

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇEVRE BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**

**KABİL'DEKİ HAVA KİRLİLİĞİNİN METEOROLOJİK PARAMETRELER İLE  
OLAN İLİŞKİSİNİN İSTATİSTİKSEL OLARAK İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ali Ahmad ASHOOR**

**OCAK 2019  
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇEVRE BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**

**KABİL'DEKİ HAVA KİRLİLİĞİNİN METEOROLOJİK PARAMETRELER İLE  
OLAN İLİŞKİSİNİN İSTATİSTİKSEL OLARAK İNCELENMESİ**

**Ali Ahmad ASHOOR**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
"YÜKSEK LİSANS (ÇEVRE BİLİMLERİ)"  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12.12.2018  
Tezin Savunma Tarihi : 04.01.2019**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU**

**Trabzon 2019**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Çevre Bilimleri Anabilim Dalında**  
**Ali Ahmad ASHOOR Tarafından Hazırlanan**

**KABİL'DEKİ HAVA KİRLİLİĞİNİN METEOROLOJİK PARAMETRELER İLE  
OLAN İLİŞKİSİNİN İSTATİSTİKSEL OLARAK İNCELENMESİ**

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 18/12/2018 gün ve 1783 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
olarak kabul edilmiştir.

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Prof. Dr. Haydar KÜÇÜK** .....

**Üye : Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU** .....

**Üye : Dr. Öğr. Üyesi Osman ÜÇÜNCÜ** .....

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**  
**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

Hava kirliliği; Afganistan'ın başkenti Kabil kent merkezinde son on yılın en önemli çevre sorunlarından biridir. Kabil'deki hava kalitesi çeşitli kirletici kaynaklardan (ısınma amaçlı yakılan kalitesiz kömür ve odunlar, trafik kaynaklı egzoz gazlar, asfaltsız tozlu ve hasarlı yollar, tuğla fırınları, termik santral ve küçük ölçekli endüstriler, inşaat faaliyetleri vb) ciddi şekilde etkilenmektedir. Bu etkiler özellikle yaşlılar, gençler ve hastalar arasında genellikle akut sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Kabil'deki hava kirliliği çok yüksek düzeyde olup, yoğun trafik alanlarında toplam asılı partikül madde çıplak gözle bile açık bir şekilde gözlenebilmektedir. PM<sub>10</sub> konsantrasyonları çocuklarda alerji, öksürük ve solunum problemlerine yol açmaktadır. Kabil'deki PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub> ve SO<sub>2</sub> seviyeleri; USEPA ve WHO tarafından verilmiş olan sınır değerleri sürekli olarak aşmaktadır. Verilere göre Kabil'deki nüfusun yüzde 60'ı yüksek düzeyde PM<sub>10</sub>, azot oksit (NO<sub>x</sub>) ve sülfür dioksit (SO<sub>2</sub>) konsantrasyonlarına maruz kalmaktadır.

Bu çalışmada Kabil'in hava kirliliği sorunu göz önüne alınarak, Kabil kent merkezinde Nisan 2015-Nisan 2016 aylarına ait günlük ortalama PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO ve O<sub>3</sub> konsantrasyonları ile nem, sıcaklık, basınç, rüzgâr hızı arasındaki değişimler incelenmiş ve bu veriler kullanılarak istatistiksel bir değerlendirme yapılmıştır. Ayrıca ANN (Artificial Neural Network) modeli kullanılarak PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO ve O<sub>3</sub> gibi hava kirleticilerin gelecek günlere ait değerleri tahmin edilmiştir.

Çalışmanın başlangıcından sonuna kadar değerli görüş ve önerileri ile önemli katkı sağlayan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU'na, hayatımın her aşamasında bana desteklerini esirgemeyen sevgili aileme, kendi görüşlerini benimle paylaşan değerli arkadaşlarım Mohammad Edris Rajabi ve Mohammad Azim Eirgash'e şükranlarımı sunuyorum.

Ali Ahmad ASHOOR  
Trabzon 2019

## **TEZ ETİK BEYANNAMESİ**

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Kabil’deki Hava Kirliliğinin Meteorolojik Parametreler ile olan İlişisinin İncelenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU’nun sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 04/01/2019

Ali Ahmad ASHOOR

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ .....	IV
İÇİNDEKİLER .....	V
ÖZET .....	VII
SUMMARY .....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ .....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XII
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Hava Kirliliği ve Kaynakları .....	1
1.1.1. Hava Kirliliği Probleminin Gelişimi .....	2
1.1.2. Hava Kirlleticileri .....	3
1.1.3. Hava Kirliliği Kaynakları .....	7
1.1.4. Hava Kalitesi Ölçüm Yöntemleri .....	9
1.1.5. Meteorolojik Özelliklerin Hava Kirliliğine Etkisi.....	12
1.2. Kabil Kentinin Genel Özellikleri .....	15
1.2.1. Coğrafi, Topoğrafi ve Kentsel Özellikler.....	15
1.2.2. Meteorolojik Özellikler .....	16
1.2.3. Hava Kirliliği Durumu .....	18
1.3. Literatür Araştırması.....	20
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	26
2.1. Veri Analizi.....	26
2.2. Regresyon Analizi .....	39
2.3. Yapay Sinir Ağları (ANN) Model Analizi.....	44
2.3.1. YSA'nın Tanımı .....	44
2.3.2. YSA'nın Tarihçesi.....	45
2.3.3. YSA'nın Yapısı .....	45
2.3.4. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması.....	47
2.3.5. Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı .....	47
2.3.6. Yapay Sinir Ağı Modeli .....	48

3.	ULGULAR VE TARTIŞMA .....	52
3.1.	Meteorolojik Parametrelerin Hava Kirliliği Üzerindeki Etkileri .....	52
3.1.1.	Partikül Maddeler (PM <sub>10</sub> ) Üzerindeki Etkileri .....	52
3.1.2.	Kükürt Oksitler (SO <sub>2</sub> ) Üzerindeki Etkileri .....	54
3.1.3.	Azot Oksitler (NO <sub>2</sub> ) Üzerindeki Etkileri .....	55
3.1.4.	Ozon (O <sub>3</sub> ) Üzerindeki Etkileri .....	56
3.1.5.	Karbon Monoksit (CO) Üzerindeki Etkileri .....	57
3.2.	Yapay Sinir Ağlar (ANN) ile Tahmin Analizi .....	58
3.2.1.	Veri Normalizasyonu .....	59
3.2.2.	PM <sub>10</sub> Tahmin Sonuçları .....	61
3.2.3.	SO <sub>2</sub> Tahmin Sonuçları .....	65
3.2.4.	NO <sub>2</sub> Tahmin Sonuçları .....	66
3.2.5.	O <sub>3</sub> Tahmin Sonuçları .....	68
3.2.6.	CO Tahmin Sonuçları .....	70
3.	SONUÇLAR .....	73
4.	ÖNERİLER .....	74
5.	KAYNAKLAR .....	75
6.	EKLER .....	78

ÖZGEÇMİŞ

## Yüksek Lisans Tezi

### ÖZET

#### Kabil'deki Hava Kirliliğinin Meteorolojik Parametreler ile olan İlişkisinin İstatistiksel Olarak İncelenmesi

Ali Ahmad ASHOOR

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU

2019, 77 Sayfa, 7 sayfa Ek

Bu çalışmada; hava kirleticileri ile Kabil kent merkezinin bazı meteorolojik faktörler arasındaki ilişkileri istatistiksel olarak analiz edilmiş ve önümüzdeki günlerde kirlilik yoğunluğu tahmin edilmiştir.

İlk olarak Nisan 2015-Nisan 2016 ayları arasındaki günlük ortalama SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, ve O<sub>3</sub> konsantrasyonları ve nem, sıcaklık, basınç, rüzgâr hızı verileri kullanılarak istatistiksel bir değerlendirme yapılmıştır. Kirlilik konsantrasyonları bağımlı değişkenler, meteorolojik parametreler ise bağımsız değişkenler olarak ele alınıp, mevcut bir yazılımın (EXCEL) kullanılması ile regresyon analizi yapılmıştır. Böylece Kabil kent merkezinde örnek bir yıllık sezonda meteorolojik koşulların hava kirliliği üzerindeki etkisi incelenmiştir.

İkinci olarak, kirlilik konsantrasyon seviyelerini tahmin etmek için yapay sinir ağı modeli kullanılmıştır. Nisan 2015'ten Nisan 2016'ya kadar olan SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, CO ve O<sub>3</sub> konsantrasyonlarının tahmin edilmesi için sıcaklık, nem, basınç, rüzgar hızı ve bir gün, iki gün önceki kirlilik ölçümleri modele girilmiştir. MATLAB R2015a ile neural network fitting tool (nftool) kullanılarak bir model geliştirilmiştir. Kabil'de bir gün ve iki gün içinde hava kirliliği, sıcaklık, nem, basınç ve rüzgâr hızı verileriyle tahmin edilen PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> ve CO'nun sonuçları gerçek veriler ile çok uyumludur. Bu bulgu; PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> ve CO için ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında hesaplanan korelasyon katsayılarının (R<sup>2</sup>); sırasıyla 0.88, 0.84, 0.7, 0.64 ve 0.75 değerleri ile de doğrulanmıştır. İstatistiksel veri analizi tahmin edilen değerlerin iki gün önceki konsantrasyon seviyeleri ile kuvvetli düzeyde ilişkili olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kabil Kent Merkezi, Hava kirliliği, Meteorolojik Parametreler, Regresyon Analizi, ANN.



Master Thesis

SUMMARY

Statistical Analysis of Relation Between Air Pollution and Meteorological Parameters in Urban Kabul

Ali Ahmad ASHOOR

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Environmental Sciences Graduate Program  
Supervisor: Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU  
2019, 77 Pages, 7 Pages Appendix

In this study, the relation between air pollutants and some meteorological factors for Kabul city center have been statistically analyzed and upcoming days pollution concentration also has been predicted.

Firstly, using daily mean values of SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, and O<sub>3</sub> concentrations and humidity, temperature, pressure, wind velocity data were statistically analyzed in Kabul city center between April 2015 and April 2016. Pollution concentrations were taken as dependent variables and meteorological parameters were taken as independent variables and regression analysis was performed by means of an existing software (EXCEL). Therefore, the effect of meteorological conditions on air pollution was investigated in a sample year-season in Kabul city center.

Secondly, the artificial neural network (ANN), (nftool) models were constructed by MATLAB R2015a to predict the pollution concentration levels for the next upcoming days on Kabul urban. Temperature, humidity, pressure, wind speed and pollution concentration of last one day and two days were entered into the model to estimate SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, and O<sub>3</sub> concentrations from April 2015 to April 2016. The input variables are (prior one and two days of concentration, temperature, humidity, pressure, and wind speed) and observed concentration as output parameters. The results of PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> and CO, which are predicted by air pollution, temperature, humidity, pressure and wind speed data in Kabul city for one day and two days are well-suited with the actual data. This finding is validated by the correlation coefficients ( $R^2$ ) calculated between the measured values versus the estimated values and the values for PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, and CO are 0.88, 0.84, 0.7, 0.64 and 0.75 respectively. Statistical data analysis represents that predicted values are strongly correlated with the last two days levels of concentration.

**Key Words:** Kabul Urban, Air Pollution, Meteorological Parameters, Regression Analyses, ANN.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1. Tüp ve plaka türü örnekleyiciler.....	10
Şekil 2. Absorblama çözeltisi içinde SO <sub>2</sub> örnekleme için kullanılan ekipman.....	11
Şekil 3. NO <sub>2</sub> veya NO tayini için taşınabilir örnekleme ünitesi.....	11
Şekil 4. Kuzey yarım kürede bir siklonda yakınsayan rüzgârların düşük irtifa saat yönü tersindeki spiralleri. Havanın düşey doğrultudaki hareketi sağdaki şekilde gösterilmiştir.....	13
Şekil 5. Kuzey yarım kürede bir antisiklondan uzaksayan rüzgârların saat yönündeki spiralleri Havanın düşey doğrultudaki çökeltme hareketi sağdaki şekilde gösterilmiştir.....	14
Şekil 6. Nisan 2015 – Nisan 2016 için PM <sub>10</sub> 'un ortalama rüzgar hızı ile olan değişimi.....	29
Şekil 7. Nisan 2015 – Nisan 2016 için PM <sub>10</sub> 'un ortalama basınç ile olan değişimi.....	29
Şekil 8. Nisan 2015 – Nisan 2016 için PM <sub>10</sub> 'un ortalama nem ile olan değişimi.....	30
Şekil 9. Nisan 2015 – Nisan 2016 için PM <sub>10</sub> 'un ortalama sıcaklık ile olan değişimi.....	30
Şekil 10. Nisan 2015–Nisan 2016 için SO <sub>2</sub> 'in ortalama rüzgar hızı ile olan değişimi.....	31
Şekil 11. Nisan 2015 – Nisan 2016 için SO <sub>2</sub> 'in ortalama basınç ile olan değişimi.....	31
Şekil 12. Nisan 2015 – Nisan 2016 için SO <sub>2</sub> 'in ortalama nem ile olan değişimi.....	32
Şekil 13. Nisan 2015 – Nisan 2016 için SO <sub>2</sub> 'in ortalama sıcaklık ile olan değişimi.....	32
Şekil 14. Nisan 2015 – Nisan 2016 için NO <sub>2</sub> 'in ortalama rüzgar hızı ile olan değişimi.....	33
Şekil 15. Nisan 2015 – Nisan 2016 için NO <sub>2</sub> 'in ortalama basınç ile olan değişimi.....	33
Şekil 16. Nisan 2015 – Nisan 2016 için NO <sub>2</sub> 'in ortalama nem ile olan değişimi.....	34
Şekil 17. Nisan 2015 – Nisan 2016 için NO <sub>2</sub> 'in ortalama sıcaklık ile olan değişimi.....	34
Şekil 18. Nisan 2015 – Nisan 2016 için O <sub>3</sub> 'un ortalama rüzgar hızı ile olan değişimi.....	35
Şekil 19. Nisan 2015 – Nisan 2016 için O <sub>3</sub> 'un ortalama basınç ile olan değişimi.....	35
Şekil 20. Nisan 2015 – Nisan 2016 için O <sub>3</sub> 'un ortalama nem ile olan değişimi.....	36
Şekil 21. Nisan 2015 – Nisan 2016 için O <sub>3</sub> 'un ortalama sıcaklık ile olan değişimi.....	36
Şekil 22. Nisan 2015 – Nisan 2016 için CO'in ortalama rüzgar hızı ile olan değişimi.....	37
Şekil 23. Nisan 2015 – Nisan 2016 için CO'in ortalama basınç ile olan değişimi.....	37
Şekil 24. Nisan 2015 – Nisan 2016 için CO'in ortalama nem ile olan değişimi.....	38
Şekil 25. Nisan 2015 – Nisan 2016 için CO'in ortalama sıcaklık ile olan değişimi.....	38
Şekil 26. Bir Yapay Sinir Ağının Yapısı.....	46
Şekil 27. YSA'nın Genel Model Yapısı.....	48

Şekil 28. Eşik fonksiyonu .....	49
Şekil 29. Farklı Sigmoid fonksiyonları .....	50
Şekil 30. Modelde kullanılan Yapay sinir ağı topolojik yapısı .....	61
Şekil 31. Tahmin edilen ve gerçek değerler arasındaki R değeri (nftool model).....	62
Şekil 32. Ortalama karesel hata değerleri (nftool model) .....	62
Şekil 33. Tüm veriler için Hata Histogram grafiği (nftool model) .....	63
Şekil 34. Tüm veriler için performans grafiği (nftool model).....	64
Şekil 35. Tahmin edilen ve gözlenen PM <sub>10</sub> değerlerin ilişkisi .....	64
Şekil 36. SO <sub>2</sub> Tahmin edilen ve gerçek değerler arasındaki R değeri (nftool model) .....	65
Şekil 37. Tahmin edilen ve gözlenen SO <sub>2</sub> değerlerin ilişkisi .....	66
Şekil 38. NO <sub>2</sub> Tahmin edilen ve gerçek değerler arasındaki R değeri (nftool model) .....	67
Şekil 39. Tahmin edilen ve gözlenen NO <sub>2</sub> değerlerin ilişkisi.....	68
Şekil 40. O <sub>3</sub> Tahmin edilen ve gerçek değerler arasındaki R değeri (nftool model).....	69
Şekil 41. Tahmin edilen ve gözlenen O <sub>3</sub> değerlerin ilişkisi .....	70
Şekil 42.CO Tahmin edilen ve gerçek değerler arasındaki R değeri (nftool model) .....	71
Şekil 43. Tahmin edilen ve gözlenen CO değerlerin ilişkisi.....	72

## TABLULAR DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 1. Normal Kuru Hava Bileşimi NOAA, 2012.....	2
Tablo 2. Kabil'in Aylık Ortalama İklimsel Verileri .....	17
Tablo 3. Kabil'de Toplam Tahmini Yıllık Emisyonlar (2005) .....	20
Tablo 4. Nisan 2015–Nisan 2016 dönemi için değişkenlerin aylık ortalama değerleri.....	28
Tablo 5. Nisan 2015 ve Mayıs 2015 için lineer regresyon sonuçları .....	41
Tablo 6. Haziran 2015 ve Temmuz 2015 için lineer regresyon sonuçları .....	41
Tablo 7. Ağustos 2015 ve Ekim 2015 için lineer regresyon sonuçları.....	42
Tablo 8. Kasım 2015 ve Aralık 2015 için lineer regresyon sonuçları.....	42
Tablo 9. Mart 2016 ve Nisan 2016 için lineer regresyon sonuçları .....	43

## SEMBOLLER DİZİNİ

PM	: Partikül madde
NO <sub>x</sub>	: Azot oksit
SO <sub>2</sub>	: Kükürt dioksit
CO	: Karbon monoksit
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
O <sub>3</sub>	: Ozon
TOC	: Toplam organik karbon
NOAA	: Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi
USEPA	: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Programı Ajansı
NEPA	: Afganistan Ulusal Çevre Koruma Ajansı
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
HNO <sub>3</sub>	: Nitrik Asit
HC	: Hidrokarbonlar
VOC	: Uçucu Organik Karbonlar
CH <sub>4</sub>	: Metan
CFC	: Kloroflorokarbonlar
NH <sub>3</sub>	: Amonyak
PAN	: Peroksiasetil Nitrat
KOK	: Kalıcı Organik Kirleticiler
SPM	: Askıda Partikül Madde
MLR	: Çoklu Doğrusal Regresyon
YSA	: Yapay Sinir Ağı
MLP	: Çok Katmanlı Perceptron

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Hava Kirliliği ve Kaynakları

Hava kirliliği, insanlar, bitkiler, hayvanlar ve maddelere zarar verebilen veya rahat yaşama biçimini ve yapıyı aşırı derecede etkileyen kum, toz, uçan kül, is, duman, gaz, buhar gibi bileşenlerin miktarı, karakteristik ve süre olarak çevre atmosferindeki mevcudiyetidir. Başka bir deyişle hava kirliliği, havada katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zararlı olabilecek derişim ve sürede bulunmasıdır. Hava kirliliğinin etki şekli ve derecesi yaş, dayanıklılık gibi kişisel faktörlere dayanır. Hava kirlenmesinde, kirleticilere maruz kalma süresi çok önemlidir. Bazı kirleticilere düşük derişimlerde çok uzun süre maruz kalındığı zaman olumsuz etki oluşabildiği gibi bazı kirleticilerin düşük derişimleri uzun sürede insanlarda ölümcül sonuç doğurabilmektedir [1].

Büyük bir kamuoyu ilgisi olan hava kirliliği, şu anda kapsamlı bilimsel araştırmanın amacıdır. İnsan sağlığı, üretkenlik ve mülkiyet de dahil olmak üzere yaşam üzerindeki etkileri, yüksek düzeydeki kirliliğe maruz kalmanın birçok insan için günlük bir deneyim olmasına rağmen henüz tam olarak anlaşılammıştır. Bu tür kirliliğin maliyeti, doğrudan biyolojik sonuçlar veya ekonomik etki açısından ifade edilirse, muazzamdır. Dünya genelinde kentsel hava kirliliği, yaklaşık bir milyar insanı etkileyerek olası sağlık tehlikelerine maruz kalmaktadır. Sadece Birleşik Devletler'de, hava kirliliğini önlemek, kontrol etmek ve temizlemek için yılda milyarlarca dolar harcanıyor; diğer gelişmiş ülkeler de benzer maliyetlere maruz kalıyorlar. Birleşmiş Milletler hava kirliliğini önemli bir küresel sorun olarak görmektedir.

Neredeyse tüm metropol alanları hava kirliliğinden, özellikle dağlarla çevrili vadilerde (örn. Mexico City) veya kıyı dağlarında etkilenir. Ancak şehirlerden uzakta bulunan kalabalık olmayan alanlar bile, kentsel alanlardan ya da cevher içi ya da kömür yakan enerji santralleri gibi kırsal kaynaklardan gelen uzun vadeli kirlilik taşımacılığından etkilenebilir. Örneğin, kuzey Arizona'daki bir kömür yakan santralden gelen kirlilik, tesisin 400 kilometre batısında bulunan Büyük Kanyon Ulusal Parkı'ndaki görünürlüğü azaltabilir [2].

### 1.1.1. Hava Kirliliği Probleminin Gelişimi

Yaşamın gereği aktiviteler için bir ortam olarak hizmet veren yerküre ve üzerindeki atmosferin kompozisyonu, iki milyar yıldan bu yana değişikliğe uğramış ve halen de uğramaktadır. Diğer bir deyişle yerkürenin gaz fazının bileşiminde, insanoğlunun çevresi ile ilişkileri ve yaşayan canlı organizma ile atmosferin etkileşimi sonucunda değişiklikler meydana gelmiştir ve hava kirlenmesi kavramını da beraberinde ortaya çıkarmıştır. Değişik çağlarda yanardağ patlamaları ile başlayan doğal kirlenme daha sonra insan aktiviteleri ile büyük boyutlara ulaşmıştır [1].

Temiz olarak kabul edilen normal kuru havanın doğal bileşimi Tablo 1’de verilmektedir [3].

Tablo 1. Normal Kuru Hava Bileşimi NOAA, 2012

Gaz	Formül	Hacim (milyonda parça)	Hacim (%)
Nitrogen	N <sub>2</sub>	780,840 ppm	78.1%
Oxygen	O <sub>2</sub>	209,460 ppm	20.9%
Argon	Ar	9,340 ppm	0.93%
Carbon dioxide	CO <sub>2</sub>	394.45 ppm	0.04%
Neon	Ne	18.18 ppm	0.002%
Helium	He	5.24 ppm	0.0005%
Methane	CH <sub>4</sub>	1.79 ppm	0.0002%
Krypton	Kr	1.14 ppm	0.0001%
Hydrogen	H <sub>2</sub>	0.55 ppm	0.00006%
Nitrous oxide	N <sub>2</sub> O	0.3 ppm	0.00003%
Carbon monoxide	CO	0.1 ppm	0.00001%
Xenon	Xe	0.09 ppm	0.00001%
Ozone	O <sub>3</sub>	0.0 to 0.07 ppm	0.000007%
Nitrogen dioxide	NO <sub>2</sub>	0.02 ppm	0.000002%
Iodine	I <sub>2</sub>	0.01 ppm	0.000001%
Ammonia	NH <sub>3</sub>	-	-

Atmosferin bileşimindeki değişikliklerin 20. yüzyılın başlarından itibaren görülmeye başladığı bilinmektedir. Özellikle 1940'lı yıllardan sonra endüstri ve teknolojide başlayan ilerlemeler kirlenme olaylarını beraberinde getirmiş ve bununla beraber yanmadan kaynaklanan hava kirliliğinin ilk ortaya çıkışı 13. yüzyılda İngiltere'de olmuştur [1].

Hava kirliliği yeni bir sorun değil. İsveç gölü çökellerindeki kurşun, Yunanistan ve Yunanistan'da kurşun madenciliğinden ve gümüş üretiminden kaynaklanan hava kirliliğinin tüm Avrupa'da hava kalitesini etkilediğini göstermektedir. Hava kirliliğinin ilk yazılı hesapları, esas olarak odun ve kömür yakma dumanına işaret etmektedir. Örneğin, 13. yüzyılda İngiltere Kralı I. Edward, Londra'da atmosfere büyük miktarda kurum ve kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) üreten, yakılan deniz kömürü kullanımını yasakladı. Sanayi Devrimi, Avrupa ve Kuzey Amerika'da hava kalitesinin önemli ölçüde bozulduğu kadar kirliliği de artırdı. 19. yüzyılın ortalarında, ABD ve Avrupa'daki birçok şehir hava kirliliğinin sonuçlarını yaşıyordu. 20. yüzyılın başlarında, "smog" terimi, Londra'da duman ve sisin olumsuz kombinasyonu. Los Angeles'ta, fotokimyasal smog uyarıları 1940'ların ortalarında yaygınlaştı. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki ilk büyük hava kirliliği felaketi 1948'de, Monongahela nehri vadisi'ndeki Donora, Pennsylvania'da çok istikrarlı havada sıkışıp kalmış endüstriyel kirlleticilerin bir sonucu olarak yaklaşık 20 kişi canını kaybettiği zaman meydana geldi. 1952 yılının Aralık ayında bir hafta boyunca, durgun hava ve kömür yakma, Londra'da şiddetli dumanlanma koşullarına neden olmuş ve sonuçta yaklaşık 12.000 kişi hayatını kaybetmiştir [2].

### **1.1.2. Hava Kirleticileri**

Bir hava kirletici, yeterince yüksek konsantrasyonda, yaşama, çevreye veya mülke zararlı olabilecek herhangi bir gaz veya parçacıktır. Bir kirletici doğal veya antropojenik kaynaklardan veya her ikisinden kaynaklanabilir. Kirleticiler troposferlerin çoğunda görülür, bununla birlikte sınır tabakası içinde yeryüzünün yüzeyine yakın olan kirlilik, yüzeydeki kaynaklardan kaynaklanan nispeten yüksek konsantrasyonlardan dolayı en çok endişe kaynağıdır. Atmosferik kirletici konsantrasyonları, esas olarak atmosfere yayılan toplam kirlilik kütesine ve kaderini ve taşınmasını etkileyen atmosferik koşullara bağlıdır. Açık ki, hava kirliliği, otomobiller, bacalar ve atmosfere giren diğer endüstriyel girdiler ile topraktaki rüzgâr erozyonları gibi çok çeşitli kaynaklara sahiptir. Uzun süre boyunca hem



antropojenik hem de doğal kaynaklardan elde edilen büyük emisyonlar, bu kirletici maddelerin kimyasal ve fiziksel özellikleri gibi, konsantrasyonları da artırır. Örneğin araba egzozundaki nitrojen oksitler ve hidrokarbonlar, sıcak, güneşli havaya yayıldıklarında, kolayca ozon molekülleri oluştururlar ( $O_3$ ). Benzer şekilde bir kirleticinin çözünürlüğü, yağışla ne kadar verimli bir şekilde temizlendiğini etkiler.

Soluduğumuz havanın çoğu, temel oksijen ( $O_2$ ) ve azottur ( $N_2$ ). Yaklaşık %1'i, karbon dioksit ( $CO_2$ ) ve su buharı gibi doğal olarak oluşan eser bileşenlerden oluşur. Bununla birlikte, bu %1'lik bir küçük parça, aerosoller olarak süspanse edilen gazlar ve partiküllü maddeler dahil olmak üzere hava kirleticiler olabilir. Antropojenik hava kirliliği atmosfere hem sabit hem de mobil kaynaklardan girer. Sabit kaynaklar arasında, fabrikalar, elektrik santralleri, cevher tasnifleri ve çiftlikler yer alırken, mobil kaynaklar fosil yakıtları yakan bütün ulaştırma türlerini içermektedir. Mobil kaynaklar, Amerika Birleşik Devletleri'nde atmosfere salınan kirleticilerin %56'sını oluşturmaktadır. Sabit kaynaklardan yakacak yakıt yakma oranı yaklaşık %15, endüstriyel süreçler ise ABD'deki emisyonların yaklaşık %7'sini oluşturmaktadır. Doğal hava kirliliği kaynakları arasında ekili tarım alanlarından gelen tozlar, orman yangınlarından gelen dumanlar ve troposfer ve stratosferde yayılan volkanik küllerdir [2].

Sıklıkla karşılaştığımız hava kirleticileri genel bir sıralamayla;

- Askıda katı maddeler (tozlar ve aerosollar)
- Kükürtlü maddeler
- Organik maddeler
- Azotlu maddeler
- Karbon monoksit
- Halojenler
- Radyoaktif maddeler şeklinde sıralayabiliriz [1].

Birçok hava kirletici türü vardır.  $CO_2$  gibi bazı gazlar, fosil yakıtların yakılmasıyla üretilmelerine rağmen, genellikle kirletici olarak kabul edilmezler çünkü bitkileri yaşamak için gereklidirler. Toz partikülleri gibi birçok kirletici doğal olarak atmosferde bulunur ve yalnızca konsantrasyonları ABD EPA'sı gibi düzenleyici kurumlar tarafından belirlenen hava kalitesi standartlarını aştığında tehlikeli hale gelir. EPA; hava kirleticilerini iki geniş kategoriye göre sınıflandırır: Birincil ve ikincil hava kirleticileri.

### 1.1.2.1. Birincil Kirleticiler

a) Karbon Monoksit (CO): yakıtların eksik yanmasından ve taşıt egzozundan elde edilen karbon monoksitin ana kaynağıdır. CO renksiz, kokusuz, tahriş edici değil, çok zehirlidir. Kolayca kan içine çekilebilir ve mağdurun işlev görme ve kardiyovasküler problemlere yol açabilme yeteneğini bozabilir. Yüksek seviyelerde, yetersiz ısıtma sistemi ve yetersiz havalandırma nedeniyle iç ortamda boğulma meydana gelebilir. CO için WHO hava kalitesi standardı  $30\text{mg}/\text{m}^3$  (1 saat ortalama) ve  $10\text{mg}/\text{m}^3$ 'tür (8 saat ortalama) [3].

b) Partikül Madde (PM): İnsan yapımı veya doğal olabilen 10 mikrometre veya daha küçük çaplı ince parçacıklar (katı veya sıvı) anlamına gelir. Doğal parçacıklar; volkanlar, toz fırtınaları, orman ve otlak yangınları, yaşayan bitki örtüsü ve deniz spreysi içerir. İnsan yapımı parçacıklar; araçlarda, enerji santrallerinde, inşaat ve çeşitli endüstriyel süreçlerde fosil yakıtların yakılmasıyla üretilir. Bunlar bileşiklerin (asitler, organik kimyasallar, metaller, topraklar, vb) tekdüze bir kombinasyonu değildir. 10 mm veya daha küçük çaplı tüm parçacıklar  $\text{PM}_{10}$  olarak belirtilir ve 2.5 mm veya daha küçük çaplı olanlar  $\text{PM}_{2.5}$  olarak belirtilir. Büyük parçacıklar solunum sistemi için sorunludur, çünkü üst solunum sisteminde sıkışır, tıkanmış burun ve cılız boğaz üretirler.

İnce parçacıklar solunum problemlerine neden olmak için akciğerin derinliklerine inerler ve birçok organı etkilemek için kan dolaşımına emilirler.  $\text{PM}_{10}$  için WHO hava kalitesi standardı  $50\text{mg}/\text{m}^3$  (24 saat ortalama) ve  $20\text{mg}/\text{m}^3$  (yıllık ortalama) ve  $\text{PM}_{2.5}$  için  $25\text{mg}/\text{m}^3$  (24 saat ortalama) ve  $10\text{mg}/\text{m}^3$  (yıllık ortalama). 0.1 mm'den küçük çaplı partiküllerin oluşturduğu sağlık riski konusunda net değildir ve şu anda  $\text{PM}_{10}$  için herhangi bir standart belirlenmemiştir [3].

c) Kükürt Dioksit ( $\text{SO}_2$ ): Kömür ve petrol genellikle kükürt içerdiğinden yanmaları sülfür dioksit üretir. Alüminyum, bakır ve demir cevherleri gibi birçok hammadde sülfür içerir ve ekstraksiyonları  $\text{SO}_2$  üretir. Doğal olarak,  $\text{SO}_2$  de volkanlar tarafından üretilmektedir.  $\text{NO}_2$  gibi,  $\text{SO}_2$  sülfürik aside dönüştürülebilir ve asit yağmuru olarak düşebilir.  $\text{SO}_2$  yapı malzemelerinin bozulmasını hızlandırabilir ve solunum yolu hastalığına ve ölüme neden olabilir.  $\text{SO}_2$  için WHO hava kalitesi standardı  $20\text{mg}/\text{m}^3$  (24 saat ortalama) ve  $500\text{mg}/\text{m}^3$ 'tür (10 dakikalık ortalama) [3].

d) Azot Oksitler: Nitrojen oksitleri ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}$  ve  $\text{NO}_2$ 'nin belirsiz bir karışımını temsil eder) otomobillerde yakıtın yüksek sıcaklıkta yanması sırasında esas olarak  $\text{N}_2$  ve  $\text{O}_2$ 'den oluşur. Katalitik konvertörler emisyonları azaltmak için kullanılır. Bununla birlikte,  $\text{NO}$  kalp ve akciğer sorunlarına katkıda bulunan ve karsinojenik olabilen şehir havasında kırmızımsı kahverengi bir pus oluşumuna neden olur. Nitrojen oksitler ayrıca asit yağmura da katkıda bulunurlar çünkü nitrik asit ( $\text{HNO}_3$ ) ve diğer asitleri üretmek için su ile birleşirler. Doğal azot oksit kaynakları, bazı toprak bakterilerinin metabolizması sırasında üretilenleri içerir [2].

e) Azot Dioksit ( $\text{NO}_2$ ): Bu karakteristik keskin, ısırma kokusu olan kırmızımsı kahverengi zehirli bir gazdır. Oksijen ve nitrojeni (havanın %78'i)  $\text{NO}$ 'ya ve daha sonra  $\text{NO}_2$ 'ye dönüştüren yakıt yanmasından üretilir. Birleştirilmiş varlığı  $\text{NO}_x$  olarak tanımlanmıştır. Hassas kişilerde solunum problemlerine neden olabilirler ve nitrik asit oluşturmak için su buharı ile reaksiyona girerler ve asit yağmuru olarak düşerler.  $\text{NO}_2$  ayrıca, elektrik deşarjı ile fırtına sırasında doğal olarak üretilir.  $\text{NO}_2$  için WHO hava kalitesi standardı  $200\text{mg}/\text{m}^3$  (1 saat ortalama) ve  $40\text{mg}/\text{m}^3$  (yıllık ortalama). İki eşik, kirleticinin insan sağlığı üzerindeki kısa ve uzun vadeli etkilerini temsil eder [3].

f) Hidrokarbonlar: Hidrokarbonlar (HC'ler) veya uçucu organik karbonlar (VOC'ler), hidrojen ve karbondan oluşan bileşiklerdir. Atmosferdeki en bol hidrokarbon olan metan ( $\text{CH}_4$ ) aktif bir sera gazıdır. Uçucu organikler arasında benzin gibi metan olmayan hidrokarbonlar (NMHC'ler) ve bunların formaldehit gibi türevleri bulunur. Bu bileşiklerin bazıları (örneğin benzen) karsinojeniktir ve bazıları nispeten reaktif HC'ler, fotokimyasal smogda ozon üretimine katkıda bulunur.

