



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



KONYA, KOSOVA MAHALLESİ'NDEKİ PM
KİRLİLİK DAĞILIMININ CBS İLE
MODELLENMESİ VE
DEĞERLENDİRİLMESİ

Marco Andrés ROMERO AGUILERA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

HAZİRAN – 2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Marco Andr s ROMERO AGUILERA tarafından hazırlanan ‘‘Konya, Kosova Mahallesi’ndeki PM kirlilik dağılımının CBS ile modellenmesi ve değerlendirilmesi’’ adlı tez çalışması .../.../... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü evre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS/~~DOKTORA~~ TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri  yeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Ali TOR

.....

Danışman

Prof. Dr. şükrü DURSUN

.....

 ye

Dr. Öğrt. Üyesi Gülnihal KARA

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

KONYA, KOSOVA MAHALLESİ'NDEKİ PM KİRLİLİK DAĞILIMININ CBS İLE MODELLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

TEZ BİLDİRİMİ

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

DECLARATION PAGE

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

İmza:

Marco Andrés ROMERO AGUILERA

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

KONYA, KOSOVA MAHALLESİ'NDEKİ PM KİRLİLİK DAĞILIMININ CBS İLE MODELLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Marco Andrés ROMERO AGUILERA

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

Danışman: Prof. Dr. Şükrü DURSUN

**2022, 34
Jüri**

**Prof. Dr. Şükrü DURSUN
Prof. Dr. Ali TOR
Dr. Öğrt. Üyesi Gülnihal KARA**

Hava kalitesi, insanların çevresinin temel bir parçası ve oluşan çevresel etkilerin alıcısı olarak gören bir kavramdır. Sanayileşme ve şehirlerin hızlı büyümesi, enerji kaynaklarının tüketim düzeylerini yoğunlaştırdığından dolayı doğal bir dengesizliğe ve çevresel sürdürülemezliğe neden olmaktadır. Yüksek düzeyde hava kirliliği, insan sağlığı ve ekosistemin sürdürülebilirliği üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olabilir. Faaliyetlerimizin çevreye etkisini azaltmaya yönelik politikalar oluşturmak için düzenli olarak hava kalitesi hakkında bilgi ve veriye sahip olmak gerekir. Sabit izleme istasyonu sadece belirli bir nokta hakkında bilgi vermesi ve çok fazla sayıda istasyon bulundurmanın ekonomik olarak imkânsız olması nedeniyle, coğrafi bilgi sistemleri ve jeoistatistiksel analizler, hava kalitesinin durumunun zamansal ve mekânsal olarak bilinmesine olanak tanır. Bu çalışmada, Konya ili Kosova mahallesindeki partikül madde konsantrasyonlarının zamansal ve mekânsal modellenmesi, ARCGIS 10.5 paket programının Kriging jeoistatistik modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. PM ölçümleri, PCE-PCO1 partikül sayacı cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. PM ölçümleri Haziran, Ekim ve Ocak aylarında 4 gün boyunca (2 gün hafta içi ve 2 gün hafta sonu) günün 5 farklı saatinde yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, ortalama günlük konsantrasyonlar, Türkiye tarafından belirlenen $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sınırının üzerindedir. Ortalama hava kalitesine bakıldığında ise orta kategoride olduğu ve insan sağlığına hiçbir etkisi olmadığı ancak solunum problemi olan kişiler için tehlikeli olabileceği düşünülmektedir. Kosova mahallesinde hava kalitesini etkileyen faktörler ısınma için kullanılan yakıt ve trafikten kaynaklanan yakıt emisyonları inşaat ve topraktan kaynaklanan kirleticiler olarak tahmin edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Jeoistatistiksel analiz, PM_{10} ve $\text{PM}_{2,5}$

ABSTRACT

M. Sc. THESIS

MODELLING AND EVALUATION OF THE DISPERSION OF PM POLLUTION USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS) IN KONYA, KOSOVA DISTRICT

Marco Andrés ROMERO AGUILERA

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

Advisor: Prof. Dr. Şükrü DURSUN

**2022, 34
Jury**

**Prof. Dr. Şükrü DURSUN
Prof. Dr. Ali TOR
Asst. Prof. Dr. Gülnihal KARA**

Air quality is a concept that considers people as a fundamental part of their environment and recipient of environmental impacts. Industrialization and the rapid growth of cities intensify the levels of consumption of energy resources, causing a natural imbalance and environmental unsustainability. High levels of air pollution can negatively impact human health and severely affect ecosystems. It is necessary to generate policies that reduce the environmental impact of our activities, which is why it is important to have information and data on air quality on an ongoing basis. Because fixed monitoring stations only provide information on a set point and it is economically impossible to have a large number of stations, geographic information systems and geostatistical analysis allow the status of air quality to be determined and evaluated over time and space. In this study, the temporal and spatial modelling of the concentrations of particulate matter in the Kosova neighbourhood in the province of Konya was carried out using the Krigging geostatistical model of the ARCGIS 10.5 program. PM measurements were performed using the PCE-PCO1 particle counter. PM measurements were carried out at 5 different times of the day for 4 days (2 days on weekdays and 2 days on weekends) in June, October and January. According to the results obtained, the average daily concentrations are outside the permissible limit of 40mg/m established by Turkey. Regarding the average air quality, it was determined that it is in the medium category, which has no impact on people's health, however it can be dangerous for people with respiratory problems. The factors affecting the air quality in the Kosovo neighbourhood are estimated as fuel used for heating and fuel emissions from traffic, pollutants from construction and ground.

Keywords: Geographic Information Systems (GIS), Geostatistical Method, PM₁₀ y PM_{2.5}

ÖN SÖZ

Teşekkür etmek istiyorum;

*Türkiye'deki eğitimim sırasında destek veren tez hocama,
Her zorluk anında yanımda olan ve bana destek olan aileme,
Bana her zaman enerji ve güç veren büyükanneme,
Türkiye'de ailemin bir parçası olan Latin Amerika'dan arkadaşlarıma,
Onların hepsine minnettarım.*

Quiero agradecer;

*A mi tutor de tesis por el apoyo que me brindo durante mis estudios en Turquía,
A mi familia por siempre estar a mi lado en todo momento de dificultad,
A mi abuelita por darme energía y fuerza a través de su ejemplo,
A mis amigos de Latinoamérica que fueron mi familia en Turquía,
A todos ellos muchas gracias.*

İÇİNDEKİLER

ÖZET	v
ABSTRACT	vi
ÖN SÖZ	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Hava Kirliliği.....	2
1.2. Hava Kirleticileri	3
1.2.1. Partikül Madde (PM).....	3
1.2.2.1. PM₁₀	4
1.2.2.2. PM_{2.5}.....	4
1.2.3. Partikül madde kaynakları.	4
1.2.4. Partikül maddenin meteorolojik faktörlerle etkisi	4
1.2.5. Partikül madde ölçüm yöntemleri	5
1.2.5.1. Aktif Örnekleyiciler	5
1.2.5.2. Pasif Örnekleyiciler.	5
1.2.6. PM analiz sistemleri	5
1.3. Hava Kalitesi İndeksi (AQI).	6
1.4. Coğrafi Bilgi Sistemleri	7
1.4.1. Modelleme	7
1.4.2. Enterpolasyon teknikleri	8
1.4.2.1. Kriging	8
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	15
3.1. Çalışma Alanının Karakterizasyonu.	15
3.2. Materyal	16

3.3. Hava Kalitesi Ölçümü	16
3.4. Hava Kalitesi Analizi	17
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	18
4.1. Çalışma Alanının Karakterizasyonu	18
4.2. Keşifsel Veri Analizi	19
4.3. Modelleme.	21
4.4. IQA Analizi	23
4.5. PM konsantrasyonunun Sıcaklıkla İlişkisi	24
4.6. Ölçülen Konsantrasyonların Türkiye Tarafından Kabul Edilen İzin Verilen Sınırla Karşılaştırılması	26
5. SONUÇ VE YORUM	27
6. ÖNERİLER	28
KAYNAKLAR	29
EKLER	34

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Çalışma Alanının Konum Haritası.....	15
Şekil 3.2 Metodolojinin Diyagramı	17
Şekil 4.1 Çalışma Alanının Bitki Örtüsünün Uzaktan Algılama Yoluyla Analizi.....	18
Şekil 4.2 PM ₁₀ için izleme istasyonlarının kutu grafiği	19
Şekil 4.3 PM _{2,5} için izleme istasyonlarının kutu grafiği	19
Şekil 4.4 PM ₁₀ ve Pm _{2,5} 'in Frekans Histogramı ve Eğilim Analizi.....	20
Şekil 4.5 PM _{2,5} Konsantrasyonlarının Haritası	22
Şekil 4.6 PM ₁₀ Konsantrasyonlarının Haritası	22
Şekil 4.7 PM ₁₀ 'a Göre Hava Kalitesi Durumu.....	23
Şekil 4.8 PM _{2,5} 'a Göre Hava Kalitesi Durumu	23
Şekil 4.9 Mevsimlere Göre Konya Hava Kalitesi (PM ₁₀ ve PM _{2,5}).....	24
Şekil 4.10 Hava'daki PM ₁₀ Konsantrasyonunun Sıcaklık İle İlişkisi	25
Şekil 4.11 Hava'daki PM ₁₀ Konsantrasyonunun Sıcaklık İle İlişkisi	25
Şekil 4.12 Ölçülen PM ₁₀ Değerlerinin Türkiye Tarafından Kabul Edilen Limit İle Karşılaştırılması.	26

SİMGELER VE KISALTMALAR

CBS: Coğrafi Bilgi Sistemleri.

PM: Partikül madde.

O₃: Ozon.

SO₂: Kükürt dioksit.

CO: Karbon monoksit.

NO₂: Azot dioksit.

AQI: Hava Kalitesi İndeksi.

THHP: Temiz Hava Hakkı Platformu

TMMOB: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği.

IKONAIR: Konya Temiz Hava Programı.

1. GİRİŞ

İklim değışikliği ve hava kirliliği aynı kökenden gelen iki sorun. İklim değışikliği, atmosferdeki gazların bileşiminin ve kimyasal konsantrasyonunun değışmesiyle üretilen hava kirliliğinin yarattığı etkidir. Ancak, bu iki sorun çevreyi farklı bir zamansal ve mekânsal ölçekte etkiler. Hava kirliliği belirli bir dönemde ve belirli bir alanda kendini gösterebilen bir sorun iken, iklim değışikliği dünyadaki tüm yaşam biçimlerini etkileyen küresel ve uzun süreli bir sorundur.

Hava kirliliğinin küresel özelliği, 1981 yılında MAPS (Measurements of air pollutions from satellite)'nin sadece sanayi kaynaklı kirliliğin hava kalitesinin bozulmasına değil, orman yangınlarına, anız yakılma faaliyetlerimize ve bitkisel yakıtların kullanılmasına neden olduğunu ortaya koymasıyla kabul edildi (Akimoto, 2007). Bu da hem gelişmekte olan ülkelerdeki insanların hem de gelişmiş ülkelerde yaşayan insanların aynı çevre sorunuyla karşı karşıya olduğunu, yani nerede yaşadıklarının bir önemi olmadığını göstermektedir (Crutzen vd., 1979).

Hava kirliliği kısa vadede hava kalitesinin düşmesine neden olur. İkincisi, insanın kirli bir çevreye maruz kalmasıyla bağlantılı bir kavramdır. Hava kirliliğinin neden olduğu sağlık sorunlarına ilişkin artan endişe nedeniyle devletler, devlet ve sivil toplum kuruluşları vb. kamu politikaları yoluyla hava kalitesini iyileştirme ihtiyacını vurgulamaya başlamışlardır.

Hava kalitesi, insanın çevrenin en önemli parçası olduğunu ve dolayısıyla kirliliğin alıcısı olduğunu varsayan bir kavramdır (Ott, 1982). Aynı şekilde hava kalitesi, atmosferdeki yarılanma ömrü, alıcıyı doğrudan etkileyecek veya başka bir bölgeye taşınacak kadar uzun (bir haftadan fazla) olan göstergeler (hava kirleticiler) aracılığıyla değerlendirilir (Akimoto, 2007; Griggs ve Noguera, 2002).

Hava Kalitesi İndeksi (IQA), 1971 yılında EPA (Environmental Protection Agency; Çevre Koruma Ajansı) tarafından kurulmuştur. İndeks, karbon monoksit, partikül madde (PM₁₀), troposferik ozon (O₃), kükürt dioksit (SO₂) ve azot dioksit (NO₂) olmak üzere 5 kirleticiyi dikkate almaktadır. Bu indeks, insan maruziyeti için tehlike düzeyine bağlı olarak kontaminasyon seviyesini temsil eden bir sayıdır. İndeks, hava kirliliğini azaltmaya odaklanan planlar oluşturmak için karar verme aracı sağlamak amacıyla geliştirilmiştir (Suman, 2019; Buonanno ve Hänninen, 2018).

IQA, bazı ülkelerde Çevre Koruma Kurumları ve Çevre Bakanlıkları tarafından belirlenen bazı hedefleri gerçekleştirmeyi başarmıştır. Bu hedefler, iklim değişikliğinin sınırlandırılmasıyla ilgilidir; toksik kirletici riskini azaltır ve ozon tabakasını bozulmasını korur. Bazı araştırmalar, görünür hava kirliliğinin azalmasına rağmen, düşük kirletici konsantrasyonları (görünür olmayan kirlilik) nedeniyle hala sağlık riskleri olduğunu göstermektedir. Bunun nedeni, IQA gibi İndeks lerin hava kirliliğini iyi veya kötü olarak kategorize eden sayısal değerler şeklinde yüksek tolerans eşikleri kullanmasıdır (Domingo vd., 2021; European Commission, 2010; Suman, 2019).

GarcMaruziyet alanından uzaktaki izleme istasyonlarının veri tabanları kullanılarak bazı hava kalitesi çalışmaları yapılmıştır (Querol vd., 2004; Wang vd., 2002). Bu, farklı noktalarda izleme istasyonlarına sahip olmanın ekonomik zorluğundan kaynaklanmaktadır (Garc, 2004; Ott, 1982). Hâlihazırda bu sorunu çözmek için çevresel bilgileri işleyen, analiz eden ve modelleyen araçlar olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılmaktadır. Bu analizde, sabit izleme istasyonları aracılığıyla ölçülen verilerden maruziyet alanı içinde bulunan değerleri tahmin etmek için jeoistatistiksel modeller uygulanır(Harman vd., 2016; Kumar vd., 2016; Shukla vd., 2020).

Bu çalışmada Kosova mahallesindeki hava kirliliğinin seviyesini belirlemek için yaz, sonbahar ve kış aylarında partikül madde (PM₁₀ ve PM_{2.5}) konsantrasyonları PCE-PCO1' cihazı ile ölçüldü. Bilgiler, standart bir kirletici göstergesi (Standart Kirletici İndeksi) aracılığıyla analiz edildi. Elde edilen veriler, Kosova mahallesindeki dağılımını belirlemek ve insanların maruz kalma düzeyini değerlendirmek için kartografik PM₁₀ ve PM_{2,5} modellemede kullanıldı.

