



**İZMİR İLİ HAVA KİRLİLİĞİNİN  
ALANSAL VE ZAMANSAL  
OLARAK ANALİZİ**

**Ebru SAĞLAR**

**Yüksek Lisans Tezi  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı  
Çevre Bilimleri Bilim Dalı  
Prof. Dr. Hanefi BAYRAKTAR  
2019**

**Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İZMİR İLİ HAVA KİRLİLİĞİNİN ALANSAL VE ZAMANSAL  
OLARAK ANALİZİ**

**Ebru SAĞLAR**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
Çevre Bilimleri Bilim Dalı**

**ERZURUM  
2019**

**Her Hakkı Saklıdır**



T.C.  
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü  
TEZ ONAY FORMU



**İzmir İli Hava Kirliliğinin Alansal ve Zamansal Olarak Analizi**

Prof.Dr. Hanefi BAYRAKTAR danışmanlığında, Ebru SAĞLAR tarafından hazırlanan bu çalışma, 06/09/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Bilimleri Bilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Hanefi BAYRAKTAR

İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Şahset İRDEMEZ

İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Cihan PALOLUOĞLU

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu'nun 10.10.2019 tarih ve ...40.../...46..... nolu kararı ile onaylanmıştır.

**Prof. Dr. Mehmet KARAKAN Y.**  
Enstitü Müdürü

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### İZMİR İLİ HAVA KİRLİLİĞİNİN ALANSAL VE ZAMANSAL OLARAK ANALİZİ

Ebru SAĞLAR

Atatürk Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı  
Çevre Bilimleri Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hanefi BAYRAKTAR

Bu çalışma, ülkemizin üçüncü büyükşehri olan İzmir de, Akdeniz ikliminin yaşandığı (yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı) endüstri-sanayinin çok geliştiği buna rağmen şehrin trafiği, çarpık kentleşme ve ısınma nedeni ile hava kirliliğinin sık sık sınır değerleri aştığı İzmir ilinde hava kalitesinin araştırılması amacıyla yapılmıştır. Çalışmanın materyalini, Çevre ve Şehircilik Bakanlığına ve İzmir Büyükşehir Belediyesine ait şehrin belirli noktalarına yerleştirilen 8 istasyon tarafından yayınlanan hava kirliliği günlük ölçüm sonuçları oluşturmuştur. Araştırmada 2007-2017 arası yıllar incelenmiştir. Hava kirleticileri nin istasyonlara göre istatistiksel, zamansal ve alansal (kriging yöntemi) analizi yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda İzmir ilinde hava kirliliğinin ana kaynağının; ısınma amaçlı kullanılan katı ve sıvı fosil yakıtlar, kentleşme, endüstrileşme ve egzoz gazları olduğu belirlenmiştir. Kentte kirliliğin en aza indirilmesi için öneriler sunulmuştur.

**2019, 121 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Hava Kirliliği, Kriging Yöntemi, Alansal- Zamansal Analizler

## **ABSTRACT**

Master's Thesis

### **SPATIAL AND TEMPORAL ANALYSIS OF AIR POLLUTION OF İZMİR, TURKEY**

Ebru SAĞLAR

Atatürk University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Environmental Engineering  
Department of Environmental Sciences

Supervisor: Prof. Dr. Hanefi BAYRAKTAR

In this study, İzmir, which is the third capital city of our country, has developed an industrial-industry where the Mediterranean climate (hot and dry summers and warm and rainy winters), but despite the city's traffic, skewed urbanization and warming, the air quality in İzmir province frequently exceeds the limit values. The aim of the study was to investigate. The material of the study consisted of daily measurement results of air pollution published by 8 stations placed at certain points of the city belonging to the Ministry of Environment and Urbanization and İzmir Metropolitan Municipality. In this research, the years between 2007-2017 were examined. Statistical, temporal and spatial (kriging) analysis of air pollutants was performed according to stations. As a result of this study, the main source of air pollution in İzmir is; solid and liquid fossil fuels used for heating purposes, urbanization, industrialization and exhaust gases. Recommendations have been made to minimize pollution in the city.

**2019, 121 pages**

**Keywords:** Air Pollution, Kriging method, temporally-areal analysis

## **TEŞEKKÜR**

Tezin oluşturulma, geliştirilme ve tamamlanma sürecinin her aşamasında eleştirileri, önerileri, yardımları ve destekleri ile çalışmayı geliştirmeme yardım eden değerli ve sevgili danışmanım, hocam Sayın Prof. Dr. Hanefi BAYRAKTAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Sevgilerini daima hissettiğim, beni maddi ve manevi zorluğa hiçbir zaman düşürmemiş ve hiç kırmadan bugünlere getirmiş olan Ayşe – Metin SAĞLAR ve kardeşlerim Sertaç ve Nuray'a sonsuz sevgi ve saygımı sunarım.

Tez çalışmalarım sırasında bilgilerini benden esirgemeyen ve yardımcı olan arkadaşlarım Mualla AYDOĞAN'a ve Saliha DAL' a teşekkür ederim.

Ayrıca burada ismini saymadığım bende emekleri olan ve bu süreçte hep yanımda olan bütün dostlarıma teşekkür ederim. Son olarak ise aramızdan ayrılan, ancak hayatımın her aşamasında hep yanımda olduğunu bildiğim ve kendime örnek aldığım sevgili annem Ayşe SAĞLAR'a sonsuz teşekkür eder ve bu tezi onun anısına ithaf ederim.

**Ebru SAĞLAR**

**Ağustos, 2019**

## İÇİNDEKİLER

|                                                     |          |
|-----------------------------------------------------|----------|
| ÖZET.....                                           | i        |
| ABSTRACT .....                                      | ii       |
| TEŞEKKÜR.....                                       | iii      |
| SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....                | vii      |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                | ix       |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                             | xii      |
| <b>1. GİRİŞ.....</b>                                | <b>1</b> |
| <b>2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ.....</b> | <b>4</b> |
| 2.1. Havanın Tanımı.....                            | 4        |
| 2.2. Emisyon ve İmisyon.....                        | 5        |
| 2.3. Hava Kirliliği.....                            | 5        |
| 2.4. Hava Kirliliğinin Tarihçesi.....               | 6        |
| 2.5. Hava Kirliliğinin Kaynakları.....              | 7        |
| 2.5.1. Doğal kirletici kaynaklar .....              | 7        |
| 2.5.2. Yapay kirletici kaynaklar .....              | 7        |
| 2.6. Hava Kirletici Parametreleri.....              | 9        |
| 2.6.1. Kirletici gazlar .....                       | 10       |
| 2.6.2. Partikül madde.....                          | 14       |
| 2.6.3. Poliaromatik hidrokarbonlar (PAH).....       | 15       |
| 2.6.4. Ağır metaller.....                           | 15       |
| 2.7. Hava Kirliliğini Etkileyen Faktörler.....      | 17       |
| 2.7.1. Meteorolojik faktörler .....                 | 17       |
| 2.7.2. Atmosferik şartlar (inversiyon) .....        | 19       |
| 2.7.3. Topoğrafik faktörler .....                   | 22       |
| 2.7.4. Kentleşme .....                              | 23       |
| 2.7.5. Sanayileşme.....                             | 23       |
| 2.7.6. Sosyo-ekonomik yapı .....                    | 24       |
| 2.8. Hava Kirliliğinin Etkileri.....                | 24       |
| 2.8.1. Su üzerindeki etkileri.....                  | 24       |

|                                                                                     |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.8.2. Toprak üzerindeki etkileri .....                                             | 25        |
| 2.8.3. Flora-fauna üzerindeki etkileri .....                                        | 25        |
| 2.8.4. Yapay çevreye (görüntü kirliliği üzerine) olan etkileri .....                | 25        |
| 2.8.5. Ozon tabakasının incelmesinin etkileri .....                                 | 26        |
| 2.8.6. Asit yağmurlarının etkileri .....                                            | 26        |
| 2.9. Hava Kalitesi ve Modellemesi .....                                             | 28        |
| 2.9.1. Hava kalitesi .....                                                          | 28        |
| 2.9.2. Hava kalitesi ölçüm yöntemleri.....                                          | 30        |
| 2.9.3. Hava kalitesi modelleri.....                                                 | 31        |
| 2.9.4. Hava kirliliği parametrelerinin jeoistatistiki yöntemlerle analizi.....      | 33        |
| 2.10. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği .....                     | 33        |
| 2.11. Türkiye’de Hava Kirliliği.....                                                | 36        |
| 2.12. İzmir Kentinin Genel Özellikleri.....                                         | 37        |
| 2.12.1. Coğrafi, topoğrafik ve kentsel özellikler .....                             | 37        |
| 2.12.2. İl ve ilçeler nüfusu .....                                                  | 40        |
| 2.12.3. Tarım, maden, sanayi ve bilim-teknoloji.....                                | 42        |
| 2.13. Kaynak Özetleri.....                                                          | 44        |
| <b>3. MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>                                                   | <b>52</b> |
| 3.1. Materyal.....                                                                  | 52        |
| 3.1.1. İzmir’de hava kirliliği.....                                                 | 52        |
| 3.1.2. İzmir’de hava kirliliğinin ölçümüne yönelik temel veriler ve analizler ..... | 53        |
| 3.2. Yöntem .....                                                                   | 56        |
| 3.2.1. Verilerin elde edilmesi .....                                                | 56        |
| 3.2.2. Ordinary Kriging .....                                                       | 57        |
| <b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....</b>                                      | <b>62</b> |
| 4.1. Hava Kirlleticilerinin İstatistiksel Analizi.....                              | 62        |
| 4.1.1. Partikül madde (PM <sub>10</sub> ).....                                      | 63        |
| 4.1.2. Kükürt dioksit (SO <sub>2</sub> ).....                                       | 63        |
| 4.1.3. Karbon monoksit (CO).....                                                    | 64        |
| 4.1.4. Azot dioksit (NO <sub>2</sub> ).....                                         | 64        |
| 4.2. Hava Kirleticilerinin Zamansal Analizi .....                                   | 66        |
| 4.2.1. Partikül madde (PM <sub>10</sub> ).....                                      | 66        |

|                                                    |            |
|----------------------------------------------------|------------|
| 4.2.2. Kükürt dioksit (SO <sub>2</sub> ).....      | 72         |
| 4.2.4. Azot dioksit (NO <sub>2</sub> ).....        | 80         |
| 4.3. Hava Kirleticilerinin Mevsimsel Analizi ..... | 83         |
| 4.3.1. Partikül madde (PM <sub>10</sub> ).....     | 83         |
| 4.3.2. Kükürt dioksit (SO <sub>2</sub> ).....      | 84         |
| 4.3.3. Karbon monoksit (CO).....                   | 86         |
| 4.3.4. Azot dioksit (NO <sub>2</sub> ).....        | 87         |
| 4.4. Hava Kirleticilerinin Alansal Analizi .....   | 88         |
| 4.4.1. Partikül Madde (PM <sub>10</sub> ) .....    | 89         |
| 4.4.2. Kükürt dioksit (SO <sub>2</sub> ) .....     | 95         |
| 4.4.3. Karbon monoksit (CO).....                   | 101        |
| 4.4.4. Azot dioksit (NO <sub>2</sub> ).....        | 105        |
| <b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....</b>                   | <b>109</b> |
| KAYNAKLAR .....                                    | 117        |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                     | 123        |

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

|                   |                                                   |
|-------------------|---------------------------------------------------|
| %                 | Yüzde                                             |
| μ                 | Mikro                                             |
| μg                | Mikrogram                                         |
| As                | Arsenik                                           |
| BTEX              | Benzen ve Türevleri                               |
| Cd                | Kadmiyum                                          |
| CO                | Karbon monoksit                                   |
| CO <sub>2</sub>   | Karbon dioksit                                    |
| H <sub>2</sub> S  | Hidrojen Sülfür                                   |
| HC                | Hidrokarbon                                       |
| HCl               | Hidrojen Klorür                                   |
| HF                | Hidrojen Florür                                   |
| Ni                | Nikel                                             |
| NO <sub>2</sub>   | Azot dioksit                                      |
| NO <sub>x</sub>   | Azot Oksit                                        |
| O <sub>3</sub>    | Ozon                                              |
| Pb                | Kurşun                                            |
| PM                | Partikül Madde                                    |
| PM <sub>10</sub>  | 10 μm ve altındaki partikül madde konsantrasyonu  |
| PM <sub>2,5</sub> | 2,5 μm ve altındaki partikül madde konsantrasyonu |
| SO <sub>2</sub>   | Kükürt dioksit                                    |
| SO <sub>x</sub>   | Kükürt oksit                                      |

### Kısaltmalar

|     |                                                                               |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------|
| AB  | Avrupa Birliği Ülkeleri                                                       |
| EPA | Ulusal Hava Kalitesi İndeksi(Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı) |
| HKİ | Hava kalitesi indeksi                                                         |

|           |                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| KVS       | Kısa vadeli sınır değer, maksimum günlük ortalama değerler veya istatistik olarak bütün ölçüm sonuçları sayısal değerlerinin büyüklüğüne göre dizildiğinde, ölçüm sonuçlarının yüzde doksan beşini aşmaması gereken değer. |
| MSD       | Maksimum Sınır Değer                                                                                                                                                                                                       |
| NOAA      | Amerikan Ulusal Okyanus ve Meteoroloji Atmosfer Kurumu                                                                                                                                                                     |
| PAH       | Poliaromatik Hidrokarbonlar                                                                                                                                                                                                |
| UOB       | Uçucu organik bileşikler                                                                                                                                                                                                   |
| UVS       | Uzun Vadeli Sınır Değer, aşılmaması gereken ve tüm ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olan değer.                                                                                                                     |
| MSD’i GGS | Maksimum sınır değeri geçen gün sayısı                                                                                                                                                                                     |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1.a. İzmir ilinde kış mevsiminde inversiyon olayının yaşandığını gösteren resim .....                     | 21 |
| Şekil 2.1.b. İzmir ilinde kış mevsiminde inversiyon olayının yaşandığını gösteren resim .....                     | 22 |
| Şekil 2.2. İzmir ilçeleri haritası .....                                                                          | 39 |
| Şekil 2.3. İzmir ve ilçelerinin otoyol hacim haritası ve otoyollar haritaları .....                               | 40 |
| Şekil 2.4. İzmir ili genel arazi dağılımı(2018) .....                                                             | 42 |
| Şekil 3.1. İzmir'deki hava kalitesi istasyonlarının yerlerinin uydu görüntüsü .....                               | 57 |
| Şekil 4.1. İzmir'in genel PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) zamansal grafiği .....                            | 66 |
| Şekil 4.2. Alsancak ve Bayraklı İstasyonu PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) zamansal grafiği .....            | 67 |
| Şekil 4.3. Bornova ve Çiğli İstasyonu PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) zamansal grafiği .....                | 68 |
| Şekil 4.4. Gaziemir ve Güzelyalı İstasyonu PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) zamansal grafiği .....           | 69 |
| Şekil 4.5. Karşıyaka ve Şirinyer istasyonu PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) zamansal grafiği .....           | 70 |
| Şekil 4.6. İstasyonların 11 yıllık PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) değişim eğrileri .....                   | 71 |
| Şekil 4.7. İzmir'in genel SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) zamansal grafiği .....                             | 72 |
| Şekil 4.8. Alsancak ve Bayraklı İstasyonu 11 yıllık SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) zamansal grafiği .....   | 73 |
| Şekil 4.9. Bornova ve Çiğli İstasyonu 11 yıllık SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) zamansal grafiği .....       | 74 |
| Şekil 4.10. Gaziemir ve Güzelyalı İstasyonu 11 yıllık SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) zamansal grafiği ..... | 75 |
| Şekil 4.11. Karşıyaka ve Şirinyer İstasyonu 11 yıllık SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) zamansal grafiği ..... | 76 |
| Şekil 4.12. İzmir'in genel CO (µg/m <sup>3</sup> ) zamansal grafiği .....                                         | 77 |
| Şekil 4.13. Alsancak ve Bornova İstasyonu 11 yıllık CO (µg/m <sup>3</sup> ) zamansal grafiği .....                | 77 |
| Şekil 4.14. Güzelyalı ve Karşıyaka İstasyonu 11 yıllık CO (µg/m <sup>3</sup> ) zamansal grafiği .....             | 78 |
| Şekil 4.15. Şirinyer İstasyonu 11 yıllık CO (µg/m <sup>3</sup> ) zamansal grafiği .....                           | 79 |
| Şekil 4.16. İzmir'in genel NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) zamansal grafiği .....                            | 80 |

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 4.17.</b> Alsancak ve Bornova İstasyonu 11 yıllık NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) zamansal grafiği .....       | 80 |
| <b>Şekil 4.18.</b> Güzelyalı ve Karşıyaka İstasyonu 11 yıllık NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) zamansal grafiği .....    | 81 |
| <b>Şekil 4.19.</b> Şirinyer İstasyonu 11 yıllık NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) zamansal grafiği.....                   | 82 |
| <b>Şekil 4.20.</b> İzmir ilinin kış ve ilkbahar mevsiminde PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyon grafiği ..... | 83 |
| <b>Şekil 4.21.</b> İzmir ilinin yaz ve sonbahar mevsiminde PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyon grafiği ..... | 83 |
| <b>Şekil 4.22.</b> İzmir ilinin kış ve ilkbahar mevsiminde SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyon grafiği .....  | 84 |
| <b>Şekil 4.23.</b> İzmir ilinin yaz ve sonbahar mevsiminde SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyon grafiği .....  | 85 |
| <b>Şekil 4.24.</b> İzmir ilinin kış ve ilkbahar mevsiminde CO (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyon grafiği .....               | 86 |
| <b>Şekil 4.25.</b> İzmir ilinin yaz ve sonbahar mevsiminde CO (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyon grafiği .....               | 86 |
| <b>Şekil 4.26.</b> İzmir ilinin kış ve ilkbahar mevsiminde NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyon grafiği .....  | 87 |
| <b>Şekil 4.27.</b> İzmir ilinin yaz ve sonbahar mevsiminde NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyon grafiği .....  | 87 |
| <b>Şekil 4.28.</b> İzmir ili 2007 ve 2008 yılları PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyonu .....                 | 89 |
| <b>Şekil 4.29.</b> İzmir ili 2009 ve 2010 yılları PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyonu .....                 | 90 |
| <b>Şekil 4.30.</b> İzmir ili 2011 ve 2012 yılları PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyonu .....                 | 91 |
| <b>Şekil 4.31.</b> İzmir ili 2013 ve 2014 yılları PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyonu .....                 | 92 |
| <b>Şekil 4.32.</b> İzmir ili 2015 ve 2016 yılları PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyonu .....                 | 93 |
| <b>Şekil 4.33.</b> İzmir ili 2017 yılları PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyonu.....                          | 94 |
| <b>Şekil 4.34.</b> İzmir ili 2007 ve 2008 yılları SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyonu .....                  | 95 |
| <b>Şekil 4.35.</b> İzmir ili 2009 ve 2010 yılları SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyonu .....                  | 96 |
| <b>Şekil 4.36.</b> İzmir ili 2011 ve 2012 yılları SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyonu .....                  | 97 |
| <b>Şekil 4.37.</b> İzmir ili 2013 ve 2014 yılları SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyonu .....                  | 98 |
| <b>Şekil 4.38.</b> İzmir ili 2015 ve 2016 yılları SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyonu .....                  | 99 |

|                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Şekil 4.39.</b> İzmir ili 2017 yılları SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyonu.....          | 100 |
| <b>Şekil 4.40.</b> İzmir ili 2011 ve 2012 yılları CO (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyonu .....              | 101 |
| <b>Şekil 4.41.</b> İzmir ili 2013 ve 2014 yılları CO (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyonu .....              | 102 |
| <b>Şekil 4.42.</b> İzmir ili 2015 ve 2016 yılları CO (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyonu .....              | 103 |
| <b>Şekil 4.43.</b> İzmir ili 2017 yılı CO (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyonu .....                         | 104 |
| <b>Şekil 4.44.</b> İzmir ili 2013 ve 2014 yılları NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyonu ..... | 105 |
| <b>Şekil 4.45.</b> İzmir ili 2015 ve 2016 yılları NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyonu ..... | 106 |
| <b>Şekil 4.46.</b> İzmir ili 2017 yılı NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) konsantrasyonu .....            | 107 |



## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 2.1. Atmosferin doğal bileşimi .....                                                                       | 5  |
| Çizelge 2.2. Kirli atmosfer ile temiz atmosferin karşılaştırılması .....                                           | 6  |
| Çizelge 2.3. Kirletici parametreler ve sağlık etkileri .....                                                       | 27 |
| Çizelge 2.4. Ulusal hava kalite indeksi kesme noktaları .....                                                      | 34 |
| Çizelge 2.5. EPA hava kalitesi indeksi .....                                                                       | 35 |
| Çizelge 2.6. Hava kalitesi limit değerleri.....                                                                    | 36 |
| Çizelge 2.7. İzmir ve ilçelerinin 2018 yılı nüfusu .....                                                           | 41 |
| Çizelge 3.1. İzmir’de hava kirliliğine neden olan kaynaklar .....                                                  | 52 |
| Çizelge 3.2. İzmir’de ki hava kalitesi istasyonlarında ölçülen kirletici maddeler .....                            | 55 |
| Çizelge 3.3. 2007-2017 yılları(11 yıllık) arası hava kalitesi ortalama değerleri .....                             | 55 |
| Çizelge 4.1. İzmir’in genel (PM <sub>10</sub> , SO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>2</sub> ) istatistiksel analizi..... | 62 |
| Çizelge 4.2. İzmir ili tüm istasyonlarındaki PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) istatistiksel analizi.....      | 63 |
| Çizelge 4.3. İzmir ili tüm İstasyonlarındaki SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) istatistiksel analizi .....      | 63 |
| Çizelge 4.4. İzmir ili tüm İstasyonlarındaki CO (µg/m <sup>3</sup> ) istatistiksel analizi.....                    | 64 |
| Çizelge 4.5. İzmir ili tüm istasyonlarındaki NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) istatistiksel analizi.....       | 64 |

## 1. GİRİŞ

Çevre Kirliliği; İnsanların beşeri ve ekonomik etkileri sonucunda toprakta, suda ve havada oluşan olumsuzluklar sonucunda ekolojik-doğal dengenin bozulması bunlarla birlikte, meydana gelen gürültü, koku ve atıkların çevrede-doğada meydana getirdiği istenilmeyen sonuçlardır (Çevre Kanunu 1983).

İnsanların isteyerek veya istemeyerek çevrede meydana getirdiği kirlenmeler ise; toprak kirliliği, gürültü kirliliği, radyoaktif kirlilik, hava kirliliği, görüntü kirliliği, su kirliliği vb.dir (Çetin 2011).

Çevrenin bitki, hayvan ve insan hayatı yönünden zararlı olacak şekilde kirlenmesi; çözünemeyen-bozulmayan işe yaramaz maddelerin çevreye terk edilmesi sonucu kirlilik oluşur.

Çevre kirliliği doğrudan veya dolaylı olarak ekosistem, ekosistemde yaşayan tüm canlıların zarar görmesidir. Dünya nüfusundaki artış eşittir çevre kirliliğidir. Çevre kirliliği çeşitleri; toprak, su, görüntü, ışık, gürültü ve hava vb. kirliliğidir. Çevre kirliliği kısaca yaşamın doğal akışını bozan her şeydir.

Suyun kimyasal, fiziksel ve biyolojik olarak kirlenmesi su kirliliğidir.

Toprakta nükleer, kimyasal ve diğer katı atıkların birikmesi toprak kirliliğidir (Güler and Çobanoğlu 1997). Topraktaki atıklardan kaynaklanan zehirli kimyasalların yüksek konsantrasyon da bulunması toprak kirliliğidir.

Sesin canlılara zarar verici düzeyde olması gürültü kirliliğidir.

Doğal ve yapay çevre içinde yer alan, düzenin bozulması ve çirkin görüntüler görüntü-görsel kirliliktir. (Bodur ve Kucur 1994; Gokhale *et al.* 2011; Jana and De 2015)

Geceleyin çevremizi görmek için, güzel çevrede bulunmak veya daha güvende hissetmek için yapılan aydınlatmalar ışık kirliliği'dir.

Canlıların sağlığı üzerinde olumsuz etkiye, maddi ve manevi zararlara neden olan konsantrasyonlar da atmosferik havadaki yabancı maddelerin birikmesi havanın kirliliğidir. Hava kirliliği endüstriyel bölgelerde doğa kriz durumlarına ve insanların sağlığını üzerinde olumsuz etkiye sahiptir (Bondur *et al.* 1997).

Kapalı yapılarda ve konutlarda iç ortam havasında; insan sağlığını olumsuz bir şekilde etkileyen nitrojen oksitler, kükürt dioksit, sigara dumanı, karbon monoksit, formaldehit, radon, asbest, kurşun, çeşitli mikroorganizma, uçucu organik moleküler ve alerjenler gibi biyolojik, fiziksel ve kimyasal zararlı etkenlerin görülmesi 'kapalı ortam hava kirliliği'dir. Kapalı ortam havası resmi binalar (okul, hastane vb), konutlar, endüstriyel olmayan işyerleri içindeki hava olarak kabul edilir (Stellman *et al.* 1998).

Hava kirliliği; Teknoloji ile birlikte gelen modern yaşamın yan ürünüdür. Çevre kirlilikleri içerisinde en kısa zamanda etkilenebileceğimiz kirlilik çeşididir. Çünkü nefes almakla hayata başlamaktayız. Canlıların yaşamını olumsuz yönde etkileyecek havada bulunan yabancı maddelerin normal konsantrasyon üzerinde bulunmasıdır.

Havanın kirli olduğunu söyleyebilmek havadaki kirletici bileşenlerin hepsinin kirlilik sınırını aşması gerekmez, bileşenlerden birinin kirlilik sınırını aşması durumunda, hava o kirletici bakımından kirlidir sonucuna varılır. Hava kirliliğinin teknik tanımı ise, "hava kirleticilerinin, canlıların (insan, hayvan ve bitkiler) sağlığı üzerinde ve yapı malzemelerde zararlı etkiler oluşturacak miktar (konsantrasyon) ve sürede havada bulunması" şeklindedir. Tanımda da ifade edildiği gibi bir veya birden fazla kirletici bir arada bulunabilir. Buna göre, hava kirliliği, kirleticinin zararlı olabilecek miktarına ve hava da kalma süresine bağlıdır.