Hidrokarbonlar, doğal olarak organik maddenin ayrışmasından ve belirli bitki türlerinden (örneğin, çam ağaçları, kreozot çalıları) üretilir. Aslında, bitki örtüsünden yayılan HC'ler, bazı şehirlerde, özellikle de güneydoğu Amerika Birleşik Devletleri'nin ormanlık alanlarına yakın bölgelerinde duman oluşumunda önemli bir faktör olabilir. HC'lerin büyük bir kısmı ve NMHC'ler insan aktivitesi ile üretilir. Formaldehit dahil olmak üzere bazı NMHC'ler, yeni üretilen halılar gibi iç mekan kaynaklarından kolayca yayılırlar. Hidrokarbonlar, fosil yakıt yanması ve arabaların yakıtı sırasında benzin buharlaşması ile atmosfere yayılırlar. Bu ikinci kaynağı hafifletmek için, bazı belediyeler, servis istasyonu benzin pompalarının, araçların yakıtı sırasında ortaya çıkan HC buharlarını toplamak için özel bir tuzak ile donatılmasını gerektirmektedir. Ulaştırma, birincil HC'ler kaynağı olduğu için yoğunlaşan yolakların yakınında en yüksek yoğunluklar olma eğilimindedir.

### **1.1.2.2. İkincil Kirleticiler**

İkincil hava kirleticileri, birincil hava kirleticileri ile su buharı gibi diğer atmosferik bileşenler arasındaki kimyasal reaksiyonlar sırasında oluşur. Genel olarak, bu reaksiyonlar güneş ışığında gerçekleşmelidir; Böylece fotokimyasal smog üretirler. Fotokimyasal smog, güneş ışınlarının çok yoğun olduğu kentsel bölgelerde en yaygın olanıdır[2].

### **1.1.2.3. Diğer Kirleticiler**

Havada kokular, radyoaktif kirleticiler, uçucu organik bileşikler, karbondioksit (CO<sub>2</sub>), Kloroflorokarbonlar (CFC'ler), amonyak (NH<sub>3</sub>), peroksiasetil nitrat (PAN), kalıcı organik kirleticiler (KOK) gibi birçok başka kirleticiler de bulunmaktadır. Zehirli metaller (kurşun, kadmiyum, bakır) vb [3].

### **1.1.3. Hava Kirliliği Kaynakları**

Hava kirliliğine neden olan kirleticilerin, kaynaklarına göre hava kirliliği, tabii kaynaklardan meydana gelen kirlilik ve insan faaliyetleri sonucu suni kaynaklardan meydana gelen kirlilik olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Tabii kirliliği oluşturan, doğada bulunan kirletici kaynaklarından tozlar, meteorlar, yeryüzündeki büyük çöl alanlarından ve kumluk alanlardan rüzgârlarla atmosfere taşınırlar. Orman yangınları ile atmosfere önemli miktarlarda duman ve zehirli gazlar karışır, foto kimyasal olaylarla azot dioksit, yanardağlardaki volkanik faaliyetler sonucunda kükürt dioksit, hidrojen klorur, hidrojen florur, deniz çalkalanmasından sodyum klorur sayılabilir. İnsan kaynaklı hava kirliliği oluşum sebepleri genel olarak üç grupta toplanmaktadır.

#### **1.1.3.1. Alansal Kaynaklar**

Bu grupta en önemli kaynak konutların ısıtılmasıdır. Kış aylarında ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğinin temel sebepleri, ısınmada kalitesiz yakıtların (kükürt, kül ve nem oranı yüksek kalori değeri düşük kömürler) iyileştirilme işlemine tabi tutulmadan

kullanılması, yanlış yakma tekniklerinin uygulanması ve kullanılan kazanların bakımlarının düzenli olarak yapılmaması olarak sıralanabilir. Bunların yanı sıra hızlı nüfus artışı ve kentlerde nüfus yoğunlaşması, topoğrafik ve meteorolojik şartlara göre şehirlerin yanlış yerleşmesi ve dolayısıyla çarpık kentleşme, şehirlerde görülen hava kirliliğini artırmaktadır. Kış aylarında ısınma amacıyla soba ve kaloriferlerde genellikle odun, kömür, fuel-oil ve doğal gaz yakılmaktadır. Soba veya kalorifer kazan bacalarından çıkan gazlara genel kirleticiler denilmektedir. Bunlar; karbonmonoksit (CO), kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>), azotdioksitler (NO<sub>x</sub>) ve partikül maddeler (is, kurum ve toz) dir.

### **1.1.3.2. Çizgisel Kaynaklar**

Bu tür hava kirliliği ulaştırma kaynaklıdır. Ulaşım araçları günlük yaşantımızın bir parçasıdır. Her gün değişik şekilde yararlandığımız bu motorlu karayolu taşıtları havaya verdikleri kirletici gaz ve taneciklerle çevremizi ve soluduğumuz havayı kirletmektedir. Hava kirliliğinin yarısı motorlu taşıtlardan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle büyük kentlerin ana cadde ve kavşaklarında, karayolları çevrelerinde havayı kirleten madde emisyonları (atmosfere atılan gaz, toz, is vs) önemli boyutlardadır. Taşıtlardan kaynaklanan kirleticiler, genel ve özel kirleticiler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Egzoz gazları içinde bulunan karbondioksit (CO<sub>2</sub>), su buharı (H<sub>2</sub>O), hidrojen (H<sub>2</sub>) ve azot (N<sub>2</sub>) gazları kirletici olarak kabul edilmemektedir. Egzoz gazı içerisindeki karbonmonoksit (CO), partikül madde (is, toz, tanecik v.s.) ve hidrokarbonlar genel kirleticiler olarak kabul edilmektedir. Benzinli taşıtlarda ise kurşun (Pb) bileşikleri önemli bir kirleticidir [9].

Egzoz emisyonları insan sağlığı üzerinde kronik olabilecek etkilere sahiptir. Özellikle çocuk ve yaşlılar üzerinde oluşturacakları hastalık etkileri çok ciddi boyutlara ulaşabilmektedir. İnsan sağlığı yanında ekolojik çevrede meydana getirdiği olumsuzluklar da uzun vadede kendini yenileyemeyecek dereceye ulaşabilmektedir.

### **1.1.3.3. Noktasal Kaynaklar**

Bu gruptaki kaynaklar fabrikalar, sanayi ve enerji santralleridir. Bu işletmelerde üretim ve gerekli olan enerjiyi sağlamak için kullanılan yakıttan atmosphere kirletici çıkmaktadır. Fabrikaların bacalarından çıkan kimyasal gazlar, tozlar ve dumanlar havayı kirletmektedir.

Fabrikalarda enerji ihtiyacı için yakılan yakıtlar ve fabrikada yapılan işlemden oluşan kirleticiler baca ile havaya atılarak kirliliğe neden olmaktadır. Üretim sürecinde ucuz yöntem ve eski teknoloji kullanımı endüstriyel kirliliğe büyük katkı sağlamaktadır. Gelişmiş ülkelerin çevre koruma nedeni ile terk ettiği teknolojilerin bazı sanayi kuruluşları tarafından daha ekonomik olduğu düşüncesi ile tercih edilmesi hava kalitesine olumsuz katkı sağlamaktadır. Ayrıca sanayi tesislerinin atmosfere yayılan is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halindeki emisyonları kontrol altına almak için arıtma ünitelerinin olmayışı veya bu ünitelerin yeteri etkinliğe sahip olmayışı hava kirliliğine neden olmaktadır [1].

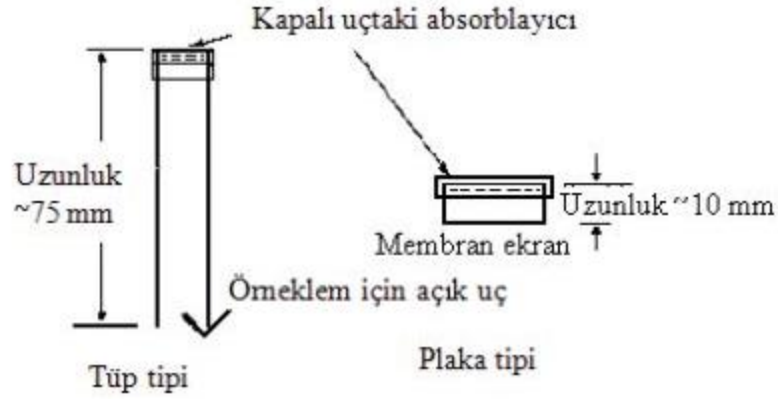
#### **1.1.4. Hava Kalitesi Ölçüm Yöntemleri**

Hava kalitesi izleme çalışmaları; kirlilik kaynakları ve dağılımını belirlemek, uygun kontrol stratejilerinin geliştirilmesi ve bu stratejilerin etkinliğini kontrol etmek açısından büyük önem taşımaktadır. Hava kalitesi izleme metodolojisi, pasif örnekleyiciler, aktif örnekleyiciler, otomatik analizörler uzaktan algılayıcılar olmak üzere dört ana metodoloji olarak ayrılmaktadır [6].

##### **1.1.4.1. Pasif Örnekleyiciler**

Bu örnekleyiciler genellikle disk veya silindirik tüp şeklindedir. Ölçülecek olan kirletici, seçilen bir kimyasal ortamda absorpsiyon yöntemi ile toplanır. Uygun örneklem süresi boyunca maruziyetten sonra, tipik olarak bir kaç günden bir aya kadar örnekleyici laboratuvara getirilir ve kirletici miktarı kantitatif olarak belirlenir. Pasif örneklemin avantajı, kolaylığı ve başlangıçta bir örnekleyici için bir kaç dolarlık bir harcama ile çalışmalara başlanabilmesidir. Sonuç olara çok sayıda ünite ile kirleticinin mekan içindeki dağılımı konusunda faydalı bilgileri sağlar. Ancak bu teknikle sadece entegre ortalama kirletici konsantrasyonları hakkında bilgi sağlanacaktır. Kolaylığı ve başlangıç yatırımının düşük olması nedeniyle, pek çok uygulama için pasif örneklem tekniği uygundur. Çok sayıda öncelikli kirletici parametreler için teknikler mevcuttur. Bu amaçla NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, VOC (uçucu hidrokarbon) ve ozon ölçümleri için kullanılacak pasif örnekleyicileri bulmak mümkündür veya bazıları henüz gelişme aşamasındadır.

Pasif örnekleyiciler, özellikle temel araştırmalar, alan taraması veya indikatif izlemeler için faydalıdır. Aktif örnekleyiciler veya otomatik analizörler ile birlikte kullanıldığında faydalı olabilir. Pasif örnekleyiciler coğrafik olarak geniş bir alanı kapsayan hava kalitesi verilerini sağlarken; diğer komplike otomatik cihazlar ise günlük değişimleri, konsantrasyon piklerini içine alan zaman ağırlıklı bilgileri sağlar. Difüzyon tüpleri, NO<sub>2</sub> için alan taraması ve şehir çapında izleme noktalarının seçimi gibi amaçlarla geniş çapta kullanılmaktadır. Pasif örnekleyiciler genel olarak, bir ucu açık tüp tipli (Palmes tüpü olarak adlandırılır) veya açık ucu membran filtre veya bir rüzgâr siperi ile korunmuş daha kısa plaka tipi bir yapıdır (Şekil 1). Diğer taraftaki kapalı uçta ise çeşitli gazların izlenebilmesi için uygun bir absorblayıcı bulunur [7].

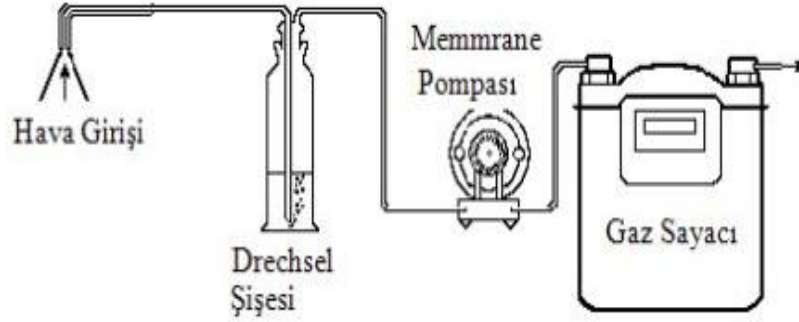


Şekil 1. Tüp ve plaka türü örnekleyiciler, [7].

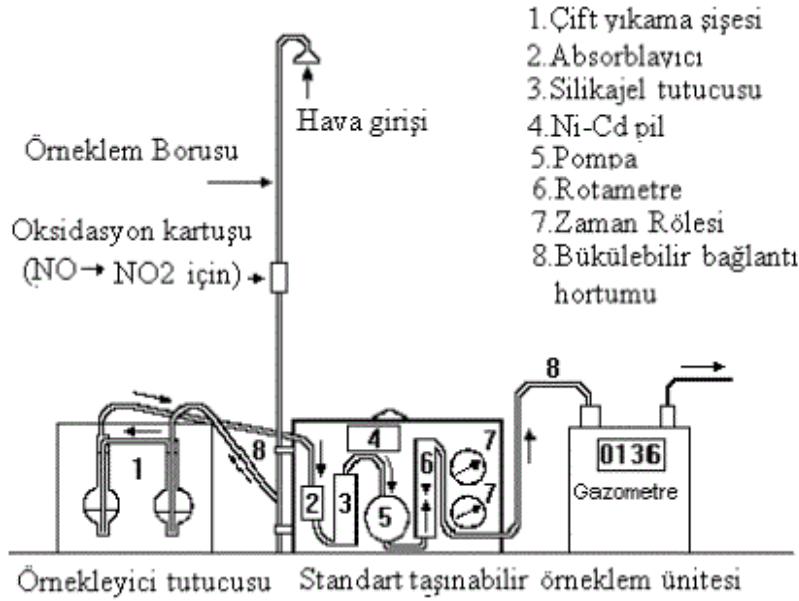
#### 1.1.4.2. Aktif Örnekleyiciler

Bu örnekleyiciler pasif örnekleyicilerin aksine, hava numunesinin bir pompa aracılığı ile kimyasal veya fiziksel bir ortamdan geçirilebilmesi için elektrik enerjisine ihtiyaç duyarlar. Örneklenen hava hacminin yüksek olması hassasiyeti artırır. Şöyle ki günlük ortalama ölçümler elde edilebilir. Geniş çapta kullanılan aktif örnekleyiciler SO<sub>2</sub> için asidi metrik yöntem, asılı partikül madde için OECD filtre yöntemi; toplam veya solunabilir partiküller için USEPA gravimetrik yüksek hacimli (High-Volume) örnekleme yöntemidir [6].

Örnekleme ünitesi elektriği olan sıcaklık kontrollü ve güvenliği sağlanmış bir bina içine veya etrafı çitle çevrilmiş korunmalı bir ortamda bir kabin içine yerleştirilebilir. Elektrik genel olarak şebekeden temin edilir (Şekil 2 ve 3), [7].



Şekil 2. Absorblama çözeltisi içinde SO<sub>2</sub> örnekleme için kullanılan ekipman, [7].



Şekil 3. NO<sub>2</sub> veya NO tayini için taşınabilir örnekleme ünitesi, [7].

#### 1.1.4.3. Otomatik Analizörler

Bu cihazlar; ölçülen gazın fiziksel ve kimyasal özelliklerinden yararlanarak sürekli tayinlerine olanak sağlarlar. Örneklenen hava ya gazın optik özelliğine göre doğrudan reaksiyon hücresine girer ya da kimyasal ışımaya veya floresans ışığı üreterek kimyasal



reaksiyon oluşur. Işık detektörü; ölçülecek kirleticinin konsantrasyonu ile orantılı olarak elektriksel bir sinyal oluşturur [6].

#### **1.1.4.4. Uzaktan Algılayıcılar**

Otomatik analizörler; bir noktada sadece bir kirletici ölçümüne imkan tanırken uzaktan algılayıcılar belirli bir hat boyunca (normal olarak >100m) çok bileşenli ölçümlerin yapılmasına olanak sağlar. Mobil sistemler kullanılarak, alan içindeki 3-D (DIAL teknikleri ile) kirletici konsantrasyon haritaları oluşturulabilir. Uzaktan algılayıcılar kaynak yakınındaki araştırmalar ve atmosferdeki dikey ölçümler için faydalıdır (troposferik ve stratosferik ozon dağılımı). Ancak mevcut ticari gelişim içinde bu cihazlar hem çok pahalı (>200.000\$) ve de çok karmaşıktır. Ayrıca verilerin geçerliliği kalite güvenilirliği ve kalibrasyonu konusunda ciddi zorluklar yaşanabilir [7].

#### **1.1.5. Meteorolojik Özelliklerin Hava Kirliliğine Etkisi**

Hava kirliliği kaynakları konumları açısından yer yüzeyinin birkaç yüz metre üzerinde bulunurlar. Hava kirleticiler bu kaynaklardan atmosfere terk edilerek atmosferin yapısal özelliklerinin kontrolüne girer ve böylece hava kirliliği problemi yüzey topografyası ve meteorolojik değişkenlerin kontrolünde gelişir. Hava kirletici emisyonların yer aldığı atmosfer tabakasının tanınması ve özelliklerinin belirlenmesi bu bakımdan önemlidir [1].

Bir kaynaktan atmosfere bırakılan kirleticiler çeşitli hava hareketleri ile maruz kalan sahalara doğru taşınır. Kirleticinin atmosfer içindeki hareketi hem yatay hem de dikey doğrultuda meydana gelir. Kirletici; havanın bu hareketi ile ne kadar büyük hacimde hava ile karışırsa o kadar çok seyrelmiş olur, konsantrasyon azdır ve böylece etkilenenler üzerindeki kötü etkileri de azalmış olur [8].

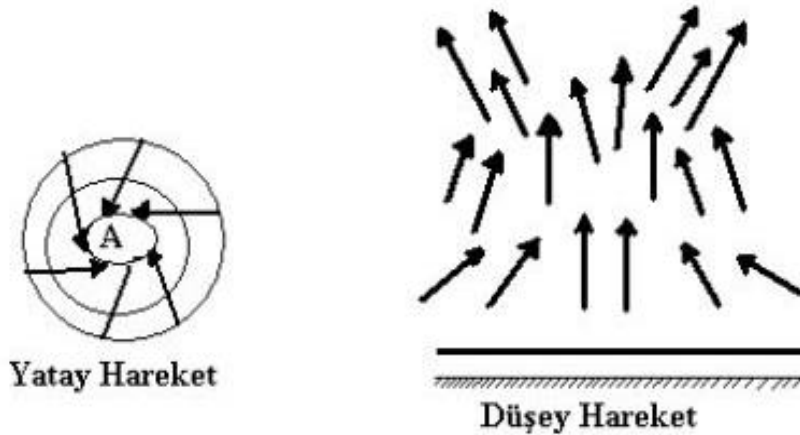
##### **1.1.5.1. Dikey Hareketler**

Kirleticilerin atmosferde dikey taşınımını sağlayan veya engelleyen atmosferik hareketler meteorolojik ölççeklerine bakılmaksızın atmosfer kararlılığı, alçak ve yüksek basınç durumlar, atmosferik durgunluk olarak önemli başlıklar altında sıralanabilir.

Atmosfere bırakılan kirleticilerin dağılma derecesini tahmin edebilmek için atmosferin kararlılık durumunun bilinmesi gerekmektedir. Atmosferin kararlılığı, dikey karışım veya hareket yapma derecesinin ölçüsüdür. Atmosfer kararlı ise; yani yeterince dikey karışım veya hareket göstermiyorsa kaynaktan bırakılan kirleticiler yer yüzeyine yakın bölgede kalır ve dağılmazlar. Atmosferin kararlılığı doğrudan düşey sıcaklık profiline bağlıdır. Sıcaklığın yükseklikle değişme oranı kararlılığı belirleyen parametredir. Bu sıcaklık profiline bağlı olarak atmosferin kararlılığı genel olarak kararsız, nötr, kararlı ve enversiyon olmak üzere dört tiptir [4].

#### 1.1.5.2. Alçak Basınç (Siklon hareketi)

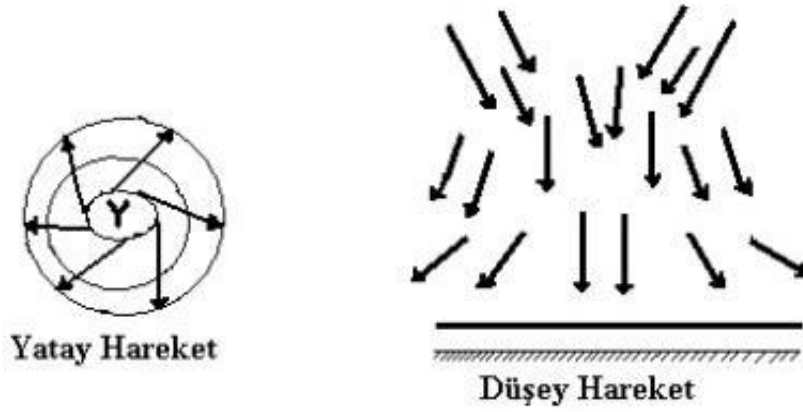
Bir sıcak hava kütesinin soğuk hava kütesi altına girmesi ile oluşur. Oluşan sıcaklık farkı; dolayısıyla altta kalan sıcak hava kütesi yükselme eğilimi gösterir. Sıcak hava kütesi yükselirken düşük irtifalarda yerini çevresinden gelen hava doldurur. Oluşan bu içeri doğru hareket; yakınsayan siklonik bir harektir ve spiral şeklinde yukarı doğru oluşur (Şekil 4). Bu spiralin yönü kuzey yarım kürede saat yönünün tersinde, güney yarım kürede ise saat yönünde oluşur. Oluşan bu yukarı doğru hareket alt atmosferdeki kirleticileri de yukarı doğru taşıyarak dağıtır. Bu bakımdan alçak basınç sistemi kirleticilerin dağıtılması açısından istenen bir durumdur [4].



Şekil 4. Kuzey yarım kürede bir siklonda yakınsayan rüzgârların düşük irtifa saat yönü tersindeki spiralleri. Havanın düşey doğrultudaki hareketi sağdaki şekilde gösterilmiştir.

### 1.1.5.3. Yüksek Basınç (Antisiklon hareketi)

Yüksek basınç durumu da alçak basınç durumunun tersine bir soğuk hava kütesinin bir sıcak hava kütesi üzerine çıkması ile oluşur. Yukarıda kalan soğuk hava kütesi aşağı doğru hareket etme eğilimi gösterir. Aşağı inerken yerini çevresinden gelen hava doldurur. Bu durumda oluşan aşağı doğru hareket dışarı doğru bir spiral şeklini alır (Şekil 5). Bu hava hareketine antisiklon hareketi de denilmektedir. Hareket aşağı doğru olduğu için böyle bir basınç sisteminin bulunduğu bölgede atmosfere bırakılan kirleticiler yukarı doğru yükselemez; bunun için hava kirliliği açısından istenmeyen bir durumdur [4].



Şekil 5. Kuzey yarımkürede bir antisiklondan uzaksayan rüzgârların saat yönündeki spiralleri. Havanın düşey doğrultudaki çökme hareketi sağdaki şekilde gösterilmiştir.

### 1.1.5.4. Atmosferik Durgunluk (Blocking)

Avrupa ve ABD'nin doğusundaki en ciddi hava kirliliği olayları bir antisiklonun doğuya doğru hareketini geçici bir süre için durdurması ve birkaç gün süreyle durgunluk oluşturması ile olmuştur. Durgunluk oluşturan antisiklonlara müsait topografik yapıları bölgeler; hava kirliliği için ciddi potansiyel taşımaktadır [5].

### **1.1.5.5. Yatay Yöndeki Hareketler (Rüzgârlar)**

Kirleticilerin atmosferde yatay yayılmaları, emisyon kaynağı yüksekliğindeki ortalama rüzgar hızına büyük ölçüde bağlı bir fonksiyondur. Bölgenin topografik yapısı, ağaçların yoğunluğu ve yerleşimi, göllerin, nehirlerin, tepelerin ve yapıların yerleşimi ve boyutları dikey yönde farklı rüzgâr hızı profillerini oluşturmaktadır [5].

## **1.2. Kabil Kentinin Genel Özellikleri**

### **1.2.1. Coğrafik, Topoğrafik ve Kentsel Özellikler**

Afganistan avrasya kıtasının orta kısmında yer alan ve yaklaşık 655.000 km<sup>2</sup>'lik bir yüzey alanına sahip ve araziye kaplı bir ülkedir. Ülke altı ülkeyle sınırlanmıştır; batıda İran, kuzeyde Özbekistan, Tacikistan, Türkmenistan ve Çin Halk Cumhuriyeti, doğu ve güneyde Pakistan. Afganistan'daki ulaşım koridoru orta Asya ülkeleri ve Rusya federasyonu için ülkenin konumu stratejik önem taşımaktadır. Kabil Afganistan'ın başkenti 34.5553° N, enlemler 69.2075° boylamlar arasında yer almaktadır. Afganistan'ın doğu kısmında yer alan ve dünyanın 64.ve 5. en hızlı büyüyen şehri; Kabil'in adı 'Kubha' dan alınmış olan bir nehir adıdır. Afganistan'ın en büyük kentinin yanı sıra ekonomik ve kültürel bir merkezi olup, Kabul nehri boyunca bulunan Hindu Kush dağlarının iki dik aralığındaki dar bir vadide deniz seviyesinden 1800 metre yükseklikte bulunmaktadır. Kabil doğuda koh-e-Paghman dağı, güneybatıdan koh-e-Qrough dağı ve kuzey doğudaki koh-e-Shirdarwaza dağıyla çevrilidir. Kabil stratejik olarak kuzey-güney ve doğu-batı ticaret yollarının kavşağında yüksek dağlarla çevrili bir vadide yer alır. Kabil kent merkezinin nüfüsü ise yaklaşık 3,678,034 kişidir ve 275 kilometre karelik bir alanı kapsamaktadır. Kabul eyaleti kuzeybatıda Parwan, kuzeyde Kapisa, doğu Laghman, güneydoğu Nangarhar, güneyde Logar, batıda Wardak ile sınırda olan orta bölgede bulunur. Toplam 4585 kilometre karelik bir alana sahip olan ilin üçte biri (%37.7) düz kenar boşluğu oluştururken; bu engebeli ovalar ve ovaların yarısından fazlası (%56.3) oluşturmaktadır [10].

Kabil Afganistan'ın idari ve siyasi merkezidir ve 939 köy, 14 ilçe şehir merkezi 21 bölgeden oluşmaktadır. Lapis lazuli ve Ametist gibi kıymetli taşlar yer kaynaklarındandır. İlin gelir kaynakları tarım, ticaret, hizmet, sanayi gibi kaynaklar sağlamaktadır. Turizm

Kabil'in en büyük ekonomik sektördür. 1960'lı ve 70'li yıllarda Kabil ekonomisinin büyük kısmı turizme bağımlıydı. Kabil'in başlıca turistik mekânları müzeler, bahçeler ve camilerdir. Her yıl bölgeye gelen çok sayıda ziyaretçinin ana turistik yerlerini görmek için Kabil'e gelmesi başlıca turistik cazibe merkezleri, birçok pazarın bulunduğu kentin eski kısmı dar sarmalı caddeleridir. Afgan Ulusal Müzesi'nde ayrıca 2.500 eser bulunan Kabil Müzesi de denilmektedir. Kabil'in taze ve kurutulmuş meyveleri, fındık, Afgan halısı, deri ve koyun yün ürünleri, ihraç edilmektedir. Kabil; İngiltere, Fransa, Almanya, Amerika Birleşik Devletleri, Türkiye, Hindistan, Güney Kore, Türkmenistan, Kenya, Rusya, Pakistan, Çin ve İran ile ticari ortaklıklar kurmaktadır. Kabil Afganistan'ın eğitim merkezi olup, ülkenin tüm illerinden insanlar eğitim için Kabil'e gelmektedir. Erkekler ve kadınlar için kapıları açan birçok okul ve üniversiteler var. Kabil Üniversitesi kentin en büyük yükseköğretim kurumlarından biridir ve 1932 yılında kurulmuştur.

Kabil'de kış sonrası küçük depremler, seller ve heyelanlar eyalette olağanüstü önemli bir risk sayılmaktadır. Kentleşmeye dair kanıtlara dayanarak, ülkenin geri kalanından şehire yaygın bir göç bulgusu vardır. Buna göre Kabil, nüfus artışı açısından dünyanın altmış dördüncü metropol ve beşinci büyük kentidir. Kent ülke çapında uzanan otoyollarında Kandahar, Herat ve Mazar-e Şerife bağlı ve aynı zamanda Pakistan'a giden Jalalabad karayolunun ana rotasıdır.

### **1.2.2. Meteorolojik Özellikler**

Kabil bölgesi yarı kurak iklime sahiptir. Mayıs'tan Kasım'a kadar olan yağış miktarının çok düşük olması nedeniyle çok kuru ve tozlu havaya sahiptir. Kabil hava durumu Afganistan'ın genel durumuna tabidir. Ülke neredeyse Asya'nın ortasında bulunduğundan, enlem ve boylam, yükseklik, dağ mesafesi ve deniz mesafesi Afganistan iklimini etkileyen faktörlerdir. Afganistan ikliminin başlıca özelliği; yılda 300 günden fazla güneşli, mavi bulutsuz bir gökyüzüne sahip olmasıdır. Kışın Kabil kent merkezi için günlük sıcaklık  $-1^{\circ}\text{C}$  ve yazın  $24^{\circ}\text{C}$ 'dir. Yılın en soğuk ayı Ocak, en sıcak ay ise Temmuz ayıdır. Maksimum sıcaklık Temmuz ayında  $+42.7^{\circ}\text{C}$ , Ocak ayında minimum  $-26.3^{\circ}\text{C}$  olarak kaydedilmiştir. Yazlar haziran ayından eylül ayına kadar devam eder, düşük dereceli ılımlıdır. Kışlar sert, karlı Aralık ile Mart ayları arasında sürer. Ortalama yıllık yağış ise 384 mm'dir.

Genel olarak, gece ve gündüz sıcaklıkları arasındaki önemli farklılıklar nedeniyle yüksek irtifa bölgelerinde aşırı diüurnal varyasyonlara, günler ılık ve geceleri hızlı soğutma

var. Kuru mevsimde; geceleri soğutma hava sıcaklığının yükseklik ile birlikte artmasıyla derin inversiyon tabakalarının oluşmasına neden olabilir. Böyle bir inversiyon katmanı yeterince derin olduğunda, izolasyonun kırılması zaman alır, atmosfer daha sonra şehrin üzerinde bir tabaka gibi görünür ve kirlilik konsantrasyonları önemli ölçüde birikebilir.

Tablo 2'deki veriler aylık yağış ortalamaları, buharlaşma potansiyeli, sıcaklık, rüzgar hızı, güneş ışığı ve küresel radyasyonu içermektedir [11].

