkı, kirletici olmalarının yanı sıra doğrudan etkili toksik özelliklerinin olmasıdır (47,49).

Emisyonların sağlığa olumsuz etkileri, solunma miktar ve sürelerine göre değişmektedir. Bu yönden, Maksimum Atmosfer Konsantrasyonu (MAK, sürekli olarak solunduğunda zarar vermeyecek miktar), Maksimum İşyeri Konsantrasyonu (MİK, 8 saat süre ile solunduğunda zarar vermeyecek miktar) ve Doğrudan Tehlike Konsantrasyonu (DTK, çok kısa süre içerisinde tehlike doğuracak miktar) olmak üzere 3 farklı konsantrasyon ve tehlike sınırı belirlenmiştir. Bu sınırlar çerçevesinde, motorlu taşıtlarda emisyon kontrollerinin geliştirilmesi ve yasal yaptırımlarla uygulanması, yanma sonucu ortaya çıkan hava kirliliği ile insan çevre sağlığına verilen zararın azaltılmasında önemlidir (47).

### **3.5.4 Enerji Üretimi Kaynaklı Kirliliği**

Hızla artan nüfus ve sanayileşme faaliyetleri beraberinde artan yaşam standartları enerjiye bağımlılığı giderek arttırmaktadır. Enerjiye erişim, sanayi devriminden günümüze kalkınmanın temel itici güçlerinden biri olmuştur. Dünyada enerjinin en yoğun kullanıldığı alanlar endüstri, ulaşım ve konutlardır. Yararları

nedeniyle olmazsa olmaz gereksinim olan enerji; üretimi, dönüştürülmesi, taşınması ve tüketilmesi sırasında insanlığa ve çevreye çok fazla zarar vermektedir (50).

Sanayi devrimiyle birlikte fosil yakıtlar dünyada enerji üretiminde en fazla kullanılan kaynak haline gelmiştir. Halen dünyada enerji ihtiyacının yaklaşık %80'i fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Dünyada enerji için başlıca kaynak olarak kullanılan kömür, ham petrol ve doğal gaz, milyonlarca yıl önce yaşamış bitki ve hayvanların fosilleşmiş kalıntılarının ayrışmasıyla oluştuğu için fosil yakıt kabul edilirler ve kökenleri nedeniyle oldukça yüksek karbon içermektedirler (51).

Fosil yakıtlardan elde edilen enerji pek çok fayda sağlarken hava ve su kirliliğinden küresel ısınmaya kadar insanlığa ve çevreye çok büyük zararları olmuştur. Bu yakıtların (kömür, uranyum, petrol, gaz) çıkarılması sırasında yaşanan kazalar, hava kirliliği ve iklim değişikliğinin birincil nedeni olan sera gazı emisyonları fosil yakıtların en önde gelen zararlı etkileridir. 2018 yılında karbondioksit emisyonlarının %87'si fosil yakıtlar ve endüstriden kaynaklıdır (52).

Fosil yakıtlar yandığında sadece karbondioksitten daha fazlasını çevreye yaymaktadır. Kömürle çalışan enerji santralleri; cıva, kükürt dioksit gibi emisyonlar ve havaya salınan duman içinde partiküler maddenin büyük çoğunluğunu tek başına üretir. Fosil yakıtla çalışan çeşitli ulaşım araçları da karbon monoksit ve nitrojen dioksitin duman olarak etrafa salınmasına neden olarak havayı kirletmekte ve bu kirli havanın solunmasıyla insan sağlığına zarar vermektedir (53). Fosil yakıt kullanımının ölümcül etkileri uzun yıllardır bilinmesine rağmen 2018 yılında Harvard Üniversitesi tarafından yapılan çalışmada; fosil yakıtların dünyada her 5 ölümden 1'inden sorumlu olduğu bulunmuştur. Araştırmaya göre, 2018 yılında küresel olarak yaklaşık 8,7 milyon ölümden, fosil yakıt yakılmasından kaynaklanan ince partiküler maddeye (PM<sub>2,5</sub>) maruz kalma sorumludur (54). 2015 yılında yayınlanan hava kirliliğinin küresel hastalık yükünün önde gelen nedeni olarak tanımlandığı "Küresel Hastalık Yüğü" çalışmasında, yıllık PM<sub>2,5</sub> kaynaklı ölümün yaklaşık 4,2 milyon olduğu tahmin edilmiştir. Bu çalışmada tüm kaynaklardan gelen PM<sub>2,5</sub> kirliliği incelenirken, Harvard

Üniversitesi'nde yapılan çalışma sadece fosil yakıtlardan kaynaklı PM<sub>2,5</sub> kirliliğine odaklanmıştır (7).

### 3.5.5 Kentleşmeden Kaynaklı Hava Kirliliği

Kentleşme pek çok tanımı olan; coğrafik, ekonomik, demografik, sosyolojik gibi farklı açılardan değerlendirilebilecek bir kavramdır. Genel olarak; çeşitli nedenlere bağlı göçler sonucu kentlerin giderek nüfus olarak kalabalıklaşmış yerleşme alanı olarak büyümesi, kırsaldaki bazı yerleşim birimlerinin de giderek büyümesi ile kente dönüşmesi ve dolayısıyla kent sayısının artması olarak tanımlanabilir. Kentleşme kentsel alanlarda ikamet eden nüfusun artışını ifade eder. Dünya, tarihin en büyük kentsel büyüme dalgasını yaşamaktadır. Şu anda dünya nüfusunun %50' den fazlası yaklaşık 3,9 milyar insan kentsel alanlarda yaşamaktadır. Bu rakamın 2030 yılı itibari ile 5 milyara yükselmesi beklenmektedir (55).

Kentleşme, önemli bir kalkınma stratejisi olarak kabul edilmektedir. Sosyoekonomik kalkınma düzeyi göstergesi gibi değerlendirilmektedir (57). Kentleşme her ne kadar sosyal ve ekonomik ilerleme ile ilişkili olsa da yaşayan nüfusun sağlığı üzerindeki etkisi olumlu değildir (58). Aynı zamanda kentleşme, kentsel ekosistemler üzerinde sağlığa zarar verebilecek bir baskı oluşturmaktadır (57). Kent sakinleri için daha iyi kültür, sağlık, istihdam ve eğitim gibi durumlar için cazip gelse de hızlı ve plansız kentleşmenin yoksulluk, çevresel bozulma ve hizmet kalitesini aşan nüfus artışı ile sonuçlanması kaçınılmazdır. Yapılan araştırmalarda, yetersiz barınma, yetersiz sanitasyon ve katı atık bertaraf hizmetleri, vektör kaynaklı hastalıklar, endüstriyel atıklar, artan motorlu araç trafiği, yoksulluk ve işsizlikle ilişkili stres ve hava kirliliği gibi bir dizi kentsel sağlık tehlikesi gösterilmiştir (56).

Kentleşme ile artan nüfus hareketleri; ısınma ve ulaşım için artan enerji ihtiyacı ve fosil yakıt kullanımında artışa neden olmaktadır. Fosil yakıt kullanımının artması atmosferde sera gazı emisyonlarının da artışına neden olmaktadır. Hava kirleticilerden kükürt dioksit fosil yakıtların yanması ile oluşur ve kirli hava içinde sülfür içerikli maddeler halinde asılı kalır. Aynı zamanda bu maddeler, yağış esnasında su molekülleri ile birleşip asit yağmurlarına neden olurlar. Sağlık üzerine pek çok

olumsuz etkisi olan hava kirletici partiküler madde de fosil yakıtların yanması ile ulaşım için yakıt kullanımı ile artmaktadır (57).

Özellikle 1950'li yıllardan itibaren az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler, çevresel etkileri göz ardı ederek hızlı sanayileşme faaliyetleri için bilinçsizce fosil yakıt tüketmiştir. Ulaşım amaçlı motorlu taşıt kullanımı ve denetimsiz sanayi tesisleri faaliyetleri kaynaklı kirlilik de eklenince hava kirliliği çok ciddi sağlık ve çevre sorunları meydana getirmiştir. Özellikle son yıllarda, Hindistan, Çin, Pakistan gibi Asya ülkelerinde hava kirliliği çok ciddi boyutlara ulaşmıştır. Dünyada hava kirliliğinin en yaygın olduğu ülkelerden Çin'in Tianjin, Şangay ve Pekin gibi kentlerinde kirlilikteki artışın ileri boyutlarda olması sebebiyle orada yaşayan insanlar maske ile sokağa çıkmak zorunda kalmıştır. Bu yönden baktığımızda hava kirliliğinin aslında kentsel bir olgu olduğunu söyleyebiliriz. Büyük doğal afetler olmadığı sürece kırsal alanlarda hava kirliliğinden pek söz edilmemektedir (58).

### **3.6 Hava Kirliliği Ölçüm ve Değerlendirmeleri**

Hava kirliliği değerlendirilirken, Dünya Sağlık Örgütü tarafından yayınlanan ve yaşam kalitesini arttırmaya yönelik küresel bir hedefe hizmet eden Hava Kalitesi Kılavuzları'ndan yararlanılmaktadır. Bu kılavuzlar; halk sağlığını koruma amaçlı ülkelere yardımcı olmak için geliştirilen belli hava kirleticiler için sınır değerlere ilişkin kanıta dayalı belgelerdir. 1987'den beri DSÖ, hükümetlere ve sivil toplumlara, hava kirliliği ve olumsuz etkilerine maruz kalmayı azaltmada yardımcı olmak için periyodik olarak sağlığın korunması temelli hava kalitesi kılavuzları yayınlamaktadır. Kılavuzun 2005 yılında küresel güncel versiyonu yayınlanmıştır. 2005 yılından günümüze hava kirliliğine insanların maruz kalımı, bu maruz kalımın olumsuz sağlık etkileri ve oluşturduğu halk sağlığı tehditi hakkında kanıtlarda belirgin artış görülmüştür. Bu durum PM, O<sub>3</sub> ve NO<sub>2</sub> gibi bazı kirleticilerin küresel konsantrasyonlarına ilişkin bilgiler ve emisyon kaynakları ile hava kirleticilerinin küresel hastalık yüküne katkısı konusundaki anlayışlar için de geçerlidir. Bu gelişmeler doğrultusunda 2021 kılavuzunda sınır değerler, 2005 yılında belirlenen değerlere göre daha da düşürülmüştür.

**Tablo 3.1** 2005 ve 2021 Yıllarında Kirleticilerin Önerilen Sınır Değerleri\*

Kirletici	Ortalama	2005	2021
PM <sub>2,5</sub> , µg/m <sup>3</sup>	Yıllık	10	5
	24 saatlik	25	15
PM <sub>10</sub> , µg/m <sup>3</sup>	Yıllık	20	15
	24 saatlik	50	45
O <sub>3</sub> , µg/m <sup>3</sup>	Pik sezon**	-	60
	8 saatlik	100	100
NO <sub>2</sub> , µg/m <sup>3</sup>	Yıllık	40	10
	24 saatlik	-	25
SO <sub>2</sub> , µg/m <sup>3</sup>	24 saatlik	20	40
CO, µg/m <sup>3</sup>	24saatlik	-	4

\*Dünya Sağlık Örgütü Hava Kalitesi Kılavuzu'ndan yararlanılmıştır (28).

\*\*Hareketli ortalamanın en yüksek olduğu altı aylık dönemdeki günlük maksimum 8 saatlik O<sub>3</sub> değerlerinin ortalaması

Kılavuzlar yasal olarak bağlayıcı olmasa bile politika yapıcıların, hava kirletici düzeylerini azaltmak ve dünya çapında hava kirliliğine maruz kalmaktan kaynaklanan hastalık yükünü azaltmak için mevzuat ve politikalara rehberlik etmesi için kanıta dayalı bir araçtır. Her bölgede farklı koşullarda kullanılmak ve hava kalitesi yönetimi için geliştirilecek politika seçenekleri yelpazesini genişletmek için tasarlanmıştır. Tavsiye edilen hava kalitesi seviyelerini yasal olarak uygulanabilir standartlara dönüştürmek için ülkelere yol haritası çizmek için rehberlik sağlarlar. Kirlilik seviyelerinin çok yüksek olması nedeniyle geçici sınır değer hedefleri de kılavuzda tanımlanmıştır. Geçici hedefler, DSÖ limitlerinden daha yüksek olan, ancak yüksek derecede kirli bölgelerdeki yetkililerin gerçekçi zaman dilimlerinde ulaşılabilen kirlilik azaltma politikaları geliştirmek için kullanabileceği hava kirletici seviyeleridir. Bu nedenle, ara hedefler, nihai hedefler olarak değil, gelecekte DSÖ seviyelerine nihai olarak ulaşılmasına yönelik adımlar olarak belirlenmiştir (28).

Hava kalitesi standartları ilgili mevzuat ve formatı ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir ancak genel olarak aşağıda belirtilen hususlar dikkate alınmalıdır(59):

- Mevzuatta yer alacak kirleticilerin belirlenmesi,
- Kirleticilerin standartlarının sayısal değerleri, uygun standartlar, uygulanabilir tespit yöntemleri ve izleme metodolojisi hakkında karar verme,
- Standarda uyumun sağlanması için gereken/izin verilen zaman çerçevesinin tanımı, emisyon kontrol önlemleri ve gerekli azaltma stratejilerinin dikkate alınması gibi standardı uygulamak için alınacak önlemlerin belirlenmesi.

Ülkemizde 2008 yılında yayınlanan “Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği” ile 13 farklı kirletici için eşik değerler ile halk sağlığı ve çevre sağlığının korunmasına yönelik hedefler belirlenmiştir. Bu yönetmelik hava kalitesi standartları ve hava kalitesinin değerlendirilmesini, bölgeler ile nüfusa göre alt bölgeler oluşturulması ve tüm bölgelerde iyi hava kalitesinin sağlanması için alınması gerekli önlemleri kapsamaktadır (60).

Hava kalitesi, havanın ne kadar kirli veya temiz olduğunun bir ölçüsüdür. Hava kalitesini izlemek insan ve çevre sağlığı için önemlidir. Hava kalitesi “Hava Kalitesi İndeksi” ile ölçülür. Hava kalitesi indeksi (HKİ), 0 ile 500 derece arasında çalışan bir termometre gibi çalışır. HKİ değeri arttıkça hava kirliliği düzeyi ve sağlığa olumsuz etkilerin arttığı anlaşılmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (*US EPA*) tarafından 5 hava kirletici (yer seviyesinde ozon, karbon monoksit, kükürt dioksit, nitrojen dioksit, partiküller) için HKİ hesaplanmıştır.

**Tablo 3.2** EPA (United States Environmental Protection Agency) Hava Kalitesi İndeksi (62)

Hava Kalitesi İndeksi Değeri	Sağlık Endişe Seviyeleri	Renkler	Anlamı
0-50	İyi	Yeşil	Hava kalitesi yeterli kabul edilir ve hava kirliliği az riskli ya da risk oluşturmuyor.
51-100	Orta	Sarı	Hava kalitesi kabul edilebilir düzeyde; ancak bazı kirlleticiler için, hava kirliliğine çok hassas olan az sayıda kişi için orta düzeyde sağlık endişesi olabilir.
101-150	Hassas Gruplar İçin Sağlıksız	Turuncu	Hassas gruplarda sağlık etkileri oluşabilir. Nüfusun tamamının etkilenmesi olası değildir.
151-200	Sağlıksız	Kırmızı	Herkes sağlık etkileri yaşamaya başlayabilir, hassas gruplarda ise ciddi sağlık etkileri yaşanabilir.
201-300	Çok Sağlıksız	Mor	Sağlık alarmı: Herkes daha ciddi sağlık etkileri yaşayabilir.
301-500	Tehlikeli	Kahverengi	Sağlıkla ilgili acil durum: Nüfusun tamamının etkilenmesi olasıdır.

### 3.7 Atmosferik Koşullar, Meteorolojik Faktörler Ve Hava Kirliliği İlişkisi

İklim değişikliğinden kaynaklı halk sağlığı ve çevre sağlığı üzerindeki riskler geniş kapsamlı olup günümüzde giderek bu kapsam genişlemektedir. Bilim insanları karbon kirliliği ve buna bağlı ortaya çıkan iklim değişikliğinin daha yoğun kasırga ve fırtınalara, daha sık ve ağır sellere, artan kuraklığa, şiddetli orman yağmurlarına ve bunlara bağlı yaralanmalara, çeşitli hastalıklara, ölümlere ve ciddi maddi hasarlara neden olabileceği yönünde uyarılarını yapmaktadır. Ülkelerin alt yapılarını meydana gelebilecek bu tehlikelere karşı hazırlamaları gerekmektedir (61).

Hava kirliliği ve sıcaklık, nem gibi meteorolojik faktörler arasındaki ilişki son dönemlerde yapılan çalışmalarda daha da önem kazanmıştır. Kirliliği etkileyen fiziksel faktörler arasında yer alan bu meteorolojik parametrelerde değişiklikler hava kirliliğinin daha da artmasına ve kirli havanın etrafa dağılmasına neden olmaktadır. Ülkemizde kirlilik ile meteorolojik koşulların araştırıldığı yapılan çalışmalarda

çoğunlukla yılın en soğuk dönemi olan kış mevsimi seçilmektedir. Kış döneminde özellikle düşük sıcaklıklar, rüzgâr, yüksek basınç ve ısı terselmesi gibi olumsuz meteorolojik koşullar kirleticilerin hava kirliliği üzerindeki etkilerini daha da arttırmaktadır (58).

### 3.7.1 Rüzgâr

Hava kalitesi izlemede rüzgâr hızı ve rüzgâr yönünün ölçülmesi önemlidir. Kirliliğin kaynağının yerini belirlemek ve havada neler olduğuna dair daha iyi genel bir gözlem sağlayabilir.

Hava hareketleri, kirleticilerin dağılımını belirlemektedir. Rüzgâr, hava kirleticilerin kaynaklarından uzaklaştırarak dağılmalarına neden olur. Hava sakinse ve kirleticiler dağılmazsa, bu kirleticilerin konsantrasyonu artacaktır. Öte yandan güçlü ve türbülansa neden olabilen rüzgârlar estiğinde, kirleticiler dağılır ortamda daha düşük konsantrasyonda bulunurlar. Rüzgâr yönünün ve hızının ortamdaki kirletici konsantrasyonlarının dağılımına etkisinin yanı sıra, yüksek esen rüzgâr aynı zamanda kırsal alanlarda toz üremesine neden olup kirliliği arttırabilir (62).

### 3.7.2 Sıcaklık

İklim koşullarını belirleyen önemli unsurlardan biri olan sıcaklık; hava kirliliği ile yakından ilişkilidir. Bu sebeple en yüksek ve düşük sıcaklık değerleri ile sıcaklığın eksilere düştüğü günlerin sayısı çok önemlidir. Çünkü bu sıcaklık değerleri, ortamda ısınma amaçlı kullanılan yakıt türünü, tüketim miktarını, süresini ve derecesini belirler. Böylece ortama salınan hava kirleticilerin miktarı da etkilenmektedir (58).

Sıcaklığın kirlilik üzerine etkilerinin olduğu diğer bir olay ise “sıcaklık terselmesi (inversiyon)” dir. Hava genellikle atmosferde yükseklik arttıkça soğur. Fakat bazen üst hava katmanı alttakinden daha sıcak olur. Bu duruma “inversiyon” denir. Sıcak hava tabakasının üst kısmı kapak görevi görür, altta bir soğuk hava tabakası tutup o tabakada hava kirleticiler tutulur. Bu sıkışan kirleticiler sağlığı olumsuz etkileyebilir. Bu inversiyon tabakaları genellikle rüzgâr veya zemin ısındıkça



yükselen sıcak hava ile dağılır. Ancak inversiyon tabakası uzun süre yerinde kalırsa, kirleticiler yüksek seviyelere çıkabilir (62).

### 3.7.3 Nem

Sıcaklık ve radyasyon gibi su buharı da atmosferde birçok termal ve fotokimyasal reaksiyonda önemli rol oynar. Su molekülleri küçük ve yüksek polariteye sahip olduklarından birçok maddeye güçlü bir şekilde bağlanabilirler. Su molekülleri kükürt dioksit gibi koroziv gazlara bağlanırlarsa bu gazlar suda çözünür, sağlığa ve çevreye zarar verebilecek asit çözeltisi oluşur (63).

### 3.7.4 Basınç

Basınç, havanın hareketini etkilemektedir. Yüksek basıncın hâkim olduğu günlerde sübsidans (Atmosferde yoğunlaşan havanın yeryüzüne inmesi) olayı görülür ve bağıl nem azalır hava kuraklaşır. Yüksek basıncın olduğu günlerde sübsidans olayına bağlı olarak kirli hava yükselemez ve yeryüzünde hareketsiz olarak kalır. Kış aylarında artan basınca bağlı, kirli havanın yükselememesi ile kirli hava kentlerin yüzeyinde daha uzun süre kalır. Alçak basınçta ise yükseltici hava hareketi olur ve kirli havanın daha kolay yukarılara çıkıp dağılır (64).

Meteorolojik koşullar yukarıda bahsettiğimiz etkilerinin yanı sıra, insan faaliyetlerini de etkileyerek (soğuk havada daha fazla ısınma ihtiyacı için artan yakıt tüketimi, ulaşımda daha fazla motorlu taşıt kullanma, sıcak havada açık alanda artan piknik faaliyetleri gibi) hava kirliliğini arttırmaktadır (62).

## 3.8 Coğrafi Özellikler Ve Hava Kirliliği

Hava kirliliğinin ana nedenlerine baktığımızda plansız kentleşme ve hızla artan nüfusa bağlı gereksinimlerde ve tüketimde artma gibi nedenleri sayabiliriz. Hava kirliliğinin büyük çoğunlukla sebebi insanların yaptığı beşeri ekonomik faaliyetlerin sonucudur. Fakat fiziksel çevresel faktörler olan iklimsel ve coğrafik şartlar da hava kirliliğinin canlılar ve çevre üzerine olan etkilerini değiştirmektedir. Topografik özellikler ve iklim koşullarının hava kirliliğini arttırmada etkisi olduğunu gösteren pek çok

çalışma yapılmıştır. Örneğin Ankara' da hava kirliliği düzeylerinin artışına sıcaklık inversiyonun belirgin etkisi olduğu gösterilmiştir (54). Başka bir çalışmada da, Isparta ilinin çanak şeklinde Isparta ovasının içine yerleşmiş topografik özelliğinin hava kirliliği artışı üzerine etkisi gösterilmiştir (65).

Bu örneklerden de anlaşılacağı üzere insan kaynaklı sanayi faaliyetleri ile oluşan kirlilik üzerinde o şehrin topografik ve iklimsel özellikleri oldukça önemlidir. Topografik koşullar hava kirliliğini iki yönde etkilemektedir. Bunlardan ilki bu koşulların yarattığı iklime bağlı etkidir. Topografik özellikler, hava akımının engellenmesine, dikey ve yatay hava hareketlerinin oluşmasına, çanak biçiminde oluş nedeniyle hâkim rüzgarların etkisi dışında kalmasına neden olmaktadır. Diğer ise, topografik koşulların yerleşim yeri yayılımına ve sanayi tesislerinin kurulmasına olan etkisidir (66).

Yerleşim yerinin özellikleri o bölgede hava kirliliğinin derecesini ve kirli havanın o bölge üzerinde kaldığı süreyi belirlemektedir. Diğer çevresel faktörler gibi coğrafik özellikler de hava kirliliğini meydana getirecek özellik olmayıp kirli havanın süresini belirlemektedir. Yerleşim yeri çanak şeklinde ya da hâkim rüzgâr yönüne dik doğrultuda uzanan bir oluk şeklinde çukurluk içinde bulunan bir coğrafik özellikteyse hava kirliliği bu bölgede daha da etkili olmaktadır. Kirleticiler kaynaktan çıktıktan sonra atmosferde yeryüzüne yakın tabakada süspansoid olarak kalmaktadırlar. Dikey yönde hava hareketlerinin bulunmadığı yerlerde ve zamanlarda yatay hava akımı kirli havayı uzaklaştırmada etkilidir. Bu sayede kirli hava dağılır ve canlılar ile çevreye verdiği zarar azalır. Fakat coğrafik olarak çevreden bölgeye gelen yatay hava akımlarına kapalı bölgelerde kirli hava uzaklaştırılmaz. Etrafı yükseltilerle kuşatılmayan, hâkim rüzgâr yönünde esintiye açık yerleşim yerleri kirliliğin daha az yaşanması sebebiyle şanslı topografik bölgelerden sayılabilir.

Topografik özelliklerin bir diğer etkisi, sıcaklık terselmesinin (inversiyon), havza ve vadi özelliği taşıyan bölgelerde daha fazla görülmesidir. Kirli hava o bölgede daha fazla havada asılı kalmakta ve kirlilik artmaktadır (64).

### 3.9 Dünya’da Hava Kirliliği

Dünya’da hava kirliliğinin tarihsel sürecine baktığımızda, ilk ilkel topluluğun yaktığı ateş bile hava kirliliğinin ortaya çıkışının başlangıcı olmuştur diyebiliriz. Sanayileşme ile odun ve kömür kullanımına artan ihtiyaç ile hava kirliliği artmış ve 13. Yüzyılın sonlarında Londra hava kirliliğinden etkilenen ilk kent olarak bu konuda bir yasal düzenlemeye ihtiyaç duymuştur. Dünyada kirliliğin ortaya çıkışında hızla artan nüfus, kentleşme, yakıt kullanımında artış ve Orta çağda yakıt amaçlı odun yerine kömüre geçiş etkili olmuştur.

Sanayi devrimi pek çok alanda değişimlere neden olduğu kadar çevre sorunlarında da farklı bir süreç gelişimine öncülük etmiştir. Özellikle batıda hava kirliliği ve buna bağlı ölümler görülmeye başlamıştır. 19. yüzyılın başlarında İngiltere’ de sanayileşme faaliyetlerine bağlı ortaya çıkan kirlilik sebebiyle oluşturulan bir araştırma heyeti ile yasal düzenlemeler için süreç başlamış ve 1950’ li yıllarda hava kirliliğine bağlı artan ölümler nedeniyle 1956 yılında Temiz Hava Yasası (Clean Air Act) kabul edilmiştir. Los Angeles’ ta görülen hava kirliliği ve bağlı ölümler nedeniyle Amerika bu konuda yasal faaliyetler yürütmüş ve California’ da ilk eyalet Hava Kirliliği Yasası kabul edilmiştir. Artan kirlilik ve çevresel sorunlar nedeniyle günümüze kadar kirliliği önleme amaçlı örgütler diğer ülkelerde de kurulmaya ve bu alanda mücadele için çalışmaya başlamıştır (67).

Hava kirliliği tiplerinde tarihsel kirlilik görülen bölgelere göre de bir sınıflandırma mevcuttur. Bu sınıflama Londra tipi ve Los Angeles tipi hava kirliliği şeklindedir. Londra tipi hava kirliliğinde kirlilik; kömür ve petrol ürünlerinin yanması ve sisle karışıp kükürt dioksit ve sülfürik asit şeklinde birikimi ile oluşmaktadır. Londra’ da 1952 yılında ısı inversiyonu etkisi ile kirlilik artmış ve yaklaşık 4000 kişinin ölümüne neden olmuştur. Los Angeles tipi kirlilikte ise dumandan ziyade gazlara bağlı kirlilik görülmekte olup yoğun trafikten kaynaklanan egzoz gazlarının, çanak şeklinde coğrafik yapıya sahip Los Angeles’ ta okyanustan gelen sis ile birleşmesi sonucu kirlilik oluşmaktadır (25).

Hava kirliliği, her yerde insanlar için dünyanın en büyük sağlık tehlikelerinden biri olmaya devam etmektedir ve yılda yaklaşık 7 milyon erken ölüme neden olmaktadır. Bu ölümlerin 600 bini çocuk ölümleridir. Sağlık alanında ciddi bir krize neden olan hava kirliliğinin, yalnızca fosil yakıt emisyonları nedeniyle küresel ekonomiye yılda 2,9 trilyon dolara (küresel GSYİH'nın %3,3'ü) mal olduğu ve aynı zamanda bir dizi ciddi çevre sorununa katkıda bulunduğu tahmin edilmektedir (68).

Dünya nüfusunun yaklaşık %99' u, hava kalitesi seviyelerinin DSÖ sınırlarını aştığı yerlerde yaşamaktadır. Ortamdaki hava kirliliği hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeleri etkilerken, düşük ve orta gelirli ülkeler en yüksek kirlilik yükü Batı Pasifik ve Güneydoğu Asya bölgelerinde yaşanmakta ve kirlilikten en büyük zarar bu bölgelerde görülmektedir (69).

PM<sub>2,5</sub> ortam konsantrasyonlarına göre değerlendirmelerin yapıldığı 2020 yılı Dünya Hava Kalitesi Raporu'nda, önceki yıllarda da olduğu gibi, Güney ve Doğu Asya bölgeleri küresel olarak en kirli bölgeler olarak bildirilmiştir. Bangladeş, Çin, Hindistan ve Pakistan' a bağlı şehirler dünyadaki en kirli 50 şehrin 49'unu oluşturmaktadır.

2020 yılında tarım uygulamalarının yanı sıra iklim değişikliğinin bir parçası olarak artan küresel sıcaklıklarla bağlantılı orman yangınları ve toz fırtınaları şeklinde birkaç aşırı hava kirliliği olayı da yaşanmıştır. Rekor kıran orman yangınları Amerika Birleşik Devletleri, Avustralya, Sibirya ve Güney Amerika'yı kasıp kavururken, Endonezya ve Afrika'nın bazı bölgelerinde de yıkıcı tarımsal yangınlar yaşanmıştır. Bu olaylar, bu bölgelerde hava kirliliği seviyelerinde ciddi artışlara neden olurken, aynı zamanda bol miktarda sera gazı salınımına da neden olmuştur. Küresel olarak hava kirliliğinde artışlar; sürekli olarak fosil yakıtların yakılmasından ve sanayileşmeden kaynaklanmaktadır (68).

Ev içi hava kirliliği; ev içinde ısınma, pişirme gibi amaçlarla yakılan yakıt emisyonlarından kaynaklanır ve bu kirlilik aynı zamanda dış ortam hava kirliliğinde artışa da katkıda bulunmaktadır. 2016 yılında, ev içi hava kirliliği yaklaşık 3,8 milyon ölüme neden olmuştur. Düşük ve orta gelirli ülkelerde, ev içi hava kirliliği ölümlerin

neredeysi %10'undan sorumludur; küresel olarak ise küresel ölümlerin %7,7'sinden sorumludur (70).

Dünya çapında büyük ölçüde gelişmekte olan ülkelerde olmak üzere 3 milyardan fazla insan, yerel enerji ihtiyaçları için biyokütle yakıtları kullanmaktadır. Bu sebeple, katı yakıt kullanımından kaynaklı ev içi hava kirliliği, sağlık için ciddi bir tehdit haline gelmiş; 2010 yılında yaklaşık 3,9 milyon prematür ölüm (küresel DALY'lerin %4,3'ü) sebebi olmuş ve küresel hastalık yükü için 5 ana risk faktöründen biri olmuştur. Bu bağlamda en iyi örnek son yıllarda hızlı ve uyumsuz sanayileşme, kentleşme görülen ve buna dış ve iç ortam hava kirliliği seviyelerinin DSÖ tarafından belirlenen üst sınırların çok üzerinde olan Asya'dır. Özellikle en hızlı endüstriyel gelişme ve nüfus artışına sahip Asya ülkesi olan Çin, şu anda dünyadaki en kötü hava kirliliği sorunuyla karşı karşıyadır.

Hava kirliliği, dünya çapında tahminen akciğer kanserine bağlı ölümlerin %9'undan, kronik obstrüktif akciğer hastalığına bağlı ölümlerin %17'sinden, iskemik kalp hastalığı ve inme nedeniyle ölümlerin %30'undan fazlasına ve solunum yolu enfeksiyonlarına bağlı ölümlerin %9'undan sorumludur (15).

2012 yılı Küresel Hastalık Yükü Raporu, hava kirliliğinin hastalık yükü için önde gelen risk faktörleri arasında olduğunu ve Yeti Yitimine Ayarlanmış Yaşam Yılı' nın (DALY) %3,1'inden küresel olarak tek başına sorumlu olduğunu belirlemiştir. Tüm bu bulgular, hava kirliliğinin şu anda dünyanın en büyük çevre sağlığı riski olduğunu doğrulamaktadır (71).

### **3.10 Türkiye'de Hava Kirliliği**

Hızla sanayileşen batılı ülkelerde hava kirliliği ile mücadele için yasal düzenlemeler geliştirilirken o dönemde Türkiye'de hava kirliliği boyutları sanayileşmiş ülkelere göre daha iyi düzeylerdeydi. O dönemde düşük sanayileşme faaliyetleri kirliliğin çevresel bir tehdit haline gelmesinin önüne geçmiştir. 1950'li yıllarda Ankara'da başlayan ve insan sağlığına olumsuz etkiler de gösteren hava kirliliği nedeniyle Türkiye'de de çeşitli yasal düzenlemelere ihtiyaç duyulmuştur.