Hava kirletici gazların etkileri; küresel, bölgesel ve lokal olmak üzere üç grupta incelenir (Müezzinoğlu 1987). Örnekler, küresel boyutta; yeryüzünün tümünü etkileyen

sera etkisi ve ozon tabakasının incelmesi gibi olaylar, bölgesel ölçekteki; dünyadaki belirli bölgelere tesir eden asit yağmurları, lokal ölçekteki; yerleşim ve sanayi bölgelerinde görülen hava kirliliğidir.

İzmir, Türkiye'nin üçüncü büyük şehridir. 4 milyondan fazla nüfusuyla gelişen ekonomisiyle metropoller arasına girmiştir. Büyük şehirlerin ekonomilerindeki büyüme, gelişme çevresel ve sosyal sorunlara neden olmaktadır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde hava kirliliği en önemli ve çokça rastlanılan sorunlardandır. Hava kalitesi sorunu büyük şehirlerde birçok parametreden etkilenmekte olup, nedenler arasında topografya, nüfus, rakım, endüstrileşme, meteoroloji ve sosyo-ekonomik gelişim bulunmaktadır. Dünyadaki gelişen şehirlerde insan nüfusunun artması sonucu kirlilikten etkilenmekte artmaktadır.

İzmir'de Hava Kirliliği Seviyeleri, İzmir Büyükşehir Belediyesi ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından sekiz noktada kurulmuş ölçüm istasyonlarında sürekli ölçüm cihazları ile ölçülmektedir.

Bu çalışmada, İzmir kent merkezi ve çevresindeki hava kirliliği seviyeleri ile bunların kaynakları hakkında bilgiler verilecektir. İzmir şehrinin hava kalitesinin, alansal zamansal ve mevsimsel değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle 2007-2017 yılları arasında 8 farklı örnekleme istasyonunda, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO ve NO<sub>2</sub> bileşenleri üzerinde alansal değerlendirme için Kriging yöntemi uygulanmıştır.

## 2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Havanın Tanımı

Atmosferik hava, canlıların hayati, yaşamsal özellikte önemlidir. İnsanın yaşamını sürdürülmesi için bu faktör, fiziksel bir etkidir. İnsan günde 10 bin - 20 bin litre arasında hava solumaktadır. Solunan bu havanın içindeki maddelerin etkileri eser miktardaki konsantrasyonlarda da önemlidir (Akyürek *et al.* 2013).

Yerküreyi saran gaz kütle atmosferdir. Atmosferdeki hava tabakası 150 km'ye yakın kalınlıkta, canlıların yaşaması için atmosferin yaklaşık 5 km'si uygundur. Hava tabakasının yoğunluğu yeryüzünden uzaklaştıkça azalır. Atmosfer, yerküreyi düzenleyici ve koruyucu bir şekilde etrafını sarar. Saf hava, azot, karbondioksit, su buharı, oksijen, helyum, metan, argon, neon, kükürt dioksit, kripton, ozon, amonyak, hidrojen, azot monoksit, ksenon ve azot dioksit gazlarının karışımından oluşur.

Havanın; %78'i azot, %21'i oksijen, %1'i de karbon dioksit ve asal gazlardır.

Havada, devamlı bulunan ve miktarları değişmeyen; azot, oksijen ve diğer asal gazlar, devamlı bulunan ve miktarları değişen; karbon dioksit, su buharı, ozon, daima bulunmayan gazlar kirleticiler olmak üzere 3 grupta toplanır. Ayrıca hava da nadir miktarda toz, polenler, formaldehit, iyot, sodyum klorür bulunur. Çizelge 2.1'de görüldüğü gibi metan hem bir kirletici hem de havanın doğal yapısında bulunur (Tünay ve Alp 1996).

**Çizelge 2.1.** Atmosferin doğal bileşimi

| Bileşim       | Hacim(%)           | Konsantrasyon(ppm) |
|---------------|--------------------|--------------------|
| Azot          | $78.084 \pm 0.004$ | 780.900            |
| Oksijen       | $0.946 \pm 0.00$   | 209.400            |
| Argon         | $0.934 \pm 0.001$  | 9.300              |
| Karbondioksit | $0.033 \pm 0.001$  | 315                |
| Neon          |                    | 18                 |
| Helyum        |                    | 5.2                |
| Metan         |                    | 1.5                |
| Kripton       |                    | 0.5                |
| Hidrojen      |                    | 0.5                |
| Ksenon        |                    | 00.8               |
| Azot dioksit  |                    | 00.2               |
| Ozon          |                    | 0.01 - 0.04        |

## 2.2. Emisyon ve İmisyon

Emisyon; yakma prosesleri ve kimyasal reaksiyonlar sırasında ortam havasına karışan tüm gaz ve partiküllerdir(bir aracın egzozundan veya bacadan çıkan gazlar).

İmisyon; atmosferde bulunan, teneffüs edilen veya ölçülen tüm gaz ve partiküllerdir (Erzurum Kentair Raporu).

## 2.3. Hava Kirliliği

Hava kirliliği, doğal veya insan kaynaklı kaynaklardan oluşan gaz, toz veya sıvı yapıda atmosfere atılan maddelerin doğrudan veya dolaylı olarak diğer maddelerle reaksiyon sonucudur (Toros 2000).

Kirletici kaynak, hava kirleticilerin havaya atıldığı yer veya faaliyetidir.

Hava kirliliği, canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyen, maddi zararlar meydana getiren atmosferik havadaki yabancı maddelerin, konsantrasyonlarının normalin üzerinde seyretmesidir. İnsanların çeşitli faaliyetleri sonucu meydana gelen üretim ve

tüketim aktiviteleri esnasında ortaya çıkan atıklarla hava tabakasının kirlenerek dünyadaki canlı yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir (Hayta 2006).

Çizelge 2.2’de kirli hava ile temiz havaya ait bileşenler ile miktarları verilmiştir.

**Çizelge 2.2. Kirli atmosfer ile temiz atmosferin karşılaştırılması**

| BİLEŞEN                                            | TEMİZ HAVA(ppm) | KİRLİ HAVA(ppm) |
|----------------------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Azot (N <sub>2</sub> )                             | 790000          | 790000          |
| Oksijen(O <sub>2</sub> )                           | 20950           | 20950           |
| Karbon dioksit(CO <sub>2</sub> )                   | 320             | 400             |
| Karbon monoksit(CO)                                | 0,1             | 40-70           |
| Metan (CH <sub>4</sub> )                           | 1,5             | 2,5             |
| Azot dioksit (NO <sub>2</sub> ),(NO <sub>x</sub> ) | 0,001           | 0,2             |
| Ozon(O <sub>3</sub> )                              | 0,02            | 0,5             |
| Kükürt dioksit (SO <sub>2</sub> )                  | 0,0002          | 0,2             |
| Amonyak (NH <sub>3</sub> )                         | 0,001           | 0,02            |
| Diğer Kirleticiler                                 | -               | -               |

#### 2.4. Hava Kirliliğinin Tarihçesi

Hava kirliliği, sadece çağdaş dünyanın değil günümüzden çok önce de ara ara kendini hissettirmiştir. A.B.D.’nin Los Angeles şehrinin olduğu yerde, 1542 yılında sadece koşulların elverişsizliği ve Kızılderililerin yaktıkları ateşlerden kaynaklanan “hava kirlenmesi” belirlenmiş, 1800’lü yıllarda Londra da gerek hava kirliliği gerekse çevre koşulları “sorun” boyutuna ulaşabilmiştir. İnsanın ateşi buluşu ile kirlenmenin kaynağı insan devreye girmiş, kömürün bulunuşuyla, kentsel yerleşim ve sanayileşme ile beraber hava kirliliği artarak yüksek bir hızla artıp ilerleme göstermiştir. Hava kirlenmesinin neden olduğu çok sayı da olay ve bu olaylara karşı alınmış tedbirler hava kirlenmesinin tarihçesini oluşturur (Tünay ve Alp 1996).

19. yüzyıldan sonra kömür, petrol ve fosil yakıtlarının enerji üretimi için kullanılmasının artması neticesinde SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> ve partikül kirleticilerinin atmosferde konsantrasyonları giderek artmaktadır.

## 2.5. Hava Kirliliğinin Kaynakları

Hava kirliliğinin birincil kaynağı yanma reaksiyonlarıdır. Birincil nedenler fabrikalar motorlu araçlar, ısınma, enerji üretimidir. Yanma gerçekleştiğinde yakıt içindeki hidrojen ve karbon havanın oksijeni ile birleşerek ısı, ışık, karbondioksit ve su buharı açığa çıkar. Bunlarla birlikte yakıttaki safsızlıklar, uygun olmayan hava/yakıt oranı ve ya çok yüksek ya da çok düşük yanma sıcaklıkları karbon monoksit, kükürt oksitleri, azot oksitleri, uçucu kül ve yanmayan hidrokarbonlar gibi hepsi hava kirleticileri olan maddelerin açığa çıkmasına neden oluşturabilir. En önemli hava kirleticileri; Azot oksit (NO<sub>x</sub>), Karbon monoksit (CO), Partikül maddeler (PM) ve Kükürt oksit (SO<sub>x</sub>) dir. Öncelikle, araç emisyonlarından ve fosil yakıtların fabrikalarda, termik santrallerde rafinerilerde, ofis binalarında, evlerde ve yakma tesislerinde, yakılması sonucu oluşmaktadır (Özdemir 2008).

Hava kirleticiler atmosfere ulaşp, burada önce bir duman bulutu ya da huzmesi halinde taşınırken, bir yandan da seyrelerek, çökelerek veya atmosferde reaksiyona girerek uzaklaşarak kaybolur.

Hava kirliliği kaynakları yapay ve doğal olmak üzere iki başlık altında incelenebilir.

### 2.5.1. Doğal kirleticiler kaynaklar

Orman yangınları, volkanlar, tozlar su yüzeyinden atılmalar veya sismik hareketler, jeotermik hareketler, şiddetli rüzgâr olayları veya kuru bölgelerden gelen doğal partiküllerin atmosferde asılı kalması veya taşınmasıdır (Toros *et al.* 2000)

### 2.5.2. Yapay kirleticiler kaynaklar

İnsan kaynaklı kirleticilerin oluşturduğu kaynaklardır (Toros *et al.* 2000).

Hava kirliliği yapay kaynakları 3'e ayrılmaktadır.

- a) Isınmadan(alansal) kaynaklanan hava kirliliği
- b) Motorlu taşıtlardan (çizgisel) kaynaklanan hava kirliliği
- c) Sanayiden (noktasal) kaynaklanan hava kirliliği

#### **a) Isınmadan(alansal) kaynaklanan hava kirliliği**

Isınmak ve enerji oluşturmak için; katı, sıvı ve gaz yakıtların her türlü yakma düzeneğinde yakılmasıdır.

Hava kirliliğine, ülkemizde özellikle ısınma amaçlı, yanlış yakma tekniklerinin uygulanması, düşük kalorili ve kükürt oranı yüksek kömürlerin yaygın kullanılması neden olmaktadır. Konut ısıtılmasında, enerji temininde ve elektrik santrallerinde yakılan fosil yakıtlar içerisinde en büyük pay petrol ve kömürdür. Kullanılan yakıtın kalitesi ısınmadan kaynaklanan hava kirliliği üzerine çok etki etmektedir (Toros *et al.* 2000). Ülkemizde tüketilen enerji kaynaklarının %41'i konutların ısıtılması amacıyla kullanılmaktadır. Kış mevsiminde ısınmada kullanılan fosil yakıtların yanması hava kirliliğinin %80'ini oluşturmaktadır. (Gümrükçüoğlu ve Soylu 2011).

#### **b) Motorlu taşıtlardan (çizgisel) kaynaklanan hava kirliliği**

Kara, hava, deniz ve demiryolu trafiğine katılan tüm motorlu taşıtları kapsamaktadır.

Nüfus ve gelir düzeyinin yükselmesiyle birlikte, çoğalan motorlu taşıtlardan çıkan egzoz gazlarıdır. Yolcu ve yük taşıyan araçların oluşturduğu kirlilik başlıcalarıdır. Bunlar benzinli, mazotlu ve gaz tribünlü içten yanmalı motorla çalışmaktadırlar. Bu kaynaklardan yanma sonucu CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, HC ve PM, kirletici olarak atmosfere yayılmaktadır (Toros *et al.* 2000). Hava kirliliğinin %40'ını şehirlerde trafik oluşturmaktadır. Yazın bu oran git gide artmaktadır. Motorlu taşıtların egzozlarından

şehir atmosferine yayılan kirleticiler bölgenin hakim topoğrafik ve meteorolojik koşulları ile zaman zaman insan sağlığını tehdit edici seviyelere ulaşmıştır. Ayrıca karayollarındaki ulaşımdan kaynaklanan hava kirliliği gibi deniz kıyısında bulunan kentlerde denizyolu ulaşımından ve taşımacılığında kaynaklanan hava kirliliğinin de önemli olduğunu ortaya koymuştur (İlek ve Elbir 2012).

### **c) Sanayiden (noktasal) kaynaklanan hava kirliliği**

Sanayi kaynakları, her tür endüstriyel faaliyetten oluşan hava kirliliğini kapsamaktadır.

Bu kirleticiler, fabrikalar, sanayi ve enerji santralleridir. Hava kirliliğine, sanayi tesislerinin kuruluşunda yanlış yer seçimi, çevrenin korunması yönünden gerekli önlemlerin alınmaması (arıtma tesisi olmaması, baca filtresi, vb.), uygun teknolojilerin kullanılmaması, enerji üreten yakma ünitelerinde vasıfsız ve yüksek kükürtlü yakıtların kullanılması, başlıca etkenlerdir. Tesislerde üretim yapmak için enerjiyi sağlamak amacıyla kullanılan yakıttan atmosfere kirletici yayılmaktadır. Ayrıca, noktasal olarak katı atıkların açık arazide ve fırınlarda yanması sonucu da kirlenme oluşur, benzin, kuru temizleme çözeltileri, boya maddeleri ve gibi organik maddelerin buharlaşmasından kirlilik meydana gelmektedir (Toros *et al.* 2000).

## **2.6. Hava Kirletici Parametreleri**

Atmosferde kirleticiler yer alış durumlarına göre birincil ve ikincil kirleticiler olarak iki ana gruba ayrılır. Birincil kirleticiler kaynaktan atmosfere doğrudan iletilen kirleticiler, ikincil kirleticiler atmosferde var olan doğal bileşenler ile birincil kirleticiler ve atmosferik şartlar yardımıyla kimyasal reaksiyonlar sonucunda meydana gelirler. İkincil kirleticilerin oluşumunda fotokimyasal reaksiyonlar önemlidir.

### 2.6.1. Kirletici gazlar

Isınmadan(alansal), motorlu taşıtlardan (çizgisel) ve sanayiden (noktasal) kaynaklanan hava kirliliğinde atmosfere yayılan kirletici gazlar genellikle; karbon dioksit ( $\text{CO}_2$ ), benzen ve türevleri (BTEX), ozon ( $\text{O}_3$ ), azot dioksit ( $\text{NO}_2$ ), kükürt dioksit ( $\text{SO}_2$ ), hidrojen florür (HF), hidrojen klorür (HCl), hidrojen sülfür ( $\text{H}_2\text{S}$ ), karbon monoksit ( $\text{CO}$ )’dir.

#### a) Karbon dioksit ( $\text{CO}_2$ )

Havada %0 – 0.03 arasında, bulunmasına karşın miktarı ve değişkenliği nedeniyle karbon dioksit yaşamsal önemi olan bir gazdır. Havadaki  $\text{CO}_2$  miktarı karalar üzerinde denizlerdekinden fazladır ve karalar da şehirler civarında özellikle geceleri bu miktar daha da artar. Çünkü şehirlerde insan ve diğer canlıların sayıları fazla ve fabrika ve ev bacalarından çıkan  $\text{CO}_2$  oranı fazladır. Ayrıca volkanlardan, maden sularından da bir miktar karbon dioksit havaya karışır. Atmosfere karışan karbon dioksitin yaklaşık %80–85’i fosil yakıtların (petrol ve türevleri, kömürlerin ve doğal gazın) kullanılması sonucunda atmosfere karışmakta, %15-20’si de canlıların solunumundan ve mikroskopik canlıların organik maddeleri ayrıştırmasından oluşmaktadır (Mitscherlich 1995). Bir yandan fosil yakıt kullanımının hızla artışı, diğer yandan fotosentez için tonlarca karbon dioksit harcayan ormanların ve bitkisel planktonların tahribi, atmosferdeki karbon dioksit miktarını son 160 bin yılın en yüksek düzeyine çıkarmıştır. Son 20 yıldır, atmosfere salınan insan kaynaklı  $\text{CO}_2$  gazının yaklaşık dörtte üçü fosil yakıtların yanmasından, geri kalanı da arazi kullanımı değişikliği ve özellikle ormanların yok edilmesinden kaynaklanmaktadır. Karbon dioksit miktarının artması da atmosferin ısınmasına neden olarak sera etkisini her geçen gün biraz daha arttırmaktadır (Denhez 2007).  $\text{CO}_2$  yoğunluğunun atmosferde iki katına çıkması durumunda evrensel sıcaklığın ortalama  $3^\circ\text{C}$  artacağından, küresel ısınmaya karşı alınacak tedbirlerin başında karbon dioksit salınımının azaltılması gelmekte ve bu alanda uluslararası düzeyde çabalar harcanmaktadır.

**b) Benzen ve türevleri (BTEX)**

Uçucu organik bileşiklerin (UOB'ler) insan sağlığı üzerinde göz tahrişinden kansere kadar çok çeşitli doğrudan etkileri var olup, troposferik ozon oluşumuna sebep olduğu için ekosistem üzerine dolaylı etkileri vardır. UOB'ler arasında kanser yaptığı kanıtlanmış ve kent atmosferinde trafik, endüstri gibi birçok kaynaktan salınım yapan benzen kirleticisi ayrı bir öneme sahiptir. Son zamanlarda, ciddi olumsuz etkilerinden dolayı ülkemizde dahil bir çok ülkede benzen ve türevleri (BTEX) kontrollü, rutin olarak ölçülmeye başlanmış, salınımları yönetmeliklerle kontrol altına alınmaya çalışılmaktadır (Civan vd 2014).

**c) Ozon (O<sub>3</sub>)**

Yer seviyesi ozon (troposferik) kirliliği atmosfere doğrudan salınmamaktadır. Güneş ışığının etkisiyle, atmosfere salınan azot oksitler ve uçucu organiklerin karmaşık kimyasal reaksiyonları neticesinde oluşmaktadır. Bu sebeple azot oksit ve uçucu organik kirleticileri ozon öncül kirleticileridir. Küresel ölçekte metan ve karbon monoksit gazları da ozon oluşumuna sebep olabilmektedir. Azot oksitler ve uçucu organik kirleticilerinin temel kaynakları olan trafik, çözücü kullanımı ve sanayi tesisleri dolaylı olarak yer seviyesi ozon kirliliğine yol açmaktadır. Yer seviyesi ozonu şehrin üzerinde tabaka halinde birikebildiği gibi önemli mesafelere de taşınabilmektedir. Ülkemizde yaz aylarında daha etkili olan güneş ışığı ve yüksek sıcaklık sebebiyle yer seviyesi ozon kirliliği artış göstermektedir (Morcalı and Akan 2017).

**d) Azot dioksit (NO<sub>2</sub>)**

NO<sub>2</sub>, insan sağlığını en çok etkileyen azot oksit türü olması itibari ile NO<sub>2</sub> kentsel bölgelerdeki en önemli hava kirleticilerinden biridir. NO<sub>2</sub> parametresi sırası ile trafik, ısınma ve sanayi bölgeleri ile oluşan bir kirleticidir.

Azot oksit ( $\text{NO}_x$ ) emisyonları insanların yarattığı kaynaklardan oluşmaktadır. Azot dioksit ( $\text{NO}_2$ ), daha çok enerji santrallerinden ve motorlu araçların egzoz borularından yayılır (Morcalı and Akan 2017).

$\text{NO}_x$ 'in doğal kaynakları arasında yıldırım, topraktaki mikrobiyolojik işlemler ve orman yangınları vardır.  $\text{NO}_x$ 'in çoğu NO olarak yanma sonucu ortaya çıkar.

#### **e) Kükürt dioksit ( $\text{SO}_2$ )**

Kükürt dioksit, bir kükürt iki oksijene sahip bir bileşendir.  $\text{SO}_2$  kirleticisinin ana kaynağı kükürt oranı yüksek yağların, linyitin ve kömür yakılmasıdır.  $\text{SO}_2$  ayrıca kükürt oranı yüksek bronz ve tuncun eritilmesiyle ortaya çıkmaktadır.  $\text{SO}_2$  parametresi sırası ile ısınma, sanayi ve trafik bölgeleri ile oluşan bir kirleticidir. Renksiz, boğucu ve asidik bir gazdır.  $\text{SO}_2$  kömür ve fuel-oil'in doğal olarak yapısında bulunan kükürt bileşiklerinin yanması ile açığa çıkmaktadır.  $\text{SO}_2$  konsantrasyonları genellikle endüstriyel alanların çevrelerinde ve evsel ısıtma amacıyla kömür kullanımının yaygın olduğu şehirlerin merkezi bölgelerinde yüksek değerlerdedir (Akyürek 2012).

Kış aylarında  $\text{SO}_2$  konsantrasyonları mevcut hava koşulları nedeniyle çok yüksek olabilir. Kış aylarında görülen yüksek basınç durumu  $\text{SO}_2$  gibi kirleticilerin yer seviyesine yakın havada birikmesine yol açıyor.

Kükürt dioksite özellikle çocuklar ve astımlı kişiler duyarlıdır. Uzun vadede maruz kalmak solunum hastalıklarına, akciğerlerin savunma mekanizmasında değişikliklere ve kalp hastalıklarının kötüleşmesine neden olur.

#### **f) Hidrojen florür (HF)**

Hidrojen florür, formülü HF olan bir kimyasal bileşiktir. Bu renksiz gaz genellikle, hidroflorik asit gibi sulu çözelti formunda bulunur ve florun başlıca sanayi kaynağıdır.

İlaç ve polimer (örneğin teflon) endüstrisinde kullanılan önemli bileşiklerin öncüsüdür. HF petrokimya endüstrisinde yaygın olarak kullanılır ve birçok süperasitin bir bileşenidir. Diğer hidrojen halidlerden farklı olarak, HF havadan daha hafiftir ve gözenekli maddelerde oldukça çabuk şekilde yayılır (Anonim 2019 a).

Başlıca atılma yeri fosfatlı gübre, çelik, alüminyum, çimento, tuğla ve seramik sanayisidir. Floridler tahriş edici gazlardır. Mukozalarda yanma ile etkileşim açığa çıkar. Bitkilerde birikerek kurumalarına yol açar.

#### **g) Hidrojen klorür (HCl)**

Hidrojen klorür gazı, sanayide sülfürik asit ile sodyum klorürün (sofra tuzu) birlikte ısıtılmasıyla ya da hidrojen ve klor gazlarının denetimli koşullarda doğrudan birleştirilmesiyle elde edilir. Bazı yanardağlardan ve sıcak su kaynaklarından çıktığı için doğada da bulunur. Nemli havada hidrojen klorür gazı beyaz bir dumana dönüşür; bu duman gazın suda çözünmesiyle oluşan Hidroklorik asit damlacıklarıdır.

#### **h) Hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S)**

Hidrojen sülfür renksiz, yoğun kötü kokulu bir gaz olup özellikle kirli suların arıtılması işlemleri, madencilik ve petrol arıtım işlemleri sırasında organik maddelerin anaerobik dekompozisyonu sonucu ortaya çıkan bir gazdır. Ayrıca birçok endüstriyel işlem sırasında yan ürün veya ara ürün olarak kullanılır. Kauçuk ve lastiklerin kükürtle sertleştirilmesi, kömür ve metal madenciliği, deri işlemeciliği, suni ipek imalatı, lağım arıtım işlemleri, maden suyu üretimi, petrol ve gaz endüstrisi sırasında meydana çıkan bir gazdır.

### i) Karbon monoksit (CO)

Karbon monoksit renksiz, kokusuz, ve tatsız bir gaz olup karbon içeren yakıtların eksik yanması ile ortaya çıkar. Birincil bir hava kirletici olan karbon monoksit, oksijen eksikliği, tutuşma sıcaklığı, yüksek sıcaklıkta gazın kalıcılık zamanı ve yanma odası türbülansı gibi etkenlerden birinin eksikliğinde tam olmayan bir yanma sonucunda CO<sub>2</sub> yerine meydana gelmektedir (Masters 1991) Kararlı bir gaz olan karbon monoksitin atmosferde kalıcılık süresi 2 aydan fazladır. Şehir havasında bulunan karbon monoksit insan sağlığına önemli etkilerde bulunmaktadır. Bu etkilerin en önemlisi de karbon monoksidin kandaki vücut hücrelerinin oksijen taşıma kabiliyetini azaltmasıdır. Dünyadaki karbon monoksit üretiminin yaklaşık olarak %70'inden fazlasının ulaştırma sektöründendir bu nedenle bu sektöre kontrol teknolojileri uygulanmalıdır. Sonuç olarak karbon monoksit vücudun oksijen miktarını ciddi bir şekilde azaltarak ölümlere yol açabilmektedir (İncecik 1994).

### 2.6.2. Partikül madde

Partiküler madde, hava içinde askıda bulunan partiküllerin çeşitli ve kompleks karışımını içerir. Partiküler madde antropojenik ve doğal faaliyetler sonucu oluşur (Poschl 2005). Partiküler madde, atmosferde standart şartlarda katı ya da sıvı olarak bulunan birleşmemiş su dışındaki maddelere denilir. Partiküler maddenin esas kaynakları fabrikalar, enerji tesisleri, yakma tesisleri, inşaat faaliyetleri, yangınlar ve rüzgârdır. Partiküllerin boyutu aerodinamik çapları 2,5 µm'den küçük olanlar PM<sub>2,5</sub> ve 10 µm'den küçük olanlar PM<sub>10</sub> olarak tanımlanmaktadır. Bu partiküller solunum sisteminde depolanabilirler. PM<sub>10</sub> üst solunum sisteminde depolanırken, daha küçük partiküller alveollerde birikirler. PM'nin bileşenleri, organik bileşikler, biyolojik orijinli materyaller, iyonlar, reaktif gazlar ve partiküler karbondur. Partiküler madde, ayrıca ikincil aerosoller (amonyak, sülfür ve azot oksitlerinin havada reaksiyonu) bitki polenleri ve yerden kalkan tozlar gibi birçok doğal kaynaktan da oluşabilir. Partiküler madde, nitelik ve niceliği bakımından; yoğunluğu, tanecik boyutları, kimyasal bileşimi

ve sağlık etkileri potansiyeline bağlı olarak geniş çapta değişim gösterir (zdemir 2008).