Tablo 2. Kabil'in Aylık Ortalama İklimsel Verileri

Ay	Yağış <sup>1</sup>	BPT <sup>1</sup>	BPT <sup>2</sup>	Ort. Sıcaklık <sup>3</sup>	Min Sıcaklık <sup>3</sup>	Max Sıcaklık <sup>3</sup>	Gece Sıcaklık <sup>3</sup>	Rüzgâr Hızı <sup>4</sup>	Güneşleme <sup>5</sup>	Küresel Radyasyon <sup>6</sup>
Ocak	34	14	0.47	-1.9	-7.4	1.4	-2.7	1.3	0.56	9.1
Şubat	57	24	0.8	-0.3	-4.8	3.1	-0.5	1.3	0.6	12.1
Mart	64	53	1.77	6.6	1.4	9.5	5.6	1.8	0.53	14.2
Nisan	82	83	2.77	13.3	5.5	14.2	10	1.7	0.57	17.9
Mayıs	23	152	5.07	17.8	8.6	19	13.6	2.3	0.71	22.9
Haziran	1	207	6.9	23	12.1	23.9	17.7	2.4	0.81	26
Temmuz	7	227	7.57	25.1	14.8	26.6	20	2.6	0.8	25.3
Ağustos	1	184	6.13	24.4	14	26.2	19.2	1.8	0.83	24
Eylül	2	126	4.2	20	9.2	22.4	14.7	1.5	0.81	20.3
Ekim	2	64	2.13	13.7	4	16.5	8.9	1.2	0.81	16.4
Kasım	20	26	0.87	6.7	-1.2	9.5	2.9	1.3	0.77	12.2
Aralık	23	13	0.43	12	-5.1	3.9	-1.7	1.2	0.64	9.1
Ortalama	26	96	3.26	12.5	3.3	14.7	9	1.7	0.7	17.5

1 Uzun vadeli ortalama aylık değer (mm)

2 Uzun vadeli ortalama günlük değer (mm)

3 Uzun vadeli ortalama aylık değer (°C)

4 Uzun vadeli ortalama aylık değer (m/s) 12 aylık veri

5 Uzun vadeli ortalama aylık oran, 6 Uzun vadeli günlük değer (MJ/m<sup>2</sup>)

### 1.2.3. Hava Kirliliği Durumu

Kabil'in hava kirliliğine neden olacak kadar fazla sanayiye sahip olmamasına rağmen havadaki partiküllerin hava kirliliği ve aşırı konsantrasyonları Kabil gibi büyük şehirlerde yaygın bir fenomendir. Hala çalışan birkaç endüstride geleneksel yakıt (kömür) hava kirliliği ve asit yağmuruna neden olmakta, bununla birlikte şu anda ülkenin sınırlı ve küçük sanayi faaliyeti nedeniyle, ikinci ciddi bir sorun teşkil etmemektedir. Ayrıca sınırlar arası kirlilik daha fazla problem gibi görülmektedir. Komşu ülkelerin çoğu alt standart emisyon üreten endüstriler aracılığıyla hava kirliliği ürettikleri için, Afganistan'ın batı ve kuzeybatı kısımları Aral sedimanter havzasından kaynaklanan çok büyük miktarlarda kirletici madde almaktadır (Pearce 1994). İran, Türkmenistan ve Özbekistan'daki bazı sanayi tesisleri Afganistan sınırlarına yakın konumdadır. Bu ülkeleri oluşturan pestisitlerin ne kadarı Afgan ortamında hava akımları ve yağışlar yoluyla ortaya çıkarsa; ele alınması gereken bir başka sorun da budur. Sovyetlerle Afgan savaşı sırasında kimyasal silahlar kullanılmış ve Hindu Kush'un çevredeki kırılgan ekosistemlerine ciddi zararlar vermiştir [12].

Ayrıca, Afganistan'ın çeşitli şehir merkezlerinde hava kirliliği seviyeleri özellikle yüksektir. Kabil hava kalitesinin kapsamlı bir çalışması 2005–6'da gerçekleştirilmiştir. Nüfusun yüzde 60'ının yüksek partiküllü PM<sub>10</sub>, azot oksit (NO<sub>x</sub>) ve sülfür dioksit (SO<sub>2</sub>) konsantrasyonlarına maruz kaldığını ortaya koymuştur. Bu 2000 insanın yıllık mortalitesinde, artan solunum yolu hastalıklarında ve astımda tahmini bir fazlalığa neden olur. Halkın çoğunluğu olmasına rağmen Kabil hava kalitesinin kötü ve kabul edilemez olduğu konusunda mutabakata varılmış (%89) sadece yüzde 30'u şehirdeki hava kirliliğinden çok fazla etkilendiklerini hissetmiştir. Kente kuru ve tozlu hava ilkbahar ve yaz aylarında oldukça yüksektir ve astım krizlerinde artışa neden olur. Ayrıca Kabil'in havası sonbahar ve kış aylarında da kömür ve kalitesiz yakıtların tüketilmesi sebebi ile oldukça kirlidir.

Genel olarak, Afganistan'da kentsel hava kalitesi izleme ilk aşamalarında. Yakın zamanda çevre hava kirliliği de dâhil olmak üzere kentsel çevre sorunlarının hem hükümet hem de kamuoyunun dikkatini çekmiştir. 2007'de Kabil'deki hava emisyonlarının envanteri ve Afganistan'ın sera gazı envanteri hakkında bir rapor hazırlanmıştır. Bu raporlar; yöntemlerin kapsamlı bir veri kümesinin ve ilk tavsiyelerin bir açıklamasını içerir. Genel olarak kentsel çevre yönetimi ve özellikle hava kirliliği ile ilgili herhangi bir girişimin, birçok bakanlık ve kilit aktörler arasındaki yakın işbirliği ve işbirliği gerektirdiğinin

belirtilmesi önemlidir. 30 yılı aşkın bir süredir hava kalitesi veya atık yönetimi gibi güncel kentsel çevre sorunlarının herhangi bir ilgi görmesi ilk kez olacak [13].

Kabil'deki hava kalitesi çeşitli kirletici kaynaklardan ciddi şekilde etkilenmektedir; bu etkiler özellikle yaşlılar, gençler ve sağlıksızlıktan muzdarip olanlar arasında, genellikle akut sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Kronik maruziyetin hava kirleticilerine olan etkileri de zaman içinde belirgin hale gelebilir. Kabil'deki hava kirliliği çok yüksek olmasından dolayı yüksek trafik alanlarında TSP'li çıplak göze bile çok açıktır ve PM<sub>10</sub> konsantrasyonları çocuklarda daha yüksek oranda alerji, öksürük ve solunum problemlere yol açmaktadır.

Kabil'deki başlıca hava kirliliği kaynakları:

- Araçların trafiği, eski araçların kullanımı ve ziyan yakıtlar
- Tozun yeniden süspansiyon edilmesi, rüzgâr üfleme tozu, hasarlı yollar
- Kış aylarında yakıt olarak odun, kömür, dizel ve hayvan kalıntısı yakılması
- Düzensiz güç kaynağı nedeniyle özel olarak kullanılan jeneratörlerin muazzam kullanımı
- Fırınlara ve kamu yıkama salonlarında yakıt olarak odun yakılması
- Tuğla Fırınları, hepsi eski moda ve maalesef konut alanlarında yer almaları
- Asfalt fabrikaları
- Termik santral ve küçük ebatlı endüstriler
- İnşaat faaliyetleri
- Taş kırma ve halı temizleme endüstrileri

Toplam PM<sub>10</sub> emisyonununun 17.363 tona ulaştığı tahmin edilmektedir. PM<sub>10</sub>'un başlıca emisyon kaynakları, araç ve toz (%52), konut ısıtması için yakma (%31) ve tuğla fırınları (%12). NO<sub>x</sub>'in başlıca kaynakları portatif jeneratörler (%19), konut ısıtması ise (%8), SO<sub>2</sub>'nin ana kaynakları alan ısıtması (%15), jeneratörler ise (%8) oluşturmaktadır. Başlıca CO emisyonları benzinli araçlarda (%36) ve alan ısıtması (%39) teşkil eder. Kabil'deki PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub> ve SO<sub>2</sub> ortam hava kalitesi seviyeleri, USEPA ve WHO kurallarını rutin olarak aşmaktadır. Nüfus maruziyeti genel popülasyondaki morbidite ve mortalite maliyetlerini değerlendirmek için hesaplanmıştır. Nüfusun yüzde altmışı çok yüksek 1.500µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub> konsantrasyonuna maruz kalmaktadır ve nüfusun yüzde 68'i 120µg/m<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>'den daha fazlasına maruz kalmaktadır [11].

Kabil'deki çeşitli kirletici konsantrasyonlarının tahminleri, araçların trafiği, toz, tuğla fırınları, jeneratörler ve konut ısıtma hava kirliliğinin başlıca kaynaklarıdır. Emisyonlar, kirlilik üreten faaliyetler hakkındaki istatistik verilere ve USEPA ve Dünya Bankası raporları



tarafından açıklanan emisyon faktörlerine dayanılarak tahmin edilmektedir. Tahmini toplam yıllık emisyonlar [11], Tablo 3'te verilmektedir:

Tablo 3. Kabil'de Toplam Tahmini Yıllık Emisyonlar (2005)

Kaynak	PM	NOx	SO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	TOC
<b>Araçlar</b>						
Benzinli Araçlar	310	1,700	113	34,450	-	-
Dizel Araçlar	1,387	9,475	1,625	9,615	-	-
Tekrar Süspansiyonu	7,278	-	-	-	-	-
<i>Toplam Taşıt</i>	<i>8,976</i>	<i>11,175</i>	<i>1,739</i>	<i>44,065</i>	-	-
<b>Konut Kaynakları</b>						
Konut/Ticari Isıtma	5,562	1,241	381	38,077	511,833	7,333
Konut/Ticari Jeneratörler	223	3,131	207	3,028	120,822	324
Fırınlara	463	44	7	3,492	-	736
Hamamlar	160	15	2	1,209	-	255
<i>Toplam Konut Kaynakları</i>	<i>6,249</i>	<i>4,431</i>	<i>597</i>	<i>45,807</i>	<i>632,655</i>	<i>8,648</i>
<b>Endüstriyel Kaynaklar</b>						
Termal elektrik santrali	35	347	110	32	-	16
Endüstriyel Jeneratörler	12	185	10	7,121	17,629	239
Tuğla Fırınlara	2,030	44	25	44	30	0.19
Asfalt	62	2	3	0.10	532	0.64
<i>Toplam Endüstriyel Kaynaklar</i>	<i>2,138</i>	<i>578</i>	<i>148</i>	<i>7,197</i>	<i>18,191</i>	<i>256</i>
<i>Genel Toplam</i>	<i>17,363</i>	<i>16,183</i>	<i>2,484</i>	<i>97,068</i>	<i>650,846</i>	<i>8,903</i>

### 1.3. Literatür Araştırması

Hava kirliliği ile ilgili verilerin değerlendirilmesi yönünde yapılan çalışmalardan bir tanesi S. Akpınar vd. [14] tarafından yayınlanmış olmaktadır. Bu çalışmada Türkiye'nin Elazığ ili hava kirliliği konsantrasyonları ile rüzgâr hızı, sıcaklık, bağıl nem, güneş radyasyonu ve atmosferik basınç gibi meteorolojik veriler arasındaki ilişkiler gözden geçirilmiştir. 2003-2004-2005 yıllarının Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat ve Mart ayları arasında SO<sub>2</sub> ve TSP konsantrasyonlarının meteorolojik parametrelerle ilişkisi incelenmiştir. Regresyon analiz sonuçlarına göre Elazığ ilindeki hava kirlenici konsantrasyonları ile meteorolojik faktörler arasında orta ve zayıf düzeyde bir ilişki olduğu bulunmuştur. SO<sub>2</sub> ve TSP konsantrasyonlarını meteorolojik parametreler açısından tahmin edebilmek için istatistiksel bir model geliştirilmiştir.

Karabük'teki meteorolojik faktörler ve hava kirliliği arasındaki ilişki istatistiksel olarak Çelik, M. B. ve Kadı, İ. [15] tarafından analiz edilmiştir. Bu çalışmada SO<sub>2</sub> ve partikül madde arasındaki ilişki; rüzgar hızı, bağıl nem ve hava sıcaklığı, 24 saat sürekli ölçümlerin bazında 1998'den 2001'e kadar incelenmiştir. Hava kirliliği ve meteorolojik faktörler arasındaki ilişki istatistiksel olarak analiz edilmiş. Analiz sonuçlarına göre, bazı yıllarda Karabük ilindeki meteorolojik faktörler ile partikül madde konsantrasyonları arasında orta ve zayıf bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Trabzon kent merkezinde dış hava kalitesi verileri ile rüzgâr hızı, bağıl nem oranı ve sıcaklık gibi meteorolojik faktörler arasındaki ilişki istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Çuhadaroğlu B. ve Demirci E. [16], Bu çalışmada Kasım 1994- Nisan 1995 arası sabit istasyon verileri kullanılarak istatistiksel bir inceleme yapılmıştır. Regresyon analizi ile elde edilen sonuçlara göre, Trabzon kent merkezinde PM ve SO<sub>2</sub> konsantrasyonları ile meteorolojik faktörler arasında orta ve zayıf bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Demirci E. ve Çuhadaroğlu B. [17] tarafından yapılan çalışmada Trabzon'daki SO<sub>2</sub> ve PM gibi hava kirlleticilerin hava kirliliği ve rüzgâr yönü arasındaki ilişkiyi analiz için veriler 16 Kasım 1994 ve Aralık 1997 arasında istatistik olarak incelenmiştir. Sonuçlara göre analiz edilen dönem içinde şehir içi Trabzon'daki farklı yönlerden gelen rüzgâr hızları ve kirleticiler konsantrasyonları arasında zayıf bir ilişki olduğunu göstermektedir.

22 Mart 2013-31 Mart 2014 tarihleri arasında Çin genelinde 286 ulusal izleme sahasında kaydedilen PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO ve O<sub>3</sub> konsantrasyonlarının saatlik değişimleri Y. Xie vd. [18] tarafından analiz edilmiştir. Ülke genelinde 31 il başkentinden alınan veriler seçilmiştir. Buna göre, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub>, CO, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub>'nin spatiotemporal varyasyonları değerlendirilmiş ve Çin'deki yedi coğrafi bölge arasındaki değişim eğilimleri araştırılmıştır. Ayrıca, PM ve gaz halindeki kirleticiler arasındaki korelasyonlar, Pearson korelasyon katsayısı kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar, hava kirleticilerinin konsantrasyon seviyelerinde ve farklı şehirler arasındaki farklılıklarda önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada meteorolojik unsurlar rüzgâr hızı, hava sıcaklığı ve bağıl nem, yağış ile hava kirleticilerinin konsantrasyonları arasındaki ilişkisi A. Zyromski vd. [19] tarafından değerlendirilmiştir. Silezya ilinde 2005–2009 yıllarının Kasım-Nisan ayları arasındaki verileri kullanılarak korelasyon ve regresyon analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre en yüksek NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarının meydana gelmesi, kış mevsiminde teyit edilmiştir. Değerlendirilen meteorolojik faktörler arasında rüzgâr hızı, daha sonra hava

sıcaklığı, daha az nem ve güneş radyasyonu hava kirliliği üzerine etkileyici faktörler arasında yer almaktadır.

İran'ın Esfahan ilinde karbon monoksit (CO) kirletici konsantrasyonu ve meteorolojik parametreler arasındaki ilişkiler, çoklu regresyon analizi ile Masoudi M. Gerami S. [20] tarafından incelenmiştir. Bu incelemede veriler yıllık hem de mevsimsel olarak ifade edilmiştir. Aylık CO konsantrasyonları ağustos ayında en yüksek değerleri ve şubat ayında en düşük değerleri göstermektedir. Mevsimlik konsantrasyonlar ilkbaharda en az miktarları gösterirken, en yüksek miktarlar ise yaz mevsimine aittir. Hava kirletici ile bazı meteorolojik parametreler arasındaki ilişkiler günlük ortalama veriler kullanılarak istatistiksel olarak hesaplanmıştır. CO ile farklı değişkenler arasında, özellikle yıllık koşullardaki sıcaklık ve rüzgar hızı arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir.

PM<sub>10</sub> konsantrasyonları ile rüzgâr hızı, bağıl nem, güneş radyasyonu ve sıcaklık gibi meteorolojik parametreler arasındaki ilişki, PasirGudang sanayi alanının durum çalışması için A. Afzali vd. [21] tarafından istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Çalışmada, bir önceki günün PM<sub>10</sub> konsantrasyonu, alanın PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun tahmininde dikkate alınmıştır, Ayrıca istatistiksel modelin sonuçları yapay sinir ağları ile karşılaştırılmıştır. Bir gün önce PM<sub>10</sub> konsantrasyonunu tahmin etmek için iki farklı Yapay Sinir Ağları geliştirilmiştir, bu çalışmada elde edilen bulgular, PM<sub>10</sub>'un yer seviyesindeki konsantrasyonları ile her bir meteorolojik parametrenin zayıf olduğunu göstermektedir. Ayrıca bir önceki günün PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun dâhil edilmesi modeli önemli ölçüde iyileştirmiştir ancak ilişkiyi tam olarak açıklamamıştır.

Erzurum'da 1990 ve 2007 yılları arasında kış aylarında (Kasım'dan Mart'a kadar) toplam askıda partikül madde (TSP) konsantrasyonu ile rüzgar hızı ve yönü, sıcaklık, hava basıncı, yağış ve bağıl nem gibi meteorolojik parametreler arasındaki ilişki M. Aktan ve H.Bayraktar [22] tarafından araştırılmıştır. Bu çalışmada kış mevsiminin her ayında toplam asılı partiküler madde konsantrasyonu seviyesinin stokastik davranışını kavramak için karma otoregresif yapıda yapay sinir ağı modelleri geliştirilmiştir. Toplam asılı partiküler madde konsantrasyonunu en çok etkileyen faktörler, bir gün önceki toplam asılı partiküller madde konsantrasyonu seviyesi, beklenen sıcaklık, rüzgâr hızı, hava basıncı ve yağış olarak belirlenmiştir.

Erzurum ilinde kış mevsimi 1996 ve 2006 yılları arasındaki verileri için SO<sub>2</sub> konsantrasyonunu meteorolojik parametreler (rüzgâr hızı, rüzgar yönü, sıcaklık, basınç, yağış, bağıl nem, güneş ışığı süresi, güneş ışığı miktarı ve önceki iki gün SO<sub>2</sub>

konsantrasyonları) kullanarak Yapay sinir ağı geliştirilmiştir. M.Aktan ve A. Reha [23]. SO<sub>2</sub> konsantrasyonları ve meteorolojik parametreler arasındaki ilişki karmaşık olduğundan, SO<sub>2</sub> seviyelerini tahmin etmek için yapay bir sinir ağı modeli geliştirilmiştir. Rüzgâr yönü, rüzgar yönünü uygun şekilde tanımlamak için iki değişkenin kombinasyonu olarak modellenmiştir. Model 0,85'lik büyük bir R karesi değeri elde edilmiş, bu modelin iyi bir uyum ve tahmin performansına sahip olduğu anlamına gelmektedir.

İzmir kentindeki SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarını tahmin etmek için Yapay Sinir Ağları (YSA) Yapay sinir ağlar modeli S.C. Sofuoglu ve A. Sofuoglu [24] tarafından oluşturulmuştur. Modelin bağımsız değişkenleri (rüzgâr hızı ve sıcaklık) ve bağımlı değişkenler olarak ölçülen partiküler madde konsantrasyonları kullanılmıştır. Gözlemlenen ve tahmin edilen konsantrasyonlar arasındaki korelasyon katsayısı, üç değişkeni girdi parametresi olarak kullanan ağ için 0.94'tür, model performansları, YSA'ların İzmir'deki ortam havası SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarını tahmin etmek için umut verici bir modelleme yöntemi olduğunu göstermektedir.

Meksika'daki Salamanca kentinin öngörülen 24 saat için ortalama PM<sub>10</sub> konsantrasyonunu tahmin etmek için bir model Cortina Januchs vd. [25] tarafından geliştirilmiştir. Kullanılan kaynak veritabanı, tarihsel zaman serileri meteorolojik değişkenleri içerir ve Salamanca'da üç farklı istasyonda toplanan PM<sub>10</sub> konsantrasyonlardır. PM<sub>10</sub> ve meteorolojik değişkenler arasındaki ilişkileri bulmak için kümeleme algoritmaları uygulanmıştır. Bu ilişkiler, tahmin modelinde kullanılacak ek bilgileri almak için yardımcı olmuştur. Önerilen model, basit birçok katmanlı perceptron ve çoklu doğrusal regresyon ile doğruluk ve doğrulama amaçları için karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, ANN'lerin kümeleme algoritmaları ile birleştiğinin, basit bir ANN ve çoklu doğrusal regresyona dayalı olanlardan daha iyi genelleme kapasitelerine sahip olduğunu göstermektedir.

Tarihsel bir anıt olan Taj Mahal, Agra'da saatlik NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının tahmini için Mishra D.ve Goyal P. [26] tarafından bir model sunulmuştur. Model, halk sağlığı odaklı hava kalitesi tahmini amacıyla geliştirilmiştir. Kasım ayları boyunca Tac Mahal, Agra'daki kirlilik seviyelerinin her zaman daha yüksek olduğundan dolayı, saatlik gözlemlenen veriler ele alınmıştır. Örnekleme dönemi ise 18 Kasım-27 Kasım 2013 tarihleri arasındadır. İlk olarak, Agra'da NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarını tahmin etmek için bir hava kalitesi-tahmin modeli oluşturmak için çoklu doğrusal regresyon (MLR) kullanılmıştır. Ayrıca, regresyon modellerine dayanan yeni bir yaklaşım, temel bileşen analizi (PCA), meteoroloji ve hava kirlleticileri arasındaki farklı yordayıcı değişkenlerin korelasyonlarını bulmak için analiz

edilmiştir. Ardından Agra'da hava kirliliğinin tahmini için güvenilir fiziksel yapay sinir ağı (YSA) - çok katmanlı algılayıcı modeli önermek için girdi değişkenleri olarak meteorolojik parametreleri yani (sıcaklık, bağıl nem, rüzgar hızı, rüzgar yön endeksi, dikey rüzgar hızı, güneş radyasyonu, basınç) ve hava kirleticiler CO, O<sub>3</sub> ve SO<sub>2</sub> bir ANN-MLP tahmin modeli geliştirilmiştir. MLR ve PCA-ANN modelleri istatistiksel analiz ile değerlendirilmiştir. Korelasyon katsayıları (R), PCA-ANN için sırasıyla 0.89 ve 0.91 ve eğitim ve geçerlilik dönemlerinde MLR için sırasıyla 0.69 ve 0.89 idi. PCA-ANN modelinin daha iyi performans gösterdiği ve Taj Mahal, Agra'da hava kirliliğini tahmin etmek için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

İspanyan'ın Bilbao kentindeki dört istasyonda 8 saat öncesine kadar gerçek zamanlı olarak ozon (O<sub>3</sub>) ve azot dioksit (NO<sub>2</sub>) seviyelerini tahmin etmek için iki çok katmanlı perceptron (MLP) model ve bir çoklu doğrusal regresyon tabanlı model, E. Agirre Basurko vd.[27] tarafından geliştirilmiştir. Modellerde, trafik değişkenlerini, meteorolojik değişkenleri ve O<sub>3</sub> ve NO<sub>2</sub> saatlik seviyelerini girdi verileri olarak 1993'ten 1994'e kadar kullanmışlardır. Bu modellerin performansları, seviyelerin ve gözlemlenen değerlerin sürekliliği ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre çoklu lineer regresyon modeline göre çok katmanlı perceptron tabanlı modelin daha verimli performans gösterdiği anlaşılmıştır. Çok katmanlı perceptron modellemesi MATLAB yazılım paketi kullanılarak geliştirilmiştir.

Bu çalışmada, hava kirliliği konsantrasyonu tahmini için kullanılan modeller (ANN) Yapay sinir ağları, çoklu doğrusal regresyon (MLR) ve Taguchi method araştırılmış ve bu modellerin avantajlarını, sınırlamalarını ve performans göstergelerini karşılaştırmıştır. U. Özdemir ve S. Çankaya, [28]. Bu çalışmanın başka amacı ise, modellerin optimizasyon kapasiteleri ile hava kirliliği verilerindeki tahmin sürecindeki farklılıkları göstermektir. Bu kısa gözden geçirme çalışması, ANN'nin kirlilik verileri arasındaki karmaşık ilişkiyi tahmin etmek ve açıklamak için en etkili model olduğunu göstermektedir.

A. Rahimi [29] tarafından yapılan çalışmada, İran'ın Tebriz kentindeki Ekim ve Kasım 2012 boyunca veriler kullanarak ANN ve çoklu doğrusal regresyon (MLR) model geliştirilmiştir. Meteorolojik koşulların (rüzgar hızı, rüzgar yönü, yağış, buhar basıncı, hava sıcaklığı, bağıl nem, toplam radyasyon, barometrik basınç) fonksiyonu olarak NO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> konsantrasyonlarının kısa vadeli tahmini uygulanmıştır. Bu tahminlere göre MLP sinir ağlarının geleneksel MLR modellerine göre avantajlı olduğu da kanıtlanmıştır.

Çin'in Guangzhou Pearl River Delta yedi bölgesinde bir seçim örnek kuralı ve Geri yayılma (BP) sinir ağına dayanarak, günlük SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarının tahmin

edilmesine yönelik yeni bir (ANN) modeli Yonghong Liu vd. [30] tarafından geliştirilmiştir. Yedi bölgenin tahmin sonuçları karşılaştırılmasıyla, Mayıs 2011'den Nisan 2012'ye kadar olan temel modelin  $PM_{10}$  için seçilen modeli daha iyi bir tahmin performansı sergilediğini, Ortalama Mutlak Yüzde Hatası (MAPE) değerlerinin %4 azaldığını ve  $R^2$  değerlerinin 0.53'ten 0.68'e yükseldiğini göstermektedir. Tahmin modellerinin geliştirilmesi sırasında, parametrelerin seçimi duyarlılık deneyleri ile gerçekleştirilmiştir, Bu makalede sunulan modellerin, operasyonel ölçekte kullanıldığında, yerel makamlara, hava kalitesi hakkında güvenilir ve kesin tahminler ve alarmlar sağlayabileceğini göstermektedir.

A. Kumar, P. Goyal [31] Hindistan'ın Delhi'deki meteorolojik değişkenler ve bir önceki günkü AQI (hava kalitesi endeksi) kullanılarak bir gün önceden AQI tahmin etmek için PCA (ana bileşen analizi) -neural ağ modeli geliştirilmiştir. PCA neural ağ modelinin değerlendirilmesi, sonuçları 2000-2006 boyunca dört farklı mevsimde nöral ağ sonuçları ve gözlemlenen değerler ile istatistiksel parametreler kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır ve PCA-nöral ağın daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Kabil'in ana yollardan kaynaklanan SPM (askıda partikül madde) kirliliği konsantrasyon dağılımı hangi koşullardan etkilendiğini ve onların azaltılmasının tahmin etmek için E. Torabi [32] tarafından bir çalışma yapılmıştır. Ayrıca hava kirliliği durumu tahmin etmek için modelde giriş verileri olarak meteorolojik ve emisyon verileri kullanılmıştır. Bu çalışmada meteorolojik faktörler, yol durumu, simülasyon sonuçlarını güçlü bir şekilde etkilediği belirtilmiştir, ve kaldırım yollarından dolayı hava kirliliği yaklaşık % 81 oranında azalması beklenmektedir.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Veri Analizi

Çalışmada Kabil kent merkezinde, Nisan 2015-Nisan 2016 ayları arasındaki günlük ortalama SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, CO ve O<sub>3</sub> konsantrasyonları ve nem, sıcaklık, basınç, rüzgâr hızı verileri kullanılarak istatistiksel bir değerlendirme yapılmıştır. Kirlilik konsantrasyonları bağımlı değişkenler, meteorolojik parametreler ise bağımsız değişkenler olarak ele alınıp, mevcut bir yazılımın (EXCEL) kullanılması ile regresyon analizi yapılmıştır. Böylece Kabil kent merkezinde bir yıllık örnek bir sezonda meteorolojik koşulların hava kirliliğini hangi düzeyde ve nasıl etkilediği incelenmiştir.

Kabil'deki NEPA binasında bulunan hava kalitesi ölçüm istasyonunda yapılan ölçümler ile elde edilen hava kirliliği verileri kullanılmıştır. Hava kirliliği verileri günlük ortalama veriler olup, birimi konsantrasyon ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) cinsindedir. Meteorolojik veriler ise, Kabil Uluslararası Havalimanında bulunan Meteoroloji istasyonunda kaydedilmiş veriler olup (Weather Underground) websitesinden alınmıştır [33].

Nisan 2015 tarihinden, Nisan 2016 tarihine kadar olan aylara ait günlük ortalama rüzgâr hızı, nem, sıcaklık, basınç, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, CO ve O<sub>3</sub> verileri tezin ekinde verilmiştir. Tablo 4'de ise Nisan 2015-Nisan 2016 arası döneme ait aylık ortalama rüzgâr hızı, nem, sıcaklık, basınç, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, CO ve O<sub>3</sub> değerleri görülmektedir.

Nisan 2015'den Nisan 2016'ya kadar günlük ortalama rüzgâr hızı, bağıl nem, sıcaklık, basınç ile hava kirlleticiler arasındaki ilişkiler Şekil 6'dan Şekil 25'e kadar olan grafiklerde görülmektedir.

Şekil 6'dan Şekil 9'a kadar olan grafikler incelendiğinde; günlük PM<sub>10</sub> değerleri ile rüzgâr hızı ve sıcaklık parametreleri arasında negatif bir ilişki olduğu, basınç ve nem parametreleri arasında ise pozitif bir ilişki olduğu görülmektedir. Şekil 10'dan Şekil 13'e kadar olan grafiklerde günlük SO<sub>2</sub> değerlerinin meteorolojik parametreler ile olan değişimleri görülmektedir. Buna göre rüzgâr hızı ve sıcaklık parametreleri ile pozitif ilişki olduğu, basınç ile SO<sub>2</sub>'nin hafifçe düşmekte olduğu, nem ile herhangi bir değişimin olmadığı görülmektedir.

Şekil 14'den Şekil 17'ye kadar olan grafiklerde ise günlük NO<sub>2</sub> değerleri ile rüzgâr hızı ve sıcaklık parametreleri arasında pozitif bir ilişki; basınç ile negatif bir ilişki olduğu ve

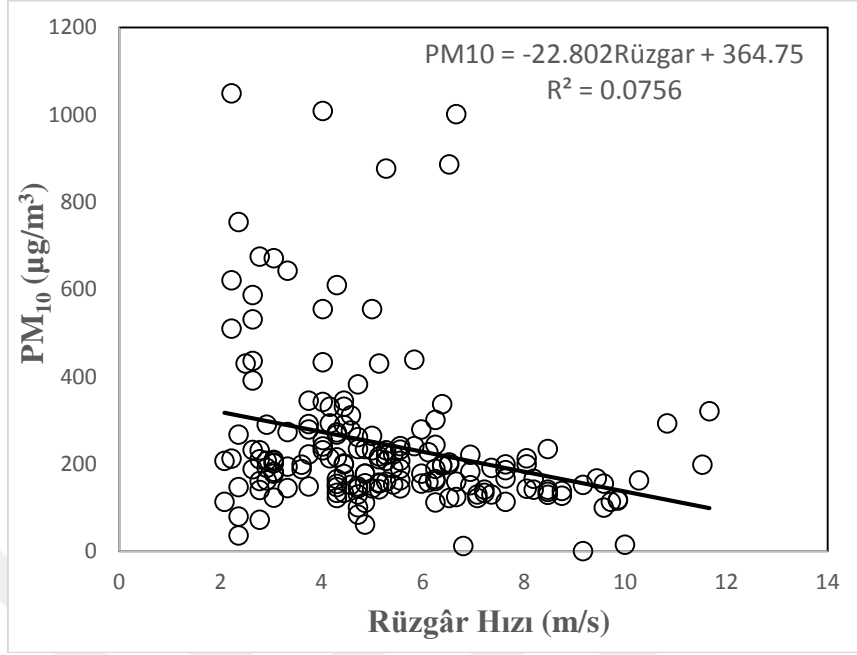
NO<sub>2</sub>'nin nemden etkilenmediği görülmektedir. Şekil 18'den Şekil 21'e kadar olan grafiklerde günlük ortalama O<sub>3</sub> değerleri ile rüzgâr hızı ve sıcaklık parametreleri arasında pozitif ilişki olduğu, basınç ve nem ile O<sub>3</sub>'un hafifçe azalmakta olduğu görülmektedir. Şekil 22'den Şekil 25'e kadar olan grafiklerde görüldüğü gibi günlük ortalama CO değerleri ile rüzgâr hızı, nem ve sıcaklık parametreleri arasında pozitif bir ilişki olduğu, basınç parametresi ile negatif bir ilişki olduğu görülmektedir.

Şekil 13, Şekil 17, Şekil 21 ve Şekil 25'de görüldüğü gibi sıcaklık artışı ile birlikte kirletici parametreler de (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO) artarken Şekil 9'da görüldüğü gibi sıcaklık artışı ile PM<sub>10</sub> değerinde azalma gözlenmektedir. Rüzgâr hızı atmosferdeki hareketliliğin baskın bir parametresi olup kirletici gazların seyrelmelerini sağlamaktadır. Şekil 6'da rüzgâr hızının artmasıyla birlikte PM<sub>10</sub> kirletici değerlerinin azalmakta olduğu görülürken, Şekil 10, Şekil 14, Şekil 18 ve Şekil 22'de ise rüzgâr hızının artması ile kirletici parametrelerin (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO) artmakta olduğu görülmektedir. Şekil 8 ve Şekil 24'te ortalama nemdeki artışın kirletici parametrelerin (PM<sub>10</sub>, CO) artmasına neden olduğu, Şekil 12, Şekil 16 ve Şekil 20'de kirleticilerin (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>) artan nem ile birlikte azalmakta olduğu görülmektedir. Basınç hava kirliliğinin kalıcı olması ya da çabuk dağılmasında etkili olan bir unsurdur. Meteorolojik parametrelerin günlük ortalama hava basıncı ile olan değişimlerine göre; sadece PM<sub>10</sub> artan basınç ile birlikte artarken (Şekil 7) diğer parametreler artan basınç ile birlikte azalmaktadır (Şekil 11, 15, 19 ve 23).