Türkiye’de hava kirliliği sorunu kentleşme ve sanayileşme faaliyetlerinin arttığı dönemle başlamıştır. Sanayileşme ile başlayan kirliliğe verilecek ilk örnek 1951 yılında kurulan Murgul Bakır Fabrikası’ndan kaynaklanan kirletici gazların havaya direkt olarak salınmasıdır.

1950’li yıllarda hızlı kentleşme ile özellikle Ankara’da hava kirliliği ciddi boyutlara ulaşmıştır. Yakıt kullanımından kaynaklı kirlilik açısından en eski örneklerden biri de Erzurum olmuştur. O günlerden günümüze kadar Türkiye’de sanayileşmeden kaynaklanan kirlilik giderek trafik kaynaklı kirlilik gibi çeşitlenmeye başlamıştır.

Türkiye’de petrol ve kömür gibi fosil yakıtların kullanımı ile artan kirlilik zamanla temiz enerji ihtiyacını doğurmuştur. Evlerde ısınma ve sanayide temiz enerji kaynağı olarak doğal kullanımı 1976 yılında başlamıştır. 2005 sonrası en çok kullanılan kaynak doğal gaz olmuştur. Doğal gaz kullanımının yaygınlaşmasına rağmen bazı illerde özellikle kış aylarında kirlilik düzeylerinde ciddi anlamda artışlar görülmektedir. Bu kirlilik ölçümleri ölçülen kirletici türüne göre iller arasında değişiklik göstermektedir (67).

İllerde hava kirliliğinin değerlendirilmesi çeşitli kirleticileri ölçmek amaçlı Türkiye’de Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı bulunmaktadır. Ölçüm istasyonlarında ölçülen partikül madde, kükürt dioksit gibi kirleticilerin değerleri bu ağın online erişime açık web sayfasında yayınlanmaktadır.

Belli bir bölgede hava kirliliği değerlendirilirken, kirleticiler için uzun vadeli sınır değer (UVS, bütün ölçüm sonuçlarının aşılmaması gereken aritmetik ortalama değerleri) ve kısa vadeli sınır değer (KVS, tüm ölçüm sonuçları sayısal olarak dizildiğinde ölçüm sonuçlarının %95’ini aşmaması gereken değerler) tanımlanır. Bu değerler aslında toplumun gelişmişlik düzeyi ve karar vericilerin sağlık algısı çerçevesinde belirlenir. Dünya Sağlık Örgütü ve Avrupa Birliği sınır değerleri karşılaştırıldığında Avrupa için sınır değerler daha esnektir. Türkiye ise tüm bu değerlerin üzerinde belirlenen sınırlar ile kirlilik ile karşı karşıyadır. Türkiye’de 2015 yılı PM<sub>10</sub> verilerine göre, tüm illerin %53’ü Türkiye’de kabul edilen sınır değerlerin

altında, %33'ü Avrupa Birliği standartlarına göre kabul edilen sınır değerlerin altında ve sadece 1 ilin Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği sınır değerlerin altında temiz hava soluduğu gösterilmiştir (25).

Tüm çevre sorunlarında olduğu gibi Türkiye'de de hava kirliliğinin başlıca iki nedeni kentleşme ve sanayileşmedir. Kentlerde hava kirliliğine katkıda bulunan gelişmeler arasında topografik ve meteorolojik koşullara uygun olmayan kentleşme, düşük kaliteli yakıt ve yanlış yakma teknikleri, yeşil alan yetersizliği ve motorlu araç sayısındaki artış sayılabilir. Türkiye'de hava kirliliğinin endüstriyel kaynakları ağırlıklı olarak gübre, demir-çelik, kağıt ve selüloz, şeker, çimento, tekstil, petrokimya, pestisit ve deri sanayileri ile enerji santralleridir (72).

Her ülkede enerji sektörü önemli bir hava kirliliği kaynağıdır. Avrupa Çevre Ajansı (EAA)'nın bir analizine göre, enerji kullanımı ve arzı NO<sub>x</sub> emisyonlarının %48'inden, metan olmayan uçucu organik bileşiklerin %35'inden ve SO<sub>2</sub> emisyonlarının %99'undan sorumludur. Bu kirleticiler sağlık için en endişe verici kirleticiler olan partikül madde ve ozon oluşumuna katkıda bulunabilirler.

Kömür, Türkiye'nin enerji sisteminde merkezi bir rol oynamaktadır. Kömür santralleri önemli miktarlarda partikül madde, kükürt dioksit ve nitrojen oksit emisyonuna neden olmaktadır. Kömür santrallerinin bacalarından yayılan diğer tehlikeli maddeler; cıva gibi ağır metaller, dioksinler, polisiklik aromatik hidrokarbonlar gibi kalıcı organik kirleticilerdir. Özellikle çocuk sağlığı için, kömür santrallerinden kaynaklanan büyük cıva emisyonları endişe sebebi olmaktadır. Büyük bir kömür santrali her yıl birkaç bin ton tehlikeli hava kirleticisi yayar ve ortalama ömrü en az 40 yıldır. Yeni kömür santralleri inşa etmek, tehlikeli emisyonların ve sağlık üzerindeki etkilerinin uzun yıllar devam edeceği anlamına gelmektedir.

On altı sivil toplum kuruluşundan oluşan Temiz Hava Hakkı Platformu tarafından hazırlanan "Kara Rapor 2021: Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri" isimli rapora göre, Türkiye'de PM<sub>2,5</sub> konsantrasyonları illerin yarısında ölçülememiştir. Yine rapora göre, 2020 yılında sadece 2 ilde (Bitlis, Hakkâri) Dünya Sağlık Örgütü'nün kılavuz

sınırlarının altında temiz hava değerleri ölçülmüştür. Avrupa Çevre Ajansı'na göre, Türkiye'deki kentsel nüfusun yüzde 97,2'si sağlıklı seviyelerde PM<sub>10</sub>'a maruz kalmaktadır (73).

Türkiye'de ölçüm istasyonlarının kapasitesi ve sayısı kirliliği ölçüp değerlendirmek için yeterli değildir. Sağlığa zararı kanıtlarla en fazla gösterilmiş olan PM<sub>2,5</sub> çok az sayıda istasyon tarafından ölçülmektedir. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde PM<sub>2,5</sub> için tanımlanmış herhangi bir yasal limit olmaması, hava kirliliği ile mücadelede acil müdahale önlemlerinden biri olmalıdır (74).

### **3.11 Hava Kirliliği Ve Kirleticilerin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri**

Hava kirliliğinin insan sağlığı üzerinde bir takım zararlı etkileri olduğu iyi bilinmektedir ve küresel olarak toplum için önemli bir sorun olarak kabul edilmektedir. Hava kirliliği dünya çapında tahminen akciğer kanserine bağlı ölümlerin %9'undan, kronik obstruktif akciğer hastalığına bağlı ölümlerin %17'sinden, iskemik kalp hastalığı ve inme nedenli ölümlerin %30'dan fazlasından ve solunum yolu enfeksiyonlarına bağlı ölümlerin %9'undan sorumludur. 2012 yılı Küresel Hastalık Yükü Raporu'nda hava kirliliğinin hastalık yükü için önde gelen risk faktörleri arasında olduğu ve tüm DALY'lerin %3,1'inden küresel olarak tek başına sorumlu olduğu belirtilmiştir. Tüm bu bulgular hava kirliliğinin şu an dünyada en büyük çevre sağlığı riski olduğunu göstermektedir (15).

Dünyada etkisi giderek artan iklim değişikliğinin yer seviyesinde ozon veya partikül madde gibi kirleticilerle oluşan hava kirliliğini arttırması ve insan sağlığına zarar vermesi öngörülmektedir. Yer seviyesindeki ozon; azalmış akciğer fonksiyonları, artan hastane başvuruları ve ölümler gibi pek çok sağlık sorunu ile ilişkilidir. Ozon oluşumunu etkileyen faktörler arasında ısı, öncü kimyasalların konsantrasyonları ve metan emisyonları etkenler yer almaktadır. Partikül madde konsantrasyonları diğer faktörlerin yanı sıra orman yangınları emisyonları ve havadaki durgunluk olayından etkilenir. Bu farklı faktörleri arttırarak, iklim değişikliğinin bazı bölgelerde artan ozon ve partikül madde konsantrasyonlarına neden olması beklenmektedir. Küresel



sıcaklıklarda artışlar, kötüleşen ozon ve partikül kirliliğine bağlı erken ölümlerde ilişkili artışlara neden olabilir. Nüfus özelliklerinde herhangi bir değişiklik olmadığını varsayan tahminler, ozon ve partikül madde kirliliği kaynaklı yıllık bin ile dört bin üç yüz rakamları arasında erken ölümün gerçekleşeceğini öngörmektedir (75).

Hava kirliliği temelde solunum sistemi hastalıkları gelişimine neden olmaktadır fakat akciğerler aracılığı ile sistemik dolaşıma geçen partikül madde, ozon, azot dioksit, karbon monoksit gibi kirleticiler diğer sistemlerde de hastalığa neden olmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü, hava kirliliği ile ilişkili olarak sadece solunum yolu hastalıkları değil tip 2 diyabet, obezite, Alzheimer ve bunamaya dair kanıtlar sunmaktadır (76). Yakın zamanda yayınlanan bir küresel incelemede, hava kirleticilere kronik maruz kalımın vücuttaki her organı etkileyebileceği bildirilmiştir (10).

Hava kirliliğinden kaynaklanan hastalık yüküne ilişkin bir Dünya Sağlık Örgütü değerlendirmesine göre, her yıl 2 milyondan fazla erken ölüm kentsel iç ve dış ortam etkilerine bağlanmaktadır. Bu hastalık yükünün yarısından fazlası gelişmekte olan ülkelerin nüfusları tarafından karşılanmaktadır. 2021 yılında Dünya Sağlık Örgütü, hava kirliliğinin insan sağlığına nasıl zarar verdiğine dair son bilimsel kanıtların sistematik bir incelemesine dayanarak, 2005 yılı hava kalitesi kılavuzunu sağlığı korumak amaçlı güncellemiştir (77).

Hava kirliliği anlatıldığı üzere pek çok sistemde hastalığa neden olabilmektedir. Hava kirliliği ve ilişkili olabileceği hastalıklar şu şekilde özetlenebilir:

### **3.11.1 Alerjik Hassasiyet ve Rinit**

Hava kirliliğinin duyarlı kişilerde alerjik tepkileri alevlendirebileceği iyi bilinmektedir. Klinik epidemiyolojik çalışmalar, ortam hava kirliliğinin çocuklarda alerjik duyarlılığı artırabileceğini ve çok küçük yaşlardan itibaren Ig E düzeylerini artırabileceğini göstermektedir (78). Çin’de yapılan bir araştırmada PM<sub>2,5</sub> ve nitrojen dioksit seviyelerinde artışların yetişkinlerde alerjik rinit için ilaç kullanım insidansında artışa neden olduğu gösterilmiştir (79).

### 3.11.2 Otoimmün Hastalıklar

Hava kirliliğine maruz kalma ile otoimmünite ilişkisi yeterince çalışılmamış olsa da otoimmün hastalıklardan romatoid artrit, sistemik lupus eritematozus gibi hastalıklarla ilişkisini gösteren çeşitli araştırmalar yapılmıştır (80). Kanada'da yapılan bir araştırmada PM<sub>2,5</sub> maruz kalımı ile romatizmal hastalık tanısı alma arasında ilişki gösterilmiştir (81).

### 3.11.3 Kemik ve Eklem İlişkili Hastalıklar

Çevresel faktörler kemik yoğunluğu ve mineralizasyonu üzerinde etkili olabilmektedir. Hava kirliliğinin kemikte mineralizasyon kaybı ve kırık riskine etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada, osteoporozun sık görüldüğü bölgelerde kırık riskinin siyah karbon ve PM<sub>2,5</sub> seviyeleri ile ilişkili olarak arttığı gösterilmiştir (82).

Tayvan' da osteoporoz riskini değerlendirmek için yapılan popülasyon tabanlı bir retrospektif kohort çalışmasında, karbon monoksit ve nitroz oksit maruz kalımının artmış osteoporoz riski ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (83).

### 3.11.4 Maligniteler

Dış ortam hava kirliliği; epidemiyolojik çalışmalar ve mekanik verilerden elde edilen kanıtlara dayalı olarak 2013 yılında Uluslararası Kanser Ajansı (IARC) ve DSÖ tarafından kanserojen olarak kabul edilmiştir (84).

Havadaki karsinojenlerin, özellikle en önemli inhale dozları alan akciğer olmak üzere, küresel kanser yüküne katkıda bulunduğuna dair uzun süredir endişeler bulunmaktadır. Hava kirliliği ve kanser konusu sistematik olarak küresel boyutlarıyla yeterince gözden geçirilmemiştir. Böyle kapsamlı bir inceleme yapmak için, dünya çapında yılda 1,3 milyondan fazla yeni akciğer kanseri vakası gerekçe olarak gösterilmektedir. Bu sayının artmasında hava kirliliğinin küçük bir etkisi bile daha sıkı kontrol önlemlerinin uygulanmasının gerekçesini güçlendirmektedir.

Çevresel faktörlere atfedilebilen kanser yükü ve hava kirliliğinin özellikle akciğer kanserine etkisi üzerinde çeşitli tahminler yapılmıştır. DSÖ'nün 2004 yılı

Küresel Hastalık Yüğü Çalışması' na göre hem iç hem de dış ortam hava kirliliğı ilişkili, dünya çapında tahmini akciğer kanseri ölüm sayısı yılda 62.000 açıklanmıştır. Katı yakıt yakılmasından kaynaklanan iç mekân hava kirliliğinin yılda 16.000 akciğer kanseri ölüm vakası ile ilişkili olduğu tahmin edilmektedir (85).

Yapılan çalışmalarda  $PM_{2,5}$  ve  $PM_{10}$ ' a maruz kalmanın akciğer kanserine yakalanma riskini arttırdığı gösterilmiştir (86). Bu çalışmalara ek olarak, nitröz oksit ve ozon seviyeleri; telomer boyunda değişim, DNA hasarı ve onarımı ile ilgili genlerin ekspresyonu, oksidatif stres, epigenetik etkiler, DNA metilasyonu gibi neoplazi ile ilgili hüresel değişiklikler ile deneysel olarak ilişkilendirilmiştir (87).

Hava kirliliğı solunum sistemi dışında diğer sistemlerde de malignitelere neden olabilmektedir. Hava kirliliğine maruz kalma, mesane kanserinin hem insidansında hem de mortalitesinde rol oynamaktadır. İspanya'da yapılan bir araştırma, endüstriyel olarak kirli bölgelerde uzun süre yaşayanlarda polisiklik aromatik hidrokarbon emisyonları ile dizel egzozu ve mesane kanseri arasında bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur (18). Amerikan Kanser Derneğı'nin 22 yıl boyunca (1982-2004) takip edilen 623.048 katılımcı üzerinde yaptığı prospektif Kanser Önleme Çalışması II,  $PM_{2,5}$  düzeylerinin böbrek ve mesane kanserlerinden ölümle ve nitröz oksit düzeylerinin de kolorektal kanser mortalitesi ile ilişkili olduğunu bulmuştur (88).

Tüm dünyada hava kirliliğinin başlıca sebeplerinden olan motorlu taşıt emisyonları, Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı tarafından dizel motor egzozu kanserojen ve motorlu araç egzozu muhtemelen kanserojen olarak sınıflandırılmıştır. Motor egzozunda endişe duyulan birincil kirleticisi olarak benzen, yetişkin akut miyeloid lösemide (AML) bilinen bir kanserojen olarak sınıflandırılmıştır (89).

### **3.11.5 Kardiyovasküler Sistem Hastalıkları**

Hava kirliliğinin kardiyak etkileri; kardiyak otonomik fonksiyonda değişiklik, miyokard infarktüsü, anjina pektoris, artmış kan basıncı, ateroskleroz, hipertansiyon ve serebrovasküler iskemide artış olarak görülmektedir.

Hava kirliliğini kalp hastalığına bağlayan biyolojik mekanizmalar; kirleticilerin kardiyovasküler sistem, kan ve akciğer reseptörleri üzerindeki doğrudan etkilerini ve aynı zamanda pulmoner oksidatif stres ve inflamatuvar yanıtların aracılık ettiği dolaylı etkileri içermektedir. Doğrudan etkiler muhtemelen, gazlar ve  $PM_{2,5}$ 'un çözünür bileşenleri gibi pulmoner epiteli kolayca geçerek dolaşıma geçen maddeler yoluyla meydana gelmektedir. Hava kirliliğinin bu doğrudan etkileri, artan miyokard enfarktüsleri gibi hızlı kardiyovasküler yanıtların (birkaç saat içinde) ortaya çıkması için makul bir açıklama sunar. Kronik dolaylı etkiler (birkaç saatten günlere kadar) ise solunan kirleticilerin neden olduğu pulmoner oksidatif stres/iltihap yoluyla ortaya çıkabilir (73). Yapılan çalışmalarda kalp atım hızında değişikliğin hava kirliliği özellikle de  $PM_{2,5}$  ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (90). Çalışmalar, hava kirliliği ile iskemik kalp hastalığı ve inme için temel mekânizma olan ateroskleroz arasında bir ilişki bulmuştur ve bu durum kirliliğin birçok kardiyovasküler hastalık riski üzerindeki uzun vadeli etkilerini açıklayabilir (91). PM ve iskemik mortalite ilişkisi  $PM_{2,5}$ ' in bileşimi ve kaynağına göre değişiklik gösterebilmekte olup en zararlı  $PM_{2,5}$  emisyonları kömür yanması kaynaklıdır (92).

### 3.11.6 Bilişsel Fonksiyon ve Nörolojik Hastalıklar

Hava kirliliğine bağlı nörolojik etkiler; nörogelişimsel bozukluklar, nöroinflamasyon, oksidatif stres, kan beyin bariyerinde değişiklikler, baş ağrıları, anksiyete, inme, Alzheimer ve Parkinson hastalığı şeklinde görülebilmektedir. Kirli havada bulunan cıva ve kurşun gibi ağır metaller atmosfere yayılır ve bu metaller insan vücudu özellikle çocuklar için nörotoksiktir. Çocuklukta kurşuna maruz kalma yetişkin dönemde bilişsel esneklik ve soyut akıl yürütme dahil olmak üzere bilişsel işlevlerde azalma ile sonuçlanabilir. Kurşuna maruz kalma, sonraki sözel hafızayı ve sözel akıcılığı da etkileyebilir. Saldırganlık, davranışsal sorunlar (depresyon ve uyku şikayetleri gibi) ve artan anti-sosyal ve suça eğilimli davranışlar da kurşun maruz kalımı ile pozitif olarak ilişkilendirilmiştir (73).

Kanada'da 4,4 milyon kişi üzerinde yapılan bir araştırmada, demans riskinin karayolu yakınında yaşama ile "doza bağımlı" bir şekilde ilişkili olduğunu

gösterilmiştir. Yoğun bir karayolu yakınında yaşamak, hava kirliliğine maruz kalmanın bir göstergesi kabul edilmektedir (93).

Hayvanlar üzerinde yapılan araştırmalar, solunan ultra ince parçacıkların burundan koku alma yoluyla doğrudan beyne gidebildiğini ve burada iltihaplanma ve oksidatif strese neden olabileceğini göstermiştir (94).

Hava kirliliği gelişmekte olan beyne zarar verebilir ve bu özellikle önemlidir çünkü bu hasar yaşam boyu bilişsel işlevi bozabilir. Birçok çalışma, yüksek  $PM_{2,5}$  seviyelerine doğum öncesi ve erken çocukluk döneminde maruz kalmanın, gecikmiş psikomotor gelişim ve düşük çocuk zekası ile ilişkili olduğunu bulmuştur. Meksika’da yapılan bir araştırma, daha kirli bölgelerde yaşayan çocukların MR görüntüleme daha kötü bilişsel performans ve daha fazla prefrontal beyin lezyonuna sahip olduğunu bulmuştur (95).

Doğum öncesi veya erken yaşamda polisiklik aromatik hidrokarbonlara, dizel egzoz emisyonlarına, partikül madde, karbon monoksit, nitroz oksit, ozon ve kükürt dioksite maruz kalma ile ilişkilendirilen hava kirliliği ve otizm hakkında pek çok makale yayınlanmıştır ve bu konuda bu bulguları destekleyen çeşitli hayvan çalışmaları da bulunmaktadır (96).

Hava kirliliği erken çocukluk döneminde olduğu kadar yaşlanan beyin için de zararlıdır. Hava kirliliğine daha fazla maruz kalan yaşlı yetişkinler, daha az maruz kalan yetişkinlere kıyasla bilişsel testlerde daha kötü performans gösterir ve bunama riski daha yüksektir (97).  $PM_{2,5}$ ’a uzun süreli maruz kalma manyetik rezonans görüntüleme (MRI) beyin hacminde küçülme ve yüksek subklinik felç göstergeleri ile ilişkili bulunmuştur (98).

### **3.11.7 Diyabet, Obezite ve Endokrin Hastalıklar**

Hava kirliliğinin, endokrin sisteme farklı mekanizmalar üzerinden çeşitli etkileri yapılan çalışmalarla gösterilmiştir. Hava kirleticilerin diyabet hastalığının seyrine etkisinin incelendiği bir çalışmada,  $PM_{2,5}$  ve nitroz oksite maruz kalım, hem

diyabetik hem de diyabetik olmayan bireyler arasında diyabet prevalansı ve artan glikolize hemoglobin (HbA1c) seviyeleri ile ilişkili bulunmuştur (99).

Diyabet dışında diğer endokrin sistem hastalıkları üzerine kirliliğin etkisini inceleyen araştırmalar, ortamda yüksek PM<sub>10</sub> seviyelerine maruz kalma ile yetişkinlerde metabolik sendrom arasındaki ilişkiyi göstermiştir. Hava kirliliğinin, visceral yağ dokusu birikimini arttırdığı ve bu durumun da insülin direncini, oksidatif stresi ve sistemik inflamasyonu kötüleştirebildiği gösterilmiştir (100).

Hava kirliliğine maruz kalma ile vücutta adipoz dokuyu etkileyen çeşitli metabolik değişiklikler meydana gelmektedir. Meksika' da yüksek PM<sub>2,5</sub> seviyelerine maruz kalan çocuklarda, düşük PM<sub>2,5</sub> seviyelerinin olduğu bölgelerde yaşayanlara kıyasla daha yüksek leptin ve endotelin-1 seviyeleri ve daha düşük glukagon benzeri peptid-1, ghrelin ve glukagon seviyeleri ölçülmüştür. Leptin, PM<sub>2,5</sub> kümülatif maruz kalımlarıyla güçlü bir şekilde ilişkili bulunmuştur. Yüksek PM<sub>2,5</sub> ve ozon seviyelerine sahip ortamlarda yaşamak, sağlıklı çocuklarda 12 saatlik açlık hiperleptinemisi, iştah düzenleyici peptitlerde değişiklik, D vitamini eksikliği ve endotelin-1'deki artışlarla ilişkilendirilmiştir (101).

### **3.11.8 Solunum Sistemi Hastalıkları**

Hava kirliliğinin sağlık etkileri; solunum semptomlarında artış, enfeksiyonlar, artan hava yolu reaktivitesi, tahriş, akciğer iltihabı, artan solunum yolu hastalıkları mortalitesi ve hastane başvurusu ve yatışları, azalmış akciğer fonksiyonu, akciğer kanseri riskinde artış şeklinde görülmektedir. Amerikan Toraks Derneği, hava kirliliği ile ilişkili, solunum yolu hastalıklarından ölümden düşük yaşam kalitesine kadar sonuçları kapsayan ve fizyolojik işlevde geri dönüşü olmayan bazı değişiklikleri içeren, "olumsuz" olarak kabul edilmesi gereken çok çeşitli solunum sağlığı etkileri tanımlamıştır. Bu sağlık etkileri tüm yaş gruplarında görülebilmektedir. Araştırmalar, PM konsantrasyonunun yüksek olduğu bölgelerde çocuklarda akciğer fonksiyonlarının gelişiminin azaldığını göstermektedir; bu işlev, çocuklar hava kirliliğinin daha düşük olduğu bölgelere taşındığında iyileşmekte veya çocuklar daha fazla hava kirliliği olan bölgelere taşındığında bozulmaktadır. Akciğer gelişimi

üzerindeki bu etki, yaşamın ilerleyen dönemlerinde akciğer hastalıklarının gelişmesi için ek bir risk faktörü olacaktır (75).

Hava kirletici maddeler, solunum yolu hastalığı alevlenmelerinin iyi bilinen tetikleyicileridirler. Ozon, partikül madde, kükürt dioksit ve azot dioksit gibi birçok farklı kirletici; öksürük, balgam ve bronş aşırı duyarlılığını indükleyebilen tahriş edici etkilere sahiptir. Partikül madde seviyelerindeki artışlar, astım, KOAH ve sıklıkla solunum yolu enfeksiyonlarına atfedilen solunum semptomları için acil servise artan ziyaretlerle ilişkilidir (16).

Kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH), çeşitli risk faktörlerinin kombinasyonundan kaynaklanan bir hastalıktır (102). KOAH gelişiminde sigara en önemli risk faktörüdür fakat ortaya çıkan kanıtlar özellikle gelişmekte olan ülkelerde diğer risk faktörlerinin etkisini önemle vurgulamaktadır. KOAH'lı hastaların yaklaşık %25-45'inde geçmişte sigara kullanım öyküsü yoktur; bu nedenle KOAH gelişiminde sigara dışı risk faktörlerine atfedilen KOAH yükü önceden beklenilenden çok daha fazladır (103). Tütün dumanı, hava kirliliği, mesleki toz, duman ve kimyasallara maruz kalım KOAH için önemli risk faktörleridir. KOAH 2019 yılında 3,23 milyon ölüme neden olarak dünya çapında üçüncü önde gelen ölüm nedeni olmuştur (103). KOAH kaynaklı ölümler son 20 yılda %60'tan fazla artmış ve hava kirliliği bu artıştan, immünolojik bir yanıt olan inflamasyon yoluyla önemli bir risk faktörü olarak sorumludur (16).

### **3.12 Hava Kirliliği Ve Sağlık Etkileri Alanında Yapılan Çalışmalar**

#### **3.12.1 Epidemiyolojik Çalışmalar**

Hava kirliliği, sağlığın önemli bir belirleyicisidir. Ortam hava kirliliğinin sağlık üzerindeki çok çeşitli olumsuz etkileri, dünyanın çeşitli yerlerinde yapılan çalışmalarla belgelenmektedir. Ortamdaki hava kirliliğinin sağlık üzerindeki etkilerini değerlendirmek; dikkate değer ölçüde geniş bir kanıt bütünlüğüyle değerlendirilmesi gerektiğinden zorlu bir iştir. Özellikle son yıllarda bu konu ile ilgili, popülasyonda maruz kalma, gözlemsel epidemiyoloji, kontrollü insan maruz kalımı, hayvan

toksikolojisi ve in vitro mekanik çalışmalar gibi çeşitli yönleri ve araştırma disiplinlerini kapsayan yeni araştırmalar yayınlanmıştır (104).

Çeşitli çalışmalar ve meta-analizler, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde, artan mortalitenin partiküler maddeye kısa ve uzun süreli maruz kalma ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Di ve arkadaşları tarafından yürütülen ve Amerika Birleşik Devletleri'nde medicare sisteminden yararlanan 60 milyondan fazla kişiyi içeren bir araştırmada PM<sub>2,5</sub> düzeyinde her 10 µg/m<sup>3</sup> artışta tüm nedenlere bağlı ölümlerde % 7,3 bir artış saptanmıştır (105).

Hava kirliliği çalışmaları, hızlı kentleşen ve hızlı nüfus artışına sahip olan ülkelerde yoğunlaşmaktadır. Özellikle Doğu Asya ülkelerinde yapılan çalışmaları literatürde fazlaca görülmektedir (106). Hava kirliliğinin sağlık üzerindeki etkileri, Asya bölgesi dışındaki gelişmekte olan ülkelerde de yoğun araştırmaların konusu olmuştur. Örneğin, dokuz Latin Amerika şehrinde yürütülen ESCALA (Estudio de Salud y Contaminacion del Aire en Latinoamerica) çalışması, günlük PM<sub>10</sub> ve O<sub>3</sub> maruz kalımı ile günlük mortalite arasında anlamlı bir ilişki bulmuştur (107).

Özellikle, Çin'in en büyük ve en ağır sanayileşmiş şehri olan Şanghay' da 'da ortam hava kirliliğine uzun süreli maruz kalım üzerine yapılan bir araştırmada, yıllık ortalama PM<sub>10</sub> konsantrasyonunda 10 µg/m<sup>3</sup>'lük artışın sırasıyla kardiyovasküler ve serebrovasküler hastalık nedeni ölüm riskinde % 55 ve % 49' luk artışa neden olduğu gösterilmiştir (108).Çin'de yapılan ve ortam hava kirliliğine kısa süreli maruz kalma ile meteorolojik faktörlerle ilişkili solunum sistemi hastalıkları kaynaklı ölümlerin değerlendirildiği bir zaman seri analizinde, PM<sub>2,5</sub> ve SO<sub>2</sub> düzeylerinin soğuk mevsimlerde arttığı gösterilmiştir. Bu mevsimsel eğilim, kışın artan kömür kullanımı ve trafik emisyonları ile ilişkilendirilmiştir. Buna karşılık, sıcak mevsimlerde O<sub>3</sub> seviyelerinde artış gözlemlenmiştir. Bu artış eğilimi, ozonu ortaya çıkaran fotokimyasal reaksiyondan kaynaklıdır. Güneş ışığının etkisiyle daha çok sıcak mevsimlerde açığa çıkan ozon, sıcak ve rüzgârlı havalarda daha çok havada asılı kalıp ortama yayılır. Ortam hava kirlleticileri arasında değişen zamansal eğilimler, farklı



emiyon kaynaklarından ve sıcaklık, bağıl nem gibi olası karıştırıcı meteorolojik parametrelerden kaynaklanabilir (109).

Fransa'da yapılan bir çalışmada, günlük NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> ve PM<sub>10</sub> seviyeleri ile pratisyen hekimler tarafından tıbbi amaçlı evde hasta ziyaretleri ilişkisi araştırılmıştır. PM<sub>10</sub>' da 10 µg/m<sup>3</sup>'lük bir artışı takip eden 3 gün boyunca ev ziyaretlerinin göreceli riski üst ve alt solunum yolu hastalıkları için önemli ölçüde artmıştır. Aynı şekilde, NO<sub>2</sub>' de 10 µg/m<sup>3</sup> artış ev ziyaretlerinde alt solunum yolu enfeksiyonları için ziyaretlerde artış gözlenmiştir (110).

Asya'da Halk Sağlığı ve Hava Kirliliği (Public Health and Air Pollution in Asia) projesi kapsamında, 4 yıllık günlük veriler kullanılarak dış ortam hava kirliliği ile günlük ölüm sayıları arasındaki ilişkiyi araştırmak için Şanghay'da yapılan bir zaman serisi çalışmasında; dış ortam PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub>' e kısa süreli maruz kalmanın, tüm doğal nedenlerden ve kardiyopulmoner hastalıklardan kaynaklanan günlük ölümlerle ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca sonuçlar; kadınların, yaşlıların ve düşük eğitim düzeyine sahip kişilerin sırasıyla erkeklere, gençlere ve yüksek eğitim düzeyine sahip kişilere göre hava kirliliğine karşı daha savunmasız olduğuna dair ön kanıtlar sağlamıştır (111).

Otuz üç çalışmayı içeren PM<sub>10</sub> , PM<sub>2,5</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> ve CO' e kısa süreli maruz kalmanın mortalite etkilerinin değerlendirdiği bir meta-analizde, tüm kirleticiler artan mortalite riski ile anlamlı olarak ilişkili saptanmıştır (106).Çeşitli ülkelerde, hava kirletici konsantrasyonlarında artışların ve sıcak hava dalgalarının kardiyovasküler veya solunum sistemi hastalıkları nedenleri ile hastane başvurularında artışı ilişkilendiren çalışmalar yürütülmüştür (112). Hollanda' da yapılan bir çalışmada 15 yaş üstü nüfusta sıcaklık ve PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> kaynaklı hava kirliliğinin sağlık üzerine olumsuz etkisinin mortaliteyi anlamlı bir şekilde arttırdığı ve bu riskin 85 yaş üstü yalnız yaşayan bireylerde daha fazla olduğu gösterilmiştir (113).