ABD’de yapılan istatistik çalışmaları sadece endüstriyel proseslerden meydana gelen partikül emisyonlarının yılda 7,5 milyon ton olduğunu göstermiştir. EPA ise orman yangınları sonucu meydana gelen partikül emisyonlarının tüm emisyonlar içerisinde %25 olduğunu belirtmiştir. Kömür yanması ise partikül emisyonlarını %29’una karşı gelmektedir.

### **2.6.3. Poliaromatik hidrokarbonlar (PAH)**

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar iki ya da daha fazla benzen halkasına sahip hidrofobik karakterli organik bileşiklerdir. PAH’lar doğal ya da antropojenik olarak organik bileşiklerin eksik yanması sonucu oluşur. Çoğunlukla fosil ve akaryakıt türevlerinin yanması sonucu oluşur. PAH kaynakları ısı, g, üretimi, endüstriyel proses, yakma, taşıt trafiği, sigara dumanı, volkanik patlama ve orman yangınlarıdır. Endüstrinin ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde PAH yoğunluğu yüksektir. Ayrıca bu yoğunluk zaman ve meteorolojik durumlarla değişmeler göstermektedir. PAH’ların mutajenik, toksik ve kanserojenik oldukları bilinmektedir (Wang *et al.* 2010; Nieva-Cano *et al.* 2001; Tsai *et al.* 2002; Liang *et al.* 2006).

### **2.6.4. Ağır metaller**

Isınmadan(alansal), motorlu taşıtlardan (izgisel) ve sanayiden (noktasal) kaynaklanan hava kirliliğinde atmosfere yayılan kirletici ağır metaller genellikle; kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), nikel (Ni), arsenik (As)’dir.

**a) Kurşun (Pb)**

Mavimsi veya gümüş grisi renğinde yumuşak bir metaldir. Kurşunun tetraetil veya tetrametil gibi organik bileşenlerinin yakıt katkı maddesi olarak kullanılmaları nedeniyle kirletici parametre olarak önem gösterirler. Uçuculuklarının diğer petrol bileşenlerinden daha fazla olması nedeni ile ilave edildiği yakıtın da uçuculuğunu artırır.

**b) Kadmiyum (Cd)**

Kadmiyum (Cd) gümüş beyazı renğinde bir metaldir. Havada hızla kadmiyum oksite dönüşür. Havadaki kadmiyum fume konsantrasyonu  $1 \text{ mg/m}^3$  limitini aşması durumunda, solunumdaki akut etkileri gözlemek mümkündür. Kadmiyumun vücuttan atılımının az olması ve birikim yapması nedeni ile sağlık üzerine olumsuz etkileri zaman doğrultusunda gözlenir. Uzun süreli maruziyetten en fazla etkilenecek organ böbreklerdir. Böbrekte oluşan hasarın tekrar geriye dönüşü mümkün değildir. Akciğer kanserinin oluşumunda kadmiyumun etkisi kesin olarak belirlenmiştir.

**c) Nikel (Ni)**

Nikel gümüşümsü beyaz renkli sert bir metaldir. Nikel biyolojik sistemlerde adenosin, trifosfat, aminoasit, peptit, protein ve deoksiribonükleik asitle kompleks oluştururlar. Havada bulunan nikel uzun süreli maruziyetin insan sağlığına etkileri hakkında güvenilir kanıtlar elde edilmese de; nikel işinde çalışanlarda astım gibi olumsuz sağlık etkileri ile birlikte, burun ve gırtlak kanserlerine neden olduğu ispatlanmıştır.

#### **d) Arsenik (As)**

Doğada çok az miktarda bulunan arsenik genellikle oksijen, klor ve kükürtle bileşik halde bulunur. Bitki ve hayvanlarda ise karbon ve hidrojenle bileşik yapar. Çoğu arsenik bileşiğinin özel bir tadı ve kokusu yoktur. Çevrede bulunan arsenik buharlaşmaz, çoğu arsenik bileşiği suda çözünür, arsenik bulaşmış maddelerin yanmasıyla havaya karışabilir, havadan yere inerek birikebilir, parçalanmaz, ancak bir türden diğerine dönüşebilir. Solunum ve sindirim yollarıyla vücuda alınabilir.

İnorganik arsenik insanlar için çok zehirli olup organik arsenik daha az zararlıdır. Arsenik sinir sistemi, mide-barsak ve cilt dokularına zarar verir. Yüksek miktarlarda solunması akciğer ve solunum yollarında yaralara neden olabilir.

### **2.7. Hava Kirliliğini Etkileyen Faktörler**

Hava kirliliğini etkileyen faktörler; meteorolojik, atmosferik, topoğrafik, kentleşme, sanayileşme ve sosyo-ekonomik yapı olarak gruplandırılır.

#### **2.7.1. Meteorolojik faktörler**

Hava kirliliğini etkileyen başlıca faktörler sıcaklık, basınç, yağış, rüzgar, nem, atmosferik şartlar (inversiyon)'dur (Soylu 2008).

Meteorolojik koşullar kirleticilerin taşınmasına olanak sağladığından atmosferde kirli ve temiz havanın birbirine karışmasına sebep olur (Zhang *et al.* 2015; Seo *et al.* 2017).

Meteoroloji kirletici parametrelerinin; taşınım, dağılım ve atmosferden ayrılmasında etkilidir. Sabit ve hareketli kaynaklardan oluşan kirleticilerin alıcıya nasıl ve hangi oranlarda ulaştığını anlayabilmek için meteorolojik ölçümler yapılmalıdır.

Dünya üzerinde farklı noktalarda kurulan meteorolojik ölçüm istasyonlarının yaptığı ölçümler sonucunda, sıcaklık ve rüzgâr parametreleri uzun yıllar boyunca ölçülmüş ve kayıt altına alınmaktadır. Kayıt altına alınan bu parametrelerin sonuçları Amerikan Ulusal Okyanus ve Meteoroloji Atmosfer Kurumu (NOAA) tarafından 1981-2010 yılları arasın için aylık ortalamalarda dünya geneli için modellenerek sunulmaktadır.

#### **a) Sıcaklık**

Hava kütlesi içerisinde, ısı enerjisinin sonucu olan molekül titreşimlerinin etrafa yaptığı etkidir (Soylu 2008).

Kış aylarında, hava sıcaklığının en düşük değerlerde olmasıyla ısınmak için yakıt tüketimi artmakta ve bu nedenle havaya verilen kirleticiler, topoğrafik nedenlere bağlı olarak oluşan inversiyonun etkisiyle dağılmayarak şehirde hava kirliliğine yol açmaktadır.

#### **b) Rüzgâr**

Yatay yönde yer değiştiren hava kütlesinin hareketi “rüzgâr” dır. Rüzgârın hızı (şiddeti) ve sıklığı (frekans) olarak belirleyici özellikleridir (Soylu 2008).

Rüzgârlar, kirlenmiş havayı ortamdan uzaklaştırmakta ya da kirletilmiş havayı temiz ortamlara taşıdıklarından dolayı hava kirliliği üzerinde doğrudan etkilidir. (Şahin 1989).

#### **c) Yağış**

Havadaki su buharının çeşitli koşullarda yoğunlaşarak atmosferden düşmesine yağış adı verilir. Yağışlar; yağmur, kar, çığ ve sis olarak çeşitlendirilir (Soylu 2008).

Yağış kirli havanın yıkanmasında etkilidir. Yıkanan kirli havadaki kirleticiler yağışla birlikte toprağa karışır. Böylece kirletici yer değiştirmiş olur.

#### **d) Basınç**

Atmosferi oluşturan gazların ağırlıklarının atmosfer içinde ve altındaki cisimlere yaptığı etkidir (Soylu 2008).

Hava basıncı, yeryüzündeki havanın hareketli veya hareketsiz olmasını etkilediği için konu ile ilgilidir. Yüksek basınç şartlarında sübsidans söz konusu olduğu için aşağıdaki kirli hava yükselememektedir. Aksine, hareketsiz olarak yeryüzünde kalmaktadır. Onun için antisiklonların etkili olduğu zamanlar kirlilik yönünden olumsuz sonuçlar doğmaktadır. Alçak basınç alanlarında ise yükselici bir hava hareketi vardır. Böylece alt katlardaki kirli hava yukarılara doğru çıkararak dağılmaktadır. Bu ise, olumlu bir ortam doğurmaktadır.

#### **e) Nem**

Atmosferde bulunan su miktarı “atmosferin nemliliği” olarak tanımlanır, 1 m<sup>3</sup> hava içerisindeki su buharının “gram” olarak ağırlığına denktir (Soylu 2008).

Havadaki nem, edinilen bilgilere göre artan nem bazı kirletici konsantrasyonlarını artırırken bazı kirletici konsantrasyonlarının bir miktar azalmasında etkilidir.

### **2.7.2. Atmosferik şartlar (inversiyon)**

Yeryüzünden belirli bir yükseklikte hava kütlesi içerisinde sıcak ve soğuk havanın yer değiştirmesidir. Yeryüzünü kuşatan atmosfer, troposfer diye adlandırılan alt tabakadan ibarettir. Deniz seviyesinden itibaren yüksekliği 10 km. dir. Bacadan ve egzozdan atılan kirleticilerin atmosferde dağılmasını etkileyen parametreler meteorolojik şartlar ile

bölgenin topografik özellikleridir. Günlük yaşamımızı etkileyen tüm meteorolojik olaylar troposferde oluşmaktadır.

Troposferde düşük basınç şartlarında sıcaklık yükseklikle azaldığından yer seviyesindeki hava kütlesi ve bacalardan atılan gazlar yükselir ve dağılır. Sıcaklık genelde yerden yükseklikle 100 m'de 0,65°C oranında azalır. Hava yerden yukarı doğru yükselirken genişler ve soğur. Hava içindeki nem, bulut oluşturmak üzere yoğunlaşır. Bu şartlar altında troposferde hava kirliliği ile ilgili sorun oluşmaz ve kirletici parametrelerde çökme olmaz.

Kararsız (anstabil) ve nötr şartlarda, yere yakın hava, üstteki havadan daha hızlı olarak ısınır. Isınan hava soğuk tabakaya doğru yükselir. Sıcaklığın yerden yükseklikle azalması, havayı karıştırarak bacalardan ve egzozlardan atılan kirleticilerin dağılmasına ve seyrelmesine yardımcı olur.

Bir kısım hava, çevre havasından daha sıcaksa bu hava atmosferde kendi sıcaklığına, yoğunluğuna ve basıncına ulaşınca kadar yükselir. Böylece kararsız ve nötr şartlarda bacadan ve egzozdan atılan gazların atmosferde yükselmesi ve dağılması hızlı bir şekilde gerçekleşir.

Yüksek basınç şartlarının hakim olduğu günlerde, açık hava ve sakin rüzgar rüzgarlı (hızı düşük) gecelerde, yer infra-kızıl radyasyonu yayarak hızlı şekilde soğur. Böylece yer ve yere yakın yüzey, yukarıdaki yüzeyden daha soğuk olur. Bu duruma sıcaklık inversiyonu denir. Böyle zamanlarda hava kütlesi yukarı doğru değil daha soğuk ortam olan aşağı doğru hareket etme eğilimi göstereceğinden inversiyonlu günlerde bacadan atılan sıcak kirleticiler yer seviyesinde tutulabilir ve birikebilir. Bu durumda bacalardan ve egzozlardan atılan kirleticiler inversiyon tabakası içinde veya altında tutulur ve birikmeye başlar. Bacadan atılan kirletici miktarı azaltılmıyorsa ve inversiyon süresi de uzuyorsa o bölgede ciddi hava kirliliği problemi yaşanabilir. Çünkü inversiyonlu şartlarda gazların dikey değil düşey hareketi ve birikmesi söz konusudur. Ayrıca soğuk hava, sıcak havadan daha yoğundur. Bu durum yer seviyesindeki havanın ve

kirleticilerin yükselmesini ve seyrelmesini önler. İnversiyon şehirlerin topoğrafik yapısına bağlı olarak da oluşmaktadır.

Özellikle inversiyonlu günlerde oluşan hava kirliliğine uzun süre maruz kalındığında insanların sağlığı üzerinde etkisi riskli olmaktadır. Sağlık maliyeti ve iş gücü kaybı oldukça yüksek olmaktadır (Dünyada, her yıl 225 milyar doların üzerinde kayıp iş gücüne mal oluyor) (Öztürk 2017).

Şekil 2.a ve 2.b de İzmir ilinde kış mevsiminde yaşanan inversiyon olayını gösteren resimler verilmiştir.



**Şekil 2.1.a.** İzmir ilinde kış mevsiminde inversiyon olayının yaşandığını gösteren resim



**Şekil 2.1.b.** İzmir ilinde kış mevsiminde inversiyon olayının yaşandığını gösteren resim

### **2.7.3. Topoğrafik faktörler**

Topoğrafya tepelik ve çukurluk yapısından dolayı meteorolojik parametreler (örneğin rüzgâr yön ve şiddetine) ve dolaylı olarak kirlilik dağılıma etki etmektedir. Topoğrafik faktörler, kirli hava kütlelerinin bir yerleşim birimi üzerinde kalış süresini etkilemektedir. Örneğin, yükseklik bu faktörler arasında yer almaktadır. Yeryüzünden atmosfere doğru 100 m yükseklikte hava sıcaklığı  $0,5^{\circ}\text{C}$  azalır (Çiftçi vd 2013).

Topoğrafik koşullar hava kirliliğini iki yönde etkilemektedir. Biri bu koşulların yarattığı iklime bağlı etkidir. Topoğrafik özellikler, hava akımının engellenmesine, dikey ve yatay hava hareketlerinin oluşmasına, çanak biçiminde oluş nedeniyle hakim rüzgarların etkisi dışında kalmasına neden olmaktadır. Diğerisi ise, topoğrafik koşulların yerleşim yeri yayılımına ve sanayi tesislerinin kurulmasına olan etkisidir.

#### 2.7.4. Kentleşme

Hızlı kentleşme ve nüfus artışı hava kirliliğini etkileyen önemli faktörlerdendir. Tarım alanların yok edilmesi, kentlerde konut sayısının artması, fazla taşıt sayısı kirliliği artırmaktadır (İsbir ve Açma 2005). Kırsal alandan kentlere olan göç de kentlerdeki nüfus artışının en büyük nedenlerinden biridir.

Büyük kentlerde hem yeni iş sahaları ve imkânları oluşurken, hem de yeni konut biçimleri gelişmiştir. Kısacası, yaşanan bu hızlı değişim kentlerdeki yapısal değişikliklere, özel veya kamu arazileri üzerinde hızlı gecekondulaşma ve apartmanlaşmaya hız kazandırmıştır (Ataöv ve Osmay 2007).

Zamanla ülkemiz genelinde şehirlerde artan nüfus ve sanayileşmeyle birçok kentte ve dolayısıyla coğrafi bölgede hava kalitesini bozulmuştur. Şehirlerdeki ısınmadan kaynaklanan hava kirliliği, özellikle kış dönemlerinin başlaması ile birlikte artış gösterir. Kış aylarında ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğinin esas nedenleri; ısınmada kalitesiz yakıtların (kül, kükürt ve nem oranı fazla olup ta kalorisi düşük kömürlerdir) kullanılması, yakma tekniklerinin yanlış uygulanması ve kazan bakımlarının düzenli olarak yapılmamasından kaynaklanır (Fatih *et al.* 2010).

Kent merkezlerinde kurulan AVM ve TOKİ binalarının şehirde az olan yeşil alanları yok ettiğini ve bundan dolayı şehirde yaşayan insanların akciğer damar hastalıkları ve göğüs hastalıklarına yakalanmasına neden olur.

#### 2.7.5. Sanayileşme

Kirletici önemli kaynaklarından bir de sanayi tesisleridir. Sanayi tesislerinde hem kullanılan fosil yakıtlar ve hem de üretim sebebiyle atmosfere kirletici maddeler salınmaktadır. Sanayileşme ile birlikte yerleşim birimlerinde kurulan fabrika ve benzeri tesislerden atmosfere emisyon salımı gerçekleşmektedir (İsbir ve Açma 2005).

Endüstrileşme de endüstri kuruluşlarının yanlış yerlerde yapılandırılması ve yanma sonucu atık gazların yeterli teknik önlemler alınmadan (baca filtresi, arıtma tesisi olmaması vb.) havaya bırakılmasıyla hava kirliliğine etki eden diğer bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır.

Özellikle gelişmiş ülkelerin kendilerini koruma düşüncesiyle geliştirmekte olan ülkeler aracılığıyla endüstrilerini o ülkelere kurarak buradaki sanayi kaynaklı hava kirliliğinin giderek artmasına neden olurlar (Türküm 1998).

#### **2.7.6. Sosyo-ekonomik yapı**

Hava kirliliği ile sosyo-ekonomi arasında çok yakın ve karşılıklı ilişki bulunmaktadır. Ekonomik gelişmenin devam etmesi ya da ekonomik faaliyetlerin fazlaşması hava kirliliğinin artış göstermesine sebep olurken, hava kirliliği de ekonomik gelişme ve ekonomik yapı üzerinde etkili olmaktadır. Ekonomik gelişme hava kirliliğini, hava kirliliği ise ekonomik gelişmenin ekonomik ve sosyal maliyetini arttırmaktadır. Bu ilişki düzeyi ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre farklılık göstermektedir. (Berberoğlu 1982).

### **2.8. Hava Kirliliğinin Etkileri**

#### **2.8.1. Su üzerindeki etkileri**

Yağmur suyu yeryüzüne indiği andan itibaren kirlilik yükünde ani bir artış olur. Organik ve anorganik partiküller, bitkisel ve hayvansal atıklar, doğal - yapay gübreler, mikroorganizmalar, pestisitler su ve yeraltı suyunun kirlenmesine sebep olurlar (Erzurum Kentair Raporu 2013).

### 2.8.2. Toprak üzerindeki etkileri

Katı, sıvı ve gaz atıklar alıcı ortama verildikten sonra, iklim durumuna, toprağın yapısına, topografya yapısına, atığın cinsine ve zamana bağlı olarak yeraltı sularına taşınırlar. Zirai mücadele ilaçlarının da aşırı ve bilinçsiz kullanımı büyük bir sorundur. Evsel atıkların doğrudan toprağa verilmesi sonucu, özellikle kanalizasyon sistemlerinin olmadığı yerlerde fosseptik çukurlardan sızan sular yer altı suyuna taşınmaktadır. Mikroorganizmalar, yer altı suyuna taşınım sırasında doğal olarak temizlenmeye uğrar. Ancak deterjan gibi parçalanmaya karşı dayanıklı bileşikler yer altı suyuna ulaşarak içme suyu açısından sorun yaratabilmektedir. Çöplerin açık alanlarda depolanması ve kirliliği azaltıcı faaliyetlerin uygulanmaya konmaması önemli sorunlara neden olmaktadır.

### 2.8.3. Flora-fauna üzerindeki etkileri

İnsanlarda görülen hava kirliliği etkilerine, bir ölçüde hayvanlarda da rastlanmaktadır. İnsanlar ve hayvanlar dışında bitkiler de hava kirliliğinin etkileri ile karşı karşıyadır. Hava kirliliğini meydana getiren bazı gazlar, bitkilerin solunumu sırasında gözeneklerinden içeriye girerek fotosentezi yavaşlatırlar. Bitkilerdeki olumsuz etki, bir ölçüde ürün azalmasına sebep olur. Kükürt dioksitin en çok etkilediği bitki türleri, bazı önemli tahıl ürünleridir. Ağaçların yapraklarında görülen renk bozulmaları da hava kirliliğinin bitki hayatında sebep olduğu ayrı bir bozulmadır.

### 2.8.4. Yapay çevreye (görüntü kirliliği üzerine) olan etkileri

Hava Kirliliğinin, görüntü kirliliği üzerindeki en çok bilinen tesiri; bina cephelerinde, kumaşlar ve diğer eşyalar üzerinde lekeler meydana gelmesidir. Yüzeyler üzerine 0,3 mikron büyüklüğündeki smogların birikmesi sonucu söz konusu bozulma ve lekeler meydana gelmektedir. Zamanla bu birikme, yüzeyi tahrip ederek, rengini değiştirerek kendini belli etmektedir. Hava Kirliliğinin malzemelere olan bir diğer tesiri korozyonu hızlandırmasıdır. Özellikle kükürt dioksit ( $SO_2$ ) çürümeyi son derece hızlandırmaktadır.

### 2.8.5. Ozon tabakasının incelmesinin etkileri

Atmosferdeki oksitleyici maddelerin en önemlisi ozondur. Ozon, kirletici kaynaklardan atmosfere atılan bir kirletici olmayıp, atmosferde çeşitli kirleticilerin yan etkileriyle ve güneşin mor ötesi ışınlarının yardımıyla meydana gelen reaksiyonlar ürünüdür. Ozon tabakasının inceliğiyle güneşin zararlı (morötesi) ışınlarının etkileri daha da zararlı olacaktır (Türküm 1998).

Canlıların hücrelerinde bulunan kalıtım maddeleri (DNA) tahrip olur. Tüm canlıların bağışıklık sistemi bozulur. Deri kanseri ve bazı göz hastalıklarında artışlar görülür. Bitki ve hayvan yaşamı üzerindeki olumsuz etkileri sonucu biyolojik çeşitlilikte azalmalar, denizel ve karasal ekosistemlerde bozulmalar olur. Atmosferin sera etkisi artacağından küresel sıcaklıkta artış görülebilir (Erzurum Kentair Raporu 2013).

### 2.8.6. Asit yağmurlarının etkileri

Hiçbir yabancı maddeyle kirlenmemiş bir atmosferde bile yağmur suyu hafif asit karakterlidir, pH derecesi 5,6'dır. Çeşitli yanma olayları sonucu havaya karışan  $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{NO}_x$  gibi gazlar yağışla birleşik asit meydana getirebilmekte, bunların yeryüzüne yağması ile asit yağmurları oluşmaktadır. Asit yağmurlarının bazı etkileri; Asit yağmurları göl, akarsularda asit dengesini bozarak, önce hassas canlılar olmak üzere tüm canlıları etkilemekte, hatta bazı türlerin ölümüne yol açmaktadır. Tarihsel kalıntıların, çelik köprülerin, demiryollarının aşınmasına, tahribatına neden olmaktadır. En büyük etkisi ormanlar üzerinde olup, ağaçların en önemli organı olan yapraklardaki büyüme ve gelişmeyi engellemektedir. Yeryüzüne inen asit yağmurları, suya ve toprağa geçerek, onların fizyo-kimyasal yapısını değiştirmekte, neticede toprak ve suyla ilişkide olan canlılar etkilenmektedir (Erzurum Kentair Raporu 2013).

Havadaki bazı gazlar ışık geçirgen tavan işlemi görür. Bu “ sera gazlarından” en çok bulunanı karbon dioksit, metan, karbon monoksit, hidrokarbonlar ve kloroflorokarbon'dur. Bu gazlar ışık geçirgen oldukları için yüksek sıcaklıktaki güneş

ışınları hava küreyi aşarak yeryüzüne ulaşır. Yeryüzünden yansıyan düşük sıcaklıktaki ışınlar (ısı) ise sera gazlarınca engellenerek yükselmez. Bunun nedeni, enerjinin CO<sub>2</sub> tarafından soğurulması ve bunun sonucu hava kürenin ve tüm gezegenin ısınmasıdır. Dünyanın sıcaklığı, binlerce yıldır kullanılan yakıtlardan yanma sonucu oluşan CO<sub>2</sub> sanayi devriminden bu zamana kadar 1/2°C artmış bulunmaktadır. Böylece hava kirliliği ile birlikte, okyanusların yükselmesi, buzulların erimesi, seller vb. felaketlerin oluşmasıdır.

Sanayileşmede sanayi kuruluşlarının yanlış yerlerde yapılması ve yakıtların kullanımı sonucunda atık gazları yeterli önlemler alınmadan havaya salınmaktadır. Hava kirliliği yalnızca insan sağlığını değil doğayı da tehdit eden ciddi bir sorundur. Kirletilmiş hava akciğer kanserine neden olmaktadır (Brook *et al.* 2010). Ayrıca kirli hava insanların bağışıklık sistemine etki ederek birçok hastalığa da neden olmaktadır. Çizelge 2.3. de kirletici parametreler ve sağlık etkileri verilmiştir.

**Çizelge 2.3.** Kirletici parametreler ve sağlık etkileri (Anonim 2019c)

| <b>Kirletici</b> | <b>Temel Kaynağı</b>                                                                           | <b>Sağlığa Etkisi</b>                                                                |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Kükürt dioksit   | Fosil yakıt kullanılması                                                                       | Solunum yolu enfeksiyonları                                                          |
| Azot oksit       | Araç egzozları Yüksek sıcaklıkta yakma prosesleri                                              | Göz ve solunum yolu enfeksiyonları                                                   |
| Partikül Madde   | Sanayi, yakıt yanması, tarım ve ikincil kimyasal reaksiyonlar                                  | Kalp sorunları, Kanser, solunum yolu enfeksiyonları, bebek ölümleri                  |
| Karbonmonoksit   | Eksik yanma ürünü, taşıt emisyonları                                                           | Kandaki hemoglobin ile birleşerek oksijen taşıma kapasitesinde azalma ve ölüm sonucu |
| Ozon             | Trafikten kaynaklanan azot oksitler ve uçucu organik bileşiklerin(VOC) güneş ışığıyla değişimi | Solunum problemleri, göz ve burun problemleri, astım, vücut direncinde azalma        |

## 2.9. Hava Kalitesi ve Modellemesi

### 2.9.1. Hava kalitesi

Yaşadığımız ortamda ki hava kalitesi ne kadar yüksekse, hayat kalitemiz de o kadar yüksek olmaktadır. Kaynaktan (ısınma, ulaştırma ve endüstri) kaynaklı hava kirleticilerinin yoğunluğuna göre hava kalitesi değişmektedir. Hava kirliliğinin, canlı sağlığı üstünde çok büyük sağlık problemlerine neden olduğunu bilmekteyiz. Hava kirliliği insan sağlığını etkileyerek, yaşam kalitesini düşürmektedir. Bu bağlamda, bir bölgede hava kalitesini ölçmek, o bölgede yaşayan insanların nasıl bir hava teneffüs ettiğinin saptanması açısından çok büyük önem taşımaktadır. Unutulmaması gereken bir nokta, bir bölgede meydana gelen hava kirliliği sadece o bölgede görülmeyip meteorolojik olaylara bağlı olarak yayılım göstermektedir. Hava kalitesi düzenli olarak ölçüldüğü takdirde, o bölgedeki kirliliğin ne düzeyde olduğu belirlenebilmekte, temiz hava planları çıkarılmakta, hava kirliliği haritaları oluşturulmakta ve dağılım modelleri yapılmaktadır. Bu bakımdan oluşturulan hava kalitesi ölçümleri doğrultusunda, elde edilen sonuçlardan yola çıkarak, hava kalitesinin iyileştirilmesi yönünde çözüm önerileri ve standartlar daha sağlıklı, gerçekçi ve kolay şekilde oluşturulabilmektedir.