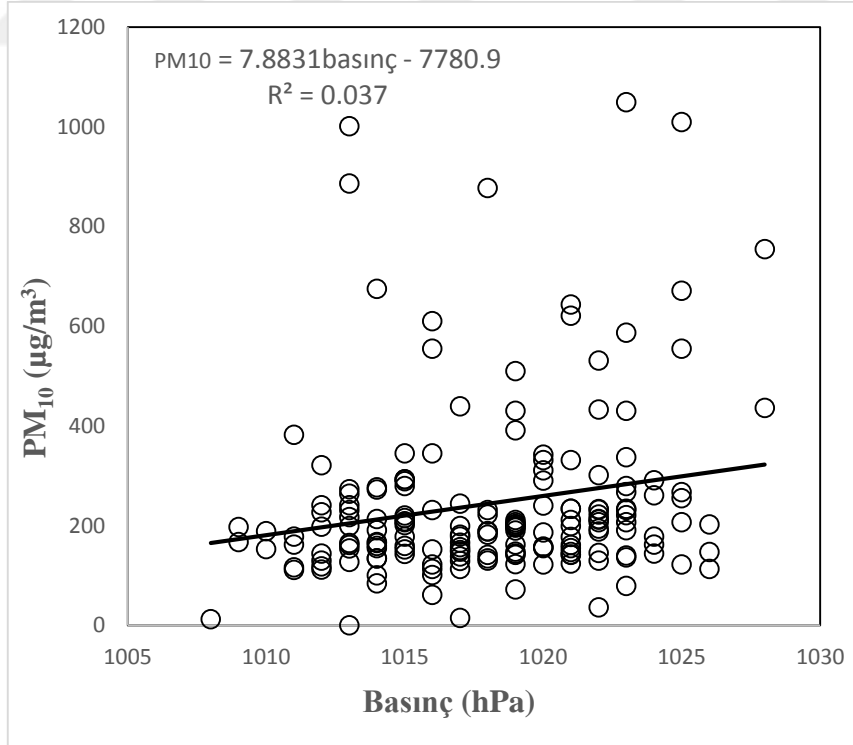


Tablo 4. Nisan 2015–Nisan 2016 dönemi için değişkenlerin aylık ortalama değerleri

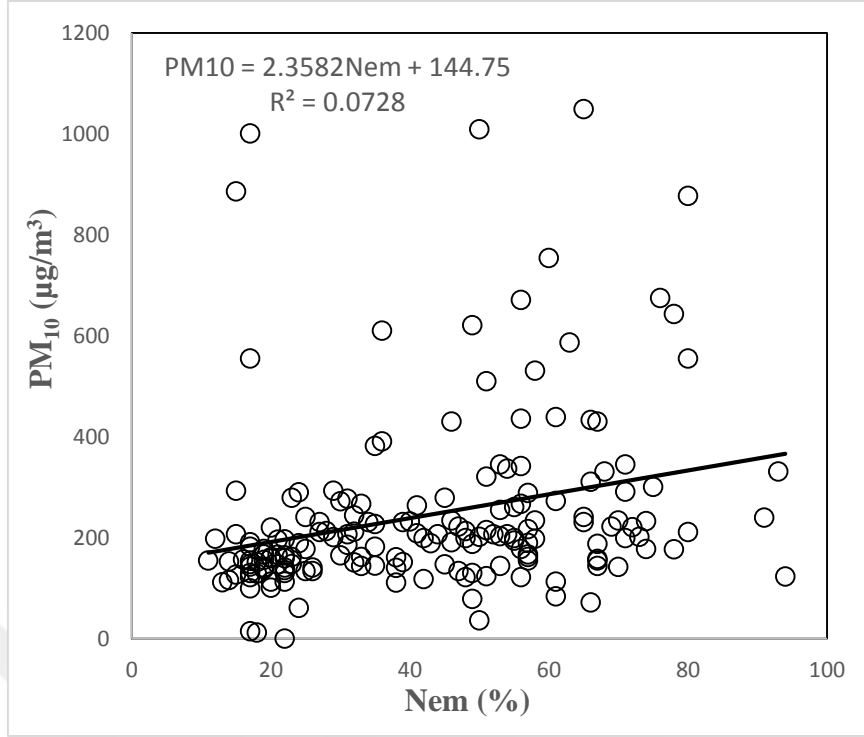
Yıl	Ay	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	CO (µg/m <sup>3</sup> )	Ort. Sıcaklık (°C)	Ort. Nem (%)	Ort. Basınç (hPa)	Ort. Rüz Hızı (m/s)
2015	Nisan	153.0213	155.0714	87.75026	78.55183	50.43398	15.73333	44.56667	1018.667	4.916667
2015	Mayıs	129.6114	169.1905	79.01293	101.785	54.92882	20.03226	32.32258	1018.129	6.142473
2015	Haziran	111.8339	145.2727	79.69387	90.07886	47.38004	24.06667	20.26667	1013.933	7.032407
2015	Temmuz	126.2299	182.1053	90.88853	95.85257	54.90339	27.12903	34.3871	1011.871	6.783154
2015	Ağustos	138.842	341.1429	101.2245	101.8969	58.58822	25.83871	30.32258	1014	5.640681
2015	Eylül	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	Ekim	132.7867	222.5	93.70805	113.508	56.93795	16.3871	43.96774	1022.806	3.799283
2015	Kasım	135.7547	497.7143	93.56846	96.95002	58.14493	8.1	63.8	1023.867	3.523148
2015	Aralık	168.1778	491.3	111.3966	113.0511	75.10019	4.580645	53.06452	1023.032	2.907706
2016	Ocak	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016	Şubat	144.11	410	-	-	-	-	-	-	-
2016	Mart	148.3607	319	102.8898	117.3763	78.79798	9.870968	68.06452	1020.903	4.395161
2016	Nisan	96.48506	201.75	63.60705	69.32145	37.51484	14.06667	56.16667	1019.233	4.930556



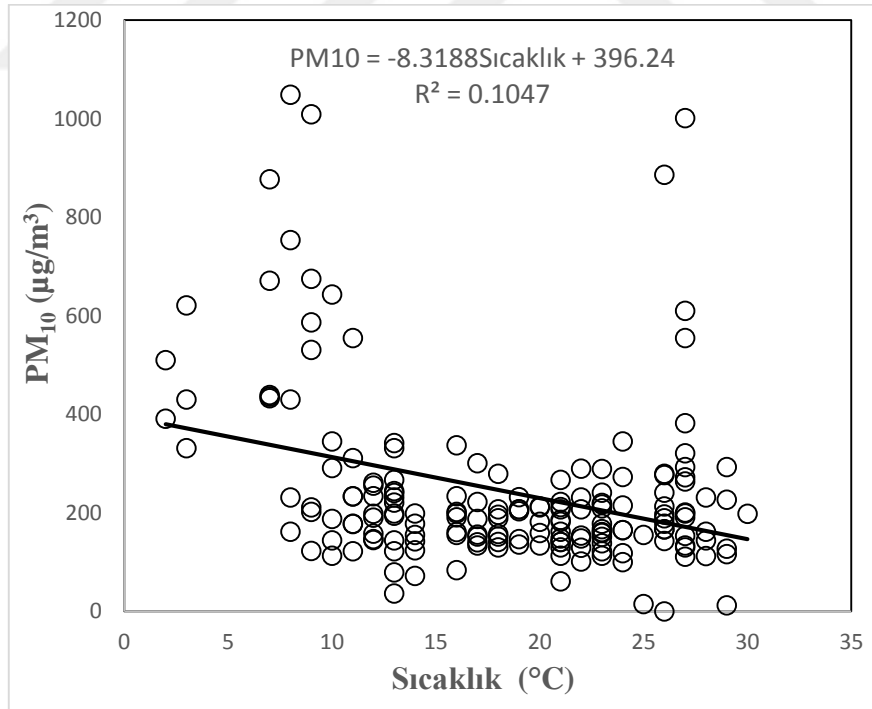
Şekil 6. Nisan 2015–Nisan 2016 için PM<sub>10</sub>'un ortalama rüzgâr hızı ile olan değişimi



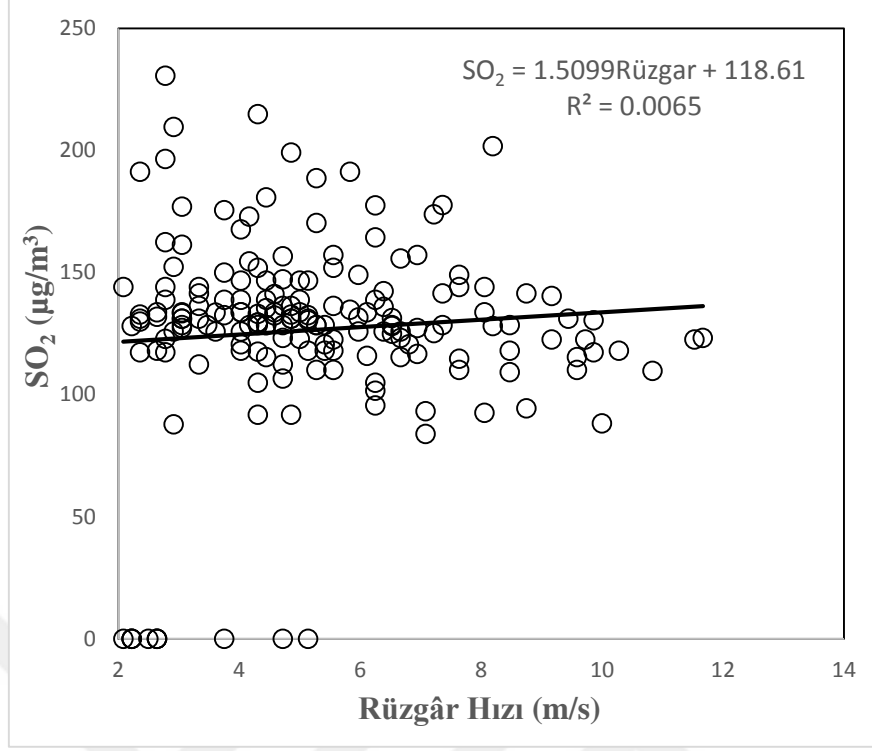
Şekil 7. Nisan 2015–Nisan 2016 için PM<sub>10</sub>'un ortalama basınç ile olan değişimi



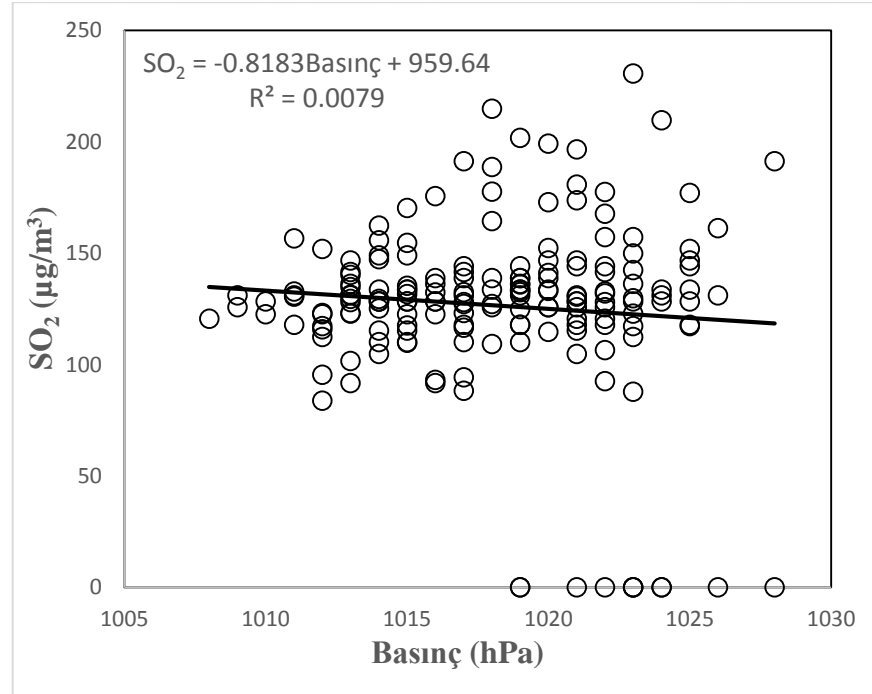
Şekil 8. Nisan 2015–Nisan 2016 için PM<sub>10</sub>'un ortalama nem ile olan değişimi



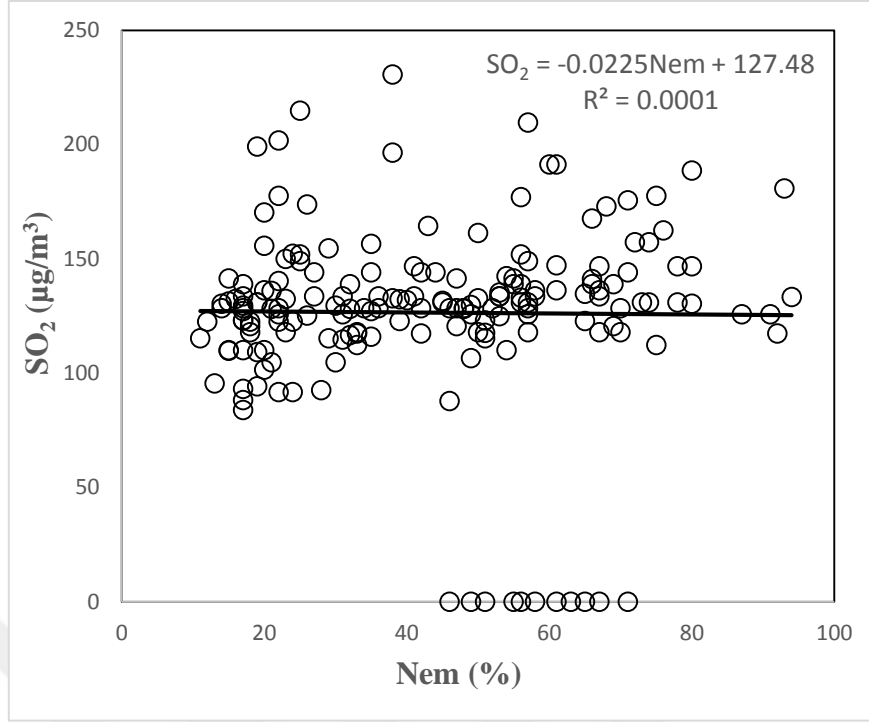
Şekil 9. Nisan 2015–Nisan 2016 için PM<sub>10</sub>'un ortalama sıcaklık ile olan değişimi



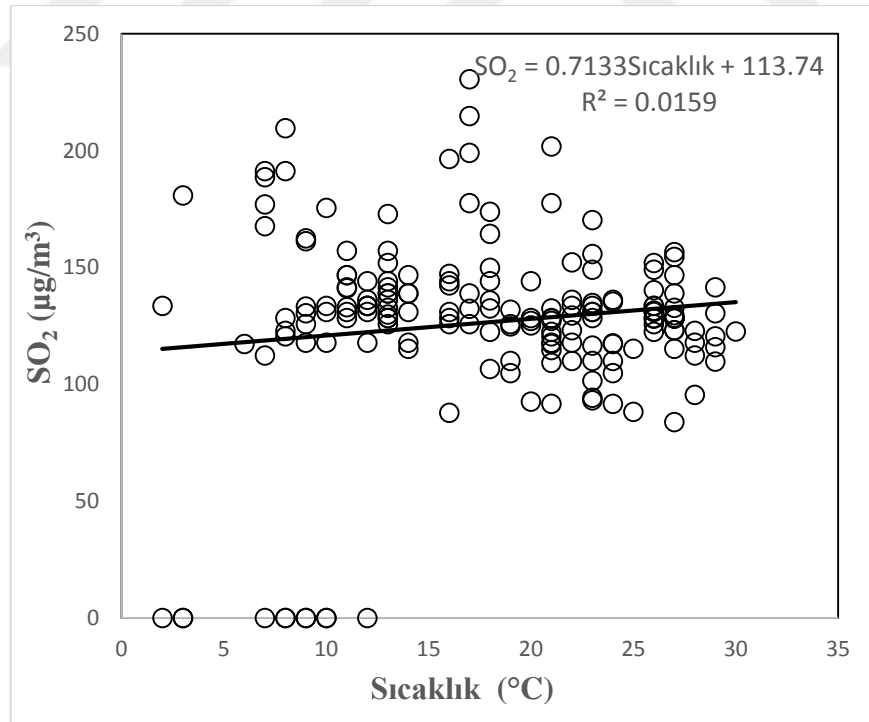
Şekil 10. Nisan 2015–Nisan 2016 için SO<sub>2</sub>'nin ortalama rüzgâr hızı ile olan değişimi



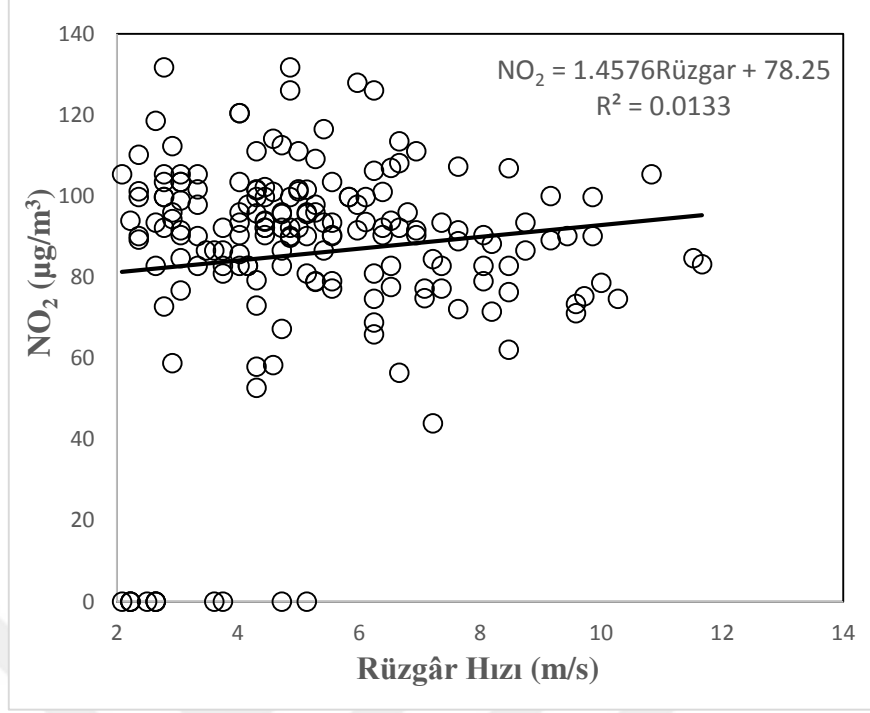
Şekil 11. Nisan 2015–Nisan 2016 için SO<sub>2</sub>'nin ortalama basınç ile olan değişimi



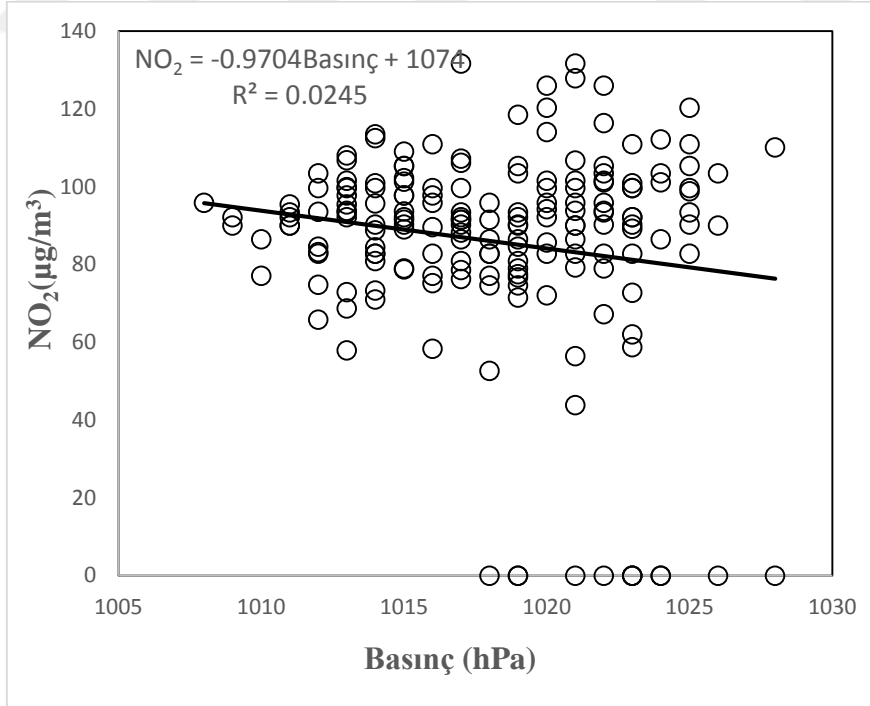
Şekil 12. Nisan 2015–Nisan 2016 için SO<sub>2</sub>'nin ortalama nem ile olan değişimi



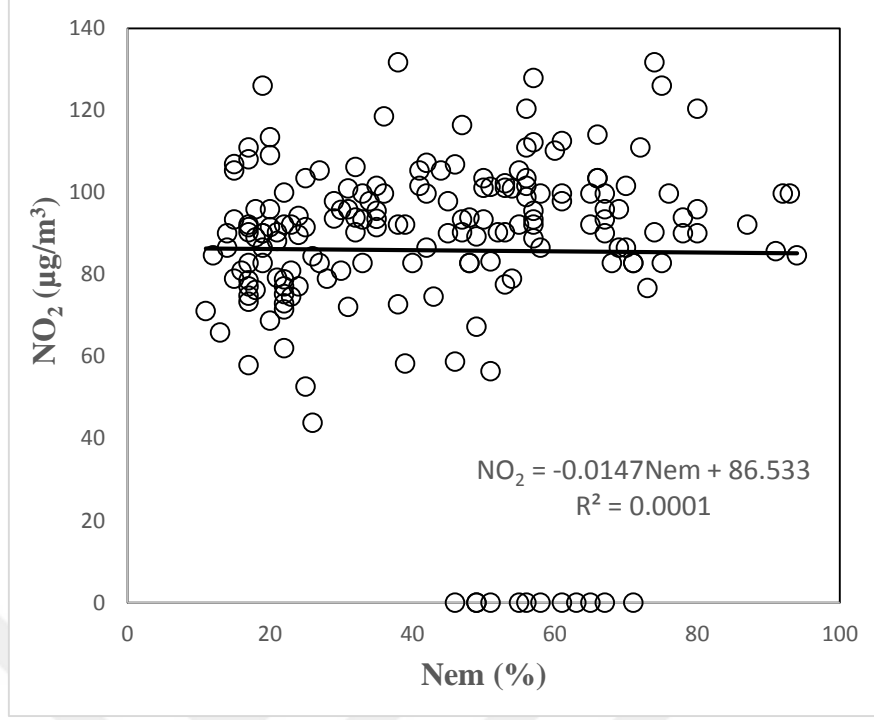
Şekil 13. Nisan 2015–Nisan 2016 için SO<sub>2</sub>'nin ortalama sıcaklık ile olan değişimi



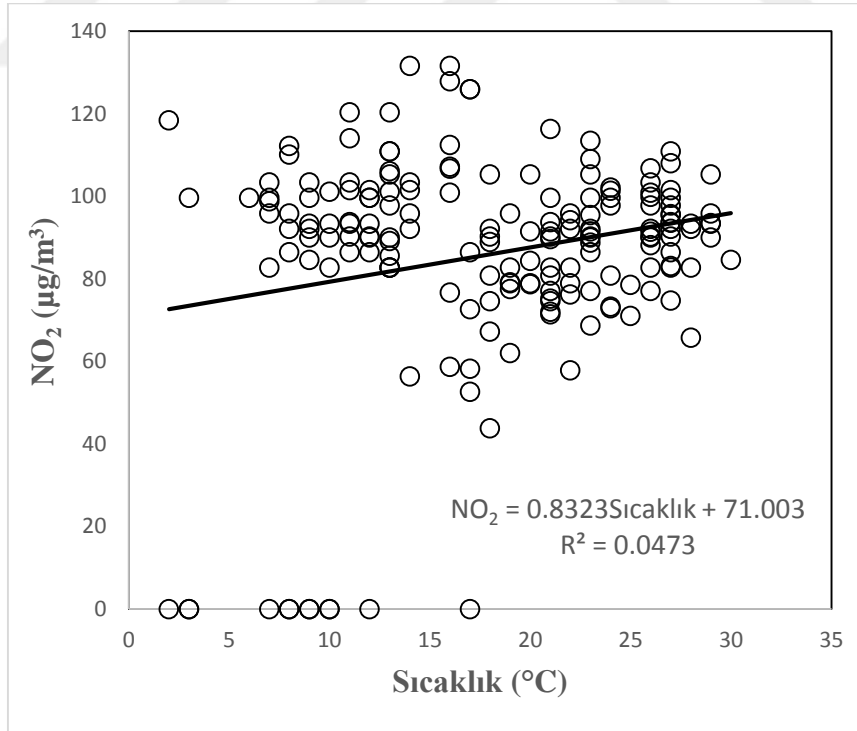
Şekil 14. Nisan 2015–Nisan 2016 için NO<sub>2</sub>'in ortalama rüzgâr hızı ile olan değişimi



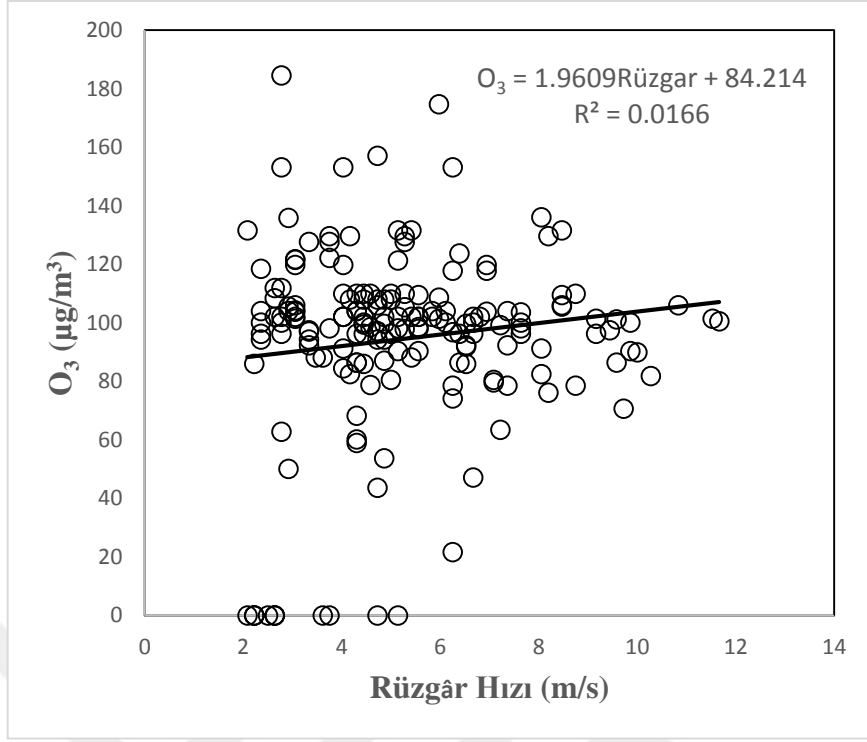
Şekil 15. Nisan 2015–Nisan 2016 için NO<sub>2</sub>'in ortalama basınç ile olan değişimi



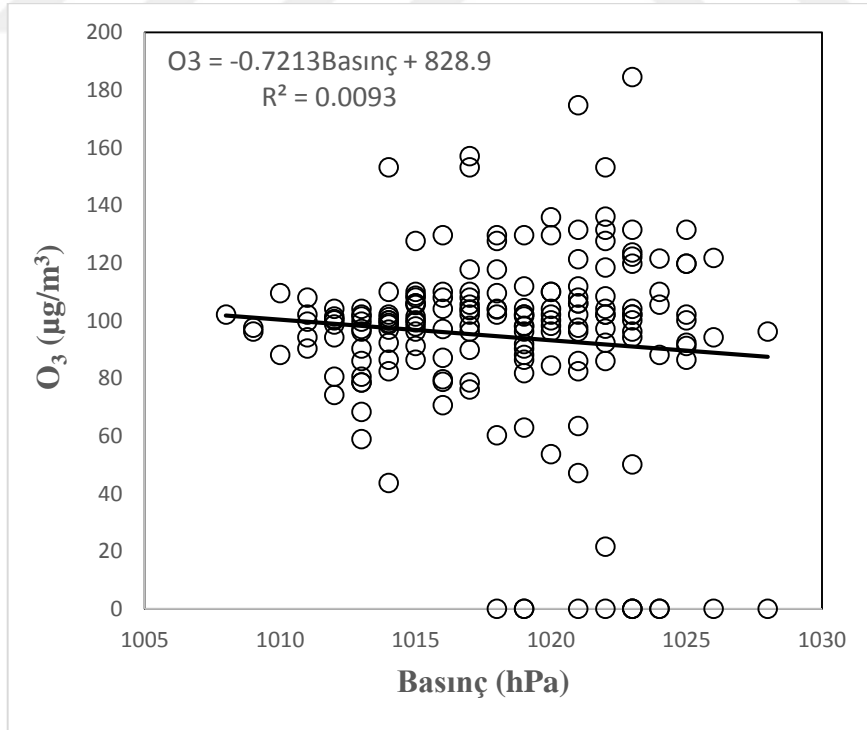
Şekil 16. Nisan 2015–Nisan 2016 için NO<sub>2</sub>'in ortalama nem ile olan değişimi



Şekil 17. Nisan 2015–Nisan 2016 için NO<sub>2</sub>'in ortalama sıcaklık ile olan değişimi

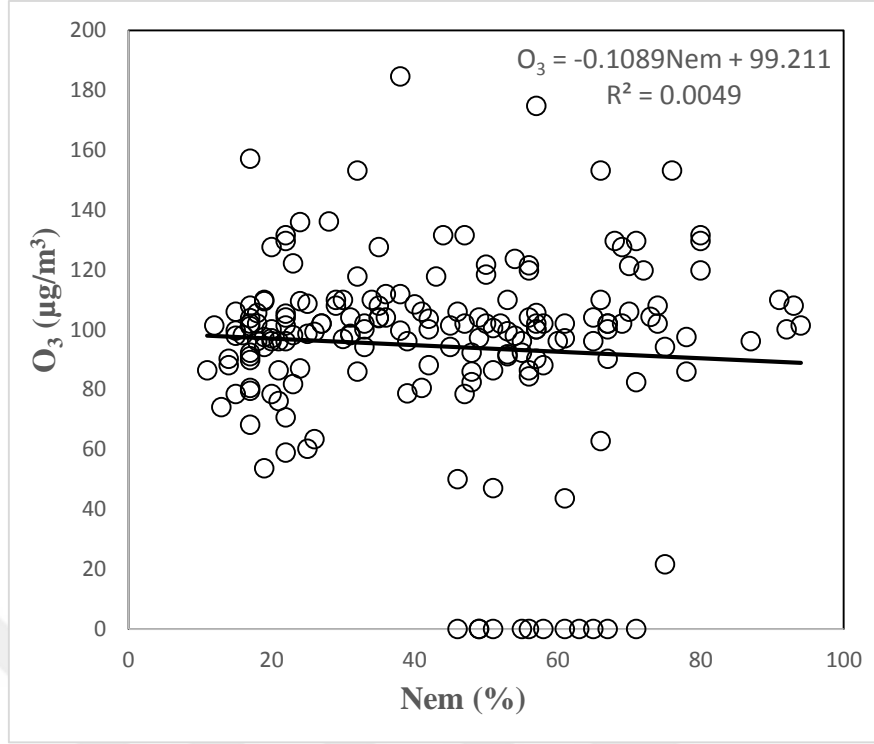


Şekil 18. Nisan 2015–Nisan 2016 için O<sub>3</sub>'un ortalama rüzgâr hızı ile olan değişimi