1.1. Hava Kirliliği

Kuşkusuz sanayileşme, kentleşme, nüfus artışı ve hızlanan enerji tüketimi, atmosferde hava kirliliği düzeyini etkiler. Kirlilik veya hava kirliliği, soluduğumuz havanın kimyasal, fiziksel veya biyolojik bileşiminin bozulmasıdır. Atmosferinin temizlenemeyecek seviyelerde istenmeyen maddelerin (kirleticilerin) girmesi, doğal dengeyi değiştirmesi nedeniyle oluşur (Ezzati vd., 2004; Russell, 1974; Sarla, 2020).

Hava kirliliği sanayi toplumlarıyla bağlantılı bir olgudur, ancak araştırmalar gelişmekte olan ülkelerin de tarımsal faaliyetleriyle hava kirliliğine katkıda bulunduğunu göstermektedir. En büyük kirlilik kaynağı insan faaliyetlerinden gelse de, doğa da bir başka kirlilik kaynağıdır. Volkanik patlamalar, organik maddenin ayrışması, partikül maddenin hava akımları yoluyla

taşınması, orman yangınları bazı doğal kirlilik türleridir (European Commission, 2010; Russell, 1974).

Bu fenomen atmosferin alt tabakasında meydana gelir ve yarılanma ömrü 1 günden az ve bir yıldan fazla olan çevresel bir etki olarak kabul edilir. Coğrafi düzeyde yerel, bölgesel ve küresel olarak etkiler; dolayısıyla bir halk sağlığı sorunu olarak kabul edilir ve sağlığın bir belirleyicisidir (Buonanno & Hänninen, 2018; Seigneur, 2019).

1.2. Hava Kirleticileri

Hava kirleticiler, insanlarda hastalıklardan sorumlu olduğu düşünülen sıvı, katı veya gaz halindeki yabancı maddelerdir. Bu kirleticiler, toksik etkiler oluşturacak yeteneklerine bağlı olarak farklı kimyasal veya fiziksel özelliklere sahiptir. Hava kirleticiler doğrudan atmosfere yayılabilir veya kimyasal reaksiyonlar (hidroliz, oksidasyon veya fotokimyasal reaksiyonlar) veya fiziksel (gazdan partiküllere dönüşümler) yoluyla atmosferde oluşturulabilir. Buna göre birincil ve ikincil olmak üzere iki gruba ayrılmaktadırlar (Rosenson vd., 1991; Seigneur, 2019; U.S DHHS, 2021).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sağlığa zararlı 6 ana hava kirleticisini belirlemiştir: PM, troposferik ozon, karbon monoksit, kükürt dioksit, azot dioksit ve kurşundur (Manisalidis vd., 2020).

1.2.1. Partikül Madde (PM)

Partikül madde, sıvı veya katı halde bulunan organik ve inorganik olabilen ve birincil kökene (fosil yakıtların yanması) veya ikincil bir kökene (havada diğer maddelerle reaksiyona girerek oluşan) olabilen, doğal veya antropojenik kökenli bir atmosferik kirleticidir (D'Amato vd., 2010; Manisalidis vd., 2020; Yeşilyurt & Akcan, 2001). Partikül madde doğrudan atmosfere yayılabilir veya atmosferde SO_x, NO_x, NH₃ gibi öncülerden ve uçucu bileşiklerden oluşabilir (Kaya ve Öztürk, 2013).

Partikül maddenin belirli bir kimyasal yapısı yoktur. Köken kaynakları nedeniyle değişken fiziksel ve kimyasal bileşime sahip organik ve inorganik maddelerin karışımından oluşabilirler (Abulude, 2016; Daellenbach vd., 2020).

1.2.2. Partikül maddelerin sınıflandırılması.

Partikül madde kaynağına, boyutuna, kimyasal bileşimine, sağlığa toksisitesine veya birincil (doğrudan atmosfere salınan) veya ikincil olmasına göre sınıflandırılabilir (Querol vd., 2004).

Partikül madde tortulaşabilir (10 μm 'den büyük boyutundan dolayı ortam havasında geçici olarak askıda kalmaz) veya uzun süre askıda kalabilir ve hatta başka bölgelere taşınabilir. Partikül madde görüş seviyesini etkiler (Buonanno ve Hänninen, 2018; U.S DHHS, 2021).

1.2.2.1. PM₁₀

Yanma işlemlerinden oluşan çapı 10 μm 'den küçük partiküllerdir. Bu kirleticinin ana kaynağı antropojenik faaliyetlerdir. Atmosferdeki ortalama PM₁₀ konsantrasyonu bir yıl boyunca 50 μm^3 sınırını aşmamalıdır. Benzer şekilde sürekli izlemede bu kirleticinin 24 saat içindeki konsantrasyonu 100 μm^3 'ü geçmemelidir (Abulude, 2016; Manisalidis vd., 2020; Wang vd., 2002).

1.2.2.2. PM_{2.5}

Çapı 2.5 μm 'den küçük olan, genellikle asidik olan katı veya sıvı partiküllerdir. Antropik kökenlidir ve solunum sistemine girebildiği, alveollere ulaşabildiği ve insan sağlığına zarar verebileceği için tıbbi açıdan özel ilgi görmektedir. PM_{2.5} konsantrasyonlarının bir yıldaki aritmetik ortalaması 15 μm^3 'ü geçmemelidir (Abulude, 2016; Manisalidis vd., 2020; Querol vd., 2004).

1.2.3. Partikül madde kaynakları.

Partikül madde, bileşim, kaynak ve dağılım açısından ülkeler arasında büyük farklılıklar gösterir. Gelişmekte olan ülkelerdeki şehirlerin hızlı büyümesi nedeniyle, bu ülkelerdeki PM kaynaklarının konsantrasyonu ve sayısı gelişmiş ülkelere göre çok daha fazladır (Abulude, 2016).

Partikül maddenin antropojenik kaynakları vardır: endüstride veya ev ortamında yanma; inşaat, madencilik, seramik sanayi, demir-çelik sanayi ve dökümhaneler; araçlar tarafından kaldırım erozyonu ve lastik ve frenlerden kaynaklanan aşınma; son olarak partiküler maddenin öncüsü olan amonyak üreten tarım. Öte yandan, doğal kaynaklar, tozun hava akımlarıyla yeniden havada asılı kalmasıdır; orman yangınları ve volkanik patlamalar (Gustafsson vd., 2009; Querol vd., 2004).

1.2.4. Partikül maddenin meteorolojik faktörlerle etkisi

Havadaki kirleticilerin hareketinden rüzgâr yönü ve sıcaklığının sorumlu olduğu düşünülmektedir. Belirli bir alanın mikro iklimsel özellikleri, kirleticilerin hareketini ve

dolayısıyla konsantrasyonlarını etkiler. Atmosferdeki partikül madde birikimi veya konsantrasyonu, aynı zamanda boyut ve şekil gibi fiziksel özelliklerine de bağlıdır (Katsouyanni ve diğerleri, 1997; Mukherjee ve Agrawal, 2017).

1.2.5. Partikül madde ölçüm yöntemleri

Partikül madde kirlilik seviyesinin belirlenmesine yönelik hava kalitesi ölçüm ve analiz yöntemleri 3 yöntemle tanımlanabilir: pasif numune alıcılar, aktif numune alıcılar ve otomatik cihazlar (Pienaar vd., 2015; Yeşilyurt & Akcan, 2001).

1.2.5.1. Aktif Örnekleyiciler

Bir pompa kullanılarak bir filtre üzerinde bir hava numunesinin toplanmasına ve yakalanan numunenin müteakip laboratuvar analizine dayanırlar. Aktif örneklemede yüksek hacimli, orta hacimli ve düşük hacimli cihazlar olmak üzere 3 farklı tip cihaz kullanılmaktadır (Kaya ve Öztürk, 2013; Yeşilyurt ve Akcan, 2001).

1.2.5.2. Pasif Örnekleyiciler.

Emici bir ortam tarafından tutulan bir kirleticinin laminer difüzyonuna dayanır. Konsantrasyonlardaki farkın bir sonucu olarak, bir denge oluşana veya kullanıcı tarafından belirlenen örnekleme süresi sona erene kadar örneklenen ortamın parçacıkları toplanır (Kumar vd., 2016; Pienaar vd., 2015).

1.2.6. PM analiz sistemleri

Örneklemede kullanılan filtrelerin analizi 3 aşamada gerçekleştirilir: Numunenin toplam kütlelerinin analizi; toplanan numunenin parçacık boyutu dağılımının analizi; ve partikül fraksiyonlarının kimyasal analizi (Kaya & Öztürk, 2013; Yeşilyurt & Akcan, 2001).

a) Toplam kütlelerinin analizi

Gravimetrik yöntem: Numune almadan önce ve sonra filtre analitik terazi ile tartılır. Bu işlem belirli sıcaklık ve nem koşulları altında gerçekleştirilir (Yeşilyurt & Akcan, 2001).

Gravimetrik yöntemde numune almadan önce ve sonra filtre analitik terazi ile tartılır. Bu işlem belirli sıcaklık ve nem koşulları altında gerçekleştirilir.

TEOM: PM kütlelerini ölçmek için kullanılan bir araçtır. Partikül yüklü hava, bir filtre kartuşu içinden çekilir. Filtre üzerinde toplanan kütle artarken, tüpün doğal osilasyon frekansı azalır. Kütle konsantrasyonu, partiküler maddenin kimyasal bileşimine bağımlı olmaksızın,

kütle ve frekans arasındaki direk ilişkiden ölçülür. Bu sistem sürekli, aralıklı ve otomatik ölçümler yapmaktadır (Yeşilyurt & Akcan, 2001).

Beta ışını absorpsiyon izleme (BAM): Havadan çıkarılan partikül maddeden beta ışığını absorbe etme yeteneğine dayanır. Bu yöntem tüm hava kalitesi kuruluşları tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Partikül madde bir selüloz filtre üzerinde toplanır ve daha sonra beta ışığına tabi tutulur (Yeşilyurt & Akcan, 2001).

Netfelometri: Esas olarak 0,1 ile 3 µm arasında bir boyuta sahip aerosollerin kütle analizinde, yani ikincil aerosollerin analizinde kullanılırlar. Bu yöntem nemden etkilenir. Genellikle görünürlük analizinde kullanılırlar (Yeşilyurt ve Akcan, 2001).

b) Partikül maddelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi.

Parçacıklı malzemenin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesine ve bu bilgiler aracılığıyla emisyonun kaynağının veya kaynağının belirlenmesine olanak tanır. Partikül maddenin insan ve çevre sağlığı üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinde önemlidir. Analizde X-ışını floresan (XRF), nötron aktivasyon analizi (NAA), Proton İndüklenmiş X-ışını Emisyonu (PIXE), atomik absorpsiyon spektrometrisi (AAS), iyon kromatografisi (IC) gibi 7 teknik kullanılmaktadır. İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektroskopisi (ICP-MS) ve İndüktif Eşleşmiş Plazma- Atomik Emisyon Spektrofotometresi (ICP-MS) (Kaya ve Öztürk, 2013; Yeşilyurt ve Akcan, 2001).

c) Partikül maddenin morfolojisi.

Toz, polen, talk gibi kaba partiküllerin ve insan faaliyetleri sonucu oluşan partiküllerin morfolojik analizinde normal mikroskop kullanılmaktadır. Ancak parçacıkların çapı 1 µm'den küçük olduğunda elektron mikroskobu kullanılır (Kaya ve Öztürk, 2013).

1.3. Hava Kalitesi İndeksi (AQI).

Hava Kalitesi İndeksleri, halkı kirlilik düzeyi ve hava kirleticilerine maruz kalmanın yol açtığı sağlık riskleri hakkında bilgilendirme ihtiyacı olarak doğmuştur. İzleme veri tabanlarından elde edilen bilgiler teknik bilgisi olmayan kişiler tarafından anlaşılması zor olabilir; Vatan yaşamını korumak ve ekosistemlerin sağlığını korumak amacıyla her ülke, düzenlemelerine ve ulusal gerçekliğine dayanarak Hava Kalitesi İndekslerini oluşturur (Buonanno & Hänninen, 2018; Çigdem Çiftçi vd., 2012).

Hava Kalitesi İndeks ler, insanların maruz kaldığı risk düzeyini ifade eden hava kalitesi iletişim araçları olarak tanımlanabilir. İndeks ler ayrıca hava kalitesinin durumu hakkında yeterli ve erken bilgi sağladığından kirlilik düzeylerini düşürmeyi amaçlamaktadır ve bu bilgilendirme planları ve kamu politikaları oluşturulabilmektedir (Çigdem Çiftçi vd., 2012; Domingo vd., 2021).

Hava Kalitesi İndeks ler, 5 kirleticiyi birleştiren matematiksel bir ifade olarak da görülebilir; partikül madde, troposferik ozon, kükürt dioksit, karbon monoksit ve kükürt dioksit (Abulude, 2016). Bu kirleticilerin her birinin toplam hava kalitesini hesaplamak için kullanılan bir hava kalitesi standardı vardır (Kumar vd., 2016).

Kamu politikalarının tasarımında bir diğer parametre, IQA'nın bir alt İndeks i olan Kirletici Standart İndeks i'dir (ISC). Hava Kalitesi İndeks ler tüm kirleticileri dikkate alırken, ISC kirleticilerin her birini ayrı ayrı dikkate alır (Suman, 2019).

1.4. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Mekânsal verilerin yakalanmasını, depolanmasını, analiz edilmesini, dönüştürülmesini ve değerlendirilmesini sağlayan bir dizi araç ve süreçtir. Bu araçlar, akademisyenlere ve karar vericilere bilgileri daha iyi yorumlama ve görselleştirme yeteneği verir.

1.4.1. Modelleme

Geo-istatistik, değişkenleri modellemeye, davranışlarını tahmin etmeye, etki oranlarını belirlemeye ve uzayda veya zamanda sürekli olarak dağılmış fenomenlerin süre sürelerini belirlemeye izin veren bir dizi araç ve yöntemdir. Aynı bölgedeki noktalardan bilgi olmayan bir veya birden fazla değişkenin değerlerinin tahmin edilmesini sağlarlar (Garc, 2004; Jumaah vd., 2019).

3 aşamada gerçekleştirilir:

- a) Keşifsel Veri Analizi: Örnek veriler, coğrafi dağılımı dikkate alınmadan incelenir.
- b) Yapısal analiz: Değişkenin uzamsal sürekliliğinin incelenmesi.
- c) Tahmin: İlişkili uzamsal yapı ve örnek bilgileri dikkate alınarak, örnek noktaların değişkeninin tahminleri yapılır.