Şehir içi bölgelerde hava kalitesi seviyesinin belirlenmesi için uzun süreli ve kapsamlı çalışmaların yapılması gereklidir. Bacadan ve egzozdan atılan kirleticilerin atmosferde dağılımını, topoğrafik ve meteorolojik faktörler etkiler. Kirleticiler ise bölgedeki kaynak tiplerine göre değişmektedir. Bu nedenden dolayı ölçüm değerleri, bölgenin hava kalitesi seviyesini temsil edici yer ve ölçüm ağı içinde diğer istasyonlardan elde edilen verilerle karşılaştırılabilir ve mukayese edilebilir olması gerekir. Ölçüm yerlerinden elde edilen değerlerin bölgelerarası farkı da yansıtması istenir. Dolayısıyla yoğun, az yoğun ve yoğun olmayan kirlenmeye maruz kalan bölgeler, önceden tek tek etüt edilmelidir. Ölçümlerle, sanayi, konut ve taşıt kaynaklarının her birinin veya tümünün bölgenin, hava kalitesi seviyesi üzerine etkisi tespit edilmelidir. Bu tür çalışmalarda, bölgede mevcut kirlenme kaynakları yanında, şehir dışından taşınan

background kirletici konsantrasyonları da tespit edilebilmelidir ki; böylece şehir içi bölgede kirletici kaynakların hava kalitesi üzerine etkisi belirlenebilsin. Bir bölgenin hava kalitesi tespit edilirken; özellikle halkın, bitkilerin, ağaçların, hayvanların, taşıtların, yapıların ve malzemelerin hava kirlenmesine maruz kaldığı yerler seçilmelidir. Ölçüm istasyonları 1 saat, 8 saat, 24 saat ve yıllık periyotlar için yeterli sayıda veri (en az %50 oranında) üretebilmelidir. Hava kalitesi ölçüm çalışmalarında, topoğrafik ve meteorolojik faktörlerin bölgenin hava kalitesi seviyesi üzerine etkileri de belirlenmelidir.

Özetle, ölçüm noktalarından elde edilen veriler, o bölgenin hava kalitesi seviyesini ve standardını sağlıklı olarak temsil edebilmelidir. Hava kalitesi ölçüm ağı hava kalitesini izleme ve halkın bilgilendirilmesine katkıda bulunmalıdır. Kirletici seviyesi sınır değerlerini aştığında gerekli acil eylem planı devreye sokulmalıdır. Hava kalitesi için önemli diğer bir husus ise ölçüm yerlerinin tespitidir. Eğer o bölgeyi tam anlamıyla temsil edecek bir yer belirlenmese, gerçek bir hava kalitesi çalışması yapmış olmayız. Kirletici konsantrasyonlarının bölgeyi temsil edici olabilmesi için hava kirliliği ölçüm cihazları girişleri; ev, apartman, sanayi ve taşıtların bacalardan çıkan emisyonların ve türbülans, vorteks, bastırma (down wash) gibi etkenlerden direk etkilenmemesi için mümkün olduğu kadar yapılardan ve ağaçlardan etkilenmeyen yerlerde, mümkünse park-bahçelerde, eğitim alanlarında veya hastane bahçelerinde, trafik yoğunluğunun çok az veya hiç olmadığı yerlerde, spor alanları, şehir meydanları ve regresyon alanlarında olması gerekir.

Sonuç olarak, ölçüm cihazları sonuçlarından, özellikle belirli bir kirletici kaynak etkisinden çok o bölgede mevcut tüm kirletici kaynakların, bölgenin genel hava kalitesi seviyesi üzerine etkisi elde edilebilmelidir (Aydınlar vd 2009).

### 2.9.2. Hava kalitesi ölçüm yöntemleri

Hava kalitesi izleme metodolojisi;

- Pasif örnekleyiciler,
- Aktif örnekleyiciler,
- Otomatik analizörler
- Uzaktan algılayıcılar,

olmak üzere dört başlık altında incelenmektedir.

#### a) Pasif örnekleyiciler

Çeşitli gazlar için kullanılan pasif örnekleyiciler; gaz ve buhar halindeki kirletici numunelerini, atmosferdeki statik bir tabaka içinden difüzyon veya bir membran içinden permeasyon gibi fiziksel bir işlemle, atmosferden hız kontrollü olarak alabilen cihaz olarak tanımlanır. Ancak burada, havanın örnekleyici içinden aktif bir hareketle geçmesi gerekmez. Bu ölçüm sonuçları, meteorolojik koşullara kuvvetle bağlıdır. Modern anlamda difüzyon tipi pasif örnekleyiciler, Palmes ve Gunnison tarafından; permeasyon / difüzyon tipi örnekleyiciler ise Reiszner ve West tarafından geliştirilmiştir. Difüzyon tipi örnekleyicilerin temel prensibi; gaz moleküllerinin, yüksek konsantrasyon bölgesinden (örnekleyicinin açık ucu), düşük konsantrasyon bölgesine (örnekleyicinin sonundaki absorblayıcı) difuze olmasıdır.

#### b) Aktif örnekleyiciler

Bu örnekleyiciler, hava numunesinin bir pompa aracılığı ile kimyasal veya fiziksel bir ortamdan geçirilebilmesi için elektrik enerjisine ihtiyaç duyarlar. Örneklenen hava hacminin yüksek olması hassasiyeti artırır. Söyle 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 US EPA gravimetrik yüksek hacimli (High-Volume) örnekleme yöntemidir.

#### **c) 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 ısıma veya flüoresans ışığı üreterek kimyasal reaksiyon oluşur. Işık detektörü, ölçülecek kirleticinin konsantrasyonu ile orantılı olarak elektriksel bir sinyal oluşturur.

#### **d) Uzaktan Algılayıcılar**

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.

#### **2.9.3. Hava kalitesi modelleri**

Hava kalitesi modelleri matematiksel ve sayısal teknikleri kullanarak, fiziksel ve kimyasal prosesleri simüle eder. Bu kimyasal ve fiziksel süreçte önemli olan nokta, atmosferde bulunan hava kirleticilerinin nasıl bir tepkime verdiği ve yayılımının incelenmesidir. Meteorolojik veriler ve kaynak girişleri üzerinde emisyon oranları ve yükseklik yığını gibi bilgiler temelinde, bu modeller, doğrudan atmosfere verilen birincil kirleticilerin karakteristiğini belirlemek için dizayn edilmiştir ve bazı durumlarda, ikincil kirleticiler bu atmosfer içinde karmaşık kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşur.

**En sık kullanılan hava kalitesi modelleri şu şekildedir;**

**-Dispersiyon modellemesi;** bu modeller tipik olarak izin alma prosesi sürecinde, emisyon kaynağı etrafında yer-seviyesi reseptörlerinde kirletici konsantrasyonlarının tahmini için kullanılmaktadır.

**-Fotokimyasal modelleme;** bu modeller genellikle düzenleyici veya politika değerlendirmelerinde, tüm kaynaklardan çıkan kirletici konsantrasyonları tahmin edilerek etkileri ve büyük mekânsal ölçekler üzerinde kimyasal reaktif ve inert kirleticilerinin her ikisi de miktarının simule edilmesi için kullanılmaktadır.

**- Reseptör modelleme;** gözlem teknikleri olarak adlandırılır ki bu teknikler, kaynaktan ölçülen gaz ve partiküllerin kimyasal ve fiziksel karakteristiklerinin belirlenmesinde kullanılır ve reseptör varlığı tanımlamak ve reseptör konsantrasyonlarına kaynak katkıları ölçmek için kullanılır.

Modelleme çalışmaları yoluyla, yapılmış olan emisyon ölçümlerinden yararlanılarak, yer seviyesindeki konsantrasyonlar hesaplanmakta ve bulunan değerler ile ölçüm sonuçları karşılaştırılabilme olanağı sağlanmaktadır.

**Modellemeler için gerekli olan girdi verileri ise şu şekilde sıralanabilir;**

- Emisyonlar (trafik, sanayi, ısınma verileri ve emisyon faktörü)
- Meteoroloji
- Background Kirliliği
- Modelleme yapılan alan hakkında bilgi (cadde yapısı, binalar, topografya vb.)

Hava kalitesi izleme çalışmalarında, şehrin her noktasında sık sık ölçümler yapmak mümkün değildir. Hem zaman hem de fazlasıyla emek harcanmış olacaktır. Bu nedenle tüm şehri temsil edebilecek, bir nokta seçilir. Bu bölgede ölçümler gerçekleştirilir ve

daha sonra modeller yardımıyla hem su anki durumu hem de gelecek senaryolar oluşturulması sağlanır. Bu şekilde daha kolay bir şekilde tüm şehrin hava kalitesi modelleri oluşturulması sağlanacaktır. Unutulmamalıdır ki modelin güvenilir ve doğruluğu, bizim elde etmiş olduğumuz girdi verilerine bağlıdır. Veriler ne kadar doğruysa yapacak olduğumuz modellemede o kadar doğru sonuçlar oluşacaktır (Aydınlar vd 2009).

#### **2.9.4. Hava kirliliği parametrelerinin jeostatistik yöntemlerle analizi**

Hava kirliliği parametrelerinin belirlenmesi üzerine uygulanan analiz metotları olarak Jeostatistik ve Konumsal Enterpolasyon Yöntemleri, Jeostatistik Olmayan Enterpolasyon Yöntemleri, Birleşik Enterpolasyon Yöntemleri ve Jeostatistik Enterpolasyon Yöntemleri kullanılmaktadır.

Çalışmamızda kullanacağımız Kriging yöntemi, Jeostatistik Enterpolasyon Yöntemleri içerisinde yer almaktadır (İnal ve Yiğit 2003).

#### **2.10. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği**

Bu Yönetmeliğin amacı; hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için hava kalitesi hedeflerini tanımlamak ve oluşturmak, tanımlanmış metotları ve kriterleri esas alarak hava kalitesini değerlendirmek, hava kalitesinin iyi olduğu yerlerde mevcut durumu korumak ve diğer durumlarda iyileştirmek, hava kalitesi ile ilgili yeterli bilgi toplamak ve uyarı eşikleri aracılığı ile halkın bilgilendirilmesini sağlamaktır (Anonim 2019b).

Bir ulusun hava kalitesinin iyileştirilmesindeki başarısı, yerel ve ulusal hava kirliliği problemleri ve kirlilik azaltmadaki gelişmeler konusunda doğru ve iyi bilgilendirilmiş vatandaşlara bağlıdır (Sharma *et al.* 2003a). Bir bölgedeki kirletici seviyelerini anlamak için uygun bir aracın geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu araç, vatandaşın hava kirliliği seviyesi hakkında doğru ve anlaşılabilir şekilde bilgi sağlarken, aynı zamanda

ilgili otoritelerin toplum sağlığını korumak için önlem almaları konusunda kullanılabilir olmalıdır (Kyrkilis *et al.* 2007).

Bu amaçla, geliştirilen standart değerler, gerek uyarıcı ve anlaşılabilir olması gerekse de kullanımı açısından yaygın olarak bir indekse çevrilerek sunulabilmektedir. Belli bir bölgedeki hava kalitesinin karakterize edilmesi için ülkelerin kendi sınır değerlerine göre dönüştürdükleri ve kirlilik sınıflandırılmasının yapıldığı bu indekse Hava Kalitesi İndeksi (HKİ) (Air Quality Index/AQI) adı verilmektedir. İndeks belirli kategorilerde farklı tanım ve renkler kullanılarak ifade edilmekte ve ölçümü yapılan her kirletici için ayrı ayrı düzenlenmektedir (Yavuz 2010).

Ulusal Hava Kalitesi İndeksi, EPA (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı) Hava Kalitesi İndeksinin ulusal mevzuatımız ve sınır değerlerimize uyarlanması sonucu oluşturulmuştur. 5 temel kirletici için hava kalitesi indeksi hesaplanmaktadır. Bunlar; partikül maddeler (PM<sub>10</sub>), karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), azot dioksit (NO<sub>2</sub>) ve ozon (O<sub>3</sub>) dur. Çizelge 2. 4 Ulusal hava kalite indeksi kesme noktaları ve renkleri ve Çizelge 2. 5 EPA hava kalitesi indeksi verilmiştir.

**Çizelge 2.4.** Ulusal hava kalite indeksi kesme noktaları (Anonim 2019c)

| İndeks    | HKİ       | SO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ] | NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ] | CO [µg/m <sup>3</sup> ] | O <sub>3</sub> [µg/m <sup>3</sup> ] | PM <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ] |
|-----------|-----------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
|           |           | 1 Sa. Ort.                           | 1 Sa. Ort.                           | 8 Sa. Ort.              | 8 Sa. Ort.                          | 24 Sa. Ort.                           |
| İyi       | 0 – 50    | 0-100                                | 0-100                                | 0-5500                  | 0-120                               | 0-50                                  |
| Orta      | 51 – 100  | 101-250                              | 101-200                              | 5501-10000              | 121-160                             | 51-10                                 |
| Hassas    | 101 – 150 | 251-500                              | 201-500                              | 10001-16000             | 161-180                             | 101-260                               |
| Sağlıksız | 151 – 200 | 501-850                              | 501-1000                             | 16001-24000             | 181-240                             | 261-400                               |
| Kötü      | 201 – 300 | 851-1100                             | 1001-2000                            | 24001-32000             | 241-700                             | 401-520                               |
| Tehlikeli | 301 – 500 | >1101                                | >2001                                | >32001                  | >701                                | >521                                  |

**Çizelge 2.5. EPA hava kalitesi indeksi (Anonim 2019c)**

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

Maksimum günlük sekiz saatlik ortalama konsantrasyon, saatlik verilerden hesaplanıp her saat güncellenen sekiz saatlik dinamik ortalamalar incelenerek seçilir (Anonim 2019c).

Havadaki kirlenici konsantrasyonunu azaltmak için ülkeler standartlar geliştirmiştir. Bu sınır değerler belirlenirken insan sağlığı ve çevreye verdiği zarar üzerinde durulmuştur. Çizelge 2.6'da Avrupa Birliği (AB) Ülkeleri ve Türkiye'de tüm canlıların ve doğanın korunması için Hava Kalitesi Limit Değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.6. Hava kalitesi limit değerleri

| Kirlenici                     | AB-Limit Değerler |                              |                                                                           | Türkiye-Limit Değerler |                                      |                              |                              |                              |                              |                              | Türkiye için AB Limit Değerlerin Geçerli Olacağı Tarih |
|-------------------------------|-------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------|
|                               | Süre              | Limit Değer                  | Aşma Sayısı                                                               | Süre                   | 2009 ve Öncesi Sınır Değer           | 2010 Sınır Değer             | 2011 Sınır Değer             | 2012 Sınır Değer             | 2013 Sınır Değer             | 2014 Sınır Değer             |                                                        |
|                               |                   | ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |                                                                           |                        | ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )         | ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )                           |
| SO <sub>2</sub>               | saat              | 350                          | 24 kez/yıl                                                                | saat                   | 900                                  | 900                          | 900                          | 900                          | 900                          | 500                          | 1 Ocak 2019                                            |
|                               | 24 saat           | 125                          | 3 kez/yıl                                                                 | 24 saat                | 400                                  | 370                          | 340                          | 310                          | 280                          | 250                          |                                                        |
|                               | kış dönemi        | 20                           | -                                                                         | kış dönemi             | 250                                  | 225                          | 200                          | 175                          | 150                          | 125                          |                                                        |
|                               |                   | (ekosistem)                  |                                                                           |                        |                                      |                              |                              |                              |                              |                              |                                                        |
|                               | yıl               | 20                           | -                                                                         | yıl                    | 150 (insan sağlığı)                  | 150                          | 150                          | 150                          | 150                          |                              |                                                        |
|                               |                   | (ekosistem)                  |                                                                           |                        | 60 (ekosistem)                       | 52                           | 44                           | 36                           | 28                           | 20                           | 1 Ocak 2014                                            |
| NO <sub>2</sub>               | saat              | 200                          | 18 kez/yıl                                                                | 24 saat                | 300                                  | 300                          | 300                          | 300                          | 300                          | 300                          | 1 Ocak 2024                                            |
|                               | yıl               | 40                           | -                                                                         | yıl                    | 100                                  | 92                           | 84                           | 76                           | 68                           | 60                           |                                                        |
| NO <sub>x</sub>               | yıl               | 30                           | -                                                                         | -                      | -                                    | -                            | -                            | -                            | -                            | 30                           | 1 Ocak 2014                                            |
|                               |                   | (ekosistem)                  |                                                                           |                        |                                      |                              |                              |                              |                              |                              |                                                        |
| PM <sub>10</sub>              | 24 saat           | 50                           | 35 kez/yıl                                                                | 24 saat                | 300                                  | 260                          | 220                          | 180                          | 140                          | 100                          | 1 Ocak 2019                                            |
|                               | kış dönemi        |                              |                                                                           | Kış dönemi             | 200                                  | 178                          | 156                          | 134                          | 112                          | 90                           |                                                        |
|                               | yıl               | 40                           | -                                                                         | yıl                    | 150                                  | 132                          | 114                          | 96                           | 78                           | 60                           |                                                        |
| Pb                            | yıl               | 0,5                          | -                                                                         | yıl                    | 2                                    | 1,8                          | 1,6                          | 1,4                          | 1,2                          | 1                            | 1 Ocak 2019                                            |
| C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> | yıl               | 5                            | -                                                                         | -                      | -                                    | -                            | -                            | -                            | -                            | -                            | 1 Ocak 2021                                            |
| CO                            | 8 saat            | 10000                        |                                                                           | 8 saat                 |                                      |                              |                              |                              |                              | 16000                        | 1 Ocak 2017                                            |
|                               | yıl               |                              |                                                                           | yıl                    | 10000                                | 10000                        | 10000                        | 10000                        | 1000                         | 10000                        |                                                        |
|                               | 24 saat           |                              | -                                                                         | 24 saat                | 30000                                | 26000                        | 22000                        | 18000                        | 14000                        | 10000                        |                                                        |
| O <sub>3</sub>                | 8 saat            | 120                          | 25 gün/yıl                                                                | 8 saat                 | 120 (2022 için hedef değer)          |                              |                              |                              |                              |                              | 1 Ocak 2022                                            |
|                               |                   | (hedef değer)                |                                                                           |                        |                                      |                              |                              |                              |                              |                              |                                                        |
|                               | Saat              | 180 (bilgi eşliği)           | -                                                                         | saat                   | 180 (bilgi eşliği) 240 (uyan eşliği) |                              |                              |                              |                              |                              |                                                        |
| Arsenik                       | yıl               | 0,006                        | Bir yılda PM <sub>10</sub> fraksiyonunda ki toplam ikenk için hedef değer | yıl                    |                                      |                              |                              |                              |                              |                              | 1 Ocak 2020                                            |
| Kadmiyum                      | yıl               | 0,005                        |                                                                           | yıl                    |                                      |                              |                              |                              |                              |                              |                                                        |
| Nikel                         | yıl               | 0,02                         |                                                                           | yıl                    |                                      |                              |                              |                              |                              |                              |                                                        |
| Benzo(a) piren                | yıl               | 0,001                        |                                                                           | yıl                    |                                      |                              |                              |                              |                              |                              |                                                        |

NOT: 1 Ocak 2014' ten itibaren AB limit değerlerin geçerli olacağı tarihe kadar limit değerler toleranslı değerlerdir. AB Limit Değerlerin geçerli olacağı tarihlere kadar tolerans payları sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır

Çizelge 2.6'da Türkiye'deki limit değerler AB deki limit değerlerinden fazla olduğu görülmektedir.

Türkiye de hava kirliliğini azaltmak için; 2009 - Egzoz Gazı Emisyonu Kontrolü Yönetmeliği, 2004 - Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, 2009 - Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, 2004 - Benzin ve Motorin Kalitesi Yönetmeliği, 2008 - Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği ve 2005 - Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği yönetmelikleri çıkarılmıştır.

## 2.11. Türkiye'de Hava Kirliliği

Yoğun şehirleşme, şehirlerin yanlış yerleşmesi, düzensiz sanayileşme, kalitesiz yakıt kullanımı, motorlu taşıt sayısının artması, meteorolojik şartlar ve topoğrafik gibi

nedenlerden dolayı büyük şehirlerimizde bilhassa kış mevsiminde hava kirliliği artmaktadır.

Bir bölgede hava kalitesini ölçmek, o bölgede yaşayan insanların nasıl bir hava teneffüs ettiğinin bilinmesi açısından çok büyük önem taşımaktadır. Önemli bir nokta da, bir bölgede meydana gelen hava kirliliğinin sadece o bölgede görülmeyip meteorolojik olaylara bağlı olarak yayılım göstermesi ve küresel problemlere de (küresel ısınma, asit yağmurları, vb) sebep olmasıdır (İzmir İl Çevre Durum Raporu 2017).

Ülkemizde çevre problemlerini kontrol altında tutmak için değişik yöntem ve politikalar yürütülmüştür. Endüstrileşme ve şehirleşme oluşan gelişmelerle birlikte en önemli problemlerden birini hava kirliliğini oluşturmuş ve bu sorunun çözümüne ilişkin olarak ta değişik yasal politikalar ve yöntemler ortaya çıkmıştır.

Türkiye'deki hava kirliliğinin önemli bir toplum sağlığı sorunu, kent merkezlerinde kurulan AVM ve TOKİ binalarının şehirde az olan yeşil alanları yok ettiğini ve bundan dolayı şehirde yaşayan insanların astım atakları, KOAH, akciğer kanseri, çocuklarda ise akciğer gelişim geriliği, tüberküloz ve akciğer damar hastalıkları başta olmak üzere göğüs hastalıkları alanının önde gelen tüm hastalıklarına yakalandığına işaret etmiştir.

## **2.12. İzmir Kentinin Genel Özellikleri**

### **2.12.1. Coğrafi, topoğrafik ve kentsel özellikler**

Türkiye'nin üçüncü büyük kenti olan İzmir Ege kıyı bölgesinin tipik bir örneği gibidir. Kuzeyde Mavra Dağları, güneyde Kuşadası Körfezi, batıda Çeşme Yarımadası'nın Tekne Burnu, doğuda ise Aydın, Manisa il sınırları ile çevrilmiş İzmir, batıda kendi adıyla anılan körfezle kucaklaşır. İzmir ili içinde Ege Bölgesi'nin önemli akarsularından olan Gediz Nehri'nin aşağı çıkışı ile Küçük Menderes Nehri bulunur. Girintili ve çıkıntılı kıyı bandı doğal olarak sayısız güzellikte koy ve plajların oluşumu ile sonuçlanır. Gümüldür, Özdere, Foça, Karaburun, Çeşme sahil ve plajları İzmir için

büyük bir turistik önem taşımaktadır. Öte yandan aynı doğal yapı, birçok balıkçı barınağının veya yat yanaşma yerlerinin oluşmasına neden olmuştur. Bu özellikleriyle İzmir doğal bir turizm ve liman kentidir. Akdeniz iklim bölgesinde yetişen geniş, sert ve iğne yapraklı, sürekli yeşil kalan, kuraklığa dayanıklı ağaç ve çalılar, yaygın doğal bitki örtüsünü oluşturur. İzmir de 2016 yılında TÜİK verilerine göre 30 ilçe ve belediye, bu belediyelerde toplam 1295 mahalle bulunmaktadır (İzmir İl Çevre Durum Raporu 2017).

İzmir ili yüzey şekilleri bakımından parçalı bir yapı gösterir: Dağlık alanlar ile bunların arasındaki çukur alanlar birbirini izler. İlin en yüksek noktası Bozdağlar (2159 m) dır. Batı tarafından Ege denizi ile çevrili olan ilin kıyıları bütün Ege kıyıları gibi girintili çıkıntılıdır. İzmir ilinden denize dökülen akarsular kıyıda alüvyon biriktirerek kıyı çizgisinin denize doğru ilerlemesine neden olmuşlardır.

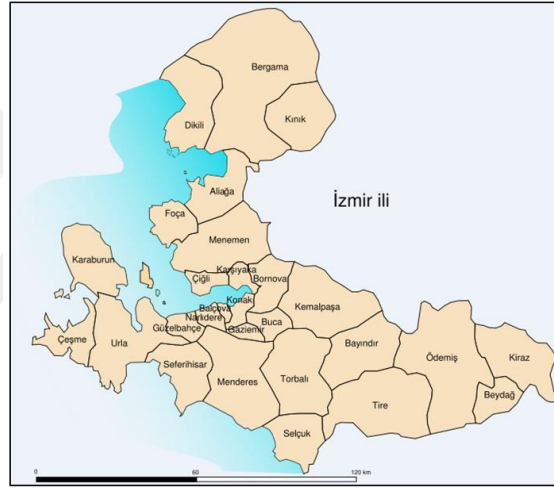
İzmir ili yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı olan Akdeniz ikliminin etkilidir. Kıyı şeridi oldukça uzun olan ilin kuzey ve güney kıyılarıyla iç kesimler arasında sıcaklık farkları görülmektedir. Sıcaklık değerleri kuzeyden güneye doğru artar ve kıyıda iç kesimlerdekinden daha fazladır. Bu durum yıllık ve aylık ortalama sıcaklıklarda açıkça bellidir. Yıllık ortalama sıcaklıklar 16 °C'ın üstündedir. En soğuk ocak ayıdır, en sıcak ay ağustos ayıdır. (Anonim 2019f).

İzmir ilinde yağış miktarı, yıllık ortalama 1/2 m'den fazla, 1 m'den azdır. Yalnızca İzmir'in doğusunda Kemalpaşa'da yıllık yağış miktarı 1 m'yi geçer (1062 mm). En fazla yağış kışın, en az yazın düşer; bu özellik de İzmir'in Akdeniz yağış rejiminin etkisi altında olduğunu göstermektedir. Yağışlı günlerin ortalama sayısı, yılın üçte birini), kar yağışlı gün sayısı ise hiç bir yerde bir tam günü bulmamaktadır(Anonim 2019f).