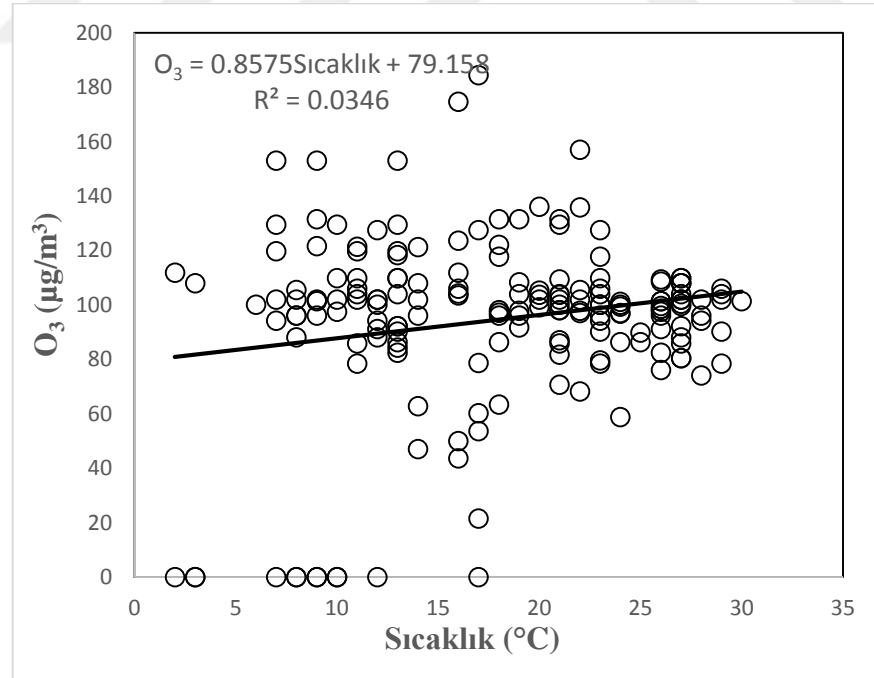


Şekil 19. Nisan 2015–Nisan 2016 için O<sub>3</sub>'un ortalama basınç ile olan değişimi

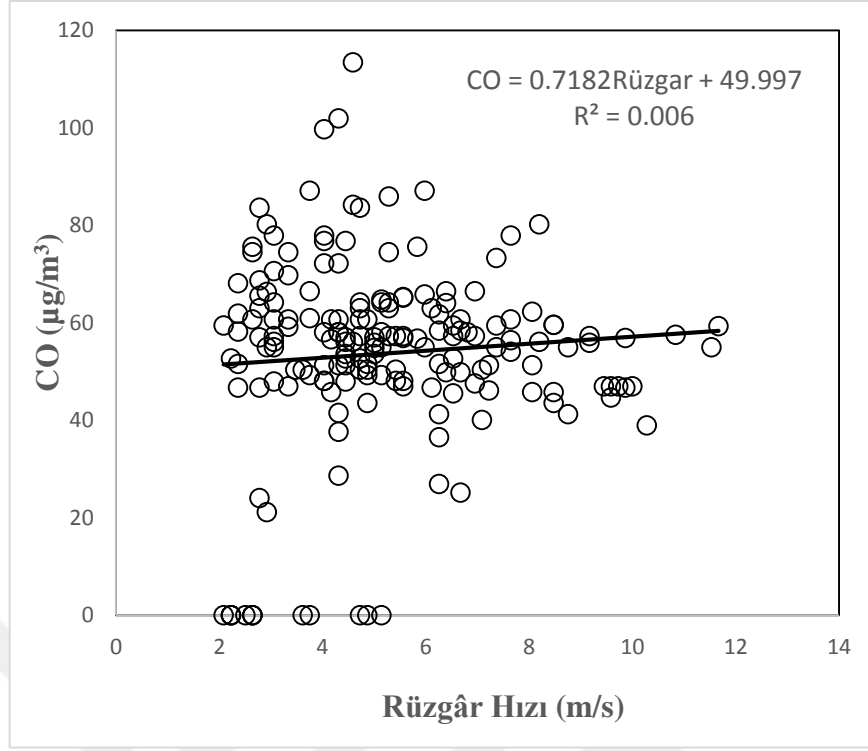




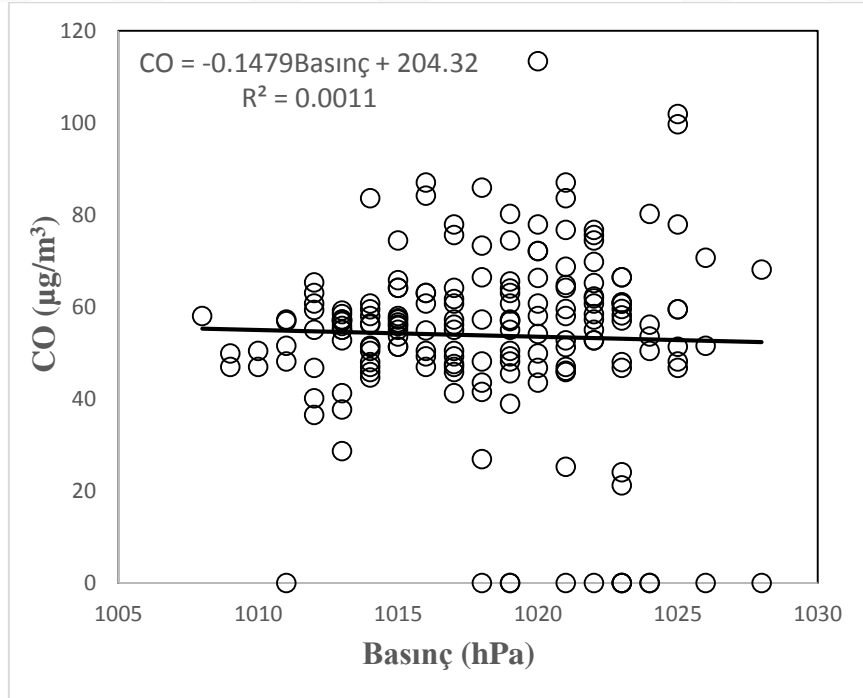
Şekil 20. Nisan 2015–Nisan 2016 için  $O_3$ 'un ortalama nem ile olan değişimi



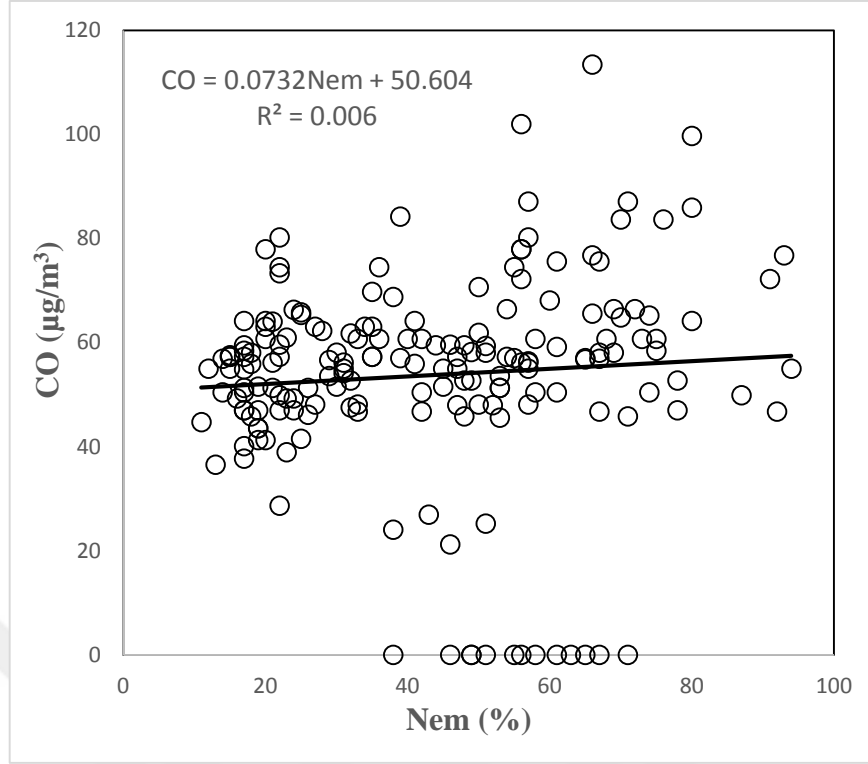
Şekil 21. Nisan 2015–Nisan 2016 için  $O_3$ 'un ortalama sıcaklık ile olan değişimi



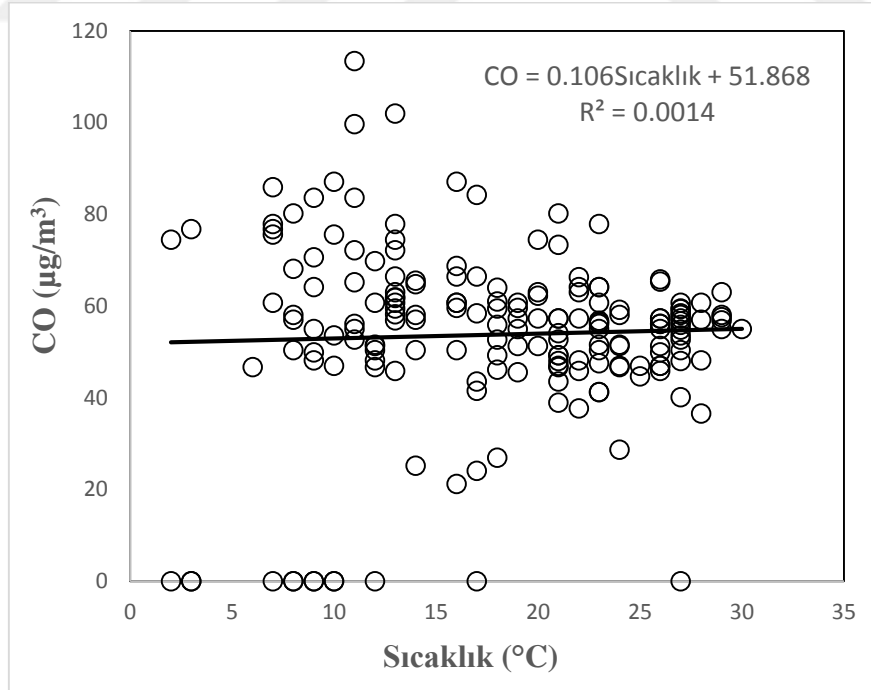
Şekil 22. Nisan 2015–Nisan 2016 için CO'nun ortalama rüzgâr hızı ile olan değişimi



Şekil 23. Nisan 2015–Nisan 2016 için CO'nun ortalama basınç ile olan değişimi



Şekil 24. Nisan 2015–Nisan 2016 için CO'nin ortalama nem ile olan değişimi



Şekil 25. Nisan 2015–Nisan 2016 için CO'nin ortalama sıcaklık ile olan değişimi

## 2.2. Regresyon Analizi

Regresyon analizi ile değişkenler arasındaki ilişkiler incelenerek korelasyon bağıntıları elde edilir. Bu bağıntılar lineer, lineer olmayan veya logaritmik yapılarda olabilir. Değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya koyan bağıntılarının seçiminde değişimlerin yapısını kabaca bilmek ve değişime uygun seçim yapmak gerekir. Bu sayede gerçeğe yaklaşmak mümkün olur [16]. Regresyon; bilinen değerlerden yararlanılarak bilinmeyen durumların tahmin edilmesinde kullanılan bir tekniktir. Korelasyon katsayısının değeri ise yapılan tahminin güvenilirlik derecesini gösterir.

Bu çalışmada; meteorolojik faktörler bağımsız değişkenler olarak; günlük ortalama PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO değerleri ise ayrı ayrı bağımlı değişkenler olarak göz önüne alınmıştır. Böylece her ay için günlük ortalama PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO konsantrasyonları ile günlük ortalama hava basıncı, sıcaklık, nem ve rüzgar hızı arasındaki ilişki incelenmiştir. Bağımsız değişkenlerin sayısı birden fazla olduğundan dolayı mevcut analizde çoklu doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. Dört adet bağımsız değişkene sahip genel bir lineer regresyon denklemi şu şekilde ifade edilebilir.

$$Y = A + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + B_4 X_4 + E \quad (1)$$

Burada A regresyon sabiti, B'ler de regresyon katsayısını temsil ederken, E ise denklemdeki hatayı göstermektedir. Sabit ve katsayıların belirlenmesinde bu hata değerinin minimum olması amaçlanır ve en küçük kareler yöntemi kullanılarak belirlenir. İki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin derecesi  $R^2$  ile gösterilen korelasyon katsayısı ile ölçülür.  $R^2$ ; bağımlı değişkendeki değişimlerin oranı olarak tanımlanır ve şu şekilde ifade edilir:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(Y_1 - Y_2)}{\sum(Y_3 - Y_2)} \quad (2)$$

Burada  $Y_1$ , regresyon ile belirlenen  $Y$  değerleridir.  $Y_3$ , gözlem değerleri ve  $Y_2$  de  $Y_3$  lerin ortalamasıdır. Korelasyon katsayısı iki değişkenin değişimlerinin ne kadar uygun olduğunun bir ölçüsüdür ve değeri  $-1$  ile  $+1$  arasında değişir.  $-1 \leq R^2 \leq +1$  ve  $R^2 = 0$  olduğunda değişkenler arasında doğrusal bir ilişki olmadığı söylenir.  $R^2 = +1$  ise pozitif tam doğrusal ilişki,  $R^2 = -1$  ise negatif tam doğrusal ilişki var demektir.

Bu çalışmada “Enter” regresyon modeli kullanılmıştır. Enter regresyon, bağımsız değişkenlerin bir blok olarak tek adımda girilip değerlendirildiği genel bir yöntemdir.

İstatistiksel analizde hava kirleticiler ile meteorolojik faktörlerin her aya ait günlük ortalama değerleri ele alınarak aralarındaki korelasyonlar incelenmiştir. Korelasyonlar için (1) denklemi kullanılmış, ancak küçük  $R^2$  değerini veren bağımsız değişkenler elimine edilmiştir. Tablo 5, Tablo 6, Tablo 7, Tablo 8 ve Tablo 9’da çoklu lineer regresyon sonuçları verilmektedir. İstatistik olarak belirleme katsayısı  $R^2$ ’nin %50’ye kadar olan değerleri zayıf düzeyde ilişkiyi, %50-%70 arası orta düzeyde ilişkiyi, %70-%100 arası kuvvetli düzeyde ilişkiyi göstermektedir.



Tablo 4. Nisan 2015 ve Mayıs 2015 için lineer regresyon sonuçları

		$Y = A + B_1 \times \text{Sıcaklık} + B_2 \times \text{Nem} + B_3 \times \text{Basınç} + B_4 \times \text{Rüzgâr}$						
Ay-Yıl	Y	A	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$R^2$ (%)	İlişkinin Derecesi
Nisan 2015	SO <sub>2</sub>	-216.186	-3.312	-0.763	0.474	-5.686	12.7	Zayıf
	PM <sub>10</sub>	-11173.259	10.189	0.645	10.847	14.554	49.5	Zayıf
	NO <sub>2</sub>	936.833	1.427	0.434	-0.871	-0.625	5.6	Zayıf
	O <sub>3</sub>	-3537.509	7.320	-0.512	3.494	-10.95	41.8	Zayıf
	CO	3570.280	1.974	0.220	-3.491	-0.638	29.4	Zayıf
Mayıs 2015	SO <sub>2</sub>	-705.201	-3.310	-0.306	0.878	2.535	8	Zayıf
	PM <sub>10</sub>	-4904.122	1.981	1.165	4.917	-1.723	42.1	Zayıf
	NO <sub>2</sub>	2275.465	0.552	0.081	-2.162	-1.303	33.8	Zayıf
	O <sub>3</sub>	-630.509	1.587	0.194	0.682	-0.092	4.9	Zayıf
	CO	79.350	-0.501	0.016	-0.012	-0.381	2	Zayıf

Tablo 5. Haziran 2015 ve Temmuz 2015 için lineer regresyon sonuçları

		$Y = A + B_1 \times \text{Sıcaklık} + B_2 \times \text{Nem} + B_3 \times \text{Basınç} + B_4 \times \text{Rüzgâr}$						
Ay-Yıl	Y	A	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$R^2$ (%)	İlişkinin Derecesi
Haziran 2015	SO <sub>2</sub>	2648.252	-1.960	1.093	-2.486	1.609	17.4	Zayıf
	PM <sub>10</sub>	5416.83	-2.544	2.363	-5.114	-9.387	47.4	Zayıf
	NO <sub>2</sub>	-297.793	1.029	1.423	0.310	1.457	34.1	Zayıf
	O <sub>3</sub>	28.933	-0.056	1.290	0.020	2.330	12.9	Zayıf
	CO	-956.081	0.234	0.531	0.970	0.488	12	Zayıf
Temmuz 2015	SO <sub>2</sub>	-1203.96	-1.447	-0.160	1.359	-0.165	16.4	Zayıf
	PM <sub>10</sub>	-20559.6	5.130	2.597	20.212	7.367	56.4	Orta
	NO <sub>2</sub>	1732.64	-1.010	0.097	-1.598	-0.015	31.1	Zayıf
	O <sub>3</sub>	2179.768	0.300	0.295	-2.080	0.491	26.8	Zayıf
	CO	-2003.62	0.641	-0.003	2.006	1.118	8	Zayıf

Tablo 6. Ağustos 2015 ve Ekim 2015 için lineer regresyon sonuçları

		$Y = A + B_1 \times \text{Sıcaklık} + B_2 \times \text{Nem} + B_3 \times \text{Basınç} + B_4 \times \text{Rüzgâr}$						
Ay-Yıl	Y	A	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$R^2$ (%)	İlişkinin Derecesi
Ağustos 2015	SO <sub>2</sub>	4068.545	-2.885	-0.338	-3.780	-2.067	26.8	Zayıf
	PM <sub>10</sub>	22345.18	44.632	-4.342	-22.584	-17.096	27.6	Zayıf
	NO <sub>2</sub>	22.846	-0.465	-0.273	0.099	-0.314	30.5	Zayıf
	O <sub>3</sub>	-1246.89	-0.192	-0.325	1.347	-0.452	25.6	Zayıf
	CO	195.944	-0.823	-0.170	-0.107	-0.430	35.7	Zayıf
Ekim 2015	SO <sub>2</sub>	-583.088	-0.740	-0.254	0.723	-0.327	15	Zayıf
	PM <sub>10</sub>	513.489	7.1008	2.441	-0.482	-8.211	5.8	Zayıf
	NO <sub>2</sub>	93.742	1.573	0.433	-0.037	-2.044	31.7	Zayıf
	O <sub>3</sub>	3207.798	0.520	-0.383	-3.031	3.446	48.9	Zayıf
	CO	943.293	-0.279	-0.178	-0.857	0.8101	26.3	Zayıf

Tablo 7. Kasım 2015 ve Aralık 2015 için lineer regresyon sonuçları

		$Y = A + B_1 \times \text{Sıcaklık} + B_2 \times \text{Nem} + B_3 \times \text{Basınç} + B_4 \times \text{Rüzgâr}$						
Ay-Yıl	Y	A	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$R^2$ (%)	İlişkinin Derecesi
Kasım 2015	SO <sub>2</sub>	-4398.761	-6.587	-0.870	4.515	5.229	27.2	Zayıf
	PM <sub>10</sub>	87576.437	112.25	-97.945	-78.449	-590.917	78.7	Kuvvetli
	NO <sub>2</sub>	-582.770	-1.298	0.003	0.671	-0.020	20.7	Zayıf
	O <sub>3</sub>	-1908.973	-3.815	-0.051	1.984	2.489	40.2	Zayıf
	CO	-491.085	-0.364	-0.154	0.551	-0.700	9.7	Zayıf
Aralık 2015	PM <sub>10</sub>	38550.050	-12.69	21.868	-37.765	-203.611	62.8	Orta

Tablo 8. Mart 2016 ve Nisan 2016 için lineer regresyon sonuçları

		$Y = A + B_1 \times \text{Sıcaklık} + B_2 \times \text{Nem} + B_3 \times \text{Basınç} + B_4 \times \text{Rüzgâr}$						
Ay-Yıl	Y	A	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$R^2$ (%)	İlişkinin Derecesi
Mart 2016	SO <sub>2</sub>	2947.493	-5.065	-0.242	-2.691	3.905	60	Orta
	PM <sub>10</sub>	23722.15	-6.254	6.079	-23.241	-1.096	43.7	Zayıf
	NO <sub>2</sub>	-819.214	2.087	0.112	0.866	2.070	32.7	Zayıf
	O <sub>3</sub>	2514.753	1.592	0.353	-2.396	2.215	12.5	Zayıf
	CO	854.982	3.007	0.693	-0.835	0.266	26.7	Zayıf
Nisan 2016	SO <sub>2</sub>	-3697.99	0.1411	0.017	3.763	-0.878	26.6	Zayıf
	PM <sub>10</sub>	-7590.39	-0.460	1.340	7.734	-0.806	19.2	Zayıf
	NO <sub>2</sub>	1398.323	-1.226	0.001	-1.292	5.368	12.8	Zayıf
	O <sub>3</sub>	1269.07	-3.050	-0.261	-1.107	3.274	8	Zayıf
	CO	-1103.18	-0.948	-0.134	1.151	1.023	6	Zayıf



### 2.3. Yapay Sinir Ağları (ANN) Model Analizi

#### 2.3.1. YSA'nın Tanımı

Sinir ağları, temel olarak beyinde bir bilgisayar modeli oluşturma girişimi olan paralel hesaplama cihazlarıdır. Temel amaç, geleneksel sistemlerden daha hızlı çeşitli hesaplama görevlerini gerçekleştirmek için bir sistem geliştirmektir. Bu görevler kalıp tanıma ve sınıflandırma, yaklaşım, optimizasyon ve veri kümeleme içerir.

Yapay Sinir Ağı (YSA), merkezi şeması biyolojik sinir ağlarının analogundan ödünç alınan verimli bir hesaplama sistemidir. YSA olarak da adlandırılır. "Yapay sinir sistemleri" veya "paralel dağıtılmış işlem sistemleri" veya "bağlantı sistemleri" ANN, birimler arasında iletişimi sağlamak için bazı modellerde birbiriyle bağlantılı büyük bir birim toplar. Ayrıca düğümler veya nöronlar olarak da adlandırılan bu birimler, paralel olarak çalışan basit işlemcilerdir. Her nöron bir bağlantı yoluyla diğer nöron ile bağlanır. Her bağlantı linki, giriş sinyali hakkında bilgi içeren bir ağırlık ile ilişkilidir. Bu, belirli bir problemi çözmek için nöronlar için en yararlı bilgilerdir çünkü ağırlık genellikle iletilen sinyali uyarır veya engeller. Her nöron, bir aktivasyon sinyali olarak adlandırılan dahili bir duruma sahiptir. Giriş sinyallerini ve aktivasyon kuralını birleştirdikten sonra üretilen çıkış sinyalleri diğer birimlere gönderilebilir.

Yapay sinir ağı belirli problemleri çözmek için beyne dayalı bir hesaplama modeli olarak tasarlanmıştır. Bir sinir ağı "bağlantılı" bir hesaplama sistemidir. Sinir ağında, bilgi bir düğüm ağı (düğümler, nöronlar) boyunca paralel olarak topluca işlenir. Ağın bireysel unsurları olan nöronlar basit yapılardır. Bir girişi okur, işler ve bir çıktı üretir. Bununla birlikte, bir çok nöron ağı son derece zengin ve zeki davranışlar gösterebilir. Sinir ağının en önemli unsurlarından biri öğrenme kabiliyetidir. Bir sinir ağı sadece karmaşık bir sistem değil, karmaşık bir uyarlanabilir sistemdir, yani içinde akan bilgiye dayalı olarak iç yapısını değiştirebilir. Tipik olarak, bu ağırlıkların ayarlanmasıyla sağlanır.

YSA'lar insan beyninin fonksiyonel özelliklerine benzer şekilde aşağıdaki konularda başarılı bir şekilde uygulanmaktadır [34].

- Öğrenme
- İlişkilendirme
- Sınıflandırma
- Genelleme

- Tahmin
- Özellik Belirleme
- Optimizasyon

YSA'ları çok farklı alanlara uygulanabildiğinden bütün uygulama alanlarını burada sıralamak zor olmakla birlikte genel bir sınıflandırma ile YSA'nın uygulama alanları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Arıza analizi ve tespiti
- Tıp alanında
- Savunma sanayi
- Haberleşme
- Üretim
- Otomasyon ve kontrol

### **2.3.2. YSA'nın Tarihçesi**

Bilgisayar bilimcileri uzun süredir insan beyninden esinlenmişlerdir. 1943 yılında, nörolog Warren S. McCulloch, ve mantıkçı Walter Pitts bir yapay sinir ağının ilk kavramsal modelini geliştirmişlerdir. Daha sonra 1954 yılında B.G. Farley ve W.A. Clark tarafından bir ağ içerisinde uyarılara tepki veren, uyarılara adapte olabilen model oluşturulmuştur. 1960 yılı ise ilk neural bilgisayarın ortaya çıkış yılıdır. 1963 yılında basit modellerin ilk eksiklikleri fark edilmiş, ancak başarılı sonuçların alınması 1970 ve 1980'lerde termodinamikteki teorik yapıların doğrusal olmayan ağların geliştirilmesinde kullanılmasına kadar gecikmiştir. 1985 yapay sinir ağlarının oldukça tanındığı, yoğun araştırmaların başladığı yıl olmuştur [35].

### **2.3.3. YSA'nın Yapısı**

Sinir hücreleri bir grup halinde işlev gördüklerinde ağ (network) olarak adlandırılırlar ve böyle bir grupta binlerce nöron bulunur. Yapay nöronların birbirleriyle bağlantılar aracılığıyla bir araya gelmeleri yapay sinir ağını oluşturmaktadır. Yapay sinir ağıyla aslında biyolojik sinir ağının bir modeli oluşturulmak istenmektedir. Nöronların aynı doğrultu üzerinde bir araya gelmeleriyle katmanlar oluşmaktadır.

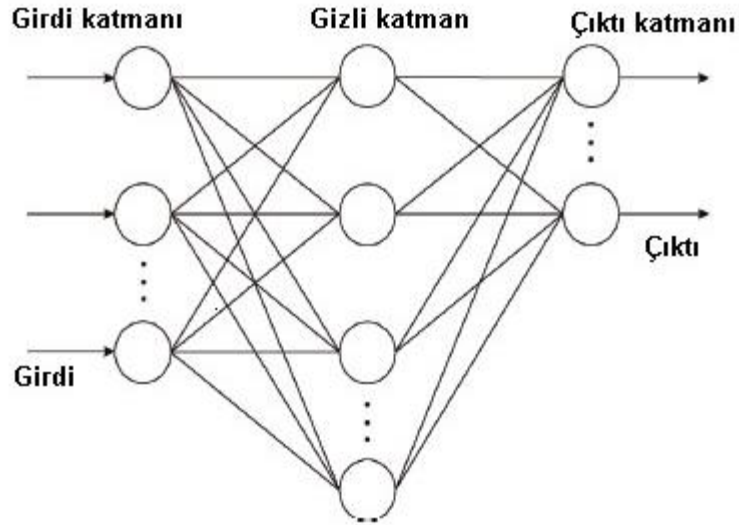
Katmanların değişik şekilde bir birleriyle bağlanmaları değişik ağ mimarilerini doğurur. YSA lar üç katmadan oluşur. Bu katmanlar sırasıyla;

- Girdi katmanı
- Ara Katman
- Çıktı Katmanıdır

**Girdi Katmanı:** Bu katmandaki proses elemanları dış dünyadan bilgileri alarak ara katmanlara transfer ederler. Bazı ağlarda girdi katmanında herhangi bir bilgi işleme olmaz.

**Ara Katman (gizli katman):** Girdi katmanından gelen bilgiler işlenerek çıktı katmanına gönderilirler. Bu bilgilerin işlenmesi ara katmanlarda gerçekleştirilir. Bir ağ içinde birden fazla arakatman olabilir.

**Çıktı Katmanı:** Bu katmandaki proses elemanları ara katmandan gelen bilgileri işleyerek ağın girdi katmanından sunulan girdi seti için üretmesi gereken çıktıyı üretirler. Üretilen çıktı dış dünyaya gönderilir [34].



Şekil 26. Bir Yapay Sinir Ağının Yapısı

### 2.3.4. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

YSA'lar, genel olarak birbirleri ile bağlantılı işlemci birimlerden (sinir hücresi) oluşurlar. Her bir sinir hücresi arasındaki bağlantıların yapısı ağı yapısını belirler. İstenilen hedefe ulaşmak için bağlantıların nasıl değiştirileceği öğrenme algoritması tarafından belirlenir. Kullanılan öğrenme algoritmasına göre, hatayı sifra indirecek şekilde, ağı ağırlıkları değiştirilir. YSA'lar yapılarına ve öğrenme algoritmalarına göre sınıflandırılırlar.

Yapay sinir ağları, yapılarına göre, ileri beslemeli (feedforward) ve geri beslemeli (feedback) ağlar olmak üzere iki şekilde sınıflandırılırlar.

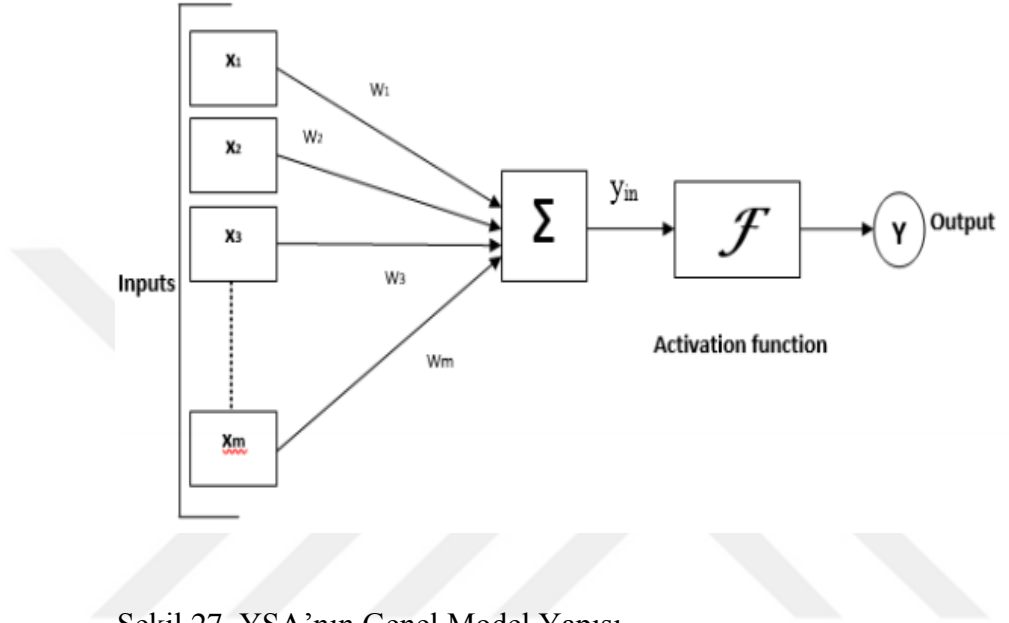
YSA'ların öğrenme algoritmalarına göre, üç sınıfta ayrılır. Danışmanlı öğrenme, Danışmansız öğrenme ve takviyeli öğrenme [34].

### 2.3.5. Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı

Yapay sinir ağlarının en büyük avantajlarından biri, çevrelerinden öğrenebilme yetenekleridir. Çevrenin öğrenilmesi, çevrenin karmaşıklığının (veri veya görev) diğer türden çözümlerin uygulanmasını imkansız kıldığı uygulamalarda yararlı olur. Bu tür yapay sinir ağları, sınıflandırma, işlev yaklaşımı, veri işleme, filtreleme, kümeleme, sıkıştırma, robotik, yönetmelikler, karar verme vb gibi çeşitli görevler için kullanılabilir. Doğru yapay sinir ağı topolojisinin seçilmesi, uygulamanın türüne bağlıdır, ve belirli bir problemin veri temsili Yapay sinir ağlarını seçerken ve kullanırken, yapay sinir ağı modelleri teorisi ve öğrenme algoritmalarına aşina olmalıyız. Seçilen modelin karmaşıklığı çok önemlidir. Belirli bir görev için basit bir modelin kullanılması genellikle yanlış veya yanlış sonuçlarla sonuçlanır ve belirli bir görev için karmaşık bir model, öğrenme sürecinde sorunlara yol açabilir. Karmaşık model ve basit görev ezberlemeyle ve öğrenmeyle sonuçlanır. Aralarında çok sayıda tradeoff ile birçok öğrenme algoritması vardır ve hemen hemen hepsi için uygundur. Yapay sinir ağı modeli ve öğrenme algoritması uygun şekilde seçildiğinde, verilen problemi çözmek için sağlam bir araç elde edebilir [36].

### 2.3.6. Yapay Sinir Ağı Modeli

Aşağıdaki şema (şekil 27), ANN'nin genel modelini ve ardından işlenmesini temsil etmektedir [37].



Şekil 27. YSA'nın Genel Model Yapısı

Yapay sinir ağının yukarıdaki genel modeli için, net giriş aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$y_{giriş} = X_1.W_1 + X_2.W_2 + X_3.W_3 + \dots + X_m.W_m$$

$$\text{Beli giriş } y_{giriş} = \sum X_i.W_i$$

Çıkış, net giriş üzerinden aktivasyon fonksiyonu uygulanarak hesaplanabilir.

$$Y = F(y_{giriş})$$

Çıkış = fonksiyon (hesaplanan net giriş)

Bir nöron, bir operasyonun çalışması için temel olan bir bilgi işlem birimidir.