### 3.12.2 Çapraz Vaka Kontrol Tasarım ve Hava Kirliliği Alanında Yapılan Çalışmalar

ÇVK çalışma tasarımı gözlemsel tipte, analitik özellikte, özel bir vaka-kontrol tipi çalışma tasarımıdır. 1988 yılında Maclure tarafından geliştirilmeye başlanan

yönteme dayanan ÇVK çalışma tasarımında; risk ve kontrol dönemleri belirlenip; saptanan etkilenim ölçütüne göre analizler yapılmaktadır. Maclure'nin bu tasarımı geliştirme amacı; MI insidansının neden sabah saatlerinde zirve yaptığını araştırmak için bir vaka-kontrol incelemede, kontrol seçimine ait yanlılığı önlemek olmuştur (114,115). Çapraz vaka kontrol tasarımı ilk defa kullanan Maclure; MI ile öfke nöbetleri vs gibi durumların ilişkisini araştırmış ve aynı kişide 2 zaman periyodunu karşılaştırmıştır. Buradaki asıl soru; vakanın neden hasta olduğu kontrolün neden olmadığı değil, vakanın neden önceki dönem de değil de şimdi hastalandığıdır. Bu çalışma tasarımı hastalığın "tetikleyicileri"ni (kısa vadeli, geçici risk faktörleri) incelemek için idealdir. Eşleştirilmiş bir vaka kontrol çalışmasında olduğu gibi, çıkarım, hastalık riskinden ziyade maruz kalımın dağılımının karşılaştırmasına dayanmaktadır. Literatürde kesin bir ilişki gösterilmemekle birlikte sadece ÇVK tasarıma uygun basit klinik bir örnek vermek için; antibiyotik tedavisinin doğum kontrol haplarının başarısız olma riskini etkileyip etkilemediğini incelenmek için ÇVK tasarımı kullanılabilir. Bu tasarımda hastalar (vaka), doğum kontrol hapi almasına rağmen hamile kalan kadınlardır. Burada ilgilenilen durum hamile kalma, tetikleyici ise antibiyotik kullanmadır. Diğer araştırma yöntemleri ile bu bağlantıyı kurmak zordur çünkü hamilelik şansı sadece antibiyotik kullanımına bağlı değil aynı zamanda doğurganlık, tedaviye uyum, cinsel davranış gibi diğer karıştırıcı faktörlere de bağlıdır. Araştırılan durumda yanlılığı önlemek için, diğer tüm faktörlerin eşit ölçülebildiği ve sorgulanabildiği bir kontrol grubu belirlenmelidir ve bu durum araştırmaların uygulanabilirliğini güçleştirmektedir. Ancak bu karıştırıcı faktörlerin hastaların kendilerinde kısa sürede değişme şansı düşüktür. Bu nedenle istenmeyen gebelik yaşayan kadın grubunda, gebe kaldığı aydaki antibiyotik kullanılan günler ile önceki ayda antibiyotik kullanılan günler karşılaştırılıp eşleştirilmiş vaka kontrol tasarımına benzer şekilde model tasarlanıp ileri analizler ile antibiyotik kullanımının doğum kontrol hapının başarısına etkisi yorumlanabilir (116).

ÇVK tasarımla araştırma yapabilmek için maruz kalım ve hastalıkla ilişkili bazı koşullar önemlidir. Bu tasarım:

- Bireysel maruz kalımın kısa zaman aralıklarında değiştiği,

- Ani başlangıçlı sonuçlar için (MI, astım atağı, inme vs),
- Maruz kalım ve sonuç arasındaki indüksiyon süresinin kısa olduğu hastalıklar için yapılan çalışmalara uygundur (117).

Örneğin; genetik anomalilerin hastalık üzerine etkisi bu tasarımla incelenemez çünkü genetik anomaliler tehlike ve kontrol periyotlarında her zaman eşit bulunur. Bu nedenle maruz kalımda farklılık görülmez. Tasarım için; hastalığın maruz kalımdan kısa bir süre sonra (akut başlangıçlı) gelişmesi gerekmektedir. Bu koşul sağlanmazsa; sadece maruz kalmanın değil, aynı zamanda yaş gibi hastalığı etkileyebilecek diğer faktörlerin de değişmesi muhtemeldir. Sonuç olarak, hastalığın gelişimi tamamen gözlem periyotları arasındaki maruz kalım farkına atfedilemez. Örneğin, sigara içmek ile akciğer kanseri gelişimi üzerinde ÇVK tasarımı uygulanamaz çünkü kontrol periyodu ile tehlike periyodu arasındaki süre; sigara içmenin etkisini gözlemlemek için oldukça uzun olmalıdır. Bununla birlikte, bu sürede karıştırıcı faktörlerin etkileri de değişir ve kontrol ile tehlike periyodu arasındaki karşılaştırma neredeyse hiç bilgi sağlamayacaktır. Ayrıca, bu örnekte sigara kullanımına bağlı maruz kalım kısa süreli ve geçici olmayacağı için bu tasarımda maruz kalım olarak incelenemez. Bu tasarımda kullanılacak maruz kalımın biyolojik etkilerinin bilinmesi araştırmanın güvenilirliği açısından oldukça önemlidir.

ÇVK tasarımının en büyük avantajı; kişinin kendi kontrolü olarak belirlenmesidir. Vaka kontrol çalışması ile kıyaslandığında kontrol grubu; yaş, sigara içme davranışı, fiziksel aktivite vb. faktörler açısından vaka grubundan farklı olabilir. Kontrol grubunda uygun eşleşme sağlanamazsa, bu karıştırıcı faktörler araştırma sonuçlarını etkileyebilmektedir. ÇVK tasarımında; bu karıştırıcı faktörlerin etkisi büyük ölçüde azaltılmıştır. Örneğin cinsiyet, sosyoekonomik durum ve aile öyküsü gibi sabit karıştırıcıların etkisi vaka için risk ve kontrol döneminde eşit olduğu için sonucu etkilemez. Ayrıca bu tasarımda kontrol ve tehlike periyotları belli bir aralıkla sınırlandırıldığı için, fiziksel aktivite ve sigara içme davranışı gibi değişken karıştırıcı faktörlerin etkisi de azalmaktadır.

ÇVK tasarımının çeşitli dezavantajları da vardır. Araştırma sorusu belli koşulları karşılamalıdır. Akut sonuçların yalnızca geçici nedenleri araştırılabilir. Bu nedenler incelenirken kontrol periyotları seçilirken referans aralıklar hastalığın biyolojik sürecine uygun seçilmelidir. ÇVK tasarımı gözlemsel bir araştırma tasarımıdır. Maruz kalım hakkında bilgiler hastalardan ya da kayıtlardan elde edilir. Kayıtlarda eksiklik ve hastaların maruz kalımın varlığını yanlış bildirmeleri (hafıza yanılışına bağlı bias) sonuçları etkileyebilmektedir. Bu nedenle sonucun güvenilirliği toplanan verinin kalitesine bağlıdır. Kayıt sistemlerinin güçlü olduğu ülkelerde, idari veri tabanları günümüzde araştırma amacıyla yaygın olarak kullanıldığı için ÇVK yöntemlerinin gelecekte kullanımının artması muhtemeldir (116).

ÇVK tasarımı pek çok alanda kullanılmakla beraber özellikle, kısa süreli (akut) maruz kalma ile ilgili ve tekrar edebilen bir sağlık olayında etken-sonuç ilişkisini incelemek amacıyla çevresel epidemiyolojide sıklıkla kullanılmaktadır. ÇVK tasarımı PM kaynaklı hava kirliliğinin sağlık üzerindeki etkilerinin gösterilmesinde özellikle kullanılan ve yararlı olan bir yöntemdir. PM kaynaklı hava kirliliği zamanla değişen bir maruz kalımdır ve PM'nin akut kardiyovasküler ve solunum yolu hastalıklarının insidansını arttırdığı yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (118).

Hava kirleticilere süre ve yoğunluk bakımından farklı maruz kalım paternleri; ortaya çıkan hastalığın türü ve hastalığın ortaya çıkma sürelerini etkilemektedir. Örneğin, kısa süreli yüksek karbon monoksit seviyelerine maruz kalım, maruz kalımın başlangıcından itibaren dakikalar içinde miyokard infarktüsünü tetikleyebilirken, akciğer kanseri oluşumu için daha uzun maruz kalım süreleri gerekmektedir. Epidemiyolojik çalışmalar, hava kirliliğine maruz kalmayla ilgili artan sağlık risklerine dair önemli ampirik kanıtlar sunmaktadır. Çalışma tasarımı, sonuçlardan nedensel çıkarımın güvenilirliğini güçlü bir şekilde etkiler. Çalışma tasarımının seçimi, öncelikle maruz kalım ve çalışılacak sonuç arasındaki varsayımsal ilişkinin türüne bağlı olmalıdır. Kısa ve uzun süreli maruz kalımın sağlık ve diğer etkilerinin türünü incelemek için farklı yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Kısa süreli hava kirliliğine maruz kalmanın etkilerine ilişkin ilk gözlemler, 1930 yılında Belçika'da ve 1950'lerde Londra'da çok yüksek hava kirliliği seviyeleri görülmesi nedeniyle yapılmıştır. Kayıtlara dayalı morbidite ve mortalite bilgileri ile hava kirliliği izleme verilerinin ilk zaman serisi analizleri 1970'lerde gerçekleştirilmiştir. 1990'lı yıllarda, uzun vadeli mevsimsel ve dönemsel eğilimleri de analizlere dahil etmek için Poisson regresyon analizi ve karmaşık modelleme teknikleri geliştirilmiştir (117). Hava kirliliği ve sağlık olayları ilişkisine ilişkin önceki çalışmaların çoğu, sağlık olaylarının Poisson regresyon zaman serisi analizleri olmuştur. Alternatif analitik yaklaşımların ve istatistiksel modellerin kullanılması, hava kirliliği etkileri hakkında nedensel çıkarımların geliştirilmesine katkı sağlayabilir. Özellikle, bireysel düzeyde maruz kalım ölçümleri veya potansiyel etki değiştiricilerin varlığında, bu bilgiyi bir zaman serisi analizinden farklı olarak bir ÇVK tasarımına dahil etmek mümkündür (118).

Klasik hava kirliliği zaman serisi çalışmalarında, ilgili maruz kalma terimi, bir kontrol gününde konsantrasyonları olan bir olayda veya olaydan kısa bir süre önce bazı ortam hava kirletici konsantrasyonlarının günlük seviyesidir.  $H_0$  (H sıfır) hipotezine göre kontrol günlerinde maruz kalım, durumdaki (ya da durumdan kısa bir süre önce) maruz kalımdan farklı olmamalıdır. Ortam hava kirliliği gerçekleşen durumun (hastalık meydana gelme) üzerinde gerçek bir etkiye sahipse sıfır hipotezi yalnızca ortam hava kirliliği, zaman serisinin yapısı olay ve kontrol günleri arasındaki fark sıfır olmayan bir ortalama değer etrafında yeterli varyasyon gösterecek şekilde dağılıyorsa reddedilebilir (119).

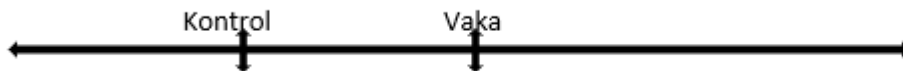
ÇVK tasarımı planlanırken dikkat edilmesi gereken önemli noktalardan biri, maruz kalma zaman serisindeki zaman eğilimleri nedeniyle yanlılık potansiyelidir. Navidi tarafından zaman seçimine bağlı yanlılığı önlemek için çift yönlü tasarımı tanımlanmıştır. Bir hastalığın meydana gelmesinin sonraki maruz kalma etkisinin olmadığı hava kirliliği gibi çevresel maruz kalımların zaman seri analizlerinde, vaka kabul edilen olaydan önceki ve sonraki tüm maruz kalma sürelerinin referans olarak kullanılması önerilmiştir. Böylece tek yönlü referans seçimi ile ortaya çıkan doğrusal

zaman trendi kaynaklı zamana bağlı seçim yanlılığı önlenmektedir. Bateson ve Schwartz tarafından yapılan çeşitli tasarım simülasyonları, hem vaka zamanından önce hem de sonra referanslar seçilerek mevsimsel değişikliklerden kaynaklanan büyük yanlılıkların hafifletilebileceğini göstermektedir. Aynı zamanda 2 yönlü referans seçiminin potansiyel bir faydası da örneklem çerçevesini genişletip daha fazla sayıda referans seçimine izin vermesidir. Maruz kalma zaman serisi çalışmalarında kısa vadeli (6 gün veya daha az) otokorelasyon da tahminlerde potansiyel bir yanlılık kaynağıdır. Verilerden optimal istatistiksel değerlendirmeyi yapabilmek için birden çok referans seçimi verilerden maksimum düzeyde bilgi çıkarmamıza katkı sağlamaktadır (118).

ÇVK tasarımında referans dönemlerin (kontrol) seçimi, referans seçim stratejisi (RSS) ile belirlenmektedir, bu stratejiler şu şekilde sınıflanabilmektedir:

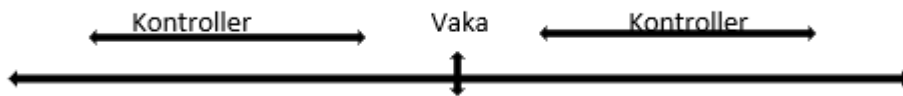
✓ Tek yönlü referans seçimi:

Kontrol periyodlarının vaka periyodundan sadece önceki günlerin seçildiği bu tasarımda, zaman trendine bağlı yanlılık olabilmektedir. Bu nedenle bu tasarım diğerlerine göre hava kirliliği çalışmalarında daha az kullanılmaktadır.



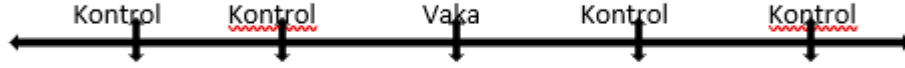
✓ Tam katmanlı çift yönlü referans seçimi:

Bu referans seçim stratejisinde kontroller vaka periyodundan hem önce hem sonra tüm günler olarak tasarıma dahil edilmektedir. Bu tasarım ile zaman trendine bağlı yanlılık büyük ölçüde önlenmektedir.



✓ Simetrik çift yönlü referans seçimi

Kontrol periyodları vaka periyodu ile aynı sezon içinde ve haftanın aynı günündeysen, simetrik çift yönlü tasarım, zaman trendine bağlı ve mevsimsel eğilime bağlı yanlılığı kontrol edebilmektedir (120).

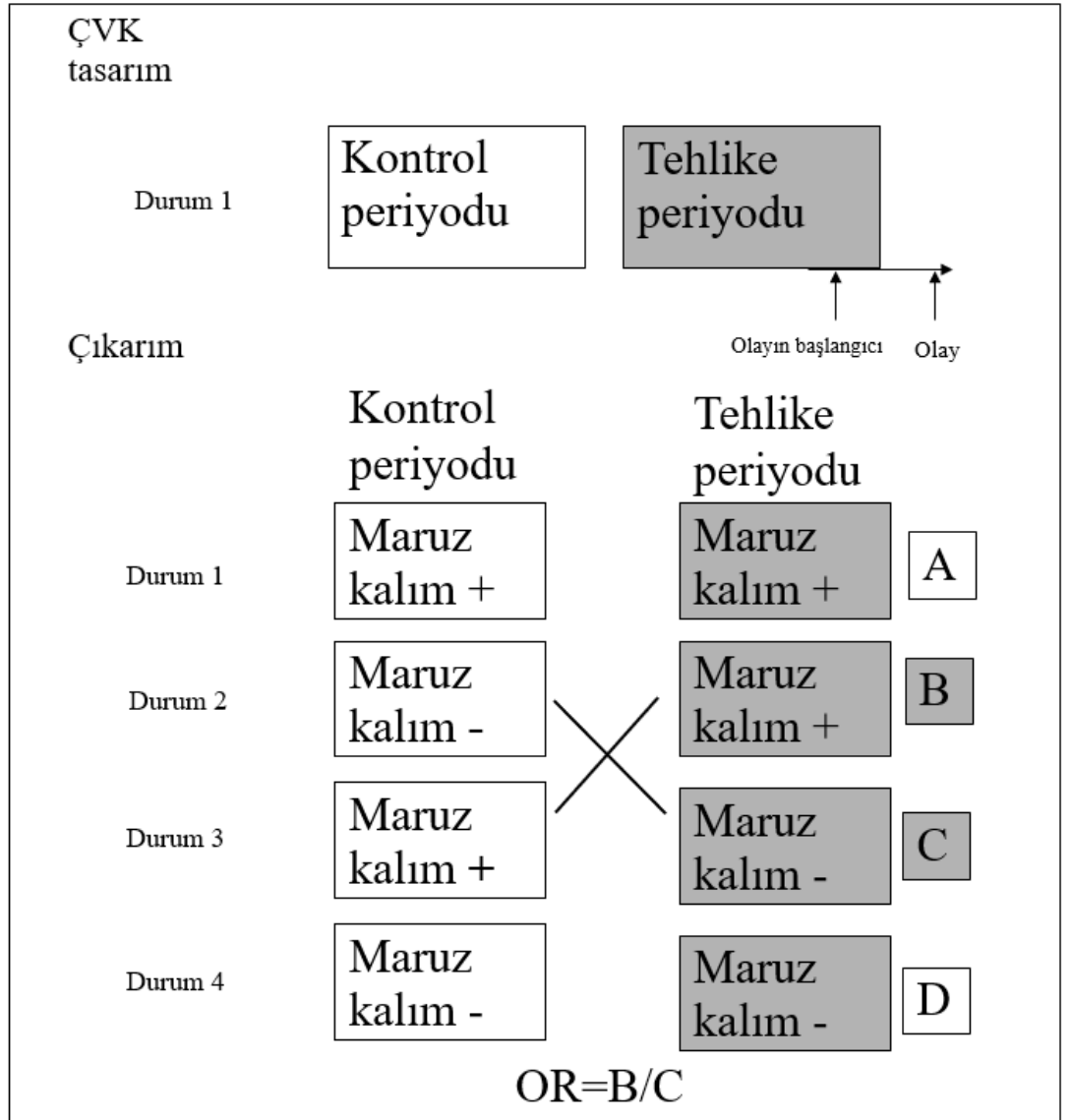


Kontrol günleri, haftanın günü ile ilişkili olabilecek zamanla değişen kofaktörleri de kontrol etmek için olaydan 7, 14 veya 21 gün önce ve sonra olmak üzere çeşitli şekillerde seçilebilmektedir (119).

Referans seçerken, maruz kalım pencereleri arasında en az 6 günlük bir aralık gerekmektedir. Bu durum kısa vadeli otokorelasyonu önlemek, gözlemler arası bağımsızlık ve haftanın aynı günü etkileri için kontrollerin sağlanması açısından önemlidir.

Referans dönemler belirlendikten sonra, eşleştirilmiş vaka kontrol çalışma tasarımına benzer şekilde analizler yapılmaktadır. Meteorolojik parametreler gibi diğer karıştırıcı faktörleri kontrol altına almak için koşullu lojistik regresyon modeli geliştirilmektedir (118).

Jaakkola tarafından ÇVK dizaynı Şekil 1'deki gibi ifade edilmiştir (117).



**Şekil 3.1** ÇVK Çalışma Tasarımı ve Bilimsel Çıkarımın Şematik Sunumu



## 4. GEREÇ VE YÖNTEM

### 4.1 Araştırmanın Yeri

Araştırma, Karabük İl Merkezi sınırları içerisinde yapılmıştır. Karabük İli Türkiye'nin kuzeyinde Karadeniz bölgesinde bulunmaktadır. 2020 yılı TÜİK nüfus verilerine göre toplam nüfusu 243.614'tür. Nüfusun yaklaşık %23'ü köylerde yaşamaktadır. Yüzölçümü 704 kilometrekare, rakım 280 metredir. Karabük Karadeniz bölgesinde yer alsa da denize olan uzaklığı nedeniyle karasal iklimin hakim olduğu bir şehirdir (121).

Karabük, Safranbolu' ya bağlı 13 haneli bir köy iken 1937 yılında bölgede demir-çelik fabrikası kurulmasıyla beraber giderek büyümüştür. 1953 yılında Zonguldak'a bağlı bir ilçe haline gelen Karabük, 1995 yılında il olmuştur. Karabük'ün gelişiminde önemli bir yeri olan demir çelik endüstrisi bugün şehir ekonomisinin temelini oluşturmaktadır. Şehirde Karabük Demir Çelik Fabrikaları dışında küçük ve orta ölçekli 50'ye yakın demir ve çelik tesisi bulunmaktadır. Şehir ekonomisinde demir çelik endüstrisi dışında tekstil sektörü de önemli bir yer tutmaktadır. Bunların dışında çimento, madencilik, orman alanlarının fazlalığı nedeniyle orman ürünleri ve tarım şehrin ekonomik hayatında öne çıkmaktadır. Safranbolu'nun sit alanı ilan edilmesiyle beraber şehirde kültür turizmi hız kazanmıştır ve Safranbolu ilçesi şehirde turizmin merkezi olmuştur (122- 124).

Araştırmada Üniversite ve Sağlık Bakanlığı'nın ortak kullanım protokolü ile faaliyet göstermekte olan Karabük Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi'ne başvuran hastaların verileri kullanılmıştır. 2012 yılı itibariyle ildeki diğer devlet hastanelerinin tümü (Karabük Devlet Hastanesi, Şirinevler Devlet Hastanesi ve Karabük Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi) tek bir çatı altında toplanmıştır. Hastane 2013 yılından itibaren Karabük Üniversitesi ile imzalanan protokol ile K.Ü. Karabük Eğitim Ve Araştırma Hastanesi' ne dönüşmüştür. Karabük Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi 80.111 m<sup>2</sup> kapalı alanı ve tescilli 465 yatağı ile hizmet vermektedir (125).

## 4.2 Araştırmanın Evreni, Araştırma Grubu

Araştırma hastane kayıtları ve hava kirliliği verilerine dayanan kayıt tabanlı bir araştırmadır. Araştırmada örneklem seçilmemiştir. Hastane kayıtları; 2016-2020 yılları arasında Karabük Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nin Dahiliye, Göğüs Hastalıkları, Kardiyoloji poliklinikleri ve Acil Servis başvurularını içermektedir. Başvurular değerlendirilirken DSÖ'nün geliştirdiği Hastalıkların ve Sağlıkla İlgili Sorunların Uluslararası İstatistiksel Sınıflaması 2019 Versiyonu esas alınarak tanılar seçilmiştir. Bu sınıflamada solunum sistemi hastalıkları için J00-J99 arası tanı kodları kullanılmaktadır. Çalışma kapsamına alınan hastane başvuruları il merkezindeki mahallelerde oturanların başvurularıdır.

Aynı yıllara ait hava kirliliği verileri, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yapılan ölçümlerden elde edilmiştir. Bu ölçümler, <https://www.havaizleme.gov.tr/> adresinden yayınlanmakta olan kamuya açık verilerdir. Bu web sayfasından illerde bulunan istasyonların ölçüm verileri raporlanabilmektedir. Alınan ölçümler İl Merkezindeki istasyonları kapsamaktadır. İlçelerdeki istasyonların verileri alınmamıştır.

2016-2020 yılları arasında Karabük iline ait meteorolojik veriler, Karabük Meteoroloji Müdürlüğü'nden alınmıştır.

## 4.3 Araştırmanın Tipi

Araştırma gözlemsel ekolojik bir çalışmadır ve çalışmada case crossover tasarımı kullanılmıştır.

## 4.4 Araştırmanın Değişkenleri

### 4.4.1 Bağımlı Değişkenler

**Hastane Başvuruları:** Araştırmada belirlenen tarihler arasında, solunum sistemi hastalıkları sebebiyle ile acil servis, dahiliye, göğüs hastalıkları ve kardiyoloji polikliniğine başvurup ICD-10'a göre J00-J99 arası aşağıda

belirtilen tanı kodları ile tanı alan 18 yaş ve üzeri kişiler “Solunum sistemi hastalıkları nedenleriyle başvuruları” oluşturmuştur.

ICD 10 tanı kodlarına göre araştırmaya dahil edilen solunum sistemi hastalıkları:

- J44 Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı, Diğer
- J44.0 Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı, Akut Alt Solunum Yolu Enfeksiyon ile
- J44.1 Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı, Akut Alevlenmelerle, Tanımlanmamış
- J44.8 Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı, Diğer, Tanımlanmamış
- J44.9 Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı, Tanımlanmamış
- J45 Astım
- J45.0 Astım, Allerjik
- J45.1 Astım, İntrensek (Allerjik Olmayan)
- J45.8 Astım, Karma
- J45.9 Astım, Tanımlanmamış
- J46 Status Astmatikus

#### 4.4.2 Bağımsız Değişkenler

##### Sosyodemografik Bazı Özellikler

- Yaş,
- Cinsiyet,
- Hastaneye başvuru tarihi.

**Partiküler Madde 10 (PM<sub>10</sub>):** PM<sub>10</sub> değerleri, Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı verilerinin 24 saatlik ölçüm ortalamaları olarak kullanılmıştır.

• **Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>):** SO<sub>2</sub> değerleri, Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı verilerinin 24 saatlik ölçüm ortalamaları olarak kullanılmıştır.

- **Azot dioksit (NO<sub>2</sub>):** NO<sub>2</sub> değerleri, Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı verilerininin 24 saatlik ölçüm ortalamaları olarak kullanılmıştır.

- **Meteorolojik veriler:** Günlük ortalama hava basıncı, sıcaklık, nem ve rüzgâr hızı verileri Karabük Meteoroloji Müdürlüğü'nden alınmıştır.

#### 4.5 Verilerin Toplanması

Hastane başvuru verileri Karabük Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi Başhekimliği'nden elde edilmiştir. Hastane bilgi sistemlerinden elde edilen verilere göre solunum sistemi hastalıkları sebebiyle ile acil servis, dahiliye, göğüs hastalıkları ve kardiyoloji polikliniğine 01.01.2016-31.12.2020 yılları arasında başvuran kişilerin hastane kayıtları araştırmaya dahil edilmiştir.

Hastane başvuru verileri yukarıdaki tanı kodlarına göre toplam başvurular arasından Hastane Bilgi İşlem birimi tarafından ayıklanmıştır ve araştırmacılara Excel veri tabanı oluşturularak verilmiştir. Bu veri tabanında kayıtlarda yer alan aşağıdaki bilgiler bulunmaktadır:

- Hastanın yaşı
- Hastanın cinsiyeti
- Başvuru tarihi
- Tanısı
- Başvurduğu klinik
- Yaşanılan mahalle

Günlük hava kirlilik verilerini oluşturan 01.01.2016-31.12.2020 tarihleri arasındaki SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> ve NO<sub>2</sub> değerleri; Çevre ve Şehircilik Bakanlığına bağlı online olarak erişilebilen Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı verilerinden alınmıştır. Bu ölçümler, <https://www.havaizleme.gov.tr/> adresinden yayınlanmakta olan kamuya açık verilerdir. Bu web sayfasından illerde bulunan istasyonların ölçüm verileri raporlanabilmektedir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı istasyonlardaki ölçüm değerlerinin her ayın sonunda valide edildiğini belirtmektedir. Dolayısıyla

kullanılan hava kirliliği ölçüm değerleri valide edilmiş değerlerdir. İlde toplamda 3 Adet Hava Kalitesi İzleme İstasyonu bulunmaktadır. Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı'ndan bu üç istasyonun araştırma tarihleri içerisindeki ölçüm sonuçları Excel formatında elde edilmiştir. Günlük ortalama hava basıncı, sıcaklık ve nem değerleri ile rüzgâr hızı ve yönü verileri Karabük Meteoroloji Müdürlüğü'nden alınmıştır. Alınan veriler ile tarihlere göre Excel formatında bir veri tabanı oluşturulmuştur.

#### **4.6 Araştırma Yöntemi ve Verilerin Analizi**

##### **4.6.1 Veri tabanlarının oluşturulması ve analize hazırlanması**

Araştırmada üç farklı kaynaktan elde edilen veriler, Excel formatında oluşturulan veri tabanları ile analize hazırlanmıştır. Bu üç farklı veri tabanından başlangıçta analiz için iki ana veri tabanı oluşturulmuştur. Bunlardan biri günlük hava kirliliği ve meteorolojik parametrelerin bulunduğu veri tabanıdır. Diğeri ise araştırma kapsamındaki ICD kodlarına göre gerçekleşen solunum yolu hastalıklarının başvuru tarihine göre hava kirliliği ve meteorolojik parametreleri verilerinin birleştirildiği veri tabanıdır. İlk veri tabanından hava kirliliği ölçümleri ile meteorolojik parametreler yıllara göre analiz edilmiş, ikincisi ile de başvurular analiz edilmiştir. Çalışmada kullanılan ÇVK tasarımı analizleri ikinci veri tabanıyla aşağıda belirtilen çerçevede gerçekleştirilmiştir.

##### **4.6.2 Veri tabanı analizleri**

Verilerin analizi iki bölüm halinde gerçekleştirilmiştir. İlk bölümde hava kirliliği ve meteorolojik parametrelerin analizi ile başvuran kişilerin bazı özelliklerine (Yaşı, cinsiyet, hastaneye başvuru tarihi), hava kirliliği parametreleri ve meteorolojik verilerin bazı özelliklerine göre analizler yapılmıştır. Bu bölümde hastaneden alınan kayıtlardan 5 yıllık toplam başvuru üzerinden her hastanın ilk başvurusu dahil edilerek mükerrer başvurular ayıklanmıştır. Ayrıca başvuru kayıtlarında adres bölümündeki bilgilere göre İl Merkezi sınırları dışındaki mahalle ya da ilçe adres bilgisi olanlar ya da başka bir il adres bilgisi olanlar veri tabanından çıkarılmıştır.

Veri setinde hastalara atanan kod ile birlikte başvuru tarihi, yaş, cinsiyet ve ikametgâh bilgisi üzerinden analizler yapılmıştır. Çalışmanın bu bölümüne 8224 başvuru dahil edilmiştir.

İkinci bölüm analizde ise, çapraz vaka kontrol tasarımına uygun olarak, öncelikle veri tabanında düzenlemeler yapılmış ve tasarım analizine uygun hale getirilmiştir. Bu tasarım ile hastane başvurusunun olduğu günde (tehlike, vaka) kirletici seviyeleri ile hastane başvurusunun olmadığı günlerde (kontrol) kirletici seviyeleri karşılaştırılmaktadır.

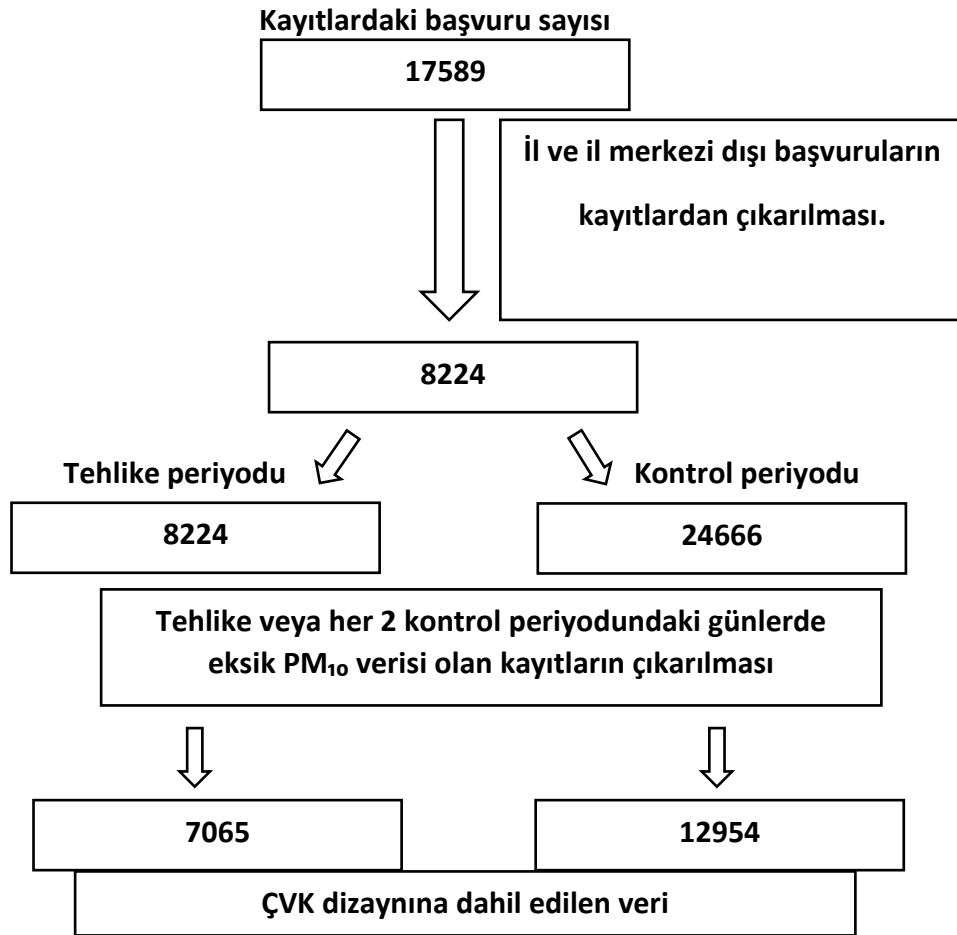
Bu süreç aşağıdaki aşamalara göre gerçekleştirilmiştir:

**Tehlike ve kontrol periyotlarının belirlenmesi:** Hava kirliliği çalışmalarında çapraz vaka kontrol tasarımı “olayın gerçekleştiği” günü ve onun öncesinde belirlenen bir periyodu (lag) tehlike periyodu olarak belirlemektedir. Bu araştırmada olay belirlenen ICD kodu nedenli solunum yolu hastalığı başvurularıdır. Tehlike dönemi (vaka) hastaneye başvuru günü ve iki gün öncesindeki (0.,1.,2. günler) kapsamaktadır. Kontrol periyodu belirlenirken hastane öncesi ve sonrası kontrol dönemlerinin dahil edildiği “bidirectional referans seçimi” kullanılmıştır. Bu dönemlerin belirlenmesinde hastane kayıtlarındaki başvuru tarihleri esas alınmıştır. Bu amaçla tehlike periyodu olarak belirlenen solunum yolu hastalığı nedenli başvurunun gerçekleştiği günden 7 gün öncesi ve 7 gün sonrası alınmıştır. Böylece belirlenen 1 tehlike periyoduna (vaka) karşılık 2 kontrol periyodu seçilmiştir.