4.1.2. Enterpolasyon teknikleri

Bir coğrafi noktada herhangi bir verinin bilinmeyen değerlerini tahmin etmek için kullanılan birkaç matematiksel model vardır. Bu teknikler, Kriging'e ek olarak, deterministik uzamsal enterpolasyon yöntemleri gibi diğer enterpolasyon tekniklerini içerir.

4.1.2.1. Kriging

Kriging, önceki kovaryanslar tarafından yönetilen Gauss süreçleri tarafından enterpolasyonlu değerleri modelleyen istatistiksel bir enterpolasyon aracıdır. Madencilik, jeoloji, hidroloji, toprak fiziği gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bu enterpolasyon tekniği, tahmin hatasının varyansını en aza indirmeye izin verir. Verilerin varyansının tahmini için, dağılım verilerinin bir düzenliliğine sahip olunmalıdır. Bu modelin avantajları şu şekilde özetlenebilir: mesafeyi numunelerin konumunun geometrisi olarak kabul eder; beklenen hatanın varyansını en aza indirir; ve enterpolasyon yapma esnekliği gösterir (Garc, 2004; Mitmark & Jinsart, 2016; Shukla vd., 2020).

Kriging, örnekleme konumuna en yakın noktalara daha fazla detaylı bilgi verir, bu daha büyük bir benzerlik sağlar. Noktalar örnekleme noktasından uzaklaştıkça model tarafından atanan ağırlık da azalmaktadır (Garc, 2004; Jumaah vd., 2019).

5. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Türkiye'nin tüm illerinde hava kalitesi ile ilgili bir çalışma yapılmıştır. Amaç vatandaşlar arasında farkındalık yaratarak kirliliği durdurmaktır. Çalışmada T.C, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı meteoroloji istasyonları tarafından ölçülen PM₁₀ ve kükürt ölçümleri kullanılmıştır. Bilgiler, Kriging jeoistatistik yöntemi kullanılarak ARCGIS'te işlendi. Araştırmada 81 il merkezinden 26'sının hava kalitesinin ciddi bir sorun olduğunu tespit ettiği belirlendi. Benzer şekilde, hava kalitesinin son 5 yılda başta İstanbul, Kocaeli, Bursa ve Bilecik illeri olmak üzere artış eğilimi gösterdiği belirlendi. Bu şehirler Türkiye'nin en sanayileşmiş şehirleri ile örtüşmektedir (Kalıpcı ve Başer, 2019).

Afyonkarahisar'daki hava kirliliğinin mekansal ilişkisini belirlemek için jeoistatistiksel analiz kullanılarak bir çalışma yapılmıştır. Çalışma için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından daha önce kurulmuş 36 adet izleme istasyonundan 26 adet izleme istasyonu kullanılmıştır. 'Hava Kalitesi Ön Değerlendirme Çalışması' projesinde SO₂ ve NO₂'den pasif numune alımı gerçekleştirilmiştir. Veri tabanı, izleme noktalarının konumu, kirleticilerin konsantrasyon seviyeleri, çalışma alanı içindeki binalara ait bilgiler, mevcut arazi kullanım durumu ve ısınma sisteminin türü gibi bilgileri belirlenerek oluşturulmuştur. Örneklem 4 mevsim belirli periyotlarda yapılmıştır. Tematik haritanın modellenmesi ve detaylandırılması için IDW jeoistatistik yöntemi kullanılmıştır. Sonuçlar, ölçülen kirletici türü ile kaynağı arasında doğrudan bir ilişki olduğunu göstermektedir. Sonuçlara göre, yerleşim alanlarında SO₂ konsantrasyon seviyesi artmaktadır. Öte yandan, araç trafiğinin yoğun olduğu yerlerde NO₂ konsantrasyonları daha yüksektir. Türkiye'nin diğer illerinde olduğu gibi Afyonkarahisar'da da hava kalitesi mevsimlere göre değişmektedir. Kış aylarında ısıtma sistemlerinin kullanılmasına bağlı olarak SO₂ seviyelerinde artış olduğu gösterilmiştir (Ariyanti vd., 2021).

Kocaeli ilinde kirliliğin mekânsal değişimlerini ve bağımlılık ilişkisini analiz etmek ve değerlendirmek için bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada NO, NO₂, SO₂ ve PM ölçümü yapan 9 adet izleme istasyonu kullanılmıştır. 2013 Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları için bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bilgiler ARCGIS 9 kullanılarak analiz edilmiştir. Bilgilerin farklı tematik haritaları 3 jeoistatistiksel model ile oluşturulmuştur: Kriging, IDW ve Spline: 3 jeoistatistiksel yöntem kullanılarak 3 harita üretilmiştir. Kontaminasyon tahmininde en iyi sonuçların kriging yöntemi ile elde edildiği görülmüştür, En iyi kirlilik tahmini sonuçlarının kriging yöntemi ile elde edildiği görülmüştür. Variogramlar ile yapılan analizler sayesinde tahminde daha iyi analiz yapılabilmektedir. Ayrıca Kocaeli'de hava kalitesinin rüzgârdan geçici

olarak etkilendiği belirlendi. Bu, Temmuz ve Ağustos aylarında NO konsantrasyon değerlerinde bir artış olduğunu etkiler (Akyürek vd., 2013).

Marmaris bölgesinde hava kalitesinin değerlendirilmesi için bir araştırma yapıldı. SO₂ ve PM₁₀ bilgileri 70 izleme istasyonundan toplanmıştır. Kirletici bilgileri "Hava Kalitesi İzleme İstasyonları" web sitesine girilerek elde edilmiştir. ARCGIS ile IDW jeoistatistik yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Marmaris bölgesinin sanayileşme seviyesinin kanıtıdır. Belediyelerin çoğu, PM₁₀ (90µg/m³) ve SO₂ (20µg/m³) için kabul edilen konsantrasyon sınırını aşmaktadır. Araştırmada 2015 yılı itibariyle Bursa ve Edirne'nin hava kalitesi sorunlarının en fazla olduğu iller olduğu belirlendi. Bunun başlıca nedeni fosil yakıt kullanımının artması, şehirlerin plansız büyümesi ve bölgenin topografyasıdır (Demirarslan, 2018)

Konya'da çeşitli regresyon türleri kullanılarak hava kalitesinin belirlenmesine yönelik bir çalışma yapılmıştır. Bu analizler, kontaminasyonun dağılımına ve eğilimlerinin belirlenmesine ilişkin senaryoların detaylandırılmasını sağlar. Konya'daki kirlilik analizi için izleme istasyonları veri tabanı kullanılmıştır. Değerlendirilen kirleticiler SO₂ ve PM₁₀'dur. Analiz edilen bilgiler 2003 ve 2005 kış aylarına tekabül etmektedir. Analiz kapsamında, şehirdeki kirlilik düzeyine etkisini belirlemek için meteorolojik veriler de kullanılmıştır. Kirlilik tahmini, çıktıya bağlı veri ölçekleme (ODDS) ve uyarlanabilir ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) adı verilen bir dizi süreç kullanılarak belirlendi. Sonuçlar, ODDS yöntemleri ile gerçekleştirilen modellemenin, regresyon analizlerinin kombinasyonu ile gerçekleştirilmesi nedeniyle umut verici sonuçlar sunduğunu belirlemektedir. Yöntemlerin kullanılması süreç verileri, deneysel analizlerde ve kirlilik tahmininin geliştirilmesinde etkilidir (Polat ve Durduran, 2012).

Konya ili Karatay ilçesinde PM₁₀ düzeylerini tahmin etmek için bir analiz yapılmıştır. PM₁₀ tahminleri bazı meteorolojik faktörler ve diğer hava kirleticileri dikkate alınarak yapılmıştır. Çalışma için veriler Karatay belediyesinin izleme tabanlarından indirilmiştir. PM verileri 2016 yılının sonbahar aylarına aittir. Veriler modellemeden önce normalizasyon teknikleri kullanılarak analiz edilmiştir. Veriler, kontaminasyonun tahmini için yapay bir sinir ağı aracılığıyla analiz edildi. Elde edilen sonuçlar kabul edilebilirdi. Sinirsel tahmin yöntemleri kabul edilebilir tahminler sunar. Ancak eksiksiz ve hatasız veri tabanlarına sahip olmak gerekir (Ayturan vd., 2017).

Konya ilinde hava kalitesi SO₂ ve PM₁₀ ile analiz edilmiştir. Çalışma için yıllık, aylık, haftalık ve saatlik veriler alınmıştır. Ayrıca meteorolojik faktörler ile kirlilik arasındaki ilişkiyi belirlemek için atmosfer basıncı, sıcaklık, bağıl nem, rüzgâr hızı ve yönü ile ilgili veriler analiz edilmiştir. Çalışma, olası kirlilik emisyon kaynaklarını belirlemek için PM₁₀'un kimyasal analizini içeriyordu. Konya'da ısıtma sistemlerinin kullanımına bağlı olarak kış aylarında hava kirliliğinde yıllık artış görülmektedir. 2004 yılı itibarıyla, evlerde doğal gazın kullanılmaya başlanması nedeniyle başta SO için olmak üzere kirlilik seviyelerinde bir azalma görülmektedir. Konya'da bulunan endüstriden gelen metallerin konsantrasyonları ile ilgili olarak, bunlar aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır; Zn 1.1231 µg/m³, Pb0.0459 µg/m³, Cu0.0174 µg/m³ (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020).

Konya'daki hava kirliliği ile meteorolojik faktörler arasındaki ilişkiyi belirlemek için istatistiksel bir çalışma yapılmıştır. Konya'da bulunan 4 otomatik istasyon tarafından 2012-2017 yılları arasında yapılan SO₂ ve PM ölçümleri kullanılmıştır. Bilgiler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın internet sitesinden (<https://www.havaizleme.gov.tr/>) temin edilmiştir. Çalışmanın amacı, çevre kirliliğinin meteorolojik parametrelerle ilişkisinin ne olduğunu belirlemektir. Sonuçlar, kışın PM ve SO₂ konsantrasyonlarının, kömür kullanımı ve ısıtma sistemlerinin kullanımına bağlı olarak yıllık bir büyüme olduğunu göstermektedir. Konya'da hava kalitesini etkileyen bir diğer faktör de sanayi sektörünün varlığıdır. Bu sektör şehir merkezine yakın ve kirleticilerin taşınması daha kolay (Kara, Yalçınkaya, vd., 2018).

Konya ilinde sosyo-çevresel bir çalışma yapılmıştır. Bu araştırmada Meran, Selçuklu ve Karatay'daki 400 kişi ile 27 soruluk anket yapılmıştır. Anketin amacı: hava kirliliğinin kaynakları hakkında insanların bilgi düzeyini bilmek; katılımcıların herhangi bir solunum yolu hastalığından muzdarip olup olmadığını belirlemek; İnsanların çevresel kalite sorunlarıyla ilgili endişe düzeylerini değerlendirmekte ve hava kalitesiyle ilgili karar alma süreçlerine katılıp katılmadıklarını öğrenmektedir. Elde edilen sonuçlara göre Konyalı vatandaşlar, kışın hava kalitesinin kötü olduğunu ve kötü hava kalitesinin sebebinin evlerde ısıtma sistemlerinin kullanılmasından kaynaklandığını düşünmektedir. Ankete katılanların çoğu evlerinde gazlı ısıtma sistemleri kullanıyor. Sadece bazıları daha ucuz olduğu için odun kömürü veya odun ısıtma sistemlerini korur. Ankete katılanlar, şehirdeki hava kalitesinin başlıca kirleticilerinin ulaşım, ısıtma sistemleri ve sanayi olduğunu düşünmektedir. Katılımcılar, hava kalitesinin dışında gürültü, endüstriyel ve kentsel atıkları da bir sorun olarak görüyor (Kara vd., 2019).

Meteorolojik parametrelerin hava kirliliği üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla Konya'da bir çalışma yapılmıştır. Konya'daki 4 izleme istasyonu tarafından ölçülen hava

kalitesi verileri kullanılmıştır. İstasyonlar, hava kalitesi ölçümleri yapmak için EPA ve Avrupa Birliği tarafından kabul edilen yöntemleri kullanır. Sayfadan (<https://www.havaizleme.gov.tr/>) indirilen veriler 2009 ve 2010 yıllarına karşılık gelmektedir. Çalışmanın sonuçları, bağıl nem, rüzgâr hızı ve sıcaklığın havadaki kirletici konsantrasyonlarını etkilediğini göstermektedir. Kışın düşük rüzgâr hızları ve yüksek basınçlar nedeniyle PM ve SO₂ konsantrasyonlarında artış olur. Bu parametreler, bağıl nem %75-80'in üzerinde, atmosfer basıncı 890-910 hpa'dan büyük ve rüzgar hızı 1,2 m/s'den az olduğunda daha yüksek bir ortalama konsantrasyon sunar (Kara, İbiç, vd., 2018).

Meteorolojik faktörler, kirlilik kaynakları ve topografyası ile hava kalitesi arasındaki ilişkinin düzeyini belirlemek için Konya'da bir çalışma yapılmıştır. Bunun için Konya'nın karasal iklime sahip olduğu ve kış aylarında ısıtma sistemlerinde kalitesiz yakıtların kullanıldığı dikkate alınmıştır. Çalışmada, SO₂ ölçümleri otomatik izleme cihazı (AF21M SO₂) ile PM ölçümleri ise MP 101 M BETA Gauge cihazı ile yapılmıştır. Bu veriler saatlik ortalamalarda saklanır. 2017 yılı için SO₂ ve PM konsantrasyonlarına ilişkin bilgiler, hükümetin orman departmanının web sisteminden elde edildi. Rüzgârın hızı ve yönünün Konya'daki kirleticilerin konsantrasyonunda iki önemli faktör olduğunu göstermektedir. Endüstriler ve depolama alanları rüzgârın estiği yönde olduğundan, bu durum şehir merkezinde PM ve SO₂ konsantrasyonlarının artmasına katkıda bulunur. Konya'da meydana gelen bir diğer faktör de havadaki SO₂ ve Pm konsantrasyonlarını ciddi şekilde etkileyebilen termal inversiyondur. Bu fenomen, atmosferik basınçtaki ani değişiklikler ve sıcaklıktaki değişiklikler tarafından üretilir (Kunt ve Dursun, 2018).

Hava kirliliğini azaltmak için alınan önlemlerin ve kalitesiz yakıt kullanımının Konya şehrinde kirleticilerin konsantrasyonu üzerindeki etkilerinin bilinmesi için 1986'dan 2003'e kadar tarihsel verilerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Bunun yanı sıra özellikle 2002 yılı için akaryakıt fiyatlarındaki artışın hava kalitesi üzerindeki etkileri değerlendirildi ve mevcut hava kalitesi standartlarının etkisinin olup olmadığı tartışıldı. Konsantrasyonlara ilişkin veriler izleme istasyonlarından elde edilmiştir. Çalışmanın sonuçları, şehirdeki PM ve SO₂ kirliliğini durdurmak için alınan önlemlerden dolayı, 1993 yılından itibaren konsantrasyonlarda azalma eğilimi olduğu gözlemlenmiştir (Yaşar ve Şevik, 2011).