İzmir'de güney yönlü rüzgârlar (özellikle güneydoğudan esenler) egemen durumdadır. İkinci olarak, mevsimsel değişimlere bağlı olarak batı-kuzeybatı yönlü rüzgârlar etkilerini gösterir. İzmir'de yazın bunalıcı olan havanın etkisini imbat rüzgârları biraz

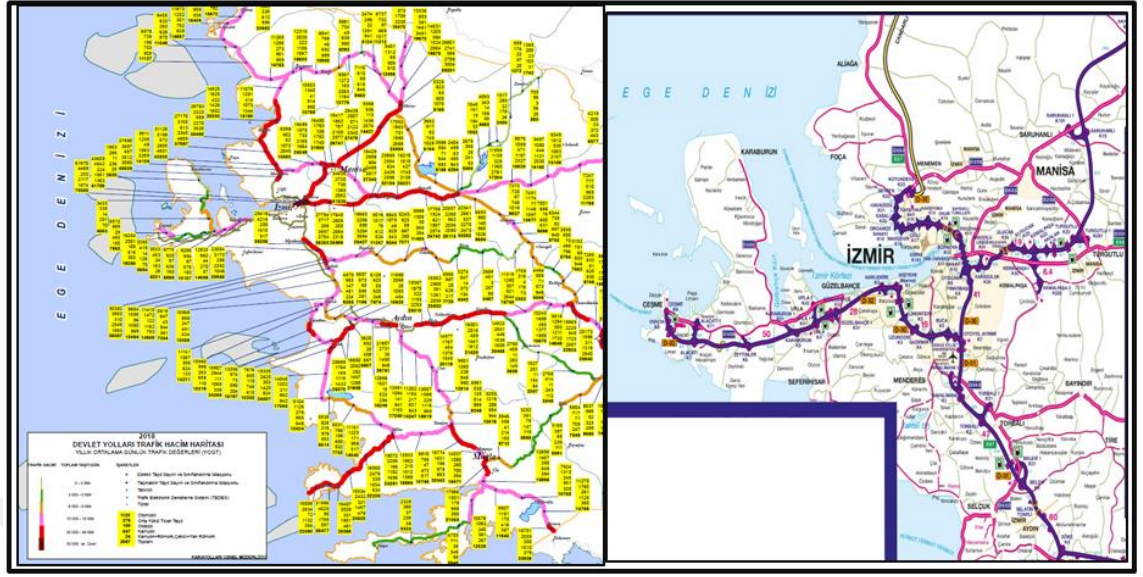
hafifletmektedir. İmbat sabahları durgun geçen bir havadan sonra esmeye başlar ve estiği sırada serinlik getirir; akşamüstü hafifleyerek durur(Anonim 2019f).

İlin ilçeleri (30 tane); Aliağa, Balçova, Bayındır, Bayraklı, Bergama, Beydağ, Bornova, Buca, Çeşme, Çiğli, Dikili, Foça, Gaziemir, Güzelbahçe, Karabağlar, Karaburun, Karşıyaka, Kemalpaşa, Kınık, Kiraz, Konak, Menderes, Menemen, Narlıdere, Ödemiş, Seferihisar, Selçuk, Tire, Torbalı, Urla dır. Şekil. 2.2 de ilçeler gösterilmiştir. Ayrıca Şekil 2.3'te İzmir ve ilçelerinin otoyol hacim haritası ve otoyollar haritaları verilmiştir.



**Şekil 2.2.** İzmir ilçeleri haritası (Anonim 2019g)

İzmir sanayisi ilk olarak, 2002 yılında doğalgazı kullanmaya başlamıştır. İzmir'in ilçeleri sırasıyla, 13 Temmuz 2006 yılında Karşıyaka ilçesine gelmesiyle kavuşmuştur. Sırasıyla 2006 yılında Kemalpaşa, Torbalı, Gaziemir; 2007 yılında Aliağa, Konak, Bornova, Bayraklı, Karabağlar, Buca, Tire, Çiğli; 2010 yılında Menemen, Balçova, Menderes; 2011 yılında Narlıdere; 2016 yılında Ödemiş; 2017 yılında Kınık ve Bayındır doğal gaza kavuşmuştur (Anonim 2019h)



**Şekil 2.3.** İzmir ve ilçelerinin otoyol hacim haritası ve otoyollar haritaları (Anonim 2019ı)

### 2.12.2. İl ve ilçeler nüfusu

İli toplam nüfusu 4 320 519 'dır. İlin yüzölçümü 12 007 km<sup>2</sup>'dir. İlde km<sup>2</sup>'ye 360 kişi düşmektedir. Yoğunluğun en fazla olduğu ilçe, 499 325 kişi ile Buca'dır. İlde yıllık nüfus artış oranı % 0,95 olmuştur (Anonim 2019d).

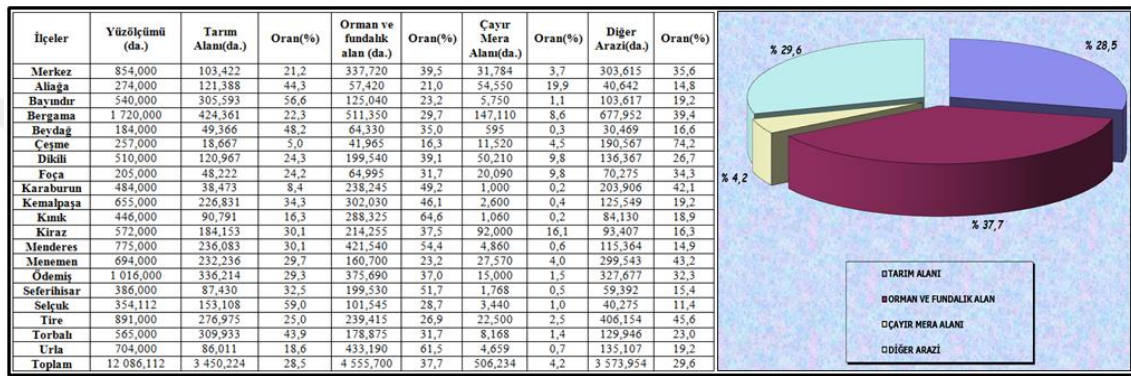
2018 yılı il ve ilçe nüfus bilgileri nüfusa göre azalan şekilde sıralanmış hali Çizelge 2.6. da verilmiştir. (Anonim 2019d).

Çizelge 2.7. İzmir ve ilçelerinin 2018 yılı nüfusu(Anonim 2019d)

|           | İzmir      | Nüfus     |
|-----------|------------|-----------|
|           |            | 4 320 519 |
| 2018 yılı | Buca       | 499 325   |
|           | Karabağlar | 479 986   |
|           | Bomova     | 445 232   |
|           | Konak      | 356 563   |
|           | Karşıyaka  | 344 140   |
|           | Bayraklı   | 311 524   |
|           | Çiğli      | 194 525   |
|           | Torbalı    | 178 772   |
|           | Menemen    | 174 564   |
|           | Gaziemir   | 137 553   |
|           | Ödemiş     | 132 511   |
|           | Kemalpaşa  | 106 298   |
|           | Bergama    | 103 185   |
|           | Aliağa     | 95 392    |
|           | Menderes   | 93 796    |
|           | Tire       | 84 457    |
|           | Balçova    | 79 357    |
|           | Urla       | 66 360    |
|           | Narlıdere  | 66 203    |
|           | Dikili     | 44 172    |
|           | Kiraz      | 43 989    |
|           | Sefehisar  | 43 546    |
|           | Çeşme      | 43 489    |
|           | Bayındır   | 40 584    |
|           | Selçuk     | 36 360    |
|           | Foça       | 33 131    |
|           | Güzelbahçe | 32 592    |
|           | Kınık      | 29 803    |
|           | Beydağ     | 12 507    |
|           | Karaburun  | 10 603    |

### 2.12.3. Tarım, maden, sanayi ve bilim-teknoloji

İzmir il topraklarının % 60'ı dağlık, % 18'i plato ve % 22'si ovalardan ibarettir. Dağlar kıyılarına paralel olmayıp dik olarak uzanırlar. Bu paralel dağ uzantıları arasındaki çöküntü ovalar çok verimlidir. İzmir oluk şekilli çukur ovalarla kaplıdır. İzmir'in genel arazi dağılımı Şekil 2. 4'de verilmiştir.



Şekil 2.4. İzmir ili genel arazi dağılımı(2018) (Anonim 2019i)

İzmir, tarıma dayalı sanayi kolları açısından oldukça gelişmiştir. Tekstil, konfeksiyon, gıda, içki, bira, tütün, yem sanayi en önemli işkolları arasında yer almaktadır. Bunların dışında, demir-çelik, petro kimya, otomotiv, çimento, ayakkabı, gübre, tarım makineleri ve seramik sanayi kentin önemli sanayi ürünleri arasında yer almaktadır.

Hammadde kaynakları, nitelikli işgücü ve ulaşım olanaklarının genişliğinin yanı sıra liman kenti olmasının da etkisiyle İzmir, bölgenin sanayi ve ticaret merkezi konumuna gelmiş durumdadır. Sanayi sektöründe üretilen ürünlerin, dünya standartları ölçüsünde kaliteye sahip olduğu varsayılmıştır.

İzmir ve çevresinde kömür, altın, bakır, kurşun, çinko, demir, antimon, perlit, grafit, asbest, titanyum, dolomit ve mermer madenleri çıkarılıp işlenmektedir. İzmir, inşaat malzemeleri imalatı alanında Türkiye'nin önde gelen şehirlerinden biridir. İzmir fuarı ve ihracat limanı ile önemli bir sanayi kentimizdir.

İzmir sanayisinin gelişimine küçük sanayi siteleri, organize sanayi bölgeleri, serbest bölgeler ve teknoparklar katkı sağlamaktadır.

İzmir’de sanayinin temelleri, 17 Şubat-4 Mart 1923 tarihlerinde gerçekleştirilen 1. İzmir İktisat Kongresi’nde atılmıştır. İzmir’de planlı sanayileşmenin adımları bu kongrenin yapıldığı tarihten sonra atılmıştır. İzmir’de sanayi yatırımlarının yoğunlaştığı ilçeler arasında Aliağa, Bornova, Çiğli, Gaziemir, Kemalpaşa, Menderes, Menemen ve Torbalı yer almaktadır.

İzmir organize sanayi bölgeleri; Aliağa Kimya İhtisas ve Karma, Tire, Torbalı, Kemalpaşa, Kınık, Pancar, Bergama, Buca Ege Giyim, İtob, Menemen Plastik İhtisas, Bağyurdu, Ödemiş, Atatürk Organize Sanayi Bölgeleri’dir.

Türkiye’nin petrokimya konusunda en büyük firmalarından biri olan Petkim Petrokimya Holding A.Ş. (PETKİM) Aliağa tesisleri İzmir’de bulunmaktadır.

Petkim, Tüpraş ve Star Rafinerisi gibi petro-kimya sektöründe Türkiye’nin dev sanayi kuruluşlarının yer aldığı Aliağa’da, enerjiden lojistiğe ticaret hacminin en yüksek olduğu ilçeler listesinde üst sıralarda yer alıyor (Anonim 2019e).

İzmir’de otomotiv sektöründe faaliyet gösteren ve yoğun oranda dış ticaret yapan büyük ölçekli firmaların yanı sıra, küçük ölçekli firmalar da görülmektedir. Sanayi tesislerinin büyük çoğunluğu OSB ve küçük sanayi sitelerinde kümelenmektedir.

Ülke ihracatını arttırmada önemli bir araç olarak görülen serbest bölgeler, ihracata dayalı kalkınma stratejisi çerçevesinde, İzmir dış ticaretinin gelişimine önemli katkıda bulunmaktadır.

İzmir’de ileri teknoloji ürün ve hizmet üretmek amacıyla sanayi ve üniversite işbirliğini sağlayan teknoloji bölgelerinin sayısı da günden güne artmaktadır. İzmir Bilimpark’da

dahil olmak üzere; Dokuz Eylül Teknoloji Geliştirme Bölgesi, Ege Teknopark Teknoloji Geliştirme Bölgesi ve İzmir Teknoloji Geliştirme Bölgesi ile birlikte toplam bu anlamadaki merkezlerin sayısı 4'e ulaşmıştır.

### 2.13. Kaynak Özetleri

Hava kirliliği ile ilgili verilerin değerlendirilmesi yönünde yapılan çalışmalardan bir kısmı Ulusal literatür de yapılan çalışmalar, bir kısmı da Uluslararası literatürde yapılan çalışmalar olmak üzere iki başlık altında incelenmiştir.

#### a) Ulusal literatürde yapılan çalışmalar

Trabzon kent merkezinde bazı meteorolojik faktörlerin hava kirliliği üzerindeki etkisi ile ilgili olarak yapılmış olan çalışmada Demirci ve Çuhadaroglu; Kasım 1994- Nisan 1995 arası sabit istasyon verileri kullanılarak istatistiksel bir inceleme yapmıştır. Bu çalışmadan elde edilen bulgular; Trabzon kent merkezinde PM ve SO<sub>2</sub> gibi hava kirleticiler ile meteorolojik faktörler arasındaki ilişkilerin genel olarak zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir. Demirci ve Çuhadaroglu tarafından yayınlanmış olan istatistiksel çalışmada Trabzon kent merkezinde SO<sub>2</sub> ve PM gibi hava kirleticilerin, rüzgâr yönü ile olan ilişkisi üzerine incelemeler yapılmıştır. Bu çalışma Kasım 1994-Aralık1997 dönemleri için hava kirleticilerin sadece Kuzey Doğu yönünden esen rüzgârdan azaltıcı yönde azda olsa etkilendiği göstermektedir.

(Doğru v.d., 2013), İstanbul'da bulunan 8 adet meteoroloji istasyonuna ait 1976-2006 yılları arasındaki meteorolojik parametrelerin (sıcaklık, nem ve yağış) Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamına aktarılması, enterpolasyon teknikleri ile dağılım haritalarının oluşturulması, parametrelerin birbirleri ve konum ile ilişkisinin incelenmesi amacıyla ArcGIS yazılımında IDW enterpolasyon yöntemi ile dağılım haritaları oluşturmuştur.

(Akyürek vd 2013), Kocaeli İlinde bulunan 9 adet Hava İzleme İstasyonundan elde edilen hava kirleticisi parametreleri olarak SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, NO ve NO<sub>2</sub>'nin 2013 yılına ait

Haziran, Temmuz ve Ağustos verileri kullanılmış ve konumsal analiz yöntemlerinden Ordinary Kriging, IDW ve Spline yöntemleri hava kirliliği parametrelerine uygulanarak kirletici parametrelerin konumsal analizi ArcGIS 9.x - 10 yazılımı ile yapılmıştır. CBS tekniği ile kirletici parametrelere ilişkin konumsal örüntüler belirlenerek mekansal kirlilik dağılım haritaları oluşturulmuş ve istasyon bazındaki istatistikler dinamik haritalama ile değerlendirilmiştir. Hava kirleticilerin konumsal değişkenlikleri ile konumsal bağımlılık ilişkileri incelenmiştir. Kirletici parametre konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimleri ve yönsel bir eğilim gösterip göstermediği, anizotrop bir yapıya sahip olup olmadığı araştırılmıştır. CBS tekniği ile hava kirliliği parametrelerine ilişkin konumsal örüntülerin belirlenerek mekânsal kirlilik dağılım haritaları oluşturulmuş ve istasyon bazındaki istatistikler dinamik haritalama ile değerlendirilmiştir. Hava kirleticilerin konumsal değişkenlikleri ile konumsal bağımlılık ilişkileri incelenmiş ve bulgular yorumlanmıştır. Kirletici parametre konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimleri araştırılmış ve trend grafikleri yardımıyla analizler yapılmıştır. Konumsal Analiz yöntemlerinden Ordinary Kriging, Ters Ağırlıklı Mesafe yöntemi ve Spline yöntemleri hava kirliliği parametrelerine uygulanarak hava kirliliği dağılım haritaları elde edilmiştir. Ters Ağırlıklı Mesafe yönteminde yöntemin ana karakterine uygun olarak dayanak noktaları etrafında kestirilen yüzey değerlerinin birbirine yaklaşık eşit olmasından kaynaklanan lokal değerlere duyarlı sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Spline yönteminde ise ters ağırlıklı mesafe yöntemine zıt olarak hava kirliliği parametrelerinin devamlı ve genel trendlerini gösteren sonuçlar üretilmiştir. Ordinary Kriging yönteminde varyogramlarla belirlenen konumsal bağımlılıklar ve olasılıklar dikkate alınarak elde edilmesinden dolayı dağılım haritalarının en iyi sonucu verdiği belirlenmiştir. Kirlilik parametreleri arasında yönsel bir eğilim olup olmadığı varyogramlar incelenerek araştırılmış ve PM<sub>10</sub> Haziran ve NO<sub>2</sub> Ağustos verileri arasında bir yönsel eğilim (anizotropi) olduğu tespit edilmiştir. Bu anizotropinin sebebinin neler olabileceği araştırılmış ve meteorolojik parametrelerden rüzgar yönünün Kocaeli iline ait rüzgar gülleri incelenerek bu anizotropinin oluşmasında etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmada hava kalitesi yönetimi gibi kompleks çevresel analizlerde kirlilik dağılım haritalarını oluşturulmasında CBS yaklaşımının yararlılığı ve sağladığı avantajlar ortaya konulmuş ve Ordinary Kriging yönteminin en iyi sonucu verdiği belirlenmiştir.

(Tayanç 2000), İstanbul'da kış sezonu Sülfür dioksit ( $\text{SO}_2$ ) oranlarının konumsal dağılımını incelemiştir. İstanbul'da bulunan 16 adet hava kirliliği izleme istasyonundan elde edilen veriler yardımıyla iki ayrı kış sezonuna ait  $\text{SO}_2$  kirlilik haritası oluşturmuştur. İstanbul'da doğalgaz kullanımının artmasıyla birlikte  $\text{SO}_2$  kirliliğinin azaldığı elde edilen haritalardan tespit edilmiştir.

(Sertel 2007) tarafından İstanbul ili Avrupa yakasında yersel hava kalitesi ölçme istasyonlarından Ocak 2003-Aralık 2006 tarihleri arasında elde edilen ölçme değerleri kullanılarak bir çalışma yapılmış ve Avrupa yakasına ait hava kalitesi bilgileri üretilmiştir. Öncelikle, bu tarihler arasındaki zaman serileri oluşturularak, CO,  $\text{SO}_2$  ve askıda katı madde parametrelerinin zamana bağlı davranışları ve periyodiklikleri analiz edilmiştir. Zaman serileri yardımıyla seçilen ve sürekli veriye sahip olan Ocak- 2005 ve Ağustos-2005 tarihleri için ise istasyonlardan temin edilen değerler kullanılarak tüm Avrupa yakası üzerinde bu değerlerin ne olabileceği kriging yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Semivariyogramlar, jeostatistiğin temel anahtarı olup, ilk uygulamada semivariyogramların bir afet bölgesinde ağır hasarlı alanların tespitinde kullanılabileceği gösterilmiştir. Kriging yöntemi ise, jeostatistikte yaygın olarak kullanılan bir interpolasyon yöntemi olup, ikinci uygulamada bu yöntemin hava kalitesi çalışmaları için kullanılabilirliği ortaya koyulmuştur. Bu çalışmada, İstanbul Metropolitan alanında gerçekleştirilen hava kalitesi ölçümlerinin ulaştırma sistemleri ile ilişkilendirilmesi ve ulaştırmadan kaynaklı hava kirliliği analizlerinin yapılması hedeflenmiş (Sertel vd 2007), çalışmanın sonucunda jeostatistiğin mekansal analiz ile kullanıldığında karar vericilere sağladığı avantajlar tartışılmıştır (Mekânsal analiz için jeostatistik yaklaşım Sertel, Demirel, Kaya). Çalışma kapsamında hava kalitesi ölçümleri için zaman serileri ve kriging yöntemi mekansal analizler ile bütünleştirilmiştir. Zamansal analizler İstanbul Avrupa yakasında seçilen 6 istasyondan hava kalitesi emisyon parametreleri günlük olarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi web-sayfalarından (IBB 2007) 2003 ve 2006 yılları için elde edilmiştir. Burada hedeflenen her bir parametrenin zaman içerisindeki davranış yapısını anlayabilmek ve kriging testleri için en uygun zamanı bulabilmektedir. Limit değer olarak Avrupa Birliği tarafından ilan edilen  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$  alınmıştır. Elde edilen verilere göre kış aylarında tüm

parametreler sınır değerlerini aşarken, ulaştırma ile direkt ilişkilendirilebilecek yaz aylarında emisyon değerleri CO, SO<sub>2</sub> için sınırların altında, partiküler maddeler için bazı istasyonlarda halen sınır değerleri üzerindedir. Uzaktan algılama verileri ve Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kullanılarak istasyonların etki alanlarındaki arazi kullanım değerleri belirlenmiş ve ulaştırma altyapısı (hava alanı, otobüs terminali, karayoluna olan mesafe) ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca her istasyon için doğruluk istatistikleri çıkartılmıştır. Kriging haritaları üretmek için, verilerin sürekli olduğu Ocak ve Haziran 2005 tarihleri seçilmiştir. Ölçme istasyonlarının dağılımının kriging yöntemine olan etkisini araştırmak ve arazi kullanımının ölçme istasyonu seçimindeki rolünü belirlemek amacı ile 5 noktadan farklı kombinasyonlar ile kriging haritaları üretilmiştir. Yapay alanlarının en az olduğu Sarıyer bölgesi göz önüne alınmadığında elde edilen haritalarda fazla değişiklik olmazken, yapılaşmanın yoğun olduğu istasyon Alibeyköy göz önüne alınmadığında haritaların tamamen değiştiği görülmüştür. Enterpolasyon ile elde edilen tüm değerler için doğruluklar bilinmektedir.

(İncecik ve Daylan 2002) tarafından yapılan bir diğer çalışmada İstanbul'da hava kirliliği seviyelerinin 1992-2000 yılları arasında değişimi analiz edilmiş ve ısınma mevsimlerindeki mekânsal değişimi CBS kullanılarak araştırılmıştır. CBS konumsal veya coğrafik koordinatların baz alındığı verilerle çalışmak için oluşturulmuş bir bilgi sistemidir (Star and Estes 1990). Çalışmada, İstanbul'da 1990 yılı başlarından itibaren değişmeye başlayan emisyon paternine bağlı olarak şehirde ortaya çıkan hava kirliliği seviyelerinin yapısını CBS bakışı altında ortaya koymak ve şehrin gelecekte emisyon projeksiyonu ile planlanmasına ışık tutmak amaçlanmıştır. Bu çalışmada, İstanbul'da ısınma mevsimlerinde ortalama SO<sub>2</sub> konsantrasyonları ile arazi kullanımı ve nüfus arasındaki ilişkiler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak araştırılmıştır. Şehirlere ait imar planları ARC-INFO programı kullanılarak sayısallaştırılmış ve mekânsal analizlerin yapılabilmesi için ILWIS yazılım formatına çevrilmiştir. 1992-2000 periyodunda ısınma mevsimlerinde ortalama SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının zamansal değişimi incelenmiş ve azalan bir trend görülmüştür. CBS ile mekânsal analiz yapılarak büyük yerleşim ve iş merkezlerini kapsayan bölgelerde yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyon seviyeleri belirlenmiştir. İstanbul'da 5 istasyonda (Avrupa yakasında 2; Anadolu

yakasında 3) ölçülen SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarına ait 1995-1996 ve 1999-2000 ısınma mevsimlerindeki dağılımlar karşılaştırılmış ve SO<sub>2</sub> seviyelerinde azalma görülmüştür. SO<sub>2</sub>'deki bu azalmaya rağmen yüksek konsantrasyonların daha çok Avrupa yakasında meydana geldiği belirlenmiştir. Bu çalışmanın araştırma metodolojisi; 1992-2000 periyodunda ısınma mevsimlerindeki değişimin incelendiği trend analizi ve SO<sub>2</sub>'nin arazi kullanımı ile nüfus arasındaki ilişkisinin belirlendiği CBS ile yapılan mekânsal analizi içermektedir. Mekânsal araştırma, CBS'in en bilinen yönüdür. Ayrıca, CBS, mekânsal planlama projelerinde kullanılan çeşitli istatistiksel analizleri de gerçekleştirebilmektedir (Sengupta *et al.* 1996).

(Doğan ve Kitapçioğlu 2007) tarafından yapılan çalışmada Çalışmanın amacı İzmir ilinde 1989 – 2004 yılları arası kıs dönemi hava kirliliğini değerlendirmek ve hava kirliliği ölçüm alanları ile ilgili olarak yapılan değişiklikler ile hava kirliliği değerleri arasındaki ilişkileri saptamaktır. Bu çalışma, İzmir ilinin 1989 – 2004 yılları arası hava kirliliğinin değerlendirildiği kesitsel tipte bir çalışmadır. Kirlilik düzeyinin tespitinde SO<sub>2</sub> ve partikül madde (PM) kullanılmıştır. İzmir ilinin 1989 – 2004 yılları arası hava kirliliğinin kıs sezonu ortalama değerleri İstatistik Enstitüsü Başkanlığı, Kıs Sezonu Hava Kirliliği İstatistikleri temel olmak üzere ilgili kaynaklardan derlenmiştir. Verilerin analizinde; Zaman serisi analizi kullanılmıştır. Zaman serisi analizi, değişkenlerin bir zaman aralığı üzerindeki değerlerini ve bu değerlerin farklı değişkenler için birbirleriyle karşılaştırılmasına dayanır. Analizin iki temel amacı vardır. Birinci amacı; değişkenin gelecekte alacağı değerleri tahmin etmek, ikinci amacı ise zamana bağımlı yapıyı ortaya çıkarmaktır. İkinci amaç, zaman serilerinin trend, mevsimsellik, yapısal kırılmalar gibi bazı önemli özelliklerini saptamaktır. Bu araştırmada da 1989–1996 arası ile 1996–2004 arası dönemlere ait ölçümlerde gözlenen değerlerdeki düşmenin istatistiksel anlamlılık düzeyini, 1989 – 1996 ve 1996– 2004 arası eğride oluşan kırılmanın anlamlılığını ölçmek amacıyla tek değişkenli zaman serisi analizi, eğilim eğrisinin anlamlılığı testi (b/Sb), eğimler arası kırılmanın anlamlılığı testi; Zaman serisi analizi ile ham verilerin yıllara göre gösterdiği dalgalanmaları düzgünleştirme amacı ile en küçük kareler yöntemi kullanılarak en yakın değerler elde edilmiş ve düzeltilmiş (hesaplanan) değerler olarak ifade edilmiştir. Partikül madde (TAP) eğilim eğrisinde 1988–1996 arası dönemde

gözlenen ters yönde eğimin doğrulanmasında ise lineer regresyon uygulanmıştır. 1988 – 2003 yılları kış sezonu ortalama SO<sub>2</sub> ve partikül madde (TAP) ölçülen (ham) değerlerine göre düzeltilmiş (hesaplanan) değerlerde, 1996 sonrası dönemde önemli bir kırılma gözlenmektedir.

