

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



BALIKESİR'DE HAVA KİRLİLİĞİ SEVİYELERİNİN
METEOROLOJİK PARAMETRELERE BAĞLI OLARAK SOLUNUM
YOLU HASTALIKLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ

İHSAN ÇILDIR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ahmet GÜNAY (Tez Danışmanı)
Dr. Öğr. Üyesi Atilla MUTLU (Eş Danışmanı)
Prof. Dr. Yücel TAŞDEMİR
Prof. Dr. Burhanettin FARİZOĞLU
Doç. Dr. Celalettin ÇEVİK

BALIKESİR, MART - 2021

ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “Balıkesir’de Hava Kirliliği Seviyelerinin Meteorolojik Parametrelere Bağlı Olarak Solunum Yolu Hastalıkları Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Ihsan ÇİLDİR

ÖZET

**BALIKESİR'DE HAVA KİRLİLİĞİ SEVİYELERİNİN METEOROLOJİK
PARAMETRELERE BAĞLI OLARAK SOLUNUM YOLU HASTALIKLARI
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İHSAN ÇILDIR
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. AHMET GÜNAY)
(EŞ DANIŞMAN: DR. ÖĞR. ÜYESİ ATILLA MUTLU)
BALIKESİR, MART - 2021**

Bu çalışmada, Balıkesir şehir merkezinde hava kirliliğine yol açan parametrelerden partikül madde ve kükürt dioksit konsantrasyonlarının, meteorolojik parametreler çerçevesinde oluşum ilişkilerinin incelenmesi ve bu kirletici parametrelerin konsantrasyonu ile üst solunum yolu hastalıklarından sağlık kuruluşlarına müracaat sayıları arasındaki ilişkinin ortaya çıkarılması amaç edilmiştir.

Orta ölçekli bir il olan Balıkesir'de son yıllar içerisinde sanayi gelişimi ve hızlı nüfus artışı nedeniyle oluşan hava kirleticilerinin etkisi sonucunda hava kirliliği sorunu yaşanmaktadır. Bu çalışmada, mevcut meteorolojik koşullar ve hava kirleticileri seviyeleri ile uzun dönem (2017-2018-2019) şehir merkezinde bulunan hastanelerden alınan, solunum yolları hastalıkları şikayetinden başvuran hasta müracaat sayıları istatistiksel olarak kıyaslanmıştır.

Çalışmada, hava kirliliği seviyelerinin yüksek olduğu özellikle kış mevsimlerinde hastane başvurularında artış görüldüğü ve yapılan analizler sonucunda düşük sıcaklık ve rüzgar hızı parametrelerinin hava kirleticileri konsantrasyonlarını arttırdığı ve bunun sonucunda üst solunum yolları rahatsızlıkları ile ilgili başvuru sayılarının da artış gösterdiği belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Hava kirliliği, meteoroloji, solunum yolu hastalıkları.

Bilim Kod / Kodları : 90312

Sayfa Sayısı : 75

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF AIR POLLUTION LEVELS ON RESPIRATORY TRACT DISEASES DEPENDING ON METEOROLOGICAL PARAMETERS IN BALIKESİR

MSC THESIS

İHSAN ÇILDIR

BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

ENVIRONMENTAL ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. AHMET GÜNAY)

(CO-SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. ATILLA MUTLU)

BALIKESİR, MARCH - 2021

In this study, it was aimed to examine the formation relations of particulate matter and sulfur dioxide concentrations, which are among the parameters causing air pollution, within the framework of meteorological parameters, and to reveal the relationship between the concentration of these pollutant parameters and the number of applications from upper respiratory tract diseases to health institutions.

In Balıkesir, a medium-sized province, air pollution problem has been experienced as a result of the effect of air pollutants caused by industrial development and rapid population growth in recent years. In this study, the current meteorological conditions and levels of air pollutants were statistically compared with the long-term (2017-2018-2019) number of patient applications from hospitals in the city center, who applied for respiratory diseases.

In the study, it was determined that there was an increase in hospital admissions especially in winter seasons when air pollution levels were high, and as a result of the analysis, low temperature and wind speed parameters increased the concentrations of air pollutants, and as a result, the number of applications related to upper respiratory diseases increased.

KEYWORDS: Air pollution, meteorology, respiratory diseases.

Science Code / Codes : 90312

Page Number : 75

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	vii
KISALTMALAR LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışma Amacı ve Araştırma Soruları	3
1.2 Çalışma Alanı ve Çevre Özellikleri	4
1.3 Literatür Taraması.....	5
2. GENEL BİLGİLER	11
2.1 Hava Kirliliği	11
2.2 Hava Kirliliği Kaynakları	13
2.2.1 Alansal Kaynaklı Kirleticiler	13
2.2.2 Çizgisel Kaynaklı Kirleticiler	13
2.2.3 Noktasal Kaynaklı Kirleticiler	14
2.3 Hava Kirleticileri	14
2.3.1 Partikül Maddeler (PM _x)	14
2.3.2 Kükürtlü Maddeler (SO _x).....	16
2.3.3 Balıkesir’de Hava Kirliliğine Neden Olan Ögeler	17
2.3.4 Hava Kirliliğini Etkileyen Meteorolojik Faktörler	17
2.3.5 Hava Kalitesi İndeksi	18
3. VERİ VE YÖNTEM	19
3.1 Veri	19
3.1.1 Hava Kalitesi Verileri	19
3.1.2 Meteoroloji Verileri	19
3.1.3 Hastane Hasta Kabul Verileri.....	20
3.2 Yöntem.....	20
4. SONUÇLAR VE BULGULAR	23
4.1 Hava Kirleticileri ve Meteoroloji Verilerinin Analizleri	23
4.1.1 Hava Kirleticileri Verilerinin ve Meteorolojik Verilerin Genel İstatistikleri	23
4.1.2 Hava Kirleticilerinin Zamansal Dağılımları.....	24
4.1.3 Varyans analizi (ANOVA).....	26
4.1.4 Hava kirliliği (PM ₁₀ ve SO ₂) ve Meteorolojik Parametrelerin İlişkisi	27
4.1.5 Korelasyon Analizleri	31
4.1.5.1 Pearson Korelasyon Analizleri.....	31
4.1.5.2 Kendall’s Tau Korelasyon Analizleri.....	32
4.1.5.3 Mevsimsel Korelasyon Analizleri	33
4.1.6 Regresyon Analizleri.....	34
4.1.6.1 PM ₁₀ İçin Regresyon Modeli	34

4.1.6.2	SO ₂ İçin Regresyon Modeli.....	35
4.1.7	Hava Kirleticilerinin (PM ₁₀ ve SO ₂) Epizotları.....	37
4.1.7.1	PM ₁₀ Parametresine Ait Epizot	37
4.1.7.2	SO ₂ Parametresine Ait Epizot	37
4.2	Meteoroloji, Hava Kirleticileri (PM ₁₀ ve SO ₂) ve Hastane Verilerinin Analizleri	38
4.2.1	Astım Verileri.....	38
4.2.1.1	Hastane Verilerine Ait Genel İstatistikleri	38
4.2.1.2	Hava kirleticilerinin Varyans Analizi (Analysis of Variance-ANOVA)	40
4.2.1.3	Astım Vakalarının Varyans Analizi (Analysis of Variance-ANOVA)	42
4.2.1.4	Çoklu Korelasyon Analizi	43
4.2.1.5	Faktör Analizi.....	44
4.2.2	Bronşit Verileri.....	45
4.2.2.1	Hastane Verilerine Ait Genel İstatistikler	45
4.2.2.2	Hava kirleticilerinin Varyans Analizi (Analysis of Variance-ANOVA)	47
4.2.2.3	Bronşit Vakalarının Varyans Analizi (Analysis of Variance-ANOVA)	49
4.2.2.4	Çoklu Korelasyon Analizi	50
4.2.2.5	Faktör Analizi.....	51
4.2.3	Sinüzit Verileri.....	52
4.2.3.1	Hastane Verilerine Ait Genel İstatistikler	52
4.2.3.2	Hava Kirleticilerinin Varyans Analizi (Bağımsız Örnekler için T-Testi).....	54
4.2.3.3	Sinüzit Vakalarının Varyans Analizi (Analysis of Variance-ANOVA)	55
4.2.3.4	Çoklu Korelasyon Analizi	55
4.2.3.5	Faktör Analizi.....	56
4.2.4	Üst Solunum Yolu Enfeksiyonu Verileri	57
4.2.4.1	Hastane Verilerine Ait Genel İstatistikler	58
4.2.4.2	Hava Kirleticilerinin Varyans Analizi (Analysis of Variance-ANOVA)	59
4.2.4.3	Üst Solunum Yolu Enfeksiyonu Vakalarının Varyans Analizi (Analysis of Variance-ANOVA)	61
4.2.4.4	Çoklu Korelasyon Analizi	62
4.2.4.5	Faktör Analizi.....	63
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	65
6.	KAYNAKLAR	71
	ÖZGEÇMİŞ	75

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Balıkesir ilinin lokasyon haritası.	4
Şekil 1.2: Balıkesir kent merkezinden bir görüntü.	5
Şekil 2.1: 2016 yılı bölgelere göre dış ortam hava kirliliği ve ölüm sayıları [35].	12
Şekil 2.2: 2016 yılı hastalıklara göre ölüm yüzdeleri [35].	12
Şekil 2.3: Partikül maddenin solunum yolu ile vücuda girişi [41].	15
Şekil 2.4: PM parçacıkları için boyut karşılaştırmaları [42].	16
Şekil 3.1: Hava kalitesi ve meteoroloji verilerinin temin edildiği istasyonlara ait görsel. .	19
Şekil 4.1: PM ₁₀ seviyelerinin aylık değişimleri.	25
Şekil 4.2: SO ₂ seviyelerinin aylık değişimleri.	25
Şekil 4.3: Hava kirleticilerinin zamansal ve aralarındaki ilişki.	28
Şekil 4.4: PM ₁₀ ve meteorolojik parametrelerin ilişkisi.	29
Şekil 4.5: SO ₂ ve meteorolojik parametrelerin ilişkisi.	30
Şekil 4.6: Mevsimsel korelasyon sonuçları.	33
Şekil 4.7: PM ₁₀ kirleticisi için 2018 yılı kirlilik takvimi.	37
Şekil 4.8: SO ₂ kirleticisi için 2018 yılı kirlilik takvimi.	38
Şekil 4.9: Astım şikayeti ile hastane müracaatlarının cinsiyete göre dağılımı.	39
Şekil 4.10: Astım şikayeti ile hastane müracaatlarının yaş gruplarına göre dağılımı.	40
Şekil 4.11: Astım şikayeti ile hastane müracaatlarının yıllara göre dağılımı.	40
Şekil 4.12: Bronşit şikayeti ile hastane müracaatlarının cinsiyete göre dağılımı.	46
Şekil 4.13: Bronşit şikayeti ile hastane müracaatlarının yaş gruplarına göre dağılımı.	47
Şekil 4.14: Bronşit şikayeti ile hastane müracaatlarının yıllara göre dağılımı.	47
Şekil 4.15: Sinüzit şikayeti ile hastane müracaatlarının cinsiyete göre dağılımı.	53
Şekil 4.16: Sinüzit şikayeti ile hastane müracaatlarının yaş gruplarına göre dağılımı.	53
Şekil 4.17: Sinüzit şikayeti ile hastane müracaatlarının yıllara göre dağılımı.	54
Şekil 4.18: Üst solunum yolu şikayeti ile hastane müracaatlarının cinsiyete göre dağılımı.	58
Şekil 4.19: Üst solunum yolu şikayeti ile hastane müracaatlarının yaş gruplarına göre dağılımı.	59
Şekil 4.20: Üst solunum yolu şikayeti ile hastane müracaatlarının yıllara göre dağılımı.	59

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: Ulusal hava kalitesi indeksi.....	18
Tablo 3.1: KMO ölçütü.....	22
Tablo 4.1: Hava kirletici verilerinin ve meteorolojik verilerin genel istatistikleri.....	23
Tablo 4.2: Çalışma periyoduna ait PM ₁₀ ve SO ₂ istatistikleri.....	26
Tablo 4.3: Yıllara ait PM ₁₀ ve SO ₂ kirleticilerinin çoklu karşılaştırma sonuçları.....	27
Tablo 4.4: Çoklu korelasyon sonuçları.....	31
Tablo 4.5: Çoklu korelasyon sonuçları.....	32
Tablo 4.6: PM ₁₀ için regresyon modeli adımları.....	34
Tablo 4.7: SO ₂ için regresyon modeli adımları.....	35
Tablo 4.8: Astım şikayeti ile hastane verilerinin müracaat dağılım oranları.....	39
Tablo 4.9: Yıllık PM ₁₀ seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.....	41
Tablo 4.10: Yıllık SO ₂ seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.....	41
Tablo 4.11: Meteorolojik parametrelerin istatistikleri.....	42
Tablo 4.12: Çalışma periyoduna ait mevsimsel astım müracaat istatistikleri.....	43
Tablo 4.13: Çoklu korelasyon matrisi.....	43
Tablo 4.14: Öz değer tablosu.....	44
Tablo 4.15: PCA tablosu.....	45
Tablo 4.16: Bronşit şikayeti ile hastane verilerinin müracaat dağılım oranları.....	45
Tablo 4.17: Yıllık PM ₁₀ seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.....	48
Tablo 4.18: Yıllık SO ₂ seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.....	48
Tablo 4.19: Meteorolojik parametrelerin istatistikleri.....	49
Tablo 4.20: Çalışma periyoduna ait bronşit müracaat istatistikleri.....	50
Tablo 4.21: Çoklu korelasyon matrisi.....	50
Tablo 4.22: Öz değer tablosu.....	51
Tablo 4.23: PCA tablosu.....	52
Tablo 4.24: Sinüzit şikayeti ile hastane verilerinin müracaat dağılım oranları.....	52
Tablo 4.25: Çalışma yıllarına ait hava kirleticilerinin ve meteorolojik kategorilerin ortalaması.....	54
Tablo 4.26: Çalışma periyoduna ait sinüzit müracaat istatistikleri.....	55
Tablo 4.27: Çoklu korelasyon matrisi.....	56
Tablo 4.28: Öz değer tablosu.....	57
Tablo 4.29: PCA tablosu.....	57
Tablo 4.30: Üst solunum yolu enfeksiyonu şikayeti ile hastane verilerinin müracaat dağılım oranları.....	58
Tablo 4.31: Yıllık PM ₁₀ seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.....	60
Tablo 4.32: Yıllık SO ₂ seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.....	60
Tablo 4.33: Meteorolojik parametrelerin istatistikleri.....	61
Tablo 4.34: Çalışma periyoduna ait üst solunum yolu enfeksiyonu müracaat istatistikleri.....	62
Tablo 4.35: Çoklu korelasyon matrisi.....	63
Tablo 4.36: Öz değer tablosu.....	63
Tablo 4.37: PCA tablosu.....	64

SEMBOL LİSTESİ

PM	: Partikül Madde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
SO_x	: Kükürt Oksitler ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
SO₂	: Kükürt Dioksit ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
μg	: Mikrogram
m³	: Metreküp
m	: Metre
O₃	: Ozon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
NO₂	: Azot Dioksit ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
r_{min}	: Minimum Korelasyon
r_{mak}	: Maksimum Korelasyon
R²	: Belirtme Katsayısı
CO	: Karbon Monoksit ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
NO_x	: Azot Oksitler ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
HC	: Hidrokarbonlar ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PM_x	: Partikül Maddeler ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
H₂S	: Hidrojen Sülfür ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
mg	: Mikrogram
L	: Litre
T	: Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
ws	: Rüzgar Hızı (m/sn)
rh	: Nispi Nem
p	: Basınç (mbar)

KISALTMALAR LİSTESİ

WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
KOAH	: Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı
GLM	: Genelleştirilmiş Lineer Model
GAM	: Genelleştirilmiş Toplam Model
HKİİ	: Hava Kalitesi İzleme İstasyonu
PCA	: Temel Bileşen Analizi (Principal component analysis)



ÖNSÖZ

Bu çalışma kapsamında Balıkesir Şehir merkezindeki Hava kirliliğine yol açan SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonlarının meteorolojik parametreler etkisi altında oluşumları sonucu, akut üst solunum yolu enfeksiyonu, akut sinüzit, astım ve akut bronşit hastalıkları şikayeti ile, şehir merkezinde bulunan sağlık kuruluşlarına (hastane) yapılan müracaat sayıları arasındaki muhtemel ilişkinin incelenmesi hedeflenmiş olup belirlenen araştırma soruları kapsamında çalışma gerçekleştirilmiştir.

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilen tez çalışmamın süresi boyunca konu seçimi ve içeriğin belirlenmesinde, bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım, yol gösterici yönlendirmeleri sayesinde tamamladığım bu tez çalışmasında beni yalnız bırakmayan sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Atilla MUTLU'ya sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmamı tamamlayabilmem adına şuan çalışmakta olduğum Edremit Devlet Hastanesi İdari ve Mali İşler Müdürü İrfan ÇALIM'a ve diğer yöneticilere bana gösterdikleri desteklerden dolayı teşekkür ediyorum.

Hayatımın her anında ve bu tez çalışmamda da beni destekleyen annem Feryal ÇILDIR ve babam Nizar ÇILDIR'a çok teşekkür ediyorum.

Balıkesir, 2021

İhsan ÇILDIR

1. GİRİŞ

Hava kirliliği, canlılara ve yapılara zarar veren, atmosferin genel bileşiminde olan ve olmayan maddelerin, normalin üzerinde konsantrasyonda ve sürede atmosferde bulunmasıdır. Hava kirliliğine neden olan kirleticiler kaynak bakımından ikiye ayrılır. Doğal kaynaklı kirleticiler, insan kaynaklı (antropojenik) kirleticilere oranla daha yüksek konsantrasyonlarda havaya karışırken atmosferde kalma süreleri bakımından sürekli değildirler. İnsan kaynaklı kirleticiler, doğal kaynaklı kirleticilere göre düşük veya büyük konsantrasyonlarda olmakla birlikte etki bakımından süreklidirler. Doğal kaynaklı kirleticiler zaman içerisinde atmosfer tarafından kontrol edilebilir fakat insan kaynaklı kirleticiler sürekli olduklarından zaman zaman kontrol dışına çıktıkları görülmektedir [1]. Çeşitli üretim ve tüketim faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan kirleticiler, atmosferdeki hava ile karışarak havanın kirlenmesine yol açtığı bilinmekle birlikte daha sonrasında yeryüzündeki canlılar ve yapılar ile temas eden kirli hava olumsuz yönde etkiler meydana getirmektedir [2].

Hava kirliliği günümüzde, toplum sağlığını tehdit eden çevresel faktörlerin en başında yer almaktadır [3]. Meteoroloji, topoğrafik özellikler ve kentleşme hava kirleticilerinin atmosferdeki dağılımına, depolanmasına ve kimyasal yönden dönüşüm gidişatına etki eden önemli faktörlerdir. Her bir hava kirleticinin etki süresi, konsantrasyonu ve diğer karakteristiklerine bağlı olarak insan sağlığı üzerinde etkileri olmaktadır.

Dünya üzerinde hava kirliliği ile ilgili ilk tespitler 1200'lü yıllara dayanmakta ve endüstri devrimi ile birlikte en önemli sağlık sorunlarından biri olmaya başlamıştır. (1948-1952) yılları arasında Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan Pensilvanya eyaletinde ve İngiltere'nin başkenti Londra'da görülen akut hava kirliliği pek çok kişinin hastalanmasına neden olurken binlerce hastanın da ölümüne neden olduğu bilinmektedir [4].

Ülkemizde hava kirliliği ile ilgili çalışmalar, başkent Ankara'da 1960'lı yıllarda başlamıştır. Ülkemiz genelinde diğer bölgelerde de yaşanan hava kirliliği sıkıntıları nedeniyle çalışmalar gelişmiştir [5]. Hızlı nüfus artışına bağlı olarak, giderek büyüyen ve bilinçsiz kentleşme süreçleri sonucunda, özellikle kış aylarında insanların ısınma amaçlı fosil yakıtları kullanmasının bir sonucu olarak karşımıza hava kirliliği çıkmaktadır. Başta bu yakıtların kullanım miktarı olmak üzere yakıtın kalitesiyle de ilişkilidir [6].

Hava kirliliği ve bu kirliliğe sebep olan kaynakların belirlenmesi, hava kalitesi çalışmalarında önemli bir yere sahiptir. Hava kalitesinin önemli olduğu yerlerde kirlilik seviyelerinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Meteorolojik olaylara bağlı olarak hava kirlilik seviyelerinin erken tahminin, erken önlem alınması ve kirleticilere maruz kalma oranlarının en düşük seviyeye indirilmesi açısından önem arz etmektedir [7]. İnsanların soluduğu havanın kalitesi, insan sağlığını doğrudan etkilemekte ve bu süreç bir bebeğin anne karnındaki yaşamından itibaren başlayarak zamanla bir tehdit haline gelmektedir [8].

Günümüzde kömürün ısınma amaçlı kullanımı azalsa da enerji üretiminde (termik santraller) halen kömür kullanılmakta ve şehir içi ulaşım faaliyetlerinin de artması sonucu kentlerde ve yoğun yerleşim yerlerinde yaşayan insanların hava kirliliğine olan maruz kalma süresi ve konsantrasyonu giderek artmaktadır [9]. Otomotiv sektörünün son yıllardaki gelişimleri sonucunda ve ülkemizde giderek artan yaşam kalitesinin bir sonucu olan motorlu taşıt sayılarının artması görülmektedir. Motorlu taşıt sayılarının artması ile atmosfere atılan kirletici konsantrasyonlarının yükselmesi ve bu yükselmeye bağlı olarak hava kirliliği sorununun oluşabileceği ve dolayısıyla insan sağlığı açısından da ciddi bir tehdit haline gelebileceği bilinmektedir. Ulaşım kaynaklı hava kirliliğinin en temel bileşenleri, azot oksit bileşikleri (NO_x), karbon monoksit bileşikleri (CO), partikül madde (PM_{10}) ve kükürt dioksit (SO_2) olarak bilinmektedir [10].

Kükürt dioksit (SO_2), Fuel-oil ve kömürün bileşiminde bulunan kükürtlü bileşiklerin yanması ile ortaya çıkar, renksiz ve solunduğunda boğucu his veren bir gazdır. Endüstriyel faaliyetler ve ısınma amaçlı kömür kullanımından kaynaklanır [11]. Ortalama 10 dakikalık süre boyunca $500 \mu g/m^3$ konsantrasyonunu aşmamalıdır. Yapılan çalışmalarda, astım hastalarının bir kısmının, 10 dakikalık kısa bir sürede bile SO_2 'ye maruz kalmada solunum fonksiyonlarında değişiklik ve solunum semptomlarında artış yaşandığı belirtilmektedir. SO_2 'ye düşük seviyelerde maruz kalmak bile sağlık üzerinde etkiler yarattığı ayrıca belirtilmektedir. SO_2 'nin konsantrasyonlarında azalma sağlandığında diğer SO_x bileşenlere maruz kalma oranının da azaltıldığı bilinmektedir [12].

Partikül Madde (PM_{10}), doğal nedenlerle (örneğin volkanik patlamalar, orman yangınları) veya insan faaliyetleri sonucunda oluşan, motorlu taşıtlarda ve endüstriyel faaliyetlerde kullanılan yakıtların, inşaat alanlarından ve çeşitli sanayi sektörlerinin bir ürünü olarak karışımıza çıkmaktadır. Şehirsel hava kirliliğinin önemli bir bölümünü havada asılı duran

partiküller oluşturur [13]. Bu parçacıklar boyut olarak çok küçük olduğundan havada asılı halde kalabilmektedirler. 2,5 µm'den küçük olanlara ince partiküller, 2,5 µm - 10 µm arasında olanlara ise kaba partiküller (PM₁₀) adı verilmektedir. Partikül boyutu sağlık açısından iki yönden önemlidir. İlk olarak, ince partiküller organik madde ve ağır metalleri içeren toksik tanecikleri üzerinde bulundurabilir. İkinci olarak ise yine ince partiküller akciğerlere kadar nüfuz edebilirler. Sağlık açısından partikül boyutu küçüldükçe, insan ve canlı sağlığının tehdidi arttırmaktadır. Düşük konsantrasyonlara maruz kalmak bile akut ve kısa süreli etkiler yaratabilir. Bunlar; çocuklarda aşağı solunum sistemleri hastalıklarının %7-10'unu izah etmektedir ve bu oran kirli şehirlerde %20'ye kadar ulaşabilmektedir. Bir diğeri, astım hastalarının semptomlarının şiddetlendirmesi ve kullanılan ilacın %70'e kadar çoğaltılmasına neden olmasıdır. Solunum sistemi şikâyetleri açısından hastane müracaatlarının %20 artması ve kirlilik dönemlerinde mortalitede %10'luk artış olduğu gözlemlenmektedir [14].

1.1 Çalışma Amacı ve Araştırma Soruları

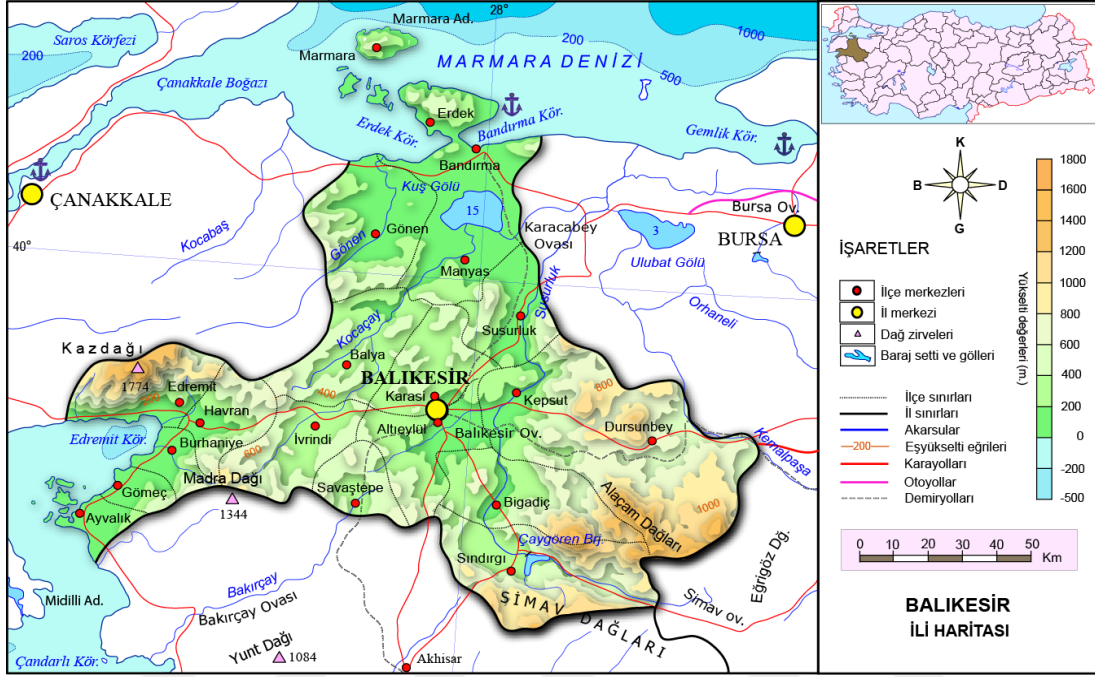
Bu çalışma, Balıkesir il merkezinde yapılmıştır. Çalışmanın amacı, lokal meteorolojik veriler eşliğinde Balıkesir il merkezine ait hava kirleticileri (SO₂ ve PM₁₀) değişimlerinin belirli bir zaman dilimi içerisinde insan sağlığına olan etkilerini ortaya koymaktır. Ayrıca Balıkesir şehir merkezinde 2017-2019 yılları arasındaki süreçte hava kirliliğinin, meteorolojik parametreler etkisi altında nasıl değiştiğini ve bu süreç içerisinde üst solunum yolu hastalık şikâyetleri ile yapılan hastane müracaat verilerinin incelenmesi ve hava kirliliği ile arasındaki ilişkilerin incelenmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda üzerinde durulan çalışma sorular:

1. SO₂ ve PM₁₀ kirlilik seviyelerinin değişimleri ile meteorolojik parametreler (sıcaklık, rüzgâr hızı ve yönü, nem, basınç ve karışım yüksekliği (sabah-akşam)) arasında muhtemel etkileşimlerin var olup olmadığı?
2. Etkileşim var ise, bu etkileşim seviyeleri nedir ve nasıl açıklanabilir?
3. Çalışmanın yapıldığı 2017-2019 yılları arasında, üst solunum yolu hastalıkları şikâyetlerinden başvuran hastalara ait veriler ile SO₂ ve PM₁₀ kirlilik seviyeleri arasında bir etkileşim var mıdır?
4. Hava kirleticilerinin hastane kabul verileri arasında bir etkileşim var ise; etkileşim seviyeleri nedir ve nasıl analiz edilebilir?