**Maruz kalım kriterinin belirlenmesi:** Bu çalışmada tehlike döneminde maruz kalım değerlendirilirken başvuru günü ve önceki 2 günün (lag) PM<sub>10</sub> ortalaması alınmıştır. Vaka dönemindeki hava kirletici seviyeleri, tüm referans günlerdekiyle karşılaştırılmış ve bu üç günlük dönemde PM<sub>10</sub> için etkilenim kriteri, bu üç günlük sürede günlük ortalama sonuçlardaki 10 µg/m<sup>3</sup>’lük artış olarak alınmıştır.

**Veri tabanının analize uygun hale getirilmesi:** Çapraz vaka kontrol çalışma dizaynının gerektirdiği belirlemeler yapıldıktan sonra veri tabanı istatistiksel analize uygun hale getirilmiştir. Bu amaçla çapraz vaka kontrol çalışma dizaynının istatistik

analizlerinde eşleştirilmiş analizler yapıldığı için veri tabanı bu eşleştirmenin yapılabilmesi için yeniden düzenlenmiştir. Çalışmada kullanılan vaka ve kontrol günleri için  $PM_{10}$  değerleri hastaların yaşadıkları mahalleye en yakın istasyon verilerinden alınmıştır. Mükerrer kayıtlar 5 yıllık olarak ayıklanmış, vaka ya da her 2 kontrol gününde yaşanan mahalleye yakın istasyonda  $PM_{10}$  verisi ölçümü bulunmayan günler analize dahil edilmemiştir. Çalışmanın çapraz vaka kontrol analizi bölümünde analize alınan başvuru sayısı bu nedenle 7.065 olmuştur. Bu başvuru sayısı tehlike periyodu günleri kapsamaktadır, kontrol günleri seçilerek analiz yapıldığından ve kontrol gün sayısı 12.954 olduğundan bu bölümde analize alınan veri toplamı 20.019'dur. Hastane başvurularının seçimi Şekil 4.1'de gösterilmektedir.



**Şekil 4.1** Hastane Başvurularının Seçilme Şeması

### 4.6.3 İstatistiksel analizler

Çalışmada istatistik analizlerde veri tabanlarının birleştirilmesi ve hazırlığı için Microsoft Excel, çapraz vaka kontrol veri tabanının hazırlanması için R, istatistiksel analizler için de Statistical Package for Social Sciences (SPSS) paket programı ver. 23.0 kullanılmıştır. Araştırmada elde edilen verilerin normal dağılıma uygun olup olmadığı istatistiksel normalite testleri (Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro Wilk), varyasyon katsayısı, skewness ve kurtosis, histogram ve detrended Q-Q plot grafikleri ile değerlendirilmiştir. Analizlerde tanımlayıcı istatistikler sayı ve yüzde olarak, dağılım istatistikleri ise ortalama, standart sapma, ortanca, çeyrekler arası aralık, en küçük ve en büyük değer olarak belirtilmiştir. Bağımsız gruplarda normal dağılmayan sürekli değişkenler için iki grup karşılaştırmaları için Mann Whitney U, 2’den fazla grup karşılaştırmaları için Kruskal Wallis testi uygulanmış sonrasında farkın hangi gruplardan kaynaklandığını değerlendirmek için ikili karşılaştırmalar Mann Whitney U testi ile yapılmış ve istatistiksel anlamlılık yorumlanırken Bonferroni düzeltmesine göre belirlenen p değeri dikkate alınmıştır. Sürekli değişkenler arasında uyumu belirlemek için öncelikle normal dağılım testleri uygulanmış ve normal dağılmayan değişkenler için Spearman korelasyon analizi uygulanmıştır. Cohen’in sınıflamasına göre “0,10-0,29=düşük, 0,30-0,49=orta ve 0,50-1,0=yüksek” korelasyonu göstermekte olup sonuçlar bu sınıflamaya göre değerlendirilmiştir (126). Sonuçlar %95 güven aralığı ve anlamlılık düzeyi  $p < 0,05$  kabul edilerek değerlendirilmiştir.

Çalışmanın çapraz vaka kontrol dizaynına göre analizinde  $PM_{10}$ ’un hastane başvuruları üzerindeki etkilerini analiz etmek için koşullu lojistik regresyon modeli (Conditional Logistic Regression) kullanılmıştır. Bu tasarım ile kayıtlardan ulaşılan ilgili ICD kodlarını içeren solunum sistemi hastalıkları nedeniyle hastane başvuruları ile hastalarda semptom başlangıcının olduğu tarih (hastane başvuru tarihi) ve başvuran kişinin yaşadığı mahalleye göre bağlı olduğu istasyona ait  $PM_{10}$  ölçüm sonuçları iki ayrı dönemde (Kontrol ve Tehlike) incelenmiştir. Vaka ve kontroller için R istatistik programında oluşturulan eşleştirilmiş veri tabanı SPSS programına aktarılarak koşullu lojistik regresyon analizi yapılmıştır. SPSS paket programında koşullu lojistik regresyon analizi için doğrudan bir komut bulunmamaktadır. Üretici



firmanın yayınladığı kaynağa göre belirtilen direktifler doğrultusunda Cox Regresyon (COXREG) kullanılarak analizler yapılmıştır (127). Çapraz vaka kontrol tasarımı ile hava kirliliği parametreleri ile hastane başvuruları arasındaki ilişki, konu ile ilgili mevcut kaynaklar ışığında etkilenim kriterine karşılık (her 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lük artış) hastane başvurularındaki artış miktarını tahmin eden %95 güven aralığında OR hesaplanarak yaş, cinsiyet ve mevsime göre analiz edilmiştir. Lojistik regresyon analizi yapılırken yıllara göre modeller yapılmıştır. 2020 yılı pandemi yılı olması ve bu dönemde başvuruların az olması nedeniyle 2020 yılı çıkarılmış ve 4 yıllık analiz de yapılmıştır. Bu çok değişkenli analizlerde sıcaklık, basınç, nem ve rüzgâr hızı gibi meteorolojik değişkenler her bir analizde sabit tutulmuştur.

#### **4.7 Etik Konular ve Kurumsal İzinler**

Araştırma kapsamında kullanılan verileri için Karabük İl Sağlık Müdürlüğü ve Karabük Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi Başhekimliği'nden yazılı izin alınmıştır (Ek 1). Araştırmanın yapılması için Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan (Proje No: GO 21/880-Karar No: 2021/13-87) izin alınmıştır (Ek 2). Hava kirliliği verileri; Çevre ve Şehircilik Bakanlığına bağlı online olarak erişime açık olan Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı verilerinden alınmıştır. Bu veriler kamuya açık verilerdir. Meteorolojik veriler Karabük Meteoroloji Müdürlüğü'nden yazılı izin ile alınmıştır (Ek 3). Araştırma için alınan hasta verileri, bilimsel amaçlar dışında kullanılmamıştır. Araştırma süreci sonunda ilgili kurumlara araştırma raporu teslim edilecek ve hava kirliliğinin sağlık etkileri ile ilgili bir doküman hazırlanarak Karabük İl Sağlık Müdürlüğü'ne iletilecektir.

#### **4.8 Araştırmanın İnsan Gücü**

Araştırma, Dr. Tuğba DEMİR tarafından Dr. Cavit Işık YAVUZ danışmanlığında yürütülmüştür.

#### **4.9 Araştırmanın Bütçesi**

Araştırma giderleri araştırmacı tarafından karşılanmış olup herhangi bir destek alınmamıştır.

#### 4.10 Araştırmanın Zaman Çizelgesi

Araştırmanın zaman çizelgesi Tablo 4.1'de sunulmuştur.

**Tablo 4.1** Araştırmanın Zaman Çizelgesi (Ankara, 2022)

<b>Araştırma Aşamaları</b>	<b>Tarih</b>
Araştırma önerisi hazırlama	Haziran 2021
Etik kurul başvurusu	Haziran 2021
Veri toplama	Temmuz-Eylül 2021
Verilerin Analizi ve yorumlanması	Ekim 2021-Mayıs 2021
Rapor yazımı	Ekim 2021-Haziran 2022
Araştırma Sunumu	Haziran 2022

## 5. BULGULAR

Araştırmaya Karabük Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi dahiliye, göğüs, kardiyoloji polikliniği ve acil servise 2016-2020 yılları arasında gerçekleşen, 18 yaş üstü, Astım ve KOAH tanısı alan 8224 başvuru dahil edilmiştir. Araştırmaya ayrıca aynı tarihler arasında Karabük Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan Karabük iline ait meteorolojik veriler (sıcaklık, basınç, nem, rüzgâr hızı) ve Karabük il merkezinde hava kirliliği ölçümü yapan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na bağlı 3 istasyona ait veriler (Kardemir 1, Kardemir 2, Tören Alanı) dahil edilmiştir.

Araştırma sonucunda elde edilen bulgular 6 ayrı bölümde sunulmuştur:

- 5.1 Hava kirliliği ölçüm istasyonları verilerinin tanımlayıcı bulguları,
- 5.2 Meteorolojik verilerin tanımlayıcı bulguları,
- 5.3 Hastane başvurularının tanımlayıcı bulguları,
- 5.4 Hava kirliliği parametreleri ve meteorolojik verilerin korelasyonuna ait bazı bulgular,
- 5.5 Hastane başvuruları ile ilişkili olabilecek faktörlerin değerlendirilmesine ait bazı bulgular,
- 5.6 Hastane başvuruları ve hava kirliliği ilişkisinin incelenmesine ait Case-Cross Over analizine ait bulgular.

### 5.1 Hava Kirliliği Ölçüm İstasyonları Verilerinin Tanımlayıcı Bulguları

**Tablo 5.1.1** Karabük İli Kardemir 1 Hava Kirliliği Ölçüm İstasyonu Hava Kirliliği Ölçüm Verileri (2016-2020)

Yıl	Kirletici	Ölçüm gün sayısı	Ort±SS (µg/m <sup>3</sup> )	Ortanca (µg/m <sup>3</sup> )	Min (µg/m <sup>3</sup> )	Max (µg/m <sup>3</sup> )	IQR (µg/m <sup>3</sup> )
2016	PM <sub>10</sub>	192	85,79±40,21	79,46	13,58	249,56	58,64
	SO <sub>2</sub>	281	20,52±28,91	9,98	0,21	172,90	25,80
	NO <sub>2</sub>	319	49,95±14,79	48,63	17,07	89,88	22,84
2017	PM <sub>10</sub>	282	62,29±35,89	54,81	12,61	239,54	46,79
	SO <sub>2</sub>	289	26,41±41,77	13,84	1,59	369,12	25,56
	NO <sub>2</sub>	291	34,71±13,77	33,35	10,58	74,14	20,94
2018	PM <sub>10</sub>	348	36,03±28,76	27,89	7,25	181,03	30,57
	SO <sub>2</sub>	352	24,40±36,51	15,09	0,16	453,80	26,21
	NO <sub>2</sub>	352	28,84±7,84	28,43	9,83	57,86	10,45
2019	PM <sub>10</sub>	362	47,83±48,00	27,37	3,22	209,09	56,66
	SO <sub>2</sub>	360	26,54±26,34	17,73	1,27	158,30	27,22
	NO <sub>2</sub>	348	35,04±10,72	34,18	13,63	69,43	15,11
2020	PM <sub>10</sub>	350	75,88±34,90	69,28	14,13	225,04	45,29
	SO <sub>2</sub>	359	20,54±21,54	14,13	0,28	161,70	24,82
	NO <sub>2</sub>	239	35,68±44,24	9,33	0,31	200,77	53,37

*IQR: Çeyrekler arası açıklık*

Kardemir 1 istasyonuna ait ölçüm yapılan gün sayısı üzerinden hesaplanan ölçüm değerlendirmelerine göre; 2016 yılında yıllık ortalama PM<sub>10</sub> değeri 85,79±40,21, SO<sub>2</sub> değeri 20,52±28,91, NO<sub>2</sub> değeri ise 49,95±14,79 µg/m<sup>3</sup>tür. 2016 yılında PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> için ortanca değerler sırasıyla 79,46, 9,98 ve 48,63 µg/m<sup>3</sup>tür. 2017 yılı verilerine göre yıllık ortalama PM<sub>10</sub> değeri 62,29±35,89, SO<sub>2</sub> değeri 26,41±41,77, NO<sub>2</sub> değeri ise 34,71±13,77 µg/m<sup>3</sup>tür. 2017 yılında PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> için ortanca değerler sırasıyla 54,81, 13,84 ve 33,35 µg/m<sup>3</sup>tür. 2018 yılı verilerine göre yıllık ortalama PM<sub>10</sub> değeri 36,03±28,76, SO<sub>2</sub> değeri 24,40±36,51, NO<sub>2</sub> değeri ise 28,84±7,84 µg/m<sup>3</sup>tür. 2018 yılında PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> için ortanca değerler sırasıyla

27,89, 15,09 ve 28,43  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. 2019 yılı verilerine göre yıllık ortalama  $\text{PM}_{10}$  değeri  $47,83\pm 48,00$ ,  $\text{SO}_2$  değeri  $26,54\pm 26,34$ ,  $\text{NO}_2$  değeri ise  $35,04\pm 10,72$   $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. 2019 yılında  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{SO}_2$  ve  $\text{NO}_2$  için ortanca değerler sırasıyla 27,37, 17,73 ve 34,18  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. 2020 yılı verilerine göre yıllık ortalama  $\text{PM}_{10}$  değeri  $75,88\pm 34,90$ ,  $\text{SO}_2$  değeri  $20,54\pm 21,54$ ,  $\text{NO}_2$  değeri ise  $35,68\pm 44,24$   $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. 2020 yılında  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{SO}_2$  ve  $\text{NO}_2$  için ortanca değerler sırasıyla 69,28, 14,13 ve 9,33  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür.

**Tablo 5.1.2** Karabük İli Kardemir 2 Hava Kirliliği Ölçüm İstasyonu Hava Kirliliği Ölçüm Verileri (2016-2020)

Yıl	Kirletici	Ölçüm yapılan gün sayısı	Ort±SS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Ortanca ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Min ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Max ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	IQR ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
2016	$\text{PM}_{10}$	313	41,71±23,43	35,13	13,36	133,05	31,62
	$\text{SO}_2$	288	22,49±23,76	15,34	0,39	151,36	19,37
	$\text{NO}_2$	175	23,21±9,28	23,43	3,68	44,48	14,07
2017	$\text{PM}_{10}$	285	33,49±22,05	25,95	11,97	163,53	17,90
	$\text{SO}_2$	286	15,29±25,72	5,40	0,24	215,48	12,94
	$\text{NO}_2$	289	25,29±12,28	22,42	6,98	64,56	18,56
2018	$\text{PM}_{10}$	350	24,23±5,20	24,22	13,09	45,04	5,93
	$\text{SO}_2$	354	17,42±19,71	8,80	1,82	180,28	18,18
	$\text{NO}_2$	301	37,22±24,67	41,98	1,46	110,61	47,34
2019	$\text{PM}_{10}$	362	32,07±27,97	23,43	4,12	132,89	34,57
	$\text{SO}_2$	361	30,68±39,06	14,77	1,79	243,90	34,24
	$\text{NO}_2$	317	18,16±11,62	14,28	2,40	72,01	8,66
2020	$\text{PM}_{10}$	269	41,60±36,33	37,86	0,02	144,48	50,66
	$\text{SO}_2$	354	31,18±31,10	23,54	1,45	310,37	32,04
	$\text{NO}_2$	124	28,09±10,68	27,20	3,99	53,55	15,29

Kardemir 2 istasyonuna ait ölçüm yapılan gün sayısı üzerinden hesaplanan ölçüm değerlendirmelerine göre; 2016 yılında yıllık ortalama  $\text{PM}_{10}$   $41,71\pm 23,43$ ,  $\text{SO}_2$

değeri  $22,49 \pm 23,76$ ,  $\text{NO}_2$  değeri ise  $23,21 \pm 9,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. 2016 yılında  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{SO}_2$  ve  $\text{NO}_2$  için ortanca değerler sırasıyla 35,13, 15,34 ve  $23,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. 2017 yılı verilerine göre yıllık ortalama  $\text{PM}_{10}$  değeri  $33,49 \pm 22,05$ ,  $\text{SO}_2$  değeri  $15,29 \pm 25,72$ ,  $\text{NO}_2$  değeri ise  $25,29 \pm 12,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. 2017 yılında  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{SO}_2$  ve  $\text{NO}_2$  için ortanca değerler sırasıyla 25,95, 5,40 ve  $22,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. 2018 yılı verilerine göre yıllık ortalama  $\text{PM}_{10}$  değeri  $24,23 \pm 5,20$ ,  $\text{SO}_2$  değeri  $17,42 \pm 19,71$ ,  $\text{NO}_2$  değeri ise  $37,22 \pm 24,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. 2018 yılında  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{SO}_2$  ve  $\text{NO}_2$  için ortanca değerler sırasıyla 24,22, 8,80 ve  $41,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. 2019 yılı verilerine göre yıllık ortalama  $\text{PM}_{10}$  değeri  $32,07 \pm 27,97$ ,  $\text{SO}_2$  değeri  $30,68 \pm 39,06$ ,  $\text{NO}_2$  değeri ise  $18,16 \pm 11,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. 2019 yılında  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{SO}_2$  ve  $\text{NO}_2$  için ortanca değerler sırasıyla 23,43, 14,77 ve  $14,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. 2020 yılı verilerine göre yıllık ortalama  $\text{PM}_{10}$  değeri  $41,60 \pm 36,33$ ,  $\text{SO}_2$  değeri  $31,18 \pm 31,10$ ,  $\text{NO}_2$  değeri ise  $28,09 \pm 10,68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. 2020 yılında  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{SO}_2$  ve  $\text{NO}_2$  için ortanca değerler sırasıyla 37,86, 23,54 ve  $27,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür.

**Tablo 5.1.3** Karabük İli Tören Alanı Hava Kirliliği Ölçüm İstasyonu Hava Kirliliği Ölçüm Verileri (2016-2020)

Yıl	Kirletici	Ölçüm yapılan gün sayısı	Ort±SS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Ortanca ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Min ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Max ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	IQR ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
2016	$\text{PM}_{10}$	356	$34,92 \pm 31,51$	21,92	5,04	190,54	32,14
	$\text{SO}_2$	358	$17,71 \pm 25,35$	9,25	0,63	187,03	13,88
2017	$\text{PM}_{10}$	358	$39,13 \pm 29,69$	31,38	3,02	193,69	32,57
	$\text{SO}_2$	342	$19,07 \pm 24,16$	11,98	1,20	216,30	15,42
2018	$\text{PM}_{10}$	286	$46,50 \pm 25,32$	40,53	11,44	167,48	33,03
	$\text{SO}_2$	320	$26,70 \pm 25,17$	19,15	0,60	175,45	25,34
2019	$\text{PM}_{10}$	356	$49,37 \pm 29,46$	41,02	13,19	187,44	29,69
	$\text{SO}_2$	338	$20,10 \pm 20,33$	14,31	0,32	131,21	19,66
2020	$\text{PM}_{10}$	357	$45,57 \pm 22,33$	40,33	12,77	140,79	28,57
	$\text{SO}_2$	354	$16,97 \pm 14,77$	13,07	0,40	129,17	16,59

Tören Alanı istasyonuna ait ölçüm yapılan gün sayısı üzerinden hesaplanan ölçüm değerlendirmelerine göre; 2016 yılında yıllık ortalama PM<sub>10</sub> değeri 34,92±31,51, SO<sub>2</sub> değeri 17,71±25,35 µg/m<sup>3</sup>tür. 2016 yılında PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> için ortanca değerler sırasıyla 21,92 ve 9,25 µg/m<sup>3</sup>tür. 2017 yılı verilerine göre yıllık ortalama PM<sub>10</sub> değeri 39,13±29,69, SO<sub>2</sub> değeri 19,07±24,16 µg/m<sup>3</sup>tür. 2017 yılında PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> için ortanca değerler sırasıyla 31,38 ve 11,98 µg/m<sup>3</sup>tür. 2018 yılı verilerine göre yıllık ortalama PM<sub>10</sub> değeri 46,50±25,32, SO<sub>2</sub> değeri 26,70±25,17 µg/m<sup>3</sup>tür. 2018 yılında PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> için ortanca değerler sırasıyla 40,53 ve 19,15µg/m<sup>3</sup>tür. 2019 yılı verilerine göre yıllık ortalama PM<sub>10</sub> değeri 49,37±29,46, SO<sub>2</sub> değeri 20,10±20,33 µg/m<sup>3</sup>tür. 2019 yılında PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> için ortanca değerler sırasıyla 41,02 ve 14,31 µg/m<sup>3</sup>tür. 2020 yılı verilerine göre yıllık ortalama PM<sub>10</sub> değeri 45,57±22,33, SO<sub>2</sub> değeri 16,97±14,77 µg/m<sup>3</sup>tür. 2020 yılında PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> için ortanca değerler sırasıyla 40,33 ve 13,07 µg/m<sup>3</sup>tür.

## 5.2 Meteorolojik Verilerin Tanımlayıcı Bulguları

**Tablo 5.2.1** Karabük İli Meteorolojik Ölçüm Verileri (2016-2020)

Yıl	Parametre	Gün sayısı	Ort±SS	Ortanca	Min	Max	IQR
2016	Sıcaklık (°C)	366	13,04±8,60	13,00	-5,60	28,10	14,70
	Nem (%)	366	73,24±13,05	73,25	35,70	99,00	18,70
	Basınç (hPa)	366	959,76±5,83	959,10	942,30	977,80	7,20
	Rüzgâr hızı (m/sn)	366	1,31±0,41	1,30	0,30	2,60	0,60
2017	Sıcaklık (°C)	365	12,94±8,19	12,50	-5,10	28,90	14,00
	Nem (%)	365	73,06±13,24	72,50	39,20	98,50	19,50
	Basınç (hPa)	365	959,88±4,90	959,50	947,90	973,20	6,90
	Rüzgâr hızı (m/sn)	365	1,32±0,42	1,40	0,10	3,50	0,54

Tablo 5.2.1 Devamı

<b>2018</b>	<b>Sıcaklık</b>	365	14,42±7,50	15,50	-2,20	27,10	12,70
	(°C)						
	<b>Nem</b>	365	74,13±12,92	75,70	34,80	98,60	18,40
	(%)						
<b>2019</b>	<b>Basınç</b>	365	958,69±5,62	958,60	940,70	974,30	7,60
	(hPa)						
	<b>Rüzgâr hızı</b>	365	1,28±0,42	1,30	0,30	3,10	0,70
	(m/sn)						
<b>2020</b>	<b>Sıcaklık</b>	366	13,25±7,34	13,40	-1,30	28,00	13,10
	(°C)						
	<b>Nem</b>	365	71,88±12,33	72,40	29,81	98,50	17,50
	(%)						
<b>2020</b>	<b>Basınç</b>	366	959,10±4,99	959,10	942,10	973,80	6,20
	(hPa)						
	<b>Rüzgâr hızı</b>	365	1,13±0,41	1,20	0,30	2,20	0,60
	(m/sn)						
<b>2020</b>	<b>Sıcaklık</b>	366	13,50±7,92	13,20	-3,10	28,30	14,60
	(°C)						
	<b>Nem</b>	366	68,64±14,34	68,30	33,50	98,70	22,00
	(%)						
<b>2020</b>	<b>Basınç</b>	366	959,91±5,29	959,40	944,10	976,30	7,60
	(hPa)						
	<b>Rüzgâr hızı</b>	361	1,18±0,50	1,20	0,00	2,80	0,80
	(m/sn)						

Karabük Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan 24 saatlik ölçüm verilerine göre; 2016 yılında yıllık sıcaklık ortalama 13,04±8,60 ortanca 13,00, 2017 yılında ortalama 12,94±8,19 ortanca 12,50, 2018 yılında ortalama 14,42±7,50 ortanca



15,50, 2019 yılında ortalama  $13,25 \pm 7,34$  ortanca 13,40 ve 2020 yılında ortalama  $13,50 \pm 7,92$  ortanca 13,20 °C'dir. 2016 yılında yıllık nispi nem ortalama  $\%73,24 \pm 13,05$  ortanca  $\%73,25$ , 2017 yılında ortalama  $\%73,06 \pm 13,24$  ortanca  $\%72,50$ , 2018 yılında ortalama  $\%74,13 \pm 12,92$  ortanca  $\%75,70$ , 2019 yılında ortalama  $\%71,88 \pm 12,33$  ortanca  $\%72,40$ , 2020 yılında ise ortalama  $\%68,64 \pm 14,34$  ortanca  $\%68,30$ 'dur. Basınç ortalamaları 2016 yılında ortalama  $959,76 \pm 5,83$  ortanca 959,10, 2017 yılında ortalama  $959,88 \pm 4,90$  ortanca 959,50, 2018 yılında ortalama  $958,69 \pm 5,62$  ortanca 958,60, 2019 yılında ortalama  $959,10 \pm 4,99$  ortanca 959,10 ve 2020 yılında ortalama  $959,91 \pm 5,29$  ortanca 959,40 hPa'dır. Rüzgâr hızı 2016 yılında ortalama  $1,31 \pm 0,41$ , ortanca 1,30, 2017 yılında ortalama  $1,32 \pm 0,42$  ortanca 1,40, 2018 yılında ortalama  $1,28 \pm 0,42$  ortanca 1,30, 2019 yılında ortalama  $1,13 \pm 0,41$  ortanca 1,20 ve 2020 yılında ortalama  $1,18 \pm 0,50$  ortanca 1,20 m/sn olarak ölçülmüştür.

### 5.3 Hastane Başvurularının Tanımlayıcı Bulguları

**Tablo 5.3.1** Yıllara göre ASTİM ve KOAH tanılı hastane başvurularının dağılımı (Karabük, 2016-2020)

(n=8224)	ASTİM		KOAH		Toplam	
	Sayı	Yüzde*	Sayı	Yüzde*	Sayı	Yüzde**
Yıl						
2016	1006	71,3	405	28,7	1411	17,2
2017	1648	73,0	610	27,0	2258	27,5
2018	1626	75,6	526	24,4	2152	26,2
2019	1297	74,8	437	25,2	1734	21,1
2020	490	73,2	179	26,8	669	8,1
<b>Toplam</b>	<b>6067</b>	<b>73,8</b>	<b>2157</b>	<b>26,2</b>	<b>8224</b>	<b>100,0</b>

\*Satır yüzdesi \*\*Sütun yüzdesi

2016 yılında başvuruların  $\%71,3$ 'ü (1006 kişi) Astım,  $\%28,7$ 'si (405 kişi) KOAH nedeni ile olmuştur. 2017 yılında başvuruların  $\%73,0$ 'ü (1648 kişi) Astım,  $\%27,0$ 'ı (610 kişi) KOAH nedeni ile olmuştur. 2018 yılında başvuruların  $\%75,6$ 'sı (1626 kişi) Astım,  $\%24,4$ 'ü (526 kişi) kişi KOAH nedeni ile olmuştur. 2019 yılında başvuruların  $\%74,8$ 'i (1297 kişi) Astım,  $\%25,2$ 'si (437 kişi) KOAH nedeni ile olmuştur. 2020 yılında başvuruların  $\%73,2$ 'si (490 kişi) Astım,  $\%26,8$ 'i (179 kişi) KOAH nedeni ile olmuştur.

2016-2020 yılları arasında toplam 8224 başvurunun %73,8'i (6067 kişi) Astım, %26,2'si (2157 kişi) KOAH nedeni ile olmuştur. Yıllara göre Astım ve KOAH nedeni ile başvuru en fazla 2017 yılında (%27,5, 2258 kişi) olmuştur. En az başvuru 2020 yılında (%8,1, 669 kişi) olmuştur.

**Tablo 5.3.2** Yıllara göre ASTİM tanılı hastane başvurularının yaş dağılımı (Karabük, 2016-2020)

	<b>2016</b> (n=1006)	<b>2017</b> (n=1648)	<b>2018</b> (n=1626)	<b>2019</b> (n=1297)	<b>2020</b> (n=490)
<b>Yaş</b>	<b>*%</b>	<b>*%</b>	<b>*%</b>	<b>*%</b>	<b>*%</b>
<b>20 yaş altı</b>	0,8	1,3	1,0	1,5	2,0
<b>20-29</b>	4,7	6,6	6,3	6,6	5,1
<b>30-39</b>	12,9	12,2	11,1	10,5	12,2
<b>40-49</b>	23,3	20,3	19,5	17,3	20,6
<b>50-59</b>	20,8	21,8	20,1	22,2	22,2
<b>60-69</b>	17,1	20,1	21,5	18,9	19,8
<b>70-79</b>	14,2	11,8	14,8	16,2	12,0
<b>80 yaş ve üzeri</b>	6,3	5,8	5,8	6,9	5,9
<b>Toplam</b>	100	100	100	100	100

\*Sütun yüzdesi

2016 yılında Astım nedeni ile başvuran hastaların %18,4'ü (185 kişi) 40 yaş altı, %61,2'si (615 kişi) 40-69 yaş, %20,5'i (206 kişi) 70 yaş ve üzeridir. 2017 yılında başvuruların %20,1'i (332 kişi) 40 yaş altı, %62,2'si (1026 kişi) 40-69 yaş, %17,6'sı (290 kişi) 70 yaş ve üzeridir. 2018 yılında başvuruların %18,4'ü (299 kişi) 40 yaş altı, %61,1'i (993 kişi) 40-69 yaş, %20,6'sı (334 kişi) 70 yaş ve üzeridir. 2019 yılında başvuruların %18,6'sı (241 kişi) 40 yaş altı, %58,4'ü (757 kişi) 40-69 yaş, %23,1'i (299 kişi) 70 yaş ve üzeridir. 2020 yılı başvurularının %19,3'ü (95 kişi) 40 yaş altı, %62,6'sı (307 kişi) 40-69 yaş, %17,9'u (88 kişi) 70 yaş ve üzeridir.

**Tablo 5.3.3** Yıllara göre KOAH tanılı hastane başvurularının yaş dağılımı (Karabük, 2016-2020)

Yaş	2016		2017		2018		2019		2020	
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
<b>20 yaş altı</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>20-29</b>	1	0,2	2	0,3	0	0,0	2	0,5	2	1,1
<b>30-39</b>	9	2,2	6	1,0	2	0,4	6	1,4	4	2,2
<b>40-49</b>	38	9,4	47	7,7	29	5,5	35	8,0	12	6,7
<b>50-59</b>	66	16,3	108	17,7	102	19,4	72	16,5	26	14,5
<b>60-69</b>	116	28,6	170	27,9	151	28,7	131	30,0	62	34,6
<b>70-79</b>	87	21,5	164	26,9	156	29,7	105	24,0	43	24,0
<b>80 yaş ve üzeri</b>	88	21,7	113	18,5	86	16,3	86	19,7	30	16,8
<b>Toplam</b>	405	100	610	100	526	100	437	100	179	100

\*Sütun yüzdesi

2016 yılında KOAH nedeni ile başvuran hastaların %2,4'ü (10 kişi) 40 yaş altı, %54,3'ü (325 kişi) 40-69 yaş, %43,2'si (175) 70 yaş ve üzeridir. 2017 yılında başvuruların %1,3'ü (8 kişi) 40 yaş altı, %53,3'ü (325 kişi) 40-69 yaş, %45,4'ü (277 kişi) 70 yaş ve üzeridir. 2018 yılında başvuruların %0,4'ü (2 kişi) 40 yaş altı, %53,6'sı (282 kişi) 40-69 yaş, %46'sı (242 kişi) 70 yaş ve üzeridir. 2019 yılında başvuruların %1,9'u (8 kişi) 40 yaş altı, %54,5'i (100 kişi) 40-69 yaş, %43,7'si (191 kişi) 70 yaş ve üzeridir. 2020 yılı başvurularının %3,3'ü (6 kişi) 40 yaş altı, %55,8'i (100 kişi) 40-69 yaş, %40,8'i (73 kişi) 70 yaş ve üzeridir.