Konya'daki Selçuk Üniversitesi kampüsündeki partikül madde konsantrasyonlarını ölçmek için bir çalışma yapılmıştır. Kampüsteki açık alanlarındaki PM_{2,5} konsantrasyonlarının değişimini belirlemektir. Bunun için kampüs genelinde eşit olarak dağıtılmış 40 izleme noktası oluşturulmuştur. Örneklemeye 'Thermo Scientific Personal Data RAM pDR-1000AN'

ekipmanı kullanılmıştır. Numuneler kış, yaz ve ilkbahar olmak üzere günün 3 farklı saatinde alınmıştır. Ekipmanla ölçülen veriler, PM_{2.5} dağılımını modellemek için kullanıldı. Çalışmanın sonuçları, çalışma haftalarında hafta sonlarına göre daha yüksek bir PM_{2.5} konsantrasyonunun gözlemlendiğini göstermektedir. Bunun nedeni, hafta içi daha yüksek bir trafik olmasıdır. Aynı şekilde kışın sabahları PM_{2.5} konsantrasyonlarının arttığı belirlendi (Dursun vd., 2017).

Konya'daki hava kirliliği düzeyinin SO₂ konsantrasyonunun ölçülerek belirlenmesi amacıyla çalışma yapılmıştır. Hava örnekleme için M100E UV Floresan SO₂ Analizörü kullanıldı. Ayrıca rüzgâr hızı ve yönü, sıcaklık, nem, atmosfer basıncı ve yağış gibi meteorolojik parametrelerin ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler için Adcon Telemetri A-733 ekipmanı kullanıldı. Sonuçlar yapay sinir ağları ve Fuzzy Logics ile analiz edildi. Konya'daki SO₂ konsantrasyonlarının kararsız bir etki gösterdiğini göstermektedir. SO₂ kirliliğinin ana kaynakları endüstriden ve evlerdeki yakıt tüketiminden kaynaklanmaktadır. SO₂ konsantrasyonlarının analizinde yapay zekâ kullanımının çok faydalı olduğunu da belirtti (Kunt ve Dursun, 2016).

Konya'da 2 farklı ağaç türü tarafından tutulan havadaki ağır metaller ölçülerek hava kalitesi çalışması yapılmıştır. Çalışmanın amacı kontaminasyon kaynaklarının belirlenmesiydi ve bunun için numunelerin kimyasal analizleri yapıldı. Ağaçlarda bu metallerin varlığı, bu metalleri içeren partiküler materyali taşıyan rüzgârın etkisinden kaynaklanmaktadır. Kent merkezinde kentsel, endüstriyel ve ticari alanlar olmak üzere 8 noktada bitki materyali örnekleri toplanmıştır. Numuneler ilgili kimyasal analizler için laboratuvara götürülmüştür. 2002 ve 2004 yılları arasında SO₂ ve PM konsantrasyonlarının kışın 100 mg/m³'ten daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu konsantrasyonların ana kaynağı, ısıtma sistemlerinde düşük kaliteli yakıtların kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Yaz aylarında konsantrasyonlar 90 mg/m³ arasında değişmektedir. Yaz aylarında PM ve SO₂ kirliliğinin ana kaynağı trafiktir. Bu kontaminasyon seviyeleri, bitki dokularında ağır metallerin varlığı ile ilgilidir. Ağır metallerin sonuçlarına göre, Cr, V ve Zn konsantrasyonlarının 20 ppm olduğu numune alma noktaları ve 90 ppm'i aşan yerlerde olduğu tespit edilmiştir. En yüksek Pb konsantrasyonlarının Karatay'da meydana geldiği de tespit edildi (Onder & Dursun, 2006).

Hava kalitesi ve meteorolojik faktörler insanlarda solunum yolu hastalıklarını tetikleyebilir. Bu araştırma, Konya'da yaşayan insanların yaşadığı astım sorunlarının çevresel faktörlerle ilişkisini belirlemek amacıyla yapıldı. Bunun için 1993 ve 1995 yıllarında astım ile başvuran hastalarla görüşme yapılmıştır. Görüşmede Edinburgh Üniversitesi tarafından geliştirilen anket kullanılmıştır. Araştırmanın sonuçları, ankete katılanların %98'inin hava koşullarından,

özellikle sisli ortamlardan etkilendiğini söylediğini gösteriyor. Araştırma, sisin varlığını kontamine bir ortamla ilişkilendiriyor, bu nedenle kirlilik seviyelerinin araştırılmasını gerektiriyor (Zamani vd., 2019).

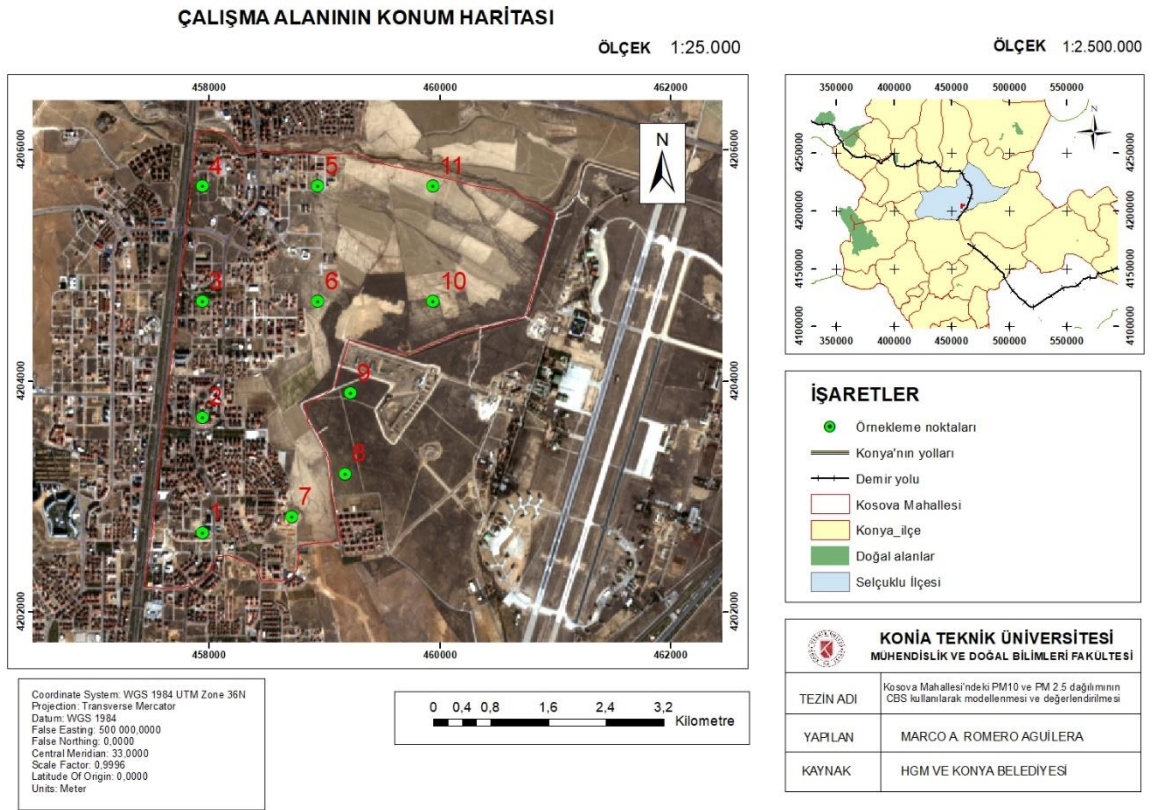
Ekonomik üretim faaliyetleri sırasında hava kalitesini etkileyebilecek çok sayıda organik bileşen üretilir. Bu çalışmanın amacı Konya'da başlıca polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'ler), poliklorlu bifeniller (PCB'ler) ve organoklorlu pestisitleri (OCP'ler) ölçmektir. Laboratuvar analizleri gaz kromatografisi ve kütle spektrometresi ile yapılmıştır. Silisyum ile doldurulmuş bir kılcal kolon ve taşıma gazı olarak helyum kullanılmıştır. Hava örneklerinin toplanmasında, Model GPS-11'in (Thermo Andersen Inc.) modifiye edilmiş yüksek hacimli hava örnekleyicisi kullanılmıştır. Hava örnekleri bir fiberglas filtre üzerinde toplanmıştır. sonuçları, ortalama toplam (gaz + partikül) PAH, PCB ve OCP konsantrasyonlarının sırasıyla 206 ng/m^3 , 0.106 ng/m^3 , 4.78 ng/m^3 olarak belirlendiğini göstermektedir. Aromatik organik bileşiklerin en yüksek konsantrasyonları kış aylarında belirlenmiştir. Hava örneklerinde, tarımsal veya endüstriyel faaliyetlerde yasaklanmış olmasına rağmen bazı kalıcı organik bileşikler tespit edildi. Bu bulgu, yasadışı olarak kullanılmaya devam edildiğini veya daha önceki faaliyetlerden kalan unsurlar olduğunu gösterecektir (Ozcan ve Aydın, 2009).

Belediye düzeyinde alınan önlemler ve teknolojideki değişiklikler hava kalitesini olumlu veya olumsuz etkileyebilir. Konya ilinde hava kalitesi politikalarının kirlilik düzeylerine etkilerinin neler olduğunu öğrenmek için jeoistatistiksel analiz yoluyla bir değerlendirme yapılmıştır. Konya'nın çevre koşullarının ve siyasi kararların insanların yaşam standartlarına etkisini eko-şehir planlama ilkeleriyle karşılaştırarak değerlendirildi. Çalışma, hava kalitesini belirlemek için PM ve SO konsantrasyonlarını izlemeyi içerir. İzleme sonuçları, Türkiye'deki hava kalitesi koruma mevzuatı (HKKY) ve AB'deki 1999/30/EC Direktifi ve ayrıca DSÖ'nün hava kalitesi kılavuzları (AQG'ler) tarafından belirlenen izin verilen sınırlarla karşılaştırıldı. PM₁₀ ve SO₂ açısından çalışmanın sonuçlarına göre Meran bölgesi izin verilen sınırlar içindedir, bu nedenle risk taşımamaktadır. Şehir merkezindeki birinci, ikinci ve üçüncü bölgeler, belirlenen sınırları aşan yüksek düzeyde kontaminasyonla bulunur (Çigdem Çiftçi vd., 2012).

3. MATERYAL VE YÖNTEM.

3.1. Çalışma Alanının Karakterizasyonu.

Çalışma alanı Konya ili Selçuklu Belediyesi Kosova Mahallesi'nde yer almaktadır. Mahalle 756,39 hektarlık bir alana sahiptir. Konum koordinatları $X = 457944.68$ ve $Y = 4202719.58$ WGS 1984 UTM Zone 36N şeklindedir. Mahalle, Konya şehir merkezine 12 kilometre uzaklıktadır (Şekil 3.1). Deniz seviyesinden ortalama yükseklik 1.016 m'dir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020; İKONAİR, 2019). Kosova Mahallesi kuzeyde Bosnahersek ve Akademi mahalleleri ile güneyde Sancak Mahallesi ile batıda Beyhekim ve Yazır Mahalleleri ile son olarak Büyükkayacık Mahallesi ile doğuya sınırlar. Selçuklu Belediyesi verilerine göre Kosova mahallesinde yaklaşık 31.900 kişi yaşamaktadır (Selçuklu Belediyesi, 2016).



Şekil 3.1 Çalışma alanının konum haritası.

Fiziksel düzeyde, bölge, düşük yağış seviyelerine sahip karasal bir iklime sahip olarak karakterize edilir, yağış seviyesi 280 ila 350 mm/yıl arasında değişir. Bölgede ortalama sıcaklık 11,5°C'dir. Hâkim rüzgâr yönü kuzey-kuzeybatıdır ve yıllık rüzgâr hızı 2 m/s'dir. Alan, kuzey ve batıda 2 sıradağlarla çevrili büyük bir plato içinde yer almaktadır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020; Çiftçi ve diğerleri, 2013; Topak ve Acar, 2006).

3.2. Materyal

Hava kalitesi örnekleme için 'Partikül Sayacı PCE-PCO1' cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz, 0.1 ila 10 um arasında bir boyuta sahip olan partiküllerin izlenmesini sağlayan bir lazer partikül sayacı, yani otomatik partikül ölçerdir. Cihaz, havanın sıcaklığını, bağıl nemini ve çığlenme noktasını ölçmek için bir sensöre sahiptir.

ArcMap yazılımı olan bir bilgisayar. Bu araç, Kosova mahallesindeki PM konsantrasyon haritalarının detaylandırılması gibi tematik haritacılıkta kullanılmıştır. Çalışma alanının hava kalitesi haritasının hazırlanmasında da kullanılmıştır.

3.3. Hava Kalitesi Ölçümü

Çalışma alanının büyüklüğü dikkate alınarak 11 adet geçici izleme istasyonu belirlenmiştir. İstasyonlar, çalışma alanı içerisinde homojen ve eksiksiz bir şekilde yer almaktadır. Hava kalitesi ölçümü, Temmuz, Ekim 2021 ve Ocak (2022) aylarında numune alma istasyonlarının her birinde Perşembe'den Pazar gününe kadar gerçekleştirildi. Ölçümler günün saat 06:00, 09:00, 12:00, 17:00 ve 20:00 saatlerinde gerçekleştirilmiştir.

Veri Modellemede Kullanılan Yöntemler:

Sahada yapılan ölçümlerin sonuçları ile bir veri tabanı hazırlandı. Veri tabanı, bir bütün olarak verilerin davranışını gözlemlemek ve değerlendirmek için keşifsel ve yapısal bir analizden geçirildi. Bu ilk analiz şunlara izin vermektedir: korelasyonun belirlenmesi, aykırı değerlerin tanımlanması ve verilerin eğilimlerinin analiz edilmesi. Bu işlemi gerçekleştirmek için kutu diyagramları, frekans histogramları ve Semivariogram aracı kullanılır (Jumaah vd., 2019; Shukla vd., 2020).