Yapılan çalışma bu soruların çerçevesinde yapılmıştır.

1.2 Çalışma Alanı ve Çevre Özellikleri

Balıkesir şehir merkezi, güney Marmara Bölümü'nde yaklaşık olarak, 27°50'– 27°57' D boylamları ve 39°37'–39°42' K enlemleri arasında yer almaktadır, Balıkesir nüfusu yaklaşık 1.240 milyon olarak belirtilmektedir [15], (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Balıkesir ilinin lokasyon haritası.

Şehir merkezi, Balıkesir Ovasının batısında yer almakta ve çanak şeklindeki ovanın tabanına doğru ilerlemektedir. Balıkesir Ovası, bir çanak şeklindedir. Susurluk Nehri ve kollarının faaliyetleri sonucu ortaya çıkmıştır. Ovanın etrafı 500 m'yi aşan dağlar ve tepelerle çevrelenmektedir. Kentin sınırları içerisinde yükselti farkı 195 m olarak bilinmektedir (Gümüşçeşme-105 m, 2. Sakarya-300 m) [16].

Balıkesir şehrinin Marmara ve Ege Denizlerinde kıyıları mevcuttur. Şehrin karakteristik iklim özellikleri, iç kesimlerde Kara iklim özellikleri görülmeyle birlikte, kıyı bölgelerinde Akdeniz iklimi hüküm sürmektedir. Balıkesir şehrinde karakteristik olarak 4 mevsim mevcuttur. Şehir merkezinin de yer aldığı iç bölgelerde kışları yağışlı ve daha soğuk olmakla birlikte kıyı kesimlerde yağışlı fakat daha ılık geçmektedir [16,17].



Şekil 1.2: Balıkesir kent merkezinden bir görüntü.

Şehir kuzey-batı ve güney-batı kısımlarında dağlık yükseltilerin eteklerinde konumlandığı için çanak şeklindedir. Kendine has topoğrafik şekle sahip olmakla birlikte kuzeyli yönlerde oluşan koridorlar hakim rüzgar yönlerini oluşturmaktadır. Kış aylarındaki sıcaklık ve basınç farklılıkları nedeniyle yoğun sis ve atmosferik inversiyon sonucu şehir merkezinde hava kirliliği epizotları göze çarpmaktadır [18,19,20].

1.3 Literatür Taraması

Çolak (1998) çalışmasında, beş istasyondan toplanan kükürt dioksit (SO_2) ve duman değerleri ile meteorolojik faktörler kullanılarak hava kirliliği (SO_2 ve duman) verileri ile meteoroloji değerleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Sonuç olarak hava kirliliği (SO_2 ve duman) verileri ile sıcaklık ve rüzgâr hızı arasında negatif yönde, basınç arasında ise pozitif yönde bir ilişki olduğu saptanmıştır [21].

Ünsal ve ark. (1999) yapmış oldukları çalışmada, Eskişehir Devlet Hastanesindeki Acil Servise, solunum sistemi ve kardiyovasküler şikayetlerinden dolayı yapılan müracaat sayıları ile il merkezindeki günlük ortalama duman ve kükürt dioksit (SO_2) konsantrasyonları arasındaki muhtemel bağlantı incelenmektedir. İki yıllık verilere dayalı çalışmada, 01.01.1996 ve 31.12.1997 tarihleri arasındaki süre zarfında solunum sistemi ve kardiyovasküler şikâyetinden hastanenin acil servisine yapılan müracaat sayısının 28187

olduğu ve il merkezindeki günlük (SO_2) konsantrasyonu arttıka üst solunum yolu enfeksiyonları, alt sonum yolu enfeksiyonları ve akciğer (KOA) hastalıkları Őikyetleri ile hastanenin acil servisine yapılan müracaatların arttığı tespit edilmiştir. Yine duman konsantrasyonları ile üst solunum yolu enfeksiyonları arasında yapılan araŐtırmada da benzer bir yaklaŐım ortaya konulmuştur [22].

BaŐar ve ark. (2005) Aydın ilinde 1997-2003 yılları arasında ilde llen hava kirliliği (SO_2 ve PM_{10}) verileri ve meteoroloji verileri analizlere dahil edilerek elde edilen sonuçlar, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği değerleri ile karŐılaŐtırılmıŐ olup, uzun-kısa vadeli sınır değerlerde aŐılma olmadığı tespit edilmiş olup kükürt dioksit ve partikül madde konsantrasyonu açısından yıllara göre farklılık tespit edilmemiştir. Kış aylarına bağlı olarak meteorolojik Őartlardan kaynaklanan hava kirliliği verilerinde artıŐlar saptanmıştır [23].

Bayram ve ark. (2006) yapmış oldukları çalışmalarında atmosferdeki aerosol halindeki PM bileŐimlerinin yanma ürünleri (is, duman, toz), deniz tuzu ve polen gibi birkaç kirleticiden ibaret olduğu ve bu aerosollerin en yaygın halinin sülfürik olduğu vurgulanmıŐ olup PM'lerin 10 mikrometreden büyük olan kısımlar burun ve nazofarenkste tutulduğu, 10 mikrometreden kkkleri ise bronŐlarda birikme yaptđı ve 1-2 mikrometre byklgndekiler alveollerde toplandığı açıklanmıŐ olup, SO_2 'nin burunda tutulduğu ancak O_3 ve NO_2 solunum sistemini serinliklerine kadar indiği belirtilmektedir [24].

Aydın (2006), 1998-2002 periyodu içerisinde dört kış dönemi incelenmiştir. Hava kirliliği verileri (SO_2 ve PM) konsantrasyon seviyeleri arasında büyük farklar bulunmakla birlikte PM konsantrasyonları SO_2 konsantrasyonundan sürekli daha fazla olduğu belirtilmektedir. Farklar sırasıyla Şöyledir, 1998-1999 kış sezonu için %51, 1999-2000 kış sezonu için %67, 2000-2001 kış sezonu için %36 ve 2001-2002 kış sezonu için ise %30 olarak belirtilmektedir. Gözlenen bu farklılıklar ölüm istasyonları civarındaki meteorolojik Őartların eşit olmaması sonucu gerçekleşmiştir. Modelleme sonuçlarına göre sıcaklık ve toplam yağış seviyeleri ile hava kirleticileri (SO_2 ve PM) arasında negatif yönde bir ilişki olduğu ve kirleticiler ısınma kaynaklı olup mevsimsel olarak havadaki konsantrasyonlarının deđiŐtiđi saptanmıştır. Kullanılan modellerin performansı R^2 değerleri kullanılarak belirlenmiş ve istatistik sonuçlarına göre, SO_2 ve PM model değerlerinin 2000-

2002 kış dönemi için düşük performans (R^2 : 0,43) ve en yüksek performans ise 2001-2002 kış döneminde elde edilmiş (R^2 : 0,65) olduğu gözlenmiştir [25].

Menteşe (2011), 2006 ile 2009 yılları arasında Zonguldak Atatürk Devlet Hastanesi, Zonguldak Uzun Mehmet Göğüs ve Meslek Hastalıkları Hastanesi ve Zonguldak Kadın Doğum ve Çocuk Hastalıkları Hastanesi'ne, solunum yolu hastalıkları şikayetlerinden dolayı yapılan müracaat sayıları ile yine bu dönemler arasında ilin hava kirliliği (SO_2 ve PM_{10}) konsantrasyon verileri arasındaki ilişki incelenmesi sonucunda astım, bronşit ve üst solunum yolu hastalıkları ile hava kirliliği (SO_2 ve PM_{10}) konsantrasyonlarının aylık değişimleri arasında pozitif yönde bir etkileşimin olduğu ve mekânsal oto-korelasyon yöntemi kullanılarak, topoğrafik farklılığa bağlı olarak solunum yolu hastalıkları şikayetinden, hastane başvurularının ve yatışların mekanda homojen dağılmadığı tespit edilmiştir [26].

İbrahimova (2013) Bakü şehir merkezinden, Temmuz 2012 ile Mart 2013 yılları arasında ölçülen hava kirliliği (SO_2) verileri toplanarak bu veriler ile aynı tarihler arasında toplanan meteoroloji verileri arasında istatistik yöntemler ile inceleme sonucu ilişkiler bulunmaya çalışılmıştır. Sonuç olarak, kullanılan SO_2 kirletici konsantrasyonu ile sıcaklık, nem, basınç, yağış ve rüzgar arasında bir ilişki var olduğu anlaşılmıştır. Yapılan korelasyon analizleri ile belirlenen korelasyon katsayılarının minimum ve maksimum değerleri sırasıyla, $r_{min}=0,00074$ - $r_{mak}=0,60512$ olarak bulunmuştur [7].

Ağaç (2015) İstanbul Kağıthane Bölgesindeki hava kirliliğinin (PM_{10}), meteorolojik parametrelerin incelenmesi, Weather Reserach and Forcasting (WRF) ve hybrid single-particle lagrangian integrated trajectory (HYSPLIT) modelleri kullanılarak bölgedeki hava kirliliği (PM_{10}) incelenmiştir. Çalışma kapsamında 2012-2014 yılları arasında hava kirliliği (PM_{10}) seviyeleri ölçülmüş ve günlük, aylık ve mevsim bazında incelenerek en yüksek konsantrasyona sahip episod günü tespit edilmiştir. Meteorolojik veriler incelenmesiyle episod gününde bölgede yüksek basınç, rüzgârı hızının sakin olması ve enverziyonun da görülmesiyle birlikte hava kirliliğinin (PM_{10}) bölgenin üzerine çöktüğü saptanmıştır. HYSPLIT modeli kullanılarak kıtasal taşınım incelenmiş ve sonuç olarak kısa dönem içerisinde Doğu Avrupa üzerinden, uzun dönem içerisinde ise Sahra çölü üzerinden PM_{10} taşınım olayının gerçekleştiği ortaya konulmuştur. Sound Detection and Ranging

(SODAR) cihazı kullanılarak episod gününde ölçülen yatay ve düşey rüzgâr bileşenleri incelenerek düşey rüzgârlarda taşınım aşağı yönde olduğu belirlenmiştir [27].

Saygın (2019), 2012-2018 yılları arasında 8 yıllık veri seti kullanılarak toplam 632.223 kişi araştırmaya dahil edilmiş olup partikül madde (PM₁₀) ve kükürt dioksit (SO₂) verileri arasındaki ilişkinin incelenmesinde, Genelleştirilmiş Lineer Model (GLM) ve Genelleştirilmiş Toplam Model (GAM) kullanılmıştır. GLM modele göre, PM₁₀ konsantrasyonundaki her 1 µg/m³ artış, toplam hastane yatış riskini %0,1 kat ve kardiyovasküler şikâyetinden hastane yatış riskini %0,1 kat arttırdığı saptanmıştır. SO₂ konsantrasyonundaki her 1 µg/m³ artış kardiyovasküler ve solunum yolu hastalıkları şikâyetinden toplam acil servis başvuru riskini %0,2-%0,3 kat, solunum sistemi hastalıkları şikâyetinden hastane yatış riskini %0,1 kat, kardiyovasküler ve solunum yolu hastalıkları şikâyetinden başvuru ve yatış riskinin ise her biri için %0,2 kat arttığı vurgulanmıştır [28].

Tağıl (2007) solunum yolu hastalıkları şikâyetinden hastaneye yatan hastalar ile hava kirliliği (SO₂ ve PM₁₀) konsantrasyonları arasındaki ilişkilerin incelenmesi hedeflenmiş olup çalışma sonucunda, solunum yolu hastalıklarından hastane yatışları ile hava kirliliği verileri arasında anlamlı bir ilişki olduğu ve kentin topoğrafik farklılığa bağlı olarak solunum yolu hastalıkları şikâyetinden hastane yatışlarının mekânda homojen dağılmadığı tespit edilmiştir [16].

Tecer (2009) Balıkesir şehir merkezinde Temmuz 2005 ve Temmuz 2007 dönemlerini kapsayan 3 yıllık hastane verileri, meteoroloji verileri ve hava kalitesi verileri kullanılarak solunum yolu hastalıkları şikâyetinden hastanelere yatış etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak, toplam 280426 başvuru değerlendirilerek çocuklarda %9'u astım, %17'si akut bronşit ve %20'si de diğer solunum yolu şikâyetinden hastaneye kabul edildiği tespit edilmiştir. Hava kalitesi ve meteoroloji verileri ile hastane başvuruları incelendiğinde ise şehirde yaşayan çocukların solunum yolu hastalıklarından etkilendiği tespit edilmiştir [18].

Bayraktar (2010) Haziran 2007 ile Mart 2010 tarihleri arasında Balıkesir Devlet Hastanesinden alınan mortalite vaka sayıları ile aynı tarihlere ait bölgenin hava kirliliği (SO₂ ve PM₁₀) ve meteoroloji verileri alınarak hava kirliliği ve meteoroloji verileri, kirliliğe maruz kalma hesaplarında kullanılması ve yapılan bu çalışma sonucunda, çalışma periyodu

süresince PM₁₀ konsantrasyonu 84 µg/m³ olduğu ve her 10 µg/m³ artışa karşın alt solunum yolu hastalıkların şikâyetinden can kayıpları %17 oranında arttığı saptanmıştır [29].

Tecer (2013) Balıkesir şehir merkezinde 2008 ve 2009 yılları arasında 29 konutta ölçülen iç ortam hava kirleticileri (PM₁₀) ile dış ortamda ölçülen hava kirleticileri (PM₁₀) ve mevsimsel değişiklikler de göz önünde bulundurularak iç/dış ortam hava kirleticileri (PM₁₀) oranları tespit edilmiş olup sonuç olarak günlük PM₁₀ konsantrasyonlarının ortalaması yazın ve kışın sırasıyla 23,59 µg/m³ ve 202,44 µg/m³ ölçüldüğü belirtilmiştir. Özellikle kış döneminde iç/dış ortam oranlarının 1'e yakın olduğu tespit edilmiştir [30].

Tecer (2013) Balıkesir şehir merkezinde Haziran 2007 ve Mayıs 2008 dönemlerini kapsayan hastane verileri ile meteoroloji ve hava kalitesi verileri kullanılarak solunum yolu hastalıkları şikâyetinden hastanelere başvurularındaki değişimler incelenmiştir. Yapılan analizlerin sonucunda çalışma boyunca PM₁₀ konsantrasyonunun ortalaması 93,77 µg/m³ olduğu belirtilmiştir. İncelenen hastane başvurularında tüm yaş gruplarının PM₁₀ konsantrasyonları ile yüksek seviyede bir ilişkili olduğu belirtilmiştir. PM₁₀ için her 10 µg/m³ artış solunum yolu hastalıkları şikâyetinden hastane başvurularında %0,9 civarında bir artış meydana getirdiği belirtilmiştir [31].

Mutlu (2018) Balıkesir il merkezinde bulunan bir sanayi işletmesinin atmosfere saldığı karbonmonoksitin (CO) mevcut meteorolojik şartlar ve ilin topoğrafik özelliklerine göre nasıl bir etki oluşturduğu incelenmiştir. Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre, Balıkesir ili için beş yıla (2012-2016) ait rüzgar verisi incelenerek hakim rüzgar yönünün Kuzey (N) ve Kuzey-Doğu (NE) yönlü olduğu belirtilmiştir. Dağılım modeli sonuçlarına göre CO konsantrasyonlarında yasal sınırların aşılmadığı belirtilmiş olup maksimum günlük 8 saatlik ortalama CO konsantrasyonu modelleme sonucuna göre 34,01 µg/m³ olduğu belirtilmiştir. İnceleme bölgesine yakın hastanenin olduğu belirtilmiş ve bu hastaneye çevresine düşen maksimum günlük 8 saatlik ortalama CO konsantrasyonu 10,03 µg/m³ olarak belirlenmiş olup yasal sınırların altında olduğu belirtilmiştir [19].

Mutlu (2019) son beş yıllık (2014-2018) hava kalitesi (PM₁₀ ve SO₂) verileri ve meteoroloji (sıcaklık (t), rüzgâr hızı (ws), nem (rh) ve basınç (p)) veriler incelenerek Balıkesir ili için hava kirleticilerinin meteorolojik şartlar etkisi altında değişimleri, trendleri ve epizotları incelenmiştir. İnceleme sonucu olarak, il merkezindeki PM₁₀

konsantrasyonunun $47,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve SO_2 konsantrasyonunun $7,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu belirtilmiştir. Yapılan korelasyon analizi sonucuna göre PM_{10} seviyelerindeki değişim rüzgar hızı (ws) ve sıcaklık (t) parametrelerinin ters yönlü etkisine bağlı olduğu ve SO_2 seviyelerindeki değişim sıcaklık (t) parametresinin ters yönlü etkisine bağlı olduğu belirtilmiştir. Hava kirleticilerinin tahminin açısından oluşturulan modelde tüm meteorolojik parametrelerin modele dâhil edilmesi durumunda PM_{10} seviyelerindeki değişim %16 ve SO_2 seviyelerindeki değişim %24 oranında açıklanabildiğini belirtilmiştir. Şehir merkezinde ölçülen ve en yüksek epizot günleri belirtilmiş olup yapılan araştırmalar sonucu PM_{10} için şehir merkezindeki en yüksek epizot gününde Kuzey Afrika'dan kıtasal toz taşınım olaylarından meydana gelen çöl tozlarının etkili olduğu belirtilmiştir. SO_2 için şehir merkezindeki en yüksek epizot gününde Bulgaristan'ın güney-doğu bölgesinde bulunan ve özellikle ülkemize yakın olan termik santrallerden yapılan salınımların bölgesel kirletici taşınım olaylarının etkili olduğu düşünülmektedir [1].

Mutlu (2019) Balıkesir şehir merkezinde bulunan 24 kavşak incelemeye dâhil edilerek bu kavşaklardaki motorlu taşıtların sayımı gerçekleştirilmiş. Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport (COPERT) programı kullanılarak atmosfere salınan ulaşım kaynaklı karbonmonoksitin (CO) konsantrasyonları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Balıkesir konumu bakımından İzmir, Bursa ve İstanbul arasında yer aldığından ulaşım bakımından çok yoğun bir ulaşım noktası olduğu bilinmektedir. Yapılan bu çalışma sonucunda yıllık ortalama 682 ton karbonmonoksitin (CO) ve 133 ton azot oksit bileşikleri (NO_x) ulaşım faaliyetleri sonucunda atmosfere salındığı tespit edilmiş olup Balıkesir şehir merkezinden geçen İzmir, Bursa ve İstanbul ulaşım hattından bulunan kavşaklardaki ulaşım yoğunluğunun diğer kavşaklara oranla daha fazla olduğu ve sonuç olarak karbonmonoksitin (CO), azot oksit bileşikleri (NO_x) ve yakıt tüketimlerinin de bu kavşaklarda daha fazla olduğu vurgulanmıştır [20].

2. GENEL BİLGİLER

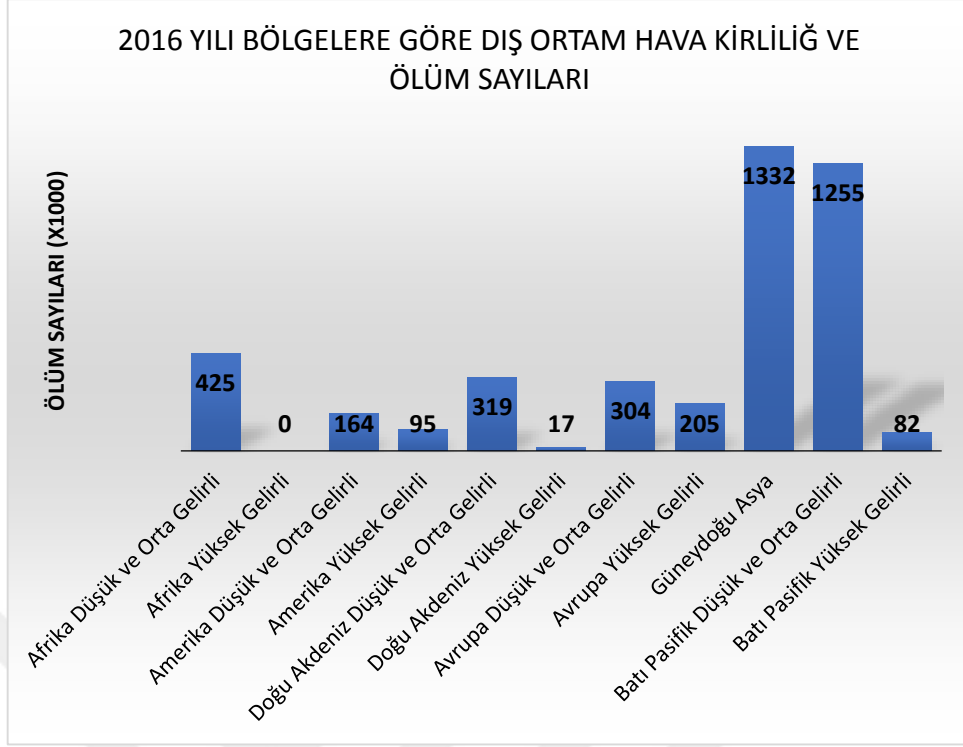
2.1 Hava Kirliliği

Hava kirliliğine yol açan başlıca kirleticiler, karbonmonoksit (CO), nitrojen dioksit (NO₂), ozon (O₃), kurşun (Pb), kükürt dioksit (SO₂) ve partikül maddelerdir (PM). Partikül maddeler kendi içerisinde ikiye ayrılmaktadır. 10 µm'den daha küçük boyuta sahip olan partikül maddeler (PM₁₀) ve aerodinamik çapı 2,5 µm'den az olan (PM_{2.5}) partikül maddeler olarak bilinmektedir [32]. Belirli bir noktadan atmosfere salınan kirleticiler, o bölgedeki kuvvetli rüzgârlar vasıtasıyla ortamdan dağılırken, sakin rüzgârlı zamanlarda, kirleticilerin salındıkları ortamda birikmesiyle birlikte sağlık açısından da sıkıntılara yol açtığı belirtilmiştir [31]. Kirletici maddeler atmosferde katı, sıvı ve gaz halinde bulunabilirler. Kirleticileri özelliklerine göre sınıflandırmak mümkündür. Atmosferde bulunma şekline bağlı olarak partikül veya gaz halindeki kirleticiler olarak ikiye ayrılmaktadırlar: Gaz hali dışındaki kirleticiler atmosferde aerosol şeklinde bulunup bir kısmı misti, sis ve duman olarak adlandırılır. Atmosfere atılan kirleticiler, atıldıkları formda ise bunlara birincil kirleticiler adı verilirken, atıldıkları formda atmosferdeki bir veya birden fazla türle reaksiyona girerek, bu reaksiyonların ürünü olarak atmosferde kalanlara ise ikincil kirleticiler denilmektedir. Örneğin hidrojen sülfür (H₂S) ve kükürt dioksit (SO₂) birincil kirletici olurken, sülfat (SO₄) ve sülfid (SO₃) ikincil kirletici olarak önümüze çıkmaktadır [33]. Başta kuraklık olmak üzere, iklimsel faktörlere ve topoğrafik faktörlere bağlı olarak hava kirliliği seviyelerinin etkilendiği bilinmektedir [34].

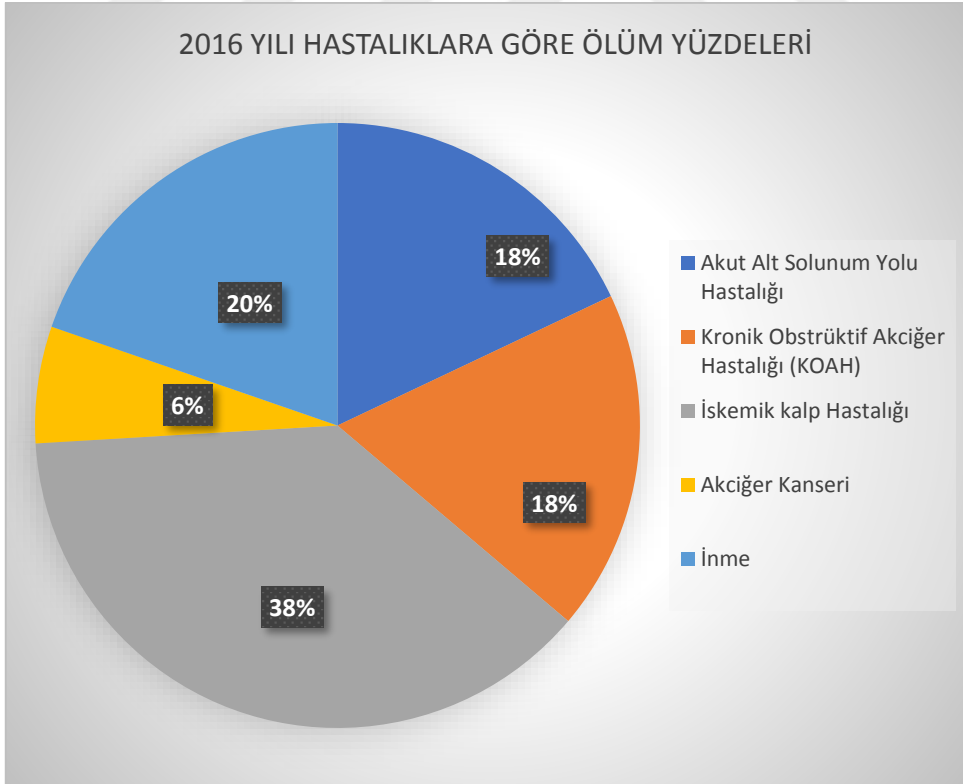
Başlıca hava kirleticileri;

- Kükürt Oksitler (SO_x)
- Azot Oksitler (NO_x)
- Karbonmonoksit (CO)
- Partikül Maddeler (PM_x)
- Kloroflorokarbonlar ve Radyoaktif Maddeler

WHO verilerine göre 2016 yılında dünyada yaklaşık 4,2 milyon ölüm dış ortam hava kirliliğine bağlı olduğu belirtilmektedir. Ayrıca bu ölümlerin yaklaşık olarak %91'ini oluşturan düşük ve sınırlı gelire sahip ülkelerin (Güney Doğu Asya ve Batı Pasifik bölgeleri) her birinde yaklaşık olarak 1,3 milyon ölümün ana sebebi dış ortam hava kirliliği olduğu belirtilmektedir [35].