**Tablo 5.3.4** Yıllara göre Astım ve KOAH nedenli başvuruların yaş dağılımının bazı özellikleri (Karabük, 2016-2020)

	Ortalama±SS	Ortanca	Minimum	Maximum	*IQR
<b>ASTİM</b>					
2016(n=1006)	54±16	54	18	96	23
2017(n=1648)	54±16	54	18	97	23
2018(n=1626)	55±16	56	18	96	24
2019(n=1297)	55±17	56	18	98	24
2020(n=490)	54±16	54	18	95	24
Toplam(n=6067)	55±16	55	18	98	24
<b>KOAH</b>					
2016(n=405)	67±13	67	24	96	20
2017(n=610)	67±12	68	22	95	17
2018(n=526)	68±12	68	36	96	17
2019(n=437)	67±13	68	24	107	18
2020(n=179)	66±13	66	27	96	15
Toplam(n=2157)	67±13	67	22	107	18

\*IQR (Çeyrekler arası aralık)

2016, 2017 ve 2020 yılında Astım nedeniyle başvuran hastaların yaş ortalaması benzer olup 54±16'dır. 2018 yılında yaş ortalaması 55±16, 2019 yılında 55±17'dir. Astım nedenli başvurularda tüm yıllarda en küçük başvuru yaşı 18 en büyük başvuru yaşı 98'dir.

KOAH nedeniyle başvuran hastaların 2016 ve 2019 yılında yaş ortalaması 67±13'dür. 2017 yılında yaş ortalaması 67±12, 2018'de 68±12 ve 2020'de 66±13'dür. KOAH nedenli başvurularda en küçük başvuru yaşı 22 en büyük başvuru yaşı 107'dir.

**Tablo 5.3.5** Yıllara göre Astım ve KOAH tanısı ile başvuran hastaların cinsiyete göre dağılımı (Karabük, 2016-2020)

(n=8224)	ASTİM				KOAH			
	Kadın		Erkek		Kadın		Erkek	
	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
2016	709	70,5	297	29,5	103	25,4	302	74,6
2017	1147	69,6	501	30,4	136	22,3	474	77,7
2018	1158	71,2	468	28,8	122	23,2	404	76,8
2019	858	66,2	439	33,8	136	31,1	301	68,9
2020	304	62,0	186	38,0	47	26,3	132	73,7
<b>Toplam</b>	<b>4176</b>	<b>68,8</b>	<b>1891</b>	<b>31,2</b>	<b>544</b>	<b>25,2</b>	<b>1613</b>	<b>74,8</b>

Astım nedeniyle 2016-2020 arası toplam başvuranların %68,8'i kadın (4176 kişi), %31,2'si (1891 kişi) erkektir. 2016 yılında başvuruların %70,5'i (709 kişi) kadın %29,5'i (297) erkek, 2017 yılında %69,6'sı (1147 kişi) kadın %30,4'ü (501 kişi) erkek, 2018 yılında %71,2'si (1158 kişi) kadın %28,8'i (468 kişi) erkek, 2019 yılında %66,2'si (858 kişi) kadın %33,8'i (439 kişi) erkek ve 2020 yılında %62,0'si (304 kişi) kadın %38,0'i (186 kişi) erkektir. KOAH nedeniyle 2016-2020 arası toplam başvuranların %25,2'si kadın (544 kişi), %74,8'i (1613 kişi) erkektir. 2016 yılında başvuruların %25,4'ü (103 kişi) kadın %74,6'sı (302 kişi) erkek, 2017 yılında %22,3'ü (136 kişi) kadın %77,7'si (474 kişi) erkek, 2018 yılında %23,2'si (122 kişi) kadın %76,8'i (404 kişi) erkek, 2019 yılında %31,1'i (136 kişi) kadın %68,9'u (301 kişi) erkek ve 2020 yılında %26,3'ü (47 kişi) kadın %73,7'si (132 kişi) erkektir.

#### 5.4 Hava Kirliliği Parametreleri Ve Meteorolojik Verilerin Karşılaştırılması

**Tablo 5.4.1** Karabük İli Kardemir 1 Hava Kirliliği Ölçüm İstasyonu ve Meteorolojik Parametreler Korelasyon Analizi (2016-2020)

		PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>
<b>Basınç</b>	Spearman korelasyon katsayısı	0,119	0,314	0,177
	p	<0,001	<0,001	<0,001
	N	1534	1641	1549
<b>Nem</b>	Spearman korelasyon katsayısı	-0,187	0,192	0,021
	p	<0,001	<0,001	0,412
	N	1534	1641	1549
<b>Rüzgâr hız</b>	Spearman korelasyon katsayısı	-0,164	-0,449	-0,382
	p	<0,001	<0,001	<0,001
	N	1534	1641	1549
<b>Sıcaklık</b>	Spearman korelasyon katsayısı	-0,035	-0,625	-0,292
	p	0,173	<0,001	<0,001
	N	1534	1641	1549

Kardemir 1 istasyonu verilerine göre; basınç ile PM<sub>10</sub> ve NO<sub>2</sub> arasında doğrusal yönde zayıf kuvvette, basınç ile SO<sub>2</sub> arasında ise doğrusal yönde orta kuvvette istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır (p<0,001). Nem ile PM<sub>10</sub> arasında ters yönde, SO<sub>2</sub> ile doğrusal yönde, zayıf kuvvette, istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır (p<0,001). Nem ile NO<sub>2</sub> arasında orta kuvvette bir ilişki vardır fakat istatistiksel olarak anlamlı değildir (p=0,412). Rüzgâr hızı ile PM<sub>10</sub> arasında zayıf kuvvette, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> ile orta kuvvette, ters yönde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır (p<0,001). Sıcaklık ile PM<sub>10</sub> arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur (p=0,173). Sıcaklık ile SO<sub>2</sub>

arasında güçlü kuvvette, ters yönde, istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır ( $p<0,001$ ). Sıcaklık ile  $NO_2$  arasında ters yönde, zayıf kuvvette, istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır ( $p<0,001$ ).

**Tablo 5.4.2** Karabük İli Kardemir 2 Hava Kirliliği Ölçüm İstasyonu ve Meteorolojik Parametreler Korelasyon Analizi (2016-2020)

		$PM_{10}$	$SO_2$	$NO_2$
<b>Basınç</b>	Spearman korelasyon katsayısı	0,197	0,190	0,209
	p	<0,001	<0,001	<0,001
	n	1579	1643	1206
<b>Nem</b>	Spearman korelasyon katsayısı	0,014	-0,082	0,127
	p	0,565	<0,001	<0,001
	n	1579	1643	1206
<b>Rüzgâr hız</b>	Spearman korelasyon katsayısı	-0,311	-0,281	-0,347
	p	<0,001	<0,001	<0,001
	n	1579	1643	1206
<b>Sıcaklık</b>	Spearman korelasyon katsayısı	0,197	0,190	0,209
	p	<0,001	<0,001	<0,001
	n	1579	1643	1206

Kardemir 2 istasyonu verilerine göre; basınç ile  $PM_{10}$ ,  $SO_2$  ve  $NO_2$  arasında doğrusal yönde, zayıf kuvvette, istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır ( $p<0,001$ ). Nem ile  $PM_{10}$  arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur ( $p=0,565$ ). Nem ile  $SO_2$  arasında ters,  $NO_2$  arasında doğrusal yönde zayıf kuvvette istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır ( $p<0,001$ ). Rüzgâr hızı ile  $PM_{10}$  ve  $NO_2$  ters yönde orta kuvvette,

istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır ( $p<0,001$ ). Rüzgâr hızı ile  $SO_2$  arasında ters yönde zayıf kuvvette, istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır ( $p<0,001$ ). Sıcaklık ile her 3 kirlilik parametresi arasında doğrusal yönde, zayıf kuvvette istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır ( $p<0,001$ ).

**Tablo 5.4.3** Karabük İli Tören Alanı Hava Kirliliği Ölçüm İstasyonu ve Meteorolojik Parametreler Korelasyon Analizi (2016-2020)

		$PM_{10}$	$SO_2$	$NO_2$
<b>Basınç</b>	Spearman korelasyon katsayısı	0,147	0,220	0,133
	p	<0,001	<0,001	<0,001
	n	1713	1712	832
<b>Nem</b>	Spearman korelasyon katsayısı	0,150	0,094	0,999
	p	<0,001	<0,001	<0,001
	n	1713	1712	832
<b>Rüzgâr hız</b>	Spearman korelasyon katsayısı	-0,476	-0,334	-0,402
	p	<0,001	<0,001	<0,001
	n	1713	1712	832
<b>Sıcaklık</b>	Spearman korelasyon katsayısı	-0,300	-0,348	-0,396
	p	<0,001	<0,001	<0,001
	n	1713	1712	832

Tören Alanı istasyonu verilerine göre; basınç ile her 3 kirlilik parametresi arasında doğrusal yönde, zayıf kuvvette, istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır. ( $p<0,001$ ) Nem ile;  $PM_{10}$  ve  $SO_2$  arasında doğrusal yönde, zayıf kuvvette istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır ( $p<0,001$ ). Nem ile  $NO_2$  arasında doğrusal yönde, çok



kuvvetli istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır ( $p<0,001$ ). Rüzgâr hızı ile her 3 kirlilik parametresi arasında ters yönde, orta kuvvette, istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır ( $p<0,001$ ). Sıcaklık ile her 3 kirlilik parametresi arasında ters yönde, orta kuvvette istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır ( $p<0,001$ ).

### 5.5 Hastane Başvuruları İle İlişkili Olabilecek Faktörlerin Değerlendirilmesine Ait Bazı Bulgular

**Tablo 5.5.1** Yıllara Göre Astım Nedenli Hastane Başvuru Günleri PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> Ölçüm Değerlerinin Karşılaştırılması (Karabük 2016-2020)

	Ort±SS	Ortanca	p <sup>*a</sup>
<b>Yıl</b>	<b>PM<sub>10</sub>(µg/m<sup>3</sup>)</b>		
<b>2016(n=908)</b>	36,12±31,88	24,49	
<b>2017(n=1536)</b>	44,83±33,79	33,84	*<0,001
<b>2018(n=1328)</b>	46,29±27,71	39,88	
<b>2019(n=1274)</b>	51,71±33,29	43,65	
<b>2020(n=477)</b>	55,25±26,51	52,75	
	<b>SO<sub>2</sub>(µg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>p<sup>*b</sup></b>
<b>2016(n=922)</b>	11,04±12,58	7,64	
<b>2017(n=1534)</b>	20,92±29,29	12,91	*<0,001
<b>2018(n=1447)</b>	26,34±31,31	19,26	
<b>2019(n=1201)</b>	24,27±24,32	17,53	
<b>2020(n=480)</b>	21,14±18,96	15,83	

\*Bu verilerin analizi için Kruskal-Wallis testi, gruplar arası 2'li karşılaştırmalar için post hoc Mann Whitney U Testi uygulanmıştır. İstatistiksel anlamlılık Bonferroni düzeltmesine göre değerlendirilmiştir.

<sup>a</sup>İstatistiksel anlamlılık tüm yıllardan kaynaklanmaktadır, ikili karşılaştırmalarda tüm gruplar arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir.

<sup>b</sup>İstatistiksel anlamlılık 2016 ve 2017 yıllarından kaynaklanmaktadır, ikili karşılaştırmalarda bu gruplar arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir.

Astım nedenli başvuru yapılan günlerde yıllara göre PM<sub>10</sub> ortalamaları; 2016 yılında 36,12±31,88, 2017 yılında 44,83±33,79, 2018 yılında 46,29±27,71, 2019 yılında

51,71±33,29 ve 2020 yılında 55,25±26,51 µg/m<sup>3</sup>'tür. Başvuru günlerinde SO<sub>2</sub> ortalamaları; 2016 yılında 11,04±12,58, 2017 yılında 20,92±29,29, 2018 yılında 26,34±31,31, 2019 yılında 24,27±24,32 ve 2020 yılında 21,14±18,96 µg/m<sup>3</sup>'tür.

**Tablo 5.5.2** Yıllara Göre KOAH Nedenli Hastane Başvuru Günleri PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> Ölçüm Değerlerinin Karşılaştırılması (Karabük 2016-2020)

	Ort±SS	Ortanca	p <sup>*a</sup>
<b>Yıl</b>	<b>PM<sub>10</sub>(µg/m<sup>3</sup>)</b>		
<b>2016(n=362)</b>	32,38±28,92	22,21	
<b>2017(n=565)</b>	44,52±33,36	35,26	<0,001
<b>2018(n=420)</b>	47,46±29,08	39,93	
<b>2019(n=427)</b>	46,12±29,65	38,77	
<b>2020(n=170)</b>	52,11±24,91	50,74	
	<b>SO<sub>2</sub>(µg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>p<sup>*b</sup></b>
<b>2016(n=376)</b>	11,11±14,56	6,82	
<b>2017(n=554)</b>	19,49±23,92	11,42	<0,001
<b>2018(n=472)</b>	25,37±25,82	18,18	
<b>2019(n=400)</b>	23,97±24,03	17,25	
<b>2020(n=172)</b>	21,99±18,93	16,42	

*\*Bu verilerin analizi için Kruskal-Wallis testi, gruplar arası 2'li karşılaştırmalar için post hoc Mann Whitney U Testi uygulanmıştır. İstatistiksel anlamlılık Bonferroni düzeltmesine göre değerlendirilmiştir.*

*<sup>a</sup>İstatistiksel anlamlılık 2016, 2017-2020 ve 2019-2020 yıllarından kaynaklanmaktadır, ikili karşılaştırmalarda bu gruplar arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir.*

*<sup>b</sup>İstatistiksel anlamlılık 2016 ve 2017 yıllarından kaynaklanmaktadır, ikili karşılaştırmalarda bu gruplar arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir.*

KOAH nedenli başvuru yapılan günlerde yıllara göre PM<sub>10</sub> ortalamaları; 2016 yılında 32,38±28,92, 2017 yılında 44,52±33,36, 2018 yılında 47,46±29,08, 2019 yılında 46,12±29,65 ve 2020 yılında 52,11±24,91 µg/m<sup>3</sup>'tür. Başvuru günlerinde SO<sub>2</sub> ortalamaları; 2016 yılında 11,11±14,56, 2017 yılında 19,49±23,92, 2018 yılında 25,37±25,82, 2019 yılında 23,97±24,03 ve 2020 yılında 21,99±18,93 µg/m<sup>3</sup>'tür.

**Tablo 5.5.3** Karabük Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi'ne Astım ve KOAH Tanısı İle Başvuran Hastaların Yaş ve Cinsiyet Dağılımı (2016-2020)

	ASTİM		KOAH		p**	*Toplam(n=8224)	
	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde		Sayı	Yüzde
<b>Yaş</b>							
65 yaş altı	4295	70,8	876	40,6	<0,001	5171	62,9
65 yaş ve üzeri	1772	29,2	1281	59,4		3053	37,1
<b>Cinsiyet</b>							
Kadın	4176	68,8	544	25,2	<0,001	4720	57,4
Erkek	1891	31,2	1613	74,8		3504	42,6

\*Sütun Yüzdesi \*\*Ki-kare testi uygulanmıştır.

Astım nedenli başvuruların %70,8'i (4295 kişi) 65 yaş ve altı, %29,2'si (1772 kişi) 65 yaş ve üzeri, %68,8'i (4176 kişi) kadın, %31,2'si (1891 kişi) erkektir. KOAH nedenli başvuruların %40,6'sı (876 kişi) 65 yaş altı, %59,4'ü (1281 kişi) 65 yaş ve üzeri, %25,2'si (544 kişi) kadın, %74,8'i (1613 kişi) erkektir. Astım ve KOAH nedenli toplam başvuruların %62,9'u (5171 kişi) 65 yaş altı, %37,1'i (3053 kişi) 65 yaş ve üzeridir. Toplam başvuruların %57,4'ü (4720 kişi) kadın, %42,6'si (3504 kişi) erkektir. Astım ve KOAH nedenli hastane başvuruları ile cinsiyet ve yaş arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur (p<0,001).

## 5.6 Hastane Başvuruları Ve Hava Kirliliği İlişkisinin İncelenmesine Ait Case-Cross Over Analizine Ait Bulgular

**Tablo 5.6.1** Tehlike ve Kontrol Periyotlarında Maruz Kalım Kriterine (2 günlük Lag Periyodunda PM<sub>10</sub>'da 10 µg/m<sup>3</sup> Artış) Göre Maruz Kalma Durumu

	Maruz Kalım	Yüzde
<b>Tehlike Periyodu</b> (n=7065)	Var (n=1159)	16,4
	Yok (n=5906)	83,6
<b>Kontrol Periyodu</b> (n=12954)	Var (n=2067)	16,0
	Yok (n=10887)	84,0

Etkilenim kriteri olarak belirlenen başvuru ve kontrol olarak seçilen günün öncesinde 2 günlük dönemde PM<sub>10</sub>'da 10 µg/m<sup>3</sup> artış için hastane başvurularında %16,4 maruz kalım saptanmış ve kontrol periyodunda bu maruz kalım %16,0 olarak belirlenmiştir.

### 5.6.1 Koşullu Lojistik Regresyon Analizi Sonuçları

**Tablo 5.6.1.1** Astım ve KOAH Tanılı 5 Yıllık Toplam Hastane Başvurularının ÇVK Tasarımına Göre Koşullu Lojistik Regresyon Sonuçları (Karabük 2016-2020)

Hastane Başvuruları	Astım*			KOAH*		
	OR**	GA (%95) ***	p	OR**	GA (%95) ***	p
2016-2020	0,99	0,89-1,09	0,843	0,86	0,73-1,02	0,088

\*Lag döneminde PM<sub>10</sub> düzeyinde 10 µg/m<sup>3</sup> artışa maruz kalmayanlar referans grup olarak alınmıştır.

\*\*OR: Odds Ratio \*\*\*GA: Güven Aralığı

PM<sub>10</sub> düzeylerinde 10 µg/m<sup>3</sup> artışa maruz kalım ile 2016-2020 yılları arasında Astım ve KOAH tanılı başvurular arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır.

**Tablo 5.6.1.2** Yıllara Göre Astım ve KOAH Tanılı Hastane Başvurularının ÇVK Tasarımına Göre Koşullu Lojistik Regresyon Sonuçları (Karabük 2016-2020)

Hastane Başvuruları	Astım*			KOAH*		
	OR**	GA (%95) ***	p	OR**	GA (%95) ***	p
2016	0,98	0,74-1,30	0,905	0,80	0,50-1,26	0,343
2017	0,98	0,80-1,21	0,888	0,72	0,51-1,02	0,068
2018	1,09	0,90-1,32	0,360	0,74	0,52-1,04	0,080
2019	0,95	0,79-1,13	0,583	0,97	0,70-1,32	0,851
2020	0,94	0,70-1,25	0,696	1,27	0,78-2,07	0,330

\*Lag döneminde PM<sub>10</sub> düzeyinde 10 µg/m<sup>3</sup> artışa maruz kalmayanlar referans grup olarak alınmıştır.

\*\*OR: Odds Ratio \*\*\*GA: Güven Aralığı

Yıllara göre PM<sub>10</sub> düzeyleri ile Astım tanılı başvurularında etkilenim en yüksek 2018 yılında en düşük 2020 yılında saptanmış fakat istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. KOAH tanılı başvurularda PM<sub>10</sub> düzeylerinde artıştan etkilenim en yüksek 2020 yılında en düşük 2016 yılında saptanmıştır fakat bu ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Tüm yıllarda başvurular ile PM<sub>10</sub> düzeyindeki 10 µg/m<sup>3</sup> artış arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır.

**Tablo 5.6.1.3** Astım ve KOAH Tanılı Toplam Hastane Başvurularının ÇVK Tasarımına Göre Koşullu Lojistik Regresyon Sonuçları (Karabük 2016-2020)

Özellik	Astım*			KOAH*		
	OR**	GA (%95) ***	p	OR**	GA (%95) ***	p
<b>Yaş</b>						
64 yaş ve altı	0,98	0,87-1,10	0,753	0,94	0,73-1,22	0,678
65 yaş ve üzeri	1,01	0,84-1,20	0,904	0,81	0,65-1,00	0,060
<b>Cinsiyet</b>						
Kadın	1,03	0,91-1,16	0,617	0,73	0,52-1,02	0,066
Erkek	0,91	0,76-1,08	0,283	0,91	0,75-1,10	0,362
<b>Mevsim</b>						
Sıcak <sup>a</sup>	1,00	0,81-1,23	0,958	0,66	0,47-0,93	<b>0,018</b>
Soğuk <sup>b</sup>	0,96	0,86-1,07	0,539	0,96	0,79-1,16	0,682

\*Lag döneminde PM<sub>10</sub> düzeyinde 10 µg/m<sup>3</sup> artışa maruz kalmayanlar referans grup olarak alınmıştır.

\*\*OR: Odds Ratio \*\*\*GA: Güven Aralığı <sup>a</sup>Sıcak sezon (Nisan-Eylül) <sup>b</sup>Soğuk sezon (Ekim-Mart)

PM<sub>10</sub> düzeyleri ile astım ve KOAH için yaş, cinsiyet ve soğuk sezon değişkenleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir risk artışı saptanmamış fakat sıcak sezonda 2 günlük periyotta PM<sub>10</sub> seviyelerinde 10µg/m<sup>3</sup>'lük artış KOAH nedenli başvuruları 0,66 kat azaltmaktadır ve bu ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p=0,018).

### 5.6.2 Koşullu Lojistik Regresyon Sonuçları (2016-2019)

**Tablo 5.6.2.1** Astım ve KOAH Tanılı 4 Yıllık Toplam Hastane Başvurularının ÇVK Tasarımına Göre Koşullu Lojistik Regresyon Sonuçları (Karabük 2016-2019)

Hastane Başvuruları	Astım*			KOAH*		
	OR**	GA (%95) ***	p	OR**	GA (%95) ***	p
2016-2019	1,00	0,90-1,11	0,965	1,22	1,02-1,45	<b>0,025</b>

\*Lag döneminde  $PM_{10}$  düzeyinde  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  artışa maruz kalmayanlar referans grup olarak alınmıştır.

\*\*OR: Odds Ratio \*\*\*GA: Güven Aralığı

Başvuru ve kontrol günleri öncesi 2 günlük dönemde  $PM_{10}$  düzeyinde  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lük artış, 4 yıllık toplam astım tanılı başvurular açısından istatistiksel olarak anlamlı bir risk artışına neden olmamıştır ( $p=0,965$ ). Başvuru ve kontrol günleri öncesi 2 günlük dönemde  $PM_{10}$  düzeyinde  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lük artış ile KOAH tanılı başvurular arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmıştır ( $p=0,025$ ).  $PM_{10}$  düzeyinde  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lük artışa maruz kalma, KOAH tanılı başvurularda 1,22 kat artışa neden olmaktadır (%95 GA, 1,02-1,45).

## 6. TARTIŞMA

Karabük Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi'ne solunum sistemi hastalıkları başvuruları üzerinden yürütülen araştırmada case crossover yöntem ile geliştirilen tasarım doğrultusunda hastane başvuruları ile hava kirliliği parametreleri arasındaki ilişki incelenmiştir.

Hava kirliliği dünyanın en önemli halk sağlığı sorunları arasında yer almaktadır. Yol açtığı sağlık sorunları ve ölümler hava kirliliği izleminin ve hava kalitesini iyileştirecek müdahalelerin önemini arttırmaktadır. Gerek ulusal gerekse de uluslararası standartlar ve rehberler, hava kalitesi ile ilgili kriter ve düzenlemeler getirmiş ve bu düzenlemeler mevzuatta da yer almıştır. Ülkemizde hava kirletici parametreler için sınır değerler, Avrupa Birliği ve DSÖ' nün belirlediği limit değerlere göre düzenlenen "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği" (HKDY) ile belirlenmiştir (128). Bu yönetmelik ile yapılan düzenlemelerle Türkiye'deki hava kirliliği sınır değerlerinin Avrupa Birliği limit değerlerine uyumu sağlanmış ve 2009 yılından itibaren hava kirleticilerin sınır değerleri azaltılmaya başlanmış ve 2019 yılında PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> için sınır değerler Avrupa Birliği yönetmeliğinde belirlenen değerler ile eşitlenmiştir. 2009'dan önceki yıllarda 150 µg/m<sup>3</sup> olan PM<sub>10</sub> için belirlenen sınır değer 2014'ten itibaren tolerans paylarının (mevzuatta belirlenen limit değerinin maksimum aşılabilecek yüzdesi) sınırlanmasıyla 2019 yılında 24 saatlik ve yıllık ortalamalar için sırasıyla 50 µg/m<sup>3</sup> ve 40 µg/m<sup>3</sup> olarak uygulanmaktadır. 2005 yılında yayınlanan DSÖ Hava Kalitesi Kılavuzu'nda ise yıllık ve 24 saatlik ortalama PM<sub>10</sub> limit değeri sırasıyla 20 µg/m<sup>3</sup> ve 50 µg/m<sup>3</sup>' tür. Hava kirliliğinin insan sağlığı üzerine giderek artan etkilerinin ciddi bir halk sağlığı tehdidi haline dönüşmesi nedeniyle bu yıllık limit değer 2021 yılında 15 µg/m<sup>3</sup>'e 24 saatlik ortalama ise 45 µg/m<sup>3</sup>'e düşürülmüştür (129).

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre veri kalitesi hedefi için belirlenen minimum veri alımı en az %90 olmalıdır. Yıllık veri alım sayılarına göre ölçüm verilerinin %90'dan az olduğu istasyonlarda veri güvenilirliği tartışmalıdır. Avrupa Çevre Ajansı'nın yeterlilik tanımına göre yıl içinde yıllık gün sayısının %75'ten



fazlasında ölçüm yapılan istasyonlardan alınan veriler ile yıllık ortalamalar hesaplanabilmektedir (130). Bu çalışmada, yıllık ortalamalara göre değerlendirme yapılırken ölçüm yapılan günlerde eksikler olması nedeniyle yıllık ortalamaların hesaplanmasında bu tanıma göre sonuçlar farklı yansımış olabilir. Ancak çalışma, başvuru günlerindeki ölçüm sonuçlarının analizini ele alması nedeniyle istasyonlarda bazı yıllarda kayıp günlerin fazlalığının bütünüyle bir etki oluşturmadığı, başvuru ve kontrol günlerindeki ölçüm eksikliklerinin analiz sonuçlarını etkilemiş olabileceği düşünülmüştür.

İl merkezinde ölçüm yapan 3 adet istasyondan Kardemir 1 ve Kardemir 2 HKDY Ek 2' deki esaslara göre sanayi kaynaklı; Tören Alanı istasyonu ise alan olarak kentsel alan hava kirliliğini, kirlilik kaynağı olarak da ısınma kaynaklı kirliliği temsil etmektedir (131). Kardemir 1 istasyonunda yıllık  $PM_{10}$  ortalamaları 2018 yılı hariç tüm yıllarda ulusal mevzuatta belirlenen sınır değerlerin üstündedir (Tablo 5.1.1). Kardemir 2 istasyonunda ulusal  $PM_{10}$  sınırı sadece 2020 yılında aşılmıştır (Tablo 5.1.2). Tören alanı istasyonunda ise ulusal  $PM_{10}$  sınırı 2018, 2019 ve 2020 yıllarında aşılmıştır (Tablo 5.1.3). Her 3 istasyonda tüm yıllara ait yıllık  $PM_{10}$  ortalamaları DSÖ' nün belirlediği limitlerin üzerindedir. Ulusal ortalamalara göre bazı yıllarda limit değerlerin altında ortalamalar görülse de istasyonların tamamında ortalamalar DSÖ'nün limit değerlerinin üzerindedir. İlde sanayi faaliyetlerinde oldukça yaygın kullanılan kömürün enerji üretiminde kullanılması bu artışlara neden olduğu öngörülebilir.

Her 2 istasyonun da sanayi kaynaklı kirliliği temsil etmesine rağmen Kardemir 2 istasyonunda Kardemir 1' e göre daha düşük  $PM_{10}$  ortalamalarının görülme nedeni istasyonun verimli çalışmadığını gösteren eksi değerlerin ölçülmesi (bakım ve onarım sorunu nedeniyle) ve %90 oranında veri oluşturmamasından kaynaklı olabilir. Bu farklılık; sanayi tesisinin yerleşimine göre istasyonun bulunduğu alan, tesisin birimlerinin yerleşimi, istasyonun bu birimlere olan mesafesi ve kapsadığı alanların birbirinden farklı oluşundan kaynaklanmış olabilir. Ayrıca Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı her ayın sonunda ölçüm verilerinin valide edildiğini belirtmiş olsa da Bakanlık web sayfasından alınan ölçüm verilerinde negatif değerlerin

bulunmasının nedeni belirlenememiştir. Ölçümlerin başta hâkim rüzgâr olmak üzere meteorolojik faktörlerden etkilenebileceği de göz önüne alınmalıdır. 2020 yılında Kardemir 1 istasyonu Türkiye’ de ölçüm yapılan en yüksek PM<sub>10</sub> ortalamasına sahip istasyonlar arasında 7. sırada yer almıştır (132). Buna göre Karabük’te sanayi kaynaklı kirliliğin yüksek düzeylerde seyrettiğini ve Kardemir 1 istasyonunun yerleşimi nedeniyle Kardemir 2 istasyonuna göre ilin sanayi kaynaklı kirliliğini yansıttığı sonucuna varılabilir.

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği’ne göre 24 saatlik ortalama PM<sub>10</sub> için DSÖ tarafından sınır değer olarak belirtilen 50 µg/m<sup>3</sup> değerinin insan sağlığı için bir yılda 35 defadan fazla aşılmayacağı belirtilmektedir. Çevre Mühendisleri Odası’nın yayınladığı Hava Kirliliği Raporları’na göre (2016-2020) 2018 yılında Tören Alanı istasyonu hariç 2016-2020 yıllarında tüm istasyonlarda yılda limit değerler 35 defadan fazla aşılmış ve kirliliğin insan sağlığına etki edecek boyutlarda olduğu görülmüştür (133). 2018 yılında Tören alanı istasyonunda limit değer 35 günden fazla aşılmamasının nedeni o yılda istasyonda ölçüm yapılan gün sayısının diğer yıllardan daha düşük olmasıyla ilişkilendirilebilir.

2020 yılı pandemi yılı olması nedeniyle dünya çapında kapanmaların etkisi üretimde azalma ortaya çıkmış ve hava kirliliği parametreleri genel olarak düşme eğiliminde olmuştur. Türkiye’ de 15 Mart tarihinde çeşitli kısıtlamalar başlamıştır. 1-15 Mart tarihlerinde Türkiye genelinde PM<sub>10</sub> ortalaması 55 µg/m<sup>3</sup> iken 16-31 Mart ortalaması ulusal limit değer altında 35 µg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Eğlence ve alışveriş için ulaşımın kısıtlanması ile ulaşım için kullanılan fosil yakıt kullanımı azalmış ve ortalamalar düşmüştür. Pandemide azalan trafik ve endüstriyel faaliyetlerin azalması ile emisyonlar azalsa da kapanma sonrası bazı illerde aksine PM<sub>10</sub> düzeylerinde artış görülmüştür. Çalışma bölgesi Karabük İli’nde 2020 yılında Kardemir 1 istasyonu PM<sub>10</sub> ortalaması en yüksek 10 istasyon arasında 7. sırada yer almıştır (130). Çalışmamızda da 2020 yılında Kardemir 1 istasyonunda ölçülen PM<sub>10</sub> ortalamaları pandemide azalan üretim faaliyetlerinin etkisine rağmen artış göstermiştir. Azalan faaliyetlere rağmen artan kirletici seviyeleri kirliliğin etkisinin

daha yüksek boyutlara ulaşabileceğini göstermektedir. Bu sonuçlar ilde hâkim olan sanayi kaynaklı kirlilik varlığını destekler niteliktedir.