PM₁₀, PM_{2.5} ve AQI konsantrasyonlarının verilerinin modellenmesi için Kriging uzamsal enterpolasyon yöntemi kullanılacaktır. Yöntem, gözlemlenen örneklerden değerlerin tahmin edilmesine izin verir, bunun için ağırlıklı ortalamaları kullanır. Tahmini değerler denklem 1'ten elde edilmiştir (Kumar vd., 2016). Şekil 3.2, kullanılacak metodolojinin diyagramını göstermektedir.

$$Z^*(x) - m(x) = \sum_{i=1}^{n(u)} \lambda_i [Z(x_i) - m(x_i)] \quad [1]$$

$\lambda_i = Z(X_i)$ verilerine atanan ağırlıklardır; $Z^*(x)$ tahmin edicidir; $Z(X_i)$ gözlem noktasındaki değerdir; $X_iM(x)$ tahmin edicinin beklenen değeri veya ortalamasıdır; $m(X_i)$ gözlemlenen verilerin beklenen değeri veya ortalamasıdır; n gözlem sayısıdır

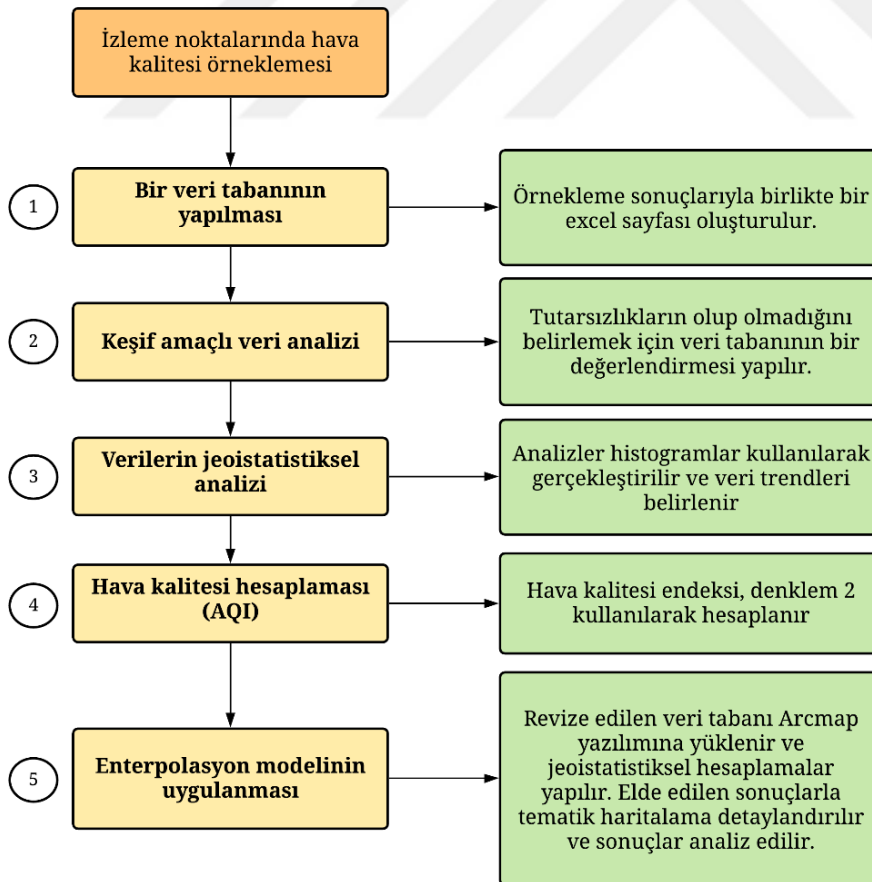
3.4. Hava Kalitesi Analizi

Hava kalitesi, her bir kirletici için alt indeks aracılığıyla belirlendi. Bu, bir mekânın kirlilik seviyesinin ve belirli bir zamanın ölçülmesini sağlar. Bu gösterge, insanlar üzerindeki etki derecelerinde kontaminasyon seviyesini gösterir (PCE Americas INC, 2015)

$$I_p = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}} (C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo} \quad [2]$$

C_p (standartlara göre ortalama kirletici P konsantrasyonu); BP_{Hi} ve BP_{Lo} sırasıyla C_p 'nin üst ve alt kesme noktalarıdır.; I_{Hi} ve $I_{Lo} = BP_{Hi}$ ve BP_{Lo} ya ait AQI değerleridir

İyi bir jeoistatistiksel analiz geliştirme arayışında, bilginin mantıklı bir şekilde işlenmesine izin veren ve böylece daha iyi sonuçlar elde edilebilecek bir metodolojik döngü oluşturulması tavsiye edilir.

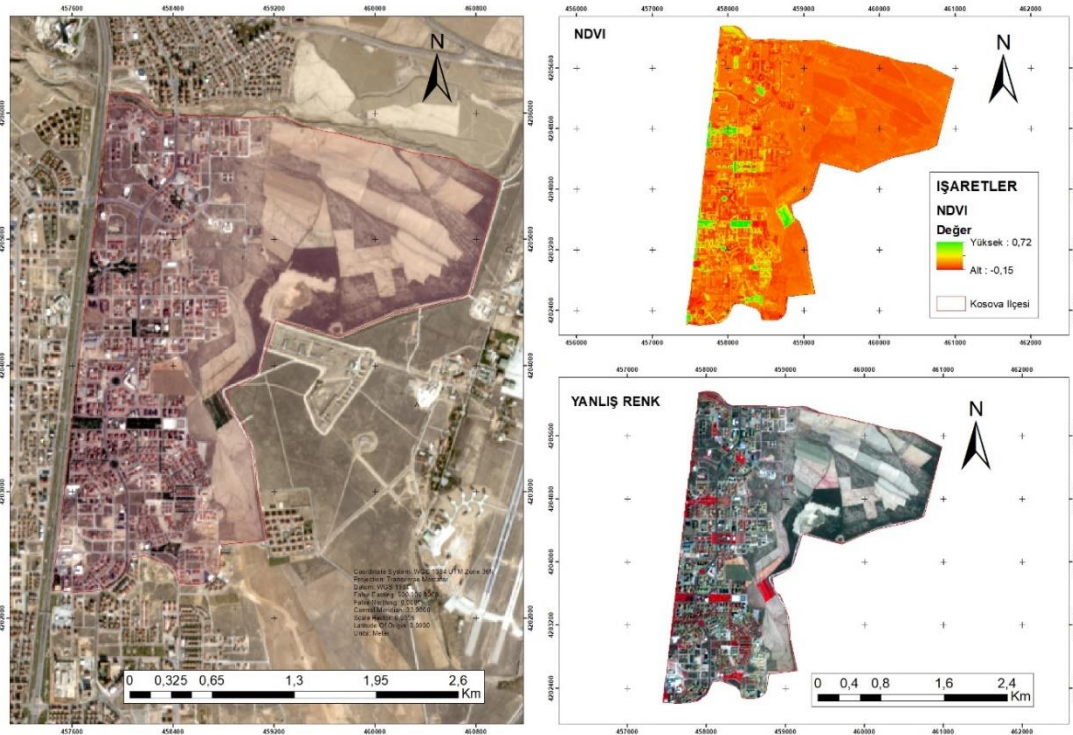


Şekil 3.2 Metodolojinin diyagramı

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.

4.1. Çalışma Alanının Karakterizasyonu

Aşağıdaki uydu görüntülerinde, çalışma alanındaki bitki örtüsünün seviyesini NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ve yanlış renk aracılığıyla görülebilmektedir. Bitki örtüsü seviyesinin toprak erozyona uğraması ve ayrıca hava kalitesi üzerinde etkisi vardır. Rüzgâra maruz kalan toprak partikülleri, havadaki PM konsantrasyonu artırılarak asılı partikül madde miktarını arttırmaktadır (Buschiazzo vd., 1983). Konya kurak-yarı kurak bir ekosisteme sahip olduğundan ve sınırlı pedojenik gelişmeye sahip olduğundan rüzgâr erozyonuna eğilimlidir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020)



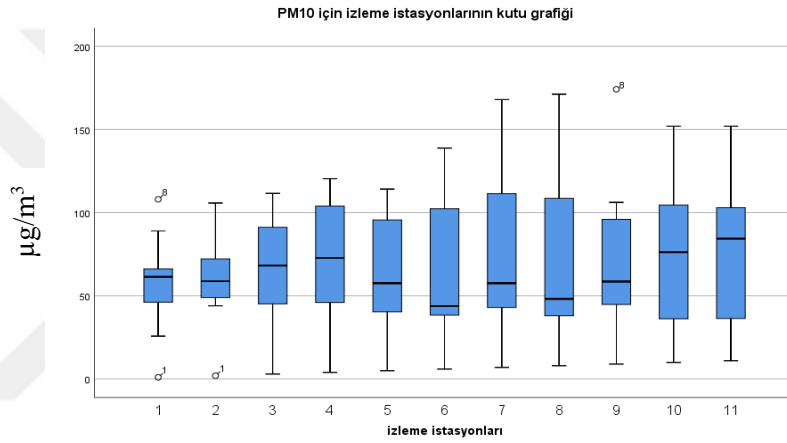
Şekil 4.1 Çalışma alanının bitki örtüsünün uzaktan algılama yoluyla analizi.

Şekil 4.1, çalışma alanının doğu kısmında havaalanına kadar uzanan çıplak topraklı parsellerin olduğunu göstermektedir. Arazi mısır yetiştirmek için kullanılıyor, ancak arazi kullanımının inşaata dönüştürüldüğü alanlar var. Bu bitkisi olmayan alanlar mahallenin doğu ucunda görülebilir. Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), bitki sağlığının bir göstergesidir. Kırmızı ve yakın kızılötesi ışığın yansımaları ve soğurulması arasındaki ilişkiye dayanır. Haritada yeşil alanların yüksek düzeyde sağlıklı bitki örtüsü gösterdiği görülmektedir. Sarı alanlar da bitki örtüsü gösterir, ancak çoğunlukla dağınıktır ve düşük canlılığa sahiptir. Kırmızı olan alanlar, çıplak toprak ve ölü bitki örtüsü olan alanlara sahiptir.

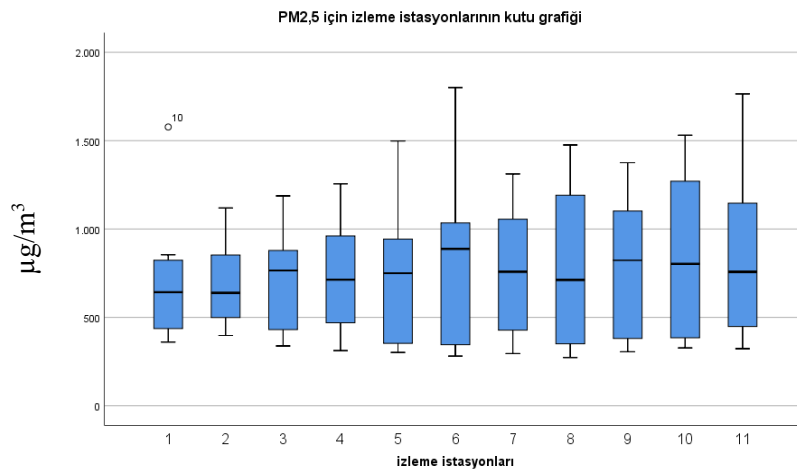
Bu bilgi, yanlış renk haritası ile karşılaştırılabilir. Bu harita, inşaat alanlarını bitkisel alanlarla ayırt ederek bitki örtüsünün kapladığı bölgelerin kolayca belirlenmesini sağlar.

4.2. Keşifsel veri analizi

Şekil 4.2, PM₁₀'un kutu grafiğini göstermektedir. Veriler farklı zamanlarda günde 5 kez toplanmıştır. Bu kirletici için izin verilen limitler günlük ve yıllık ortalamalarda tanımlandığı için günlük ortalama yapılmıştır. Diyagram, veri setinde büyük değişkenlik olduğunu göstermektedir, bunun nedeni yılın 3 mevsiminin verilerinin değerlendirilmesidir. Bununla birlikte, veriler çoğu durumda pozitif bir simetrik dağılım göstermektedir. Bu, konsantrasyonların yıl boyunca aynı olmadığı anlamına gelir.

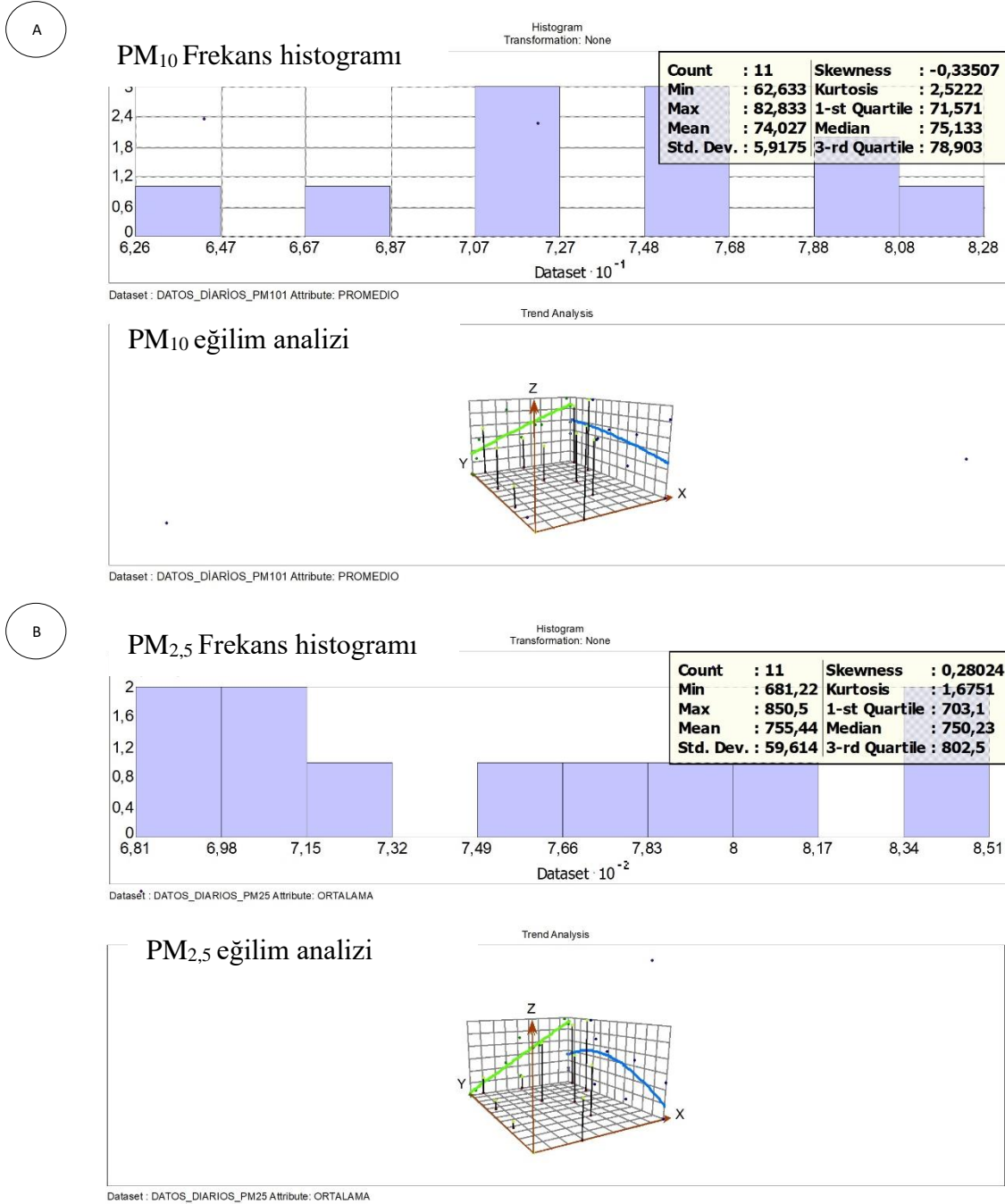


Şekil 4.2 PM₁₀ için izleme istasyonlarının kutu grafiği



Şekil 4.3 PM_{2,5} için izleme istasyonlarının kutu grafiği

Şekil 4.3'deki veriler daha iyi bir normal dağılım sunar, ancak verilerde büyük bir değişkenlik vardır. Bu, yıl boyunca ve farklı izleme istasyonlarında konsantrasyonlarda homojenlik olmadığı anlamına gelir.