Şekil 2.1: 2016 yılı bölgelere göre dış ortam hava kirliliği ve ölüm sayıları [35].



Şekil 2.2: 2016 yılı hastalıklara göre ölüm yüzdeleri [35].

2.2 Hava Kirliliği Kaynakları

Hava kirliliği, kaynağına göre ikiye ayrılır:

- Doğal olaylar sonucu oluşan kirlilik; çöl tozları, orman yangınları, volkanlar ve benzeri doğal olaylar sonucu oluşan hava kirliliğidir.
- İnsan faaliyetleri sonucu oluşan (antropojenik) kirlilik; insanların yaşamsal faaliyetleri sonucu oluşan kirliliktir. Genel olarak 3 kısımda incelenebilir.

2.2.1 Alansal Kaynaklı Kirleticiler

Alansal kaynaklı kirleticiler olarak en önemli kaynak konutların ısıtılması sonucu oluşan kirleticilerdir. Isıtma amaçlı kullanılan yakıtların (kükürt, kül ve nem oranları yüksek, kalori değerleri düşük kömürler, fuel-oil ve benzeri yakıtlar) iyileştirme işlemleri yapılmadan kullanılması, yanlış yakma teknikleri ve yakma kazanlarının temizlik işlemlerinin periyodik olarak yapılmamasına bağlı olarak oluşan yakma işlemi sonucu kirleticilerin atmosfere yayılması, alansal kirleticileri oluşturur. Yanma faaliyetleri sonucu, karbon monoksit (CO), azot oksitler (NO_x), kükürt oksitler (SO_x), hidrokarbonlar (HC) ve partikül maddeler (PM) oluşmakta ve atmosfere yayılmaktadır [36]. Isınma amacıyla kullanılan kömür ve benzeri yakıtların kalitesi, buradan oluşan hava kirliliğinin en etkili faktörlerden biri olarak belirtilmektedir [37].

2.2.2 Çizgisel Kaynaklı Kirleticiler

Çizgisel kaynaklı kirleticiler olarak ulaşım faaliyetlerinde kullanılan motorlu taşıtların, motorlarında oluşan yanma olayları sonucu oluşan kirleticilerin atmosfere yayılması ile oluşur [36]. Ulaşım faaliyetleri sonucu oluşan hava kirleticileri karbonmonoksit (CO), hidrojen karbonlar (HC) ve azot oksitler (NO_x) olarak bilinmektedir [25].

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan kirlilik emisyonları üç kısımda incelenebilir [38].

1. Motorun karter havalandırılması sonucu atılan gazlar.
2. Yakıt deposundan ve yakıtın yanmasına kadar gerçekleşen buharlaşma faaliyeti sonucu yayılan emisyonlar.
3. Motor içerisinde gerçekleşen yanma işlemi sonucunda oluşan gaz emisyonlarının egzozdan atılması.

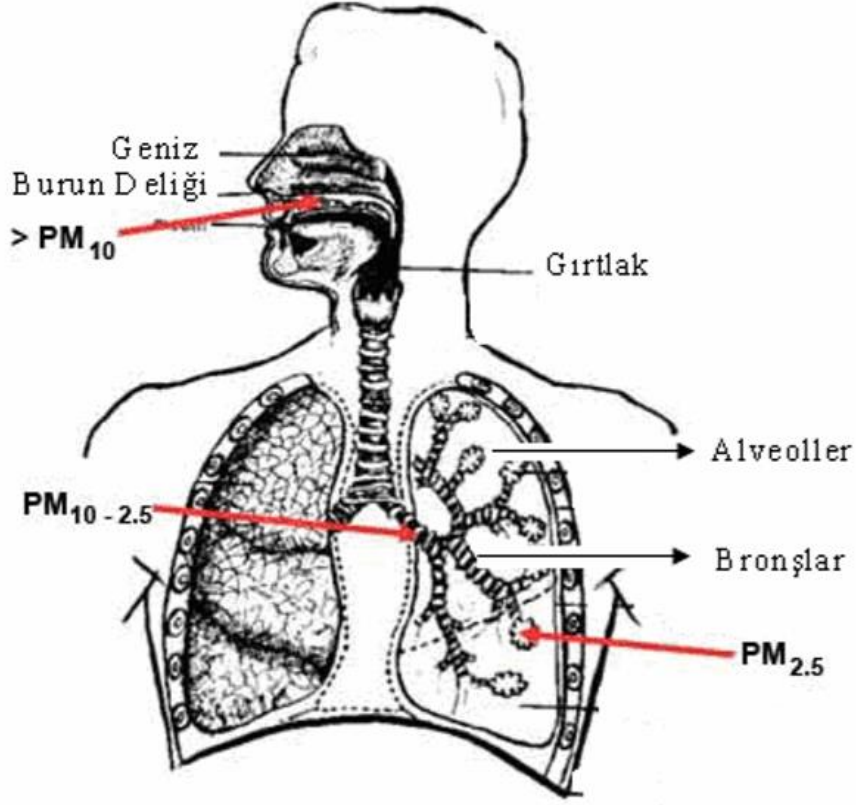
2.2.3 Noktasal Kaynaklı Kirleticiler

Noktasal kaynaklı kirleticiler, işletmelerdeki ve fabrikalardaki üretimin sağlanabilmesi için kullanılan enerjilerin sağlanmasında, linyit kömürü ve fuel-oil gibi yakıtların yanması sonucu oluşan hava kirliliği noktasal kaynak olarak bacalardan atmosfere atılması sonucunda oluşmaktadır [25]. Sanayi tesislerindeki çeşitli üretim faaliyetleri ve enerji elde etmek amacıyla kullanılan yakıtların yanması sonucu oluşan gaz, buhar ve diğer kirleticilerin işletmelerin ve fabrikaların bacalarından atmosfere yayılması sonucunda oluşur [36].

2.3 Hava Kirleticileri

2.3.1 Partikül Maddeler (PM_x)

Yanma faaliyetlerinin tam olarak gerçekleşmemesi, bölünme ve sürtünme gibi işlemler sonucu oluşan, 10 µm çaplı veya daha küçük çaplı partiküllerden meydana gelmektedir. İnsan faaliyetleri sonucu veya doğal kaynaklı olaylardan ileri gelmekle birlikte katı veya sıvı süspansiyon partiküllerdir. İnsan sağlığı üzerinde etkileri olduğu bilinmektedir. Yüksek miktardaki küçük partikül maddeler kalp hastalıkları ve akciğer kanseri gibi hastalıklara yol açtığı bilinmektedir. Bu parçacıkların atmosferde asılı durması sonucunda hava kirliliği oluşmaktadır. Partikül madde olarak adlandırılan aerosol tanecikler, çap büyüklüklerine göre insan sağlığına zarar vermektedirler. 10 µm'den büyük olan tanecikler burunda tutularak vücuda girilmesi engellenmektedir. 10 µm'den düşük çapa sahip olanlar ise burunda tutulmayarak insan vücuduna girmektedir. Solunum olayı ile gerçekleşen partikül girişi akciğere ulaşarak oradan da bronşlara ulaşarak birikmekte ve 1-2 µm çapındaki partiküller ise kılcal damarlara kadar ulaşabilmektedir. 1 µm'den küçük olan ise kana karışabilmektedir. Ayrıca kanser yapıcı maddeler de içerdiğinden uzun süreler bu partiküllere maruz kalmak kanser sebebi olarak görülebilmektedir [39]. Kalp ve akciğer gibi kronik rahatsızlığı olan kişiler, partikül maddelerden (PM) daha fazla etkilendiği ve bu etkilenmelerin bazen de ölümle sonuçlandığı belirtilmektedir. Kısa süreli maruz kalmak bile kronik rahatsızlığı olan kişilerde akciğer fonksiyonlarında ve kalp atışlarında değişiklikler olduğu bilinmektedir [40].



Şekil 2.3: Partikül maddenin solunum yolu ile vücuda girişi [41].

Partikül maddeler (PM) sağlık açısından çok çeşitli hastalıklar ile ilişkilendirilmektedir. Özellikle aerodinamik çapı 10 μm küçük olanlar solunum sistemi ile akciğere kadar ve hatta daha küçük aerodinamik çapa sahip olanlar ise kaz dolaşımına bile dahil olabilmektedirler. Yaşlılar, çocuklar ve kronik kalp ve akciğer rahatsızlığına sahip olan kişilerde, partikül maddelerin sebep olduğu bazı durumlar şöyledir [41]:

- Kalp ve akciğer hastalıklarına bağlı olarak uzun süreli maruz kalma durumlarında erken ölüm.
- Kalp krizleri.
- Astım.
- Akciğer fonksiyonlarında belirgin derecede azalma, öksürük ve solunum sıkıntıları.

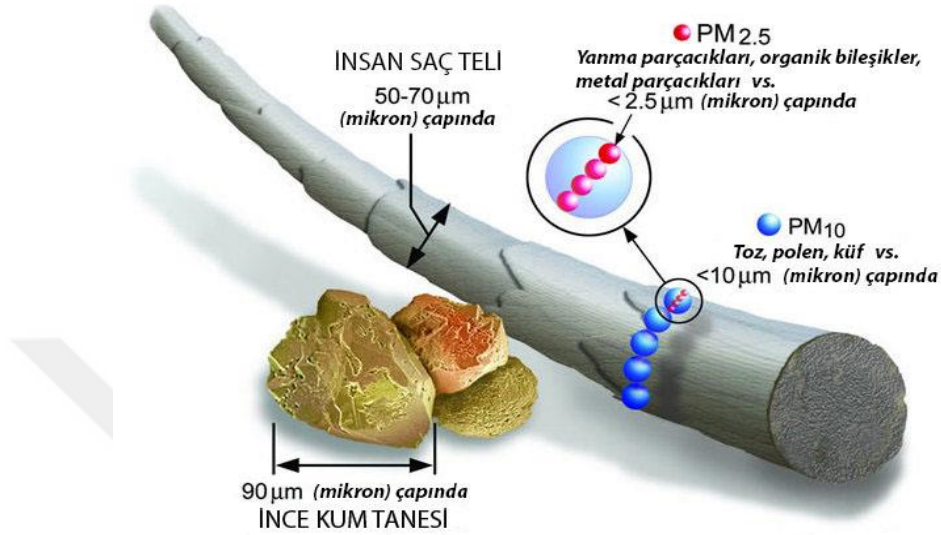
Bunlar ve bunlar gibi birçok hastalığın hava kirliliği ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Partikül madde kirlilik dağılımı [42]:

- **PM₁₀**: Çapları 10 μm ve daha küçük solunum ile canlılar tarafından solunabilir olan parçacıklardır.

- **PM_{2,5}**: Çapları 2,5 μm ve daha küçük solunum ile canlılar tarafından solunabilir olan parçacıklardır.

Boyutların temsili görüntüsü Şekil 2.4’de verilmiştir.



Şekil 2.4: PM parçacıkları için boyut karşılaştırmaları [42].

2.3.2 Kükürtlü Maddeler (SO_x)

Atmosferdeki en önemli kükürtlü bileşenler kükürt dioksit (SO₂) gazıdır. Renksiz bir gaz olan kükürt dioksit, atmosferde 0,3-1 mg/l konsantrasyonlarda bulunduğu takdirde ağızda karakteristik bir tat bırakır ve eğer bu konsantrasyon 3 ppm’in üstüne çıkarsa boğulma hissi yarattığı bilinmektedir. Solunum yolları hastalıklarına, rahatsızlıklarına ve akciğer yetmezliğine sebep olduğu düşünülmektedir. SO_x gazları, teknolojik malzemelere zarar vermekle birlikte, asit yağmurları ile bitkilere ve ormanlara zarar vermektedir. Büyük bir kısmı 0,2-0,9 μg çapa sahip olan kkk sülfat taneciklerinin güneş radyasyonlarını engelledikleri ve SO₂ seviyelerini atmosferde tipik seviyede ve nemin %50 den fazla olduğu durumlarda görüş mesafelerini azalttığı bilinmektedir [43]. 10 dakikalık süre içerisinde SO₂’ye olan maruz kalma konsantrasyonunu 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aşmamalıdır. Kısa süre içerisinde bile solunum sıkıntıları yaratabileceği belirtilmektedir. Ayrıca gözlerde tahriş, solunum yolu enfeksiyonlarına daha hızlı yakalanma, astım gibi kronik rahatsızlıkları alevlendirmeye neden olurken, SO₂’nin yüksek olduğu günlerde kalp hastalıklarından hastanelere başvuruların arttığı da belirtilmektedir [12].

2.3.3 Balıkesir’de Hava Kirliliğine Neden Olan Ögeler

Özellikle kış aylarında, sonbaharın sonlarında ve ilkbaharın başlangıcında Balıkesir’de mevsimsel hava kirliliği görülmektedir. Trafik, ısınma ve çeşitli sanayi faaliyetleri sonucu oluşan hava kirliliği şehir merkezindeki hava kalitesini etkilemektedir [44].

Trafik Kaynaklı Hava Kirliliği: Özellikle sabahın erken saatlerinde ve akşam saatlerinde şehir merkezinde oluşan trafikten kaynaklanan hava kirliliği şehrin hava kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca şehir merkezinden geçen Yeni İzmir Yolundan kaynaklanan yoğun trafiğin bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği: İlin genelinde olduğu gibi şehir merkezinde de yaygın olarak bulunan sanayi ve üretim kuruluşlarından kaynaklanan hava kirliliği şehrin hava kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir.

Taş Ocağı Kaynaklı Hava Kirliliği: Şehrin farklı bölgelerinde bulunan taş ocaklarındaki taş kırma ve eleme gibi işlemlerden kaynaklanan kirleticilerin meteorolojik faktörlerin etkisiyle şehir merkezine taşınmasıyla oluşan kirlilik şehrin hava kalitesini etkilemektedir.

2.3.4 Hava Kirliliğini Etkileyen Meteorolojik Faktörler

Sıcaklık: Özellikle kış dönemlerinde düşük sıcaklık seviyelerinin yaşandığı günlerde ısınma amaçlı kullanılan yakıtların yanması sonucu oluşan hava kirliliği sıcaklık faktörüne bağlıdır.

Basınç: Yanma faaliyetleri sonucu oluşan hava kirleticilerinin havaya karışması sonucu oluşan kirli havanın soğuyarak, yerçekimi etkisiyle yere çökmesi sonucu yarattığı basınç şiddeti, yüksek basınç seviyeleri ile kirlilik daha fazla hissedilmektedir.

Rüzgar: Atmosferde bulunan kirleticiler en fazla hakim rüzgar yönünden, sıklığından ve şiddetinden etkilenmektedir.

Nem (yağış): Atmosferde bulunan su buharının ve nemin, havadaki kirleticiler ile birleşerek asit yağmurlarına sebep olduğu bilinmektedir [45].

2.3.5 Hava Kalitesi İndeksi

Belirli bir alandaki havanın kalitesinin ifade edilmesi amacıyla kullanılan ölçüdür. Hava kalitesi ölçümleri sonucu belirlenen göstergelerdeki yükselmeler yükselen hava kirliliği yüzdesinin insan sağlığına açısından ciddi sorunlara yola açacağına bir göstergesidir. Buna göre hava kalitesine yönelik hava kalitesi indeksi Tablo 2.1’de verilmiştir [46].

Tablo 2.1: Ulusal hava kalitesi indeksi.

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

3. VERİ VE YÖNTEM

3.1 Veri

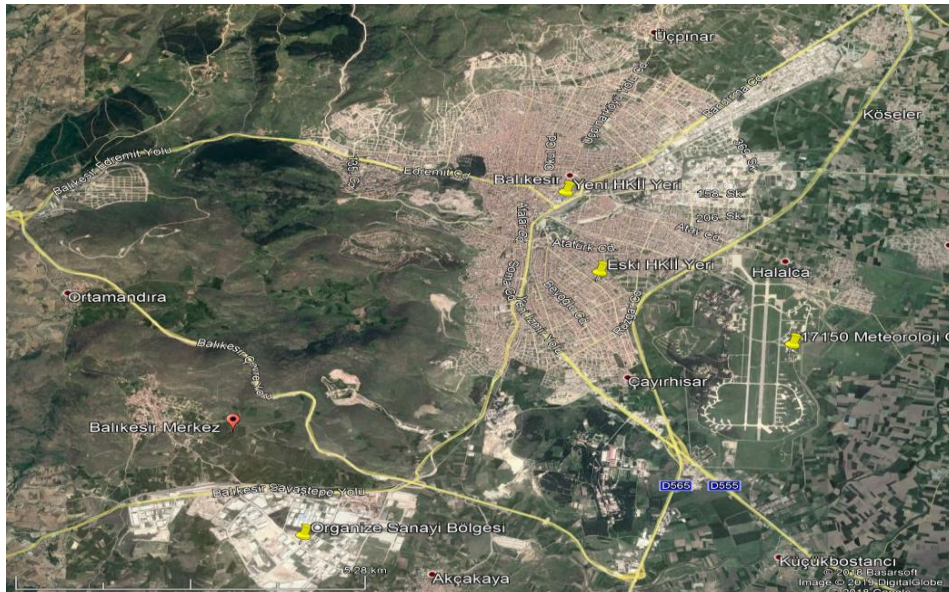
Bu çalışmada kullanılan veriler, şehir merkezine ait hava kalitesi ölçümleri, çalışma bölgesine ait meteorolojik parametreler ve yine şehir merkezinde bulunan hastaneden elde edilen epidemiyolojik veriler olmak üzere üç grupta toplanmıştır.

3.1.1 Hava Kalitesi Verileri

Son üç yılı (2017 – 2019) kapsayan çalışma bölgesine ait hava kalitesi verileri şehir merkezinde hava kalitesi izleme istasyonunun (HKİİ) eski ve yeni lokasyonlarından olmak üzere Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait Ulusal Hava İzleme Ağı (UHKİA) veri tabanları kullanılarak elde edilmiştir. (www.havaizleme.gov.tr). Ölçülen, PM₁₀ ve SO₂ kirleticileri belirtilen yıllar kapsamında günlük ortalama değerler olarak değerlendirilmiştir.

3.1.2 Meteoroloji Verileri

Çalışma bölgesine ait, son üç yılı (2017 – 2019) kapsayan temsili meteoroloji verileri, şehir merkezinde bulunan hava üssündeki meteoroloji gözlem istasyonundan (WMO# 17150) temin edilmiştir. Söz konusu meteoroloji verileri, günlük ortalama değerler olmak üzere sıcaklık (t), rüzgar hızı (ws), nem (rh), basınç (p) ve karışım yüksekliği (sabah – öğlen) parametrelerini kapsayacak şekilde alınmıştır. Hava kalitesi ölçüm istasyonlarının (HKİİ) ve meteoroloji istasyonunun yerleri Şekil 3.1'de sunulmuştur.



Şekil 3.1: Hava kalitesi ve meteoroloji verilerinin temin edildiği istasyonlara ait görsel.

3.1.3 Hastane Hasta Kabul Verileri

Son üç yılı (2017 – 2019) kapsayan hastane müracaat verileri şehir merkezinde bulunan hastanesinin istatistik biriminden, solunum yolu hastalıklarını (Astım, Bronşit, Sinüzit ve Üst Solunum Yolu Enfeksiyonu) cinsiyet, yaş, muayene tipi, hasta türü, tanı ve tanı tipi bilgilerini kapsayacak şekilde temin edilmiştir.

3.2 Yöntem

Nüfus yoğunluğu giderek artan şehir merkezlerinde ve bu yoğunluğa bağlı olarak günümüzün en büyük sorunlarından biri olan hava kirliliği probleminin insan sağlığı açısından değerlendirildiğinde büyük riskler oluşturduğu bilinmektedir. Başta hava kirliliği olmak üzere bu çevresel sorunla başa çıkabilmek için atılması gereken ilk adım incelemeye alınan bölgedeki hava kirliliğinin türü, miktarı ve bölgedeki kirletme süresinin belirlenmelidir. Hava kirliliğinin azaltılabilmesi amacıyla izlenecek yolun belirlenmesinde ele alınan bölgedeki hava kirletici parametrelerin belirli bir zaman dilimi boyunca izlenmesi, ölçümlerin yapılması ve bu ölçümlerin kayıtlarının tutulması gerekmektedir. Elde edilen sonuçların meteorolojik faktörlerin göz önünde bulundurulması ile yorumlanarak incelenen bölgenin kirlilik trendlerinin ve epizotlarının oluşturulması gerekmektedir. İnsan sağlığı açısından incelemek amacıyla da oluşturulan kirlilik trendleri ve epizotları göz önünde bulundurularak, bölgedeki hastane verileri ile karşılaştırılması gerekmektedir. Bu kapsamda izleme periyodu boyunca elde edilen kirlilik trendleri ve epizotları ile hastane müracaat sayıları ve şikayet öyküleri ile karşılaştırılarak aralarında ilişkinin ortaya konulması gerekmektedir.

Bu kapsamda ilk adım olarak hava kirliliğinin meteorolojik koşullar etkisi atında nasıl bir değişim gösterdiği ve ne yönde korelasyon ilişkileri olduğunun belirlenmesinde bir dizi istatistiksel yöntemler ve analizler kullanılmıştır.

İlk bölümde, hava kirleticilerinin (PM_{10} ve SO_2) ve meteoroloji (sıcaklık-t, rüzgar hızı-ws, nem-rh ve basınç-p) verilerinin genel tanımlayıcı istatistikleri (ortalama, min/mak değerler, varyans değerleri, %95 önem düzeyinde güven aralıkları ve standart sapma değeri) hesaplanmıştır. Hava kirleticilerine ait varyans analizi (ANOVA) yapılarak, ölçülen hava kirleticilerinin mevsimsel değişimleri arasında anlamlı fark olup olmadığı incelenmiştir. Ölçülen hava kirleticilerine ait saatlik değişimlerinin kendi aralarında ilişkilerinin olup olmadığını inceleyen ikili korelasyon analizleri (Pearson Correlation

Analysis ve Kendall's Tau Analysis) yapılmıştır. Elde edilen hava kirletici (PM_{10} ve SO_2) verileri setleri ve meteorolojik (sıcaklık-t, rüzgar hızı-ws, nem-rh, basınç-p ve karışım yüksekliği (sabah – öğlen)) verileri setleri arasında çoklu regresyon analizi yapılarak, incelenen bölgedeki meteorolojik faktörlerin ölçülen hava kirleticisine ait değişimler üzerindeki etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

İkinci bölümde, hastane verilerinin cinsiyete, yaş gruplarına ve yıllara göre dağılımlar hesaplanmıştır. Hastane verilerinin, hava kirleticilerinin (PM_{10} ve SO_2) ve meteoroloji (sıcaklık-t, rüzgar hızı-ws, nem-rh, basınç-p ve karışım yüksekliği (sabah – öğlen)) verilerinin varyans analizleri (ANOVA) yapılarak, kayıtlardan elde edilen hastane verileri ve ölçülen hava kirleticilerinin mevsimsel değişimleri arasında anlamlı fark olup olmadığı incelenmiştir. Kaydedilen hastane verileri ve ölçülen hava kirleticilerine ait değişimlerinin kendi aralarında ilişkilerinin olup olmadığını inceleyen ikili korelasyon analizleri (Pearson Correlation Analysis) yapılmıştır.

Üçüncü bölümde ise 2017-2019 hastane başvuru günlerine ait hava kirliliği ve meteorolojik koşulların beraberce incelendiği faktör analizleri gerçekleştirilmiştir.

Faktör analizi, çok fazla veriyi içeren veya değişken bakımından çok fazla değişken içeren veri setlerinde benzer yapıyı gösteren ve hipotez bakımından benzerlik gösteren gruplardan daha az sayıda ve anlamlı değişken, faktör belirlemeyi hedefleyen istatistiksel bir analizdir. Araştırmacıların çok değişkenli analizlerde yaygın olarak kullandıkları yöntemlerden birisi haline gelmiştir, tıp ve kimya gibi birçok alanda da kullanılmaktadır [47].

PCA analizi, temel bileşenlerin olduğu veri setindeki varyasyonları açıklayabilen yeni bir ilişki değişken seti oluşturur. Bu çalışmada, birbirleriyle ilişkili faktörlerin ve etkinin belirlenmesi için bir PCA uygulaması yapılmıştır. PCA için temel bileşenler vaka sayıları, vaka günlerinde ölçülen hava kirliliği konsantrasyonları ve yerel meteorolojik parametreler olarak belirlenmiştir [18].

Faktör Analizinde İzlenen Adımlar:

1. Adım: Problemin ve veri setinin belirlenmesi. Bu aşamada karşılaşılan problem sorusunun belirlenmesi ve bu soruya cevap oluşturabilecek değişkenlerin veri setinin oluşturulması gerekmektedir.

2. Adım: Korelasyon analizinin uygulanması. Bu aşamada, bir önceki adımda oluşturulan veri setindeki değişkenler için korelasyon matrisi oluşturulur ve değişkenlerin arasındaki istatistiksel ilişkiye bakılır.
3. Adım: Bileşenler sayısının belirlenmesi. Bileşenlerin sayıları hem grafiksel olarak (Scree plot) ve hem de öz değerlerin 1'den büyük olduğu bileşenlerin tanımlanmasıyla belirlenir.
4. Adım: Eksen döndürme aşaması. Faktörlerin daha kolay yorumlayabilmek amacıyla uygulanan eksen döndürme işlemidir.
5. Adım: Yorumlama. Bu aşama elde edilen sonuçların nihai yorumlama aşamasıdır [48].

Kaiser Meyer Olkin (KMO) testi: Bu test verilerin yeterliliğinin ve tutarlılığının bir ölçütüdür. Maddelerin ve değişkenlerin oluşturduğu veri setinin tamamı için geçerlidir. Verilerin faktör analizi için uygun olup olmadığının bir ölçütüdür ve şu şekilde bir aralığa sahiptir [49].

Tablo 3.1: KMO ölçütü.

Ölçüt	Açıklama
$1,00 > KMO > 0,90$	Mükemmel
$0,90 > KMO > 0,80$	İyi
$0,80 > KMO > 0,70$	Orta Düzey
$0,70 > KMO > 0,60$	Zayıf
$0,60 > KMO$	Kötü

4. SONUÇLAR VE BULGULAR

4.1 Hava Kirleticileri ve Meteoroloji Verilerinin Analizleri

4.1.1 Hava Kirleticileri Verilerinin ve Meteorolojik Verilerin Genel İstatistikleri

Çalışmaya dahil edilen, 2017-2019 yıllarına ait hava kirleticileri veri setine (PM₁₀ ve SO₂) ve meteoroloji veri setine (sıcaklık-t, rüzgar hızı-ws, nem-rh, basınç-p ve karışım yüksekliği (sabah – öğlen)) ait genel tanımlayıcı istatistikleri oluşturan, ortalama değerler, %95 önem düzeyinde ortalama değerler için güven aralıkları, verilere ait değişim aralıkları (mim/maks) ve standart sapma değerleri Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1: Hava kirleticisi verilerinin ve meteorolojik verilerin genel istatistikleri.