I. Kükürt Dioksit (SO<sub>2</sub>):1988–1996 arası ve 1996 - 2004 arası kış dönemlerinde hava kirliliği düzeylerinde gözlenen doğrusal azalma istatistiksel anlamlı ve iki dönem arası kırılma da istatistiksel anlamlı bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

II. Partikül madde (TAP): 1988–1996 arası ve 1996– 2004 arası kış dönemlerinde hava kirliliği düzeylerinde gözlenen doğrusal azalma istatistiksel anlamlı bulunurken ( $p < 0,05$ ), iki dönem arası kırılma da istatistiksel anlamlı bulunmamıştır ( $p > 0,05$ )

#### **b) Uluslararası literatürde yapılan çalışmalar**

Asrari *et al.* [28] tarafından İran'ın başkenti Tahran'da 1995'den 2002'ye kadar olan SO<sub>2</sub> ölçümleri ile bir hava kalitesi analizi yapılmıştır. Bu çalışmanın ana amacı meteorolojik faktörlerin kirletici konsantrasyon üzerindeki etkilerini göstermektir. Meteorolojik parametreler ve kirletici konsantrasyon arasındaki ilişki lineer regresyon denklemi ile ifade edilmiştir. Bu denklem rüzgâr hızı, günlük sıcaklık ve nemin SO<sub>2</sub> konsantrasyonu üzerinde ters etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

(Yang *et al.* 2011) 47 yıllık minimum – maksimum sıcaklıklar ve yağış değerlerini düzenleyip aylık ortalama verileri elde ederek konumsal enterpolasyon yöntemlerinden IDW, Ordinary Kriging (OK) ve Tension spline function (TPF, gerinimli spline fonksiyonu) ile ArcGIS ortamında değerlendirilmiş ve doğrulukları cross-validation (çapraz doğrulama) ile hesaplanmış ve kullanılan 3 yöntemin de ortalama mutlak hata, ortalama bağıl hata ve karesel ortalama hata kriterleri ile sonuçların doğruluklarını karşılaştırmıştır. OK'in sonuçları daha uygun olduğu gözlenirken, TPF'nin maksimum sıcaklıklarda en küçük ortalama mutlak hata ve karesel ortalama hata ile daha uygun bir yöntem olduğu görülmüş. Sonuç olarak OK ile üretilen grid haritaları daha düzgün bir görünüme sahipken diğerleri daha kaba gözükmiştir.

(Wen-Yuan *et al.* 2004), Çalışma alanını deniz seviyesindeki yüksekliğe sahip olanlar (Aralık-1997) ve 500 hPa dan yüksek olanlar (Ocak-1999) olmak üzere ikiye ayırmıştır. Kriging, spline ve IDW yöntemleri kullanılmış. Enterpolasyon alanının sınırlarında Spline metodunda daha büyük hatalar oluşurken, Kriging'de böyle bir durumla karşılaşılmamış. Sonuçlar, aynı zamanda Kriging yönteminin istasyon tahmininde hassas olmadığını göstermiş ve bazı istasyonların doğruluğu kriging ile etkili bir biçimde ortaya konulmamıştır. Ek olarak IDW'nin tahmininde eşyönlülük (isotropy) olduğu gözlenmiştir.

(Hartkamp *et al.* 1999), Jalisco, Mexico'daki 20.000km<sup>2</sup>'lik bir alana yayılan 200 meteoroloji istasyonundaki 4 aylık ortalama sıcaklık verileri ile konumsal enterpolasyon yöntemlerinden IDWA(IDW Averaging), Thin plate spline ve co-kriging yöntemlerini ArcView spatial analyst (ESRI 1998) ve ANUSPLIN 3.2 multi-module package ortamında değerlendirmiş ve sayısal arazi modeli (DEM) ile 1 km<sup>2</sup> lik grid hücreleri üretmiştir. Sonuç olarak yüksek sıcaklıklarda Thin plate spline en iyi sonuçları verirken, düşük sıcaklıklarda da IDWA en iyi sonuçları vermiştir.

(Cao *et al.* 1999), Çin'de bulunan 327 hava tahmin istasyonundaki 1990-2005 yılları arasında ölçülen minimum, ortalama ve maksimum sıcaklık verilerinden Ocak, Nisan, Temmuz, Ekim aylarının ilk 10 gün verisi alınarak oluşturulan very setine IDW, Spline, Kriging-üssel, Kriging-küresel ve Kriging- gaussian olmak üzere 5 farklı konumsal enterpolasyon yöntemini kullanarak CBS ortamında karşılaştırmıştır. Kriging-üssel ve Kriging-küresel enterpolasyon yöntemleri en yüksek doğruluk gösterirken, IDW daha düşük doğruluk ve Kriging-gaussian ve spline metodları ise en düşük doğruluk göstermişlerdir. Bunun yanında 4 sezondaki sıcaklık verilerinde 5 enterpolasyon metodunda da enterpolasyon hataları; yaz<sonbahar<ilkbahar<kış olarak gözlenmiştir.

(Li *et al.* 2011), Çin'in Chengdu şehrindeki hava kirliliğinin konumsal karakteristiğini incelemişlerdir. SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub>'un neden olduğu hava kirliliği konumsal analiz yöntemlerinden Ters Ağırlıklı Mesafe Enterpolasyonu (IDW) ve Klasik Kriging (Ordinary Kriging) yöntemleriyle incelenmiş ve karşılaştırmışlar ve Klasik Kriging'in

Ters Ağırlıklı Mesafe Enterpolasyonu'na göre daha iyi sonuç verdiğini belirlemişlerdir. Ayrıca Chengdu şehrinin altı ana bölgesinden hava kirliliği yönünden en yoğun olan bölgesi saptanmıştır.

(Chattopadhyay *et al.* 2010), yaptıkları çalışmada Hindistan'ın Burdwan şehrindeki hava kirletici parametreleri olan SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ve Partikül Maddelerin zamansal ve konumsal dağılımlarını incelemişlerdir. Çalışmada muson yağmurlarından önce ve sonraki dönemlerde şehrin trafik yoğunluklarına ayrılmış üç alt bölgesinde (yerleşim, endüstri ve hassas bölgeler) 25 örnekleme noktasından birer hafta boyunca 24'er saatlik gözlemlerle kirlilik parametreleri elde edilmiştir. Ters Ağırlıklı Mesafe Enterpolasyonu (IDW) konumsal analiz yöntemiyle elde edilen kirlilik parametreleri değerlendirilmiş ve şehrin hangi bölgelerinde hangi hava kirleticisini daha etkili olduğunu haritalandırmışlardır.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. İzmir’de hava kirliliği

İzmir’ de hava kirliliğinin kaynakları genel olarak trafik ve sanayi tesisleridir. Bunlara kış aylarında da ısınma amaçlı yakma tesisleri ilave edilmektedir. İzmir il sınırlarındaki bu kaynakların kirlenmedeki değerleri kirleticilere göre değişmektedir. Kirleticilerden partikül maddelerde evsel ısınma, azot oksitler, uçucu organik bileşikler ve karbon monoksitte ise trafik, kükürt dioksitte sanayi tesisleri, daha önemli rol oynamaktadır.

Ayrıca şehrin yakın çevresinde bulunan taş ocağı ve mıcır tesisleri, asfalt tesisleri, çimento fabrikaları ve demir çelik fabrikası şehrin hava kalitesini olumsuz etkileyen birimlerdir. Çizelge 3.1 İzmir de hava kirliliğine neden olan kaynaklar verilmiştir.

**Çizelge 3.1.** İzmir’de hava kirliliğine neden olan kaynaklar

| KAYNAK                    |
|---------------------------|
| Evsel ısınma              |
| İmalat Sanayi İşletmeleri |
| Maden İşletmeleri         |
| Termik Santraller         |
| Diğer Sanayi Faaliyetleri |
| Karayolu Trafik           |
| Diğer Kaynaklar           |

İzmir in merkezinde trafik kaynaklı kirleticiler ölçümlerle ayırt edilmiştir (Elbir vd 2008). Trafikteki araçların hava kalitesine

katkıları şehir içindeki ana yollardaki araç sayımları yapılarak araçların türleri ve sayıları belirlenmiş, aynı yol kenarlarındaki mobil ölçüm aracıyla hava kalitesi seviyeleri ölçülmüş ve dağılım modeli ile hesaplanmıştır.

İzmir’de Aliağa Bölgesindeki sanayi tesisleri hava kirliliğini etkileyen en önemli kaynaklardır (Tuncel vd 2008). Rafineri ve Petkim’de yanma kaynaklı kirleticiler ile organik kirleticiler önemli, demir çelik tesislerinde ise toz emisyonları büyük önem arz etmektedir. Açıkta depolanan malzemelerden ve çelik demir tesislerinin bacalarından çıkan (filtrelerde tutulan baca tozu, cüruf ve hurda) toz emisyonları beraberinde tehlikeli organik kirleticileri ve değişik elementleri getirmektedir (Bayram vd 2008; Odabaşı vd 2008). Demir-çelik tesislerinin toz emisyonlarının azaltılması için filtre sistemine sahip olmalarından tozların esas kaynağının baca dışı kaynaklar olduğu tahmin edilmektedir (Bayram vd 2008).

### **3.1.2. İzmir’de hava kirliliğinin ölçümüne yönelik temel veriler ve analizler**

#### **a) İzmir’de hava kirliliğinin ölçümüne yönelik temel veriler**

İzmir, Türkiye’nin üçüncü büyük şehridir. 4 milyondan fazla nüfusuyla gelişen ekonomisiyle metropoller arasına girmiştir. Büyük şehirlerin ekonomilerindeki büyüme, gelişme çevresel ve sosyal sorunlara neden olmaktadır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde hava kirliliği en önemli ve çokça rastlanılan sorunlardandır. Hava kalitesi sorunu büyük şehirlerde birçok parametreden etkilenmekte olup, nedenler arasında topografya, nüfus, rakım, endüstrileşme, meteoroloji ve sosyo-ekonomik gelişim bulunmaktadır. Dünyadaki gelişen şehirlerde insan nüfusunun artması sonucu kirlilikten etkilenmekte artmaktadır. Birleşmiş Milletler 2000 yılında dünya nüfusunun %48’nin

şehirlerde yaşadığını ve şehirlerin nüfuslarının önümüzdeki her üç yılda, yıl da da %2 oranında artmasının beklendiği bildirmiştir. Dünyadaki 23 şehrin nüfusu, 2013 yılında yapılan bir çalışmaya göre 10 milyonun üzerindedir.

Hava kirliliği seviyelerini tespit etmek için, yapılan bir sürü çalışmada amaç, kirlетici kaynaklardan yayılan emisyonlara, hava kalitesi standartlarını aşmayacak şekilde müdahale de bulunmaktadır. Hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri vardır bu nedenle emisyonların seviyesini belirlemek için belirli aralıklarla hava kalitesi örnekleme verileri alınmalıdır. Böylece hava kirliliğinin doğru ölçülmesi, tüm illerde hava kirliliği önleme yöntemleri oluşturulması ve bu önleme yöntemleri sayesinde şehirlerde hava kalitesinin bir önceki yılın ölçülen değerlerinden daha iyi durumlara getirilebilmesi nedeniyle, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 81 ilde, 125 adet (3 mobil) hava kalitesi ölçüm istasyonları 2005-2007 yılları arasında kurulmuş böylece Türkiye genelinde Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı meydana getirilmiştir. Kurulan hava kirliliği ölçüm istasyonlarının hepsinde (PM<sub>10</sub>) Partikül madde ve (SO<sub>2</sub>)Kükürt dioksit, bazılarında ek olarak (O<sub>3</sub>) Ozon, (CO) Karbon monoksit ve (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>), Azot oksitler de otomatik olarak ölçülmektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığına ait özel bir ağ (VPN) üzerinden GSM Modemler aracılığıyla Bakanlığın Çevre Referans Laboratuvarı Veri İşletim Merkezine istasyonlardan toplanan ölçüm verileri aktarılarak gözlenmekte ve aynı zamanda [www.havaizleme.gov.tr](http://www.havaizleme.gov.tr) adresinde yayınlanmaktadır. Saatlik ortalamalar şeklinde istasyonlardan alınan veriler incelenip doğrulama çalışmaları yapılır bu verilerle aylık ve yıllık raporlar hazırlanıp yayınlanır.

Çalışmamıza konu olan İzmir de İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından hava kirliliği seviyeleri ölçüm istasyonları aracılığı ile sürekli izlenmektedir. İzmir’de 4 adet hava kirliliği ölçüm istasyonunun 1996 – 1998 yılları arasında alınmasıyla hava kirliliği izleme çalışmaları başlamış; İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından hava kirliliği ölçüm ağıının genişletilmesi için 2008 yılında 2 adet ve 2009 yılında 1 adet hava kirliliği ölçüm istasyonu aktifleştirilmiştir. 2013 yılından beri 24 saat ölçüm yapan toplam 8 istasyonda izleme çalışmaları yapılmaktadır. Çizelge 3.2. İzmir’de ki istasyonlar ve bu istasyonlarda ölçülen kirlетici maddeler verilmiştir. Ölçüm İstasyonları,

- E.Ü. Rektörlük yanı Zirai. Mücadele-Bornova İstasyonu
- Halk Eğitim Merkezi- Çiğli İstasyonu
- Çamlık Orman Bölge Müdürlüğü- Karşıyaka İstasyonu
- Meteoroloji Bölge Müdürlüğü- Güzelyalı İstasyonu
- Fuar içi- Alsancak İstasyonu
- Gaziemir İstasyonu
- Pazar yeri yanı- Şirinyer İstasyonu
- İlçe Emniyet Müdürlüğü yanı- Bayraklı İstasyonu

**Çizelge 3.2.** İzmir’de ki hava kalitesi istasyonlarında ölçülen kirletici maddeler

| Pol./Sta.        | Alsancak | Bayraklı | Bornova | Çiğli | Gaziemir | Güzelyalı | Karşıyaka | Şirinyer |
|------------------|----------|----------|---------|-------|----------|-----------|-----------|----------|
| PM <sub>10</sub> | +        | +        | +       | +     | +        | +         | +         | +        |
| SO <sub>2</sub>  | +        | +        | +       | +     | +        | +         | +         | +        |
| CO               | +        | -        | +       | -     | -        | +         | +         | +        |
| NO               | +        | -        | +       | -     | -        | +         | +         | +        |
| NO <sub>x</sub>  | +        | -        | +       | -     | -        | +         | +         | +        |
| NO <sub>2</sub>  | +        | -        | +       | -     | -        | +         | +         | +        |

İlçelerde ölçülen 2007-2017 yılları (11 yıllık) arası hava kalitesi ortalama değerleri Çizelge 3.3 de verilmiştir.

**Çizelge 3.3.** 2007-2017 yılları(11 yıllık) arası hava kalitesi ortalama değerleri

| İstasyon Adı | PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )<br>Yıllık Ortalama | SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )<br>Yıllık Ortalama | CO (µg/m <sup>3</sup> )<br>Yıllık Ortalama | NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )<br>Yıllık Ortalama |
|--------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Alsancak     | 44                                                       | 11                                                      | 451                                        | 27                                                      |
| Bayraklı     | 60                                                       | 10                                                      | -                                          | -                                                       |
| Bornova      | 45                                                       | 11                                                      | 549                                        | 60                                                      |
| Çiğli        | 43                                                       | 10                                                      | -                                          | -                                                       |
| Gaziemir     | 47                                                       | 9                                                       | -                                          | -                                                       |
| Güzelyalı    | 45                                                       | 12                                                      | 251                                        | 15                                                      |
| Karşıyaka    | 40                                                       | 13                                                      | 114                                        | 14                                                      |
| Şirinyer     | 53                                                       | 9                                                       | 619                                        | 22                                                      |

#### b) İzmir’de hava kirliliğinin ölçümüne yönelik analizler

Çalışmanın ilk adımı, İzmir'deki hava kalitesi seviyelerinin belirlenmesidir. Tüm hava kalitesi gözlem verileri 2007-2017 yılları arasında toplanan verilerden oluşmaktadır.

İzmir’de bulunan sekiz istasyonun saatlik PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO ve NO<sub>2</sub> ölçümleri araştırılmış ve hava kalitesi istasyonu verilerinin incelenmesi maksadıyla, istatistiksel, zamansal ve alansal analizleri için veri setleri kullanılmıştır.

Hava kirliliği seviyelerini tespit etmek amacıyla yapılan çalışmaların temel amacı, kirlетici kaynaklardan yayılan emisyonlara hava kalitesi standartlarını aşmayacak şekilde müdahale etmektir. Hava kirliliğinin insan sağlığı ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri bilindiğinden kirliliğe neden olan kirlетicilerin emisyonlarının seviyelerini tespit etmek amacıyla belirli aralıklarla hava kalitesi örnekleme verileri toplanmalıdır.

## **3.2. Yöntem**

### **3.2.1. Verilerin elde edilmesi**

Bu çalışmanın verileri; çalışmanın ilk adımı, İzmir'deki hava kirlетicilerin seviyelerinin belirlenmesidir. Tüm hava kalitesi gözlem verileri 2007-2017 yılları arasında toplanan verilerden oluşmaktadır. İzmir’de bulunan sekiz istasyonun saatlik PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO ve NO<sub>2</sub> ölçümleri araştırılmış ve hava kalitesi istasyonu verilerinin incelenmesi maksadıyla, istatistiksel, zamansal ve alansal analizleri için veri setleri kullanılmıştır.

İzmir in belirli noktalarına yerleştirilen 8 istasyon tarafından yayınlanan hava kirliliği parametreleri saatlik, günlük ölçüm sonuçlarından oluşturulan raporlardan hava izleme ağından [www.havaizleme.gov.tr](http://www.havaizleme.gov.tr) adresinden sağlanmıştır. Güncel olarak şehirlerdeki hava kirliliğine dair verileri Saatlik ortalamalar şeklinde istasyonlardan alınan veriler incelenip doğrulama çalışmaları yapılır bu verilerle aylık ve yıllık raporlar hazırlanıp yayınlanır. Ayrıca [www.havaizleme.gov.tr](http://www.havaizleme.gov.tr) adresinden anlık veriler alındığı gibi geçmişe yönelik de verilerde bulunmaktadır. Biz de bu 2007-2017 yılları arasındaki PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO ve NO<sub>2</sub> ölçümleri araştırılmış ve hava kalitesi istasyonu verilerinin incelenmesi maksadıyla, istatistiksel, zamansal ve alansal analizleri için veri setleri kullanılmıştır. Böylece İzmir ilinin havasının hava kalitesi bakımından değerlendirmesi yapılmıştır.

İlde ve Türkiye’de ilk defa hava kalitesinin izlenmesi kurulan hava kirliliği ölçüm istasyonları ile İzmir Belediyesi tarafından gerçekleştirilmiştir. 7 adet sabit tip, 1 adet mobil (gezici) olmak üzere toplam 8 adet hava kalitesi ölçüm istasyonu Belediyece kurulan ve işletilen bu istasyonlarda İlin hava kalitesi ölçülmektedir.

İzmir’deki istasyonların yerleri incelendiğinde, istasyonların şehir merkezinde bulunduğu tespit edilmiştir. Bunun başlıca nedeni de istasyonları İzmir Büyükşehir Belediyesi (Gaziemir hariç) bünyesinde bulundurmasıdır. Ayrıca büyükşehir dışındaki bölgelerde, özellikle Kemalpaşa, Torbalı ve Aliğa gibi sanayi bölgelerinde de sürekli ölçüm istasyonları ile hava kirliliği seviyeleri gözlenmelidir. Şekil 3.1’de İzmir’deki hava kalitesi istasyonlarının yerlerinin uydu görüntüsü verilmiştir.



**Şekil 3.1.** İzmir’deki hava kalitesi istasyonlarının yerlerinin uydu görüntüsü (İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2017)

### 3.2.2. Ordinary Kriging

Hava kirliliği parametreleri ile hava kirleticiler arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla istatistiksel, zamansal ve alansal analiz yöntemleri kullanılmıştır.

İstasyonlar tarafından ölçülen Kirleticilerin alansal analizi kriging yöntemiyle yapılmıştır.

Bu çalışmanın amacı; İzmir İli geneline dağılmış 8 adet Hava Kalitesi İzleme istasyonundan elde edilen temel dört kirleticisi parametreye (PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO ve NO<sub>2</sub>) ilişkin konumsal örüntülerin belirlenerek, Kriging yöntemi ile mekânsal kirlilik dağılım haritaları oluşturmak ve istasyon bazındaki istatistikleri değerlendirmektir.

Coğrafi bağımlılığın söz konusu olduğu çalışmalarda, klasik istatistik yöntemler yerine jeostatistik yöntemler kullanılmaktadır. Jeostatistiksel analizler, gözlem yapılmayan konumların değerlerinin tahmin edilerek kullanılmasıdır. Böylece arazide ölçüm yapılamamış yerlerde enterpolasyon yapılarak bilgilerin sürekli yüzeyler biçimindeki haritaları elde edilir. Bu işlemler konumsal enterpolasyon (kriging yöntemi) ve konumsal modelleme (semivariogram hesaplamaları) ile iki aşamada gerçekleşir. Semivariogram örnek varyansının mesafe ile değişimini ölçmektedir. Birbirine yakın olan örnekler uzak olanlara oranla benzer varyans değerleri gösterir ve genelde varyans örnekler arasındaki mesafe ile bir artış gözlenir. Kriging yöntemi, semivariogram hesapları ile elde edilen örnekler arasındaki konumsal yapının, örnekleme yapılmamış noktalardaki özelliklerini tahmin edilmesinde kullanılan bir yöntemdir (Çolak 2010).

Ordinary Kriging ile ara değer kestirimi yapılacaksa ilk işlem, enterpole edilecek noktalar kümesinden variogramı meydana getirmektir. Meydana getirilen variogram, deneysel ve teorik (model) variogram olmak üzere iki bölümdür. Deneysel variogram her noktanın varyansının hesaplanması ile ikinci aşamada ise teorik variogram belirlenir (Azat 2009). Variogram fonksiyonundan ağırlıkların belirlenirken,

$$Var[\widehat{T}_p - T_p] = \min \quad (3.1)$$

(1.1) olması koşuluna göre üretilen

$$\begin{aligned}
W_1\gamma(d_{11}) + W_2\gamma(d_{12}) + \dots W_n\gamma(d_{1n}) &= \gamma(d_{1p}) \\
W_1\gamma(d_{21}) + W_2\gamma(d_{22}) + \dots W_n\gamma(d_{2n}) &= \gamma(d_{2p}) \\
\dots \dots \dots + \dots \dots \dots + \dots \dots \dots &= \dots \dots \dots \\
W_1\gamma(d_{n1}) + W_2\gamma(d_{n2}) + \dots W_n\gamma(d_{nn}) &= \gamma(d_{np})
\end{aligned}
\tag{3.2}$$

Lineer denklem sistemine göre çözümlenir. (3.3) Matris gösterimi ile

$$\gamma W = \gamma_0 \tag{3.3}$$

(3.3) elde edilir. Dayanak noktaları arasında oluşan olası tüm çiftlerin variogram değerlerine ilişkin n- boyutlu kare matris, W n-boyutlu ağırlık bilinmeyenleri vektörü; n boyutlu enterpole edilecek nokta ile dayanak noktaları arasındaki variogram değerleri vektörüdür

Enterpolasyonun yansız olması için;

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \tag{3.4}$$

(3.4) ağırlık toplamının 1'e eşit olması şartı aranır. Buradaki ağırlık IDW enterpolasyon yöntemine benzerdir. IDW ile bulunan ağırlık sadece noktalar arası mesafeye bağlıdır. Ordinary Kriging ile bulunan ağırlık semivariograma, mesafe ise tahmin noktalarına ve tahmin noktası ile etrafındaki ölçüm noktaları arasındaki konumsal ilişkiye bağlı olması açısından IDW ağırlıklarından farklıdır. Bu durumda aşağıdaki denklem sistemi,

$$\begin{aligned}
W_1\gamma(d_{11}) + W_2\gamma(d_{12}) + \dots W_n\gamma(d_{1n}) &= \gamma(d_{1p}) \\
W_1\gamma(d_{21}) + W_2\gamma(d_{22}) + \dots W_n\gamma(d_{2n}) &= \gamma(d_{2p}) \\
\vdots & \\
W_1\gamma(d_{n1}) + W_2\gamma(d_{n2}) + \dots W_n\gamma(d_{nn}) &= \gamma(d_{np}) \\
W_1 + W_2 + \dots W_n &= 1
\end{aligned}
\tag{3.5}$$

(3.5) halini alır. Denkleme bakıldığında  $n$  tane bilinmeyen ve  $(n+1)$  tane denklem vardır. Çözümün yansız olması için (LÇ) Lagrange çarpanı eklenir. Lagrange çarpanı ile denklem sayısı bilinmeyen sayısına eşitlenir ve aşağıdaki denklem sistemi;

$$\begin{aligned}
W_1\gamma(d_{11}) + W_2\gamma(d_{12}) + \dots W_n\gamma(d_{1n}) + L\zeta &= \gamma(d_{1p}) \\
W_1\gamma(d_{21}) + W_2\gamma(d_{22}) + \dots W_n\gamma(d_{2n}) + L\zeta &= \gamma(d_{2p}) \\
\dots & \\
W_1\gamma(d_{n1}) + W_2\gamma(d_{n2}) + \dots W_n\gamma(d_{nn}) + L\zeta &= \gamma(d_{np}) \\
W_1 + W_2 + \dots W_n + L\zeta &= 1
\end{aligned}
\tag{3.6}$$

(3.6) oluşur.