SO<sub>2</sub> için belirlenen ulusal limit değer yıllık ortalama 20 µg/m<sup>3</sup>'tür (134). Kardemir 1 istasyonunda tüm yıllarda ortalamalar bu limit değerlerin üzerinde seyretmiştir (Tablo 5.1.1). 2020 yılında Karabük ili SO<sub>2</sub> değerleri açısından en kirli 6 il arasında yer almaktadır. Avrupa Çevre Ajansı verilerine göre SO<sub>2</sub> emisyonlarının en çok kaynaklandığı sektörler enerji üretimi, üretim ve madencilik endüstrisidir (135). SO<sub>2</sub>'nin özellikle sanayi faaliyetleri emisyonlarından kaynaklı kirletici olması Karabük ilinde limit değerlerin aşılmasında sanayi kaynaklı kirliliğin etkisini gösteren bir bulgu olarak değerlendirilebilir.

Çalışmamızda hesaplanan ortalamalara göre; 2019 yılında tüm istasyonlarda SO<sub>2</sub> ölçümleri ulusal limit değerlerin üzerindedir (Tablo 5.1.1, 5.1.2, 5.1.3). 2019 yılında yayınlanan bir rapora göre güvenli veri alımının sağlandığı 6 istasyonda AB ve Ulusal Limit Değer 24 defadan fazla aşılmıştır ve bu istasyonlar Bitlis, Çankırı, Manisa Soma ve Kardemir 1, Kardemir 2 ve Tören Alanı istasyonlarıdır (136). Bu istasyonlardaki aşımın ildeki en büyük sanayi tesisinde enerji kaynağı olarak en fazla fosil yakıt kullanılmasından kaynaklı kirliliği neden olarak düşündürmekte ve Karabük ilinin yoğun sanayi faaliyetlerinin hava kirliliği arttırdığını destekler niteliktedir. Nitekim Karabük ilinde yıllık değerlendirmelere göre sanayi faaliyetlerinde en çok kullanılan yakıt türü kömürdür (137). Çalışmamızda bazı yıllarda SO<sub>2</sub> için limit değerlerin altında ortalamaların hesaplanması ölçüm yapılan günlerde eksiklerden kaynaklanabilir. Yayınlanan raporlarda ve çalışmamızda SO<sub>2</sub> ortalamaları benzer şekilde il genelinde limit değerlerin üzerinde seyretmektedir.

PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> ölçümlerinde limit değerlerin yıl içinde belirlenen sayıdan fazla artışları; meteorolojik koşulların dönemsel değişimiyle ilişkili olabilir. Ortalamalara bakıldığında standart sapma değerlerinin de büyük olması kirleticilerin seviyelerinde ciddi dalgalanmalar olduğunu ve ilde meteorolojik koşullara bağlı olarak kirletici epizotlar yaşandığını düşündürmektedir.

Artan sanayileşme faaliyetlerine bağlı kirliliğin en sık nedeni tesislerin uygulamaya geçilmeden önce planlanmasında ve yanlış yer seçimindeki eksiklerden kaynaklanmaktadır (42). Karabük ilinde faaliyet gösteren en büyük sanayi kuruluşu olan demir çelik fabrikası ile insanların ikâmet ettikleri bölgeler iç içedir ve bu tesis çevrede hava kirliliği dahil olmak üzere çeşitli etkiler oluşturabilir. İlde bulunan demir çelik fabrikasının konumuna bakıldığında etrafı yüksek dağlarla çevrili bir havzada yer aldığı görülmektedir. Şehirde bulunan Organize Sanayi Bölgesi merkeze yaklaşık 10 km uzaklıktadır. Bu sanayi bölgeleri, büyük ölçüde ilde hâkim rüzgâr yönü olan güney ve kuzey yönünde yerleşmektedir. İlde hâkim rüzgâr yönü aylara göre farklılık göstermemektedir (48). Bu bilgiler ilde yaşanan hava kirliliğine bu sanayi kuruluşlarının etkisinin olabileceğini düşündürmektedir. Çalışmamızda ile ait yıllık rüzgâr hızı ortalama ve SS değerlerine bakıldığında yıllar içinde aylara göre büyük farklar görülmediği söylenebilir (Tablo 5.2.1). 2016-2020 yıllarında Karabük iline ait meteorolojik bulgulara göre ortalama rüzgâr hızının düşük ve nispeten durağan seyretmesi havayı durgun hale getirip kirli havanın şehrin üzerinde kalma süresini arttırabilir. Nitekim çalışmamızda Kardemir 1, Kardemir 2 ve Tören Alanı istasyonunda rüzgâr hızı ile PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> düzeyleri arasında ters yönde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmıştır (p değeri her 3 istasyon ve her 3 parametre için p<0,001 bulunmuştur, Tablo 5.4.1 ve 5.4.2).

Çalışmamızda, sıcaklık ile Tören Alanı istasyonunda ölçülen PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> düzeyleri arasında ters yönde, orta kuvvette istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur (p<0,001, Tablo 5.4.3). Tören Alanı istasyonunun alan olarak kentsel alan hava kirliliğini, hava kirliliği kaynağı olarak da ısınma kaynaklı kirliliği temsil etmesi soğuk havalarda artan yakıt kullanımı ile kirlilik parametrelerinde artışın istasyon ölçümlerine yansımaları desteklemektedir.

Çalışmaya Karabük Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi'ne 2016-2020 yılları arasında Astım ve KOAH nedeni 18 yaş ve üzeri bireylerden Karabük il merkezinde yaşayan 8224 hastanın başvurusu dahil edilmiştir. Hastane kayıtları mükerrer yatışlar açısından 5 yıllık toplam başvuru üzerinden ayıklanmıştır. Mükerrer

kayıtların bu şekilde ayıklanması; hastaların tekrarlayan ataklarının dışlanmasına neden olmuş ve bu durum artan hava kirliliğinin bu ataklarla ilişkisinin ortaya konulmasını etkilemiş olabilir. Ayrıca çalışmaya dahil edilen toplam başvuru sayısının da azalması çalışmanın sonucunu etkilemiş olabilir. Mükerrer başvuruların bu şekilde ayıklanmasının avantajı ise; hastanın o hastaneye ilk başvurusu olması ve yeni tanılarının kapsama alınarak incelenmesidir.

Beş yıllık toplam başvurunun %73,8'i (6067) Astım, %26,2'si (2157) ise KOAH nedeni ile olmuştur (Tablo 5.3.1). Astım nedeni başvurular KOAH nedeni başvuruların neredeyse 3 katıdır. Bu farklılığın pek çok nedeni olabilir. Hastane başvuru sayıları, solunum sistemi semptomlarıyla hastaneye başvuran hastaların teşhisinde aksaklıklardan etkilenebilmektedir. Gelişmiş ülkelerde KOAH hastalarının sadece %25-40'ına tanı konabilmektedir. Türkiye'de ise bu oran %8,4'tür. KOAH'ın kesin tanısı spirometri ile konulmaktadır (138). Dolayısıyla, spirometri kullanımında ve değerlendirilmesinde yaşanabilecek sorunlar, deneyimsizlik, spirometri cihazlarının yetersizliği gibi nedenler tanılarının atlanmasına neden olabilmektedir. KOAH ve Astım tanılı başvuruları belirlemeye yönelik ICD kodlaması, kodlamanın doğruluğuyla sınırlıdır. Hastanelerde başvurularda ve iş gücünde yoğunluğa bağlı işlemlerin hızlı ilerlemesi için otomatik atanan tanılar ve hastalıkların daha detaylı ICD kodlarıyla sisteme işlenmemesi hastane verilerinin güvenilirliğini azaltmakta, başvuru sayılarının yanlış değerlendirilmesine neden olabilmektedir. Ayrıca sosyal güvenlik kapsamında ilaç ödemeleri ve ödeme kapsamına ancak belirli tanılarla alınan belirli ilaçlar, kayıtlara bu tanılarının girilmesini gerektirerek başvuru profilini etkileyebilir.

Çalışmamızda hastalıklara göre yıllık başvuru sayılarına bakıldığında (Tablo 5.1.3); astım başvurularında 2016'dan 2017 yılına yaklaşık %60'lık, KOAH başvurularında ise %50'ye yakın bir artış dikkati çekmektedir. 2016 ve 2017 yılları karşılaştırıldığında kirletici parametrelerin ortalamalarında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ( $p < 0,001$ ). 2017 yılında 2016 yılına göre, astım ve KOAH nedeni hastane başvuru günlerinde  $PM_{10}$  ve  $SO_2$  ölçüm ortalamalarının yükselmiş olması başvurulardaki artışa hava kirliliğinin etkisini düşündürülebilir. Yapılan pek çok

çalışmada solunum sistemi hastalıkları nedenli hastane başvuruları ve yatışlar ile hava kirleticiler arasında doğrusal bir ilişki olduğunu göstermiştir. Ankara’da solunum yolu hastalıkları nedenli acil servis başvuruları ile kirlilik ilişkisini göstermek için yapılan tanımlayıcı bir araştırmada,  $PM_{10}$ ,  $SO_2$  ve  $PM_{2,5}$  düzeyleri arttıkça acil servise solunum sistemi nedenli hastalıkların başvuru sayılarının arttığı gösterilmiştir (139). Ko ve arkadaşlarının Hong Kong’da KOAH nedenli hastane yatışları ile hava kirliliği ilişkili ilişkisini incelediği çalışmada,  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $PM_{2,5}$ ,  $O_3$  ve  $NO_2$  ile KOAH başvurularında artış arasında ilişki gösterilmiştir (140). Han ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada; KOAH ve Astım nedenli başvuruların artışında  $SO_2$  düzeylerinde artış ile güçlü bir ilişki gösterilmiştir (141).

Çalışmada başvuru sayılarında kirleticilerle paralel biçimde iki yıllık bu artıştan sonra 2019 yılında Astım ve KOAH nedenli başvurularda düşüş görülmüş, 2020 yılında ise 2019 yılına göre başvurularda keskin bir azalma olmuştur (Tablo 5.3.1). Çalışmada 2019 yılındaki başvuru sayılarındaki ile birlikte hava kirliliği düzeyinde de 2018 yılına göre bir azalma vardır. 2020 yılı pandemi yılıdır ancak Karabük ilinde pandeminin başvurulara etkisini inceleyen bir araştırmaya literatürde rastlanmamıştır. Pandemi döneminde tüm dünyada yaşanan sağlık hizmetlerine erişimde aksaklıklar ve ertelenen sağlık hizmetleri bu düşüşün nedenlerinden biri olarak düşünülmüştür. Sağlık hizmeti sunumunda özellikle 2. ve 3. basamak sağlık kuruluşlarında ayaktan ve yatarak tedavi hizmetleri kapasitelerinin COVID 19 hastalarının öncelenmesi nedeniyle geçici olarak kısıtlanması, kronik hastalıkların takip ve tedavisinde aksamalara neden olmuştur (142). Karabük Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi (K.Ü. EAH), Karabük ve çevre illere hizmet veren en kapsamlı hastane olması nedeniyle pandemi döneminde pandemi hastanesi ilân edilmiş, COVID 19 tanılı hastaların tedavisinin yoğun olarak yapıldığı hastanelerden biri olmuştur. Dolayısıyla hekimlerin COVID 19 servislerinde görev yapmaları, hastanenin dal poliklinik günleri azalmasına ve hastalar için randevu kapasitesinin düşürülmesine ve başvuruların azalmasına neden olmuş olabilir. Ülkemizde pandemi sırasında yapılan değerlendirmelere göre kronik hastalığı olan hastaların takiplerinde; hastanelerin pandemi hastanesi ilân edilmesi, hekimlerin pandemi polikliniklerinde istihdam

edilmesi ve hastaların enfekte olma korkusundan dolayı aksamalar olduğu belirtilmektedir (142). K.Ü. EAH'nde pandemi döneminde diğer pandemi hastanelerinde olduğu gibi kısıtlı olanaklarla hizmet sunulması, Astım ve KOAH tanılı hastaların hizmete daha kolay erişmek için ilde bulunan özel hastanelere ya da yakın çevrede bulunan il ve ilçe hastanelerine başvurması, hastaların sağlık hizmetine erişimde bu aksaklıklardan dolayı mevcut sağlık sorunlarını ertelemesine, sağlık arama davranışında değişikliklere ve çalışmamızda da görüldüğü üzere pandemi yılında başvurularda azalmasına neden olmuş olabilir. İngiltere' de 2021 yılında yayınlanan COVID 19'un sağlık üzerine doğrudan ve dolaylı etkilerinin incelendiği bir çalışmada; çoğu kirleticide pandemi sırasında bir düşüş görülmesine rağmen O<sub>3</sub> (evlerde yakıt kullanımının anahtar kirleticisi) seviyelerinde artış saptanmış fakat astım nedenli başvurularda azalma saptamıştır (143).

K.Ü. EAH' de COVID 19'un, kronik hastalıkların rutin bakımı üzerindeki küresel etkisini değerlendirmek amacıyla 2020 yılına ait değerlendirmeleri içeren bir çalışmada; diyabet, KOAH ve hipertansiyon hastaneye erişimde zorluklar nedeniyle en çok etkilenen hastalıklar olduğu tespit edilmiştir. COVID 19 nedeniyle sağlık kaynaklarının azalmasından en çok etkilenen hastalık diyabet (%38) olurken diyabeti KOAH (%9), hipertansiyon (%8), kalp hastalığı (%7), astım (%7), kanser (%6) ve depresyon (%6) takip etmiştir (144).

KOAH alevlenmesine en sık enfeksiyonlar, hava kirliliği ve nedeni bilinmeyen etiyolojiler neden olmaktadır (145). Chan ve ark. tarafından, 2020 yılında KOAH nedenli başvuruların azalmasının nedenlerini araştırmaya yönelik 2015-2019 yılları arasında başvuruların retrospektif olarak incelendiği çalışmada, pandemi önlemlerinin (maske ve mesafe kuralı), sıcaklık ve hava kirliliğinin başvurulara etkisi incelenmiştir. Çalışmada, hava kirliliği artışının istatistiksel anlamlılık bulunamamasına rağmen KOAH alevlenme başvurularını arttırdığı vurgulanmıştır. Maske ve mesafe kurallarının KOAH hastalarında enfeksiyon sıklığında azalmaya neden olduğu ve hastane başvurularının düşmesinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır (146). Türkiye'de Sevinç ve ark. yaptığı bir çalışmada; pandemi

döneminde poliklinik başvurularında %84, acil başvurularında %75 azalma olduğu tespit edilmiş, KOAH ve interstisyel akciğer hastalıkları nedeni ile başvurular çalışmamızdaki verilere benzer şekilde azalmış fakat astım nedeni başvuru sıklığı artmıştır (147).

Çalışmada hastane başvurularının yaş ve cinsiyet dağılımına bazı dikkat çeken özellikleri şu şekildedir; Yıllara göre her 2 hastalığın yaş aralıklarında dikkat çeken farklar görülmemiştir (Tablo 5.3.2 ve 5.3.3). Dağılım her bir hastalık için yıllara göre benzerdir. KOAH nedeni başvurularda 20 yaş altı birey bulunmamaktadır. Astım nedeni başvuruların yaş ortalaması en küçük  $54 \pm 16$ , en büyük  $55 \pm 17$ 'dir ve ortalamalar yıllar arasında benzerdir. KOAH nedeni başvuru ortalamaları en küçük  $66 \pm 13$ , en büyük  $68 \pm 12$ 'dir ve astım gibi yıllar arasında ortalamalar benzerdir (Tablo 5.3.4). İsveç'te astım ve KOAH nedeni acil servise başvuran hastaların sosyodemografik özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan bir araştırmada, astım nedeni başvuruların yaş ortalaması  $55 \pm 18$ , KOAH nedeni  $69 \pm 9$  bulunmuştur (148). Çalışmada bulunan yaş ortalamaları bizim çalışmamızdaki ortalamalar ile benzerdir. Astım nedeni başvurularda en küçük yaş 18, en büyük yaş 98'dir. KOAH nedeni başvurularda ise en küçük yaş 22, en büyük yaş 107'dir. Astım nedeni toplam başvuruların %68,8'i (4176) kadın, %31,2' si (1891) erkektir (Tablo 5.3.5). Yıllara göre toplam başvurulara benzer şekilde astım nedeni başvuruların büyük çoğunluğu kadındır. KOAH nedeni başvuruların %25,2' si (544) kadın, %74,8' i (1613) erkektir. Yıllara göre toplam başvurulara benzer şekilde KOAH nedeni başvuruların büyük çoğunluğu erkektir. Astım ve KOAH nedeni hastane başvuruları ile cinsiyet arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur (Tablo 5.5.3,  $p < 0,001$ ).

Astım erişkin dönemde kadınlarda daha yaygın görülmektedir. Ülkemizde Türk Toraks Derneği'nin erişkinlerde yaptığı bir çalışmada, astım sıklığı ülke genelinde erkeklerde %7,1 kadınlarda ise %9,0 olarak saptanmıştır (149). Adana'da 2004 yılında yapılan bir prevalans çalışmasında 40 yaş üzeri erişkin bireylerde KOAH prevalansı toplamda %19,1; erkeklerde %28,3, kadınlarda %10,3 saptanmıştır (150). Tecer LH ve ark. yaptığı 1 yıllık astım ve KOAH nedeni hastane başvurularının incelendiği bir



çalışmada da çalışmamıza benzer şekilde astım nedenli başvurularda kadınlar, KOAH nedenli başvurularda erkekler daha yüksek orandadır (151). Astımın cinsiyet örüntüsü yapılan çalışmalarda çalışmamızla benzerlik göstermektedir. KOAH genellikle yaşlı erkeklerin hastalığı olarak algılansa da hastalığın cinsiyete göre değişimi hakkında literatürde farklılıklar görülmektedir (138). Avusturalya’ da yapılan ulusal bir araştırmada; 55-64 yaş arası kadınlarda erkeklerde göre KOAH prevalansı daha yüksek saptanmıştır (152). Erkeklerde KOAH başvurularının daha yaygın olması sigara kullanımının erkeklerde daha yaygın olması ve sigaranın KOAH’ını tetiklemesi ile ilişkilendirilebilir. Kadınlarda prevalansın giderek artması iç ortam hava kirliliğine maruz kalma ile ilişkilendirilebilir, bu ilişki çeşitli çalışmalarda da gösterilmiştir.

Çalışmamızda 5 yıllık başvurular 65 yaş altı ve üzeri olarak gruplanmış; KOAH için 65 yaş üzeri bireylerde astım için 65 yaş ve altında daha fazla sayıda başvuru olduğu görülmüştür. Astım ve KOAH nedenli hastane başvuruları ile yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur (Tablo 5.5.3,  $p < 0,001$ ). Karabük ilinde 65 yaş ve üzeri nüfus oranı 2020 yılında %13,8’den %14’1’e yükselmiştir. Türkiye genelinde bu oran %9,5’tir (153). İlin nüfus yapısı ve KOAH’nın 40 yaş ve üzeri bireylerde daha yaygın görülmesi bu sonucu açıklayabilir. Astım nedenli başvuruların 65 yaş altında fazla olması; astımın daha genç nüfusta tanı konulan bir hastalık olması ile ilişkili olabilir.

Tartışmanın bu bölümünde; Astım ve KOAH nedenli başvuruların  $PM_{10}$  düzeyleri ile ilişkili olup olmadığı çapraz vaka kontrol dizaynıyla incelenmesine ait bulgular üzerinde tartışılacaktır.

Çalışmada başvurular ile  $PM_{10}$  düzeyleri arasında ilişkiyi göstermek için ÇVK tasarımı kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan ÇVK tasarımı ve koşullu lojistik regresyon analizi ile klasik ekolojik modelden farklı olarak; hasta özellikleri ve zaman eğiliminden kaynaklanan karıştırıcı faktörlerden etkilenmemektedir. Günümüzde hava kirliliği, küresel olarak hastalıklara ve ölümlere neden olan ve önlenemez bir sorun haline gelmiştir. Hava kirliliği erişkin yaşta pek çok hastalık ve ölümlerle ilişkili olması, erken ölümlerde artışa neden olması gibi nedenlerle hava kirliliğine dikkat çekmek ve

önlemek için literatürde yapılan çalışmaların giderek arttığını görmekteyiz. ÇVK tasarımı, hava kirliliği alanında yapılan uluslararası çalışmalarda giderek artan sıklıkta yaygın olarak kullanılmaktadır fakat ülkemizde yapılan çalışmaların sayısı çok azdır. Bu tasarımla yapılan çalışmalar literatürde, hava kirliliğine maruz kalma ile çeşitli hastalıklar nedeniyle artan hastane başvuruları ve ölümler üzerine odaklanmaktadır. Kısa süreli hava kirliliğine maruz kalmanın mortalite üzerine etkilerinin değerlendirmek için Çin'de yürütülen otuz üç zaman serisi ve çapraz vaka kontrol çalışmasının yakın tarihli bir meta-analizinde,  $PM_{2,5}$ 'taki her  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lük artışın toplam mortalitede %0,38'lik, solunum mortalitesinde %0,51'lik ve kardiyovasküler mortalitede %0,44'lük artış ile ilişkili olduğu sonucu ortaya çıkmıştır (106). Avrupa'da yapılan ve beş farklı şehri kapsayan bir araştırmada, PM konsantrasyonlarının kardiyovasküler ve solunum nedenli hastane başvurularını yaklaşık %0,69-%3,29 arasında değiştirdiği sonucuna ulaşılmıştır (154). Çin' in Shenzhen şehrinde, 2008-2014 yılları arası veriler ile yapılan zamana tabakalı çapraz vaka kontrol tasarımı bir çalışmada, kısa vadeli  $SO_2$ ,  $NO_2$  ve  $PM_{10}$ ' a maruz kalma ile iskemik inme hastalığı hastane başvurularında artış arasında anlamlı bir ilişki olduğu gösterilmiştir (155). Tecer ve ark., Zonguldak'ta bir hastaneye solunum sistemi nedenli başvurularla hava kirliliğini incelediği çalışmada,  $PM_{10}$  ve  $PM_{2,5}$  düzeylerinde artışlar ile bazı solunum sistemi hastalıkları nedenli hastane başvurularında ilişki saptamıştır (156). Günay ve Yavuz tarafından Kocaeli'nde MI nedenli hastane yatışları ve hava kirliliği ilişkisinin incelendiği çalışmada,  $SO_2$  düzeylerinde artışla 65 yaş üzeri bireylerde MI nedenli yatışlarda artış olduğu saptanmıştır (114).

Çalışmamızda 2016-2020 yılları arasında Astım ve KOAH tanılı başvurular ile  $PM_{10}$ 'da  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lük artış arasında koşullu Lojistik Regresyon modeline göre istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır (Tablo 5.6.1.1). Hava kirliliğinin solunum sistemi üzerine etkisi çok sayıda çalışmada gösterilmiş olmasına rağmen çalışmamızda dizaynı ve modeli etkileyen pek çok neden olması istatistiksel çıkarımı etkilemiş olabilir. Karabük yoğun bir sanayi kentidir, hava kirliliği ölçümleri istasyonlar aracılığıyla yapılmaktadır fakat verilerden de anlaşılmaktadır ki bazı parametrelerin ölçülmesinde eksik günler olması nedeniyle bazı yıllarda yıllık ortalama

hesaplanamayacak düzeydedir. İstasyonlara ait verilerin hava kirliliğini değerlendirmede sağlıklı bir şekilde kullanılabilmesi için istasyonun yıl içindeki günlerin en az %75'inde veri üretmiş olması gerekmektedir. HKDYY'nde veri kalitesi hedeflerine göre belirtilen istasyondan alınması gereken minimum veri alınması gereken değer %90 olarak belirtilmiştir. Veri alımının %90'ın altında olduğu istasyonlarda ölçüm verilerinin güvenilir olduğu tartışmalıdır (130). Çalışmamızda özellikle 2016 yılında Kardemir 1 istasyonunda PM<sub>10</sub> ölçümünde 174 gün eksik olması dikkati çekmektedir. Diğer yıllarda da ölçümlerde yüksek oranda eksikler mevcuttur. Tablo 5.1.1, 5.1.2 ve 5.1.3) Ölçümlerin tam olmaması, veri kalitesi ve verilerin sağlıklı bir şekilde değerlendirilmesine engel olabilmektedir. 2019 yılında Türkiye'de, %90 gün ve üzeri PM10 verisi olmayan illerde hava kirliliği değerlendirilirken %75 ve üzeri gün yapılan ölçümler kullanılmış olmasına rağmen 21 ilde asgari düzeyde ölçüm yapılmadığı tespit edilmiştir. 212 ülkeyi kapsayan kirlilik verilerini değerlendiren küresel bir rapora göre, 1,4 milyar insanın hava kalitesi verilerine erişememektedir ve dünyadaki ülkelerin yarısı, dış ortam hava kalitesi hakkında değerlendirme yapamamaktadır (130). Çalışmamızda tehlike ve kontrol periyotları belirlenirken, tehlike ve kontrol periyotlarına ait günlerde ölçüm verisinin olmaması başvurunun analizden çıkarılmasına neden olmuştur ve ciddi oranda veri kaybımız olmuştur. Çıkarılan veriler nedeniyle çalışmamızda başvuru sayılarının azalması çalışmanın sonucunu etkilemiş olabilir.

Çalışmamızda solunum sistemi hastalıkları ile ilişkili diğer kirleticilerden SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> düzeylerindeki artışlar ile hastane başvurularındaki ilişki saptanmak istenmiş fakat istasyonlardaki ölçümlerde bu 2 parametre ciddi oranda eksik günler olması nedeniyle çalışma kapsamına dahil edilememiştir. Astım ve KOAH nedenli başvurulara kirliliğin etkisi bu parametreler çalışmaya dahil edilemediği için çalışmamızda gösterilememiştir. Oysa ki belirli sanayi tesislerinin kirliliğini gösteren parametrelerden biri olan SO<sub>2</sub> ölçümlerine göre 2019 yılında Çevre Mühendisler Odası tarafından yayınlanan bir raporda Karabük, en kirli iller arasında bildirilmiştir (136). Çin'de yapılan bir ÇVK analizinde; solunum yolu hastalıklarının mortalitesi üzerinde en önemli etkinin SO<sub>2</sub> seviyelerindeki 10 µg/m<sup>3</sup>'lük artış olduğunu

göstermiştir. SO<sub>2</sub> seviyelerinde 10 µg/m<sup>3</sup>lük artış solunum yolu hastalıklarının mortalitesini %2,4 arttırdığı bulunmuştur (157). 12 Avrupa şehrinde yürütülen bir araştırmada SO<sub>2</sub> düzeylerinde her 50 µg/m<sup>3</sup> artışın solunum yolu hastalığı mortalitesini %5,0 arttırdığı gösterilmiştir (158). Karabük gibi yoğun sanayi faaliyetlerinin sürdürüldüğü bir şehirde ölçümlerin eksik olması; kentin hava kalitesinin değerlendirilmesinde, kentte kirliliğe bağlı olumsuz sağlık etkileri hakkında farkındalığın azalması ve alınacak önlemlerde yetersizliğe neden olabilmektedir.

Tipik çapraz vaka kontrol tasarımı hava kirliliği çalışmalarında, zaman seri analizleri ile günlük olay sayıları (hastane başvuru, yatış vs) üzerinden regresyon modelleri kullanılarak maruz kalım değerlendirilir. Bu modelde mevsimsel faktörlerin (sıcaklık, nem vs) karıştırıcı etkileri de istatistiksel olarak kontrol edilmektedir. Bu karıştırıcı etkileri sınırlamak için kontrol günleri seçilirken, haftanın aynı günü ve mevsime göre seçim yapmak önerilmektedir. Maruz kalma serileri belirlenirken, referans günlerin seçiminde çeşitli stratejiler kullanılmaktadır. Referans günler belirlenirken, vaka gününden sadece önce ya da sadece sonraki günlerin seçildiği "unidirectional" ya da her iki yönde günlerin seçildiği "bidirectional" referans seçim stratejisi kullanılmaktadır. Bu çalışmada kontrol dönemleri seçilirken, hastane öncesi ve sonrası kontrol dönemlerinin dahil edildiği "bidirectional referans seçimi" kullanılmıştır. Bu dönemlerin belirlenmesinde hastane kayıtlarındaki başvuru tarihleri esas alınmıştır. Çalışmamızda; hava kirliliği verilerine göre ilde hava kirliliğinin genel olarak yüksek düzeylerde seyrettiğini görüyoruz. Zaten belli bir PM<sub>10</sub> seviyesi vardır ve bu seviye genellikle limit değerlerin üzerindedir. Tehlike ve kontrol periyodu olarak alınan günler karşılaştırıldığında, PM<sub>10</sub>'da 10 µg/m<sup>3</sup>lük artış için tehlike periyodunda maruz kalım %16,4, kontrol periyodunda maruz kalım %16,0 bulunmuştur (Tablo 5.6.1). Kontrol ve tehlike periyodunda maruz kalım yüzdelerinin benzer olması zaten belli bir kirlilik seviyesinin ilde hâkim olduğunu göstermektedir. Kontrol periyotları seçilirken 7 gün önce ve sonrasının alınması kirlilik açısından bir fark doğurmamış gibi görünmektedir. Kontrol periyodu seçerken; daha fazla kontrol gününün alındığı bir referans seçim stratejisi belirlemek çalışmanın sonuçlarını etkileyebilir.

Daha önce yapılan çalışmalar, artan günlük ölüm sayılarını veya hastaneye yatışları, aynı gün veya önceki 2 gün içinde hava kirletici seviyeleri ile ilişkilendirmiştir (159). Çalışmamızda tehlike döneminde maruz kalım değerlendirilirken başvuru günü ve önceki 2 günün (lag) PM<sub>10</sub> ortalaması alınmıştır. Yapılan çeşitli çalışmalarda lag periyodları alınırken farklı yaklaşımlar gösterilmiştir. Tehlike periyodunda olay başlangıcında önceki 5 güne kadar maruz kalımın etkisi alınarak yapılan bir çalışmada; PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> ve SO<sub>3</sub>' de 10 µg/m<sup>3</sup>'lük artışın KOAH başvurularını arttırdığı bulunmuştur (140). Kanada'da yapılan bir diğer araştırmada, KOAH' da için SO<sub>2</sub>'de 4-8 güne kadar, NO<sub>2</sub>'de 6 güne kadar ortalamaların başvuruları arttırdığı gösterilmiştir (160).

Beş yıllık modelde 2 günlük lag ortalaması ile hava kirliliği başvuruları arasında çalışmamızda anlamlılık bulunmamıştır (Tablo 5.6.1.1). Başvuru ve kontrol günleri seçilirken yaşanan mahalleye en yakın istasyonların kirlilik verileri üzerinden analizler yapılmıştır. Mahallelerin istasyona uzaklığı, maruz kalımda bireyler arasında farklılıklar ve ölçüm yöntemi bu sonuçla ilişkili düşünülebilir. Literatürde hava kirlilik ölçüm istasyonunu merkeze alıp yakınında belli bir çapta ölçüm yapılan çalışmalar mevcuttur ve bu yöntemin daha güvenilir sonuçlar verebileceği tartışılmaktadır (161). Bizim çalışmamızda; mahallelere göre istasyon seçimi lokalizasyona göre yapıldığı için maruz kalım değerlendirmesinde farklılıklar olabilir. İstasyon ölçümleri üzerinde kısıtlı olarak değerlendirilen dış ortam hava kirliliğine maruz kalımın yanı sıra iç ortam kirliliğine maruz kalımın etkisi değerlendirilememektedir. Başvuruların gerçek maruz kalımları için, temsili olarak yakın istasyonların izleme sonuçlarının ortalamasını aldığımız için maruz kalımın ölçümünde hatalar olabilir. Bununla birlikte, ilde ölçülen kirleticilerin yüksek düzeyleri kirleticilerin ihmal edilebilir sağlık etkileri olduğunu göstermez, sadece böyle bir çalışmada incelenen akut maruz kalımın etkilerinin kümülatif maruz kalımdan çok daha düşük olduğunu gösterebilir.

Regresyon modelinde, yıllar ayrı ayrı analiz edildiğinde 2017 ve 2018 yılında PM'da 10µg/m<sup>3</sup>'lük artışa maruz kalma ile hastane başvurularında artış pozitif ilişkilidir ve KOAH nedenli başvurularda istatistiksel anlamlılığa yakın sonuç vermiştir

(Tablo 5.6.1.2). Aynı yıl yükselen PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> düzeyleri, modeli etkileyen faktörlerin sonucu etkilemiş olabileceğini düşündürmektedir (Tablo 5.5.2).