İstatiksel Tanımlayıcı Parametreler	Hava Kalitesi Parametreleri			Meteorolojik Parametreler					
	PM ₁₀ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	t(°C)	Ws (m/sn)	rh (%)	p (mbar)	Karışım Yük. Sabah (m)	Karışım Yük. Öğlen (m)	
Ortalama	45,95	8,21	15,32	2,80	72,30	1003,60	2008,95	2395,68	
Güven Aralığı *	Alt limit	43,92	7,66	14,86	2,67	71,56	1003,26	1968,03	2347,48
	Üst limit	47,98	8,75	15,78	2,93	73,04	1003,93	2049,87	2443,88
Değişim Aralığı	Minimum	5,70	0,40	-4,10	0,00	36,30	987,50	283,00	231,00
	Maksimum	290,60	65,00	30,60	11,10	99,70	1020,50	3415,00	4178,00
Standart Sapma	34,23	9,17	7,83	2,16	12,47	5,65	690,09	812,80	
N	1095	1095	1095	1095	1095	1095	1095	1095	

*%95 önem düzeyinde ortalamanın sahip olduğu alt ve üst limit değerler
N: veri sayısı

Analizlerde kullanılan parametreler 2017-2019 yılları arasında toplam 3 yılı kapsayan günlük ortalama değerlere dayalı verilerdir ve her bir parametre toplam 1095 adet veriden oluşmaktadır.

Yapılan analizler sonucunda şehir merkezinde ölçülen yıllık PM₁₀ parametresinin ortalama değeri 45,95 µg/m³ olduğu ve istatistiksel açıdan %95 önem seviyesinde PM₁₀ parametresinin ortalama değerinin 43,92 – 47,98 µg/m³ arasında olabileceği tahmin

edilmektedir. Ölçülen en yüksek PM₁₀ konsantrasyonu 290,60 µg/m³ olarak tespit edilmiş ve bu değer yasal sınırlardan yaklaşık 3,5 kat daha fazla olduğu Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğine göre tespit edilmiş olup 2015 yılı PM₁₀ için 24 saatlik sınır değer 90 µg/m³'tür [50].

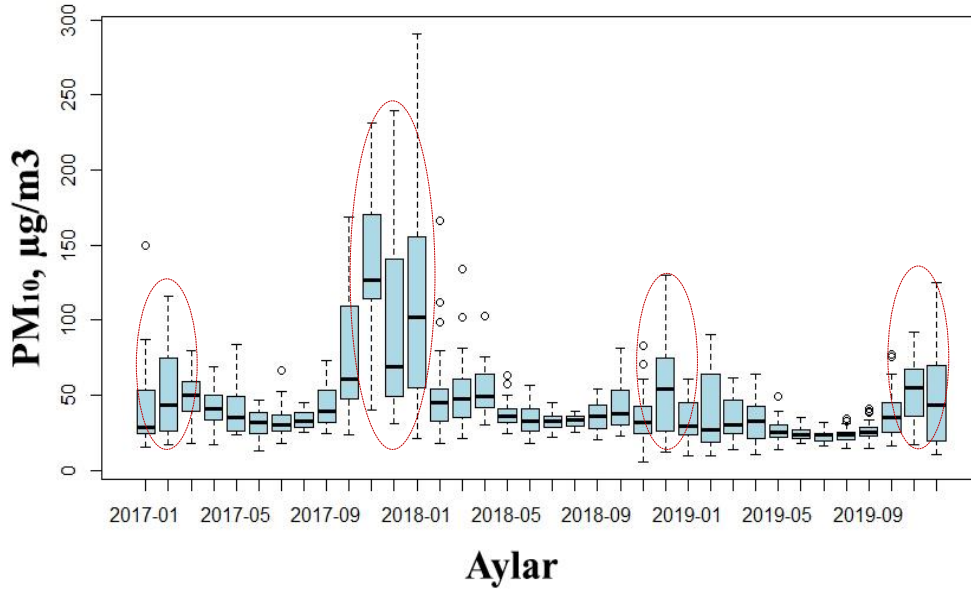
Yine aynı şekilde şehir merkezinde ölçülen yıllık SO₂ parametresinin ortalama değeri 8,21 µg/m³ olduğu ve istatistiksel açıdan %95 önem seviyesinde PM₁₀ parametresinin ortalama değerinin 7,66 – 8,75 µg/m³ arasında olabileceği tahmin edilmektedir. Ölçülen en yüksek SO₂ konsantrasyonu 65,00 µg/m³ olarak tespit edilmiş ve bu değer yasal sınırların altında olduğu Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğine göre tespit edilmiş olup 2015 yılı SO₂ için 24 saatlik sınır değer 380 µg/m³'tür [50].

Çalışma periyodu boyunca ölçülen en yüksek PM₁₀ konsantrasyonu 8 Ocak 2018 Pazartesi günü ölçülmüş olup, ölçülen pik değer şehir merkezinde trafik yoğunluğundan ve konutlarda ısıtma faaliyetlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Yine aynı şekilde bu durum SO₂ konsantrasyonu için de benzer durumlardan kaynaklandığı ve ölçülen en yüksek SO₂ konsantrasyonu 2 Aralık 2018 Cumartesi günü ölçülmüş olup, konutlarda ısınma amacıyla şehrin bir kısmında halen kömürün yakıt olarak kullanılmasına bağlı olduğu düşünülmektedir.

4.1.2 Hava Kirleticilerinin Zamansal Dağılımları

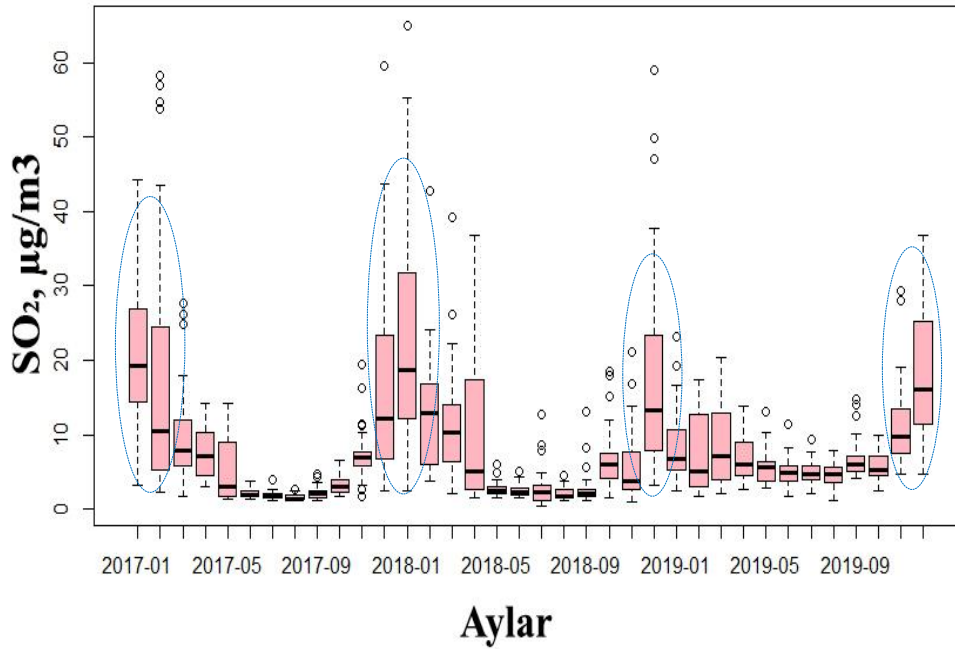
Şehir merkezinde ölçülen kirleticilerin (PM₁₀ ve SO₂) mevsimsel değişimlerinin incelenmesi gerektiği gibi bu değişimlerin olumsuz meteorolojik olaylarla artış veya pik yapması halinde şehirde yaşamakta olan insanların sağlığı açısından ve özellikle mevsim geçişlerinde olumsuz etkiler oluşturduğu bilinmektedir.

Bu kısımda şehir merkezinde ölçülen hava kirletici verilerinin (PM₁₀ ve SO₂) 2017 - 2019 yılları arasında zamansal değişimleri ifade eden 3 yıllık verilerin aylık ortalama değerlerinin değişimini gösteren box-plot grafikleri Şekil 4.1 ve 4.2'de sunulmuştur.



Şekil 4.1: PM₁₀ seviyelerinin aylık değişimleri.

Şekil 4.1'de sunulan box-plot grafiğindeki kırmızı alanların karşılık geldiği dönemler incelendiğinde PM₁₀ kirlenici seviyesinin özellikle sonbaharın sonlarında ve kış aylarında artış yönünde pik seviyeler yaptığı açıkça görülmektedir.



Şekil 4.2: SO₂ seviyelerinin aylık değişimleri.

Yine aynı durum Şekil 4.2'de de SO₂ kirlenici seviyesinin özellikle sonbaharın sonlarında ve kış aylarında artış yönünde pik seviyeler yaptığı açıkça görülmektedir.

4.1.3 Varyans analizi (ANOVA)

2017 – 2019 yılları arasında 3 yıllık zaman dilimi süresince hangi aralıklarda en yüksek ve ya en düşük kirletici seviyelerinin belirlenmesi ve ölçülen kirletici seviyelerinin yıllar bazında aralarında fark olup olmadığını tespit etmek amacıyla varyans analizi (ANOVA) ve Post-Hoc LSD (Least Significant Difference) çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçları Tablo 4.2 ve 4.3’de verilmiştir.

Tablo 4.2: Çalışma periyoduna ait PM₁₀ ve SO₂ istatistikleri.

Yıllar	N	Ortalama	Standart Sapma	95% Ortalama için Güven Aralığı		Minimum	Maksimum	
				Alt Limit	Üst Limit			
PM ₁₀	2017	365	56,30	41,82	51,99	60,60	13,20	239,60
	2018	365	47,83	33,94	44,34	51,32	5,70	290,60
	2019	365	33,72	18,96	31,76	35,67	9,50	124,80
SO ₂	2017	365	8,04	10,05	7,01	9,08	1,10	59,60
	2018	365	8,74	10,84	7,62	9,85	0,40	65,00
	2019	365	7,84	5,82	7,24	8,44	1,10	36,80

- PM₁₀ Analiz Hipotezi:

H₀: PM₁₀ verilerinin yıllık verilerinin ortalamaları birbirine eşittir.

H₁: PM₁₀ verilerinin yıllık verilerinin ortalamaları birbirine eşit değildir.

- SO₂ Analiz Hipotezi:

H₀: SO₂ verilerinin yıllık verilerinin ortalamaları birbirine eşittir.

H₁: SO₂ verilerinin yıllık verilerinin ortalamaları birbirine eşit değildir.

Yorum: 95% önem düzeyinde PM₁₀ ve SO₂ istatistikleri toplam 3 yıllık süre boyunca ve her yıl için toplam 365 adet verinin yıllar bazında PM₁₀ kirletici seviyelerinin ortalamalarına bakıldığında yıllık ortalamaların 95% önem düzeyinde ortalamalara ve ANOVA testi sonucuna bağlı olarak birbirine eşit olmadığı ve yıllar arasında farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (PM₁₀ için $p_{\text{value}} < 0,05$). SO₂ kirletici seviyelerinin ortalamalarına bakıldığında yıllık ortalamaların 95% önem düzeyinde ortalamalara ve ANOVA testi sonucuna bağlı olarak birbirine eşit olduğu ve yıllar arasında farklılıklar olmadığı tespit edilmiştir (SO₂ için $p_{\text{value}} > 0,05$).

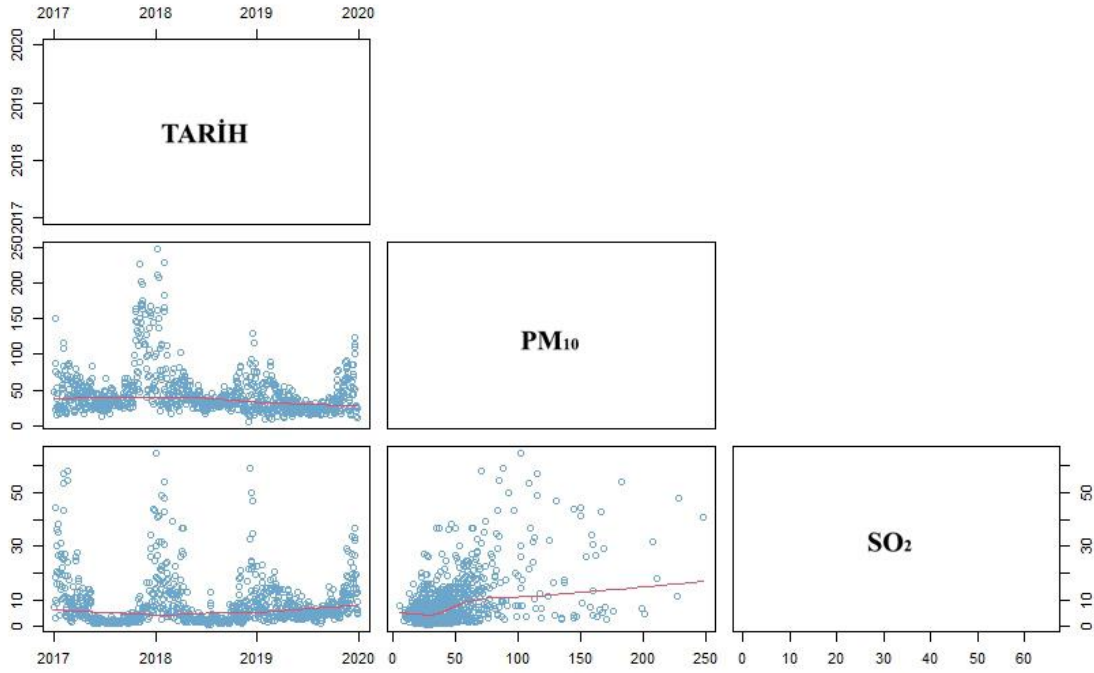
Tablo 4.3: Yıllara ait PM₁₀ ve SO₂ kirleticilerinin çoklu karşılaştırma sonuçları.

Kirletici	(I) Yıl	(J) Yıl	Ortalama Farkı (I- J)	(I- pvalues	Kirletici	(I) Yıl	(J) Yıl	Ortalama Farkı (I- J)	(I- pvalues
PM ₁₀	2017	2018	8,47	0,00	SO ₂	2017	2018	-0,69	0,31
		2019	22,58	0,00			2019	0,21	0,76
	2018	2017	-8,47	0,00	2018	2018	2017	0,69	0,31
		2019	14,11	0,00			2019	0,90	0,19
	2019	2017	-22,58	0,00	2019	2019	2017	-0,21	0,76
		2018	-14,11	0,00			2018	-0,90	0,19

Post-Hoc çoklu karşılaştırma testi, LSD (Least Significant Difference) yöntemi sonuçlarına göre; PM₁₀ için hesaplanan en yüksek yıllık ortalama 2017 yılında kaydedilmiş, en düşük değer ise 2019 yılında olduğu tespit edilmiştir. Yıllara ait farklılıklar anlamlıdır ($p_{value} < 0.05$). SO₂ için en hesaplanan en yüksek yıllık ortalama 2018 yılında kaydedilmiş, en düşük değer ise 2019 yılında olduğu tespit edilmiştir. Yıllara ait anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p_{value} > 0.05$).

4.1.4 Hava kirliliği (PM₁₀ ve SO₂) ve Meteorolojik Parametrelerin İlişkisi

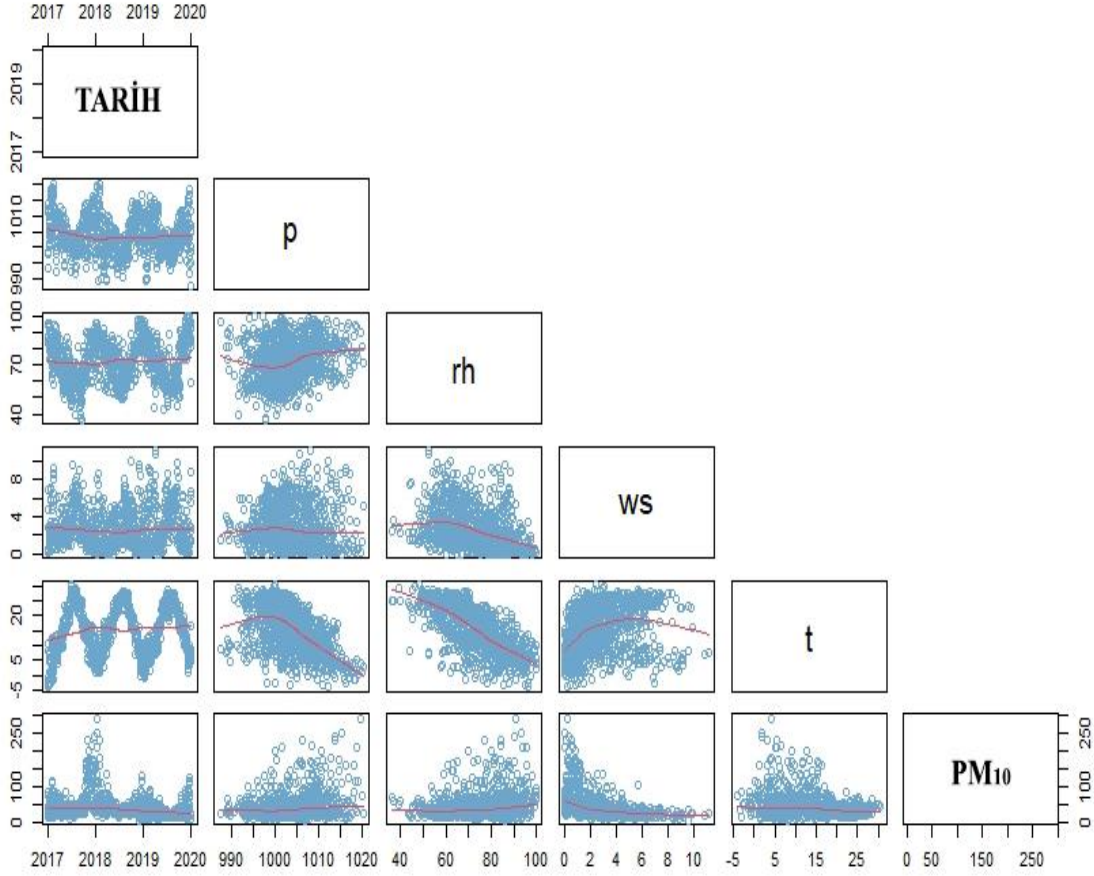
Hava kirliliğine sebep olan kirleticilere maruz kalma oranlarını en düşük seviyeye indirebilmek için kirleticilerin meteorolojik olaylara bağlı olarak erken tahmini en önemli husustur [7]. Yapılan çalışma kapsamında, hava kirleticilerinin (PM₁₀ ve SO₂) uzun yıllık verileri ile bu aynı süre içerisinde alınan meteorolojik verileri Carslaw ve Ropkins (2012) ve Carslaw (2015) tarafından oluşturulan ve R ortamında kullanılan “OpenA-air” algoritmaları yardımıyla analiz edilmiştir [51,52]. Hava kirleticileri ve meteorolojik parametreler arasındaki ilişki oluşturulan grafikler yardımıyla açıklanmaya çalışılmıştır.



Şekil 4.3: Hava kirlenmelerinin zamansal ve aralarındaki ilişki.

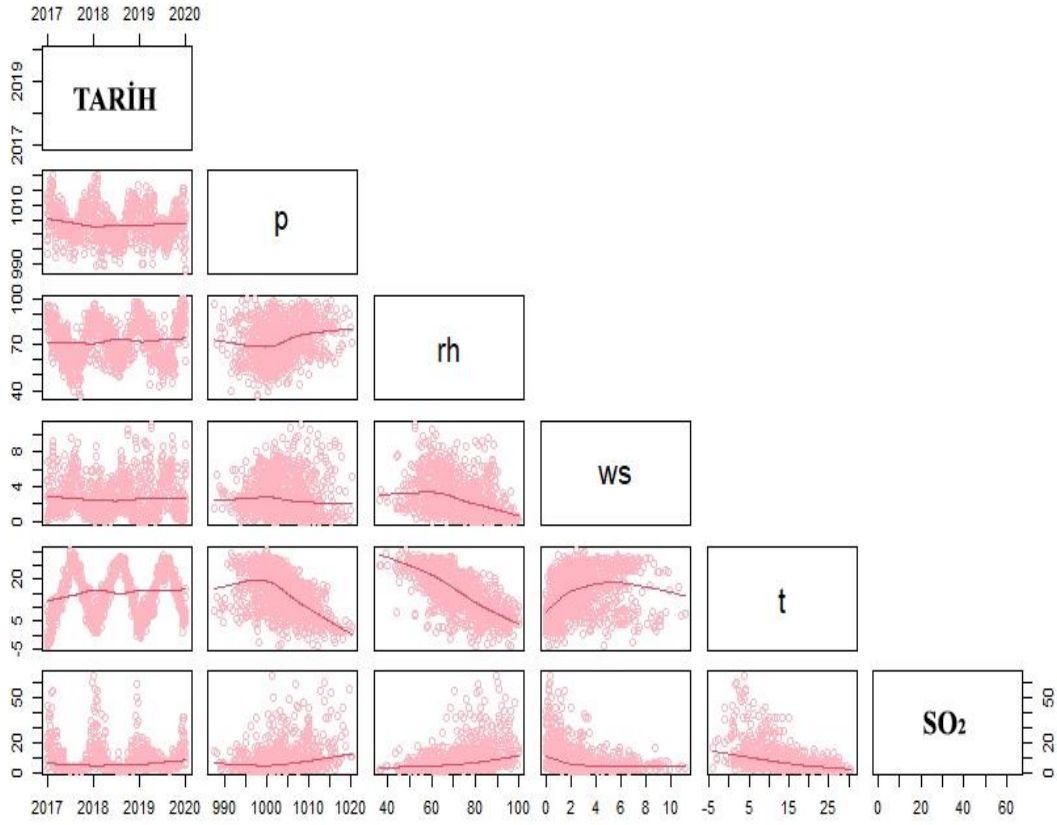
Şekil 4.3’de PM_{10} ve SO_2 ’nin 2017-2019 yılları arasındaki zamansal değişimine bakıldığında özellikle kış döneminde bir artış göze çarpmakta, PM_{10} ve SO_2 ’nin kendi aralarındaki ilişkiyi ifade eden grafiğe bakıldığında kirlenmeler arasında güçlü bir korelasyondan bahsedilebilir. Başka bir ifade ile PM_{10} kirlenici seviyelerinin artmasına karşı SO_2 verilerinde de bir artış söz konusu olmaktadır. Zamansal grafiklere göre bu olay genellikle kış döneminde yani soğuk mevsimlerde gerçekleşmektedir.

Hava kirlenmeleri (PM_{10} ve SO_2) ve meteorolojik faktörler (sıcaklık-t, rüzgar hızı-ws, nem-rh, basınç-p ve karışım yüksekliği (sabah – akşam)) arasındaki ilişkinin anlaşılabilmesi amacıyla her ikisi arasındaki dağılımı ifade eden grafikler oluşturulmuştur Şekil 4.4 ve Şekil 4.5.



Şekil 4.4: PM₁₀ ve meteorolojik parametrelerin ilişkisi.

Şekil 4.4’de 2017-2019 yılları arasında 3 yıllık zaman diliminde Balıkesir şehir merkezindeki hava kirleticisi (PM₁₀) ve yine Balıkesir şehir merkezi meteoroloji verileri (sıcaklık-t, rüzgar hızı-ws, nem-rh, basınç-p ve karışım yüksekliği (sabah – akşam)) arasındaki ilişkiyi açıklayan grafik Şekil 4.4’de sunulmuştur. PM₁₀ seviyelerinde değişimlere neden en önemli faktörler sıcaklık (t) ve rüzgar hızıdır (ws). Grafikten de anlaşılacağı üzere sıcaklık seviyesi arttıkça PM₁₀ seviyelerinde azalma gerçekleşmekte ve aynı durum rüzgar hızı (ws) için de geçerli olduğu görülmektedir.



Şekil 4.5: SO₂ ve meteorolojik parametrelerin ilişkisi.

Şekil 4.5’de 2017-2019 yılları arasında 3 yıllık zaman diliminde Balıkesir şehir merkezindeki hava kirleticisi (SO₂) ve yine Balıkesir şehir merkezi meteoroloji verileri (sıcaklık-t, rüzgar hızı-ws, nem-rh, basınç-p ve karışım yüksekliği (sabah – akşam)) arasındaki ilişkiyi açıklayan grafik Şekil 4.5’de sunulmuştur. SO₂ seviyelerinde farklılık oluşturan en önemli parametreler faktörler sıcaklık (t) ve rüzgar hızıdır (ws). Grafikten de anlaşılacağı üzere sıcaklık seviyeleri arttıkça SO₂ seviyelerinde azalma gerçekleşmekte ve aynı durum rüzgar hızı (ws) için de geçerli olduğu görülmektedir.

Hava kirleticileri (PM₁₀ ve SO₂) ve meteorolojik faktörler (sıcaklık-t, rüzgar hızı-ws, nem-rh, basınç-p ve karışım yüksekliği (sabah – akşam)) arasındaki ilişkinin daha iyi açıklanabilmesi amacıyla her iki veri seti arasında çoklu korelasyon analizleri yapılmıştır.

4.1.5 Korelasyon Analizleri

Korelasyon analizlerinin yapılmasında üç yöntem kullanılmıştır.

1. Çoklu korelasyon analizleri (Pearson Korelasyon).
2. Kendall's Tau korelasyon analizleri.
3. Mevsimsel korelasyon analizleri.

4.1.5.1 Pearson Korelasyon Analizleri

Hava kirliliği verileri (PM₁₀ ve SO₂) ve meteoroloji verileri (sıcaklık-t, rüzgar hızı-ws, nem-rh, basınç-p ve karışım yüksekliği (sabah – öğlen)) arasında yapılan çoklu korelasyon analizleri (Pearson Korelasyon) sonuçları Tablo 4.4'de verilmiştir.

Tablo 4.4: Çoklu korelasyon sonuçları.