Matris gösterimi ile;

$$\gamma W = \gamma_0$$

(3.3) yazılabilir. Burada;

$$\gamma = \begin{bmatrix} \gamma(d_{11}) & \gamma(d_{12}) & \dots & \gamma(d_{1n}) & 1 \\ \gamma(d_{21}) & \gamma(d_{22}) & \dots & \gamma(d_{2n}) & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \gamma(d_{n1}) & \gamma(d_{n2}) & \dots & \gamma(d_{nn}) & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix} W = \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_p \\ L\zeta \end{bmatrix} \gamma_0 = \begin{bmatrix} \gamma(d_{1p}) \\ \gamma(d_{2p}) \\ \vdots \\ \gamma(d_{np}) \\ 1 \end{bmatrix}
\tag{3.7}$$

Olmak üzere  $W$  bilinmeyenler vektörü,

$$W = \gamma^{-1}\gamma_0 \quad (3.8)$$

(3.8) eşitliği ile hesaplanır (İnal ve Yiğit 2003). Ağırlıklar belirlendikten sonra Kriging genel denklemini eşitliğinde yerine konularak aranılan değer bulunur.



#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

##### 4.1. Hava Kirleticilerinin İstatistiksel Analizi

##### 2007-2017 yılları arası (11 yıllık) ölçüm sonuçlarına göre

Çalışmada 8 ölçüm istasyonunda PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub> medyan, standart sapma, çarpıklık gibi çeşitli istatistiksel özellikleri belirlenmiş ve hesaplanan değerler Çizelge 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** İzmir'in genel (PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>) istatistiksel analizi

| İZMİR         | PM <sub>10</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> ) | SO <sub>2</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> ) | CO<br>(µg/m <sup>3</sup> ) | NO <sub>2</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> ) |
|---------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|
| A. Ortalama   | 46,30                                    | 11,09                                   | 334,64                     | 27,28                                   |
| Geo. Ortalama | 38,87                                    | 7,90                                    | 105,56                     | 8,74                                    |
| Stand. Sapma  | 12,97                                    | 4,04                                    | 247,73                     | 10,81                                   |
| Minimum       | 1,00                                     | 1                                       | 1                          | 1                                       |
| Maksimum      | 1 314,00                                 | 243                                     | 13 778                     | 1 128                                   |
| MSD           | 50,00                                    | 125                                     | 1 0000                     | 300                                     |
| Medyan        | 38,50                                    | 7                                       | 111,25                     | 15,75                                   |
| Mod           | -                                        | 6                                       | -                          | 23                                      |
| Çarpıklık     | -0,11                                    | 0,93                                    | 0,65                       | 0,49                                    |

Çizelge 4.1'e göre çalışmada İzmir ili genelinde kirleticilerin (PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>) konsantrasyonlarında; aritmetik ortalamalardan geometrik ortalama değerleri küçük çıkmıştır. Küçük çıkan bu geometrik ortalamalar, medyan değerlerine yakındır. Hava kirliliğinde geometrik ortalamayı değerlendirmeye almak birden fazla değişken değeri bulunan çalışmalarda daha güvenilir ve doğru bir yaklaşım meydana getirmektedir. Çünkü bu çalışmalar da bazı bilgilerin daha büyük değerlere sahip olması aritmetik ortalamayı daha çabuk etkilemekte ve ortalamanın daha yüksek konsantrasyonlara çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle medyan ve geometrik ortalama, fazla değişimler gösteren bu gibi verilerde istatistiksel olarak değerlendirilirken, bizlere daha sağlıklı sonuçlar vermesi bakımında önemlidir (Bayraktar ve Turalıoğlu 2008).

#### 4.1.1. Partikül madde (PM<sub>10</sub>)

Çizelge 4.2. İzmir ili tüm istasyonlarındaki PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) istatistiksel analizi

| PM <sub>10</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> ) | İstatistiksel<br>Analiz | İstasyon Adları |          |         |        |          |          |           |          |
|------------------------------------------|-------------------------|-----------------|----------|---------|--------|----------|----------|-----------|----------|
|                                          |                         | Alsancak        | Bayraklı | Bornova | Çiğli  | Gaziemir | Güzelyah | Karşıyaka | Şirinyer |
|                                          | A.ortalama              | 44,01           | 60,01    | 45,14   | 43,40  | 46,33    | 44,55    | 39,73     | 52,98    |
|                                          | Geo.ortalama            | 36,97           | 51,96    | 40,05   | 37,29  | 40,88    | 37,76    | 31,69     | 45,17    |
|                                          | Stand.sapma             | 32,49           | 36,58    | 23,36   | 23,65  | 31,02    | 41,97    | 33,85     | 31,56    |
|                                          | Minimum                 | 3,00            | 3,00     | 2,00    | 7,00   | 3,00     | 4,00     | 3,00      | 10,00    |
|                                          | Maksimum                | 883,00          | 309,00   | 372,00  | 195,00 | 419,00   | 1 314,00 | 637,00    | 312,00   |
|                                          | MSD                     | 50,00           | 50,00    | 50,00   | 50,00  | 50,00    | 50,00    | 50,00     | 50,00    |
|                                          | Medyan                  | 36,00           | 50,00    | 41,00   | 38,00  | 41,00    | 38,00    | 33,00     | 45,00    |
|                                          | Mod                     | 34,00           | 41,00    | 42,00   | 30,00  | 52,00    | 38,00    | 14,00     | 34,00    |
|                                          | Çarpıklık               | 6,70            | 1,99     | 2,84    | 1,74   | 1,94     | 14,97    | 7,11      | 2,39     |
|                                          | MSD' i GGS              | 888             | 1 336    | 1 045   | 836    | 916      | 844      | 671       | 1 045    |

#### 4.1.2. Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>)

Çizelge 4.3. İzmir ili tüm İstasyonlarındaki SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) istatistiksel analizi

| SO <sub>2</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> ) | İstatistiksel<br>Analiz | İstasyon Adları |          |         |       |          |          |           |          |
|-----------------------------------------|-------------------------|-----------------|----------|---------|-------|----------|----------|-----------|----------|
|                                         |                         | Alsancak        | Bayraklı | Bornova | Çiğli | Gaziemir | Güzelyah | Karşıyaka | Şirinyer |
|                                         | A.ortalama              | 11,08           | 10,07    | 11,44   | 10,06 | 9,36     | 12,11    | 12,84     | 9,06     |
|                                         | Geo.ortalama            | 7,58            | 7,06     | 8,28    | 7,32  | 6,48     | 7,77     | 9,47      | 7,63     |
|                                         | Stand.sapma             | 14,88           | 10,76    | 12,70   | 11,07 | 9,99     | 12,74    | 13,86     | 6,51     |
|                                         | Minimum                 | 1               | 1        | 1       | 1     | 1        | 1        | 1         | 1        |
|                                         | Maksimum                | 210             | 149      | 196     | 179   | 157      | 131      | 243       | 114      |
|                                         | MSD                     | 125             | 125      | 125     | 125   | 125      | 125      | 125       | 125      |
|                                         | Medyan                  | 7               | 7        | 8       | 7     | 6        | 8        | 9         | 8        |
|                                         | Mod                     | 6               | 4        | 6       | 5     | 3        | 4        | 6         | 8        |
|                                         | Çarpıklık               | 5,31            | 3,90     | 5,45    | 5,89  | 4,30     | 2,80     | 5,48      | 4,74     |
|                                         | MSD' i GGS              | 7               | -        | 2       | 4     | 1        | 1        | 5         | -        |

#### 4.1.3. Karbon monoksit (CO)

Çizelge 4.4. İzmir ili tüm İstasyonlarındaki CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) istatistiksel analizi

| CO<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | İstatistiksel<br>Analiz | İstasyon Adları |          |         |       |          |           |           |          |
|------------------------------------|-------------------------|-----------------|----------|---------|-------|----------|-----------|-----------|----------|
|                                    |                         | Alsancak        | Bayraklı | Bornova | Çiğli | Gaziemir | Güzelyalı | Karşıyaka | Şirinyer |
|                                    | A.ortalama              | 451,69          | -        | 549,01  | -     | -        | 251,27    | 113,99    | 618,81   |
|                                    | Geo.ortalama            | 146,97          | -        | 226,16  | -     | -        | 163,33    | 30,76     | 501,39   |
|                                    | Stand.sapma             | 997,165         | -        | 497,58  | -     | -        | 317,70    | 279,77    | 366,99   |
|                                    | Minimum                 | 5               | -        | 8       | -     | -        | 6         | 1         | 99       |
|                                    | Maksimum                | 13 778          | -        | 2 134   | -     | -        | 2 550     | 5 764     | 1 509    |
|                                    | MSD                     | 10 000          | -        | 10 000  | -     | -        | 10 000    | 10 000    | 10 000   |
|                                    | Medyan                  | 218             | -        | 543     | -     | -        | 151,50    | 25        | 549      |
|                                    | Mod                     | 10              | -        | 22      | -     | -        | 24        | 24        | 566      |
|                                    | Çarpıklık               | 7,48            | -        | 0,76    | -     | -        | 2,79      | 8,09      | 0,65     |
|                                    | MSD' i GGS              | 7               | -        | -       | -     | -        | -         | -         | -        |

#### 4.1.4. Azot dioksit (NO<sub>2</sub>)

Çizelge 4.5. İzmir ili tüm istasyonlarındaki NO<sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) istatistiksel analizi

| NO <sub>2</sub><br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | İstatistiksel<br>Analiz | İstasyon Adları |          |         |       |          |           |           |          |
|-------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|----------|---------|-------|----------|-----------|-----------|----------|
|                                                 |                         | Alsancak        | Bayraklı | Bornova | Çiğli | Gaziemir | Güzelyalı | Karşıyaka | Şirinyer |
|                                                 | A.ortalama              | 27,44           | -        | 60,14   | -     | -        | 15,30     | 13,55     | 22       |
|                                                 | Geo.ortalama            | 14,53           | -        | 14,27   | -     | -        | 8,30      | 5,13      | 12,18    |
|                                                 | Stand.sapma             | 28,60           | -        | 89,95   | -     | -        | 15,19     | 47,41     | 24,39    |
|                                                 | Minimum                 | 1               | -        | 1       | -     | -        | 1         | 1         | 6        |
|                                                 | Maksimum                | 158             | -        | 956     | -     | -        | 92        | 1 128     | 60       |
|                                                 | MSD                     | 300             | -        | 300     | -     | -        | 300       | 300       | 300      |
|                                                 | Medyan                  | 18              | -        | 24      | -     | -        | 12        | 4         | 6        |
|                                                 | Mod                     | 4               | -        | 2       | -     | -        | 2         | 1         | 6        |
|                                                 | Çarpıklık               | 1,43            | -        | 2,53    | -     | -        | 1,46      | 18,50     | 0,93     |
|                                                 | MSD' i GGS              | -               | -        | 1       | -     | -        | -         | 3         | -        |

Çizelge 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5’de görüldüğü gibi İzmir ili tüm istasyonların PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub> kirletici konsantrasyonlarının istatistiksel analizleri yapılmıştır. Çizelge 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5’de görüldüğü gibi PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, kirletici konsantrasyonlarında pozitif çarpıklık görülmektedir.

PM<sub>10</sub> için en büyük değer 1 314  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ile Güzelyalı istasyonunda aralık ayında, en küçük değer 195  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ile Çiğli istasyonunda ocak ayında ölçülmüştür. İlde hava kirliliğine neden olan kaynaklar dikkate alındığında, kirliliğinin büyük oranda yakma

dönemi olan kış sezonunda tavan yaptığı görülmektedir. Ayrıca eğitim-öğretim dönemi olması sebebiyle motorlu taşıt kullanımının yoğun bir şekilde artması da etkilidir. Yaz aylarında  $PM_{10}$  konsantrasyonunun düşük olması, fosil yakıt kullanılmaması ve eğitim öğretim döneminin sona ermesiyle motorlu araç kullanımının azalmasıyla ilişkilendirilebilir. Dolayısıyla ölçümü yapılan kirlilik parametresi olan  $PM_{10}$  konsantrasyonu, genellikle en üst seviyesine kış mevsiminde çıkmaktadır.

$SO_2$  için en büyük değer  $243 \mu g/m^3$  ile Karşıyaka istasyonunda eylül ayında, en küçük değer  $114 \mu g/m^3$  ile Şirinyer istasyonunda haziran ayında ölçülmüştür. İlde  $SO_2$  değerlerinin kışa yakın aylarda yüksek düzeyde olmasında kenar mahallelerde düşük kaliteli yakıt tüketiminin yaygın olması etkilidir. Yaz aylarında  $SO_2$  konsantrasyonunun düşük olması, fosil yakıt kullanılmaması ile ilişkilendirilebilir.

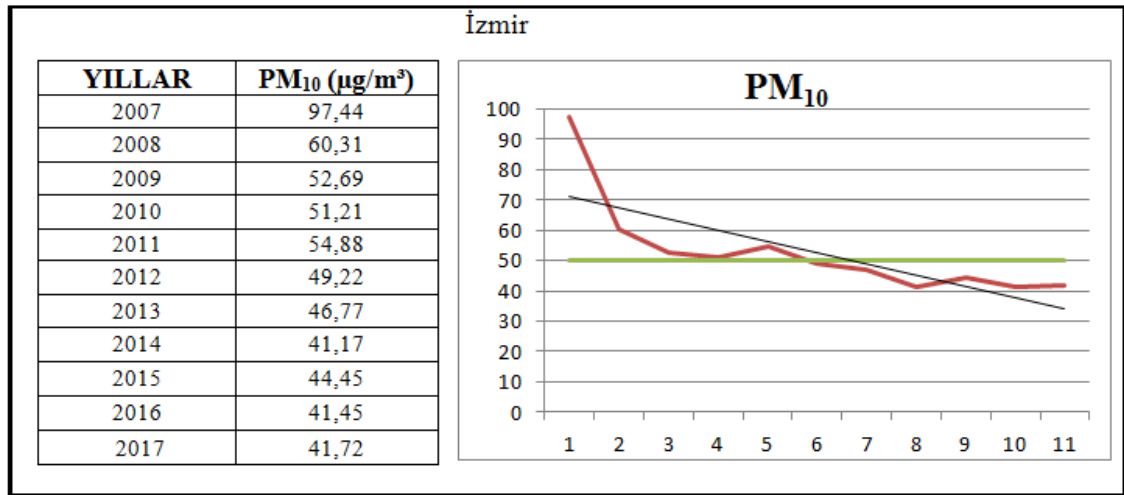
$CO$  için en büyük değer  $1\,3778 \mu g/m^3$  ile Alsancak istasyonunda ocak ayında, en küçük değer  $1\,509 \mu g/m^3$  ile Şirinyer istasyonunda aralık ayında ölçülmüştür. İlde  $CO$  konsantrasyon değerlerinin yüksek olması kış sezonunda yakıt tüketiminin fazla olmasıyla eksik yanma ürünlerinin çok olmasıyla alakalıdır.

$NO_2$  için en büyük değer  $1\,128 \mu g/m^3$  ile Karşıyaka istasyonunda eylül ayında, en küçük değer  $60 \mu g/m^3$  ile Şirinyer istasyonunda aralık ayında ölçülmüştür. İlde  $NO_2$  kış ve kışa yakın dönemlerde yüksek olması, insanların tatillerinin bitmesi yaşadıkları yere geri dönmeleri ve eğitim-öğretim dönemi olması sebebiyle motorlu taşıt kullanımının yoğun bir şekilde artması etkilidir.

## 4.2. Hava Kirleticilerinin Zamansal Analizi

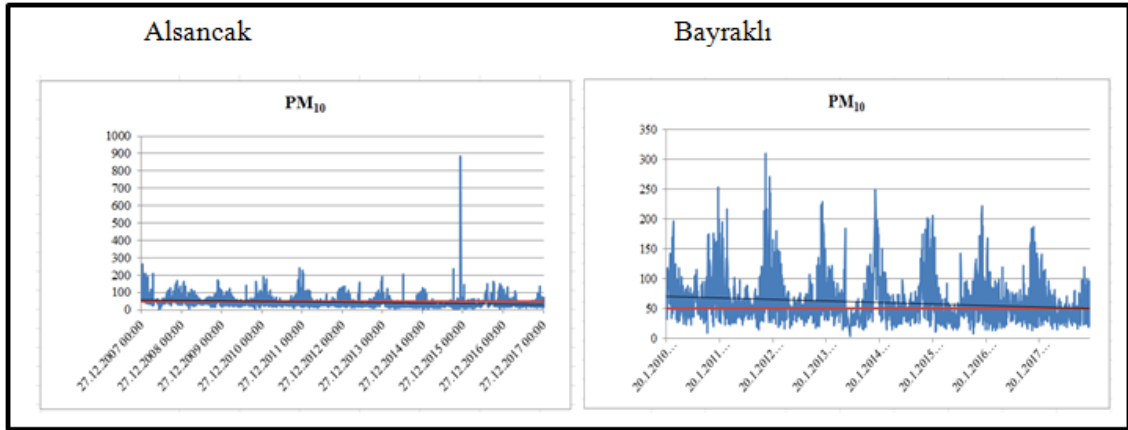
Çalışmada, 2007-2017 yılları arasında 8 ölçüm istasyonunda PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub> zamansal değerleri hesaplanmış ve zamansal grafikleri Şekil 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18, 4.19'da verilmiştir.

### 4.2.1. Partikül madde (PM<sub>10</sub>)



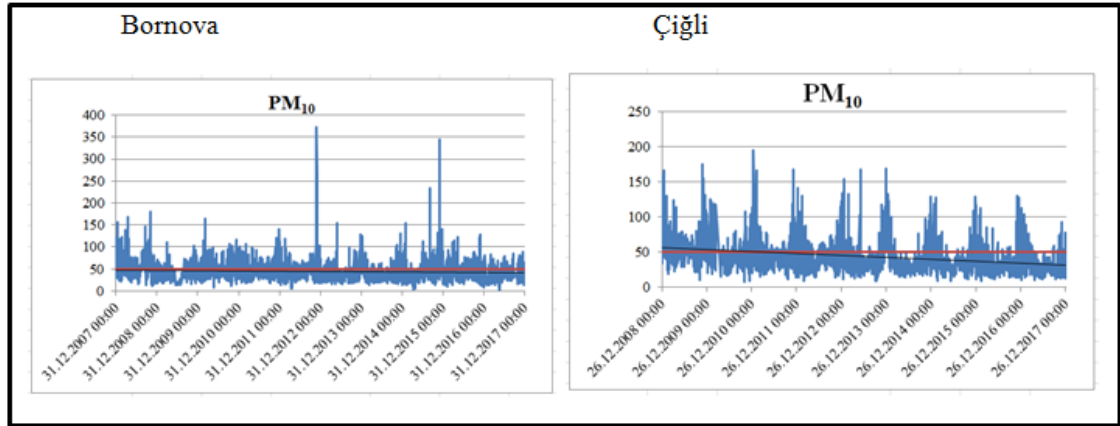
Şekil 4.1. İzmir'in genel PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) zamansal grafiği

Şekil 4.1'de, İzmir genelinde yıllara bakıldığında PM<sub>10</sub> konsantrasyonu zamanla azalmakta fakat bazı yıllarda tekrar yükselmektedir. PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun azalmasında İzmir sanayisinde, 2002 yılında doğalgaz kullanılmaya başlanması da etkilidir. Çünkü yer yer konutlarda ve sanayi tesislerinde yakıt olarak doğal gaz kullanılması konsantrasyonun düşmesine neden olmaktadır. 2007 yılında Alsancak-Konak ilçesinde (ilçeye 2007 doğal gaz yeni gelmiştir), 2011 ve 2015 yıllarında Bayraklı ilçesinde PM<sub>10</sub> konsantrasyonu yüksek olduğundan, bu yıllarda İzmir genelinde PM<sub>10</sub> konsantrasyonu yüksek çıkmıştır.



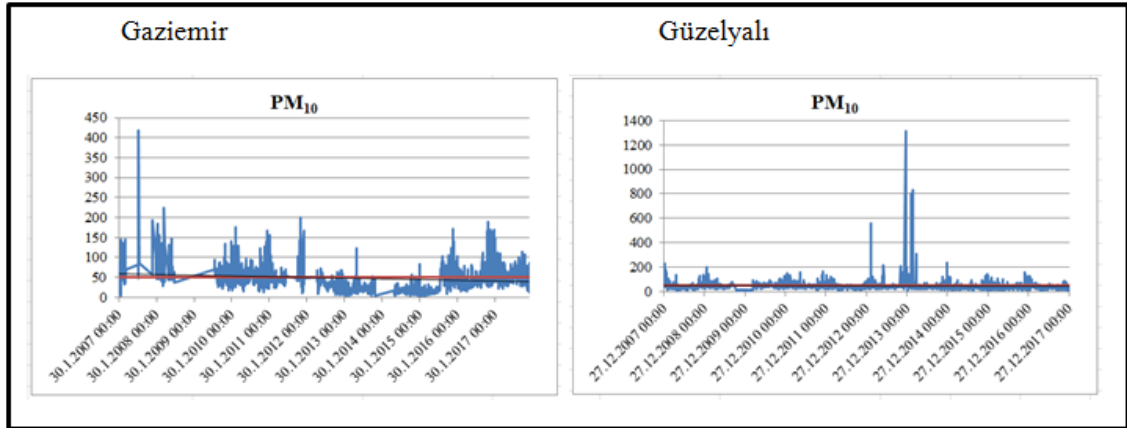
**Şekil 4.2.** Alsancak ve Bayraklı İstasyonu PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) zamansal grafiği

Şekil 4.2’de Alsancak-Konak ve Bayraklı istasyonlarında yapılan 11 yıllık PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) ölçümlerinin maksimum sınır değere göre karşılaştırılarak oluşturulan zamansal değişimleri grafiklerde gösterilmiştir. Alsancak istasyonunun bulunduğu ilçe olan Konak 2007 yılında doğal gaza kavuşmuş olmasına rağmen, konum bakımından il merkezinde bulunması nedeniyle göç alan yerleşim yeri olmuştur. Böylece nüfusun artmasıyla birlikte konut sayısı, sanayi dalları ve imalathaneler, ticaret merkezleri, sağlık kuruluşları ve kültür etkinlikleri de artmıştır. 2015 yılının aralık ayında kış mevsimi olması nedeniyle PM<sub>10</sub> konsantrasyonu sınır değeri aşmıştır. Konutlarda ve sanayi dallarında yakıtta fosil yakıtların kullanılması zamanla yerini doğal gaza bırakarak PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun düşmesine neden olmaktadır. Bayraklı ilçesi, ilin kent merkezindedir. Dolayısıyla İzmir yoğun göç aldığından merkez ilçe konumunda olan Bayraklı ilçesi de İzmir iliyle doğru orantılı olarak göç almakta olup, bu da ilçenin nüfusunun her geçen gün artmasına neden olmaktadır. Bayraklı genel anlamda konut ağırlıklı bir yerleşim merkezidir. 2007 yılında doğal gaza kavuşmuş olmasına rağmen, kenar mahallelerde düşük kaliteli yakıt tüketiminin yaygın olması nedeniyle PM<sub>10</sub> konsantrasyonu sınır değeri aşmaktadır. PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun sınır değeri aştığı dönemler kış dönemidir.



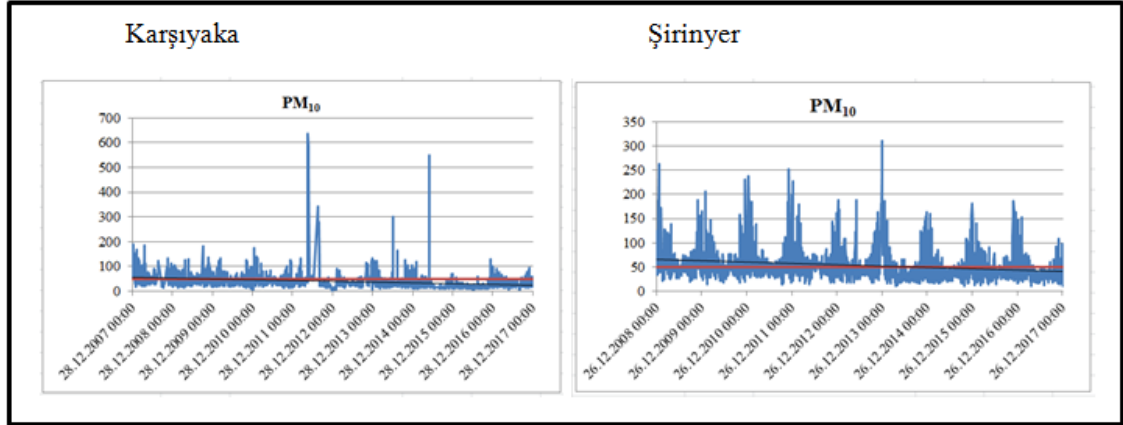
**Şekil 4.3.** Bornova ve Çiğli İstasyonu PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) zamansal grafiği

Şekil 4.3’de Bornova ve Çiğli istasyonlarında yapılan 11 yıllık PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) ölçümlerinin maksimum sınır değere göre karşılaştırılarak oluşturulan zamansal değişimleri grafiklerde gösterilmiştir. Bornova ilçesinde, hızlı sanayileşme, göç ilçe nüfusunun hızlı artmasına yol açmaktadır. Bornova, hızla büyüyen bir yerleşim alanı ve bir üniversite ilçesi olmasının yanı sıra gelişmiş bir sanayi yöresidir. İlçede 2012 ve 2015 yılları kış mevsiminde PM<sub>10</sub> konsantrasyonu en yüksek seviyeye çıkmıştır. PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun yükselmesinde, kış mevsiminden dolayı konutlarda ısınma amaçlı, 2007 yılında doğal gazın kavuşulmasına rağmen, doğal gaz yerine kalitesiz yakıtın kullanılması etkilidir. Ayrıca sanayi geliştiğinden sanayi de fosil yakıt kullanılması PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun artmasına neden olmuştur. Çiğli ilçesi, yoğun göç alması nedeniyle yerleşim yeri olarak tercih edilir. Sanayi ağırlıklı bir bölgedir. Çünkü Atatürk Organize Sanayi Bölgesi buradadır. 2008-2017 yılları arasında kış mevsiminde PM<sub>10</sub> konsantrasyonu en yüksek seviyeye çıkmıştır. PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun yükselmesinde, kış mevsiminden dolayı konutlarda ısınma amaçlı, 2007 yılında doğal gazın kavuşulmasına rağmen, doğal gaz yerine kalitesiz yakıtın kullanılması etkilidir. Ayrıca sanayi geliştiğinden sanayi de fosil yakıt kullanılması PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun artmasına neden olmuştur.