Çalışmamızda tehlike ve kontrol periyotlarında benzer maruz kalım olmasına rağmen; yaş ve cinsiyete bakıldığında anlamlı düzeye yakın farklılıklar bulunmuştur. Bu sonuca göre yaş ve cinsiyetin başvuruları etkileyeceği düşünülebilir. 65 yaş ve üzeri başvurularda KOAH' da benzer bir sonuç saptanmıştır. KOAH gibi önceden solunum yolu hastalığı olan özellikle yaşlı bireyler, ortam hava kirliliğinin olumsuz sağlık etkilerine karşı daha fazla duyarlıdır. Çin' de yapılan bir çalışmada, 65 yaş üzeri bireylerde hava kirliliğinin kardiyopulmoner hastalık mortalitesi için daha yüksek risk altında olduğu bulunmuştur (161). Kanada' da yapılan bir diğer araştırmada, 3 günlük ortalama PM<sub>10</sub> düzeylerine maruz kalma seviyeleri ile 65 yaş ve üzeri bireylerde KOAH nedeni hastane yatışlarında 1,13 kat artış saptanmıştır (162). Çalışmamızın bazı kısıtlılıklarına rağmen, benzer çalışmalar ve sonuçlarımıza göre ileri yaşta solunum yolu başvurularının hava kirliliğindeki artışlardan etkilenebileceğini düşündürmektedir ancak ÇVK tasarımı ve Koşullu Lojistik Regresyon analizinde anlamlı bir risk artışı saptanmamıştır.

Çalışmamızda; sıcak sezonda PM<sub>10</sub> seviyelerinin KOAH nedeni başvurularda soğuk sezona göre 0,66 kat azalma ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (%95 GA, 0,47-0,93). Bu ilişki istatistiksel olarak anlamlıdır (p=0,018, Tablo 5.6.1.3). Soğuk havanın KOAH üzerine etkisi sıcak havadan daha fazladır ve özelliklerde yaşlılar daha çok etkilenmektedir (163). Hong Kong'da yapılan bir araştırmada SO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub> ve O<sub>3</sub> düzeylerinin hastane başvurularını arttırıcı etkisinin soğuk sezonda (Aralık-Mart) daha fazla arttırdığı görülmüştür (140). Soğuk sezonda KOAH nedeni başvuruları etkileyen pek çok neden de bulunmaktadır. Kış aylarında artan solunum yolu enfeksiyonlar KOAH alevlenme ve mortalitesinin tetikleyicisidir. Kış aylarında kapalı ortamda geçirilen süre de daha fazla olduğu için KOAH'lı bireyler enfeksiyona daha yatkındır (164). Gao ve ark. yaptığı çalışmada soğuk mevsimle (Kasım-Mart) karşılaştırıldığında, hava kirleticilerinin KOAH başvuruları üzerindeki etkisinin sıcak mevsimde (Ağustos-Ekim) daha yüksek olduğunu bulmuşlardır (165). Sıcak ve soğuk sezon, kirleticilerin

KOAH üzerindeki patojenik etkilerinde önemli bir sinerjistik rol oynamaktadır fakat etkileri arasındaki farklar tartışmalıdır. Çalışmamızda, soğuk sezonda başvuruların azalması, KOAH'ını mevsimsel etkileyen pek çok faktör olmasının yanı sıra, ısınma ihtiyacı yakıt kullanımında azalma ile kirlilik parametrelerinde değişimlerden kaynaklanıyor olabilir.

Çalışmamızda 2020 yılının pandemi yılı olması, başvuruların çok fazla düşmesi ve başvuruların gerçeği yansıtmayacağı düşüncesi ile 2020 yılı modelden çıkarılıp incelendiğinde; 4 yıllık değerlendirmeye göre hava kirliliği ile KOAH başvuruları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir risk artışı olduğu görülmüştür (Tablo 5.6.2.1). Belirlenen 2 günlük lag döneminde PM<sub>10</sub> düzeyinde 10 µg/m<sup>3</sup>lük artışa maruz kalmanın KOAH tanılı başvurularda 1,22 kat artışa neden olduğu saptanmıştır (%95 GA, 1,02-1,45) ve bu artış istatistiksel olarak anlamlıdır (p=0,025). Çalışma sonucu, literatürde yapılan benzer çalışmalarla uyumludur. Benzer çalışmalarda, KOAH nedenli başvuruların PM<sub>10</sub> düzeylerinde 10 µg/m<sup>3</sup>lük artışa maruz kalmanın ile sırasıyla hastane başvurularını 1,02 kat arttırdığı bulunmuştur (140). Amerikan Toraks Derneği, hava kirliliğini pek çok solunum yolu etkisiyle ilişkilendirmiştir. Bu etkiler arasında; özellikle KOAH'da alevlenmeler, astım başlangıcı, hastane başvuru ve yatışlarda artış, artan solunum mortalitesi gibi önemli etkiler bildirilmiştir. KOAH'nda, akciğere ulaşan PM ve çeşitli gazlara karşı ciddi bir inflamatuvar yanıt oluşur. Enfeksiyon, KOAH alevlenmelerinin tetikleyici faktörlerinden biridir. PM solunum sistemi yüzeyine birçok mikroorganizmayı getirebildiğinden, PM'nin solunması KOAH'nın daha sık alevlenmesine katkıda bulunabilir (13). Hava kirleticilerine maruz kalma, KOAH nedeniyle hastane başvurularının artışıyla ilişkilidir ve farklı ülke ve bölgelerde yürütülen önceki çalışmalarda benzer bulgular gösterilmiştir. PM<sub>2,5</sub> ve PM<sub>10</sub> küresel olarak değerlendirilen ana kirleticilerdir ve KOAH nedenli hastane başvurularının artışıyla ilişkilidirler. PM'ye ek olarak, çeşitli gaz halindeki kirleticiler de KOAH ile ilişkili hastane başvuruları ile ilişkilidir. Avrupa'da yürütülen bir çalışmada (*Air pollution and health, a European approach*), 6 Avrupa şehrinde SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> ve toplam asılı partiküllerin tümü günlük KOAH nedenli hastane başvuruları ile ilişkili bulunmuştur (166).

Çalışmamızda 2020 yılı modelden çıkarılıp incelendiğinde; hava kirliliği ile KOAH başvuruları arasında anlamlı bir risk artışı olduğu belirlenmiştir fakat bu ilişki 5 yıllık dönemde gösterilememiştir. Çalışma dizaynımızda, pandemi döneminde hastane başvurularının azalması, 5 yıllık ilişkinin gösterilmesinde analizi etkileyen faktörlerden biri olabilir. COVID 19 döneminde; insanların dışarı çıkmasını kısıtlayan çeşitli izolasyon önlemleri ve sağlık kuruluşlarında önceliğin COVID 19 pandemisi ilişkili başvurulara verilmesi, hekimlerin ve diğer sağlık personelinin COVID 19 ile ilgili hizmet alanlarında istihdam edilmesi dolayısıyla poliklinik günleri ve kapasitelerinin azaltılmasıyla poliklinik hizmetlerinin aksaması, hekimler ve diğer sağlık çalışanlarında koruyucu ekipmanlarda yetersizlik ve pandemi faaliyetlerinde yoğun çalışma koşulları gibi nedenlerle sağlık hizmeti veren personelde COVID 19'la enfekte olma sıklığının artması ve bu duruma bağlı iş gücünde kayıplar hastane başvurularında azalma ile ilişkili olabilir. Hastaların pandemide bulaş korkusu ve kaygıları nedeniyle başvurularda düşmeyi etkileyen diğer bir faktördür. Çalışmamızda değerlendirdiğimiz KOAH ve astım gibi hastalıklardan başvurular COVID 19 dışı nedenler olduğu için pandemide aksayan sağlık hizmetinden etkilenmiş olmaları olağandır. Fakat özellikle KOAH gibi günümüzde giderek artan mortalite ve morbiditeye sahip hastalıklarda, başvurudan kaçınılması hastalığın tanı ve tedavisinin aksamasına, hastalığa neden olan ve atakları tetikleyen nedenlere karşı farkındalığın ve alınacak önlemlerin azalmasına ve oluşabilecek komplikasyonların önlenmesine engel olabilir. Yapılan çalışmalarda, azalan hastane başvurularının ağır hastalar hariç; hastaların hastane gitme korkularından dolayı semptomlarını geçiştirmelerine ve sağlık hizmeti gereksinimlerini ertelemelerinden kaynaklandığı düşünülmüştür (167). Hastanelerde bulaşıcılık riski nedeniyle rutin işleyişin bozulmuş ve bazı tanı ve tedavi yöntemlerinin uygulanması kısıtlanmıştır. KOAH ve astım gibi solunum sistemi hastalıklarının tanı ve takibinde kullanılan solunum fonksiyon testleri, kısıtlamalardan özellikle etkilenmiştir. Dolayısıyla çalışmamızda, tanı koymadaki bu aksaklıklar KOAH ve astım tanılı hastaların kayıt sisteminde eksik kaydedilmesine neden olabilir. Pandemide sağlık başvurularını etkileyen bir diğer önemli sorun da toplumun sosyoekonomik düzeyinde azalmadır. Bu dönemde toplumun giderek artan ekonomik kaygıları ve



kapanan işletmelere bağlı işsizliğin artması, sosyal güvencenin olmaması gibi nedenler başvuruları etkilemiş olabilir. KOAH nedenli başvurularda azalmayı daha çok COVID 19 ile enfekte olma kaygısıyla ilişkilendiren yayınlar bulunmaktadır. Aynı zamanda bu hastalarda atakları tetikleyen viral enfeksiyonların pandemi döneminde karantina ve izolasyonların etkisiyle azalması düşünülen diğer bir faktördür (168). Çalışmalar, astım ve KOAH tetikleyicilerinin pandemi döneminde azaldığını öngörse de, çalışmamızda pandemi yılının modelden çıkarılması ile hava kirliliğinde artışın başvurularda ciddi bir artışa neden olduğunun gösterilmesi, pandemi başvuruları döneminde solunum yolu hastalıkları nedenli başvuruların ertelenmesinin yaratacağı sorunlara da dikkat çekmektedir.

Çalışmamızda 4 yıllık modelde PM<sub>10</sub>'daki artışa maruz kalma ile astım nedenli başvurular arasında ilişki bulunmamıştır. Lu ve ark. artan astım nedenli hastane başvurularını, astım semptomu olduğu günden 5 gün öncesine kadar alınan PM<sub>10</sub> ortalamasında 10 µg/m<sup>3</sup> artışın 1,03 kat arttırdığını göstermiştir (169). Yapılan pek çok çalışmada modelde lag periyodu daha uzun aralıklarda değerlendirilmiştir. Çalışmamızda lag periyodunun 2 günle sınırlı olması çalışmanın sonucunu etkileyebilir.

## 6.1 Araştırmanın Kısıtlılıkları

Çalışmamızın kısıtlılıklarını 3 bölüm halinde değerlendirebiliriz:

### 6.1.1 Hastane başvuru verileri ile ilgili kısıtlıklar:

- ✓ KOAH ve Astım tanıli başvuruları belirlemeye yönelik ICD kodlaması, kodlamanın doğruluğuyla sınırlıdır. Tanıların standart bir doğrulama yöntemiyle doğrulanamaması, başvurulara genel solunum yolu hastalığı ile ilgili otomatik bir kod atanması gibi nedenler başvuruları olduğundan daha az gösterebilir. Tanı kodlamasında ilaç geri ödemeleri nedeniyle de hastalara uygun ilaçların verilebilmesi için tıbbi tanı dışında bazı kodların girilmesi de bir başka sorun başlığını

oluşturabilir. Bu olası sorunların ne ölçüde ortaya çıktığını belirlemek bu çalışmada olanaklı değildir.

- ✓ 5 yıllık toplam başvuruda mükerrer başvurular ayıklanırken her hastanın ilk başvurusu analize dahil edilmiştir. Dolayısıyla tekrarlayan ataklar ile başvurular modelde incelenememiş ve başvuru sayısı olduğundan daha az sayıda değerlendirilmiştir.
- ✓ Çalışma dönemimize pandemi yılının dahil edilmesi yapılan analizlerle de sonucun etkilendiğini göstermektedir. Pandemide değişen koşullar nedeniyle etkilenen başvurular ve hava kirliliği parametreleri sonucu etkileyen faktörlerdendir.

#### **6.1.2 Hava kirliliği verileri ile ilgili kısıtlılıklar:**

- ✓ İstasyonlardan alınan verilerde özellikle bazı yıllarda büyük kayıpların olması çalışmamızın en büyük kısıtlılıklarından biridir.
- ✓ Çalışmaya, tüm dünyada solunum yolu hastalıklarıyla ilişkisi artan kanıtlarla gösterilen hava kirletici parametreler istasyonlarda ölçümün hiç olmaması ya da eksik ölçüm yapılan günlerin oldukça fazla olması nedeniyle dahil edilememiştir.
- ✓ Çalışmada tehlike veya kontrol periyotlarına denk gelen günlerde başvurunun yaşadığı mahalleye göre belirlenen istasyonunda PM<sub>10</sub> ölçüm verisinin olmaması, o başvurunun tamamen analizden çıkarılmasına neden olmuştur. Bu durum çalışmaya dahil edilen başvuru sayısında oldukça azalmaya neden olmuştur
- ✓ Başvurularda maruz kalım değerlendirilirken mahalleye yakın lokalizasyondaki sabit hava kirliliği izleme istasyonlarından alınan hava kirliliği verileri, maruz kalımı değerlendirmede hatalara neden olabilir. Literatürde çalışmamıza benzer şekilde istasyon verilerini değerlendiren çalışmaların yanında, maruz kalımı daha net

değerlendirmek için yaşanan bölgeye belirli mesafelerle yerleştirilen istasyonlarla değerlendiren çalışmalar da mevcuttur.

- ✓ İlde hava kirliliği parametrelerinin DSÖ limitlerinin çoğunlukla üzerinde olması ve zaten mevcut olan hava kirliliği maruz kalım değerlendirilmesini etkilemiştir. Çalışmamızda tehlike ve kontrol dönemlerinde maruz kalım nerdeyse benzerdir.

### 6.1.3 Yöntemsel kısıtlılıklar:

- ✓ ÇVK tasarımı kayıt tabanlı bir tasarımdır ve veri kayıtlarının düzenli tutulduğu gelişmiş ülkelerde, dizaynın en büyük avantajlarından biri olan kontrol grubu için karıştırıcı faktörlerin sınırlandırılması nedeniyle tasarıma uygun hastalıklarda vaka kontrol çalışmaları gibi yöntemlerin yerini almaktadır. Ülkemizde çalışmayı sınırlayan en büyük etken, yukarıda da belirttiğimiz üzere ülkemizde veri kayıtlarında bir standardın olmaması ve kayıtların eksik olmasıdır.
- ✓ Maruz kalımın 2 günlük lag periyodu üzerinden değerlendirilmesi çalışmamızı büyük ölçüde sınırlamıştır. Literatürde 2 günlük lag periyodu alınarak yapılan örnek çalışmalar mevcuttur fakat çoğu çalışmada lag periyodları tasarıma uygun olarak daha geniş aralıklarda alınmış (8 güne kadar) ve her bir lag periyodu için ayrı ayrı değerlendirme yapılmıştır.

Hava kirliliğine maruz kalmanın insan sağlığı üzerinde birçok önemli olumsuz etkisi vardır. Hava kirliliğinin sağlık üzerindeki etkileri, ülkelere, mevsimlere ve zamana göre değişen kirleticilerin bileşenlerine ve kaynaklarına bağlıdır. KOAH ve astım gibi kronik solunum yolu hastalıkları olan kişiler hava kirleticilerinin zararlı etkilerine karşı özellikle savunmasızdır. Hava kirliliğinin olumsuz sağlık etkilerine dair kanıtlar dünyada giderek yaygınlaşmaktadır. Ülkemizde hava kirliliği değerlerinin istasyonların büyük çoğunluğunda DSÖ tarafından belirlenen sağlık üzerine olumsuz etkilerin başlayacağı limitlerin üzerinde olması ve hava kirliliğinin ulusal ve küresel bir

sorun haline gelmesi çalışmamızda dikkat çekmek istediğimiz ana konudur. Çalışmada çeşitli yöntemler dezavantajlar olsa da bu alanda ülkemizde nadir yapılan bir çalışma dizaynı olması yönüyle dikkat çekmektedir. Tüm dünyada 1950'lerden günümüze kadar giderek kullanımı yaygınlaşan bu tasarımın özellikle hava kirliliğinin sağlık etkilerini göstermede, yöntemsel avantajları nedeniyle ülkemizde de kullanılması epidemiyolojik kanıtların artmasına katkı sağlayacaktır.

## 7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Hava kirliliğinin sağlığa zararlı etkilerinin artan morbidite ve mortalite ile ilişkili olduğu her geçen gün dünya çapında yapılan araştırmalarda gösterilmektedir. Hava kirliliğinin sağlık etkileri, kirleticilerin türüne ve ülkelere göre değişmektedir. Ülkelerin kirlilikle mücadeleleri, toplumun sağlığını korumak için en başta alınacak önlemlerden biri olmalıdır. Yaşanılan bölgenin hava kalitesinin bilinmesi, bölgesel düzeyde önlemlerin alınması için değerlidir. Bir sanayi kentinde hava kirliliği ile solunum sistemi nedeni başvurular arasında ilişkiyi incelenmenin amaçlandığı bu çalışmada analizler 2 bölüm halinde gerçekleştirilmiştir. İlk bölümde 8224 hastane başvurusu analize dahil edilmiş, ikinci bölümde 7065 başvuru ÇVK tasarıma dahil edilmiştir. Bulgular doğrultusunda araştırmada ulaşılan sonuçlar ve bazı öneriler şu şekildedir:

- 2016 yılında başvuruların %71,3'ü astım %28,7'si KOAH, 2017 yılında %73,0'ü Astım %27,0'ı KOAH, 2018 yılında başvuruların %75,6'sı Astım %24,4'ü kişi KOAH, 2019 yılında başvuruların %74,8'i Astım %25,2'si KOAH, 2020 yılında başvuruların %73,2'si Astım ve %26,8'i KOAH nedeni ile olmuştur.
- Astım nedeniyle 2016-2020 arası toplam başvuranların %68,8'i kadın, %31,2'si erkektir. 2016 yılında başvuruların %70,5'i, 2017 yılında %69,6'sı, 2018 yılında %71,2'si, 2019 yılında %66,2'si, 2020 yılında ise %62,0'si kadındır. KOAH nedeniyle 2016-2020 arası toplam başvuranların %25,2'si kadın, %74,8'i erkektir. 2016 yılında %74,6'sı, 2017 yılında %77,7'si, 2018 yılında %76,8'i, 2019 yılında %68,9'u ve 2020 yılında %73,7'si erkektir.
- Çalışmada yaş 65 yaş altı ve üzeri olarak değerlendirildiğinde; Astım nedeni başvuruların %70,8'i 65 yaş ve altı, %29,2'si 65 yaş ve üzeridir. KOAH nedeni başvuruların %40,6'sı 65 yaş altı, %59,4'ü 65 yaş ve üzeridir. Astım ve KOAH nedeni toplam başvuruların ise %62,9'u 65 yaş altı, %37,1'i 65 yaş ve üzeridir. Astım ve KOAH nedeni hastane başvuruları ile yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmaktadır ( $p<0,001$ ).

- Toplam başvuruların %57,4'ü kadın, %42,6'si erkektir. Astım nedenli başvuruların %68,8'i kadın, %31,2'si erkektir. KOAH nedenli başvuruların %25,2'si kadın, %74,8'i erkektir. Astım ve KOAH nedenli toplam başvuruların %62,9'u (5171 kişi) 65 yaş altı, %37,1'i (3053 kişi) 65 yaş ve üzeridir. Astım ve KOAH nedenli hastane başvuruları ile cinsiyet arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmaktadır ( $p<0,001$ ).
- $PM_{10}$  düzeyleri ile astım ve KOAH için yaş, cinsiyet ve soğuk sezon değişkenleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir risk artışı saptanmamış fakat sıcak sezonda 2 günlük periyotta  $PM_{10}$  seviyelerinde  $10\mu g/m^3$ 'lük artış KOAH nedenli başvuruları 0,66 kat azaltmaktadır ve bu ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p=0,018$ ).
- 2016-2019 yılları arasında, başvuru ve kontrol günleri öncesi 2 günlük dönemde  $PM_{10}$  düzeyinde  $10\mu g/m^3$ 'lük artış ile Astım tanılı başvurular arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. 2016-2019 yılları arasında, başvuru ve kontrol günleri öncesi 2 günlük dönemde  $PM_{10}$  düzeyinde  $10\mu g/m^3$ 'lük artış ile KOAH tanılı başvurular arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmıştır ( $p=0,025$ ).  $PM_{10}$  düzeyinde  $10\mu g/m^3$ 'lük artışa maruz kalma, KOAH tanılı başvurularda 1,22 kat artışa neden olmaktadır (%95 GA, 1,02-1,45). Çalışmamızda, KOAH başvurularının hava kirliliği artışından etkilendiğini görmekteyiz. Hava kirliliğinden en çok etkilendiği gösterilen solunum sistemi hastalığı bulunan bireylerin kötü hava koşulları ve bu koşulların hastalıklarına etkileri konusunda bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Bu konuda tüm toplumda farkındalığın artırılması sağlıklı bireylerde de oluşabilecek hastalıkları önlemek için yararlı olacaktır. Ayrıca toplumun bulunduğu bölgedeki hava kalitesinin farkında olması alınacak önlemlere toplum katılımının sağlanması için de önemlidir.

- Hava kirliliğini önlemek için öncelikle kirlilik düzeylerinin belirlenmesi ve ölçümlerin düzenli yapılması ve veri kalitesinin artırılması gerekmektedir. Veri kalitesinin sağlanması için istasyonlarda en az %90 ve üzeri gün ölçüm yapılmalıdır. Çalışmamızda da özellikle bazı yıllarda oldukça fazla sayıda eksik ölçüm yapılan günler olduğu görülmüştür. Ülkemizde ölçüm istasyonları artırılmalı ve eksik verilerin azaltılması için istasyonların bakım ve onarımları düzenli yapılmalıdır. İstasyonların artırılması kirlilik kaynaklarını belirlemede daha doğru tahminlerin oluşması ve kaynakların kontrol altına alınması için önem arz etmektedir.
- Hava kirliliği ölçümü yapılan istasyonların verilerine, erişime açık bir internet sayfasından erişilebilmektedir. Yayınlanan verilerin validasyonun (verilerin geçerliliğinin ve ölçüm sonuçlarının kontrolü) olmadığı dolayısıyla anlık verilerde hatalar olabilmesi nedeniyle verilerin güvenilirliği tartışmalı bir konudur. Verilerin validasyonu ve verilerin geçerlilik ve güvenilirliğinin yüksek olması, DSÖ limitlerine göre daha güvenilir sonuçlarla değerlendirme yapılmasına ve dolayısıyla hava kirliliği ve olası sağlık etkilerine müdahalede gecikmelere engel olacaktır. Bu amaçla ölçüm verileri standart bir takvimle valide edilmeli ve ölçüm sonuçlarının paylaşıldığı web sayfasından elde edilen verilerin valide olup olmadığı belirlenebilmelidir.
- Çalışmamızda mahallelere göre parametresi değerlendirmeye alınacak istasyon seçilirken, istasyonların konum bilgisinin sadece koordinatlar üzerinden belirtilmesi ve bu istasyonların konumları belirlenirken hangi kriterlere göre belirlendiği ile ilgili net bir bilgi yayınlanmaması istasyonları belirlerken çeşitli zorluklara neden olmuştur. Karabük gibi yoğun sanayi faaliyetlerinin olduğu illerde, istasyonların konum bilgilerinin belirtilmesi sanayi bölgesi için yeterli ölçüm yapıp yapılmadığını değerlendirmek için oldukça önemlidir.
- Hava kirliliği parametrelerinin tamamı tüm istasyonlarda ölçülmelidir.

- Özellikle endüstriyel faaliyetlerin yoğun olduğu bölgelerde, hava kirliliğini önlemek için tesislerin sık sık denetlenmesi gerekmektedir. Bu tesislerin yer seçimi, işletilmesi ve etkileri konusunda hava kalitesi öncelikli olarak göz önünde bulundurulmalı, tesiste fosil yakıt kullanımının neden olabileceği çevre ve sağlık sorunları, bölgenin potansiyel halk sağlığı sorunları açısından odak noktasını oluşturmalıdır.
- Hava kirliliği değerlendirilirken; sağlık kuruluşlarında hava kirliliği ile ilişkili hastalıklar nedeniyle başvurular için tutulacak düzenli kayıtlar ve bu kayıtların araştırmacılarla paylaşılması, epidemiyolojik araştırmalar ile kirliliğin boyutunu göstermek ve olumsuz sağlık etkileri hakkında farkındalığı arttırıp sağlığa olumsuz etkilerin azaltılması için çok değerlidir. Bu kapsamda araştırma bölgesinde hava kirliliği sağlık ilişkisini ortaya koyabilecek araştırmalar arttırılmalıdır.
- Çalışmamız sırasında ülkemizde resmî kurumlarca yapılan hava kalitesi analizlerinde kirliliğin en yoğun olduğu iller arasında yer alan Karabük için literatürde kirliliğin sağlık etkilerine dair yakın zamanda yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmamız ilde kirliliğin sağlık etkilerini göstermek için literatüre katkı sağlamıştır. Bu alanda yapılacak çalışmaların arttırılması gerekmektedir.
- Hava kirliliğinin giderek artması ve sağlığa olumsuz etkilerinin çok ciddi boyutlara ulaşması dünya çapında kanıtlarla gösterilmektedir ve kanıtlar gün geçtikçe artmaktadır. Ülkemizde de bu alanda yapılan çalışmalar mevcuttur fakat farklı yöntemlerle kirliliğin boyutları ve sağlık etkilerinin gösterilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Tüm dünyada hava kirliliğinin akut etkilerini göstermede geçerliliği ve güvenilirliği nedeniyle uzun yıllardır oldukça yaygın olarak kullanılan ve tıp alanında pek çok farklı bölümde kullanımı giderek artan Case Cross Over çalışma tasarımı ile yapılan çalışmalara ülkemizde çok az rastlanmaktadır. Ülkemizde kirliliğin sağlık etkilerini göstermek politika yapıcı ve sağlık hizmeti sunucular için



epidemiyolojik kanıtları arttıracaktır ve kirlilik nedeniyle artan mortalite ve morbiditenin azaltılması için müdahalelere hız kazandıracaktır.

## 8. KAYNAKLAR

1. Guidance on nature and health [Internet]. [Erişim tarihi: 06 Mayıs 2022]. Erişim adresi: <https://www.who.int/tools/compendium-on-health-and-environment/nature-and-health>
2. Environmental health [Internet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: [https://www.who.int/health-topics/environmental-health#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/environmental-health#tab=tab_1)
3. Environmental health impacts [Internet]. [Erişim tarihi: 06 Mayıs 2022]. Erişim adresi: <https://www.who.int/activities/environmental-health-impacts>
4. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide: executive summary [Internet]. [Erişim tarihi: 06 Mayıs 2022]. Erişim adresi: <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789240034433>
5. Society NG. air pollution [Internet]. National Geographic Society. 2011 [Erişim tarihi: 06 Mayıs 2022]. Erişim adresi: <http://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/air-pollution/>
6. Slama A, Śliwczyński A, Woźnica J, Zdrolik M, Wiśnicki B, Kubajek J, vd. Impact of air pollution on hospital admissions with a focus on respiratory diseases: a time-series multi-city analysis. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2019;26(17):16998-7009.
7. Cohen AJ, Brauer M, Burnett R, Anderson HR, Frostad J, Estep K, vd. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *The Lancet*. 13 Mayıs 2017;389(10082):1907-18.
8. How air pollution is destroying our health [Internet]. [Erişim tarihi: 06 Mayıs 2022]. Erişim adresi: <https://www.who.int/news-room/spotlight/how-air-pollution-is-destroying-our-health>
9. Schraufnagel DE, Balmes JR, Cowl CT, De Matteis S, Jung SH, Mortimer K, vd. Air Pollution and Noncommunicable Diseases: A Review by the Forum of International Respiratory Societies' Environmental Committee, Part 1: The Damaging Effects of Air Pollution. *Chest*. Şubat 2019;155(2):409-16.
10. Schraufnagel DE, Balmes JR, Cowl CT, De Matteis S, Jung SH, Mortimer K, vd. Air Pollution and Noncommunicable Diseases: A Review by the Forum of International Respiratory Societies' Environmental Committee, Part 2: Air Pollution and Organ Systems. *Chest*. Şubat 2019;155(2):417-26.
11. American Thoracic Society. What constitutes an adverse health effect of air pollution? Official statement of the American Thoracic Society. *Am J Respir Crit Care Med*. Şubat 2000;161(2 Pt 1):665-73.
12. Del Donno M, Verduri A, Olivieri D. Air pollution and reversible chronic respiratory diseases. *Monaldi Arch Chest Dis*. Ağustos 2002;57(3-4):164-6.
13. Jiang XQ, Mei XD, Feng D. Air pollution and chronic airway diseases: what should people know and do? *J Thorac Dis*. Ocak 2016;8(1):E31-40.
14. Kelishadi R, Poursafa P. Air pollution and non-respiratory health hazards for children. *Arch Med Sci*. 30 Ağustos 2010;6(4):483-95.