		PM10	SO2	t	ws	rh	p	Karışım Yüksekliği Sabah	Karışım Yüksekliği Öğlen		
PM10	Korelasyon Katsayıları	1	0,51**	-	-	0,34**	0,45**	0,27**	0,28**	-0,32**	-0,24**
	pvalues		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SO2	Korelasyon Katsayıları	0,51**	1	-	-	0,53**	0,35**	0,37**	0,31**	-0,48**	-0,46**
	pvalues	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
t	Korelasyon Katsayıları	-	-	1	0,24**	-	-	0,70**	0,51**	0,93**	0,94**
	pvalues	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ws hızı	Korelasyon Katsayıları	-	-	0,26**	1	-	-	0,36**	-0,01	0,08**	0,19**
	pvalues	0,00	0,00	0,00		0,00	0,71	0,00	0,00	0,00	0,00
rh	Korelasyon Katsayıları	0,27**	0,37**	-	-	1	0,24**	-0,59**	-0,69**	-0,59**	-0,69**
	pvalues	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
p	Korelasyon Katsayıları	0,29**	0,31**	-	-0,01	0,24**	1	-0,50**	-0,41**	-0,50**	-0,41**
	pvalues	0,00	0,00	0,00	0,71	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
Karışım Yüksekliği Sabah	Korelasyon Katsayıları	-	-	0,93**	0,31**	-	-	1	0,92**	0,92**	0,92**
	pvalues	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
Karışım Yüksekliği Öğlen,	Korelasyon Katsayıları	-	-	0,94**	0,19**	-	-	0,92**	1	0,92**	1
	pvalues	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00

**Fark %95 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

Yapılan çoklu korelasyon analizleri (Pearson korelasyon) sonuçlarına göre; Balıkesir şehir merkezinde PM₁₀ seviyelerindeki değişimler iki parametre ile ilişkilendirilebilir. En yüksek korelasyon katsayısına sahip olan rüzgar hızı (ws) ile PM₁₀ arasına eksi yönde (-0,45) değerinde negatif bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir. İkinci en yüksek korelasyon katsayısı sıcaklık (t) ile PM₁₀ arasına eksi yönde (-0,34) değerinde negatif bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Kısaca şehir merkezindeki önem seviyesine göre sırasıyla rüzgar hızı (ws) ve sonrasında sıcaklığın (t) azalması durumunda PM₁₀ seviyeleri artmaktadır.

Yine aynı şekilde Balıkesir şehir merkezinde en yüksek korelasyon katsayısına sahip olan sıcaklık (t) ile SO₂ verileri arasına eksi yönde (-0,54) değerinde negatif bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir. İkinci en yüksek korelasyon katsayısı karışım yüksekliği (sabah) ile SO₂ arasına artı yönde (0,59) değerinde negatif bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Kısaca şehir merkezindeki önem seviyesine göre sırasıyla sıcaklık (t) ve karışım yüksekliği (sabah) değerlerinin artması durumunda SO₂ değerlerinde azalma söz konusudur.

4.1.5.2 Kendall's Tau Korelasyon Analizleri

Sıklıkla kullanılan bir diğer korelasyon yöntemi olan Kendall's Tau korelasyon analizi sonuçları Tablo 4.5'de verilmiştir.

Tablo 4.5: Çoklu korelasyon sonuçları.

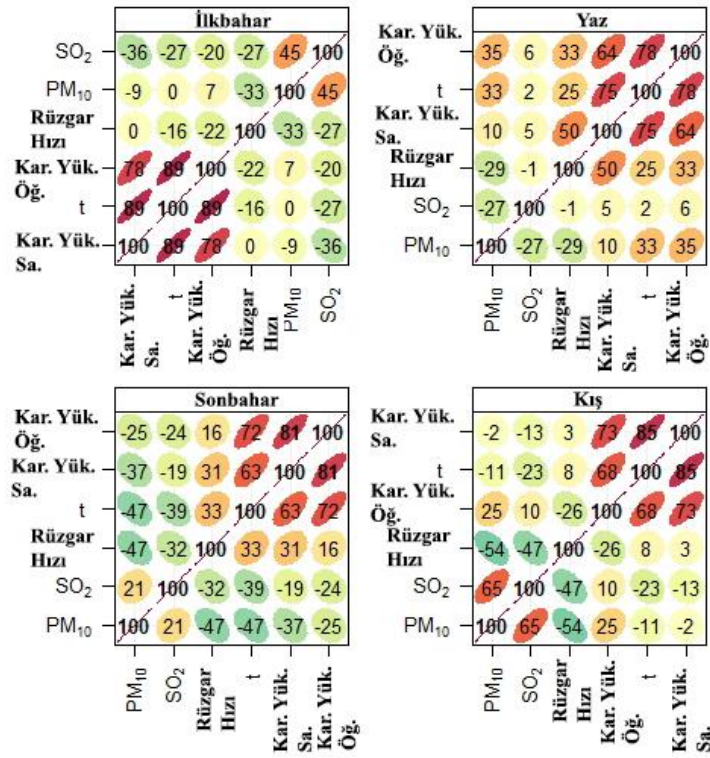
		PM ₁₀	t	ws	rh	p	Kar. Yük. Sabah	Kar. Yük. Öğlen	
Kendall's Tau Korelasyonu	PM ₁₀	Korelasyon Katsayıları	1,00	-0,20**	-0,44**	0,16**	0,15**	-0,21**	-0,15**
		pvalues	.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		N	1095	1095	1095	1095	1095	1095	1095
SO ₂	SO ₂	Korelasyon Katsayıları	1,00	-0,45**	-0,29**	0,29**	0,21**	-0,42**	-0,40**
		pvalues	.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		N	1095	1095	1095	1095	1095	1095	1095

**Fark %95 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir

Yapılan bu analizin Tablo 4.5'teki sonuçlarına bakıldığında, bir önceki korelasyon analizleri (Pearson korelasyon) sonuçlarına benzer sonuçlar elde edilmiştir. PM₁₀ seviyelerindeki değişimler en yüksek korelasyon (negatif korelasyon) katsayısına sahip olan rüzgar hızı (ws) ile ilişkilendirilirken SO₂ seviyelerindeki değişimler en yüksek korelasyon (negatif korelasyon) katsayısına sahip olan sıcaklık (t) ile ilişkilendirilmektedir.

4.1.5.3 Mevsimsel Korelasyon Analizleri

Yapılan analizler kapsamında, verilerin mevsimlere ait korelasyonları da incelenmiştir ve mevsimlere ait grafikleri R ortamında oluşturulmuştur.



Şekil 4.6: Mevsimsel korelasyon sonuçları.

Mevsimsel korelasyon analizlerine göre en yüksek korelasyon değeri kış mevsiminde sıcaklık ve karışım yüksekliği (sabah) verileri arasında ve (0,85) değerinde pozitif yönlü korelasyon katsayısı olarak görülmektedir. Kış mevsimlerinde PM₁₀ ve rüzgar hızı (ws) arasında (-0,54) değerinde negatif korelasyon, yine kış mevsimlerinde SO₂ ile rüzgar hızı (ws) arasında (-0,47) değerinde negatif korelasyon tespit edilmiştir.

4.1.6 Regresyon Analizleri

Hava kirleticileri (PM₁₀ ve SO₂) verilerinin meteorolojik verilerden hangi düzeyde ve hangi parametreden daha fazla etkilendiğini yorumlayabilmek adına her bir kirletici parametre için ayrı ayrı regresyon modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan modelde kullanılan hava kirleticileri (PM₁₀ ve SO₂) verileri bağımlı değişken, meteorolojik veriler ise bağımsız değişken olarak işlenmiş ve her model için toplam 5 adım izlenmiştir. Kademeli olarak bağımsız değişkenleri oluşturan meteorolojik veriler modele dahil edilerek modellerin doğruluk yüzdelerinin hesaplanması hedeflenmiştir.

4.1.6.1 PM₁₀ İçin Regresyon Modeli

Tablo 4.6: PM₁₀ için regresyon modeli adımları.

	Model Adımları	Model Katsayıları		t istatistiği	pvalues	R ²
		β	Std. Error			
1	β_0	65,93	1,51	43,67	0,00	0,20
	β_1 (ws)	-7,14	0,43	-16,73	0,00	
2	β_0	38,65	6,31	6,13	0,00	0,22
	β_1 (ws)	-6,42	0,45	-14,18	0,00	
	β_2 (rh)	0,35	0,08	4,45	0,00	
3	β_0	-1578,44	159,36	-9,91	0,00	0,28
	β_1 (ws)	-6,78	0,43	-15,61	0,00	
	β_2 (rh)	0,15	0,08	1,94	0,05	
	β_3 (p)	1,63	0,16	10,15	0,00	
4	β_0	-1234,68	187,55	-6,58	0,00	0,29
	β_1 (ws)	-6,68	0,43	-15,41	0,00	
	β_2 (rh)	-0,08	0,10	-0,80	0,43	
	β_3 (p)	1,31	0,18	7,11	0,00	
	β_4 (t)	-0,62	0,18	-3,43	0,00	
	β_0	-1111,19	194,55	-5,71	0,00	
5	β_1 (ws)	-6,46	0,49	-13,24	0,00	0,30
	β_2 (rh)	-0,06	0,11	-0,53	0,60	
	β_3 (p)	1,17	0,19	6,08	0,00	
	β_4 (t)	-2,05	0,40	-5,20	0,00	
	B ₅ (kar. Yük. Sabah)	0,00	0,00	0,95	0,34	
	B ₆ (kar. Yük. Öğlen)	0,01	0,00	2,80	0,00	

Tablo 4.6’da PM₁₀ verileri için oluşturulan kademeli model adımlarına göre, birinci adımda modele bağımsız değişken olarak sadece rüzgar hızı (ws) verileri dahil edildiğinde modelin doğruluk değeri ($R^2=0,204$) olarak hesaplanmaktadır. İkinci adımda rüzgar hızı (ws) ve nem (rh) verilerinin eklenmesi halinde modelin doğruluk değeri ($R^2=0,22$) olarak hesaplanmaktadır. Üçüncü adımda rüzgar hızı (ws), nem (rh) ve basınç verilerinin eklenmesi halinde modelin doğruluk değeri ($R^2=0,28$) olarak hesaplanmış olup eklenen basınç (rh) verilerinin PM₁₀ verilerinin doğru açıklanabilmesinde hiçbir etkisi olmadığı görülmüştür ($p_{nem}=0,05 \geq 0,05$). Dördüncü adımda ise rüzgar hızı (ws), nem (rh), basınç (p) ve sıcaklık (t) verilerinin modele eklenmesi halinde modelin doğruluk değeri ($R^2=0,29$) olarak hesaplanmakta olup nem verilerinin hiçbir etkisinin olmadığı görülmüştür ($p_{nem}=0,43 \geq 0,05$). Son adım olan beşinci adımda ise bütün meteorolojik parametrelerin (rüzgar hızı (ws), nem (rh), basınç (p), sıcaklık (t) ve karışım yüksekliği (sabah – akşam)) eklenmesi halinde modelin doğruluk değeri ($R^2=0,30$) olarak hesaplanmış olup nem ve karışım yüksekliği (sabah) verilerinin modelde etkilerinin olmadığı görülmüştür ($p_{nem}=0,60 > 0,05$) ($p_{kar. Y\ddot{u}k. Sab.}=0,34 > 0,05$).

4.1.6.2 SO₂ İçin Regresyon Modeli

Tablo 4.7: SO₂ için regresyon modeli adımları.

Model Adımları	Model Katsavıları		t istatistiği	pvalues	R ²	
	β	Std. Error				
1	β_0	12,37	0,43	29,13	0,00	0,12
	β_1 (ws)	-1,49	0,12	-12,38	0,00	
2	β_0	-3,88	1,72	-2,26	0,02	0,19
	β_1 (ws)	-1,06	0,12	-8,60	0,00	
	β_2 (rh)	0,21	0,02	9,74	0,00	
3	β_0	-417,98	43,61	-9,58	0,00	0,25
	β_1 (ws)	-1,15	0,12	-9,69	0,00	
	β_2 (rh)	0,16	0,02	7,40	0,00	
	β_3 (p)	0,42	0,04	9,50	0,00	
4	β_0	-103,33	48,41	-2,13	0,03	0,34
	β_1 (ws)	-1,06	0,11	-9,44	0,00	
	β_2 (rh)	-0,06	0,03	-2,10	0,40	
	β_3 (p)	0,13	0,05	2,67	0,01	
	β_4 (t)	-0,57	0,05	-12,17	0,00	

Tablo 4.7 (devam)

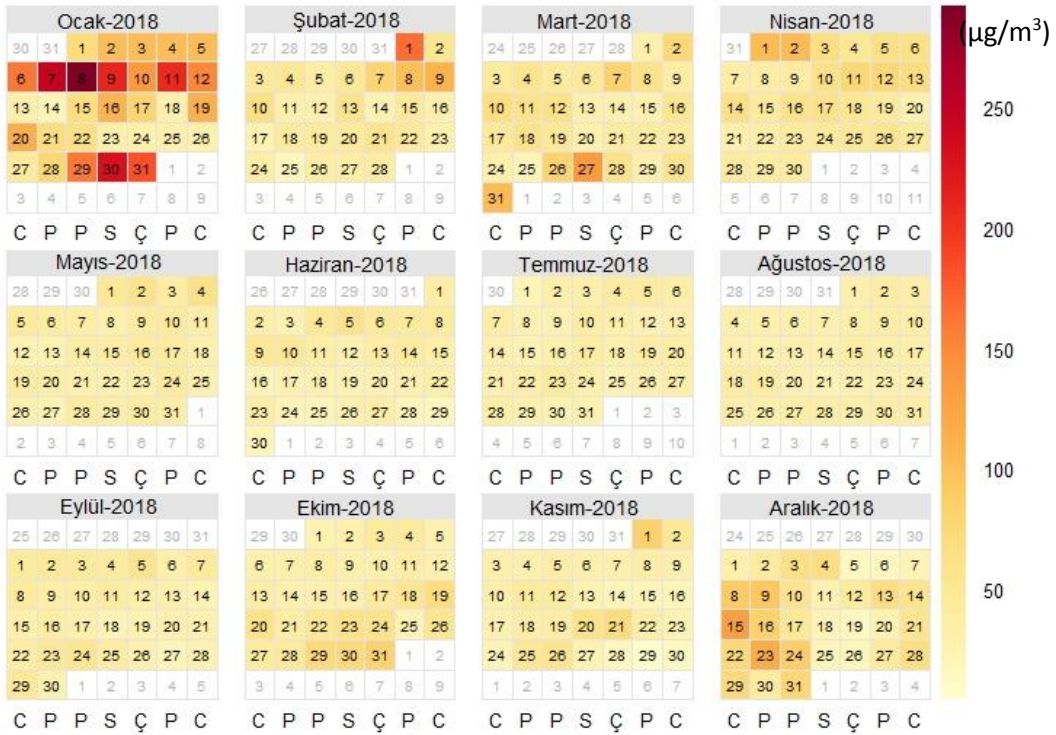
Model Adımları	Model Katsayıları		t istatistiği	p _{values}	R ²
	β	Std. Error			
β_0	-106,66	50,30	-2,12	0,03	
β_1 (ws)	-1,14	0,13	-9,03	0,00	
β_2 (rh)	-0,08	0,03	-2,67	0,01	
β_3 (p)	0,13	0,05	2,60	0,01	
5 β_4 (t)	-0,88	0,10	-8,66	0,00	0,35
B ₅ (kar. Yük. Sabah)	0,00	0,00	2,79	0,01	
B ₆ (kar. Yük. Öğlen)	0,00	0,00	0,45	0,65	

Tablo 4.7’da SO₂ verileri için oluşturulan kademeli model adımlarına göre, birinci adımda modele bağımsız değişken olarak sadece rüzgar hızı (ws) verileri dahil edildiğinde modelin doğruluk değeri (R²=0,12) olarak hesaplanmaktadır. İkinci adımda rüzgar hızı (ws) ve nem (rh) verilerinin eklenmesi halinde modelin doğruluk değeri (R²=0,19) olarak hesaplanmaktadır. Üçüncü adımda rüzgar hızı (ws), nem (rh) ve basınç verilerinin eklenmesi halinde modelin doğruluk değeri (R²=0,25) olarak hesaplanmaktadır. Dördüncü adımda ise rüzgar hızı (ws), nem (rh), basınç (p) ve sıcaklık (t) verilerinin modele eklenmesi halinde modelin doğruluk değeri (R²=0,34) olarak hesaplanmakta olup nem verilerinin hiçbir etkisinin olmadığı görülmüştür (p_{nem}=0,40 ≥ 0,05). Son adım olan beşinci adımda ise bütün meteorolojik parametrelerin (rüzgar hızı (ws), nem (rh), basınç (p), sıcaklık (t) ve karışım yüksekliği (sabah – akşam)) eklenmesi halinde modelin doğruluk değeri (R²=0,35) olarak hesaplanmış olup karışım yüksekliği (öğlen) verilerinin modelde etkilerinin olmadığı görülmüştür (p_{kar. Yük. Öğ.}=0,65 > 0,05).

4.1.7 Hava Kirleticilerinin (PM₁₀ ve SO₂) Epizotları

4.1.7.1 PM₁₀ Parametresine Ait Epizot

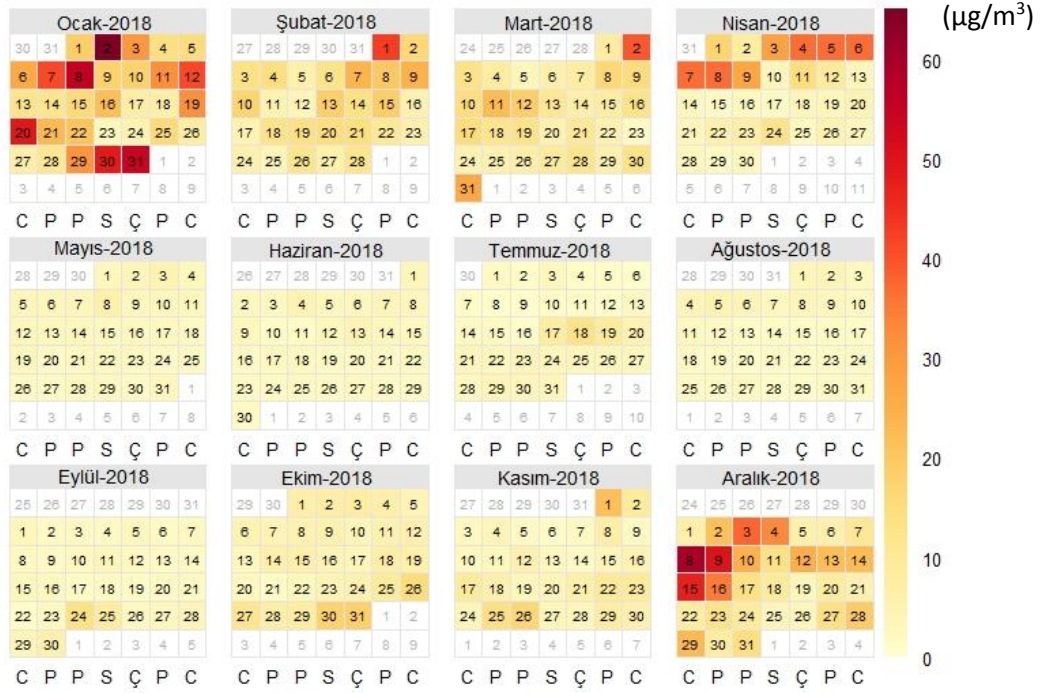
Yapılan bu çalışma kapsamında kullanılan 2017-2019 yılları arasında toplam 3 yıllık PM₁₀ verisi için en yüksek konsantrasyon 2018 yılı Ocak ayının 8. günün olan Pazartesi günü 290,58 µg/m³ olarak kaydedilmiş ve epizot günü olarak seçilmiştir. Kaydedilen bu değerin bulunduğu 2018 yılı için Şekil 4.7’de kirlilik takvimi oluşturulmuştur. Önceki analizlerde elde edilen sonuçları da benzer şekilde kış dönemlerinde kirlilik seviyelerinin daha yüksek değerlerde olduğu 2018 yılı için oluşturulan takvimde görülmektedir.



Şekil 4.7: PM₁₀ kirleticisi için 2018 yılı kirlilik takvimi.

4.1.7.2 SO₂ Parametresine Ait Epizot

Çalışma döneminde, 2017-2019 yılları arasında üç yıllık SO₂ verisi için en yüksek konsantrasyon 2018 yılı Ocak ayının 2. günün olan Salı günü 64,96 µg/m³ olarak kaydedilmiş ve epizot günü olarak seçilmiştir.



Şekil 4.8: SO₂ kirleticisi için 2018 yılı kirlilik takvimi.

2018 yılı için Şekil 4.8'de kirlilik takvimi oluşturulmuştur. Önceki analizlerde elde edilen sonuçları da benzer şekilde kış dönemlerinde kirlilik seviyelerinin daha yüksek değerlerde olduğu 2018 yılı için oluşturulan takvimde görülmektedir.

4.2 Meteoroloji, Hava Kirleticileri (PM₁₀ ve SO₂) ve Hastane Verilerinin Analizleri

4.2.1 Astım Verileri

Hastane kayıtlarından elde edilen toplam 3 yıllık (2017-2019) astım verilerinden yola çıkılarak, hastaneye yapılan başvuruların cinsiyete (erkek, kadın), yaş gruplarına (çocuk (0-12), genç (13-17), yetişkin (18-65) ve yaşlı(>65)) ve yıllara göre (2017, 2018, 2019) dağılım oranları bu bölümde sunulmuştur.

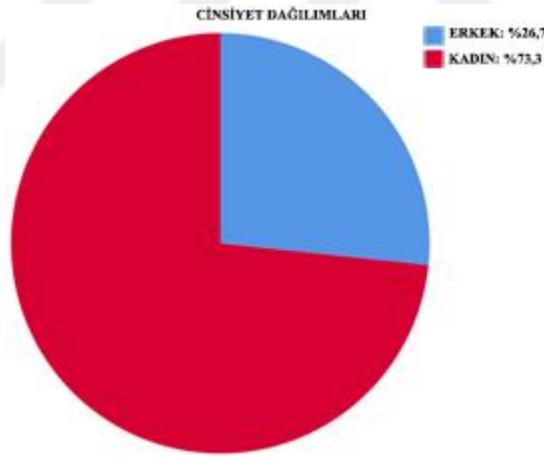
4.2.1.1 Hastane Verilerine Ait Genel İstatistikleri

3 Yıllık inceleme süresi boyunca (2017-2019) Tablo 4.8'de görüldüğü üzere, 2017-2019 yılları arasında astım şikayeti ile hastanelere yapılan toplam müracaat sayılarının 2457 olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.8: Astım şikayeti ile hastane verilerinin müracaat dağılım oranları.

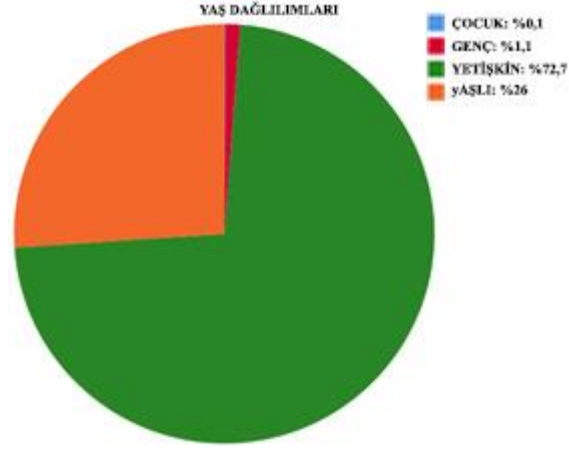
Kategori	Alt kategori	Hasta Sayısı	Toplam Hasta Sayısı	Oran	Toplam
Cinsiyet	Erkek	655	2457	26,7	100
	Kadın	1802		73,3	
Yaş grupları	Çocuk (0-12)	2	2457	0,1	100
	Genç (13-17)	28		1,1	
	Yetişkin (18-65)	1787		72,7	
	Yaşlı (>65)	640		26	
Yıl	2017	581	2457	23,6	100
	2018	563		22,9	
	2019	1313		53,4	

Hastaların cinsiyetlerine göre dağılım incelendiğinde müracaat eden erkek hasta sayısının 655 ve dağılım oranının %26,7 ve kadın hasta sayısının 1802 ve dağılım oranının %73,3 olduğu görülmektedir (Şekil 4.9).



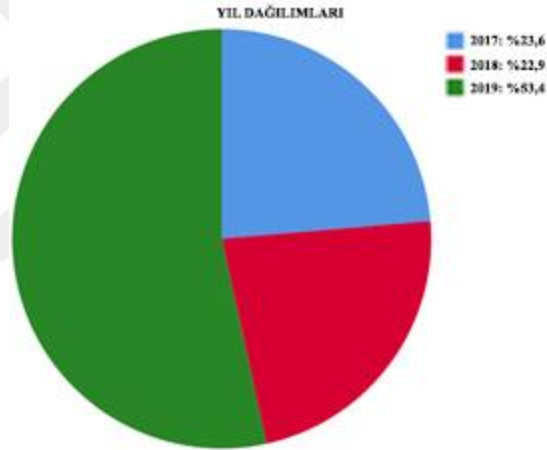
Şekil 4.9: Astım şikayeti ile hastane müracaatlarının cinsiyete göre dağılımı.

Yaş gruplarının dağılımları incelendiğinde ise astım şikayetinden hastaneye müracaat eden hastaların oranı, çocuk %0,1, genç %1,1, yetişkin %72,7 ve yaşlı hastaların %26 oranlarında olduğu görülmektedir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10: Astım şikayeti ile hastane müracaatlarının yaş gruplarına göre dağılımı.

Yıl bazındaki dağılımlara bakıldığında 2017 yılında %23,6, 2018 yılında 22,9 ve 2019 yılında ise %53,4 olduğu görülmektedir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11: Astım şikayeti ile hastane müracaatlarının yıllara göre dağılımı.

4.2.1.2 Hava kirleticilerinin Varyans Analizi (Analysis of Variance-ANOVA)

Çalışmanın yapıldığı 2017-2019 yılları arasında, hasta kabulü yapıldığı günler için hava kirleticilerinin değişimleri incelendiğinde, yıllar baz alındığında PM₁₀ seviyelerinin yıllık ortalama değerlerinde istatistiksel olarak incelendiği ANOVA sonucuna göre, yıllık PM₁₀ ortalamaları birbirinden farklıdır ve bu farklar istatistiksel olarak anlamlıdır (p=0,00 < 0,05). Diğer yapılan Pos-Hoc LSD çoklu karşılaştırma testinde ise PM₁₀ ait yıllık ortalamalarda en yüksek seviye 2017 yılında ve en düşük seviye ise 2019 yılında gerçekleşmiştir. En yüksek PM₁₀ seviyesinin, 67,7 µg/m³ olarak 2017 yılında olduğu tespit edilmiştir. 2018 yılındaki PM₁₀ seviyesi 60,2 µg/m³ ve 2019 yılında ise yaklaşık olarak 37 µg/m³ olduğu tespit

edilmiştir. Yıllık ortalamaların birbirleriyle kıyaslandığı, Post-Hoc LSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 4.9’da sunulmuştur.

Tablo 4.9: Yıllık PM₁₀ seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I) yıllar	(J) yıllar	Ortalamalar Farkı (I-J)	p	95% Güven Aralıkları	
				Alt Limit	Üst Limit
2017	2018	7,49*	,001	2,99	12,00
	2019	30,92*	,000	27,12	34,72
2018	2017	-7,49*	,001	-12,00	-2,99
	2019	23,43*	,000	19,59	27,27
2019	2017	-30,92*	,000	-34,72	-27,12
	2018	-23,43*	,000	-27,27	-19,59

(*) Ortalamalar %95 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır

Yıllık SO₂ ortalamalar arasında farklı olup olmadığının incelendiği ANOVA testinde ise tüm yıllara ait SO₂ ortalamaları istatistiksel olarak anlamlı ve birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir (p=0,00 < 0,05).

Yıllık SO₂ ortalamalarının çoklu olarak kıyaslandığı Post-Hoc LSD testinde ise, 2018 yılında en yüksek SO₂ seviyesi ölçülmüş olup, bunu 2019 ve 2017 yıllarındaki seviyeler takip etmektedir. Yapılan Post-Hoc LSD çoklu karşılaştırma sonuçları Tablo 4.10’da sunulmuştur.