Aktivasyon Fonksiyon Türleri:  $\phi(v)$  ile gösterilen aktivasyon fonksiyonu, indüklenen lokal alan açısından bir nöronun çıkışını tanımlar. Aşağıda, iki temel aktivasyon fonksiyonunu tanımlarız:

A- Eşik Fonksiyonu: Şekil 28'da tarif edilen bu tip aktivasyon fonksiyonu için:

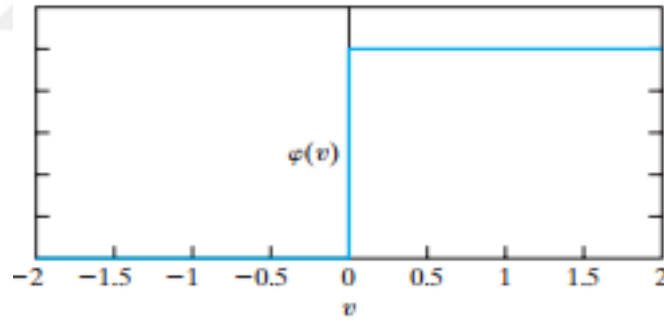
$$\varphi(v) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } v \geq 0 \\ 0 & \text{eğer } v < 0 \end{cases} \quad (3)$$

Mühendislikte, bir eşik fonksiyonunun bu şekli genellikle bir Heaviside fonksiyonu olarak adlandırılır. Buna paralel olarak, böyle bir eşik fonksiyonunu kullanan nöron k çıktısı olarak ifade edilir.

$$y_k = \begin{cases} 1 & \text{eğer } vk \geq 0 \\ 0 & \text{eğer } vk < 0 \end{cases} \quad (4)$$

$vk$  nöronun indüklenmiş lokal alanıdır, yani:

$$vk = \sum_{j=1}^m w_{kj} \cdot x_j + b_k \quad (5)$$



Şekil 28. Eşik fonksiyonu

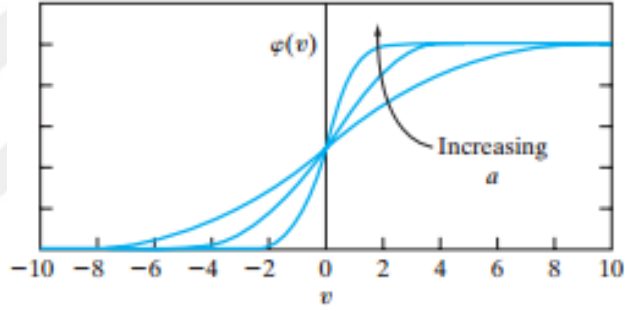
Nöral hesaplamada, böyle bir nöron McCulloch-Pitts modeli olarak anılır. McCulloch ve Pitts (1943) tarafından yapılan öncü çalışmaların tanınması bu modelde bir nöronun çıkışı, bu nöronun indüklenen lokal alanı ise 1 değerini alır negatif ve aksi halde 0 olur. Bu ifade McCulloch – Pitts modelinin tüm ya da hiç olmayan özelliğini açıklar [38].

B- Sigmoid Fonksiyonu: Grafiği "S" şeklinde olan sigmoid fonksiyonu, sinir ağlarının yapımında kullanılan en yaygın aktivasyon biçimidir. Doğrusal ve doğrusal olmayan

davranışlar arasında zarif bir denge sergileyen kesinlikle artan bir işlev olarak tanımlanır. Sigmoid fonksiyonunun bir örneği, tanımlanmış olan lojistik fonksiyondur.

$$\varphi(v) = \frac{1}{1+\exp(-av)} \quad (6)$$

$a$ , sigmoid fonksiyonunun eğim parametresidir.  $a$ , parametresini değiştirerek, Şekil 29'de gösterildiği gibi farklı eğimlerin sigmoid fonksiyonlarını elde ederiz. Aslında, orijin eğimi  $a/4$ 'e eşittir. Sınırdaki eğim parametresi sonsuza yaklaştıkça, sigmoid fonksiyonu basitçe bir eşik fonksiyonu haline gelir. Bir eşik fonksiyonu 0 veya 1 değerini alırsa, bir sigmoid fonksiyonu 0 ile 1 arasında sürekli bir değer aralığı varsayar. Sigmoid fonksiyonu ayırt edilebilir, eşik fonksiyonu ise değildir [38].



Şekil 29. Farklı Sigmoid fonksiyonları

(3) ve (6). denklemlerde tanımlanan aktivasyon fonksiyonları 0 ile 1 arasındadır. Bu bazen aktivasyon fonksiyonunun -1 ile 1 arasında olması istenir, bu durumda aktivasyon fonksiyonu indüklenen lokal alanın tek bir fonksiyonudur. Özellikle Eşik fonksiyonu (3) şu kısım tanımlandı:

$$\varphi(v) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } v > 0 \\ 0 & \text{eğer } v = 0 \\ -1 & \text{eğer } v < 0 \end{cases} \quad (7)$$

Bu genel olarak sinyalin aktivasyon fonksiyonu olarak adlandırılır. Bir sigmoid fonksiyonunun karşılık gelen formu için, tarafından tanımlanan hiperbolik tanjant fonksiyonunu kullanabiliriz.

$$\varphi(v) = \tanh(v) \quad (8)$$

Sigmoid tipinin aktivasyon fonksiyonunun denklemleri tarafından belirtilen şekilde negatif değerler almasına izin verilmesi (8) denklem'in lojistik fonksiyonu üzerinden pratik faydalar sağlayabilir (6), [38].





### **3. BULGULAR VE TARTIŞMA**

#### **3.1. Meteorolojik Parametrelerin Hava Kirliliği Üzerindeki Etkileri**

Atmosferik sirkülasyonun temel özelliği rüzgâr hızıdır. Atmosferin yatay hareketi kirletici konsantrasyonunu önemli ölçüde etkiler. Genel olarak rüzgârın hızı ne kadar yüksek olursa, kirletici konsantrasyonu o kadar düşük olacaktır. Hava kirliliği taşıma ve dağılmasının bir diğer önemli faktörü rüzgâr yönüdür. Arazi topografyası ve yapılaşma da hava kirliliğinin taşınmasını ve dağılmasını etkiler [39].

Havanın kirlenmesi ve atmosferdeki havanın devranış özellikleri arasında bir korelasyon ilişkisi vardır. Havanın kirlenmesinde önemli etkenlerden biri de inversiyon olayıdır. Sıcak hava tabakasının soğuk hava tabakası üzerine çıkması sonucu meydana gelir. Genel olarak açık, durgun ve hafif esintili günlerde güneşin doğuşundan bir kaç saat sonra oluşur. Hava kirliliğini etkileyen diğer bir önemli meteorolojik faktör de sıcaklıktır. Hava kirliliği ile sıcaklık ters orantılıdır. Sıcaklık düştükçe kirlilik artar, zira hava kirliliğinin en önemli kaynağı yanma olayı ve yakıtlardır. Bu nedenle kış aylarında havanın soğuması sonucunda daha çok yakıt tüketilmekte ve daha çok baca gazı emisyonu salınmaktadır. Atmosferde bulunan nem, hava sıcaklığının azalması ile yoğunlaşarak sis oluşumuna neden olur. İversiyon olayına ilaveten en tehlikeli hava kirlenmesi problemi sis ile birlikte ortaya çıkmaktadır. Havadaki nemin yoğunlaşarak yağmur haline gelmesi havanın temizlenmesine sebep olur. Yağmur damlaları havadaki kirleticileri yakalayıp beraberinde götürür. Bu olaya havanın “yıkınması” adı verilir [40].

##### **3.1.1. Partikül Maddeler (PM<sub>10</sub>) Üzerindeki Etkileri**

Genel olarak bilindiği gibi, hava kirliliği konsantrasyonları rüzgâr hızındaki artışla azalır. Kabil için veri analizinden elde edilen Nisan 2015-Nisan 2016 dönemine ait sonuçlara göre, rüzgâr hızı arttıkça Şekil 6’da da görüldüğü üzere PM<sub>10</sub> konsantrasyonu azalmıştır. İstatistiksel analiz sonuçları, PM<sub>10</sub> hava kirliliği konsantrasyonları ve rüzgâr hızı arasında ters yönde güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir. Regresyon analiz sonuçları, PM<sub>10</sub> ile rüzgâr hızı arasında ilişki bulunan ayların (B<sub>4</sub>≠0) %70’inde bu ilişkilerin ters orantılı

olduğunu ( $B_4 < 0$ ) göstermektedir. Bu durum, genel olarak bilinen rüzgâr hızının  $PM_{10}$  hava kirletici konsantrasyonlar üzerindeki azaltıcı etkisini Kabil kent merkezi için doğrulamaktadır. Bunun yanı sıra; çalışmada incelenen aylarda yer alan 10 ay içerisinde,  $PM_{10}$  ile rüzgâr hızı arasında 7 ay için negatif ve 3 ay için pozitif bir ilişki olduğu görülmektedir.  $PM_{10}$  hava kirleticiler ile rüzgâr hızı arasında mevcut olan ilişkilerin yönü ve düzeyi regresyon analiz sonuçlarına ait tablolardaki  $B_4$  katsayıları ile belirginleşmektedir.

Kabil kent merkezi için 10 aylık sonuçlar incelendiğinde, artan ortalama hava basıncının  $PM_{10}$  üzerinde 6 ayda azaltıcı bir rol oynadığını ve 4 ayda ise artırıcı etki yaptığını hem grafik değişimler hem de regresyon analiz sonuçları göstermektedir. Günlük ortalama  $PM_{10}$  verileri ile hava basıncı arasında ilişki bulunan ayların %60'ında ilişkiler ters orantılıdır ( $B_3 < 0$ ).  $PM_{10}$ 'un ortalama basınç ile negatif ilişkisinin olduğu aylar Haziran, Ağustos, Ekim, Kasım, Aralık 2015 ve Mart 2016 aylarıdır. Pozitif ilişkisi olan aylar ise Nisan, Mayıs, Temmuz 2015 ve Nisan 2016'dır. Bu durum kabaca ısıtma dönemine ait aylarda yüksek basıncın ve dolayısıyla artan sıcaklığın partikül madde konsantrasyonlarını azaltmakta olduğunu, ısıtma sezonu dışındaki aylarda ise artan basıncın  $PM_{10}$ 'u artırıcı etki yaptığını göstermektedir.

Kabil kent merkezinde, artan ortalama nemin  $PM_{10}$  üzerinde artıcı bir rol oynadığı, hem grafik değişimlerinden hem de regresyon analiz sonuçlarından görülmektedir.  $PM_{10}$  Hava kirletici konsantrasyonları ile ortalama nem arasında ilişkisi bulunan ayların % 80'inde ilişkiler doğru orantılıdır ( $B_2 > 0$ ). Diğer bir deyişle nemin artmasıyla birlikte  $PM_{10}$  konsantrasyonları da artış göstermektedir.  $PM_{10}$  hava kirleticiler ile ortalama nem arasında mevcut olan ilişkilerin yönü ve düzeyi, regresyon analiz sonuçlarına ait tablolardaki  $B_2$  katsayılarının incelenmesinden anlaşılmaktadır.  $PM_{10}$  üzerinde 10 aylık sonuçlar incelendiğinde 8 ayında nemin artıcı bir rol oynadığını ve 2 ayında ise azaltıcı etki gösterdiği hem grafik değişimlerinden hem de regresyon analiz sonuçlarından görülmektedir.

Kabil kent merkezinde, artan ortalama sıcaklığın  $PM_{10}$  hava kirleticiler üzerinde azaltıcı bir rol oynadığı, hem grafik değişimlerinden hem de regresyon analiz sonuçlarından görülmektedir.  $PM_{10}$  konsantrasyonları ile ortalama sıcaklık arasında ilişki bulunan ayların %70'inde ilişkiler ters orantılıdır ( $B_1 < 0$ ).  $PM_{10}$  ile ortalama sıcaklık arasında mevcut olan ilişkilerin yönü, regresyon analiz sonuçlarına ait tablolardaki  $B_1$  katsayılarının işaretinden anlaşılmaktadır. Kabil kent merkezindeki 10 aylık verilere ait grafik değişimler ve regresyon sonuçları göstermektedir ki; artan ortalama hava sıcaklığı  $PM_{10}$  üzerinde 4 ayda azaltıcı bir rol oynarken, 6 ayda ise artırıcı etki yapmaktadır.

### 3.1.2. Kükürt Oksitler (SO<sub>2</sub>) Üzerindeki Etkileri

Veri analizinden elde edilen Nisan 2015-Nisan 2016 dönemi sonuçlarına göre, rüzgâr hızı arttıkça, SO<sub>2</sub> konsantrasyonu bazen azalmakta bazen de artmaktadır. Regresyon analiz sonuçları, SO<sub>2</sub> ile rüzgâr hızı arasında ilişki bulunan ayların ( $B_4 \neq 0$ ) %55.5'inde bu ilişkilerin ters orantılı olduğunu ( $B_4 < 0$ ) diğer aylarda ise doğru orantılı olduğunu göstermektedir. Bu durum rüzgâr hızının SO<sub>2</sub> hava kirletici konsantrasyonlar üzerindeki hem azaltıcı ve hemde artıcı etki göstermekte olduğuna işaret etmektedir. Bunun yanı sıra, çalışmada incelenen aylarda yer alan 9 ay içerisinde, SO<sub>2</sub> ile rüzgâr hızı arasında 5 ay için negatif bir ilişki olduğu ve 4 ay için de pozitif ilişki olduğu görülmektedir. SO<sub>2</sub> hava kirleticiler ile rüzgâr hızı arasında mevcut olan ilişkilerin yönü ve düzeyi, regresyon analiz sonuçlarına ait tablolardaki B<sub>4</sub> katsayılarının işaretinden de anlaşılmaktadır.

Kabil kent merkezinde, veri analizinden elde edilen Nisan 2015-Nisan 2016 sonuçlara göre, artan ortalama hava basıncının SO<sub>2</sub> üzerinde artırıcı rol oynadığı Şekil 11'den görülmektedir. Ayrıca 9 aylık sonuçların 6 ayında hava basıncının artırıcı bir rol oynadığını ve 3 ayında ise azaltıcı rol oynadığını hem grafik değişimler hem de regresyon analiz sonuçları göstermektedir. SO<sub>2</sub> hava kirletici konsantrasyonları ile hava basıncının arasında ilişki bulunan ayların %66.6'inde ilişkiler doğru orantılıdır ( $B_3 > 0$ ). SO<sub>2</sub> hava kirleticiler ile ortalama hava basıncı arasında mevcut olan ilişkilerin yönü ve düzeyi, regresyon analiz sonuçlarına ait tablolardaki B<sub>3</sub> katsayılarından anlaşılmaktadır. SO<sub>2</sub>'nin ortalama basınç ile pozitif ilişkisinin olduğu aylar Nisan, Mayıs, Temmuz, Ekim, Kasım 2015 ve Nisan 2016 aylarıdır. Negatif ilişki olan aylar ise Haziran, Ağustos 2015 ve Mart 2016'dır.

Kabil kent merkezinde Nisan 2015-Nisan 2016 dönemi sonuçlarına göre, artan ortalama nemin SO<sub>2</sub> üzerinde azaltıcı bir rol oynadığı, hem grafik değişimlerinden hem de regresyon analiz sonuçlarından görülmektedir. Hava kirletici konsantrasyonlar ile ortalama nem arasında ilişki bulunan ayların %77.7'sinde ilişkiler ters orantılıdır ( $B_2 < 0$ ). Bu bulgu nemin artmasıyla SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının azalmakta olduğunu göstermektedir. SO<sub>2</sub> hava kirleticiler ile ortalama nem arasında mevcut olan ilişkilerin yönü regresyon analiz sonuçlarına ait tablolardaki B<sub>2</sub> katsayılarından görülmektedir. SO<sub>2</sub>'nin ortalama nem ile negatif ilişkisinin olduğu aylar; Nisan, Mayıs, Temmuz, Ağustos, Ekim, Kasım 2015 ve Mart 2016'dır. Pozitif ilişkisi olan aylar ise Haziran 2015 ve Nisan 2016 aylarıdır.

Kabil kent merkezinde Nisan 2015-Nisan 2016 dönemine ait regresyon analizi sonuçlarına göre, artan ortalama sıcaklık hava kirleticiler üzerinde azaltıcı bir rol oynar. Bu

durum hem grafik değişimlerinden hem de regresyon analiz sonuçlarından görölmektedir. SO<sub>2</sub> konsantrasyonları ile ortalama sıcaklık arasında ilişki bulunan ayların %88.8'inde ilişkiler ters orantılıdır ( $B_1 < 0$ ). SO<sub>2</sub> ile ortalama sıcaklık arasında mevcut olan ilişkilerin yönü ve düzeyi, regresyon analiz sonuçlarına ait tablolardaki  $B_1$  katsayılarının incelenmesinden anlaşılmaktadır. Kabil kent merkezinde, artan ortalama hava sıcaklığının SO<sub>2</sub> üzerindeki etkisine ait 9 aylık sonuçlar incelendiğinde, 8 ayda hava sıcaklığının azaltıcı bir rol oynadığı ve sadece bir ayda ise artırıcı etki gösterdiği hem grafik değişimlerinden hem de regresyon analiz sonuçlarından görölmektedir.

### 3.1.3. Azot Oksitler (NO<sub>2</sub>) Üzerindeki Etkileri

İstatistik analizden elde edilen sonuçlara göre, Nisan 2015-Nisan 2016 döneminde rüzgâr hızı arttıkça NO<sub>2</sub> konsantrasyonu artmıştır. Ancak regresyon analiz sonuçları, NO<sub>2</sub> ile rüzgâr hızı arasında ilişki bulunan ayların ( $B_4 \neq 0$ ) %66.6'inde bu ilişkilerin ters orantılı fakat zayıf düzeyde olduğunu ( $B_4 < 0$ ) göstermektedir. Öte yandan çalışmada incelenen 9 ay içerisinde yer alan Haziran 2015, Mart ve Nisan 2016'da NO<sub>2</sub> ile rüzgâr hızı arasında pozitif ve kuvvetli ilişki olduğu görölmektedir. NO<sub>2</sub> hava kirleticiler ile rüzgâr hızı arasında mevcut olan ilişkilerin yönü ve düzeyi regresyon analiz sonuçlarına ait tablolardaki  $B_4$  katsayılarının incelenmesinden de görülebilir.

Kabil kent merkezinde, incelenen döneme ait bulgulara göre; ortalama hava basıncının NO<sub>2</sub> üzerinde azaltıcı etkide bulunduğu Şekil 15'ten görölmektedir. Ayrıca 9 aylık döneme ait günlük ortalama verilere ait regresyon sonuçlarına göre; 5 ayda hava basıncı artışı ile NO<sub>2</sub>'in azalmakta olduğu ve 4 ayda ise artma eğilimi gösterdiği hem grafik değişimlerinden hem de regresyon analiz sonuçlarından görölmektedir. NO<sub>2</sub> hava kirletici konsantrasyonları ile hava basıncının arasında ilişki bulunan ayların %55.5'inde (Nisan, Mayıs, Temmuz, Ekim 2015 ve Nisan 2016) ilişkiler ters orantılıdır ( $B_3 < 0$ ). NO<sub>2</sub> hava kirleticiler ile ortalama hava basıncı arasında mevcut olan ilişkilerin yönü ve düzeyi regresyon analiz sonuçlarına ait tablolardaki  $B_3$  katsayılarının incelenmesinden anlaşılabilir.

Kabil kent merkezinde Nisan 2015-Nisan 2016 dönemine ait günlük ortalama verilerden anlaşıldığına göre, ortalama nem ile NO<sub>2</sub> arasında belirgin bir ilişki yoktur. Regresyon tablolarından görölmektedir ki NO<sub>2</sub> ve nem arasındaki korelasyon katsayısı ( $B_2$ ) incelenen dönem içerisindeki bütün aylarda sıfıra yakın değerler almaktadır.

Kabil kent merkezinde Nisan 2015-Nisan 2016 dönemine ait grafik değişime göre (Şekil 17) artan ortalama sıcaklık ile birlikte NO<sub>2</sub> belirgin bir biçimde artmaktadır. NO<sub>2</sub> konsantrasyonları ile ortalama sıcaklık arasında ilişki bulunan ayların %55.5'inde (Nisan, Mayıs, Haziran, Ekim 2015, Mart 2016) ilişkiler doğru orantılı ( $B_1 > 0$ ) ve kuvvetli iken, %44.5'inde (Temmuz, Ağustos, Kasım 2015 ve Nisan 2016) ise ilişkiler ters orantılı ( $B_1 < 0$ ) ve zayıftır.

### 3.1.4. Ozon (O<sub>3</sub>) Üzerindeki Etkileri

Nisan 2015-Nisan 2016 arası günlük ortalama verilerine göre rüzgâr hızı arttıkça O<sub>3</sub> konsantrasyonları da artmaktadır. Regresyon analiz sonuçları O<sub>3</sub> ile rüzgâr hızı arasında ilişki bulunan ayların ( $B_4 \neq 0$ ) %66.6'sında (Haziran, Temmuz, Ekim, Kasım 2015 ve Mart, Nisan 2016) bu ilişkilerin doğru orantılı ve kuvvetli olduğunu ( $B_4 > 0$ ), diğer aylarda (Nisan, Mayıs, Ağustos 2015) ise ters orantılı olduğunu göstermektedir.

Ortalama hava basıncı ile O<sub>3</sub> arasındaki ilişkilere göre Kabil kent merkezinde Nisan 2015-Nisan 2016 arasında artan ortalama hava basıncının O<sub>3</sub> üzerinde azaltıcı bir etkisi olduğu Şekil 19'dan görülmektedir. Ayrıca 9 aylık sonuçlar için regresyon tabloları incelendiğinde; 5 ayda hava basıncının artırıcı bir rol oynadığı ve 4 ayda ise azaltıcı bir etkiye neden olduğu görülmektedir. O<sub>3</sub> hava kirletici konsantrasyonları ile hava basıncının arasında ilişki bulunan ayların %55.5'inde (Nisan, Mayıs, Haziran, Ağustos, Kasım 2015) ilişkiler doğru orantılı iken ( $B_3 > 0$ ), diğer aylarda (Temmuz, Ekim 2015 ve Mart, Nisan 2016) ilişkiler ters orantılıdır.

Çalışmada göz önüne alınan döneme ait (Nisan 2015-Nisan 2016) günlük ortalama verilerine göre Kabil kent merkezinde artan günlük ortalama nem ile birlikte havadaki O<sub>3</sub> konsantrasyonunu hafifçe düşmektedir. Hava kirletici konsantrasyonları ile ortalama nem arasında ilişki bulunan ayların %55.5'inde ilişkiler ters orantılıdır ( $B_2 < 0$ ) yani nemin artmasıyla O<sub>3</sub> konsantrasyonları azalmaktadır. O<sub>3</sub> hava kirleticiler ile ortalama nem arasında mevcut olan ilişkilerin yönü ve düzeyi regresyon analiz sonuçlarına ait tablolardaki B<sub>2</sub> katsayılarından anlaşılmaktadır. O<sub>3</sub>'ün ortalama nem ile negatif ilişkisinin olduğu aylar Nisan, Ağustos, Ekim, Kasım 2015 ve Nisan 2016 iken, pozitif ilişki olan aylar Mayıs, Haziran, Temmuz 2015 ve Mart 2016'dır.

Kabil kent merkezinde Nisan 2015-Nisan 2016 dönemine ait verilere göre, artan ortalama sıcaklığın O<sub>3</sub> üzerinde artıcı bir rol oynadığı, hem grafik değişimlerinden hem de

regresyon analiz sonuçlarından görülmektedir.  $O_3$  konsantrasyonları ile ortalama sıcaklık arasında ilişki bulunan ayların %55.5'inde ilişkiler doğru orantılıdır ( $B_1 > 0$ ).  $O_3$  ile ortalama sıcaklık arasında mevcut olan ilişkilerin yönü ve düzeyi, regresyon analiz sonuçlarına ait tablolardaki  $B_1$  katsayılarından incelenmesinden görülebilir. 9 aylık dönem içerisinde 4 ayda (Haziran, Ağustos, Kasım 2015 ve Nisan 2016) hava sıcaklığı  $O_3$  üzerinde azaltıcı etki yaparken 5 ayda (Nisan, Mayıs, Temmuz, Ekim 2015 ve Mart 2016) ise artırıcı rol oynamaktadır.

### 3.1.5. Karbon Monoksit (CO) Üzerindeki Etkileri

Nisan 2015-Nisan 2016 dönemine ait verilere göre, rüzgâr hızı arttıkça, CO konsantrasyonları hafifçe artmaktadır (Şekil 22). Regresyon analiz sonuçları CO ile rüzgâr hızı arasında ilişki bulunan ayların ( $B_4 \neq 0$ ) %55.5'sinde (Haziran, Temmuz, Ekim 2015 ve Mart, Nisan 2016) bu ilişkilerin doğru orantılı ve zayıf olduğunu ( $B_4 > 0$ ), diğer aylarda (Nisan, Mayıs, Ağustos, Kasım 2015) ise ters orantılı ve zayıf olduğunu göstermektedir.

Günlük ortalama verilere ait değişim grafiğinden görüleceği gibi havadaki CO konsantrasyonu ortalama basınçtan etkilenmemektedir (Şekil 23). Kabil kent merkezinde günlük ortalama nem ise CO'ı artırıcı etkide bulunmaktadır. Nisan 2015-Nisan 2016 günlük ortalama verilere ait regresyon sonuçlarına göre; CO konsantrasyonları ile ortalama nem arasında ilişki bulunan ayların %55.5'inde (Temmuz, Ağustos, Ekim, Kasım 2015 ve Nisan 2016) ilişkiler ters orantılı ( $B_2 < 0$ ) ve zayıf iken diğer aylarda (Nisan, Mayıs, Haziran 2015 ve Mart 2016) doğru orantılı ve kuvvetlidir. Günlük ortalama verilere ait değişim grafiğinden görüleceği gibi havadaki CO konsantrasyonu ortalama sıcaklıktan belirgin bir şekilde etkilenmemektedir (Şekil 25).

### 3.2. Yapay Sinir Ağlar (ANN) ile Tahmin Analizi

Yapay sinir ağı (YSA) girdiler ve çıktılar arasındaki karmaşık ilişkileri öğrenebilen yapay zekâ ailesinin istatistiksel modelleridir. Bir YSA paralel dağılmış bir yapıya sahiptir ve nöronlar veya düğümler olarak adlandırılan ve katmanlarda toplanan bir dizi işlem elemanından oluşur. Mekanizmaları lineer olmayan fonksiyonların evrensel yaklaşımları olarak hareket edebilirler ve karmaşık doğrusal olmayan sistemlerin dinamik davranışını değerlendirmede kullanılabilirler [22].

YSA doğrusal olmayan fonksiyonları modelleyebilir ve görünmeyen verilerle doğru şekilde eğitilebilir. Araştırmacılar atık su arıtma kontrolü, hava kirliliği kontrolü ve atık yönetim sistemi için ANN kullanmaktadır. Nöral ağ çalışmalarının çoğu güncel ve önceki koşullar göz önüne alındığında, gelecekteki veri eğilimlerinin tahminini göstermektedir. Hava kirliliği araştırmasında YSA hava kirliliği konsantrasyonlarının tahmini seviyelerini değerlendirmek için kullanabilmektedir [28].

Çok katmanlı bir perceptron (MLP) birkaç farklı katmanda düzenlenmiş çoklu nöronlardan (veya düğümlerden) oluşur. En iyi MLP modelinin konfigürasyonu katman sayısını (tipik olarak üç girişli, gizli ve çıktı gerektirir) gizli katmandaki nöronların sayısını, aktivasyon fonksiyonunu, hata fonksiyonunu ve öğrenme algoritmasını seçmeyi içerir. MLP'nin uygun mimarisi oluşturulduktan sonra, tüm eğitim durumları ağ üzerinden yürütülmektedir. Her nöronda bir ağırlıklı girişlerin doğrusal bir kombinasyonu (bir önyargı dâhil) hesaplanır, toplanır ve bir transfer fonksiyonu (doğrusal veya doğrusal olmayan) kullanılarak dönüştürülür. Elde edilen değer, çıktı katmanının nöronlarında bir değer hesaplanana kadar sonraki tabakadaki nöronlara bir girdi olarak aktarılır. Çıkış değerleri hedef çıkışlarla karşılaştırılır. Çıkış ve hedef arasındaki fark, ağ tarafından yapılan tahmin hatasını vermek için belirli bir hata fonksiyonu kullanılarak hesaplanır. Daha sonra, eğitim algoritması bu hatayı en aza indirmek için ağın ağırlıklarını ve eşiklerini ayarlar. Ağdaki hata aşağıda verilen denklemlerle değerlendirilir; burada  $n$ , eğitim için kullanılan toplam girdi ve çıktı çifti sayısıdır. Aşağıda belirtilmiş olan Ortalama Karesel Hata (MSE); Kök Ortalama Karesel Hata (RMSE), Ortalama Mutlak Hata (MAE) ve Anlaşma İndeksi (IA) model değerlendirmesinin tahmin edilmesine uygun bir hata indeksi olarak tanıtılır. 0 (en kötü) ile 1 (en iyi) arasında değişir ve tahminin hatasız olduğu dereceyi temsil eder.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (o_i - p_i)^2 \quad (9)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (o_i - p_i)^2} \quad (10)$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |o_i - p_i| \quad (11)$$

$$IA = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (p_i - o_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|p_i - \bar{o}| + |o_i - \bar{o}|)^2} \quad (12)$$

Burada (n) numune sayısı, (i) indeks, (o<sub>i</sub>) ve (P<sub>i</sub>) gözlemlenen ve tahmin edilen konsantrasyonlar, ( $\bar{o}$ ) ise gözlenen konsantrasyonların küresel ortalamasıdır. Öğrenme aşamasından sonra, eğitilmiş MLP eğitim sırasında kullanılmayan verilerle tahmin hatasını ölçmek için son veri kümesi, test seti kullanılarak değerlendirilir [41].

$$R^2 = \frac{\left[ \sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})(O_i - \bar{O}) \right]^2}{\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})^2 \sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2} \quad (13)$$

Burada P öngörülen değer, O Ölçülen değer ve  $\bar{p}$  ile  $\bar{O}$  ortalama değerleri göstermektedir.

### 3.2.1. Veri Normalizasyonu

Yapay sinir ağlarının en belirgin özelliklerinden olan doğrusal olmama özelliğini anlamlı hale getiren yaklaşım, verilerin bir normalizasyon işlemine tabi tutulmasıdır. Gerçek



sistemden elde edilen ölçüm değerleri YSA modelinde kullanılabilir bir yapıya sahip değillerdir. Verilerin normalizasyonu, girdi setindeki her bir parametrenin modelin tahmin işlemine eşit ölçüde katkıda bulunmasını sağlar. Bu durum kullanılacak öğrenme fonksiyonunu da başarısız kılabilir. Bu durumu ortadan kaldırmak ve her bir parametrenin modele eşit bir şekilde katkıda bulunmasını sağlamak amacıyla veri setindeki bütün parametre değerleri kendi salınım aralıklarında normalize edilmiştir. Farklı normalizasyon denklemleri bulunmasına rağmen, genellikle MLP YSA modelinde giriş ve çıkış değerlerinin 0-1 aralığında normalize edilmesinin tercih edilmesi nedeniyle bu çalışmada da veri setindeki parametreler denklem (14) kullanılarak normalize edilmiştir.

$$X_{norm} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (14)$$

Burada:

$X_{norm}$ : x verisinin normalize edilmiş şekli

X : gerçek değer

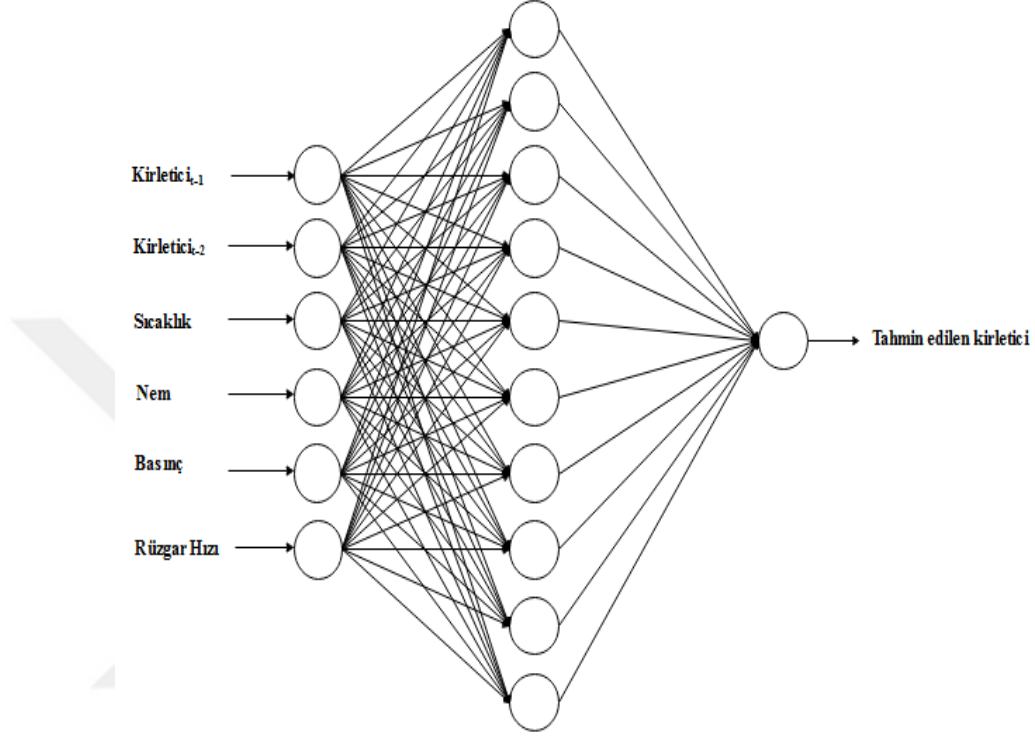
$X_{min}$  : veri grubunun minimum değeri

$X_{max}$  : veri grubunun maksimum değeri

Verileri normalizasyondan dönüştürmek için ters normalize işlemine tabi tutulmak suretiyle orijinal değerlerine çevrilmektedir.