Şekil 4.4 PM₁₀ ve PM_{2,5}'in frekans histogramı ve eğilim analizi

Şekil 4.4'da verilerin dağılımını grafik olarak incelemeye izin veren 2 adet frekans histogramı vardır. İncelenen veriler, tüm gözlemlerin ortalamalarına karşılık gelmektedir.

histogram 10 aralığa bölünmüştür. Şekil 4.4. A, normal bir dağılım gösteren PM_{10} 'un frekans histogramını göstermektedir. Grafiğe göre basıklık değeri 2.55 olup, 3'e yakın değerler normal bir dağılım göstermektedir. $PM_{2.5}$ verilerinin dağılımı durumunda, bunlar normal bir dağılım izlemez, ancak veriler atipik sapmalar göstermez.

Şekil 4.4 ayrıca PM_{10} ve $PM_{2.5}$ değerlerinin eğilim analizini de göstermektedir. Bu analiz, değerlerin davranışını tahmin eden matematiksel bir denklemin elde edilmesini sağlar. Her iki parametrenin sonuçları, U'da iyi tanımlanmamış bir davranış gösterir. Bu davranışa en iyi uyan fonksiyon ikinci dereceden bir polinomdur.

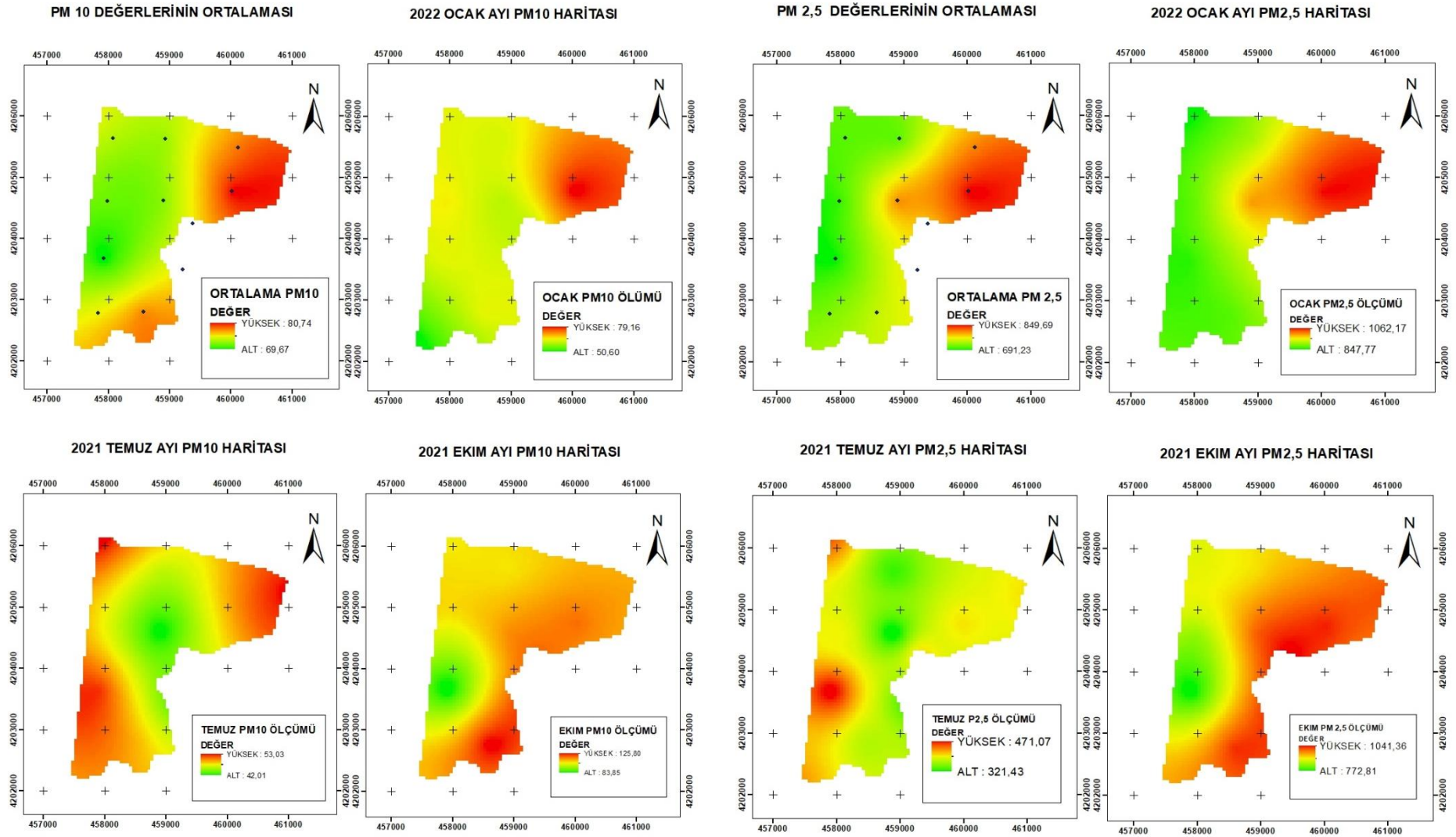
4.3. Modelleme.

Aşağıdaki tahmin haritaları, partikül madde konsantrasyon değişkenlerinin (PM_{10} ve $PM_{2.5}$) Kriging jeoistatistik yöntemiyle, veri eğilimleri ve bunların küresel fonksiyonla modele uyarlanması dikkate alınarak interpolasyonu yoluyla elde edilmiştir.

Şekil 4.5 haritayı göstermektedir. PM_{10} 'un ortalama konsantrasyonlarının haritası, PM 'nin yıllık ortalama değeri analiz edilerek elde edildi. Diğer haritalar, değerlendirilen farklı ayların ortalamalarına karşılık gelir. Yüksek konsantrasyonların kırmızı, düşük konsantrasyonların yeşil olduğu görülmektedir. Haritanın doğu bölgesinde, düşük konsantrasyonlu gözlemlerin olduğu merkezi alanlara kıyasla, yıl boyunca yüksek konsantrasyonların daha fazla varlığı vardır. Ekim 2021 ayı, Temmuz 2021 ve Ocak 2022'ye göre en yüksek konsantrasyonları sunar. Öte yandan, Temmuz 2021 ayı en düşük konsantrasyonları izlendiği periyottur.

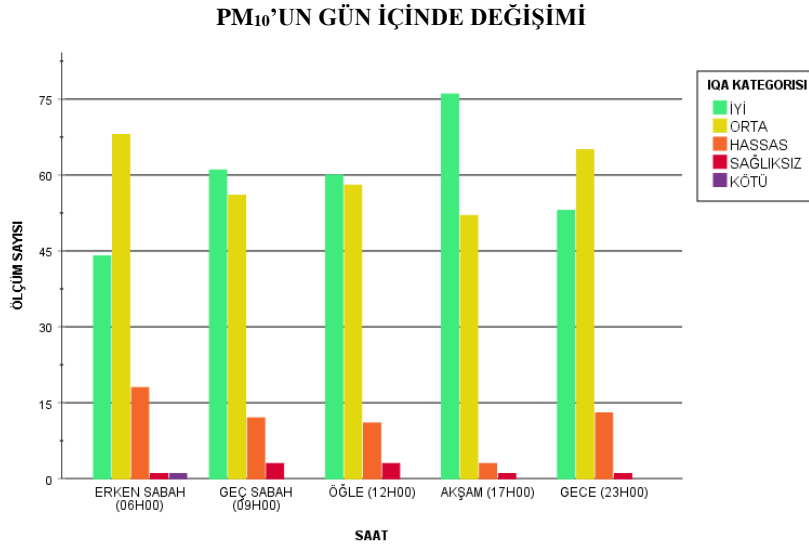
Şekil 4.6 $PM_{2.5}$ 'un dağılımını göstermektedir. İlk harita, veri ortalamasının, yani $PM_{2.5}$ 'in yıllık ortalamasının sonucuna karşılık gelir. Aşağıdaki haritalar, $PM_{2.5}$ konsantrasyonlarının aylık ortalamasıdır. Benzer şekilde, en yüksek konsantrasyonların haritanın doğu kısmında yer aldığı, haritanın merkezine ve batısına doğru ise konsantrasyonların daha düşük değerler gösterdiği görülebilir. En yüksek konsantrasyona sahip ay Ekim 2021, Temmuz ise en düşük konsantrasyon değerlerine sahiptir.

Hem PM_{10} hem de $PM_{2.5}$ konsantrasyon haritalarının konsantrasyon kaydı açısından belirli bir ilişki sunduğu da belirlenebilir. PM_{10} değerlerinin yüksek olduğu yerlerde $PM_{2.5}$ değerleri de yüksektir.

Şekil 4.5 PM₁₀ konsantrasyonlarının haritasıŞekil 4.6 PM_{2,5} konsantrasyonlarının haritası

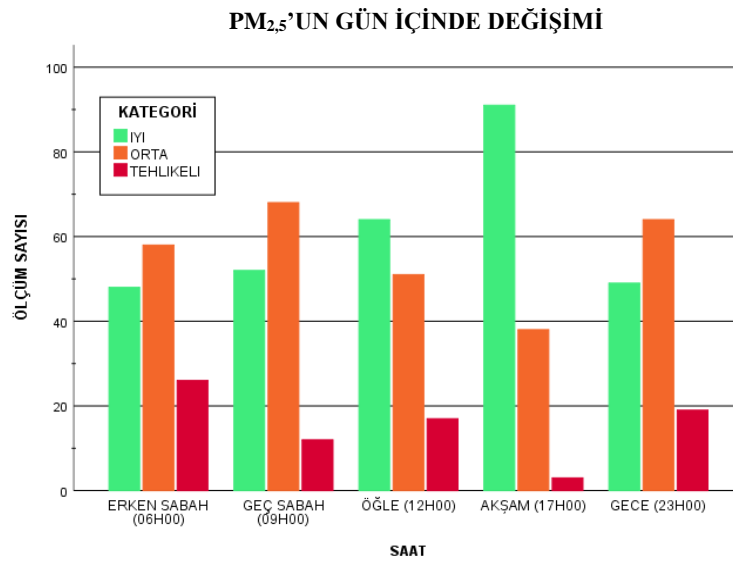
4.4. IQA Analizi

Aşağıdaki şekil 4.7, denklem 2 aracılığıyla değerlendirilen IQA analizinin sonuçlarını sunmaktadır. PM₁₀ konsantrasyonları, kirlilik seviyesini ve değişimini grafiklendirmek için bir çapraz tablo kullanılarak günün farklı saatlerinde analiz edilmiştir.



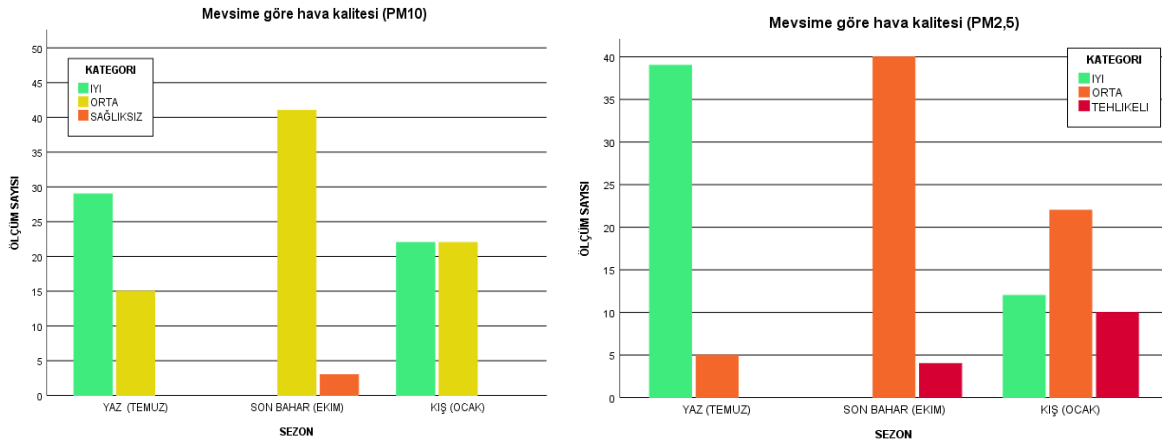
Şekil 4.7 PM₁₀'a göre hava kalitesi durumu

Veriler, sabahları ortalama hava kalitesi seviyesinin orta olduğunu, gün öğleden sonra 5'e kadar ilerledikçe PM₁₀ konsantrasyonlarının azaldığını ve bu saatte gözlemlenen kalitenin iyi olduğunu gösteriyor. Ancak geceleri hava kalitesi orta kategorisine dönmektedir.



Şekil 4.8 PM_{2,5}'a göre hava kalitesi durumu

Şekil 4.8, günün farklı saatlerinde PM_{2.5} gözlemlerinin sayısını göstermektedir. Değerlerin sınıflandırılması, partikül ölçüm ekipmanının kılavuzunda bulunan sınıflandırma tablosu kullanılarak gerçekleştirildi (PCE Americas INC, 2015). Veriler, sabahları hava kalitesinin çoğunlukla tehlikeli ve orta değerler sunduğunu gösteriyor. Öğleden sonra bu değerler azalır. Geceleri hava kalitesi orta kategorisi değerlerine döner.