Tablo 4.10: Yıllık SO₂ seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I) yıllar	(J) yıllar	Ortalamalar Farkı (I-J)	p	95% Güven Aralıkları	
				Alt Limit	Üst Limit
2017	2018	-7,36*	,00	-8,44	-6,28
	2019	-4,43*	,00	-5,33	-3,52
2018	2017	7,36*	,00	6,28	8,44
	2019	2,93*	,00	2,02	3,85
2019	2017	4,43*	,00	3,52	5,33
	2018	-2,93*	,00	-3,85	-2,02

(*) Ortalamalar %95 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır

Astım hastalık kabullerinin incelendiği 2017-2019 yıllar arasında, diğer ölçülen hava kirleticisi olarak SO₂ seviyeleri de incelenmiştir. Yine PM₁₀ seviyelerinde olduğu gibi yapılan benzer istatistiksel analizler sonucunda en yüksek yıllık ortalama 2018 yılında

12,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ölçülmüştür. Diğer en yüksek SO_2 seviyesi 2019 yılında 9,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve en düşük SO_2 seviyesi ise 2017 yılında 4,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüştür.

Ayrıca, çalışma dönemini kapsayan 2017-2019 döneminde meteoroloji parametrelerine ait temel istatistikler de Tablo 4.11’de sunulmuştur.

Tablo 4.11: Meteorolojik parametrelerin istatistikleri.

	N	Ortalama	95% Güven Aralıkları		Minimum	Maximum	
			Alt Limit	Üst Limit			
t	2017	581	19,66	19,16	20,16	3,69	32,26
	2018	563	13,25	12,51	13,99	2,33	28,55
	2019	1313	16,26	15,89	16,64	1,63	30,10
	Toplam	2457	16,38	16,08	16,68	1,63	32,26
P	2017	581	962,45	959,91	964,99	884,94	1025,07
	2018	563	981,70	979,49	983,91	875,69	1036,48
	2019	1313	976,84	975,13	978,56	898,73	1043,43
	Toplam	2457	974,55	973,32	975,79	875,69	1043,43
ws	2017	581	1,84	1,76	1,92	,51	4,72
	2018	563	1,89	1,81	1,97	,38	4,41
	2019	1313	,70	,67	,74	,26	4,48
	Toplam	2457	1,24	1,20	1,29	,26	4,72
rh	2017	581	66,54	66,41	66,67	62,46	70,16
	2018	563	66,55	66,35	66,75	60,73	71,36
	2019	1313	65,88	65,78	65,98	60,48	70,78
	Toplam	2457	66,19	66,11	66,27	60,48	71,36

(*) Ortalamalar %95 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır

Yine Tablo 4.11’de görüleceği üzere en yüksek sıcaklık 2017 yılında 19,6 °C ve en düşük sıcaklık 2018 yılında 13,25 °C olarak ölçülmüştür. En yüksek basınç 2018 yılında 981,7 mbar ve en düşük basınç değeri olan 962,45 mbar ile 2017 yılında ölçülmüştür. En yüksek rüzgar hızı sırasıyla 2018 yılında 1,89 m/sn ve 2017 yılında 1,84 m/sn ile gerçekleşmiş olup, en düşük rüzgar hızı ise 2019 yılında 0,7 m/sn olarak ölçülmüştür. En yüksek nispi nem yine sırasıyla 2018 ve 2017 yıllarında 66,55 ve 66,54 olarak ölçülmüş olup, en düşük nispi nem ise 2019 yılında 66,2 olarak ölçülmüştür.

4.2.1.3 Astım Vakalarının Varyans Analizi (Analysis of Variance-ANOVA)

Çalışmanın yapıldığı 2017-2019 yılları arasında hastane kabul vakalarının mevsimsel değişimlerinin incelendiğinde astım için başvuru dönemleri baz alındığında, astım müracaatlarının mevsimsel ortalama değerlerinin incelendiği ANOVA testi sonucuna göre,

astım vakalarının mevsimsel ortalamaları birbirine eşittir ve bu fark istatistiksel olarak önemsizdir ($p=0,11>0,05$).

Tablo 4.12’de da görüleceği üzere astım müracaatlarına ait dönemsel ortalama değerlerin en yüksek seviyesi kış döneminde ve en düşük seviyesi ise yaz döneminde olduğu tespit edilmiştir. Astım müracaatlarının en yüksek olduğu dönem olan kış döneminde ortalama 5 vaka görülürken, ilkbaharda ortalama 4 vaka, yaz döneminde ortalama 4 vaka ve sonbahar döneminde de ortalama 5 vakanın olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.12: Çalışma periyoduna ait mevsimsel astım müracaat istatistikleri.

	Yıllar	N	Ortalama	Standart Sapma	95% Ortalama için Güven Aralığı		Minimum	Maksimum
					Alt Limit	Üst Limit		
Astım	İlkbahar	117	4,44	3,97	3,72	5,17	1,00	23,00
	Yaz	120	3,78	3,38	3,16	4,39	1,00	15,00
	Sonbahar	184	4,82	4,36	4,19	5,46	1,00	23,00
	Kış	119	5,02	5,36	4,04	5,99	1,00	27,00

4.2.1.4 Çoklu Korelasyon Analizi

Çalışma kapsamında, astım teşhisi ile hasta kabullerinin yapıldığı astım vakalarına ait gün sayısı, bu vakalara ait hava kirleticileri, PM₁₀ ve SO₂, seviyeleri ile vaka günlerine ait sıcaklık (t) ile yapılan korelasyon analizi sonuçları Tablo 4.13’de sunulmuştur.

Tablo 4.13: Çoklu korelasyon matrisi.

		Astım vakaları	PM ₁₀	SO ₂	t
Astım vakaları	Pearson Correlation	1	,08	,18**	-,23**
	Sig. (2-tailed)		,06	,00	,00
	N	540	540	540	540
PM ₁₀	Pearson Correlation	,08	1	,64**	-,33**
	Sig. (2-tailed)	,06		,00	,00
	N	540	2457	2457	2457
SO ₂	Pearson Correlation	,18**	,64**	1	-,51**
	Sig. (2-tailed)	,00	,00		,00
	N	540	2457	2457	2457
t	Pearson Correlation	-,23**	-,33**	-,51**	1
	Sig. (2-tailed)	,00	,00	,00	
	N	540	2457	2457	2457

(**) Korelasyonlar %95 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır

Korelasyon analizi sonuçlarına göre astım vaka sayıları ile en yüksek istatistiksel ilişki sıcaklık parametresi ile belirlenmiştir. Astım vakalarındaki artış, sıcaklık ile ters yönlü olup, sıcaklığın azalması ile %23 oranında açıklanmaktadır. Astım vakaları ile diğer en yüksek korelasyona sahip parametre SO₂ seviyeleri olup, aralarında pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Astım vakaları ile SO₂ seviyelerindeki istatistiksel ilişki %18 oranında ifade edilmektedir. Astım vakalarının hem sıcaklık ve hem de SO₂ seviyeleri ile arasındaki istatistiksel ilişki %95 önem seviyesinde anlamlıdır (p=0,00 < 0,05). Astım vakaları ile en düşük korelasyon sahip parametre ise PM₁₀ seviyeleri ile olduğu tespit edilmiş olup, korelasyon pozitif yönde %8 oranında olduğu ve istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir (p=0,06 > 0,05).

4.2.1.5 Faktör Analizi

Astım vakaları, hava kirleticileri (PM₁₀ ve SO₂) ve lokal meteorolojik parametreler faktörleri etkisinde oluşturulan faktör analizinde, ilk adım olarak yapılan PCA (Principal Component Analysis-Temel Bileşenler Analizi) uygulamasının geçerliliği ve güvenilirliği için KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) ve Bartlett geçerlilik testleri yapılmıştır. Testler sonucunda KMO değeri 0,620 hesaplanmış ve KMO değeri 0,4'den büyük olduğu için ve Bartlett testi sonucunda p değeri 0,00 olarak hesaplanmış olup p < 0,05 olduğu için PCA analizi güvenilir ve test sonuçları anlamlıdır yorumu yapılmıştır. PCA uygulamasındaki sonraki adımda her bir bileşen için öz değer (eigenvalue) hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 4.14'de sunulmuştur. Tabloda ilk 3 bileşenin öz değeri 1 değerinden büyük olduğu için faktör analizi 3 bileşenli olarak yapılması tavsiye edilmiştir.

Tablo 4.14: Öz değer tablosu.

Bileşenler	Öz değerler		
	Toplam	Varyant % değeri	Kümülatif %
1	2,62	37,48	37,48
2	1,22	17,46	54,96
3	1,01	14,45	69,38
4	,88	12,61	81,99
5	,62	8,78	90,77
6	,41	5,80	96,56
7	,24	3,44	100,00

Oluşturulan 3 bileşenli PCA, değişimlerin yaklaşık %69,38'ini açıklayabilmektedir. Oluşturulan 3 bileşenli PCA sonuçları Tablo 4.15'de sunulmuştur.

Tablo 4.15: PCA tablosu.

	Bileşenler		
	1	2	3
t	-,89	,23	-,05
p	,72	-,16	-,24
rh	,68	-,11	,27
ws	,15	,79	-,03
SO ₂	,52	-,77	,07
PM ₁₀	,51	-,70	,07
Astım vakaları	,04	-,07	,95

Elde edilen 3 bileşenli PCA sonucuna göre, ilk bileşenler öncelikle ters yönlü sıcaklık (t) ve sonrasında (p) ve (rh) olmak üzere meteorolojik parametrelerdir. İkinci bileşen ise öncelikle rüzgar hızı (ws) ile ters yönde etkileşim gösteren PM₁₀ ve SO₂ hava kirleticileri ve son bileşen ise astım hasta kabul sayıları olarak değerlendirilebilir. Düşük sıcaklık koşulları, PM₁₀ ve SO₂ seviyeleri, astım vakalarının sıklığında artışa neden olurken düşük basınç, nem ve rüzgar hızı seviyeleri ise astım vakalarının sıklığında azalmaya yardımcı olur.

4.2.2 Bronşit Verileri

Hastaneye yapılan 3 yıllık (2017-2019) bronşit müracaat kayıtları çerçevesinde cinsiyete, yaş gruplarına ve yıllara göre dağılımlar bu kısımda sunulmuştur.

4.2.2.1 Hastane Verilerine Ait Genel İstatistikler

Tablo 4.16’da 2017-2019 yılları arasında bronşit müracaat vakalarının oranları sunulmuş, buna göre toplam 3 yıllık müracaatların 3593 adet olduğu görülmektedir.

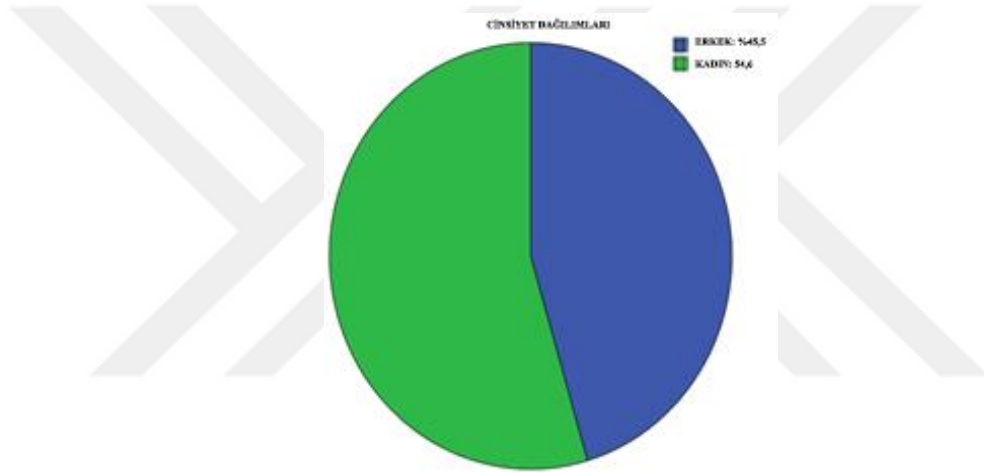
Tablo 4.16: Bronşit şikayeti ile hastane verilerinin müracaat dağılım oranları.

Kategori	Alt kategori	Hasta Sayısı	Toplam Hasta Sayısı	Oran	Toplam
Cinsiyet	Erkek	1633	3593	45,5	100
	Kadın	1960		54,6	
Yaş grupları	Çocuk (0-12)	4	3593	0,1	100
	Genç (13-17)	39		1,1	
	Yetişkin (18-65)	2684		74,7	
	Yaşlı (>65)	866		24,1	

Tablo 4.16 (devam)

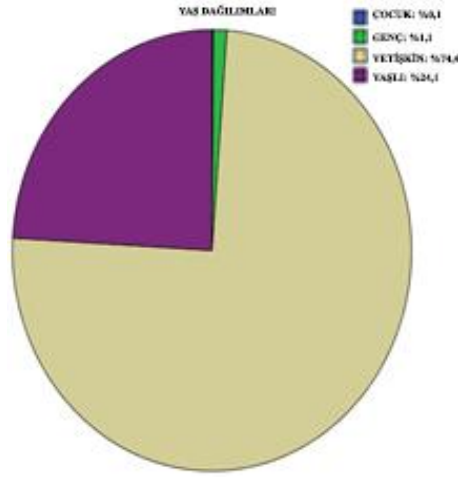
Kategori	Alt kategori	Hasta Sayısı	Toplam Hasta Sayısı	Oran	Toplam
Yıl	2017	560	3593	15,6	100
	2018	561		15,6	
	2019	2472		68,8	

Yapılan inceleme sonucunda, 3 yıllık verilerin incelendiği bu kısımda cinsiyet dağılımlarının istatistikleri, erkek hastaların toplam müracaatlarının yaklaşık olarak %45,5'ini, kadın hastalar ise yaklaşık olarak %54,6'sını oluşturduğu görülmektedir (Şekil 4.12).



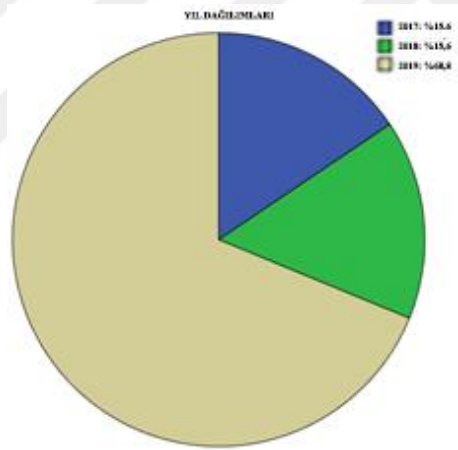
Şekil 4.12: Bronşit şikayeti ile hastane müracaatlarının cinsiyete göre dağılımı.

Yaş gruplarının dağılımlar incelendiğinde, toplam kabul sayısının %0,1'i çocuklar olmak üzere, %1,1'i gençlerden, %74,7'si yetişkinlerden ve %24,1'i de yaşlı hastalardan oluştuğu görülmektedir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13: Bronşit şikayeti ile hastane müracaatlarının yaş gruplarına göre dağılımı.

2017, 2018 ve 2019 yıllarının istatistiklerine bakıldığında, toplam müracaatların yaklaşık olarak %15,6'sı 2017 yılında, %15,6'sı 2018 yılında ve 68,8'i de 2019 yılında gerçekleşmiştir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14: Bronşit şikayeti ile hastane müracaatlarının yıllara göre dağılımı.

4.2.2.2 Hava kirleticilerinin Varyans Analizi (Analysis of Variance-ANOVA)

Yapılan varyans analizi (Analysis of Variance-ANOVA) sonuçlarına göre; 2017-2019 yılları arasında en yüksek PM₁₀ seviyesinin, 61,40 µg/m³ olarak 2017 yılında olduğu ve en düşük PM₁₀ seviyesinin de, 36,32 µg/m³ 2019 yılında olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan ANOVA analizi sonucuna göre, PM₁₀ seviyelerinin yıllık ortalama değerlerinde farklılık olduğu ve bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir (p=0,00 < 0,05).

Pos-Hoc LSD sonuçları incelendiğinde, PM₁₀ ait yıllık ortalamalarda en yüksek seviye 2017 yılında ve en düşük seviye ise 2019 yılında gerçekleşmiştir Tablo 4.17.

Tablo 4.17: Yıllık PM₁₀ seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I) yıllar	(J) yıllar	Ortalamalar Farkı (I-J)	p	95% Güven Aralıkları	
				Alt Limit	Üst Limit
2017	2018	15,14*	,00	12,06	18,23
	2019	25,08*	,00	22,67	27,50
2018	2017	-15,14*	,00	-18,23	-12,06
	2019	9,94*	,00	7,53	12,35
2019	2017	-25,08*	,00	-27,50	-22,67
	2018	-9,94*	,00	-12,35	-7,53

(*) Ortalamalar %95 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır

SO₂ seviyeleri için yapılan varyans analizi (Analysis of Variance-ANOVA) sonuçlarına göre; en yüksek yıllık ortalama 2019 yılında 8,99 µg/m³ ölçülmüş ve en düşük SO₂ seviyesi ise 2017 yılında 4,36 µg/m³ olarak ölçülmüştür. Yıllık SO₂ ortalamalarının farklı olup olmadığının incelendiği ANOVA testinde ise tüm yıllara ait SO₂ ortalamaları istatistiksel olarak anlamlı ve birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir (p=0,00 < 0,05).

Yıllık SO₂ ortalamalarının çoklu olarak kıyaslandığı Post-Hoc LSD testine göre, 2019 yılında en yüksek SO₂ seviyesi ve 2017 yılında da en düşük SO₂ seviyesi ölçülmüş olduğu tespit edilmiştir Tablo 4.18.

Tablo 4.18: Yıllık SO₂ seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I) yıllar	(J) yıllar	Ortalamalar Farkı (I-J)	p	95% Güven Aralıkları	
				Alt Limit	Üst Limit
2017	2018	-4,36*	,00	-5,21	-3,51
	2019	-4,63*	,00	-5,29	-3,96
2018	2017	4,36*	,00	3,51	5,21
	2019	-,27	,43	-,93	,40
2019	2017	4,63*	,00	3,96	5,29
	2018	,27	,43	-,40	,93

(*) Ortalamalar %95 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır

Ayrıca 2017-2019 yılları arasındaki meteorolojik parametrelerin istatistikleri incelenmiş olup %95 güven aralığı için alt sınır ve üst sınır bilgileri Tablo 4.19’da sunulmuştur.

Tablo 4.19: Meteorolojik parametrelerin istatistikleri.

	N	Ortalama	95% Güven Aralıkları		Minimum	Maximum	
			Alt Limit	Üst Limit			
t	2017	560	19,34	18,79	19,89	4,20	31,57
	2018	561	17,40	16,71	18,09	1,79	30,27
	2019	2472	16,47	16,20	16,75	4,43	30,10
	Total	3593	17,06	16,83	17,30	1,79	31,57
P	2017	560	963,84	960,92	966,77	884,94	1025,07
	2018	561	975,20	972,62	977,79	875,69	1038,67
	2019	2472	974,85	973,60	976,09	898,73	1043,43
	Total	3593	973,19	972,13	974,25	875,69	1043,43
ws	2017	560	1,77	1,70	1,85	,51	4,18
	2018	561	1,84	1,76	1,91	,38	4,41
	2019	2472	,73	,70	,76	,26	4,49
	Total	3593	1,06	1,03	1,09	,26	4,49
rh	2017	560	66,53	66,40	66,67	62,31	70,16
	2018	561	65,96	65,81	66,11	60,73	71,36
	2019	2472	65,87	65,80	65,94	60,48	70,78
	Total	3593	65,99	65,93	66,05	60,48	71,36

(*) Ortalamalar %95 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır

Tablo 4.19’da görüleceği üzere, en yüksek sıcaklık 2017 yılında 19,34 °C ve en düşük sıcaklık 2019 yılında 16,47 °C olarak ölçülmüştür. Basınç değerlerine bakıldığında en yüksek değer 2018 yılında 975,20 mbar ve en düşük basınç değerinin ise 963,84 mbar ile 2017 yılında ölçüldüğü görülmektedir. En yüksek rüzgar hızı sırasıyla 2018 yılında 1.84 m/sn ve 2017 yılında 1,77 m/sn ile gerçekleşmiş olup, en düşük rüzgar hızı ise 2019 yılında 0,73 m/sn olarak ölçülmüştür. En yüksek nispi nem yine sırasıyla 2017 ve 2018 yıllarında 66,53 ve 65,96 olarak ölçülmüş olup, en düşük nispi nem ise 2019 yılında 65,87 olarak ölçülmüştür.

4.2.2.3 Bronşit Vakalarının Varyans Analizi (Analysis of Variance-ANOVA)

Çalışmanın yapıldığı 2017-2019 yılları arasında, hastane kabul vakalarının mevsimsel değişimleri incelenip bronşit için başvuru dönemleri baz alındığında, astım müracaatlarının mevsimsel ortalama değerlerinin incelendiği ANOVA testi sonucuna göre, bronşit vakalarının mevsimsel ortalamaları birbirine eşit değildir ve bu fark istatistiksel olarak önemlidir ($p=0,05 \leq 0,05$).

Tablo 4.20’de görüleceği üzere bronşit müracaatlarına ait dönemsel ortalama değerlerin en yüksek değeri ilkbahar döneminde ve en düşük değeri ise kış döneminde olduğu tespit

edilmiştir. Bronşit müracaatlarının en yüksek olduğu dönem olan ilkbahar döneminde ortalama 8 vaka görülürken, yaz döneminde ortalama 6 vaka, sonbahar döneminde ortalama 7 vaka ve kış döneminde de ortalama 6 vaka olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.20: Çalışma periyoduna ait bronşit müracaat istatistikleri.

	Yıllar	N	Ortalama	Standart Sapma	95% Ortalama için Güven Aralığı		Minimum	Maksimum
					Alt Limit	Üst Limit		
Astım	İlkbahar	113	8,13	7,09	6,81	9,45	1,00	26,00
	Yaz	112	6,24	6,05	5,11	7,37	1,00	27,00
	Sonbahar	181	6,77	5,99	5,90	7,65	1,00	22,00
	Kış	126	5,94	6,55	4,69	7,20	1,00	28,00

4.2.2.4 Çoklu Korelasyon Analizi

Hastaneye yapılan müracaatların bronşit şikayetlerine ait günlere ve bu günlere karşılık gelen PM₁₀ ve SO₂ hava kirletici seviyeleri ve sıcaklık verilerinin korelasyon sonuçları bu kısımda sunulmuştur Tablo 4.21.

Tablo 4.21: Çoklu korelasyon matrisi.

		Bronşit vakaları	PM ₁₀	SO ₂	t
Bronşit vakaları	Pearson Correlation	1	-,16 ^{**}	-,05	,05
	Sig. (2-tailed)		,00	,27	,22
	N	532	532	532	532
PM ₁₀	Pearson Correlation	-,16 ^{**}	1	,62 ^{**}	-,34 ^{**}
	Sig. (2-tailed)	,00		,00	,00
	N	532	532	532	532
SO ₂	Pearson Correlation	-,05	,62 ^{**}	1	-,47 ^{**}
	Sig. (2-tailed)	,27	,00		,00
	N	532	532	532	532
t	Pearson Correlation	,05	-,34 ^{**}	-,47 ^{**}	1
	Sig. (2-tailed)	,22	,00	,00	
	N	532	532	532	532

(**) Korelasyonlar %95 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır

Korelasyon analizi sonuçlarına göre, bronşit vaka sayıları ile en yüksek istatistiksel ilişki PM₁₀ parametresi ile belirlenmiştir. Bronşit vakalarındaki artış PM₁₀ ile ters yönlü olup, PM₁₀ azalması ile %16 oranında açıklanmaktadır. Bronşit vakalarının PM₁₀ seviyeleri ile arasındaki istatistiksel ilişki %95 önem seviyesinde anlamlıdır (p=0,00 < 0,05). Bronşit vakaları ile en düşük korelasyon sahip parametreler ise SO₂ ve sıcaklık seviyeleri olduğu

tespit edilmiş olup, SO₂ için negatif yönde %5 oranında bir korelasyon katsayısı ve sıcaklık için de pozitif yönde %5 oranında bir korelasyon katsayısı olduğu ve bu katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir ($p_{SO_2}=0,27 > 0,05$, $p_t=0,22 > 0,05$).

4.2.2.5 Faktör Analizi

Bronşit vakaları, hava kirleticileri (PM₁₀ ve SO₂) ve lokal meteorolojik parametreler faktörleri etkisinde oluşturulan faktör analizinde, uygulamasının geçerliliği ve güvenilirliği için KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) ve Bartlett geçerlilik testleri yapılmıştır. Buna göre KMO değeri 0,60 hesaplanmış ve KMO değeri 0,4'den büyük olduğu için ve Bartlett testi sonucunda p değeri 0,00 olarak hesaplanmış olup $p < 0,05$ olduğu için PCA analizi güvenilir olduğu ve test sonuçlarının anlamlı olduğu saptanmıştır. PCA uygulaması kapsamında sonraki adımda her bir bileşen için öz değer (eigenvalue) hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 4.22'de sunulmuştur.

Tablo 4.22: Öz değer tablosu.

Bileşenler	Öz değerler		
	Toplam	Varyant % değeri	Kümülatif %
1	2,60	37,13	37,13
2	1,33	18,94	56,07
3	1,03	14,71	70,76
4	,86	12,26	83,04
5	,56	8,01	91,05
6	,38	5,49	96,53
7	,24	3,47	100,00

Tablo 4.22'de de görüleceği üzere ilk 3 bileşenin öz değeri 1 değerinden büyük olduğu için faktör analizinin 3 bileşenli yapılması öngörülmüştür.

Oluşturulan 3 bileşenli PCA analizi, değişimlerin yaklaşık olarak %70,76'sını açıklayabilmektedir. Oluşturulan 3 bileşenli PCA sonuçları Tablo 4.23'de sunulmuştur. Elde edilen 3 bileşenli PCA sonuçlarına bakıldığında, ilk bileşenlerin sıcaklık (t), basınç (p) ve nem (eh), ikinci bileşenlerin rüzgar hızı (ws), PM₁₀ ve SO₂ hava kirleticileri ve son bileşen ise bronşit hasta kabul sayıları olarak değerlendirilebilir. Düşük sıcaklık, rüzgar hızı koşulları, PM₁₀ ve SO₂ seviyeleri, bronşit vakalarının sıklığında artışa neden olurken düşük basınç ve nem seviyeleri ise bronşit vakalarının sıklığında azalmaya yardımcı olur.

Tablo 4.23: PCA tablosu.

	Bileşenler		
	1	2	3
t	-,80	,26	-,34
p	,77	,29	-,27
rh	,73	,18	-,45
ws	,65	-,20	,38
SO ₂	,58	-,26	,20
PM ₁₀	-,26	-,82	,03
Bronşit vakaları	-,13	,60	,67

4.2.3 Sinüzit Verileri

Hastaneye yapılan 2 yıllık sinüzit müracaatlarından elde edilen verilere ait cinsiyet, yaş grupları ve yıl dağılımları bu kısımda sunulmuştur.