Bu tez çalışmasında Nisan 2015'ten Nisan 2016'ya kadar olan Kabil'daki PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> ve CO konsantrasyonları yapay sinir ağı modeli ile altı parametre kullanılarak tahmin edilmiştir. Sıcaklık, nem, basınç, rüzgâr hızı ve bir gün, iki gün önceki kirlilik ölçümleri girdi olarak modelde verilmiştir. MATLAB R2015a ile neural network fitting tool (nftool) kullanarak bir model geliştirilmiştir, nftool bir veri uydurma problemini çözmesini sağlar ve bunu Levenberg-Marquardt geri yayılım algoritması (trainlm) ile eğitilmiş iki katmanlı bir ileri besleme ağı ile çözmektedir [42]. Öğrenme aşamasından önce giriş ve hedef veri kümeleri üç farklı gruba ayrılır: eğitim seti, doğrulama seti ve test seti. Bu çalışmada kullanılan ANN mimarisi, Şekil 30'da gösterilen altı girdi (iki gün önceki kirlilik parametresi, bir gün önceki kirlilik parametresi, sıcaklık, nem, basınç ve rüzgâr hızı), 10 nöronlu bir gizli katman ve lojistik işlev tarafından tanımlanan bir sigmoid aktivasyon

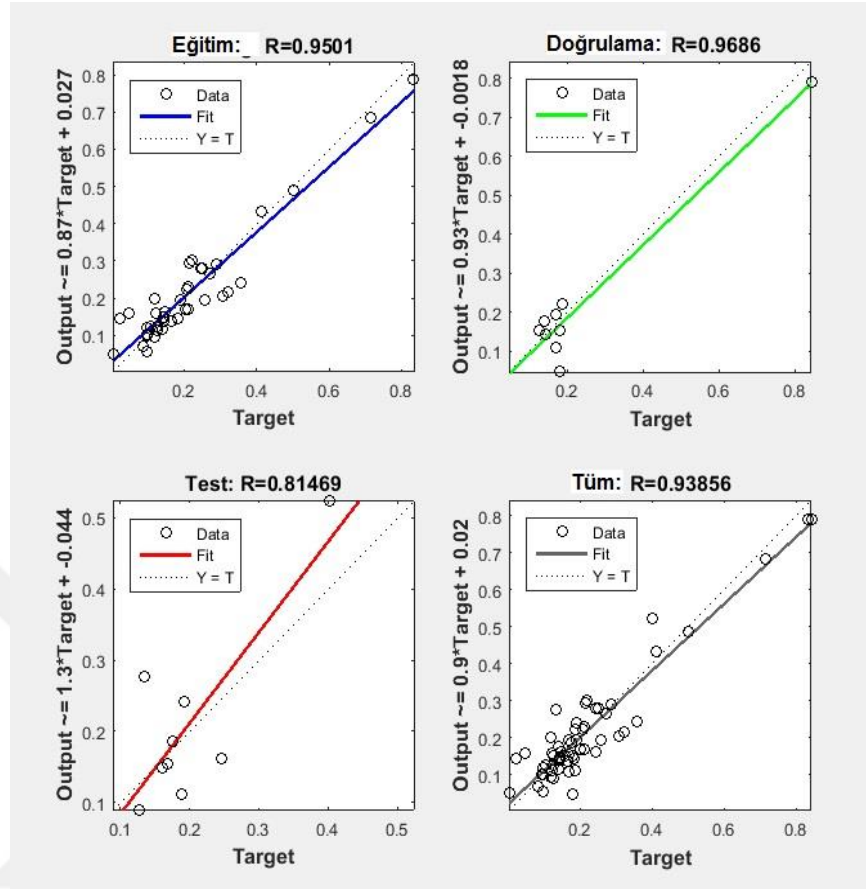
fonksiyonu olan bir giriş katmanına sahiptir. Gizli katmanda kullanılan nöron sayısı değiştirilerek en uygun model ve en iyi tahmin sonuçları bulunmuştur. Gizli katmandaki nöron sayısı en uygun 10 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar elde edilirken herbir kirletici  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$  ve  $CO$  parametre için bir MLP modeli oluşturulmuştur.



Şekil 30. Modelde kullanılan Yapay sinir ağı topolojik yapısı

### 3.2.2. $PM_{10}$ Tahmin Sonuçları

Korelasyon katsayısı (R), çıktılar ve hedefler arasındaki korelasyonu ölçer. R değeri 1 ve 0 sırasıyla, rasgele bir ilişki anlamına gelir.  $PM_{10}$ 'un tahmin edilen ve gerçek değerleri arasındaki, ( $R^2$ ) eğitim, doğrulama, test ve tüm değeri Şekil (31) 'de verilmektedir. Sırasıyla, eğitim, doğrulama, test ve tüm veri kümesi için 0.95, 0.96, 0.81 ve 0.93 (R) değerleri elde edilmiştir. Bu değerler; nftool tahmin edilen  $PM_{10}$  konsantrasyonu değerlerinin tüm veri setlerinin gerçek değerlerine çok yakın olduğunu göstermektedir. İstatistiksel veri analizi,  $PM_{10}$  değerlerinin önceki iki günlük  $PM_{10}$  düzeyleriyle kuvvetle ilişkili olduğunu göstermiştir.



Şekil 31. Tahmin edilen ve gerçek değerler arasındaki R değeri (nftool model)

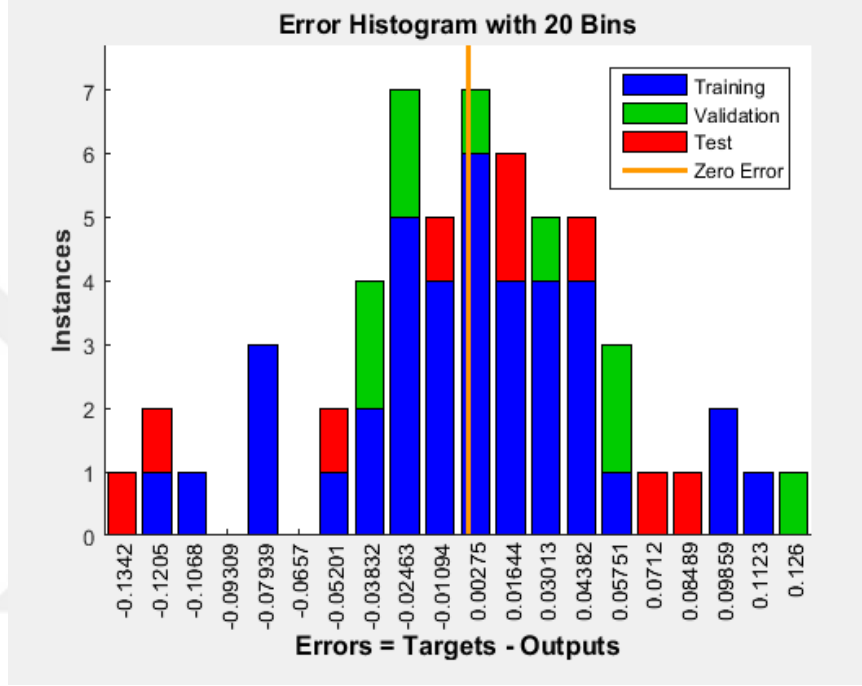
Eğitim, doğrulama, ve test için toplam ortalama karesel hata (Total MSE : 0.00071)

	Samples	MSE	R
Training:	39	2.69297e-3	9.50097e-1
Validation:	9	3.14809e-3	9.68602e-1
Testing:	9	5.75525e-3	8.14694e-1

Şekil 32. Ortalama karesel hata değerleri (nftool model)

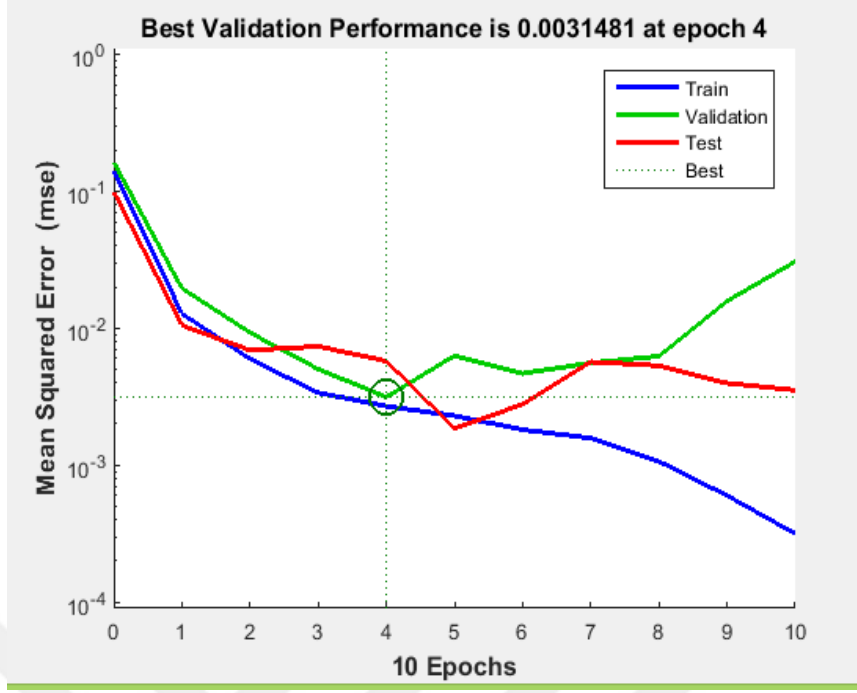
Eğitim verisi için hata histogram grafiği, ağ performansının ek doğrulanmasını sağlamak için Şekil 33'de gösterilmiştir. Aykırı değerleri belirtir; mavi, yeşil ve kırmızı çubuklar, sırasıyla eğitim verilerini, doğrulama verilerini ve test verilerini gösterir. En fazla

veri sıfır hata satırına düşer ve bu da, verilerin kötü olup olmadığını belirlemek için aykırı değerleri kontrol etmek veya bu veri noktaları veri kümesinin geri kalanından farklıysa bir fikir sağlar. Aykırı değerler geçerli veri noktalarıysa, ancak verilerin geri kalanından farklıysa, ağ bu noktalar için tahmin edicidir.

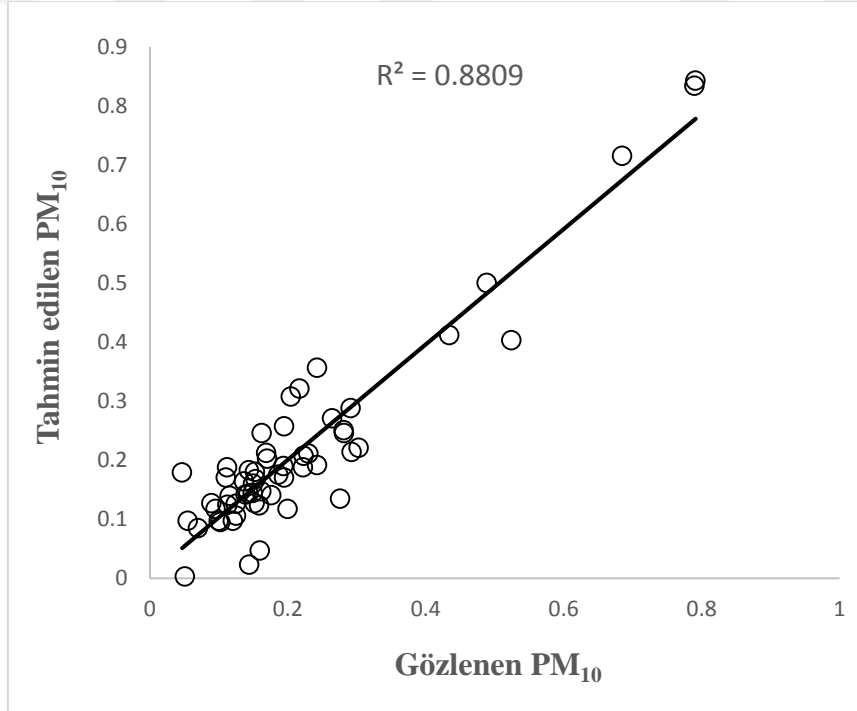


Şekil 33. Tüm veriler için Hata Histogram grafiği (nftool model)

Performans grafiği, MSE'nin epoch sayısı kadar küçük olduğunu göstermektedir (bir tam eğitim, test ve doğrulama taraması) artmıştır. Doğrulama kümesinin ve test kümesinin hatası benzer özelliklere sahiptir ve epoch 4 (en iyi doğrulama performansının gerçekleştiği yer) ile önemli bir uyumsuzluk ortaya çıkmamıştır.



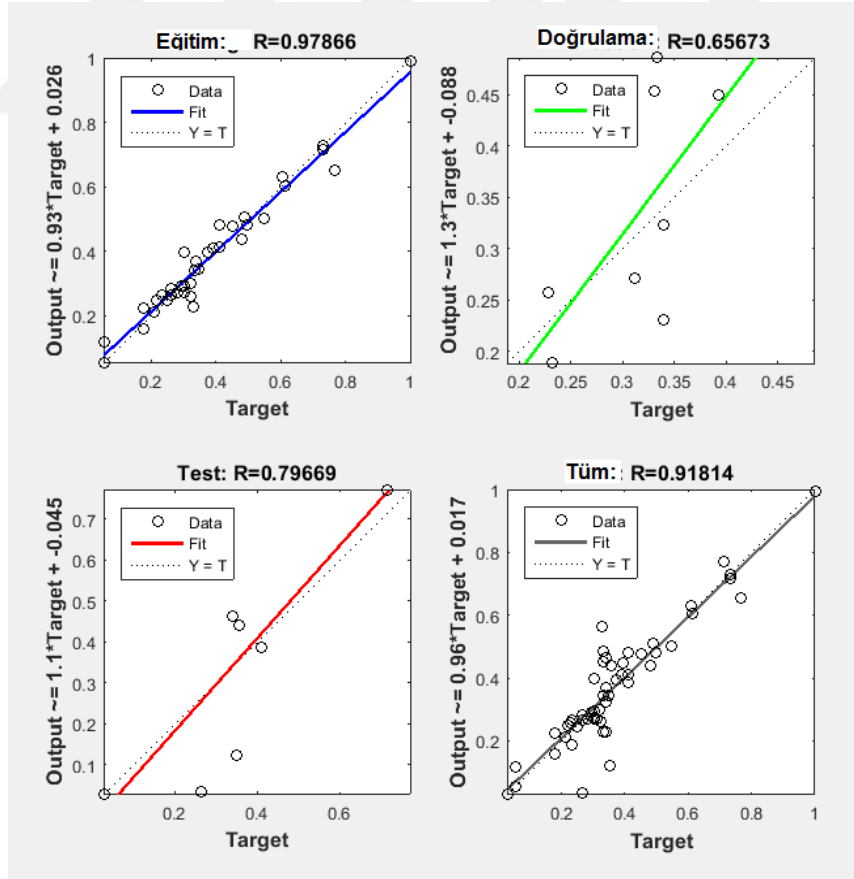
Şekil 34. Tüm veriler için performans grafiği (nftool model)



Şekil 35. Tahmin edilen ve gözlenen  $PM_{10}$  değerlerin ilişkisi

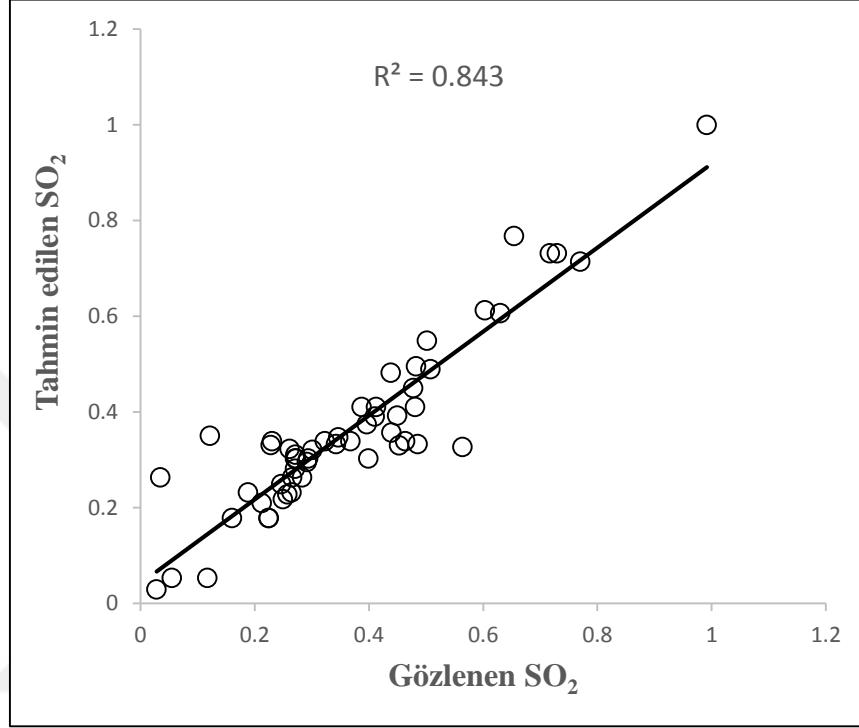
### 3.2.3. SO<sub>2</sub> Tahmin Sonuçları

SO<sub>2</sub> tahmininde de aynı PM<sub>10</sub> tahmini gibi işlemler ve model geliştirilmiştir. Girdi olarak 6 meteorolojik faktör kullanılmış, çıktı olarak da tahmin edilecek kirletici konsantrasyonu kullanılmıştır. Ağırlıklar, nöron sayısı, model fonksiyonu veri seti sırası, sınıf eşitlemesi gibi etken kullanılarak hata oranı olabilecek en az değere çekilmeye çalışılmıştır. Korelasyon katsayısı (R-değeri), çıktılar ve hedefler arasındaki korelasyonu ölçer. R değeri 1 ve 0, sırasıyla, rasgele bir ilişki anlamına gelir. SO<sub>2</sub>'in tahmin edilen ve gerçek değerleri arasındaki, (R<sup>2</sup>) eğitim, doğrulama, test ve tüm değeri Şekil 36'de verilmektedir. Sırasıyla, eğitim, doğrulama, test ve tüm veri kümesi için 0.97, 0.65, 0.79 ve 0.91 (R) değerleri elde edilmiştir. Bu, nftool tahmin edilen SO<sub>2</sub> konsantrasyonu değerlerinin, tüm veri setlerinin gerçek değerlerine çok yakın olduğunu göstermektedir. İstatistiksel veri analizi, SO<sub>2</sub> değerlerinin önceki iki günlük SO<sub>2</sub> düzeyleriyle kuvvetle ilişkili olduğunu göstermektedir.



Şekil 36. SO<sub>2</sub> Tahmin edilen ve gerçek değerler arasındaki R değeri (nftool model)

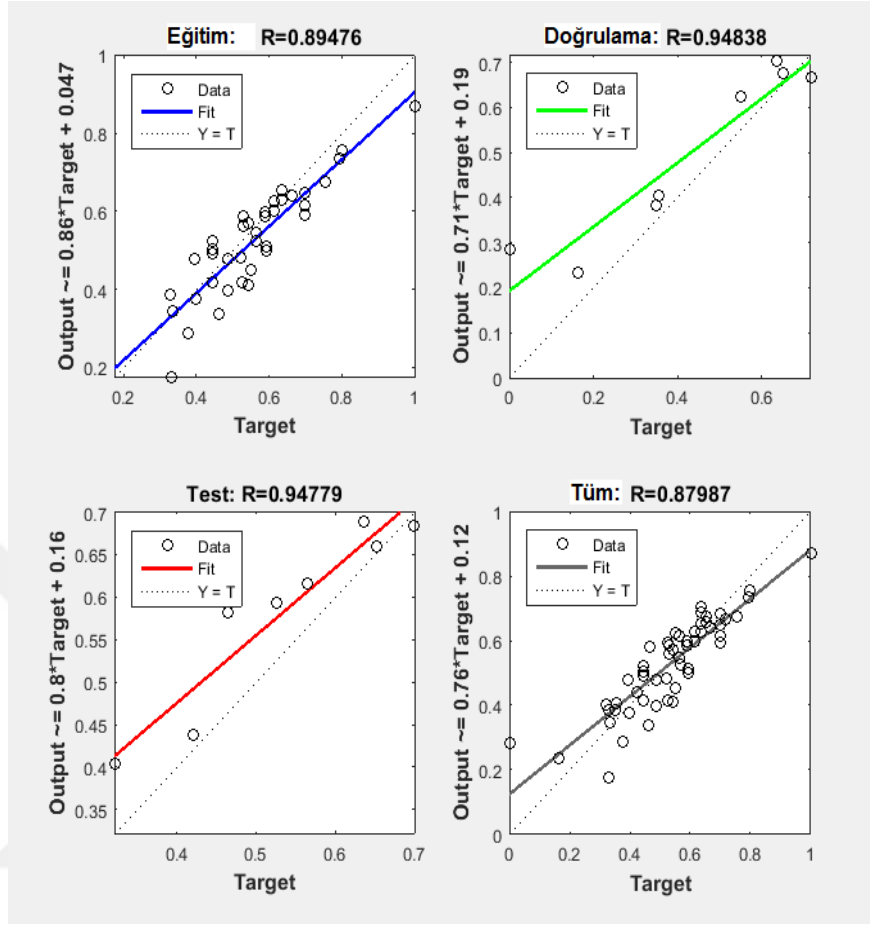
Eğitim, doğrulama, ve test için toplam ortalama karesel hata (Total MSE: 0.0031). Doğrulama kumesinin ve test kumesinin hatası benzer ozelliklere sahiptir ve epoch 9 (en iyi doğrulama performansının gerçekleştirdiği yeri gostermektedir).



şekil 37. Tahmin edilen ve gözlenen SO<sub>2</sub> değerlerinin ilişkisi

### 3.2.4. NO<sub>2</sub> Tahmin Sonuçları

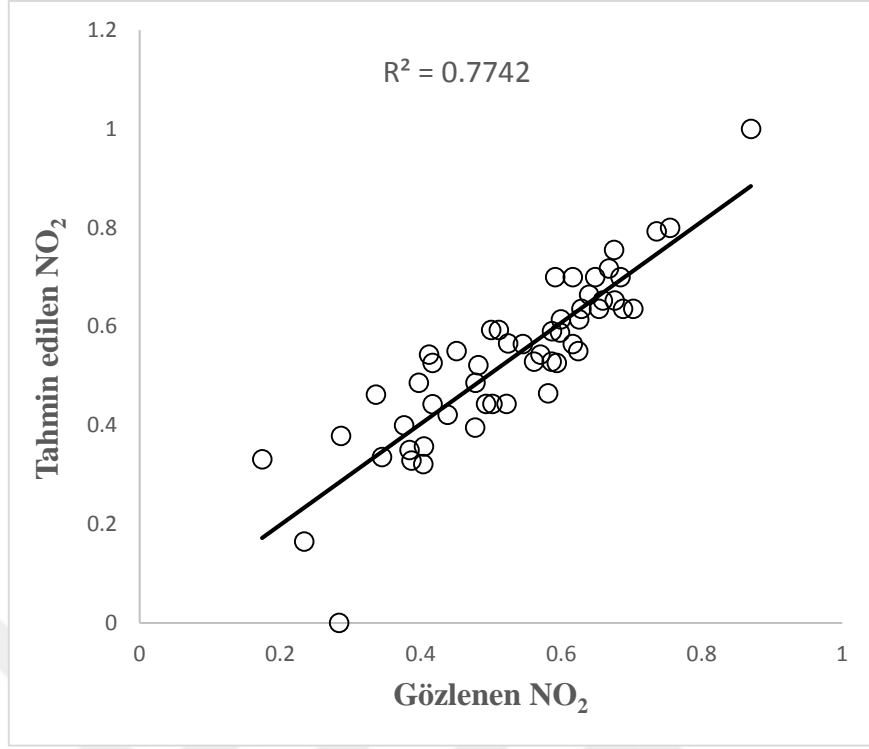
NO<sub>2</sub> tahmininde de aynı PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> tahmini gibi işlemler ve model geliştirilmiştir. Girdi olarak 6 meteorolojik faktör kullanılmış, çıktı olarak da tahmin edilecek kirletici konsantrasyonu kullanılmıştır. Ağırlıklar, nöron sayısı, model fonksiyonu veri seti sırası, sınıf eşitilmesi gibi etken kullanılarak hata oranı olabilecek en az değere çekilmeye çalışılmıştır. Korelasyon katsayısı (R-değerini), çıktılar ve hedefler arasındaki korelasyonu ölçer. NO<sub>2</sub>'in tahmin edilen ve gerçek değerleri arasındaki, (R<sup>2</sup>) eğitim, doğrulama, test ve tüm değerini şekil 38 'de verilmektedir. Sırasıyla, eğitim, doğrulama, test ve tüm veri kümesi için 0.89, 0.94, 0.94 ve 0.87 (R) değerleri elde edilmiştir.



Şekil 38. NO2 Tahmin edilen ve gerçek değerler arasındaki R değeri (nftool model)

Eğitim, doğrulama, ve test için toplam ortalama karesel hata (Total MSE: 0.00568). Doğrulama kümesinin ve test kümesinin hatası benzer özelliklere sahiptir ve epoch 4 en iyi doğrulama performansının gerçekleştiği yerdir.

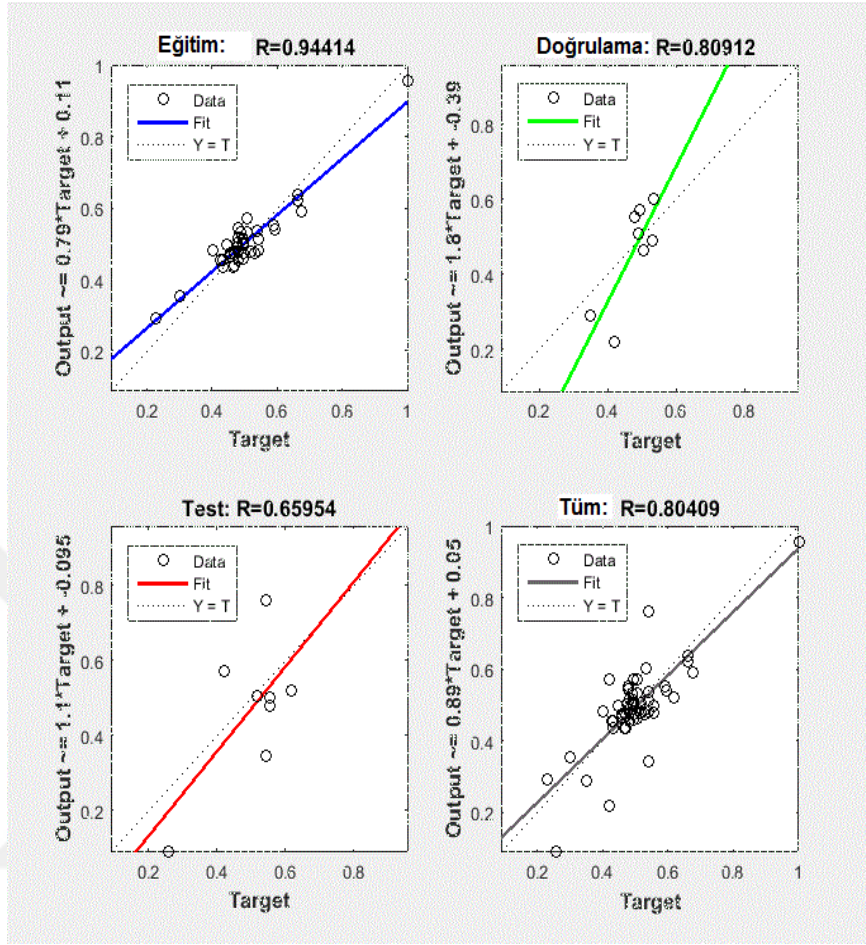




Şekil 39. Tahmin edilen ve gözlenen NO<sub>2</sub> değerlerin ilişkisi

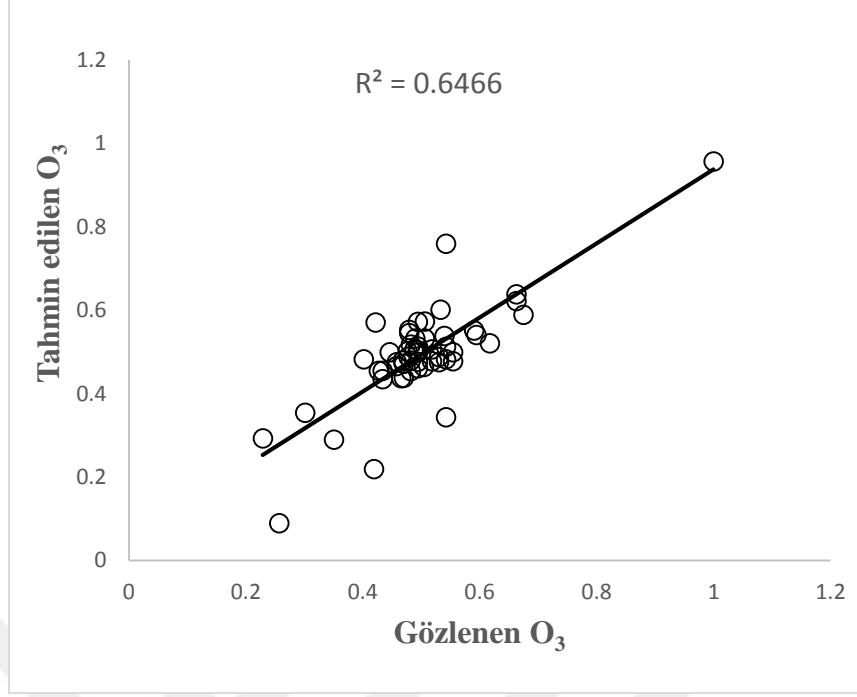
### 3.2.5. O<sub>3</sub> Tahmin Sonuçları

O<sub>3</sub> tahmininde de aynı PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> tahmini gibi işlemler ve model geliştirilmiştir. Girdi olarak 6 meteorolojik faktör kullanılmış, çıktı olarak da tahmin edilecek kirletici konsantrasyonu kullanılmıştır. Ağırlıklar, nöron sayısı, model fonksiyonu veri seti sırası, sınıf eşitlemesi gibi etken kullanılarak hata oranı olabilecek en az değere çekilmeye çalışılmıştır. Korelasyon katsayısı (R-değeri), çıktılar ve hedefler arasındaki korelasyonu ölçer. O<sub>3</sub>'in tahmin edilen ve gerçek değerleri arasındaki, ( $R^2$ ) eğitim, doğrulama, test ve tüm değeri Şekil (40) 'de verilmektedir. Sırasıyla, eğitim, doğrulama, test ve tüm veri kümesi için 0.94, 0.80, 0.65 ve 0.80 (R) değerleri elde edilmiştir.



Şekil 40. O<sub>3</sub> Tahmin edilen ve gerçek değerler arasındaki R değeri (nftool model)

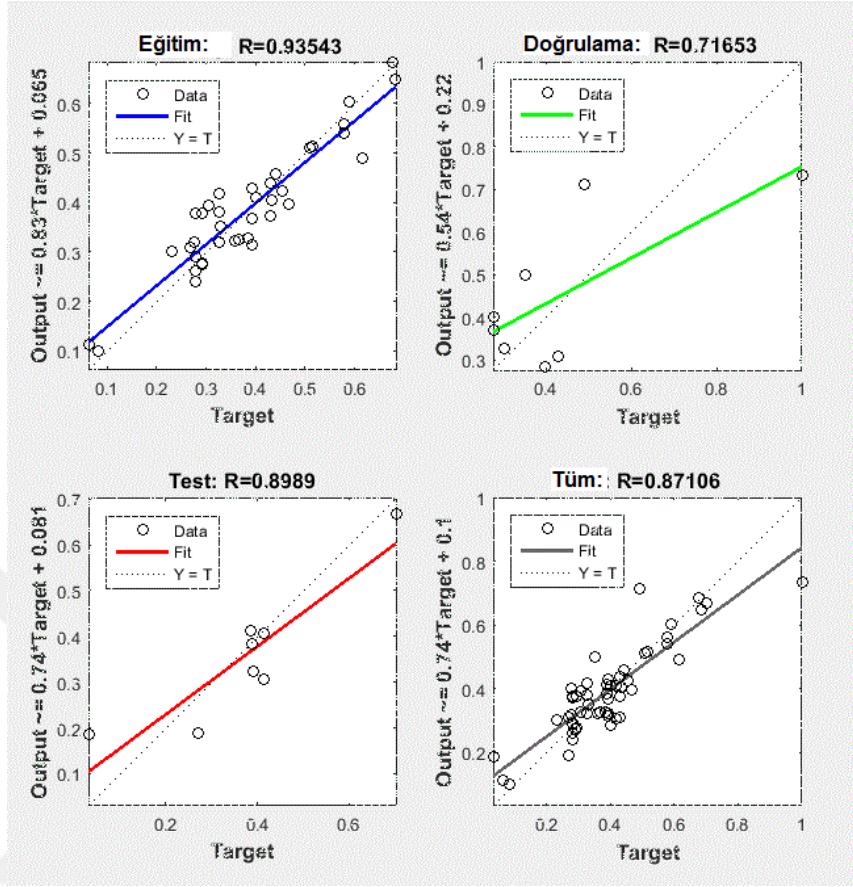
Eğitim, doğrulama, ve test için toplam ortalama karesel hata (Total MSE: 0.0058). Doğrulama kümesinin ve test kümesinin hatası benzer özelliklere sahiptir ve epoch 4 en iyi doğrulama performansının gerçekleştiği yerdir.