15. Mannucci PM, Franchini M. Health Effects of Ambient Air Pollution in Developing Countries. *Int J Environ Res Public Health*. Eylül 2017;14(9):1048.
16. Song Q, Christiani DC, XiaorongWang null, Ren J. The global contribution of outdoor air pollution to the incidence, prevalence, mortality and hospital admission for chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 14 Kasım 2014;11(11):11822-32.
17. Kaplan GG, Tanyingoh D, Dixon E, Johnson M, Wheeler AJ, Myers RP, vd. Ambient ozone concentrations and the risk of perforated and nonperforated appendicitis: a multicity case-crossover study. *Environ Health Perspect*. Ağustos 2013;121(8):939-43.
18. Castaño-Vinyals G, Cantor KP, Malats N, Tardon A, Garcia-Closas R, Serra C, vd. Air pollution and risk of urinary bladder cancer in a case-control study in Spain. *Occup Environ Med*. Ocak 2008;65(1):56-60.
19. Tecer, L. H. (2011). Hava kirliliği ve sağlığımız. *Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim*. 2011;(135):15-29.
20. Topçu Yenerçağ, F,N. SAMSUN İLİNDE HAVA KİRLİLİĞİNİN SAĞLIK KURUMLARINA BAŞVURU VE ÖLÜMLER ÜZERİNE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ [Tıpta Uzmanlık Tezi]. [Yöktez Ulusal Tez Merkezi]: On Dokuz Mayıs Üniversitesi; 2020.
21. Öztürk, B. Göğüs Hastalıkları Acil Başvurularının Hava Kirliliği ile İlişkinin Değerlendirilmesi [Tıpta Uzmanlık Tezi]. Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Tıp Fakültesi; 2019.
22. Güler, Ç., Çobanoğlu, Z. Çocuk ve Çevre, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No. 23, TC. Sağlık Bakanlığı Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü. TC. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, ISBN 975-7572- 24-1, Ankara 1994.
23. Environment and health [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/public-health-and-environment>
24. Environmental Determinants of Health - PAHO/WHO | Pan American Health Organization [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://www.paho.org/en/topics/environmental-determinants-health>
25. Zencirci SA, Işıklı B. Türk Dünyası Uygulama Ve Araştırma Merkezi Halk Sağlığı Dergisi. 2017;13.
26. Güler Ç, Vaizoğlu SA. Çevre Sağlığı.In: Güler Ç, Akın L, editors. 2nd ed. Halk Sağlığı Temel Bilgiler II. Cilt. Ankara: Hacettepe Üniversitesi yayınları; 2012. p.922-44.
27. Manisalidis I, Stavropoulou E, Stavropoulos A, Bezirtzoglou E. Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Front Public Health*. 2020;8:14.
28. WHO Global Air Quality Guidelines [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/who-global-air-quality-guidelines>
29. Environmental health [İnternet]. [Erişim tarihi: 06 Mayıs 2022]. Erişim adresi: <https://www.who.int/health-topics/environmental-health>
30. Billions of people still breathe unhealthy air: new WHO data [İnternet]. [Erişim tarihi: 27 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://www.who.int/news/item/04-04-2022-billions-of-people-still-breathe-unhealthy-air-new-who-data>

31. WHO/Europe | WHO air quality guidelines for Europe, 2nd edition, 2000 (CD ROM version) [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/pre2009/who-air-quality-guidelines-for-europe,-2nd-edition,-2000-cd-rom-version>
32. Particulate Matter (PM) Pollution | US EPA [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://www.epa.gov/pm-pollution>
33. WHO-World Health Organization. Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Mayıs 2022]. Erişim adresi: [https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/112199/E79097.pdf](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/112199/E79097.pdf)
34. Basic Information about Carbon Monoxide (CO) Outdoor Air Pollution | US EPA [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://www.epa.gov/co-pollution/basic-information-about-carbon-monoxide-co-outdoor-air-pollution>
35. Ground-level Ozone Basics | US EPA [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://www.epa.gov/ground-level-ozone-pollution/ground-level-ozone-basics>
36. Volatile Organic Compounds' Impact on Indoor Air Quality | US EPA [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality>
37. Wallace LA, Pellizzari ED, Hartwell TD, Sparacino C, Whitmore R, Sheldon L, vd. The TEAM (Total Exposure Assessment Methodology) Study: personal exposures to toxic substances in air, drinking water, and breath of 400 residents of New Jersey, North Carolina, and North Dakota. *Environ Res.* Ağustos 1987;43(2):290-307.
38. İPEK Ö, İPEK E. Effects of indoor air pollution on household health: evidence from Turkey. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2021;28(47):67519-27.
39. WHO/Europe | Publications - Residential heating with wood and coal: health impacts and policy options in Europe and North America [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/residential-heating-with-wood-and-coal-health-impacts-and-policy-options-in-europe-and-north-america>
40. Isınma Kaynaklı Hava Kirliliğinin Yönetimi Projesi [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://isinma.csb.gov.tr/proje-hedefleri-i-101874>
41. Toxic threat from wood burning | Airclim [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://airclim.org/acidnews/toxic-threat-wood-burning>
42. Tanrıvermiş H, Mülayim ZG. Sanayinin Neden Olduğu Çevre Kirliliğinin Tarıma Verdiği Zararların Değerinin Biçilmesi: Samsun Gübre (TÜGSAŞ) ve Karadeniz Bakır (KBİ) Sanayileri Örneği. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry.* 1999;23(3):337-45.
43. TERMİK SANTRALLARIN ÇEVRESEL ETKİLERİ [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://www.ttb.org.tr/eweb/yatagan/2.html>
44. Endüstriyel kirliliği azaltma zorluğu- Avrupa Çevre Ajansı [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://www.eea.europa.eu/tr/isaretler/aca-isaretler-2020/articles/endustriyel-kirliligi-azaltma-zorlugu>

45. Fosil Yakıt Nedir ve Nasıl Oluşur? [İnternet]. Termiksiz Gelecek. 2020 [Erişim tarihi: 02 Mayıs 2022]. Erişim adresi: <https://www.termiksizgelecek.org/fosil-yakit-nedir-ve-nasil-olusur/>
46. Rahman MM, Alam K, Velayutham E. Is industrial pollution detrimental to public health? Evidence from the world's most industrialised countries. BMC Public Health. Haziran 2022;21:1175.
47. Kelen F. Motorlu Taşıt Emisyonlarının İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerine Etkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 25 Kasım 2014;19(1-2):80-7.
48. Kuzey İç Anadolu Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://kiathm.csb.gov.tr/hava-kirliligi-kaynaklari-ve-hava-kirliligi-boyutlari-i-88646>
49. WHO/Europe | Evidence-informed policy-making - What are the effects on health of transport-related air pollution? [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://www.euro.who.int/en/data-and-evidence/evidence-informed-policy-making/publications/hen-summaries-of-network-members-reports/what-are-the-effects-on-health-of-transport-related-air-pollution>
50. Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, H. D. ve Avcı, E. D. (2005). "Türkiye'de Geleneksel ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması" Yeksem 2005, III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, 19-21 Ekim, 32-38, Mersin.
51. Fossil Fuels | EESI [İnternet]. [Erişim tarihi: 03 Mayıs 2022]. Erişim adresi: <https://www.eesi.org/topics/fossil-fuels/description>
52. What are the safest and cleanest sources of energy? [İnternet]. Our World in Data. [Erişim tarihi: 03 Mayıs 2022]. Erişim adresi: <https://ourworldindata.org/safest-sources-of-energy>
53. Fossil Fuels: The Dirty Facts | NRDC [İnternet]. [Erişim tarihi: 03 Mayıs 2022]. Erişim adresi: <https://www.nrdc.org/stories/fossil-fuels-dirty-facts>
54. Fossil fuel air pollution responsible for 1 in 5 deaths worldwide [İnternet]. C-CHANGE | Harvard T.H. Chan School of Public Health. 2021 [Erişim tarihi: 03 Mayıs 2022]. Erişim adresi: <https://www.hsph.harvard.edu/c-change/news/fossil-fuel-air-pollution-responsible-for-1-in-5-deaths-worldwide/>
55. Urbanization | United Nations Population Fund [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://www.unfpa.org/urbanization#readmore-expand>
56. Moore M, Gould P, Keary BS. Global urbanization and impact on health. International Journal of Hygiene and Environmental Health. 01 Ocak 2003;206(4):269-78.
57. Caf A, Yılmaz S, Koç A. Effects of Urbanization on Air Quality; Sample of Bingol City. jst. 12 Eylül 2017;7(3):231-8.
58. Alkan, A. (2018). Hava Kirliliğinin Ciddi Boyutlara Ulaştığı Kentlere Bir Örnek: Siirt. BEÜ. SBE Derg.,7(2), 641-666.
59. World Health Organization. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide

- [Internet]. World Health Organization; 2021 [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. xxi, 273 s. Erişim adresi: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>
60. Mevzuat Bilgi Sistemi [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=12188&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
  61. Air Pollution: Current and Future Challenges | US EPA [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/air-pollution-current-and-future-challenges>
  62. Weather and air quality | Waikato Regional Council [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://www.waikatoregion.govt.nz/environment/air/weather-and-air/>
  63. Meteorological factors | Environment, land and water | Queensland Government [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://www.qld.gov.au/environment/pollution/monitoring/air/air-monitoring/meteorology-influence/meteorology-factors>
  64. Doç. Dr. Cemalettin Şahin. Hava Kirliliği ve Hava Kirliliğini Etkileyen Doğal Çevre Faktörleri [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Mayıs 2022]. Erişim adresi: [http://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/2015/08/cadata1\\_3.pdf](http://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/2015/08/cadata1_3.pdf)
  65. Isparta da (Bazı Yıllar da Görülen) Hava Kirliliği'nin Sebepleri ve Bu Kirlilikte Etkili Olan Coğrafi Faktörler | TR Dizin [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://app.trdizin.gov.tr/makale/TkRNNU9ESXk/isparta-da-bazi-yillar-da-gorulen-hava-kirliligi-nin-sebepleri-ve-bu-kirlilikte-etkili-olan-cografik-faktorler>
  66. İbret B. Ü., Aydınöz D. Şehirleşmede Yanlış Yer Seçiminin Hava Kirliliği Üzerine Olan Etkisine Bir Örnek: Kastamonu Şehri. Coğrafya Dergisi. 2010; 0(18): 71-88.
  67. Sümer GÇ. Hava Kirliliği Kontrolü: Türkiye'de Hava Kirliliğini Önlemeye Yönelik Yasal Düzenlemelerin Ve Örgütlenmelerin İncelenmesi. Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi. 2014;(13):20.
  68. IQAir. 2020 World Air Quality Report [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Mayıs 2022]. Erişim adresi: [https://www.greenpeace.org/static/planet4-romania-stateless/2021/03/d8050eab-2020-world\\_air\\_quality\\_report.pdf](https://www.greenpeace.org/static/planet4-romania-stateless/2021/03/d8050eab-2020-world_air_quality_report.pdf)
  69. Air pollution [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Mayıs 2022]. Erişim adresi: <https://www.who.int/health-topics/air-pollution>
  70. Household air pollution [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/air-pollution/household-air-pollution>
  71. Lim SS, Vos T, Flaxman AD, Danaei G, Shibuya K, Adair-Rohani H, vd. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. Lancet. 15 Aralık 2012;380(9859):2224-60.
  72. Dogeroglu T. Air Pollution in Turkey. İçinde: Barnes I, editör. Global Atmospheric Change and its Impact on Regional Air Quality [İnternet]. Dordrecht: Springer Netherlands; 2002 [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. s. 183-8. Erişim adresi: [http://link.springer.com/10.1007/978-94-010-0082-6\\_28](http://link.springer.com/10.1007/978-94-010-0082-6_28)

73. Air Pollution and Health in Turkey Facts, Figures and Recommendations [İnternet]. [a.yer 07 Mayıs 2022]. Erişim adresi: [https://env-health.org/IMG/pdf/150220\\_factsheet\\_air\\_and\\_health\\_turkey\\_en\\_final.pdf](https://env-health.org/IMG/pdf/150220_factsheet_air_and_health_turkey_en_final.pdf)
74. Greenpeace. Türkiyede Hava Kirliliği Algısı [İnternet]. 2020 [Erişim tarihi: 07 Mayıs 2022]. Erişim adresi: <https://www.greenpeace.org/static/planet4-turkey-stateless/2020/03/80c72c24-turkiyede-hava-kirliligi-algisi-2020.pdf>
75. Air Pollution | CDC [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: [https://www.cdc.gov/climateandhealth/effects/air\\_pollution.htm](https://www.cdc.gov/climateandhealth/effects/air_pollution.htm)
76. Air pollution: how it affects our health-European Environment Agency [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://www.eea.europa.eu/themes/air/health-impacts-of-air-pollution>
77. Air quality guidelines global update 2005 [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-SDE-PHE-OEH-06.02>
78. Patel MM, Quinn JW, Jung KH, Hoepner L, Diaz D, Perzanowski M, vd. Traffic density and stationary sources of air pollution associated with wheeze, asthma, and immunoglobulin E from birth to age 5 years among New York City children. *Environ Res*. Kasım 2011;111(8):1222-9.
79. Teng B, Zhang X, Yi C, Zhang Y, Ye S, Wang Y, vd. The Association between Ambient Air Pollution and Allergic Rhinitis: Further Epidemiological Evidence from Changchun, Northeastern China. *Int J Environ Res Public Health*. Mart 2017;14(3):226.
80. Farhat SCL, Silva CA, Orione MAM, Campos LMA, Sallum AME, Braga ALF. Air pollution in autoimmune rheumatic diseases: A review. *Autoimmunity Reviews*. Kasım 2011;11(1):14-21.
81. Bernatsky S, Smargiassi A, Barnabe C, Svenson LW, Brand A, Martin RV, vd. Fine particulate air pollution and systemic autoimmune rheumatic disease in two Canadian provinces. *Environmental Research*. Nisan 2016;146:85-91.
82. Prada D, Zhong J, Colicino E, Zanobetti A, Schwartz J, Dagingcourt N, vd. Association of air particulate pollution with bone loss over time and bone fracture risk: analysis of data from two independent studies. *Lancet Planet Health*. Kasım 2017;1(8):e337-47.
83. Chang KH, Chang MY, Muo CH, Wu TN, Hwang BF, Chen CY, vd. Exposure to Air pollution Increases the Risk of Osteoporosis. *Medicine (Baltimore)*. 01 Mayıs 2015;94(17):e733.
84. WHO/Europe | Air quality - Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths [İnternet]. [Erişim tarihi: 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/news/news/2013/10/outdoor-air-pollution-a-leading-environmental-cause-of-cancer-deaths>
85. Cohen AJ, Samet JM, Straif K, International Agency for Research on Cancer. Air pollution and cancer [İnternet]. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2013 [a.yer 07 Nisan 2022]. Erişim adresi: <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Scientific-Publications/Air-Pollution-And-Cancer-2013>
86. Hamra GB, Guha N, Cohen A, Laden F, Raaschou-Nielsen O, Samet JM, vd. Outdoor Particulate Matter Exposure and Lung Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environ Health Perspect*. Eylül 2014;122(9):906-11.

87. DeMarini DM. Genotoxicity biomarkers associated with exposure to traffic and near-road atmospheres: a review. *Mutagenesis*. 01 Eylül 2013;28(5):485-505.
88. Turner MC, Krewski D, Diver WR, Pope CA, Burnett RT, Jerrett M, vd. Ambient Air Pollution and Cancer Mortality in the Cancer Prevention Study II. *Environ Health Perspect*. 21 Ağustos 2017;125(8):087013.
89. Janitz AE, Campbell JE, Magzamen S, Pate A, Stoner JA, Peck JD. Benzene and Childhood Acute Leukemia in Oklahoma. *Environ Res*. Ekim 2017;158:167-73.
90. Vallejo M, Ruiz S, Hermosillo AG, Borja-Aburto VH, Cárdenas M. Ambient fine particles modify heart rate variability in young healthy adults. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. Mart 2006;16(2):125-30.
91. Brook RD, Franklin B, Cascio W, Hong Y, Howard G, Lipsett M, vd. Air Pollution and Cardiovascular Disease: A Statement for Healthcare Professionals From the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. *Circulation*. Haziran 2004;109(21):2655-71.
92. Thurston GD, Burnett RT, Turner MC, Shi Y, Krewski D, Lall R, vd. Ischemic Heart Disease Mortality and Long-Term Exposure to Source-Related Components of U.S. Fine Particle Air Pollution. *Environ Health Perspect*. Haziran 2016;124(6):785-94.
93. Chen H, Kwong JC, Copes R, Tu K, Villeneuve PJ, van Donkelaar A, vd. Living near major roads and the incidence of dementia, Parkinson's disease, and multiple sclerosis: a population-based cohort study. *The Lancet*. Şubat 2017;389(10070):718-26.
94. Elder A, Gelein R, Silva V, Feikert T, Opanashuk L, Carter J, vd. Translocation of Inhaled Ultrafine Manganese Oxide Particles to the Central Nervous System. *Environ Health Perspect*. Ağustos 2006;114(8):1172-8.
95. Calderón-Garcidueñas L, Mora-Tiscareño A, Ontiveros E, Gómez-Garza G, Barragán-Mejía G, Broadway J, vd. Air pollution, cognitive deficits and brain abnormalities: a pilot study with children and dogs. *Brain Cogn*. Kasım 2008;68(2):117-27.
96. Liu L, Zhang D, Rodzinka-pasko JK, Li YM. Environmental risk factors for autism spectrum disorders. *Nervenarzt*. Aralık 2016;87(S2):55-61.
97. Wellenius GA, Boyle LD, Coull BA, Milberg WP, Gryparis A, Schwartz J, vd. Residential Proximity to Major Roadway and Cognitive Function in Community-Dwelling Seniors: Results from the MOBILIZE Boston Study. *J Am Geriatr Soc*. Kasım 2012;60(11):2075-80.
98. Wilker EH, Preis SR, Beiser AS, Wolf PA, Au R, Kloog I, vd. Long-term exposure to fine particulate matter, residential proximity to major roads and measures of brain structure. *Stroke*. Mayıs 2015;46(5):1161-6.
99. Honda T, Pun VC, Manjourides J, Suh H. Associations between long-term exposure to air pollution, glycosylated hemoglobin and diabetes. *Int J Hyg Environ Health*. Ekim 2017;220(7):1124-32.
100. Eze IC, Schaffner E, Foraster M, Imboden M, von Eckardstein A, Gerbase MW, vd. Long-Term Exposure to Ambient Air Pollution and Metabolic Syndrome in Adults. *PLoS One*. 23 Haziran 2015;10(6):e0130337.



101. Calderón-Garcidueñas L, Franco-Lira M, D'Angiulli A, Rodríguez-Díaz J, Blaurock-Busch E, Busch Y, vd. Mexico City normal weight children exposed to high concentrations of ambient PM<sub>2.5</sub> show high blood leptin and endothelin-1, vitamin D deficiency, and food reward hormone dysregulation versus low pollution controls. Relevance for obesity and Alzheimer disease. *Environmental Research*. Temmuz 2015;140:579-92.
102. Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) [Internet]. [Erişim tarihi: 15 Mayıs 2022]. Erişim adresi: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-\(copd\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-(copd))
103. Salvi SS, Barnes PJ. Chronic obstructive pulmonary disease in non-smokers. *The Lancet*. 29 Ağustos 2009;374(9691):733-43.
104. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP project: final technical report [Internet]. [Erişim tarihi: 07 Mayıs 2022]. Erişim adresi: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/review-of-evidence-on-health-aspects-of-air-pollution-revihaap-project-final-technical-report>
105. Di Q, Wang Y, Zanobetti A, Wang Y, Koutrakis P, Choirat C, vd. Air Pollution and Mortality in the Medicare Population. *N Engl J Med*. 29 Haziran 2017;376(26):2513-22.
106. Shang Y, Sun Z, Cao J, Wang X, Zhong L, Bi X, vd. Systematic review of Chinese studies of short-term exposure to air pollution and daily mortality. *Environ Int*. Nisan 2013;54:100-11.
107. Romieu I, Gouveia N, Cifuentes LA, de Leon AP, Junger W, Vera J, vd. Multicity study of air pollution and mortality in Latin America (the ESCALA study). *Res Rep Health Eff Inst*. Ekim 2012;(171):5-86.
108. Zhang P, Dong G, Sun B, Zhang L, Chen X, Ma N, vd. Long-Term Exposure to Ambient Air Pollution and Mortality Due to Cardiovascular Disease and Cerebrovascular Disease in Shenyang, China. *PLoS One*. 10 Haziran 2011;6(6):e20827.
109. Mokoena KK, Ethan CJ, Yu Y, Shale K, Liu F. Ambient air pollution and respiratory mortality in Xi'an, China: a time-series analysis. *Respir Res*. 2019;20:139.
110. Larrieu S, Lefranc A, Gault G, Chatignoux E, Couvy F, Jouves B, vd. Are the Short-term Effects of Air Pollution Restricted to Cardiorespiratory Diseases? *American Journal of Epidemiology*. 15 Mayıs 2009;169(10):1201-8.
111. Kan H, Chen B, Zhao N, London SJ, Song G, Chen G, vd. Part 1. A time-series study of ambient air pollution and daily mortality in Shanghai, China. *Res Rep Health Eff Inst*. Kasım 2010;(154):17-78.
112. Tsangari H, Paschalidou AK, Kassomenos AP, Vardoulakis S, Heaviside C, Georgiou KE, vd. Extreme weather and air pollution effects on cardiovascular and respiratory hospital admissions in Cyprus. *Science of The Total Environment*. Ocak 2016;542:247-53.
113. Willers SM, Jonker MF, Klok L, Keuken MP, Odink J, van den Elshout S, vd. High resolution exposure modelling of heat and air pollution and the impact on mortality. *Environment International*. Nisan 2016;89-90:102-9.

114. YAVUZ CI, GÜNAY O. Bir Case Crossover (Çapraz Vaka Kontrol) Çalışması: Bir Yıllık Myokard Enfarktüsü Nedenli Yatışlar ve Hava Kirliliği İlişkisinin İncelenmesi. Kocaeli Örneği. TAF Preventive Medicine Bulletin, 2009; 8(5) [İnternet]. [Erişim tarihi: 08 Nisan 2022]; Erişim adresi: [https://www.bibliomed.org/mnsfulltext/1/khb\\_008\\_05-381.pdf?1618386332](https://www.bibliomed.org/mnsfulltext/1/khb_008_05-381.pdf?1618386332)
115. Maclure M, Mittleman and MA. Should We Use a Case-Crossover Design? Annu Rev Public Health. Mayıs 2000;21(1):193-221.
116. Roach REJ, Siegerink B, Lijfering WM. [Case-crossover studies. Research into risk factors with the patient as his or her own control]. Ned Tijdschr Geneesk. 2013;157(28):A5896.
117. Jaakkola JJK. Case-crossover design in air pollution epidemiology. European Respiratory Journal. 01 Mayıs 2003;21(Supplement 40):81S - 85s.
118. Levy D, Lumley T, Sheppard L, Kaufman J, Checkoway H. Referent selection in case-crossover analyses of acute health effects of air pollution. Epidemiology. Mart 2001;12(2):186-92.
119. Kunzli N. A call for reporting the relevant exposure term in air pollution case-crossover studies. Journal of Epidemiology & Community Health. 01 Haziran 2005;59(6):527-30.
120. Janes H, Sheppard L, Lumley T. Case Crossover Analyses of Air Pollution Exposure Data: Referent Selection Strategies and Their Implications for Bias. Epidemiology. Kasım 2005;16(6):717-26.
121. Karabük İl Tarım ve Orman Müdürlüğü [İnternet]. [Erişim tarihi: 15 Mayıs 2022]. Erişim adresi: <https://karabuk.tarimorman.gov.tr/>
122. Karabük Belediyesi [İnternet]. [Erişim tarihi: 15 Mayıs 2022]. Erişim adresi: <https://www.karabuk.bel.tr/default.asp>
123. karabuk.csb.gov.tr. İlimiz Hakkında - Karabük Valiliği Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü [İnternet]. [Erişim tarihi: 15 Mayıs 2022]. Erişim adresi: <https://karabuk.csb.gov.tr/ilimiz-hakkinda-i-3786>
124. TÜİK - Veri Portalı [İnternet]. [Erişim tarihi: 15 Mayıs 2022]. Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109>
125. K.Ü. EAH- Hakkımızda [İnternet]. [Erişim tarihi: 15 Mayıs 2022]. Erişim adresi: <https://karabukeah.saglik.gov.tr/TR,73441/--hakkimizda.html>
126. Cohen J. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. 2. bs. New York: Routledge; 1988. 567 s.
127. Conditional logistic regression using COXREG [İnternet]. 2020 [Erişim tarihi: 04 Haziran 2022]. Erişim adresi: <https://www.ibm.com/support/pages/conditional-logistic-regression-using-coxreg>
128. Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü [İnternet]. [Erişim tarihi: 20 Haziran 2022]. Erişim adresi: <https://ced.csb.gov.tr/2018-yili-il-cevre-durum-raporlari-i-91886>

129. Zeydan Ö. 2019 Yılında Türkiye'deki Partikül Madde (PM10) Kirliliğinin Değerlendirilmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*. 01 Mart 2021;11(1):106-18.
130. Temiz Hava Hakkı Platformu. Kara Rapor 2020: Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri [İnternet]. [Erişim tarihi: 20 Haziran 2022]. Erişim adresi: <https://www.temizhavahakki.com/kararapor2020/>
131. Kuzey İç Anadolu Temiz Hava Merkez Müdürlüğü. Karabük İli Hava Kalitesi Analiz Raporu (2010-2016) [İnternet]. [Erişim tarihi: 06 Mayıs 2022]. Erişim adresi: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/kiathm/icerikler/karabuk-20181002101127.pdf>
132. Hava Kirliliği Raporu 2016, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası [İnternet]. [Erişim tarihi: 20 Haziran 2022]. Erişim adresi: <https://www.cmo.org.tr/odamiz/raporlar.php>
133. Temiz Hava Hakkı Platformu. Kara Rapor 2020: Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri [İnternet]. [Erişim tarihi: 20 Haziran 2022]. Erişim adresi: <https://www.temizhavahakki.com/kararapor2020/>
134. SİM (Sürekli İzleme Merkezi) | T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı [İnternet]. [Erişim tarihi: 20 Haziran 2022]. Erişim adresi: <https://sim.csb.gov.tr/Intro/Uhkia>
135. Hava Kirliliği Raporu 2020, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası [İnternet]. [Erişim tarihi: 20 Haziran 2022]. Erişim adresi: <https://www.cmo.org.tr/odamiz/raporlar.php>
136. Hava Kirliliği Raporu 2019, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası [İnternet]. [Erişim tarihi: 20 Haziran 2022]. Erişim adresi: <https://www.cmo.org.tr/odamiz/raporlar.php>
137. İl Çevre Durum Raporları - Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü [İnternet]. [Erişim tarihi: 20 Haziran 2022]. Erişim adresi: <https://ced.csb.gov.tr/il-cevre-durum-raporlari-i-82671>
138. Kocabas A. Kronik Obstruktif Akciğer Hastalığı Epidemiyolojisi ve Risk Faktörleri. *TTD Toraks Cerrahisi Bülteni*. Mayıs 2010; 1 (2)
139. Berker Öztürk, Mükremin Er, Hatice Canan Hasanoğlu. The Relationship Between Ambient Air Pollution and Emergency Department Visits for Lower Respiratory Diseases: A Retrospective Cross-Sectional Study. *Göğüs Hastanesi Dergisi*. 2022; 36(1): 41-51
140. Ko FWS, Tam W, Wong TW, Chan DPS, Tung AH, Lai CKW, vd. Temporal relationship between air pollutants and hospital admissions for chronic obstructive pulmonary disease in Hong Kong. *Thorax*. Eylül 2007;62(9):780-5.
141. Han CH, Pak H, Chung JH. Short-term effects of exposure to particulate matter and air pollution on hospital admissions for asthma and chronic obstructive pulmonary disease in Gyeonggi-do, South Korea, 2007-2018. *J Environ Health Sci Eng*. Aralık 2021;19(2):1535-41.
142. HASUDER, Bulaşıcı Olmayan Hastalıklar Çalışma Grubu-Ulusal ve Uluslararası Gelişmeler [İnternet]. [Erişim tarihi: 20 Haziran 2022]. Erişim adresi: <https://hasuder.org.tr/wp-content/uploads/Bulasici-Olmayan-Hastaliklar-Calisma-Grubu.pdf>
143. DHSC and ONS: Direct and Indirect health impacts of COVID-19 in England - long paper, 9 September 2021 [İnternet]. GOV.UK. [Erişim tarihi: 20 Haziran 2022]. Erişim

- adresi: <https://www.gov.uk/government/publications/dhsc-direct-and-indirect-health-impacts-of-covid-19-in-england-long-paper-9-september-2021>
144. Chudasama YV, Gillies CL, Zaccardi F, Coles B, Davies MJ, Seidu S, vd. Impact of COVID-19 on routine care for chronic diseases: A global survey of views from healthcare professionals. *Diabetes Metab Syndr.* 2020;14(5):965-7.
  145. Türk Toraks Derneği KOAH Çalışma Grubu. Kronik Obstruktif Akciğer Hastalığı. [Internet]. [Erişim tarihi: 20 Haziran 2022]. Erişim adresi: [https://www.toraks.org.tr/site/sf/documents/pre\\_migration/061a5f1eea564cf82d8e4951d0d3b17aa329df5d04ada2e82f0662b1c6586482.pdf#:~:text=Zararlı%20gaz%20ve%20partik%20kar%20tedavi%20edilebilir%20bir%20hastal%20alevenmelerle%20seyreder.](https://www.toraks.org.tr/site/sf/documents/pre_migration/061a5f1eea564cf82d8e4951d0d3b17aa329df5d04ada2e82f0662b1c6586482.pdf#:~:text=Zararlı%20gaz%20ve%20partik%20kar%20tedavi%20edilebilir%20bir%20hastal%20alevenmelerle%20seyreder.)
  146. Chan KPF, Ma TF, Kwok WC, Leung JKC, Chiang KY, Ho JCM, vd. Significant reduction in hospital admissions for acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease in Hong Kong during coronavirus disease 2019 pandemic. *Respir Med.* Eylül 2020;171:106085.
  147. How were Non-COVID pulmonary patients and diseases affected from COVID-19 pandemic period? [Internet]. [Erişim tarihi: 20 Haziran 2022]. Erişim adresi: <http://turkthoracj.org/en/how-were-non-covid-pulmonary-patients-and-diseases-affected-from-covid-19-pandemic-period-131749>
  148. Emtner M, Hedin A, Andersson M, Janson C. Impact of patient characteristics, education and knowledge on emergency room visits in patients with asthma and COPD: a descriptive and correlative study. *BMC Pulm Med.* 07 Eylül 2009;9:43.
  149. Soyer DÖ. Astım Tanı ve Tedavi Rehberi 2020 Güncellemesi. :343. [Internet]. [Erişim tarihi: 20 Haziran 2022]. Erişim adresi: <https://www.aid.org.tr/wp-content/uploads/2020/12/astim-rehberi-2020.pdf>
  150. T.C. Sağlık Bakanlığı. Türkiye’de Kronik Obstruktif Akciğer Hastalığının Yönetimi: Korunma, Tanı ve Tedavi Standartları Kılavuzu. [Internet]. [Erişim tarihi: 20 Haziran 2022]. Erişim adresi: [https://www.tuseb.gov.tr/tuhke/uploads/genel/files/haberler/tuhke\\_koah\\_kilavuzunu\\_28092020.pdf](https://www.tuseb.gov.tr/tuhke/uploads/genel/files/haberler/tuhke_koah_kilavuzunu_28092020.pdf)
  151. Tecer LH. Balıkesir’de Hava Kirliliğinin Çocuk ve Yetişkinlerde Solunum Hastalıklarına Etkilerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Alan Çalışması. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi* 2013;11–20
  152. Chronic obstructive pulmonary disease (COPD), COPD [Internet]. Australian Institute of Health and Welfare. [Erişim tarihi: 20 Haziran 2022]. Erişim adresi: <https://www.aihw.gov.au/reports/chronic-respiratory-conditions/copd/contents/copd>
  153. T.C. Sağlık Bakanlığı. 2020 Sağlık İstatistikleri Yıllığı [Internet]. Australian Institute of Health and Welfare. [Erişim tarihi: 20 Haziran 2022]. Erişim adresi: <https://sbsgm.saglik.gov.tr/Eklenti/43399/0/siy2020-tur-26052022pdf.pdf>
  154. Basagaña X, Jacquemin B, Karanasiou A, Ostro B, Querol X, Agis D, vd. Short-term effects of particulate matter constituents on daily hospitalizations and mortality in five South-European cities: Results from the MED-PARTICLES project. *Environment International.* Şubat 2015;75:151-8.

155. Wang Z, Peng J, Liu P, Duan Y, Huang S, Wen Y, vd. Association between short-term exposure to air pollution and ischemic stroke onset: a time-stratified case-crossover analysis using a distributed lag nonlinear model in Shenzhen, China. *Environ Health*. Aralık 2020;19(1):1.
156. Tecer LH, Alagha O, Karaca F, Tuncel G, Eldes N. Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10-2.5</sub>, and PM<sub>10</sub>) and Children's Hospital Admissions for Asthma and Respiratory Diseases: A Bidirectional Case-Crossover Study. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*. 12 Mart 2008;71(8):512-20.
157. Ren M, Li N, Wang Z, Liu Y, Chen X, Chu Y, vd. The short-term effects of air pollutants on respiratory disease mortality in Wuhan, China: comparison of time-series and case-crossover analyses. *Sci Rep*. 13 Ocak 2017;7(1):40482.
158. Katsouyanni K, Touloumi G, Spix C, Schwartz J, Balducci F, Medina S, vd. Short term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA project. *BMJ*. 07 Haziran 1997;314(7095):1658.
159. Tsai SS, Chiu YW, Weng YH, Yang CY. Relationship between fine particulate air pollution and hospital admissions for depression: a case-crossover study in Taipei. *J Toxicol Environ Health A*. 02 Eylül 2021;84(17):702-9.
160. Szyszkowicz M, Kousha T, Castner J, Dales R. Air pollution and emergency department visits for respiratory diseases: A multi-city case crossover study. *Environ Res*. Mayıs 2018;163:263-9.
161. Chen R, Yin P, Meng X, Liu C, Wang L, Xu X, vd. Fine Particulate Air Pollution and Daily Mortality. A Nationwide Analysis in 272 Chinese Cities. *Am J Respir Crit Care Med*. Temmuz 2017;196(1):73-81.
162. Chen Y, Yang Q, Krewski D, Shi Y, Burnett RT, McGrail K. Influence of Relatively Low Level of Particulate Air Pollution on Hospitalization for COPD in Elderly People. *Inhalation Toxicology*. 01 Ocak 2004;16(1):21-5.
163. Gonlugur U, Gonlugur T. Seasonal variations in exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Kocaeli Med J*. 2020;9(2):140-6.
164. Wise RA, Calverley PM, Carter K, Clerisme-Beaty E, Metzdorf N, Anzueto A. Seasonal variations in exacerbations and deaths in patients with COPD during the TIOSPIR® trial. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 14 Şubat 2018;13:605-16.
165. Gao N, Li C, Ji J, Yang Y, Wang S, Tian X, vd. Short-term effects of ambient air pollution on chronic obstructive pulmonary disease admissions in Beijing, China (2013–2017). *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 23 Ocak 2019;14:297-309.
166. Duan RR, Hao K, Yang T. Air pollution and chronic obstructive pulmonary disease. *Chronic Diseases and Translational Medicine*. 01 Aralık 2020;6(4):260-9.
167. Altunışık E, Arık A. Decreased Stroke Applications During Pandemic: Collateral Effects of COVID-19. *İnd*. 30 Haziran 2021;27(2):171-5.
168. So JY, O'Hara NN, Kenaa B, Williams JG, deBorja CL, Slejko JF, vd. Population Decline in COPD Admissions During the COVID-19 Pandemic Associated with Lower Burden of Community Respiratory Viral Infections. *The American Journal of Medicine*. 01 Ekim 2021;134(10):1252-1259.e3.

169. Lu P, Zhang Y, Lin J, Xia G, Zhang W, Knibbs LD, vd. Multi-city study on air pollution and hospital outpatient visits for asthma in China. *Environ Pollut.* Şubat 2020;257:113638.

## 9. EKLER

### Ek 1. Karabük İl Sağlık Müdürlüğü İzin Belgesi

Kişisel verilerin korunması kanunu gereği bu bölüm gösterilmemektedir.

**Ek 2. Etik Kurul İzni**

**Kişisel verilerin korunması kanunu gereği bu bölüm gösterilmemektedir.**



**Ek 3. Karabük Meteoroloji Genel Müdürlüğü İzin Belgesi**

**Kişisel verilerin korunması kanunu gereği bu bölüm gösterilmemektedir.**