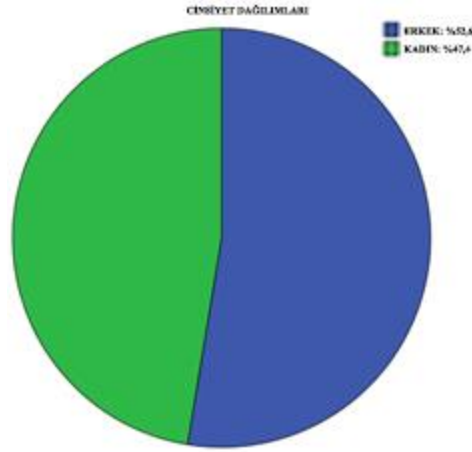
4.2.3.1 Hastane Verilerine Ait Genel İstatistikler

Tablo 4.24’de görüleceği üzere, 2 yıllık (2017-2018) sinüzit müracaat sayılarının yaklaşık olarak 1878 adet başvuru olduğu görülmektedir.

Tablo 4.24: Sinüzit şikayeti ile hastane verilerinin müracaat dağılım oranları.

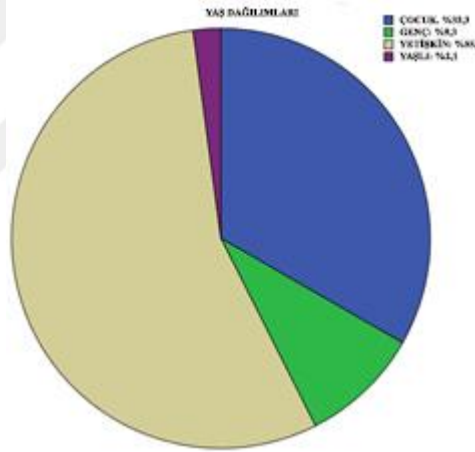
Kategori	Alt kategori	Hasta Sayısı	Toplam Hasta Sayısı	Oran	Toplam
Cinsiyet	Erkek	988	1878	52.6	100
	Kadın	890		47.4	
Yaş grupları	Çocuk (0-12)	625	1878	33.3	100
	Genç (13-17)	174		9.3	
	Yetişkin (18-65)	1039		55.3	
	Yaşlı (>65)	40		2.1	
Yıl	2017	28	1878	1.5	100
	2018	1850		98.5	

Toplam 1878 müracaatın yaklaşık olarak %52,6’sı erkek hastalar tarafından ve geriye kalan %47,4’lük kısım ise kadın hastalar tarafından yapıldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.15).



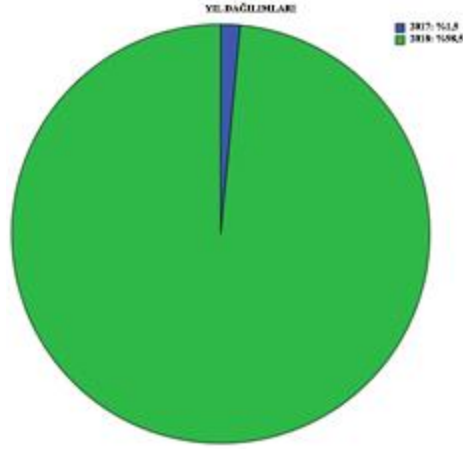
Şekil 4.15: Sinüzit şikayeti ile hastane müracaatlarının cinsiyete göre dağılımı.

Yaş gruplarının dağılımları incelendiğinde ise astım şikayetinden hastaneye müracaat eden hastaların oranı çocuk %33,3, genç %9,3, yetişkin %55,3 ve yaşlı hastaların %2,1 oranlarında olduğu görülmektedir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16: Sinüzit şikayeti ile hastane müracaatlarının yaş gruplarına göre dağılımı.

Yıl bazındaki dağılımlara bakıldığında 2017 yılında %1,5 başvuru, 2018 yılında %98,5 başvuru olduğu görülmektedir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17: Sinüzit şikayeti ile hastane müracaatlarının yıllara göre dağılımı.

4.2.3.2 Hava Kirleticilerinin Varyans Analizi (Bağımsız Örnekler için T-Testi)

Sinüzit şikayeti ile hastaneye yapılan başvuruların sadece 2 yıllık verilerinin olması nedeniyle veriler, bağımsız örnekler için t-testi (Independent sample t-test) ile analiz edilmiştir.

Tablo 4.25: Çalışma yıllarına ait hava kirleticilerinin ve meteorolojik kategorilerin ortalaması.

	Yıllar	N	Ortalama
PM ₁₀	2017	28	61,84
	2018	1850	49,01
SO ₂	2017	28	6,85
	2018	1850	9,72
t	2017	28	19,16
	2018	1850	14,16
p	2017	28	967,51
	2018	1850	989,52
ws	2017	28	2
	2018	1850	1,62
rh	2017	28	66,14
	2018	1850	66,24

Sinüzit kabullerinin iki yıllık verilerinin istatistikleri Tablo 4.25’de sunulmuştur. 95% önem düzeyinde PM₁₀, SO₂, ws, rh seviyelerinin ortalamalarına bakıldığında yıllık ortalamaların 95% önem düzeyinde ortalamalara ve Independent Sample T-Test testi sonucuna bağlı olarak birbirine yakın değerlere sahip olduğu ve yıllar arasında farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Diğer yandan p ve t değerlerinin yıllık ortalamalarının

birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir. (PM₁₀ için p_{value}=2,11, SO₂ için p_{value}=1,30, t için p_{value}=0,00, p için p_{value}=0,00, ws için p_{value}=0,12, rh için p_{value}=0,73).

4.2.3.3 Sinüzit Vakalarının Varyans Analizi (Analysis of Variance-ANOVA)

Çalışmanın yapıldığı 2017-2019 yılları arasında, hastane kabul vakalarının mevsimsel değişimlerinin incelendiğinde sinüzit için başvuru dönemleri baz alındığında, sinüzit müracaatlarının mevsimsel ortalama değerlerinin incelendiği ANOVA testi sonucuna göre, sinüzit vakalarının mevsimsel ortalamaları birbirine eşit değildir ve bu fark istatistiksel olarak önemlidir (p=0,00≤0,05).

Tablo 4.26’de görüleceği üzere sinüzit müracaatlarına ait dönemsel ortalama değerlerin en yüksek değeri sonbahar döneminde ve en düşük seviyesi ise yaz döneminde olduğu tespit edilmiştir.

Sinüzit müracaatlarının en yüksek olduğu dönem olan sonbahar döneminde ortalama 9 vaka görülürken, kış döneminde ortalama 8 vaka, ilkbahar döneminde ortalama 4 vaka ve yaz döneminde de ortalama 3 vaka olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.26: Çalışma periyoduna ait sinüzit müracaat istatistikleri.

	Yıllar	N	Ortalama	Standart Sapma	95% Ortalama için Güven Aralığı		Minimum	Maksimum
					Alt Limit	Üst Limit		
Astım	İlkbahar	71	3,94	3,17	3,19	4,69	1,00	15,00
	Yaz	75	3,15	2,57	2,56	3,74	1,00	11,00
	Sonbahar	83	8,72	7,15	7,16	10,28	1,00	30,00
	Kış	76	8,34	9,83	6,15	10,64	1,00	55,00

4.2.3.4 Çoklu Korelasyon Analizi

Sinüzit şikayetlerine ait günlere ve bu günlere karşılık gelen PM₁₀ ve SO₂ hava kirlenici seviyeleri ve sıcaklık verilerine korelasyon analizi uygulanmıştır ve sonuçlar Tablo 4.27’de sunulmuştur.

Tablo 4.27: Çoklu korelasyon matrisi.

		Sinüzit vakaları	PM ₁₀	SO ₂	t
Sinüzit vakaları	Pearson Correlation	1	-,03	,05	-,28**
	Sig. (2-tailed)		,64	,38	,00
	N	305	305	305	305
PM ₁₀	Pearson Correlation	-,03	1	,63**	-,35**
	Sig. (2-tailed)	0,64		,00	,00
	N	305	305	305	305
SO ₂	Pearson Correlation	,05	,63**	1	-,53**
	Sig. (2-tailed)	,38	,00		,00
	N	305	305	305	305
t	Pearson Correlation	-,28**	-,35**	-,53**	1
	Sig. (2-tailed)	,00	,00	,00	
	N	305	305	305	305

(**) Korelasyonlar %95 önem düzeyinde istatikselsel olarak anlamlıdır

Korelasyon analizi sonuçlarına göre, sinüzit vaka sayıları ile en yüksek istatikselsel ilişki sıcaklık (t) parametresi ile belirlenmiştir. Aralarında %28 oranında ters korelasyon olduğu ve sıcaklığın (t) azalması ile sinüzit vakalarında artış olduğu söylenebilir. Elde edilen bu sonuç %95 önem seviyesinde anlamlıdır ($p=0,00 < 0,05$). Sinüzit vakaları ile en düşük korelasyon değerine sahip parametreler ise SO₂ ve PM₁₀ seviyeleri olduğu tespit edilmiş olup, korelasyon SO₂ için pozitif yönde %5 oranında ve PM₁₀ için de negatif yönde %3 oranında olduğu ve istatikselsel olarak anlamlı olmadıkları tespit edilmiştir ($p_{SO_2}=0,38 > 0,05$, $p_{PM_{10}}=0,64 > 0,05$).

4.2.3.5 Faktör Analizi

Sinüzit vakaları, hava kirleticileri (PM₁₀ ve SO₂) ve lokal meteorolojik parametreler faktörleri etkisinde oluşturulan faktör analizinde, yapılan PCA analizinin (Principal Component Analysis-Temel Bileşenler Analizi) doğruluğunu ifade eden KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) ve Bartlett geçerlilik sonuçlarına bakılacak olursa, KMO değeri 0,67 hesaplanmış ve KMO değeri 0,4'den büyük olduğu için ve Bartlett testi sonucunda p değeri 0,00 olarak hesaplanmış olup $p < 0,05$ olduğu için PCA analizi güvenilir sonuçlara verdiği saptanmıştır.

PCA uygulamasındaki öz değer (eigenvalue) katsayıları hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 4.28'de sunulmuştur.

Tablo 4.28: Öz değer tablosu.

Bileşenler	Öz değerler		
	Toplam	Varyant % değeri	Kümülatif %
1	2,87	41,02	41,02
2	1,36	19,45	60,47
3	,90	12,86	73,33
4	,76	10,88	84,21
5	,52	7,36	91,57
6	,37	5,25	96,82
7	,22	3,18	100,00

Tablo 4.28’de sunulan öz değer sonuçlarına göre, sadece iki bileşenin öz değeri 1’den büyük olması nedeniyle PCA 2 bileşenli oluşturulmuştur. Oluşturulan 2 bileşenli PCA değişimlerin yaklaşık olarak %60,47’sini ifade edebilmektedir.

Tablo 4.29: PCA tablosu.

	Bileşenler	
	1	2
t	-,80	,26
p	,77	,29
rh	,73	,18
ws	,65	-,20
SO ₂	,58	-,26
PM ₁₀	-,26	-,82
Sinüzit vakaları	-,13	,60

PCA tablosuna göre, 2 bileşenli PCA sonuçlarının ilk bileşenleri sıcaklık (t), basınç (p) ve nem seviyesi (rh) olmak üzere meteorolojik parametreler, ikinci bileşenler ise PM₁₀ ve sinüzit vakaları olarak değerlendirilebilir. Elde edilen sonuçlara göre, düşük sıcaklık koşulları sinüzit vakalarının sıklığında artışa neden olduğu görülmektedir. İkinci önemli bileşenler ise öncelikle PM₁₀ ve sinüzit vakaları olarak değerlendirilmektedir.

4.2.4 Üst Solunum Yolu Enfeksiyonu Verileri

2017-2019 yılları arasında hastaneye yapılan üst solunum yolu enfeksiyonu vakalarının genel istatistikleri bu kısımda sunulmuştur. Cinsiyete, yaş gruplarına ve yıllara göre dağılımları incelenmiştir.

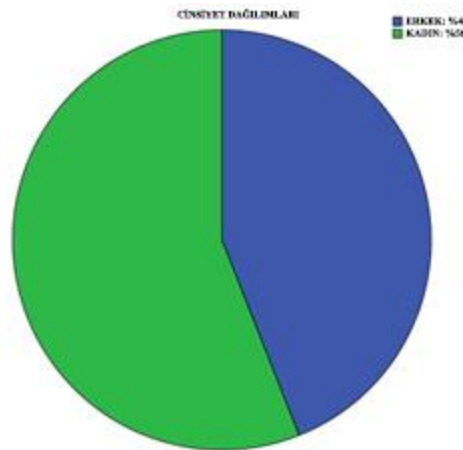
4.2.4.1 Hastane Verilerine Ait Genel İstatistikler

Cinsiyete, yaş gruplarına ve yıllara göre dağılımların incelendiği bu kısımda, 2017-2019 yılları arasında üst solunum yolu enfeksiyonu şikayeti ile hastaneye, toplam 11746 başvurunun gerçekleştiği görülmektedir Tablo 4.30.

Tablo 4.30: Üst solunum yolu enfeksiyonu şikayeti ile hastane verilerinin müracaat dağılım oranları.

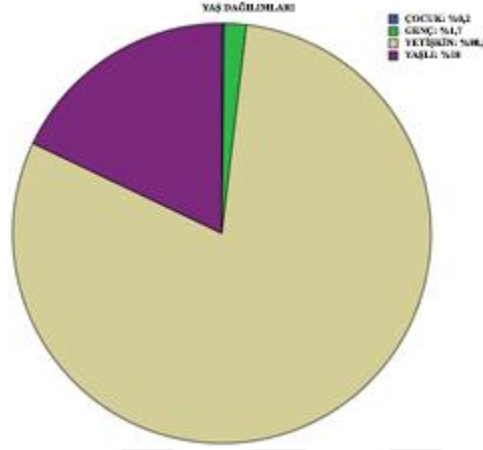
Kategori	Alt kategori	Hasta Sayısı	Toplam Hasta Sayısı	Oran	Toplam
Cinsiyet	Erkek	5167	11746	44.0	100
	Kadın	6579		56.0	
Yaş grupları	Çocuk (0-12)	21	11746	0.2	100
	Genç (13-17)	200		1.7	
	Yetişkin (18-65)	9416		80.2	
	Yaşlı (>65)	2109		18.0	
Yıl	2017	1221	11746	10.4	100
	2018	3952		33.6	
	2019	6573		56.0	

Hastaneye üst solunum yolu enfeksiyonu ile müracaat eden toplam 11746 hastanın %44.0'ü erkek ve %56.0'sının da kadın olduğu saptanmıştır (Şekil 4.18).



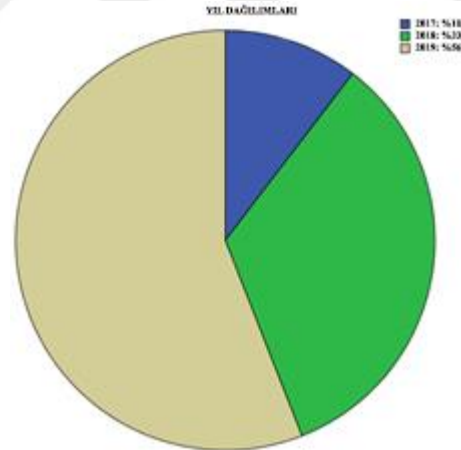
Şekil 4.18: Üst solunum yolu şikayeti ile hastane müracaatlarının cinsiyete göre dağılımı.

Yaş gruplarının dağılımları incelendiğinde ise üst solunum yolu enfeksiyonu şikayetinden hastaneye müracaat eden hastaların %0,2'si çocuk, %1,7'si genç, %80,2'si yetişkin ve %18,0'i yaşlı hastalardan oluştuğu görülmektedir (Şekil 4.19).



Şekil 4.19: Üst solunum yolu şikayeti ile hastane müracaatlarının yaş gruplarına göre dağılımı.

Yıl bazındaki dağılımlara bakıldığında 2017 yılında %10,4, 2018 yılında %33,6 ve 2019 yılında ise %56,0 olduğu görülmektedir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20: Üst solunum yolu şikayeti ile hastane müracaatlarının yıllara göre dağılımı.

4.2.4.2 Hava Kirleticilerinin Varyans Analizi (Analysis of Variance-ANOVA)

Yıllık PM₁₀ ortalamalarının incelendiği bu kısımda, en yüksek PM₁₀ seviyesinin 2017 yılında ve 81,75 µg/m³ değerinde olduğu tespit edilmiştir. En düşük PM₁₀ seviyesinin ise 2019 yılında ve 37,78 µg/m³ değerinde olduğu tespit edilmiştir. ANOVA analizi sonuçlarına göre PM₁₀ seviyelerinin yıllık ortalamaları arasında istatistik olarak fark

olduğu ve bu farkın anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır ($p=0,00 < 0,05$). PM_{10} seviyelerinin yıllık ortalamalarına ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları (Post-Hoc LSD) Tablo 4.31’de sunulmuştur.

Tablo 4.31: Yıllık PM_{10} seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I) yıllar	(J) yıllar	Ortalamalar Farkı (I-J)	p	95% Güven Aralıkları	
				Alt Limit	Üst Limit
2017	2018	34,69*	,000	32,76	36,61
	2019	44,07*	,000	42,23	45,90
2018	2017	-34,69*	,000	-36,61	-32,76
	2019	9,38*	,000	8,19	10,56
2019	2017	-44,07*	,000	-45,890	-42,23
	2018	-9,38*	,000	-10,56	-8,19

(*) Ortalamalar %95 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır

Yapılan varyans analizi (Analysis of Variance-ANOVA) sonuçlarına göre, SO_2 için hesaplanan en yüksek yıllık ortalama 2018 yılında $9,64 \mu g/m^3$ olarak kaydedilmiştir. En düşük değer ise 2017 yılında $9,47 \mu g/m^3$ olduğu tespit edilmiştir.

Yıllık SO_2 ortalamalarının farklı olup olmadığının incelendiği ANOVA testinde ise tüm yıllara ait SO_2 ortalamaları istatistiksel olarak anlamlı ve birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir ($p=0,00 < 0,05$).

Tablo 4.32: Yıllık SO_2 seviyelerinin çoklu karşılaştırılması.

(I) yıllar	(J) yıllar	Ortalamalar Farkı (I-J)	p	95% Güven Aralıkları	
				Alt Limit	Üst Limit
2017	2018	-,17	,534	-,70	,36
	2019	,89*	,001	,38	1,39
2018	2017	,17	,534	-,36	,70
	2019	1,05*	,000	,73	1,38
2019	2017	-,89*	,001	-1,39	-,38
	2018	-1,05*	,000	-1,38	-,73

(*) Ortalamalar %95 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır

Post-Hoc LSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları yukarıdaki Tablo 4.32’de sunulmuştur. Hasta kabullerine ait günlerin temsil ettiği yıllık ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark olduğu, ANOVA testi sonucunda tespit edilmiştir ($p=0,00 < 0,05$).

Meteorolojik parametrelerin 2017-2019 yılları arasındaki değişimlerinin incelenmesi hedefiyle çoklu karşılaştırma testi LSD (Least Squared Difference) yöntemi sonuçları aşağıdaki tabloda sunulmuştur Tablo 4.33.

Tablo 4.33: Meteorolojik parametrelerin istatistikleri.

	N	Ortalama	95% Güven Aralıkları		Minimum	Maximum
			Alt Limit	Üst Limit		
t	2017 1221	14,77	14,35	15,20	-3,87	32,26
	2018 3952	13,82	13,60	14,04	1,79	30,27
	2019 6573	14,86	14,69	15,02	3,51	30,10
	Total11746	14,50	14,37	14,63	-3,87	32,26
p	2017 1221	980,60	978,80	982,40	884,94	1040,57
	2018 3952	989,59	988,66	990,53	875,69	1038,67
	2019 6573	981,17	980,45	981,90	898,73	1043,43
	Total11746	983,95	983,39	984,50	875,69	1043,43
ws	2017 1221	1,61	1,55	1,67	,51	4,72
	2018 3952	1,60	1,57	1,62	,38	4,41
	2019 6573	,87	,85	,89	,26	4,48
	Total11746	1,19	1,17	1,21	,26	4,72
rh	2017 1221	67,03	66,93	67,13	62,31	71,87
	2018 3952	66,10	66,04	66,16	60,73	71,36
	2019 6573	66,13	66,088	66,17	60,48	70,78
	Total11746	66,22	66,18	66,25	60,48	71,87

(*) Ortalamalar %95 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır

Sıcaklık için hesaplanan en yüksek yıllık ortalama 2019 yılında 14,86 °C olarak kaydedilmiş ve en düşük değer ise 2018 yılında 13,82 °C olduğu tespit edilmiştir. Basınç için hesaplanan en yüksek yıllık ortalama 2018 yılında 989,59 mbar olarak kaydedilmiş ve en düşük değer ise 2017 yılında 980,56 mbar olduğu tespit edilmiştir. Rüzgar hızı için hesaplanan en yüksek yıllık ortalama 2017 yılında 1,61 m/sn olarak kaydedilmiş ve en düşük değer ise 2019 yılında 0,87 m/sn olduğu tespit edilmiştir. Nem için hesaplanan en yüksek yıllık ortalama 2017 yılında 67,03 olarak kaydedilmiş olup en düşük değer ise 2018 yılında 66,10 olduğu tespit edilmiştir.

4.2.4.3 Üst Solunum Yolu Enfeksiyonu Vakalarının Varyans Analizi (Analysis of Variance-ANOVA)

Çalışmanın yapıldığı 2017-2019 yılları arasında, hastane kabul vakalarının mevsimsel değişimlerinin incelendiğinde üst solunum yolu enfeksiyonu için başvuru dönemleri baz alındığında, üst solunum yolu enfeksiyonu müracaatlarının mevsimsel ortalama

değerlerinin incelendiği ANOVA testi sonucuna göre, üst solunum yolu enfeksiyonu vakalarının mevsimsel ortalamaları birbirine eşit değildir ve bu fark istatistiksel olarak önemlidir ($p=0,00 \leq 0,05$).

Tablo 4.34’de görüleceği üzere üst solunum yolu enfeksiyonu müracaatlarına ait dönemsel ortalama değerlerin en yüksek değeri kış döneminde ve en düşük seviyesi ise yaz döneminde olduğu tespit edilmiştir. Üst solunum yolu enfeksiyonu müracaatlarının en yüksek olduğu dönem olan kış döneminde ortalama 22 vaka görülürken, ilkbahar döneminde ortalama 20 vaka, yaz döneminde ortalama 11 vaka ve sonbahar döneminde de ortalama 19 vaka olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.34: Çalışma periyoduna ait üst solunum yolu enfeksiyonu müracaat istatistikleri.

	Yıllar	N	Ortalama	Standart Sapma	95% Ortalama için Güven Aralığı			
					Aralığı		Minimum Maksimum	
					Alt Limit	Üst Limit		
Astım	İlkbahar	149	19,52	14,29	17,20	21,83	1,00	57,00
	Yaz	141	10,58	8,35	9,19	11,97	1,00	61,00
	Sonbahar	194	18,82	13,11	16,96	20,68	1,00	59,00
	Kış	168	21,86	21,47	18,60	25,13	1,00	104,00

4.2.4.4 Çoklu Korelasyon Analizi

Üst solunum yolu enfeksiyonu verileri kirlilik seviyeleri ve meteorolojik parametrelerden ne yönde ve hangi seviyede etkilendiğini yorumlayabilmek için üst solunum yolu enfeksiyonu teşhisi vakalarının gün sayıları ve bu vakaları ait hava kirleticileri seviyeleri ile aynı günlere ait sıcaklık (t) değerlerinin korelasyon analizleri gerçekleştirilmiş ve Tablo 4.35’de sunulmuştur.

Yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre, üst solunum yolu enfeksiyonu ile en yüksek istatistik ilişkiye sahip olan parametre sıcaklık olup etkileşim negatif yönde %23 oranındadır. Sıcaklığın (t) azalması ile üst solunum yolu enfeksiyonu vakalarında %23 oranda bir artış söz konusudur. Bir diğer etkileşim ise üst solunum yolu enfeksiyonu ile PM₁₀ seviyeleri arasında negatif yönlü %10 oranında açıklanabilen etkileşimdir. Üst solunum yolu enfeksiyonu vakalarının sıcaklık (t) seviyeleri ile arasındaki istatistiksel ilişki ve yine üst solunum yolu enfeksiyonu vakalarının PM₁₀ seviyeleri ile arasındaki istatistiksel ilişki %95 önem seviyesinde anlamlıdır ($p_{t}=0,00 < 0,05$, $p_{PM10}=0,01 < 0,05$).

Üst solunum yolu enfeksiyonu vakaları ile en düşük korelasyon sahip parametre ise SO₂ seviyeleri ile olduğu tespit edilmiş olup, korelasyon pozitif yönde %3 oranında olduğu ve istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir ($p_{SO_2}=0,38 > 0,05$).

Tablo 4.35: Çoklu korelasyon matrisi.

		Üst Solunum Yolu Enfeksiyonu			
		PM ₁₀	SO ₂	t	
Üst Solunum Yolu Enfeksiyonu	Pearson Correlation	1	-,10*	,03	-,23-**
	Sig. (2-tailed)		,01	,38	,00
PM ₁₀	N	653	653	653	653
	Pearson Correlation	-,10*	1	,54**	-,30**
SO ₂	Sig. (2-tailed)	,01		,00	,00
	N	653	653	653	653
t	Pearson Correlation	,03	,54**	1	-,49**
	Sig. (2-tailed)	,38	,00		,00
	N	653	653	653	653
	Pearson Correlation	-,23**	-,30**	-,49**	1
	Sig. (2-tailed)	,00	,00	,00	
	N	653	653	653	653

(**) Korelasyonlar %95 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır

4.2.4.5 Faktör Analizi

PCA (Principal Component Analysis-Temel Bileşenler Analizi) uygulamasının güvenilirliğinin belirlenmesi için KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) ve Bartlett geçerlilik testleri yapılmıştır. Buna göre KMO değeri 0,59 olarak hesaplanmış ve KMO değeri 0,4'den büyük olduğu için ve Bartlett testi sonucunda p değeri 0,00 olarak hesaplanmış olup $p < 0,05$ olduğu için uygulanan PCA analizi güvenilirdir. PCA uygulamasındaki öz değer (eigenvalue) katsayıları hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 4.36'de sunulmuştur.

Tablo 4.36: Öz değer tablosu.

Bileşenler	Öz değerler		
	Toplam	Varyant %	Kümülatif %
1	2,58	36,85	36,85
2	1,31	18,67	55,52
3	1,21	17,31	72,82
4	,74	10,52	83,34
5	,51	7,22	90,57
6	,44	6,25	96,82
7	,22	3,18	100,00

Tablo 4.36’de görüldüğü üzere, öz değeri 1’den büyük olan bileşen sayısının 3 bileşen olması nedeniyle aktör analizinin 3 bileşenli olarak yapılması öngörülmüştür. Oluşturulan 3 bileşenli PCA, değişimlerin yaklaşık olarak %73’nü açıklayabilmektedir.

Tablo 4.37: PCA tablosu.