Şekil 41. Tahmin edilen ve gözlenen O<sub>3</sub> değerlerin ilişkisi

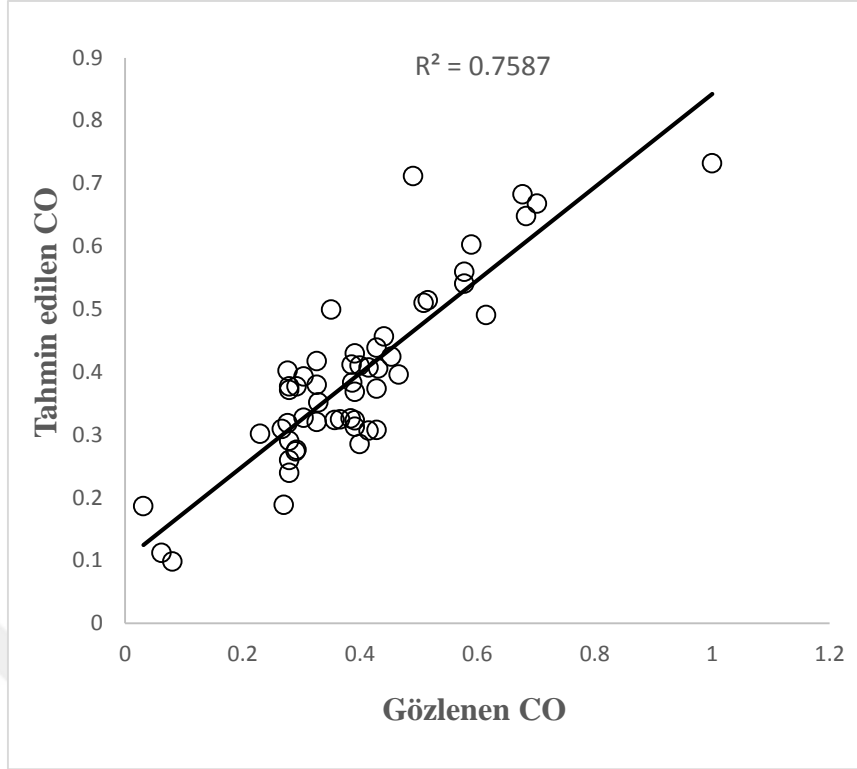
### 3.2.6. CO Tahmin Sonuçları

CO tahmininde de aynı PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> tahmini gibi işlemler ve model geliştirilmiştir. Girdi olarak 6 meteorolojik faktör kullanılmış, çıktı olarak da tahmin edilecek kirletici konsantrasyonu kullanılmıştır. Ağırlıklar, nöron sayısı, model fonksiyonu veri seti sırası, sınıf eşitlemesi gibi etken kullanılarak hata oranı olabilecek en az değere çekilmeye çalışılmıştır. Korelasyon katsayısı (R-değeri), çıktılar ve hedefler arasındaki korelasyonu ölçer. CO'in tahmin edilen ve gerçek değerleri arasındaki, ( $R^2$ ) eğitim, doğrulama, test ve tüm değeri Şekil 42'de verilmektedir. Sırasıyla, eğitim, doğrulama, test ve tüm veri kümesi için 0.93, 0.71, 0.89 ve 0.87 (R) değerleri elde edilmiştir.



Şekil 42. CO Tahmin edilen ve gerçek değerler arasındaki R değeri (nftool model)

Eğitim, doğrulama, ve test için toplam ortalama karesel hata (Total MSE: 0.00041). Doğrulama kümesinin ve test kümesinin hatası benzer özelliklere sahiptir ve epoch 5 en iyi doğrulama performansının gerçekleştiği yerdir.



Şekil 43. Tahmin edilen ve gözlenen CO değerlerin ilişkisi

Çalışmanın bu kısmındaki sonuçlar, hava kirliliği konsantrasyonlarının tanımlamak üzere hava kirletici parametrelerin tahmini için Yapay Sinir Ağ Bağlantısı aracının potansiyelini göstermektedir. Bir gün, iki gün önceki hava kirliliği, sıcaklık, nem, basınç ve rüzgar hızı kullanılarak elde edilen tahmin sonuçları PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, ve NO<sub>2</sub> için R korelasyon değerinin gerçek gözlenen değerlere çok yakın olduğunu YSA modeli kanıtlamaktadır. Ölçülen değerler ve tahmin edilen değerler arasındaki korelasyon katsayısı (R<sup>2</sup>) en iyi tahminleri PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> ve CO elde edilen, sırayla 0.88, 0.84, 0.77, 0.64 ve 0.75 hesaplamıştır.

### 3. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında Kabil kent merkezine ait Nisan 2015'ten Nisan 2016'ye kadar olan veriler kullanılarak meteorolojik faktörlerin (sıcaklık, nem, basınç ve rüzgâr hızı) bazı hava kirletici konsantrasyonlar ( $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$  ve  $CO$ ) üzerindeki etkileri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Böylece Kabil kent merkezinde örnek bir yıllık dönem boyunca meteorolojik koşulların hava kirliliğini nasıl ve hangi düzeyde etkilediği incelenmiştir. Elde edilen bulgulardan şu sonuçlar çıkarılabilir:

1. Rüzgâr hızının hava kirletici konsantrasyonlarından sadece  $PM_{10}$  üzerinde azaltıcı etkisi olduğu görülmektedir. Buna karşın rüzgâr hızının artmasıyla diğer gaz kirletici konsantrasyon ( $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$  ve  $CO$ ) değerleri artmaktadır.

2. Artan nem oranı;  $PM_{10}$  ve  $CO$  kirleticileri üzerinde artıcı etki göstermektedir. Buna karşın nem oranındaki artış ile birlikte  $SO_2$ ,  $NO_2$  ve  $O_3$  kirleticilerin konsantrasyon değerlerinde düşme olduğu görülmüştür.

3. Yüksek basınçta Kabil kent merkezinde  $PM_{10}$  kirletici konsantrasyonları artarken, diğer parametreler ( $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$  ve  $CO$ ) azalmaktadır.

4. Kabil kent merkezinde sıcaklığın artışı ile birlikte  $PM_{10}$  konsantrasyonları azalırken; sıcaklığın artmasıyla birlikte diğer kirletici konsantrasyonları ( $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$  ve  $CO$ ) artmaktadır.

5. YSA analizinden elde edilmiş olan bulgulara göre; Kabil'deki bir gün ve iki gün önceki hava kirliliği, sıcaklık, nem, basınç ve rüzgar hızı verileri ile tahmin edilmiş olan sonuçlar gerçek veriler ile mükemmel bir uyum göstermektedir

#### 4. ÖNERİLER

Hava kirliliği özellikle büyük şehirler için önemli bir sorun olarak kendisini göstermektedir. Kabil kent merkezi de son yıllarda büyük oranda hava kirliliğine maruz kalan kentler arasındadır. Ayrıca Kabil'in hava kirliliği Dünya Sağlık Örgütü hava kalitesi standartlarını da aşmaktadır. Kabil kentinde hava kirlenmesine karşı şu önlemler alınabilir:

Kabil'in hava kirliliği kaynakları motorlu taşıtlardan kontrolsüz olarak yayılan salımlardır. Çeşitli motorlu taşıtlardan çıkan egzoz gazlarını önlemek için motorlu taşıtlarda egzoz kontrolü sıklaştırılmalı ve olabildiği kadar toplu taşıma araçları yaygınlaştırılmalı. Kabil kent merkezinin hava kirliliğine neden olan diğer kaynak ise asfaltsız tozlu ve hasarlı yollardan çıkan tozlardır, bu tozların önlemek için yollar, caddeler ve kaldırımlar asfalt edilmeli.

Konutlarda ısınma amaçlı olarak yakılan kalitesiz kömür, tuğla fırınları, termik santrallarda yakılan fosil yakıtların yerine doğal gaz veya iyileştirilmiş kömürler kullanılmalıdır. Hava kirliliğini oluşturan tesislerde baca gazı arıtım teknolojileri uygulanmalıdır. Fosil yakıtların kullanımı yerine çevre kirliliğine yol açmayan güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, biyokütle enerjisi ve hidrolik enerjisi gibi kaynakların kullanımı sağlanmalıdır. Kentleşme ve düzenli yapılaşma bir plan dahilinde yapılmalı; yeşil alanlar çoğaltılmalı, kentsel yeşil kuşak restore edilmelidir.

Kabil kent merkezinde tek bir hava kalitesi ölçüm istasyonu bulunmaktadır. Şehrin farklı noktalarında hava kalitesi ölçüm araçlarının artırılması şehrin kirlilik durumunu çok daha net bir şekilde ortaya koyar ve somut önlemler alınabilir. Hava kirliliği ile mücadele etmek devletin olduğu kadar her bireyin de görevi olmalıdır. Bu bağlamda eğitim müfredatı içerisindeki derslerde çevre kirliliği konusunda bilinçlendirme yapılmalıdır.

## 5. KAYNAKLAR

1. Akyürek, Ö., “Trabzon Kent Merkezi için Hava Kirliliği ile Meteorolojik Koşullar Arasındaki İlişkinin 2006-2011 Arası Verilerine Dayalı Olarak İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2012.
2. Pepper, I.L., Gerba, Ch.P. ve Brusseau, M. L., “Environmental & Pollution Science” Second Edition, Academic Press is an Imprint of Elsevier, USA, 1996.
3. Han, D., “ Concise Environmental Engineering” Bookboon Company, UK, 2012.
4. Özdemir, F., “Türkiye Geneline Kükürt Dioksit ve Partiküler Madde Kirlilik Dağılımlarının Analizi” Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008.
5. Bıyık, İ., “Hava Kirliliğinin Yapay Zeka Teknikleri ile Belirlenmesi” Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2010.
6. Aydınlar, B., Güven, H., ve Kırksekiz, S., “Hava Kirliliği nedir, Ölçüm ve Hava Kalite Modelleme Yöntemleri nelerdir” Sakarya Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 2009.
7. Yeşilyurt, C., ve Akcan, N “Hava Kalitesi İzleme Metodolojileri ve Örneklem Kriterleri” Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, Ankara, 2001.
8. Özlü, T., “ Samsun ve Yakın Çevresinin Coğrafi Yönden Hava Kirliliği ” Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Samsun, 1995.
9. <http://cevreonline.com/hava-kirliligi>, 25 Mart 2018.
10. <http://kabal.gov.af/fa/page/2264>, Aralık 2017.
11. Ta No. 4415-AFG, “Kabul Air Quality Management” Draft KAQM Strategy Report, Engconsult Ltd. Canada, 2007.
12. Saba, D.S., Afghanistan: Environmental Degradation in a Fragile Ecological Setting, International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 8 (2001) 279-289.
13. [https://postconflict.unep.ch/publications/afg\\_soe\\_E.pdf](https://postconflict.unep.ch/publications/afg_soe_E.pdf), Afghanistan’s Environment 2008.
14. Akpınar, S., Oztop H. F., Evaluation of Relationship Between Meteorological Parameters and Air Pollutant Concentrations During Winter Season in Elazığ Turkey, Environ Monit Assess, 146 (2008):211–224.
15. Çelik, M. B. ve Kadı, İ., The Relation Between Meteorological Factors and Pollutants Concentrations in Karabük City, G.U. Journal of Science, 20,4 (2007) 87-95.



16. Çuhadaroğlu, B. ve Demirci, E., Influence of Some Meteorological Factors on air Pollution in Trabzon city, Energy and Buildings, 25 (1997) 179-184.
17. Demirci, E. ve Cuhadaroglu, B., Statistical Analysis of Wind Circulation and air Pollution in Urban Trabzon, Energy and Buildings, 31 (2000) 49–53.
18. Xie,Y., Zhao, B., Zhang, L. ve Luo, R., Spatiotemporal Variations of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> Concentrations Between 31 Chinese Cities and their Relationships with SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO and O<sub>3</sub>, Particuology, 20 (2015) 141–149.
19. Zyromski, A., Biniak-Pierog, M., Burszta-Adamiak, E. ve Zamiar, Z., Evaluation of Relationship Between air Pollutant Concentration and Meteorological Elements in Winter Months, Journal of Water and Land Development, 22 (2014) 25–32.
20. Masoudi, M. ve Gerami, S., Status of CO as an Air Pollutant and its Prediction, Using Meteorological Parameters in Esfahan, Iran, Pollution, 3, 4 (2017) 527-537.
21. Afzali, A., Rashid, M., B Sabariah, B. ve Ramli, M., PM<sub>10</sub> Pollution, Its Prediction and Meteorological Influence in Pasir Gudang, Johor, Earth and Environmental Science, 18 (2014) 012100.
22. Aktan, M. ve Bayraktar, H., The Neural Network Modeling of Suspended Particulate Matter with Autoregressive Structure, Ekoloji, 19, 74 (2009) 32-37.
23. Aktan, M.ve Reha, A., Estimation of Winter Season Sulphur Dioxide Concentrations with an Artificial Neural Network Model, the Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering & Mathematics, 1 (2017) 246-249.
24. Sofuoglu, S.C. ve Sofuoglu, A., Forecasting Ambient Air SO<sub>2</sub> Concentrations Using Artificial Neural Networks, Energy Sources, 1 (2006) 127–136.
25. Januchs, M.G.C., Dominguez, J.Q., Corona, A.ve Andina, D., Development of a Model for Forecasting of PM<sub>10</sub> Concentrations in Salamanca, Mexico, Atmospheric Pollution Research, 6 (2015) 626-634.
26. Mishra, D.ve Goyal, P., Development of Artificial Intelligence Based NO<sub>2</sub> Forecasting Models at Taj Mahal, Agra, Atmospheric Pollution Research, 6 (2015) 99-106.
27. Basurko, E., Berastegi, G. ve Madariaga, I., Regression and Multilayer Perceptron-Based Models to Forecast Hourly O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> levels in the Bilbao Area, Environmental Modelling & Software, 21 (2006) 430–446.
28. Özdemir, U. ve Çankaya, S., Forecasting of Criteria Air Pollutants Concentrations with Statistical Models, Journal of International Scientific Publications Ecology & Safety, 9 (2015) 237-242.
29. Rahimi, A., Short-term prediction of NO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> concentrations using multilayer perceptron neural network a case study of Tabriz, Iran, Ecological Processes, 2017, 6, 4.

30. Liu, Y., Zhu, Q., Yao, D. ve and Xu,W., Forecasting Urban Air Quality via a Back-Propagation Neural Network and a Selection Sample Rule, Atmosphere, 6 (2015) 891-907.
31. Kumar, A. ve Goyal, P., Forecasting of Air Quality Index in Delhi Using Neural Network Based on Principal Component Analysis, Pure and Applied Geophysics, 170 (2013) 711–722.
32. Torabi, E. ve Nogami, A., Environmental Assessment of Suspended Particulate Matter over the Kabul City, Afghanistan, Japan Society of Civil Engineers, Proceedings of 44rd Annual Meeting of Environmental Systems Research 2016.
33. <https://www.wunderground.com/history/airport/OAKB> Nov 2015.
34. Kunt, F., “Hava Kirliliğinin Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Modellenmesi ve Tahmini” Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enistitüsü, Konya, 2007.
35. Kunt, F., “Bulanik Mantık ve Yapay Sinir Ağları Yöntemleri Kullanılarak Konya İl Merkezi Hava Kirliliği Modellenmesi” Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enistitüsü, Konya, 2014.
36. Krenker, A., Bešter, J., ve Kos, A., Introduction to the Artificial Neural Networks, Artificial Neural Networks- Methodological Advances and Biomedical Applications, Prof. Kenji Suzuki (Ed.), ISBN: 978- 953-307-243-2, InTech.
37. Artificial Neural Network, Tutorials Point (I) 2017.
38. Haykin, S., “Neural Networks and Learning Machines” Third Edition, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, Canada, 2008.
39. Franek, W., DeRose, L., Principles and Practices of Air Pollution Control, Environmental Protection Agency, APTI Course 452 Second Edition, USA, 2003.
40. İbrahimova, İ., Bakü Hava Kirlenmesinde SO<sub>2</sub>'nin Rolü ve Meteorolojik Olaylarla İlişkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enistitüsü, Konya, 2013.
41. Tamas. W., Notton, G., Paoli. CH., Urban Ozone Concentration Forecasting With Artificial Neural Network in Corsica, Mathematical Modelling in CivilEngineering, 10, 1 (2014).
42. Yadav, A,K., Mittal H, M., Artificial Neural Network Fitting Tool Based Prediction of Solar Radiation For Identifying Solar Power Potential, Journal of Electrical Engineering.

## 6. EKLER

Ek Tablo 1. Nisan 2015'in Meteorolojik ve Kirlilik Verileri

SO <sub>2</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	CO (µg/m <sup>3</sup> )	Ort. Sıcaklık. °C	Ort. Nem (%)	Ort. Basınç (hPa)	Ort.Rüz hızı (m/s)
115.29	124	56.43	47.112	25.203	14	51	1021	6.6667
87.776	191	58.744	50.057	21.194	16	46	1023	2.9167
230.58	140	72.731	184.52	24.058	17	38	1023	2.7778
106.55	130	67.246	97.169	52.698	18	49	1022	4.7222
177.52	301	126.03	21.593	58.426	17	75	1022	6.25
132.32	152	58.311	78.697	84.202	17	39	1016	4.5833
147.25	84	112.48	43.677	50.406	16	61	1014	4.7222
138.87	72	103.46	62.816	65.528	14	66	1019	2.7778
196.51	161	131.67	111.89	68.736	16	38	1021	2.7778
214.86	134	52.668	60.197	41.528	17	25	1018	4.3056
132.46	148	80.883	98.15	49.261	21	23	1019	3.75
127.22	182	91.541	103.82	57.28	21	35	1018	6.9444
135.96	196	90.288	86.372	64.024	18	21	1019	6.3889
199.13	156	126.03	53.655	43.533	17	19	1020	4.8611

Ek Tablo 2. Mayıs 2015'in Meteorolojik ve Kirlilik Verileri

SO <sub>2</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	CO (µg/m <sup>3</sup> )	Ort. Sıcaklık. °C	Ort. Nem (%)	Ort. Basınç (hPa)	Ort.Rüz hızı (m/s)
173.81	141	43.889	63.47	46.11	18	26	1021	7.2222
104.81	147	79.233	96.187	51.292	19	21	1021	4.3056
92.579	213	79.002	136.1	62.244	20	28	1022	8.0556
114.7	186	72.104	98.15	54.098	21	31	1020	7.6389
133.63	231	82.764	102.08	48.115	22	27	1018	4.0278
124.89	203	77.555	91.811	45.561	19	53	1019	6.5278
110.05	207	79.001	97.932	57.28	19	54	1019	5.5556
125.77	240	85.688	109.93	72.173	13	91	1020	4.0278
131.01	202	76.701	104.26	60.717	16	73	1019	3.0556
164.42	189	74.611	117.78	26.922	18	43	1018	6.25
116.6	151	90.288	117.78	47.542	23	32	1017	6.9444
104.81	165	80.883	96.841	51.552	24	30	1014	6.25
91.707	61	89.659	87.043	49.26	21	24	1016	4.8611
201.75	141	71.478	129.56	80.192	21	22	1019	8.1944

Ek Tablo 2'nin devamı

177.59	130	77.121	104.04	73.318	21	22	1018	7.3611
125.18	134	84.432	99.238	51.296	20	26	1014	7.2222
128.39	159	78.791	105.35	74.464	20	22	1015	5.2778
122.56	152	89.031	96.187	55.879	18	18	1015	9.1667
132.46	157	80.883	98.15	49.261	18	16	1017	5.1389
127.22	182	91.54	103.82	57.28	20	17	1017	3.0556
117.91	162	74.611	81.79	38.95	21	23	1019	10.278

Ek Tablo 3. Haziran 2015'in Meteorolojik ve Kirlilik Verileri

SO <sub>2</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	CO (µg/m <sup>3</sup> )	Ort. Sıcaklık. °C	Ort. Nem (%)	Ort. Basınç (hPa)	Ort.Rüz hızı (m/s)
122.56	113	75.24	70.668	46.97	21	22	1016	9.7222
109.17	141	82.764	109.49	43.533	21	19	1018	8.4722
117.91	129	76.275	105.56	45.824	22	18	1017	8.4722
110.05	113	91.537	96.187	77.9	23	20	1017	7.6389
93.159	122	77.121	79.609	50.406	23	17	1016	7.0833
94.327	138	86.526	109.93	41.242	23	19	1017	8.75
88.213	15	78.583	89.864	46.97	25	17	1017	10
110.05	207	79	97.932	57.28	22	15	1015	5.2778
115.29	155	71.055	86.372	44.677	25	11	1014	9.5833
110.05	100	73.359	101.19	46.97	24	17	1014	9.5833
101.6	161	68.76	78.52	41.242	23	20	1013	6.25
129.55	154	57.892	68.267	37.676	22	17	1013	4.3056
91.707	165	72.94	58.89	28.64	24	22	1013	4.3056
83.846	130	74.819	80.483	40.095	27	17	1012	7.0833
95.49	112	65.835	74.156	36.531	28	13	1012	6.25
122.57	189	77.121	109.49	46.97	26	24	1010	5.5556
125.77	197	92.169	96.187	49.897	26	22	1009	6.3889
131.01	167	90.079	97.494	46.97	26	19	1009	9.4444
131.01	178	90.077	94.224	51.552	23	19	1011	4.8611
115.29	201	93.631	109.93	53.588	27	29	1015	4.4444
128.1	166	88.196	76.119	56.134	26	21	1017	8.1944
133.63	143	90.288	91.17	51.297	26	17	1015	8.0556

Ek Tablo 4. Temmuz 2015'in Meteorolojik ve Kirlilik Verileri

SO <sub>2</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	CO (µg/m <sup>3</sup> )	Ort. Sıcaklık. °C	Ort. Nem (%)	Ort. Basınç (hPa)	Ort.Rüz hızı (m/s)
128.39	191	82.764	92.261	59.443	27	17	1014	7.3611
141.49	127	93.422	78.52	54.989	29	15	1013	8.75
122.57	198	84.645	101.42	54.989	30	12	1012	11.528
130.43	116	90.066	90.298	56.897	29	14	1011	9.8611
128.39	153	86.526	88.115	50.406	27	14	1010	5.4167
117.91	162	93.422	102.08	48.114	28	33	1011	5.5556
117.33	118	99.693	100.11	46.714	24	42	1012	9.8611
128.1	199	93.839	85.934	52.698	27	48	1013	6.5278
128.39	134	90.288	102.08	47.987	27	47	1014	4.4444
112.38	144	82.764	94.222	60.717	28	33	1012	4.7222
120.53	12	95.931	102.08	58.043	29	18	1008	6.8056
132.76	111	92.167	99.675	0	27	38	1011	4.8611
122.86	231	92.169	96.187	57.025	28	39	1013	5
128.39	213	82.762	82.446	45.824	26	48	1014	4.1667
115.89	227	93.57	104.02	63.008	29	35	1012	6.1111
123.15	321	83.182	100.55	59.316	27	51	1012	11.667
128.39	289	92.169	100.11	56.134	23	57	1015	4.4444
134.79	241	99.693	104.04	56.769	23	65	1013	5.8333
136.25	273	97.81	97.059	59.189	24	61	1013	3.3333

Ek Tablo 5. Ağustos 2015'in Meteorolojik ve Kirlilik Verileri

SO <sub>2</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	CO (µg/m <sup>3</sup> )	Ort. Sıcaklık. °C	Ort. Nem (%)	Ort. Basınç (hPa)	Ort.Rüz hızı (m/s)
131.01	217	95.512	90.298	54.989	23	57	1013	5.1389
135.35	345	102.2	99.457	51.297	24	53	1015	4.4444
117.61	215	101.37	86.372	58.043	24	51	1015	4.3056
146.73	264	101.57	80.483	55.879	27	41	1013	5
156.63	382	95.502	107.97	57.28	27	35	1011	4.7222
109.76	293	105.34	106	57.548	29	15	1015	10.833
123.15	1001	108.07	102.08	58.426	27	17	1013	6.6667

Ek Tablo 5'in devamı

131.3	886	106.86	99.675	57.28	26	15	1013	6.5278
138.87	555	110.98	107.97	54.86	27	17	1016	5
128.39	610	99.693	104.04	60.717	27	36	1016	4.3056
129.55	272	95.722	109.93	58.042	27	30	1014	4.3056
131.59	279	97.812	101.42	54.989	26	45	1015	5.9722
133.63	277	100.94	98.584	56.134	26	31	1014	4.5833
154.59	293	97.812	107.97	56.643	27	29	1015	4.1667
140.33	300	99.924	101.42	57.28	26	22	1013	9.1667
151.97	241	103.46	98.586	65.299	26	25	1012	5.5556
149.06	167	88.825	100.11	56.421	23	57	1014	7.6389
133.63	209	105.34	106	64.154	23	41	1015	3.0556
149.06	178	91.499	108.62	65.793	26	25	1015	5.9722
170.31	220	109.1	127.6	64.154	23	20	1015	5.2778
155.76	159	113.49	100.11	60.706	23	20	1014	6.6667
136.25	101	95.931	97.059	63.008	22	20	1016	4.7222

Ek Tablo 6. Ekim 2015'in Meteorolojik ve Kirlilik Verileri

SO <sub>2</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	CO (µg/m <sup>3</sup> )	Ort. Sıcaklık. °C	Ort. Nem (%)	Ort. Basınç (hPa)	Ort.Rüz hızı (m/s)
130	136	62.073	131.52	59.571	19	22	1023	8.4722
149.93	279	92.169	122.14	60.971	18	23	1023	3.75
125.77	207	95.931	104.04	54.989	19	31	1022	2.9167
120.53	222	116.41	131.52	57.28	21	47	1022	5.4167
131.88	232	82.764	108.4	60.717	19	40	1022	2.6389
123.15	148	92.169	157.04	64.154	22	17	1017	4.7222
152.26	290	94.259	135.88	66.316	22	24	1020	2.9167
117.33	267	99.693	100.11	46.714	21	33	1023	2.3611
128.1	212	93.839	85.934	52.698	21	32	1022	2.2222
128.39	207	90.288	102.08	47.987	21	52	1023	3.0556
144.11	207	105.34	131.52	59.443	18	44	1025	2.0833
142.36	337	100.95	123.67	66.445	16	54	1023	6.3889
117.91	142	101.57	121.27	64.789	14	70	1021	5.1389
132.75	36	101.15	118.41	61.862	13	50	1022	2.3611
129.84	79	89.242	104.04	58.17	13	49	1023	2.3611
125.77	85	92.169	96.187	49.897	9	87	1020	6.6667
131.01	643	90.075	97.494	46.97	10	78	1021	3.3333
131.01	147	90.077	94.224	51.552	12	45	1026	2.3611
133.63	255	90.288	91.17	51.297	12	53	1025	4.0278

Ek Tablo 7. Kasım 2015'in Meteorolojik ve Kirlilik Verileri

SO <sub>2</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	CO (µg/m <sup>3</sup> )	Ort. Sıcaklık. °C	Ort. Nem (%)	Ort. Basınç (hPa)	Ort.Rüz hızı (m/s)
128.39	122	82.764	92.261	59.443	13	48	1025	6.5278
141.49	0	93.422	78.52	54.989	11	47	1017	7.3611
128.39	0	86.526	88.115	50.406	8	42	1024	3.4722
117.91	1009	93.422	102.08	48.114	9	50	1025	4.0278
117.33	0	99.693	100.11	46.714	6	92	1025	2.7778
112.38	0	82.764	94.222	60.717	7	75	1023	3.3333
120.53	0	95.931	102.08	58.043	8	69	1021	4.0278
122.86	231	92.169	96.187	57.025	8	65	1023	2.7778
177.01	671	98.856	119.74	77.901	7	56	1025	3.0556
191.27	754	110.14	96.187	68.098	8	60	1028	2.3611

Ek Tablo 8. Aralık 2015'in Meteorolojik ve Kirlilik Verileri

SO <sub>2</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	CO (µg/m <sup>3</sup> )	Ort. Sıcaklık. °C	Ort. Nem (%)	Ort. Basınç (hPa)	Ort.Rüz hızı (m/s)
209.62	162	112.23	105.56	80.192	8	57	1024	2.9167
161.29	202	103.46	121.71	70.645	9	50	1026	3.0556
0	1049	0	0	0	8	65	1023	2.2222
0	587	0	0	0	9	63	1023	2.6389
0	531	0	0	0	9	58	1022	2.6389
0	430	0	0	0	8	67	1019	5.1389
133.63	391	118.5	111.89	74.464	2	36	1019	2.6389
0	430	0	0	0	3	46	1023	2.5
0	621	0	0	0	3	49	1021	2.2222
0	510	0	0	0	2	51	1019	2.2222

Ek Tablo 9. Mart 2016'nın Meteorolojik ve Kirlilik Verileri

SO <sub>2</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	CO (µg/m <sup>3</sup> )	Ort.Sıca klık. °C	Ort. Nem (%)	Ort. Basınç (hPa)	Ort.Rüz hızı (m/s)
151.97	267	110.98	86.372	101.96	13	56	1025	4.3056
146.73	555	120.38	119.74	99.667	11	80	1025	4.0278
130.43	211	90.066	131.52	64.154	9	80	1021	5.1389
128.39	234	86.526	106	83.629	11	70	1021	4.7222
117.91	188	93.422	102.08	75.61	10	67	1022	2.6389
138.87	342	120.38	84.409	77.901	13	56	1020	4.0278
141.2	311	114.11	109.93	113.41	11	66	1020	4.5833
162.45	675	99.693	153.11	83.628	9	76	1014	2.7778
175.55	345	82.764	129.56	87.066	10	71	1016	3.75
188.65	877	95.931	129.56	85.92	7	80	1018	5.2778
167.69	433	103.46	153.11	76.754	7	66	1022	4.0278
180.79	331	99.693	107.97	76.755	3	93	1021	4.4444
191.27	439	99.693	102.08	75.61	7	61	1017	5.8333
144.11	145	101.57	127.6	69.753	12	35	1022	3.3333
133.05	122	101.57	104.04	72.173	11	56	1020	4.3056
133.63	144	101.15	109.93	53.588	10	53	1024	5
131.01	178	103.46	121.49	56.134	11	56	1024	3.0556
136.25	234	99.691	102.07	60.717	12	58	1023	4.8611
141.49	194	105.34	92.261	74.464	13	55	1022	3.3333
125.77	155	127.91	174.71	87.066	16	57	1021	5.9722

Ek Tablo 10. Nisan 2016'nın Meteorolojik ve Kirlilik Verileri

SO <sub>2</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (µg/ m <sup>3</sup> )	CO (µg/m <sup>3</sup> )	Ort.Sıca klık. °C	Ort. Nem (%)	Ort. Basınç (hPa)	Ort.Rüz hızı (m/s)
133.34	123	84.645	101.42	54.989	9	94	1019	3.0556
136.25	144	90.066	90.298	56.897	13	67	1019	5.5556
133.63	198	86.526	88.115	50.406	12	58	1019	3.6111
117.91	190	93.422	102.08	48.114	12	57	1019	5.4167
133.63	158	99.693	100.11	46.714	12	67	1020	6.1111
146.73	177	93.839	85.934	52.698	11	78	1021	4.4444
157.21	233	90.288	102.08	65.171	11	74	1022	5.5556
172.93	331	82.764	129.56	60.717	13	68	1020	4.1667
146.73	155	95.931	102.08	58.043	14	67	1020	5.1389



Ek Tablo 10'un devamı

125.77	188	0	0	0	17	49	1018	3.6111
138.87	222	86.526	127.6	66.445	17	69	1018	3.75
131.01	178	131.67	107.97	50.406	14	74	1017	4.8611
138.87	199	92.169	96.187	57.025	14	55	1019	4.4444
144.11	199	82.762	82.446	45.824	13	71	1021	8.0556
157.21	221	110.98	119.74	66.444	13	72	1023	6.9444
138.87	244	106.17	153.11	61.734	13	32	1017	6.25
128.39	231	97.812	109.93	63.008	13	34	1016	5.2778
144.11	199	107.22	103.6	60.717	16	42	1017	7.6389
128.39	234	106.79	106	59.571	16	46	1021	8.4722
144.11	211	105.34	102.08	63.008	20	27	1019	2.7778

## ÖZGEÇMİŞ

Ali Ahmad ASHOOR, 1986 yılında Afganistan'ın Takhar ilinin Daşti kala ilçesinde doğdu. 2004 yılında Daşti kala Lisesi'nden mezun oldu. 2009 yılında Kabil polyteknik Üniversitesi Geology ve Maden Fakültesi Petrol Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2010-2011'e kadar USAID-IRD\AVIPA ile İzleme ve Değerlendirme Görevlisi olarak, 2011-2012'ye kadar SFL (Shelter for Life International) ile Mühendis olarak ve 2012-2015'e kadar MOE (İSD) Afganistan Mili Eğitim Bakanlığının Altyapı Genel Müdürlüğünde İzleme ve Değerlendirme Mühendisi olarak çalışmaktaydı. Eylül 2015'te Türkiye Devlet Burslu öğrencisi olarak Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Ali Ahmad Özbekçe, Farsça, Türkçe ve orta derecede İngilizce bilmektedir.