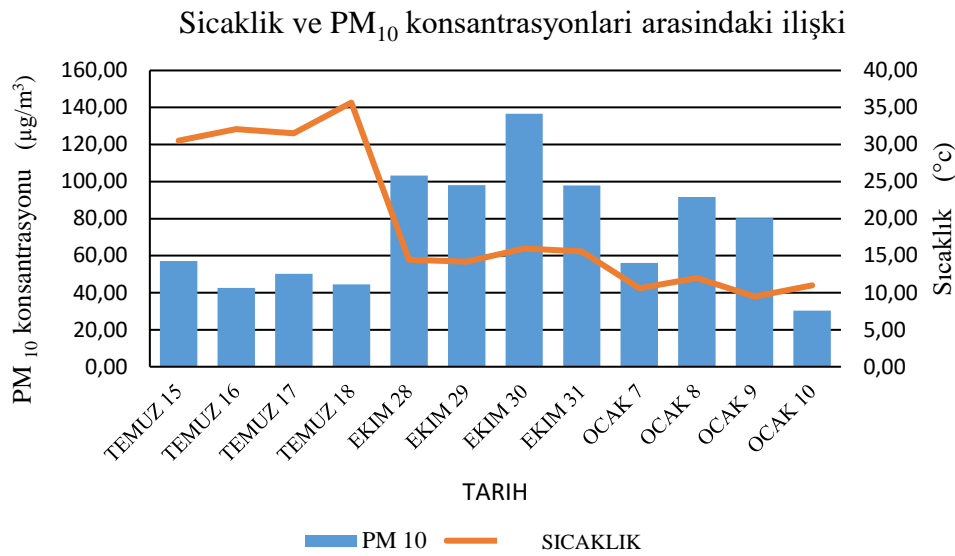
Şekil 4.9 Mevsimlere Göre Konya Hava Kalitesi (PM₁₀ve PM_{2,5})

Şekil 4.9 kategoride gruplandırılmış PM₁₀ ve PM_{2.5} analizinden elde edilen hava kalitesi gözlemlerini içermektedir. Sonuçlar, yılın en kötü hava kalitesi seviyelerine sahip mevsimi olduğunu gösteriyor. İki grafiğin de hava kalitesinde benzer bir eğilim gösterdiği görülmektedir. PM₁₀ değerleri için; yaz aylarında hava kalitesi değerleri çoğunlukla iyidir. Sonbaharda hava kalitesi değerleri orta ve sağlıksız kategoriler arasında değişmektedir. Kışın iyi ve orta hava kalitesi eşit oranlarda gözlenir. PM_{2.5} değerleri ile ilgili olarak; Yaz aylarında yapılan gözlemlerde iyi kategorisinin daha sık olduğu görülmektedir. Sonbaharda orta kalite kategorisi daha sık öne çıkıyor. Son olarak kışın iyi, orta ve kötü kategorileri arasında bir farklılık vardır.

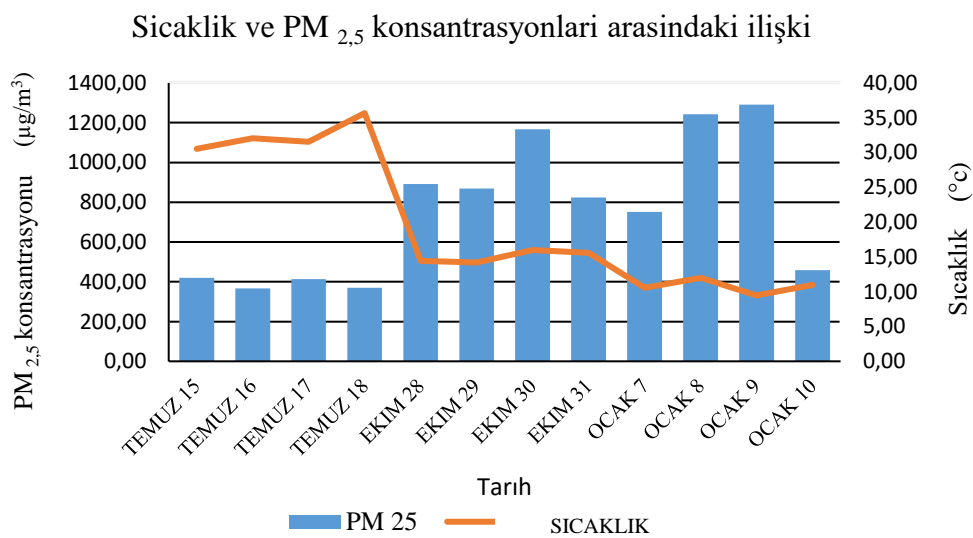
4.5. PM konsantrasyonunun Sıcaklıkla İlişkisi

Sıcaklığın konsantrasyonla ilişkisi, tüm geçici izleme istasyonlarının günlük ortalamalarının karşılaştırılması yoluyla yapılmıştır. Şekil 4.10, PM₁₀ konsantrasyonlarının sıcaklıkla ilişkisini ve Şekil 4.11, PM_{2.5} 'in sıcaklıkla ilişkisini göstermektedir. Her iki grafikte de ters bir ilişki gözlemlenebilir; sıcaklık değerleri düştüğünde konsantrasyon değerleri artar.

Bu ilişkinin ne kadar anlamlı olduğunu belirlemek için iki nicel değişken arasındaki korelasyon düzeyini belirlemek için Pearson Katsayısı kullanılmıştır. Pearson katsayısı 1 ile 0 arasında değerler alır. PM_{10} ile sıcaklık arasındaki ilişkinin sonuçları -0.407 (ek-1) katsayısı ve 0.05'ten küçük bir anlamlılık düzeyi gösterir. Bu, iki değişken arasında yüksek bir ters korelasyon olduğunu gösterir. $PM_{2.5}$ konsantrasyonları için Pearson katsayısı -0.664'tür ve anlamlılık düzeyi 0.05'ten küçüktür. Yani $PM_{2.5}$ konsantrasyonu ile sıcaklık arasında yüksek bir negatif korelasyon vardır.



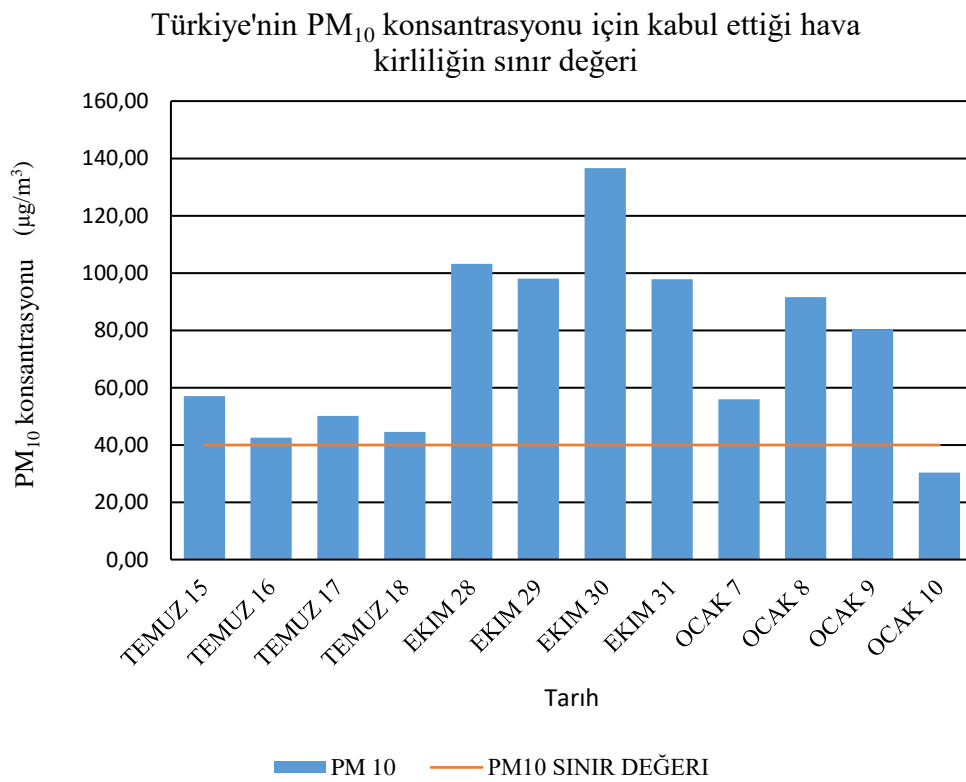
Şekil 4.10 Hava'daki PM_{10} konsantrasyonunun sıcaklık ile ilişkisi



Şekil 4.11 Hava'daki PM_{10} konsantrasyonunun sıcaklık ile ilişkisi

4.6. Ölçülen Konsantrasyonların Türkiye Tarafından Kabul Edilen İzin Verilen Sınırla Karşılaştırılması

Şekil 4.12, PM₁₀ konsantrasyonlarının günlük ortalamalarını çubuklarla göstermektedir. Turuncu çizgi, Türkiye tarafından kabul edilen konsantrasyon sınır değerini temsil etmektedir, yani 40 µg/m³. Haziran ayı değerleri, izin verilen sınırı biraz aşıyor. Ekim değerleri en yüksek konsantrasyonları sunmakta ve sınır değeri önemli ölçüde aşmaktadır. Kış değerleri de limitin dışında ancak konsantrasyonun izin verilen limit dahilinde olduğu tek gün 10 Ocak.



Şekil 4.32 Ölçülen PM₁₀ değerlerinin Türkiye tarafından kabul edilen limit ile karşılaştırılması.

5. SONUÇ VE YORUM

Kosova Mahallesi'ndeki partikül madde konsantrasyonları zamansal ve mekânsal olarak değişir. Rüzgâr hızının ve sıcaklığın etkileri, asılı partikül madde konsantrasyonunu etkiler. Hava kalitesini etkileyen diğer bir faktör ise çıplak toprak, ekili alanlar, yeni inşaatlar, kış döneminde ısınma siteminde kalitesiz yakıt kullanılması ve otomobil trafiğinin varlığıdır. Şekil 3.1, çalışma alanının doğu kısmının, yeni apartman ve evlerin inşa edildiği bir alan olmasının yanı sıra, bitki örtüsü olmayan toprakların varlığı ile karakterize edildiğini göstermektedir. Çetin bitki örtüsüyle kaplı alan, Selçuklu Belediyesi'ne bağlı şehrin parkları, bahçeleri ve süs eşyalarının bir parçasıdır.

Modelleme sonuçları, en kötü hava kalitesinin ölçüldüğü alanın bitki örtüsü olmayan alanlar olduğunu doğrulamaktadır. Şekil 4.7 ve 4.8, en yüksek PM konsantrasyonuna sahip alanları kırmızı ile göstermektedir. Kosova mahallesinin doğusunun kentleşme ve yeni evlerin inşası sürecinde olması nedeniyle, bu bölge özellikle Ekim ayında en yüksek PM₁₀ ve PM_{2,5} değerlerini gördü. Yeşil alanlar daha düşük konsantrasyon seviyeleri gösterir, ancak bu yerlerdeki hava kalitesinin iyi olduğu anlamına gelmez. Benzer şekilde, kışın PM konsantrasyonları esas olarak hava koşulları nedeniyle artar. Bu istasyonda, kirliliğin kolayca dağılmasını engelleyen yüksek atmosferik basınçlar ve düşük rüzgâr hızı seviyeleri vardır.

Mahalledeki hava kalitesi de günün saatlerine göre değişiklik göstermektedir. Sabah ve öğleden sonra konsantrasyonlar, daha fazla araç akışı nedeniyle daha yüksektir. Bu değerler insan sağlığı için tehlikeli değildir, ancak uzun süreli olumsuz etkileri olabilir veya solunum problemi olan kişiler için zararlı olabilir. Öğlen saatlerinde ise iyi kalite değerleri daha yüksek bir frekans sunar.

Hava kalitesi de mevsimlere göre değerlendirilmektedir. Yaz en iyi hava kalitesine sahiptir, çünkü sıcaklık ve PM konsantrasyonları arasında önemli bir ters ilişki vardır. Sonbaharda orta kategori daha yüksek bir frekansa sahiptir. Kışın hava kalitesinde hafif bir kötüleşme vardır, ancak değişkenlik anlamlı bakış açısından önemli değildir. Kosova mahallesinde ortalama hava kalitesi orta düzeyde olduğundan sağlık açısından herhangi bir risk oluşturmadığı söylenebilir.

Ortalama günlük PM₁₀ konsantrasyonları izin verilen sınırların dışındadır. Sonuçlara göre sadece 10 Ocak 2022 konsantrasyonu izin verilen aralıkta. Ekim ayı partikül madde konsantrasyonunun en yüksek olduğu aydır. Ocak konsantrasyonları izin verilen sınırı biraz aşıyor.

6. ÖNERİLER

Kamu çevre politikaları oluşturmanın önceliklerinden biri, güvenli ve sürdürülebilir bir çevre oluşturmak için hava kalitesi gibi alanlarda yatırımları yönlendirmek. Bu projelerin Halk Sağlığı Bakanlığı gibi diğer kurumlar da göz önünde bulundurularak bütüncül ve çapraz bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir. Konya Belediyesi'nin halihazırda şehirdeki kirliliğin azaltılması için bir eylem planı var. Plan esas olarak şunları dikkate almaktadır: doğal gaz kullanıcılarının sayısını artırmak; karbon tüketimini azaltmak; Konya sanayi bölgesinde bacaların kontrollerinin yapılması; enerji tüketimini azaltmak; Gıda işletmelerinde fırınların bacalarında filtre kullanılmasını zorunlu kılmak; Araç kontrollerini gerçekleştirmek; toplu taşıma kullanımını teşvik etmek; bisiklet kullanımını teşvik etmek ve bisiklet rotalarını artırmak; ve son olarak izleme istasyonlarına yatırım yapmak ve mevcut olanları yeni enstrümanlar vb. ile donatmak.

Hava kirliliğinin azaltılmasına yönelik çalışmaların üretilebilmesi için sürekli izleme istasyonlarına sahip olunması gerekmektedir. Otomatik istasyonlara sahip olmak ekonomik olarak pahalı olsa da, pasif veya aktif yöntemlerle hava kirleticilerinin konsantrasyonlarını ölçmek için belirli noktalar belirlenebilir. Bu nedenle, kontaminasyon kaynaklarını belirlemek için laboratuvar çalışmaları yapılması da tavsiye edilir. Bu çalışmada, Kosova mahallesinde PM10 ve PM2.5 konsantrasyonunu etkileyen nedenlerin kışın kalitesiz yakıt kullanımı, araç trafiği, hava değişimleri ve ısıtma sistemlerinin kullanılması dışında bitki örtüsü olmayan toprakların varlığı belirlendi. Ancak mahalleye yakın sanayi kuruluşundan kaynaklanan kirlilik de dikkate alınmalıdır. Bu nedenle partiküler materyalin bileşimini belirlemek için kimyasal laboratuvar çalışmaları yapmak gerekli olacaktır.

Akademiklerin karar alma süreçlerine dâhil edilmesi için, Konya belediyesinin çevre ile ilgili kariyer öğrencilerini veri tabanlarının oluşturulmasına odaklı tez projelerinin oluşturulmasında teşvik etmesini tavsiye edilir. Bu, gelecekteki çalışmalar için ücretsiz bilgi sahibi olmayı sağlayabilecektir.