	Bileşenler		
	1	2	3
t	-,84	-,38	,01
p	,74	-,37	,13
rh	,66	,35	-,25
ws	,64	-,49	,31
SO ₂	,59	,30	,36
PM ₁₀	-,26	,73	,47
Üst solunum yolu enfeksiyonu vakaları	,25	,19	-,83

Bu duruma göre, elde edilen 3 bileşenli PCA sonucuna göre, ilk bileşenler öncelikle sıcaklık (t) ve sonrasında p ve rh olmak üzere meteorolojik parametrelerdir. İkinci bileşen ise öncelikle rüzgar hızı (ws) olmakla birlikte PM₁₀ ve SO₂ hava kirleticileri ve son bileşen ise üst solunum yolu enfeksiyon hasta kabul sayıları olarak değerlendirilebilir. Düşük sıcaklık, rüzgar hızı koşulları, üst solunum yolu enfeksiyonu vakalarının sıklığında artışa neden olurken düşük basınç, nem, PM₁₀ ve SO₂ seviyeleri ise üst solunum yolu enfeksiyonu vakalarının sıklığında azalmaya yardımcı olur.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Güney Marmara gölgesi içerisinde bulunan Balıkesir şehrinde hava kirletici parametrelerinden olan PM_{10} ve SO_2 ile solunum yolu hastalıkları (astım, bronşit, sinüzit ve üst solunum yolu enfeksiyonu hastalıkları) arasındaki ilişkinin belirlenip ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışma iki adımlı olup, birinci adımda hava kirletici parametreler (PM_{10} ve SO_2) ve meteoroloji arasındaki ilişkinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

İkinci adım da ise birinci adımın devamı olarak hava kirletici parametreler (PM_{10} ve SO_2) ile solunum yolu hastalıkları (astım, bronşit, sinüzit ve üst solunum yolu enfeksiyonu) nedeniyle hastaneye yapılan başvurular arasındaki ilişkinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Birinci adım olan hava kirleticileri (PM_{10} ve SO_2) ve meteorolojik parametreler (sıcaklık, rüzgar hızı, nem, basınç ve karışım yüksekliği (sabah – öğlen)) arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla yapılan analizlerde, hava kirleticilerinin (PM_{10} ve SO_2), 2017-2019 yılları arasında 3 yıllık verilerin zamansal değişimlerini ifade eden aylık ortalamalardan oluşturulan box-plot grafiklerine göre, özellikle sonbaharın sonlarında ve kış aylarında artış yönünde pik seviyeler yaptığı tespit edilmiştir. Post-Hoc çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre PM_{10} için hesaplanan en yüksek yıllık ortalama 2017 yılında $56,30 \mu g/m^3$ olarak kaydedilmiştir. En düşük değer ise 2019 yılında $33,72 \mu g/m^3$ olduğu tespit edilmiştir. SO_2 için hesaplanan en yüksek yıllık ortalama 2018 yılında $8,74 \mu g/m^3$ olarak kaydedilmiştir. En düşük değer ise 2019 yılında $7,84 \mu g/m^3$ olduğu tespit edilmiştir.

Hava kirleticileri (PM_{10} ve SO_2) ve Meteorolojik Parametrelerin arasındaki ilişki, yapılan çoklu korelasyon analizleri yardımıyla belirlenmeye çalışılmıştı. Korelasyon analizlerine göre; Balıkesir il merkezinde PM_{10} seviyelerindeki değişimler iki parametre ile ilişkilendirilebilir, en yüksek korelasyon katsayısına sahip olan rüzgar hızı (ws) ile PM_{10} arasına eksi yönde %45 oranında negatif bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir. İkinci en yüksek korelasyon katsayısı sıcaklık (t) ile PM_{10} arasına eksi yönde %34 oranında negatif bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Balıkesir il merkezinde SO_2 seviyelerindeki değişimler iki parametre ile ilişkilendirilebilir, en yüksek korelasyon katsayısına sahip olan sıcaklık (t) ile SO_2 arasına eksi yönde %54 oranında negatif bir korelasyon olduğu tespit

edilmiştir, ikinci en yüksek korelasyon katsayısı karışım yüksekliği (sabah) ile SO₂ arasında eksi yönde %49 oranında negatif bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir.

Kendall's Tau korelasyon analizlerine göre, Korelasyon sonuçlarına benzer sonuçlar elde edilmiştir. PM₁₀ seviyelerindeki değişimler en yüksek korelasyon, %44 negatif korelasyon katsayısına sahip olan rüzgar hızı (ws) ile ilişkilendirilirken SO₂ seviyelerindeki değişimler en yüksek korelasyon, %45 negatif korelasyon katsayısına sahip olan sıcaklık (t) ile ilişkilendirilebilir sonucuna varılmıştır.

Hava kirleticileri (PM₁₀ ve SO₂) verilerinin meteorolojik verilerden hangi düzeyde ve hangi parametreden daha fazla etkilendiğini yorumlayabilmek adına her bir kirlenici parametre için ayrı ayrı regresyon modeli oluşturulmuştur.

PM₁₀ İçin oluşturulan Regresyon modeli sonuçlarına göre; bütün meteorolojik parametrelerin (rüzgar hızı (ws), nem (rh), basınç (p), sıcaklık (t) ve karışım yüksekliği (sabah – akşam) verilerinin) eklenmesi halinde modelin doğruluk değeri ($R^2=0,301$) olarak hesaplanmış olup nem ve karışım yüksekliği (sabah) verilerinin modelde etkilerinin olmadığı görülmüştür ($p_{nem}=0,60 > 0,05$) ($p_{Kar. Yük. Sab.}=0,34 > 0,05$).

SO₂ İçin oluşturulan Regresyon modeli sonuçlarına göre; bütün meteorolojik parametrelerin (rüzgar hızı (ws), nem (rh), basınç (p), sıcaklık (t) ve karışım yüksekliği (sabah – akşam) verilerinin) eklenmesi halinde modelin doğruluk değeri ($R^2=0,349$) olarak hesaplanmış olup karışım yüksekliği (öğlen) verilerinin modelde etkilerinin olmadığı görülmüştür ($p_{Kar. Yük. Öğ.}=0,65 > 0,05$).

İkinci adım olan hava kirleticileri (PM₁₀ ve SO₂) ve solunum yolu hastalıkları (astım, bronşit, sinüzit ve üst solunum yolu enfeksiyonu) nedeniyle hastaneye yapılan başvurular arasındaki ilişkinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda 2017-2018 yılları arasında hastaneye solunum yolu hastalıkları (astım, bronşit, sinüzit ve üst solunum yolu enfeksiyonu) nedeniyle yapılan başvurular ve bu başvurulara karşılık gelen hava kirleticileri (PM₁₀ ve SO₂) ve meteorolojik parametrelerin analizleri gerçekleştirilmiştir.

- Astım verilerine uygulanan analizlerin sonuçları:

Astım şikayeti ile yapılan müracaatların genel incelemesi yapıldığında, 2017-2019 yılları arasında yapılan başvuruların toplam 2457 başvuru olduğu ve bu sayının %26,7'sinin

erkek hasta, %73,3'nün ise kadın hasta olduğu görülmüştür. Yaş gruplarına göre ise bu sayının %0,1'i çocuk olmak üzere %1,1'i gençlerden, %72,7'si yetişkinlerden ve %26'sı da yaşlı hastalardan oluştuğu görülmektedir. Yıl bazında yapılan incelemelerde toplam 2457 başvurunun %23,6'sı 2017 yılında, %22,9'u 2018 yılında ve %53,4'ü 2019 yılında yapıldığı tespit edilmiştir.

Varyans analizi (Analysis of Variance-ANOVA) sonuçlarına göre; PM₁₀ ait yıllık ortalamalarda en yüksek seviye 2017 yılında 67,7 µg/m³ olarak ve en düşük seviye ise 2019 yılında 37 µg/m³ değerinde olduğu, SO₂ ait yıllık ortalamalarda en yüksek seviye 2018 yılında 12,2 µg/m³ olduğu ve en düşük seviye ise 2017 yılında 4,8 µg/m³ değerinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca astım müracaatlarına ait en yüksek müracaat dönemi olan kış ve sonbahar dönemlerinde ortalama 5 vaka gerçekleşirken, ilkbahar ve yaz dönemlerinde ortalama 4 vaka gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Çoklu korelasyon analizlerine göre; astım başvurularının değişimler en yüksek korelasyon, %23 negatif korelasyon katsayısına sahip olan sıcaklık (t) ile ilişkilendirilirken diğer en yüksek korelasyona sahip parametre SO₂ seviyeleri olup, aralarında pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Astım vakaları ile SO₂ seviyelerindeki istatistiksel ilişki %18 oranında ifade edilmektedir.

Faktör analizlerine göre: Öz değer tablosunda 3 bileşenin öz değeri 1'in üstünde ve yapılan bu analiz değişimlerin yaklaşık olarak %69,42'sini açıklayabilmektedir. Bu duruma göre, elde edilen 3 bileşenli PCA sonucu incelendiğinde, ilk bileşenler öncelikle ters yönlü sıcaklık (t) ve sonrasında (p) ve (rh) olmak üzere meteorolojik parametrelerdir. İkinci bileşen ise öncelikle rüzgar hızı (ws) ile ters yönde etkileşim gösteren PM₁₀ ve SO₂ hava kirleticileri ve son bileşen ise astım hasta kabul sayıları olarak değerlendirilebilir. Düşük sıcaklık koşulları, PM₁₀ ve SO₂ seviyeleri, astım vakalarının sıklığında artışa neden olur. Düşük basınç, nem ve rüzgar hızı seviyeleri ise astım vakalarının sıklığında azalmaya yardımcı olur.

- Bronşit verilerine uygulanan analizlerin sonuçları:

Bronşit şikayeti ile yapılan müracaatların genel istatistiklerine bakıldığında, 2017-2019 yılları arasında yapılan başvuruların toplam 3593 başvuru olduğu ve bu sayının %45,5'i erkek hasta, %54,5'i ise kadın hasta olduğu görülmüştür. Yaş gruplarına göre ise bu

sayının %0,1'i çocuk olmak üzere %1,1'i gençlerden, %74,7'si yetişkinlerden ve %24,1'i de yaşlı hastalardan oluştuğu görülmektedir. Yıl bazında yapılan incelemelerde toplam 2457 başvurunun %15,6'sı 2017 yılında, %15,6'sı 2018 yılında ve %68,8'i 2019 yılında yapıldığı tespit edilmiştir.

Varyans analizi (Analysis of Variance-ANOVA) sonuçlarına göre; PM₁₀ ait yıllık ortalamalarda en yüksek seviye 2017 yılında 61,4 µg/m³ olarak ve en düşük seviye ise 2019 yılında 41,8 µg/m³ değerinde olduğu, SO₂ ait yıllık ortalamalarda en yüksek seviye 2019 yılında 9 µg/m³ olarak ve en düşük seviye ise 2017 yılında 4,4 µg/m³ değerinde olduğu tespit edilmiştir. Bronşit müracaatlarına ait en yüksek müracaat dönemi olan ilkbahar döneminde ortalama 8 vaka gerçekleşirken, yaz ve kış dönemlerinde ortalama 6 vaka ve sonbahar döneminde de 7 vaka gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Çoklu korelasyon analizlerine göre; bronşit başvurularının değişimler en yüksek korelasyon, %16 negatif korelasyon katsayısına sahip olan PM₁₀ ile ilişkilendirilebilir.

Faktör analizlerine göre; 3 bileşenin öz değeri 1'in üstünde ve yapılan bu analiz değişimlerin yaklaşık olarak %70,76'sını açıklayabilmektedir. Bu duruma göre, elde edilen 3 bileşenli PCA sonucuna göre, ilk bileşenlerin sıcaklık (t), basınç (p) ve nem (eh), ikinci bileşenlerin rüzgar hızı (ws), PM₁₀ ve SO₂ hava kirleticileri ve son bileşen ise bronşit hasta kabul sayıları olarak değerlendirilebilir. Düşük sıcaklık, rüzgar hızı koşulları, PM₁₀ ve SO₂ seviyeleri, bronşit vakalarının sıklığında artışa neden olur, düşük basınç ve nem seviyeleri ise bronşit vakalarının sıklığında azalmaya yardımcı olur.

- Sinüzit verilerine uygulanan analizlerin sonuçları:

Sinüzit şikayeti ile yapılan müracaatların genel istatistiklerine bakıldığında, 2017-2018 yılları arasında yapılan başvuruların toplam 1878 başvuru olduğu görülmüştür. Yıl bazındaki istatistiklere bakıldığında, 2017 yılında toplam sayının %1,5'i ve 2018 yılının ise %98,5'ini oluşturduğunu görüyoruz.

Varyans analizi (Analysis of Variance-ANOVA) sonuçlarına göre; sinüzit müracaatlarına ait en yüksek müracaat dönemi olan sonbahar döneminde ortalama 9 vaka gerçekleşirken, kış döneminde ortalama 8 vaka, ilkbahar döneminde 4 vaka ve yaz döneminde de ortalama 3 vakanın gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Çoklu korelasyon analizlerine göre; sinüzit başvurularının değişimleri, %28 ters yönlü korelasyon katsayısına sahip olan sıcaklık (t) ile ilişkilendirilebilir.

Faktör analizlerine göre; 2 bileşenin öz değeri 1'in üstünde ve yapılan bu analiz değişimlerin yaklaşık olarak %60,47'sini açıklayabilmektedir. Elde edilen 2 bileşenli PCA sonuçlarının ilk bileşenleri sıcaklık (t), basınç (p) ve nem seviyesi (rh) olmak üzere meteorolojik parametreler, ikinci bileşenler ise PM₁₀ ve sinüzit vakaları olarak değerlendirilebilir. Elde edilen sonuçlara göre, düşük sıcaklık koşulları sinüzit vakalarının sıklığında artışa neden olduğu görülmektedir. İkinci önemli bileşenler ise öncelikle PM₁₀ ve Sinüzit vakaları olarak değerlendirilmektedir.

- Üst solunum yolu enfeksiyonu verilerine uygulanan analizlerin sonuçları:

Üst solunum yolu enfeksiyonu şikayetinin istatistiklerine bakıldığında ise toplam müracaatların 2017-2019 yılları arasında 11746 müracaat olduğu görülmektedir. Sayıların cinsiyet, yaş gurubu ve yıl istatistiklerine bakıldığında, toplam sayının %44'nün erkek ve %56'sının kadın olduğu görülmektedir. %0,2'sinin çocuk, %1,7'sinin genç gruptan, %80,2'sinin yetişkinlerden ve %18'inin ise yaşlı grup hastalardan oluştuğunu tespit edilmiştir.

Varyans analizi (Analysis of Variance-ANOVA) sonuçlarına göre; PM₁₀ ait yıllık ortalamalarda en yüksek seviye 2017 yılında ve en düşük seviye ise 2019 yılında olduğu, SO₂ ait yıllık ortalamalarda en yüksek seviye 2018 ve en düşük seviye ise 2019 yılında olduğu tespit edilmiştir. Üst solunum yolu enfeksiyonu müracaatlarına ait en yüksek müracaat dönemi olan kış döneminde ortalama 22 vaka gerçekleşirken, ilkbahar döneminde ortalama 20 vaka, yaz döneminde 11 vakanın ve sonbahar döneminde de 7 vakanın gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Çoklu korelasyon analizlerine göre; üst solunum yolu enfeksiyonu başvurularının değişimleri, %23 negatif korelasyon katsayısına sahip olan sıcaklık (t) ve %10 negatif korelasyon katsayısına sahip olan PM₁₀ ile ilişkilendirilebilir.

Faktör analizlerine göre; 3 bileşenin öz değeri 1'in üstünde ve yapılan bu analiz değişimlerin yaklaşık olarak %72,82'sini açıklayabilmektedir. Bu duruma göre elde edilen 3 bileşenli PCA sonucuna göre, ilk bileşenler öncelikle sıcaklık (t) ve sonrasında p ve rh

olmak üzere meteorolojik parametreler, ikinci bileşen ise öncelikle rüzgar hızı (ws) olmakla birlikte PM_{10} ve SO_2 hava kirleticileri ve son bileşen ise üst solunum yolu enfeksiyon hasta kabul sayıları olarak değerlendirilebilir. Düşük sıcaklık, rüzgar hızı koşulları, üst solunum yolu enfeksiyonu vakalarının sıklığında artışa neden olur, düşük basınç, nem, PM_{10} ve SO_2 seviyeleri ise üst solunum yolu enfeksiyonu vakalarının sıklığında azalmaya yardımcı olur.



6. KAYNAKLAR

- [1] Mutlu, A., “Hava kalitesi ve meteoroloji: Korelasyon, trend ve epizot analizleri”, *GUFBED*, vol. 9, no. 4, s. 724-741, 2019, doi.org/10.17714/gumusfenbil.563848.
- [2] Akyürek, Ö., Arslan, O. ve Karademir, A., “SO₂ ve PM₁₀ hava kirliliği parametrelerinin CSB ile konumsal analizi: Kocaeli örneği”, *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, Ankara, 11-13 Kasım 2013.
- [3] WHO (World Health Organization), “Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease”, Geneva, Switzerland, 2016.
- [4] Vallero, D., A., *Fundamentals of air pollution*, USA: Academic press, 2008.
- [5] Tuncel, G., “Türkiye’de hava kirliliği çalışmaları-1”, *HKAD*, vol. 2, s. 103-104, 2013.
- [6] Demir, A., Tuna, G. ve Elbir. T., “İzmir- Kadifekale bölgesinde kentsel dönüşüm öncesi ve sonrası hava kalitesinin belirlenmesi”, *HKAD*, vol. 3, s. 68-75, 2014.
- [7] İbrahimova, İ., “Bakü hava kirlenmesinde SO₂’nin rolü ve meteorolojik olaylarla ilişkisinin araştırılması”, Yüksek Lisans tezi, Selçuk Üniv., Konya, 2013.
- [8] Çilingir, B. M., “Hava kirliliği ve akciğer”, *ÇTD*, vol. 6, s. 131-137, 2016.
- [9] TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, “Hava kirliliği raporu”, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, Ankara, 2017.
- [10] Elbir, T., Bayram, A., Kara, M., Altıok, H., Seyfioğlu, R., Ergün, P. ve Şimşir, S., “İzmir kent merkezinde karayolu trafiğinden kaynaklanan hava kirliliğinin incelenmesi”, *DEÜ FMD*, vol. 12, no. 1, s. 1-17, 2010.
- [11] Akyürek, Ö., “Trabzon kent merkezi için hava kirliliği ile meteorolojik koşullar arasındaki ilişkinin 2006-2011 arası verilerine dayalı olarak incelenmesi”, Yüksek Lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniv., Trabzon, 2012.
- [12] WHO (World Health Organization), “Ambient (outdoor) air pollution”, (04 Mayıs 2020). [online] Erişim Adresi [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
- [13] Özdemir, F., “Türkiye genelinde kükürt dioksit ve partiküler madde kirlilik dağılımlarının analizi”, Yüksek Lisans tezi, Yıldız Teknik Üniv., İstanbul, 2008.
- [14] Öztürk, Y. ve Ceyhan, O., *Çevre ve sağlık I Avrupa’nın temel konuları ve genel bir bakış*, Kayseri: Erciyes Üniversitesi Yayınları No: 114, 1999.
- [15] TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu), “Yıllara göre bölge nüfusları 2018-2019 dönemi”, (22 Mart 2020). [online] Erişim Adresi <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>.

- [16] Tağıl, Ő., “Balıkesir’de hava kirliliğinin solunum yolu hastalıklarının mekânsal dađılıŐı üzerine etkisini anlamada Jeo-İstatistik teknikler”, *CBD*, vol. 5, no. 1, s. 37-56, 2007.
- [17] Koçman, A., *Türkiye iklimi*, İzmir: Ege Üniversitesi Yayınları No: 72, 1993.
- [18] Tecer, L. H., “A factor analysis study: Air pollution, meteorology, and hospital admissions for respiratory diseases”, *Toxicological & Environmental Chemistry*, vol. 91, no. 7, pp. 1399-1411, 2009.
- [19] Mutlu, A., “Sanayi kaynaklı karbon monoksit salınımlarının AERMOD dağılım modeli ile incelenmesi”, *UÜMFD*, vol. 23, no. 2, s. 275-286, 2018, doi.org/10.17482/uumfd.398123.
- [20] Mutlu, A., “Balıkesir Şehir merkezinde trafik kaynaklı hava kirliliği seviyelerinin analizi”, *BAUN FBED*, vol. 21, no. 1, s. 152-168, 2019, doi.org/10.25092/baunfbed.532605.
- [21] Çolak, Z., “Kayseri il merkezinde kükrüt dioksit (SO₂) ve duman konsantrasyonları ile meteorolojik faktörler arasındaki ilişkinin araştırılması”, Yüksek Lisans tezi, Niğe Üniv., Niğe, 1998.
- [22] Ünsal, A., MetintaŐ, S., Öner, S., ve İnan, O. Ç., “Eskişehir’de hava kirliliği ve bazı hastalıklar nedeniyle acil başvuruların incelenmesi”, *TTD*, vol. 47, no. 4, s. 449-455, 1999.
- [23] BaŐar, P., Okyay, P., Ergin F., CoŐan, S. ve Yıldız, A., “Aydın ili kent merkezinde hava kirliliği 1997-2004”, *ADÜ TFD*, vol. 6, no. 3, s. 11-15, 2005.
- [24] Bayram, H., Dörtbudak, Z., FiŐekçi, F., Kargın, M., ve Bülbül, B., “Hava kirliliğinin insan sağlığına etkileri, dünyada, ölkemizde ve bölgemizde hava kirliliği sorunu paneli ardından”, *DTD*, vol. 2, s. 105-112, 2006.
- [25] Aydın, Ö., “Havadaki SO₂ ve PM konsantrasyonunun istatistiksel yöntemler ile modellenmesi : Zonguldak Şehir örneği”, Yüksek Lisans tezi, Zonguldak Karaelmas Üniv., Zonguldak, 2006.
- [26] MentēŐe S., “Zonguldak’ta hava kirliliği (PM₁₀ & SO₂) ve solunum yolu hastalıkları ilişkisi”, Yüksek Lisans tezi, Balıkesir Üniv., Balıkesir, 2011.
- [27] Ağaç, K., “İstanbul Kağıthane bölgesinde yüksek PM₁₀ konsantrasyonlarının meteorolojik olarak incelenmesi”, Yüksek Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniv., İstanbul, 2015.

- [28] Saygın, H., “Karaman’da 2012-2018 yılları arasında hava kirliliği parametrelerinin kardiyovasküler ve solunum nedenli acil servis başvuruları ve hastane yatışları ile ilişkisi”, Yüksek Lisans tezi, Kırklareli Üniv., Kırklareli, 2019.
- [29] Bayraktar, E., “Balıkesir’ de partikül madde kirliliğinin kardiyorespiratuar mortalite üzerine etkilerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans tezi, Balıkesir Üniv., Balıkesir, 2010.
- [30] Tecer, L. H., İlten, N., ve Selici, A., T., “Balıkesir il merkezinde konutlarda iç/dış ortam partikül madde konsantrasyonlarının değerlendirilmesi”, *HKAD*, vol. 2, s. 75-80, 2013.
- [31] Tecer, L. H., “Balıkesir’de hava kirliliğinin çocuk ve yetişkinlerde solunum hastalıklarına etkilerinin belirlenmesi üzerine bir alan çalışması”, *HKAD*, vol. 2, s. 11-20, (2013).
- [32] Nowak, D. J., Hirabayashi, S., Doyle, M., McGovern, M. and Pasher, J., “2018. Air pollution removal by urban forests in Canada and its effect on air quality and human health”. *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 29, pp. 40-48, 2018.
- [33] Mavrak, A., “Yüreğir ve Seyhan (Adana) ilçelerinde ana arterlerdeki toz ve gürültü dağılım haritalarının hazırlaması”, Yüksek Lisans tezi, Çukurova Üniv., Adana, 2005.
- [34] TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, “Hava Kirliliği Raporu”, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, Ankara, 2018.
- [35] WHO (World Health Organization), Burden of disease from Ambient Air Pollution for 2016, 24 February 2020. [online]. Available https://www.who.int/airpollution/data/AAP_BoD_results_May2018_final.pdf.
- [36] Ergün, Polat, E., “Gaziantep’in trafik kaynaklı hava kirliliğinin belirlenmesi üzerine bir çalışma”, Yüksek Lisans tezi, Sütçü İmam Üniv., Kahramanmaraş, 2016.
- [37] Toros, H., Şen, O., Şaylan, L., Kantarcı, D., Karaöz, Ö., Çaldağ, B., “Variation of acid precipitation and its effect on Belgrad Forest in Istanbul”. In *2nd International Symposium on New Technologies for Environmental Monitoring and Agro Applications*, Tekirdağ, Turkey, pp. 251-255, 2000.
- [38] Çoşkun, A., “Şehir atmosferinde taşıt emisyonlarından kaynaklanan hava kirliliğinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans tezi, Marmara Üniv., İstanbul, 2008.
- [39] Şahin, F., “Iğdır il merkezinde tezeğin yakıt olarak kullanımı sebebi ile azotlu gaz salınımının hava kirliliğine etkileri”, Yüksek Lisans tezi, Iğdır Üniv., Iğdır, 2019.

- [40] Sivaslıgil, A., “ Gebze-Dilovası’nda partikül madde kirliliği; kirletici kaynakların dökümü ve partikül madde kanserojenik PAH analizi”, Yüksek Lisans tezi, Gebze Teknik Üniv., Gebze, 2007.
- [41] EPA (Environmental Protection Agency), Particulate Matter (PM) Pollution, Health and Environmental Effects of Particulate Matter (PM), May 2020. [online]. Available <https://www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm>.
- [42] EPA (Environmental Protection Agency), Particulate Matter (PM) Pollution. United States Environmental Protection Agency, April 2020. [online]. Available <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#effects>.
- [43] Kunt, F., “Bulanık mantık ve yapay sinir ağları yöntemleri kullanılarak Konya il merkezi hava kirliliği modellemesi”, Doktora tezi, Selçuk Üniv., Konya, 2014.
- [44] Balıkesir Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, “Balıkesir ili 2017 yılı çevre durum raporu”, Balıkesir Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Balıkesir, 2018.
- [45] Selici, A. T., “Enerji kullanımının çevresel etkileri ve sürdürülebilir gelişme: Balıkesir örneği”, Yüksek Lisans tezi, Balıkesir Üniv., Balıkesir, 2006.
- [46] Balıkesir Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, “Balıkesir ili 2018 yılı çevre durum raporu”, Balıkesir Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Balıkesir, 2019.
- [47] Zerecan, P., “Ülkelerin sağlık harcamalarının faktör analizi ile değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans tezi, Ankara Üniv., Ankara, 2020.
- [48] Çilingir, N. B., “Faktör analizi: Teori ve uygulama”, Yüksek Lisans tezi, İnönü Üniv., Malatya, 2019.
- [49] Karagöz, L. ve Kösterelioğlu, L., “İletişim becerileri değerlendirme ölçeğinin faktör analizi metodu ile geliştirilmesi”, *DPÜSBD*, vol. 21, s. 81-98, 2008.
- [50] Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, Resmi Gazete, Ankara, 26898, 2008.
- [51] Carslaw, D. C. ve Ropkins, K., “Openair — an R package for air quality data analysis”, *Environmental Modelling & Software*, vol. 27-28, pp. 52-61, 2012.
- [52] Carslaw, D. C., *The open-air manual — open-source tools for analyzing air pollution data*. Manual for version 1.1-4, King’s College London, United Kingdom, 2015.