KAYNAKLAR

- Abulude, F. O. (2016). *Particulate matter: an approach to Air Pollution*. April, 1–14.
<https://doi.org/10.20944/preprints201607.0057.v1>
- Akimoto, H. (2007). Global Air Quality and Pollution. *Science*, 1716(2003), 1716–1720.
- Akyürek, Ö., Arslan, O., & Karademir, A. (2013). SO₂ Ve PM₁₀ Hava Kirliliği Parametrelerinin CBS ile Konumsal Analizi: Kocaeli Örneği. *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 12.
- Ariyanti, Kesbi, F. G., Tari, A. R., Siagian, G., Jamilatun, S., Barroso, F. G., Sánchez-Muros, M. J., Rincón, M. Á., Rodriguez-Rodriguez, M., Fabrikov, D., Morote, E., Guill-Guerrero, J. L., Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G., Fountoulaki, E., Omasaki, S. K., Janssen, K., Besson, M., ... A.F. Falah, M. (2021). Hava kirliliğinin mekânsal bağımlılığının CBS tabanlı araştırılması: Afyonkarahisar örneği. *İçinde Afyon Koca Tepe Üniversitesi (C. 4, Sayı 1)*.
http://www.ejurnal.its.ac.id/index.php/sains_seni/article/view/10544%0Ahttps://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=tawuran+antar+pelajar&btnG=%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103237
- Ayturan, Y. A., Öztürk, A., & Ayturan, Z. C. (2017). Modelling of PM₁₀ Pollution in Karatay District of Konya with Artificial Neural Networks. *Journal of International Environmental Application and Science*, 12(3), 256–263.
- Buonanno, G., & Hänninen, O. (2018). Air quality and health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(11), 1–9.
<https://doi.org/10.3390/ijerph15112399>
- Buschiazzo, D. E., Panebianco, J., Guevara, G., Rojas, J., Zurita, J., Bran, D., López, D., Gaitán, J., & Hurtado, P. (1983). Incidencia potencial de la erosión eólica sobre la degradación del suelo y la calidad del aire en distintas regiones de la Argentina. *Ciencia del suelo*, 27(2), 255–260.
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672009000200012&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2016). *Konya İli 2015 Yılı Çevre Durum Raporu*.
http://www.csb.gov.tr/db/ced/editedosya/Corum_2015.pdf
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2017). *Konya İli 2016 yılı çevre durum raporu*.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2018). *Konya İli 2017 yılı çevre durum raporu*.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2019). *Konya İli 2018 İli çevre durum raporu*.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2020). *Konya İli 2019 yılı çevre durum raporu*.
- Çiftçi, Çiğdem, Dursun, Ş., Levend, S., & Kunt, F. (2013). Topoğrafik yapı , iklim şartları ve kentleşmenin Konya’da hava kirliliğine etkisi. *European Journal of Science and Technology*, 1(1), 19–24.
- Çiftçi, Çiğdem, Erdem, R., & Levend, S. (2012). Air quality of Konya province and sustainable ecological urban design principles. *Asian Journal of Chemistry*, 24(3), 1381–1392.
- Crutzen, P. J., Heidt, L. E., Krasnec, J. P., Pollock, W. H., & Seiler, W. (1979). Biomass burning as a source of atmospheric gases CO, H₂, N₂O, NO, CH₃Cl and COS. *Nature*,

282(5736), 253–256. <https://doi.org/10.1038/282253a0>

- D'Amato, G., Cecchi, L., D'Amato, M., & Liccardi, G. (2010). Urban air pollution and climate change as environmental risk factors of respiratory allergy: An update. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology*, 20(2), 95–102.
- Daellenbach, K. R., Uzu, G., Jiang, J., Cassagnes, L. E., Leni, Z., Vlachou, A., Stefanelli, G., Canonaco, F., Weber, S., Segers, A., Kuenen, J. J. P., Schaap, M., Favez, O., Albinet, A., Aksoyoglu, S., Dommen, J., Baltensperger, U., Geiser, M., El Haddad, I., ... Prévôt, A. S. H. (2020). Sources of particulate-matter air pollution and its oxidative potential in Europe. *Nature*, 587(7834), 414–419. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2902-8>
- DEMİRARSLAN, K. O. (2018). CBS ve Hava Kalitesi Verileri Kullanılarak Marmara Bölgesinin Kış Sezonunda Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 90(464), 11–27. <https://doi.org/10.21324/dacd.344564>
- Domingo, N. G. G., Balasubramanian, S., Thakrar, S. K., Clark, M. A., Adams, P. J., Marshall, J. D., Muller, N. Z., Pandis, S. N., Polasky, S., Robinson, A. L., Tessum, C. W., Tilman, D., Tschofen, P., & Hill, J. D. (2021). Air quality-related health damages of food. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(20). <https://doi.org/10.1073/pnas.2013637118>
- Dursun, Ş., Ayturan, C., Kunt, F., Ulusoy, Ç., & Çimen, Ö. (2017). Selçuk Üniversitesi yerleşkesi açık alanlarda ortam PM 2,5 Seviyesinin belirlenmesi. *VII. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu*, 190–202.
- European Commission. (2010). Air pollution and climate change. *Springer Climate*, 1(24), 289–308. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61346-8_18
- Ezzati, M., Lopez, A. D., Rodgers, A., & Murray, C. J. L. (2004). Comparative quantification of health risks. *World Health Organization*, 1200.
- Garc, M. (2004). Application of geostatistics in environmental sciences. *Ecosistemas*, XIII(1), 0. <https://doi.org/10.7818/582>
- Griggs, D. J., & Noguer, M. (2002). Climate change 2001: The scientific basis. Contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change. *Research Gate*, 57(8), 267–269. <https://doi.org/10.1256/004316502320517344>
- Gustafsson, M., Blomqvist, G., Gudmundsson, A., Dahl, A., Jonsson, P., & Swietlicki, E. (2009). Factors influencing PM10 emissions from road pavement wear. *Atmospheric Environment*, 43(31), 4699–4702. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.04.028>
- Harman, B. I., Koseoglu, H., & Yigit, C. O. (2016). Performance evaluation of IDW, Kriging and multiquadric interpolation methods in producing noise mapping: A case study at the city of Isparta, Turkey. *Applied Acoustics*, 112, 147–157. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.05.024>
- İKONAİR. (2019). *Konya temiz hava programi 2012- 2019*.
- Jumaah, H. J., Ameen, M. H., Kalantar, B., Rizeei, H. M., & Jumaah, S. J. (2019). Air quality index prediction using IDW geostatistical technique and OLS-based GIS technique in Kuala Lumpur, Malaysia. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 10(1), 2185–2199. <https://doi.org/10.1080/19475705.2019.1683084>

- KALIPCI, E., & BAŞER, V. (2019). Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve Hava Kalitesi Verileri Kullanılarak Türkiye'nin Hava Kirliliğinin Değerlendirilmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 9(2), 377–389. <https://doi.org/10.31466/kfbd.645698>
- Kara, G., Bozkurt, Ç., & Çay, Y. (2019). Konya'da hava kirliliği konusunda farkındalık düzeyinin belirlenmesi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2(2), 91–94.
- Kara, G., İbiç, A., & Yağcıoğlu, E. (2018). Çimento Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, Sayı, 1(2), 87–90.
- Kara, G., Yalçınkaya, B., Özdil, B., & Avcı, E. (2018). Konya İlinin hava kirliliğine bazı meteorolojik faktörlerin etkisi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2), 104–109.
- Katsouyanni, K., Zmirou, D., Spix, C., Sunyer, J., Schouten, J. P., Ponka, A., Anderson, H. R., Le Moulllec, Y., Wojtyniak, B., Vigotti, M. A., Bacharova, L., & Schwartz, J. (1997). Short-term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiologic time series data: The APHEA protocol. *Public Health Reviews*, 25(1), 7–18.
- Kaya, D., & Öztürk, H. (2013). *Hava kalitesi yöntemi* (KOCAELİ (ed.); 1. baskı). Umuttepe Yayınları.
- Kumar, A., Gupta, I., Brandt, J., Kumar, R., Dikshit, A. K., & Patil, R. S. (2016). Air quality mapping using GIS and economic evaluation of health impact for Mumbai City, India. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 66(5), 470–481. <https://doi.org/10.1080/10962247.2016.1143887>
- Kunt, F., & Dursun, Ş. (2016). Air Pollution modelling of Konya city center by using artificial intelligence. *Wulfenia*, 23(11), 73–86.
- Kunt, F., & Dursun, Ş. (2018). Konya merkezinde hava kirliliğine bazı meteorolojik faktörlerin etkisi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(1), 54–61. <https://ucbad.com/doc/ucbad-18-01-05.pdf>
- Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., & Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and health impacts of air pollution: A Review. *Frontiers in Public Health*, 8(February), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014>
- Mitmark, B., & Jinsart, W. (2016). Using GIS Tools to Estimate Health Risk from Biomass Burning in Northern Thailand. *Athens Journal of Sciences*, 3(4), 285–296. <https://doi.org/10.30958/ajs.3-4-2>
- Mukherjee, A., & Agrawal, M. (2017). World air particulate matter: sources, distribution and health effects. *Environmental Chemistry Letters*, 15(2), 283–309. <https://doi.org/10.1007/s10311-017-0611-9>
- Onder, S., & Dursun, S. (2006). Air borne heavy metal pollution of Cedrus libani (A. Rich.) in the city centre of Konya (Turkey). *Atmospheric Environment*, 40(6), 1122–1133. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.11.006>
- Ott, W. R. (1982). Concepts of human exposure to air pollution. *Environment International*, 7(3), 179–196. [https://doi.org/10.1016/0160-4120\(82\)90104-0](https://doi.org/10.1016/0160-4120(82)90104-0)
- Ozcan, S., & Aydin, M. E. (2009). Polycyclic aromatic hydrocarbons, polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in urban air of Konya, Turkey. *Atmospheric Research*, 93(4), 715–722. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2009.02.012>

- PCE Americas INC. (2015). Manual Particle Counter PCE-PCO 1 / PCE-PCO 2. İçinde *Manual Particle Counter PCE-PCO 1 / PCE-PCO 2* (ss. 1–14). PCE.
- Pienaar, J. J., Beukes, J. P., Van Zyl, P. G., Lehmann, C. M. B., & Aherne, J. (2015). Passive Diffusion Sampling Devices for Monitoring Ambient Air Concentrations. İçinde *Comprehensive Analytical Chemistry* (C. 70). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/bs.coac.2015.09.002>
- Polat, K., & Durduran, S. S. (2012). Usage of output-dependent data scaling in modeling and prediction of air pollution daily concentration values (PM 10) in the city of Konya. *Neural Computing and Applications*, 21(8), 2153–2162. <https://doi.org/10.1007/s00521-011-0661-z>
- Querol, X., Alastuey, A., Ruiz, C. R., Artiñano, B., Hansson, H. C., Harrison, R. M., Buringh, E., Ten Brink, H. M., Lutz, M., Bruckmann, P., Straehl, P., & Schneider, J. (2004). Speciation and origin of PM10 and PM2.5 in selected European cities. *Atmospheric Environment*, 38(38), 6547–6555.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.08.037>
- Rosenson, A. S., Mintz, A., Ali, A., & Fordham, E. W. (1991). Air pollution: its impact as a problem of Health. *Clinical Nuclear Medicine*, 16(10), 780–781.
<https://doi.org/10.1097/00003072-199110000-00018>
- Russell, V. S. (1974). Pollution: Concept and definition. *Biological Conservation*, 6(3), 157–161. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(74\)90060-3](https://doi.org/10.1016/0006-3207(74)90060-3)
- Sarla, G. S. (2020). Air pollution : Health effects. *Scielo*, 37(1), 33–38.
- Seigneur, C. (2019). Brief History of Air Pollution. *Air Pollution*, 1–5.
<https://doi.org/10.1017/9781108674614.001>
- Selçuklu Belediyesi. (2016). *Population Distribution*.
- Shukla, K., Kumar, P., Mann, G. S., & Khare, M. (2020). Mapping spatial distribution of particulate matter using Kriging and Inverse Distance Weighting at supersites of megacity Delhi. *Sustainable Cities and Society*, 54(July 2019).
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101997>
- Suman. (2019). Air quality indices: A review of methods to interpret air quality status. *Materials Today: Proceedings*, 34(xxxx), 863–868.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.07.141>
- Topak, R., & Acar, B. (2006). *Konya basin agriculture environment relationships and sustainability*. 4(1), 204–213.
- U.S DHHS. (2021). Air pollution and your health. *National Institute of Environmental Health Sciences*, 32(August), 14. <https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/air-pollution/index.cfm>
- Wang, G., Huang, L., Gao, S., Gao, S., & Wang, L. (2002). Characterization of water-soluble species of PM10 and PM2.5 aerosols in urban area in Nanjing, China. *Atmospheric Environment*, 36(8), 1299–1307. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(01\)00550-7](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(01)00550-7)
- Yaşar, S., & Hülya, Ş. (2011). Konya’da hava kirliliğinin değerlendirilmesi. *VI Ulusal Sempozyumu*, 2, 391–402.

Yeşilyurt, C., & Akcan, N. (2001). Hava kirliliği izleme metodolojileri ve örnekleme kriterleri. İçinde *Angewandte Chemie International Edition* (C. 6, Sayı 11). Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü.

Zamani, A., Yaşar, S., & Zamani, A. G. (2019). Effect of meteorological factors on respiratory symptoms of asthmatics in Konya. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(4), 9515–9528. https://doi.org/10.15666/aeer/1704_95159528



EKLER**EK 1.** PM₁₀ değışkeni ile Sıcaklık arasındaki istatistiksel değerler.

Correlations			
		PM ₁₀	SICAKLIK
PM ₁₀	Pearson Correlation	1	-0,407**
	Sig. (2-tailed)		0,000
	Sum of Squares and Cross-products	156968,130	-17918,009
	Covariance	1198,230	-136,779
	N	132	132
SICAKLIK	Pearson Correlation	-0,407**	1
	Sig. (2-tailed)	0,000	
	Sum of Squares and Cross-products	-17918,009	12374,089
	Covariance	-136,779	94,459
	N	132	132

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations			
		SICAKLIK	PM _{2,5}
SICAKLIK	Pearson Correlation	1	-0,664**
	Sig. (2-tailed)		0,000
	Sum of Squares and Cross-products	12374,089	-316438,648
	Covariance	94,459	-2415,562
	N	132	132
PM _{2,5}	Pearson Correlation	-0,664**	1
	Sig. (2-tailed)	0,000	
	Sum of Squares and Cross-products	-316438,648	18364264,357
	Covariance	-2415,562	140185,224
	N	132	132

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

EK 2 PM₁₀ Hava Kalitesi Analizi İçin Çapraz Tablosu

		KALITE					Total
		İYİ	ORTA	HASSAS	SAĞLIKSIZ	KÖTÜ	
SAAT	ERKEN SABAH	44	68	18	1	1	132
	GEÇ SABAH	61	56	12	3	0	132
	ÖĞLE	60	58	11	3	0	132
	AKŞAM	76	52	3	1	0	132
	GECE	53	65	13	1	0	132
Total		294	299	57	9	1	660

EK 3 PM_{2.5} Hava Kalitesi Analizi İçin Çapraz Tablosu

			KATEGORİ			Total
			IYI	ORTA	TEHLIKELI	
SAAT	ERKEN SABAH	Count	48	58	26	132
	GEÇ SABAH	Count	52	68	12	132
	ÖĞLE	Count	64	51	17	132
	AKŞAM	Count	91	38	3	132
	GECE	Count	49	64	19	132
Total	Count		304	279	77	660