**Şekil 4.4.** Gaziemir ve Güzelyalı İstasyonu PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) zamansal grafiği

Şekil 4.4’de Gaziemir ve Güzelyalı istasyonlarında yapılan 11 yıllık PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) ölçümlerinin maksimum sınır değere göre karşılaştırılarak oluşturulan zamansal değişimleri grafiklerde gösterilmiştir. Gaziemir ilçesinde, askeri birliklerin okullarının bulunması, Emlakbank konutlarının inşa edilmesi, sanayi ve ticaretin yoğun olmasıyla PM<sub>10</sub> konsantrasyonu artmaktadır. Fakat Gaziemir ilçesi 2006 yılı aralık ayının son günlerinde doğal gaza kavuşmuştur. Doğal gazın yaygın kullanılmamasıyla birlikte okullarda, konutlarda kış mevsiminde ısınma amaçlı, sanayi de de üretim amaçlı fosil yakıt kullanılması sonucu PM<sub>10</sub> konsantrasyonu artmıştır. Güzelyalı-Konak 2007 yılında doğal gaza kavuşmuş olmasına rağmen, konsantrasyon fazla çıkmıştır. Konum bakımından il merkezinde bulunması nedeniyle göç alan yerleşim yeri olmuştur. Böylece nüfusun artmasıyla birlikte konut sayısı, sanayi dalları ve imalathaneleri, ticaret merkezleri, sağlık kuruluşları ve kültür etkinlikleri de artmıştır. 2013 yılının aralık ayında kış mevsimi olması nedeniyle PM<sub>10</sub> konsantrasyonu en yüksek seviyeye çıkmıştır. Böylece konutlarda ısınma amaçlı ve sanayi dallarında üretim amaçlı fosil yakıtların kullanılması zamanla yerini doğal gaza bırakarak PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun düşmesine neden olmaktadır.



**Şekil 4.5.** Karşıyaka ve Şirinyer istasyonu PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) zamansal grafiği

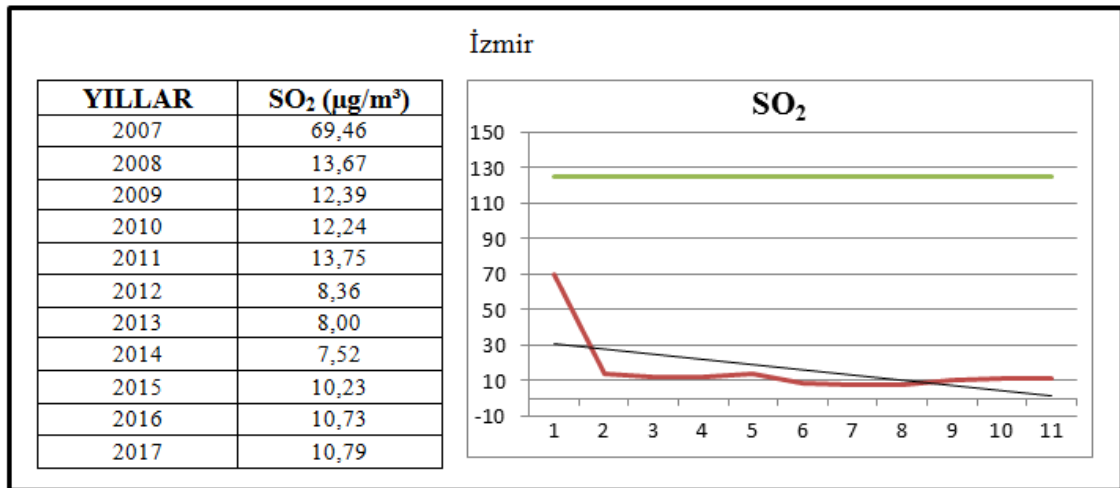
Şekil 4.5’de Karşıyaka ve Şirinyer istasyonlarında yapılan 11 yıllık PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) ölçümlerinin maksimum sınır değere göre karşılaştırılarak oluşturulan zamansal değişimleri grafiklerde gösterilmiştir. Karşıyaka ilçesi, konut alanları ve yerleşim yeri olarak kullanılmaktadır. 2006 yılında doğal gaza kavuşmuştur. 2012 ve 2015 yılları mayıs ayında PM<sub>10</sub> konsantrasyonu en yüksek seviyeye çıkmıştır. Mayıs ayı bahar mevsimine denk gelmesi, eğitim öğretimin devam etmesi nedeniyle, bu ayda ısınmak amacıyla doğal gaz yerine kalitesiz yakıtın kullanılmasıyla ve kentsel dönüşümle birlikte inşaat işlerinin başlaması PM<sub>10</sub> konsantrasyonunu artırmıştır. Şirinyer-Buca 2007 yılında doğal gaza kavuşmuştur. İzmir’in en kalabalık ilçesidir. İlçe, eski ve yoğun bir yapılaşmayı barındırdığından nüfus ve konut bakımında yoğundur. İlçede 2008-2017 yılları arasında kış mevsiminde PM<sub>10</sub> konsantrasyonu en yüksek seviyeye çıkmıştır. Konutlarda ısınmak amacıyla fosil yakıtın çok fazla kullanılmasıyla PM<sub>10</sub> konsantrasyonu artmıştır.



Şekil 4.6. İstasyonların 11 yıllık PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) değişim eğrileri

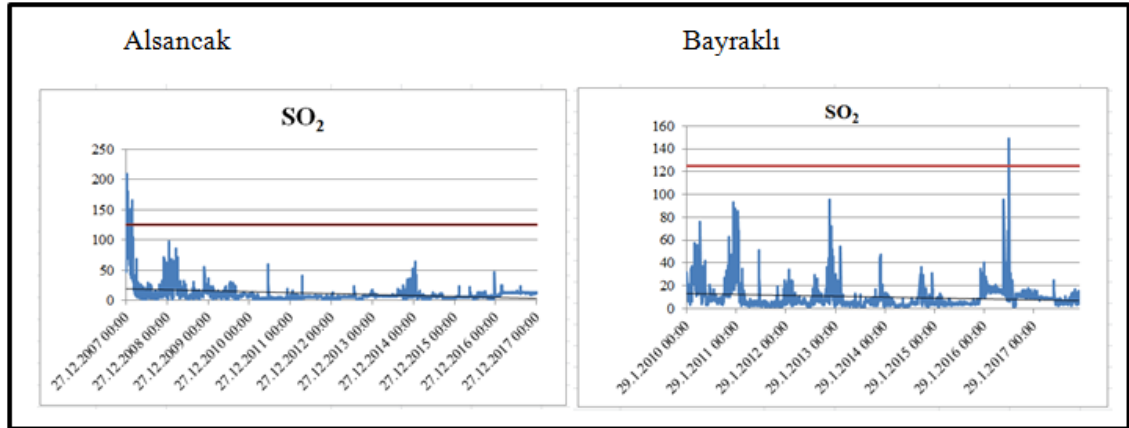
Şekil 4.6’da tüm istasyonların PM<sub>10</sub> değişimleri verilmiştir. Yapılan ölçümlerde sürekli sınır değerin aşıldığı izlenmiştir. Bazı bölgelerde günümüze yaklaştıkça azalma var. Çünkü meteorolojik faktörler partikül maddenin taşınmasına neden olmuş yani konsantrasyonun fazla olduğu bölgeden az olan bölgeye, yüksekte olan bölgeden alçakta olan bölgeye doğru taşınmıştır. Yaz aylarında azalma gösteren partikül madde konsantrasyonu kış aylarında evsel ısınmanın da etkisiyle daha da yükselmiştir. Karabağlar, Karşıyaka, Konak, Bayraklı da gerçekleştirilen kentsel dönüşüm çalışmaları da partikül madde oluşumuna kaynak oluşturmaktadır.

#### 4.2.2. Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>)



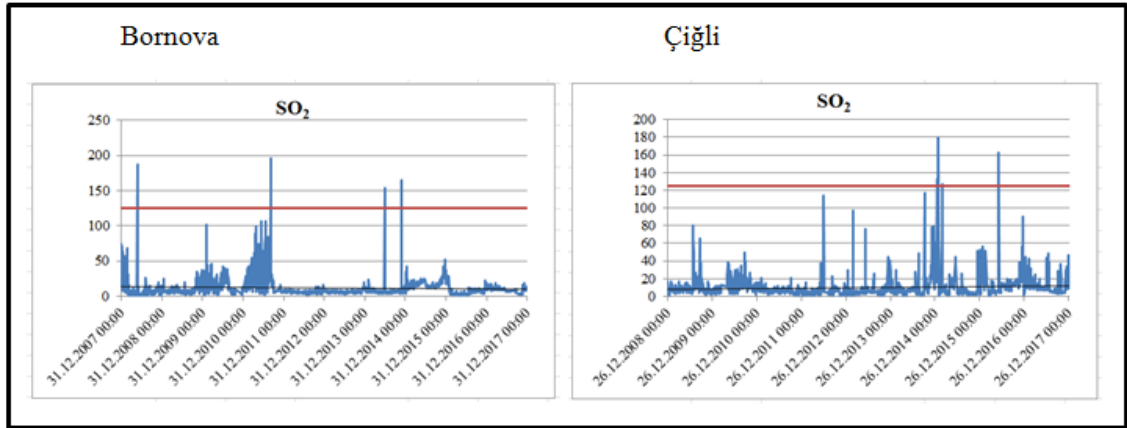
**Şekil 4.7.** İzmir’in genel SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) zamansal grafiği

Şekil 4.7’de İzmir genelinde yıllara bakıldığında SO<sub>2</sub> konsantrasyonu zamanla azalmakta fakat bazı yıllarda tekrar artmaktadır. SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun azalması da İzmir sanayisinde, 2002 yılında doğalgaz kullanılmaya başlanması da etkilidir. 2011 ve 2015 yıllarında Bornova ilçesinde, 2016 yılında Bayraklı ilçesinde, 2017 yılında ise Karşıyaka ilçesinde SO<sub>2</sub> konsantrasyonu yüksek olduğunda İzmir genelinde bu yıllarda SO<sub>2</sub> konsantrasyonu yüksek çıkmıştır. Fakat bütün yıllarda İzmir il genelinde SO<sub>2</sub> konsantrasyonu sınır değerin altındadır.



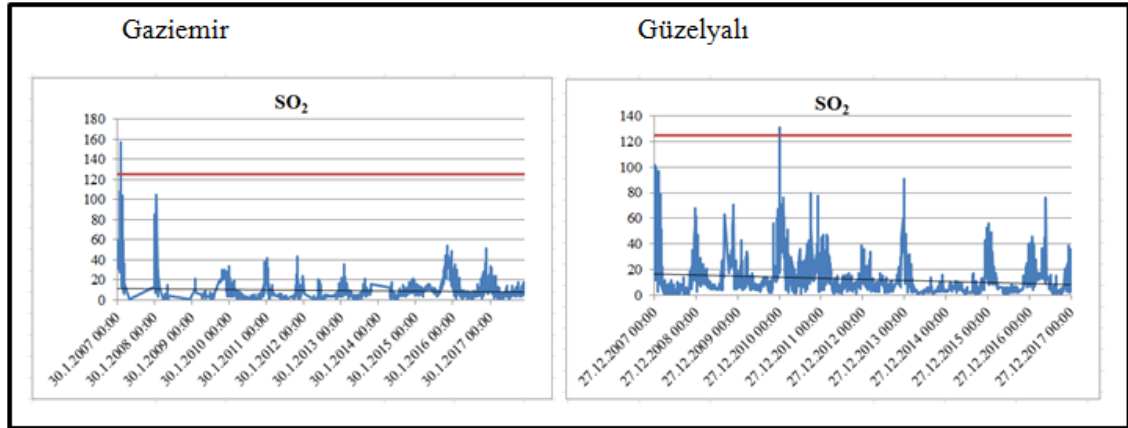
**Şekil 4.8.** Alsancak ve Bayraklı İstasyonu 11 yıllık SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) zamansal grafiği

Şekil 4.8’de Alsancak-Konak ve Bayraklı istasyonlarında yapılan 11 yıllık SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) ölçümlerinin maksimum sınır değere göre karşılaştırılarak oluşturulan zamansal değişimleri grafiklerde gösterilmiştir. Alsancak-Konak ilçesi 2007 yılında doğal gazı kavuşmuş olmasına rağmen, konum bakımından il merkezinde bulunması nedeniyle göç alan yerleşim yeri olmuştur. Böylece nüfusun artmasıyla birlikte konut sayısı, kültür, sanat, medya ve ticaret merkezi, sanayi dalları- imalathaneler de, sağlık kuruluşları da artmıştır. 2008 yılının ocak ayında kış mevsimi olması nedeniyle SO<sub>2</sub> konsantrasyonu en yüksek seviyeye çıkmıştır. Böylece konutlarda ve sanayi dallarında yakıtta fosil yakıtların kullanılması zamanla yerini doğal gazı bırakarak SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun düşmesine neden olmaktadır. Bayraklı ilçesi, ilin kent merkezindedir. Dolayısıyla İzmir yoğun göç aldığından merkez ilçe konumunda olan Bayraklı ilçesi de İzmir iliyle doğru orantılı olarak göç almakta olup, bu da ilçenin nüfusunun her geçen gün artmasına neden olmaktadır. Bayraklı genel anlamda konut ağırlıklı bir yerleşim merkezidir. Bayraklı 2007 yılında doğal gazı kavuşmuş olmasına rağmen, kenar mahallelerde düşük kaliteli yakıt tüketiminin yaygın olması nedeniyle SO<sub>2</sub> konsantrasyonu 2016 yılının aralık ayında, kış mevsimi olması nedeniyle, sınır değeri aşmaktadır.



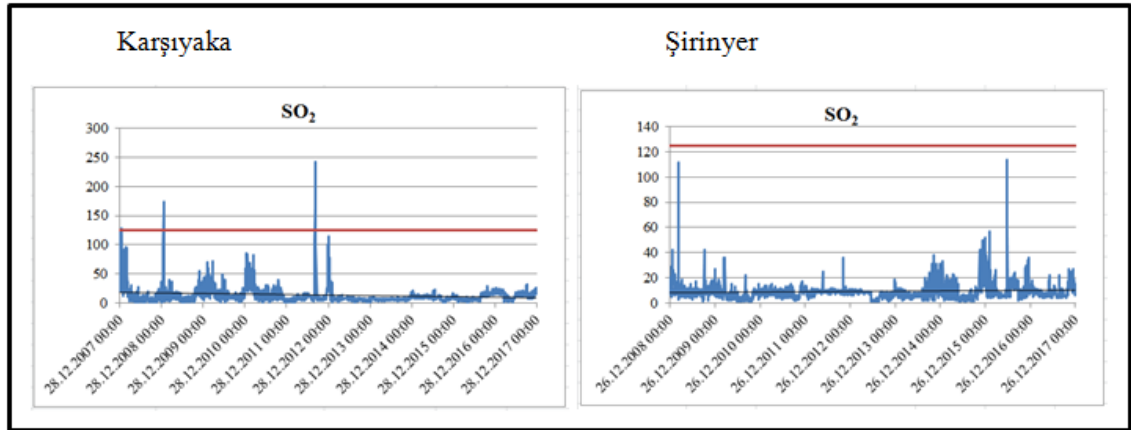
**Şekil 4.9.** Bornova ve Çiğli İstasyonu 11 yıllık SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) zamansal grafiği

Şekil 4.9'da Bornova ve Çiğli istasyonlarında yapılan 11 yıllık SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) ölçümlerinin maksimum sınır değere göre karşılaştırılarak oluşturulan zamansal değişimleri grafiklerde gösterilmiştir. Bornova ilçesi, hızlı sanayileşme, göç ilçe nüfusunun hızlı artmasına yol açmaktadır. Bornova, hızla büyüyen bir yerleşim alanı ve bir üniversite ilçesi olmasının yanı sıra gelişmiş bir sanayi yöresidir. İlçede 2008 yılında mayıs ayında, 2011 yılında eylül ayında, 2014 yılında haziran ve kasım aylarında SO<sub>2</sub> konsantrasyonu en yüksek seviyeye çıkmıştır. SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun en yüksek seviyeye çıktığı dönemler ya kış mevsimine geçiş ya da kış mevsiminden çıkış dönemlerine denk gelmektedir. Bu nedenle ara dönemlerdeki mevsim geçişleri nedeniyle havanın soğumasına bağlı olarak konutlarda ısınma amaçlı, 2007 yılında doğal gazın kavuşulmasına rağmen, doğal gaz yerine kalitesiz yakıtın kullanılması etkilidir. Ayrıca yaz mevsimi başı ve yaz mevsimi sonunda ise sanayi geliştiğinden sanayi de fosil yakıt kullanılması SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun artmasına neden olmuştur. Çiğli ilçesi, yoğun göç alması nedeniyle yerleşim yeri olarak tercih edilir. Sanayi ağırlıklı bir bölgedir. Çünkü Atatürk Organize Sanayi Bölgesi buradadır. 2015 yılında ocak ayında kış mevsiminde, 2016 yılında mayıs ayında ilkbahar mevsiminde SO<sub>2</sub> konsantrasyonu en yüksek seviyeye çıkmıştır. SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun yükselmesinde, kış mevsiminden dolayı konutlarda ısınma amaçlı, 2007 yılında doğal gazın kavuşulmasına rağmen, doğal gaz yerine kalitesiz yakıtın kullanılması, ilkbahar mevsiminde ise havalar ısındığından sadece sanayi de fosil yakıt kullanılması SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun artmasına neden olmuştur.



**Şekil 4.10.** Gaziemir ve Güzelyalı İstasyonu 11 yıllık SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) zamansal grafiği

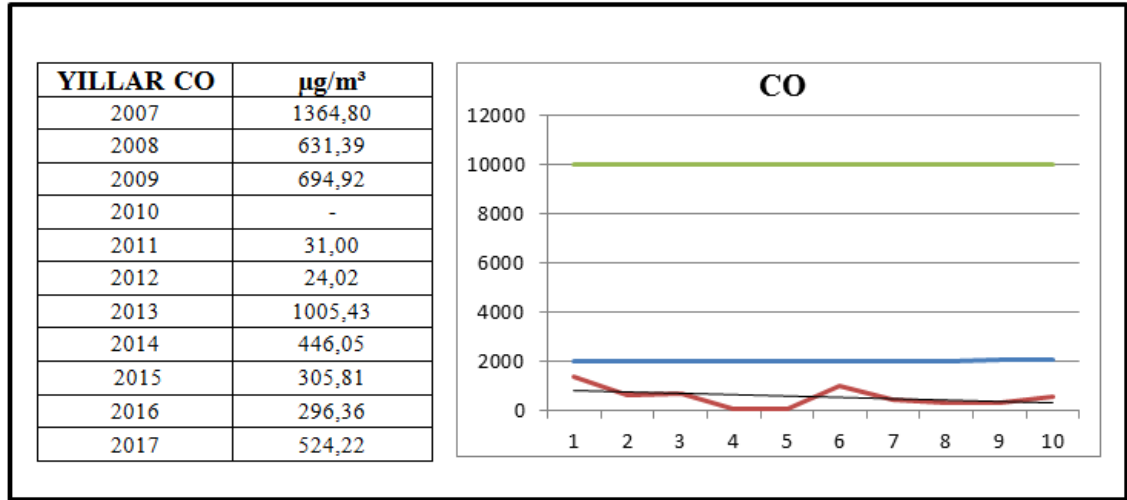
Şekil 4.10'da, Gaziemir ve Güzelyalı istasyonlarında yapılan 11 yıllık SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) ölçümlerinin maksimum sınır değere göre karşılaştırılarak oluşturulan zamansal değişimleri grafiklerde gösterilmiştir. Gaziemir ilçesinde, askeri birliklerin okullarının bulunması, Emlakbank konutlarının inşa edilmesi, sanayi ve ticaretin yoğun olmasıyla SO<sub>2</sub> konsantrasyonu 2007 yılında mart ayında kış mevsiminde artmıştır. Gaziemir ilçesi 2006 yılı aralık ayının son günlerinde doğal gaza kavuşmuştur. Doğal gaza geçilmesiyle birlikte okullarda, konutlarda kış mevsiminde ısınma amaçlı, sanayi de de üretim amaçlı doğal gazın kullanılması sonucu SO<sub>2</sub> konsantrasyonu zamanla sınır değer altına düşmektedir. Güzelyalı-Konak ilçesi 2007 yılında doğal gaza kavuşmuş olmasına rağmen, konum bakımından il merkezinde bulunması nedeniyle göç alan yerleşim yeri olmuştur. Böylece nüfusun artmasıyla birlikte konut sayısının, sanayi dallarının ve imalathanelerin, ticaret merkezleri, sağlık kuruluşların ve kültür etkinlikleri de artmıştır. 2011 yılının ocak ayında kış mevsimi olması nedeniyle SO<sub>2</sub> konsantrasyonu en yüksek seviyeye çıkmıştır. Böylece konutlarda ısınma amaçlı ve sanayi dallarında üretim amaçlı fosil yakıtların kullanılması zamanla yerini doğal gaza bırakarak SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun düşmesine neden olmaktadır.



**Şekil 4.11.** Karşıyaka ve Şirinyer İstasyonu 11 yıllık SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) zamansal grafiği

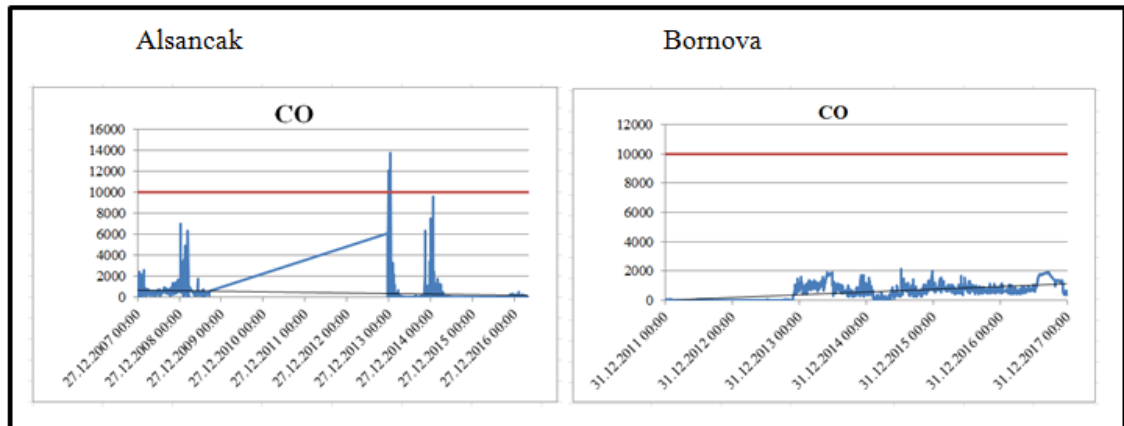
Şekil 4.11’de, Karşıyaka ve Şirinyer istasyonlarında yapılan 11 yıllık SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) ölçümlerinin maksimum sınır değere göre karşılaştırılarak oluşturulan zamansal değişimleri grafiklerde gösterilmiştir. Karşıyaka ilçesi, konut alanları ve yerleşim yeri olarak kullanılmaktadır. 2006 yılında doğal gaza kavuşmuştur. 2008 ve 2009 yıllarında ocak ayında kış mevsiminde ve 2012 yılında eylül ayında sonbahar mevsiminde SO<sub>2</sub> konsantrasyonu en yüksek değere çıkmıştır. Ocak ayı kış mevsimine denk gelmesi, eğitim öğretimin devam etmesi nedeniyle, bu ayda konutlarda ve okullarda ısınmak amacıyla, eylül ayında sonbahar mevsiminde ise mevsim geçişi sırasında yaşanan hava sıcaklığının düşmesi nedeniyle doğal gaz yerine kalitesiz yakıtın kullanılmasıyla SO<sub>2</sub> konsantrasyonu artmıştır. Şirinyer-Buca 2007 yılında doğal gaza kavuşmuştur. İzmir’in en kalabalık ilçesidir. İlçe, eski ve yoğun bir yapılaşmayı barındırdığından nüfus ve konut bakımında yoğun olmasına rağmen, SO<sub>2</sub> konsantrasyonu sınır değerinin üzerine çıkmamıştır.

#### 4.2.3. Karbon monoksit (CO)



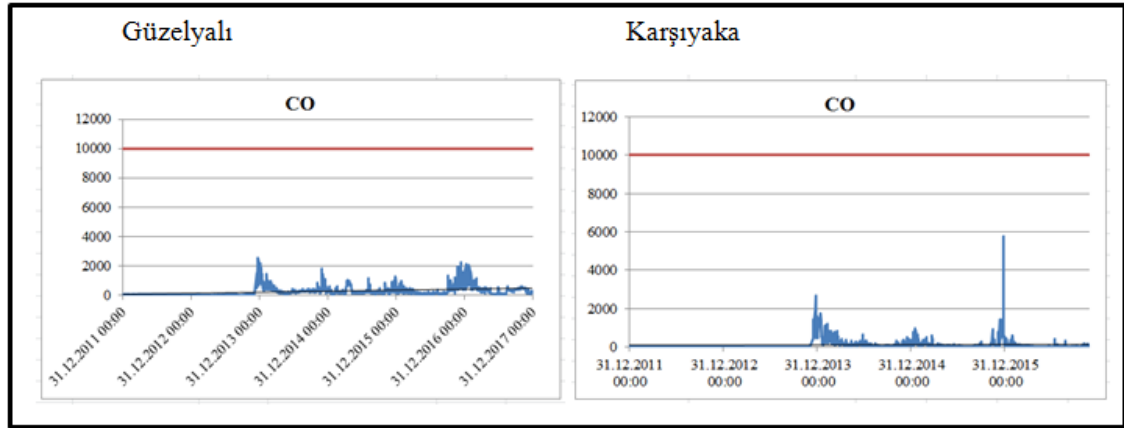
Şekil 4.12. İzmir'in genel CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) zamansal grafiği

Şekil 4.12'de, İzmir genelinde yıllara bakıldığında CO konsantrasyonu zamanla azalmakta fakat bazı yıllarda tekrar artmaktadır. CO konsantrasyonunun azalmasında sanayi tesislerinde eksik yanmanın az olması ve trafikteki araçlardan çıkan egzoz gazının kontrol altına alınmasıdır. Fakat 2007, 2008, 2009 ve 2013 yılların da Alsancak-Konak, 2017 yılında Bornova ilçesinde CO konsantrasyonu yüksek çıkmıştır. Fakat bu değerlerde CO konsantrasyonu sınır değerinin altındadır. Bütün yıllarda İzmir il genelinde CO konsantrasyonu sınır değerin altındadır.



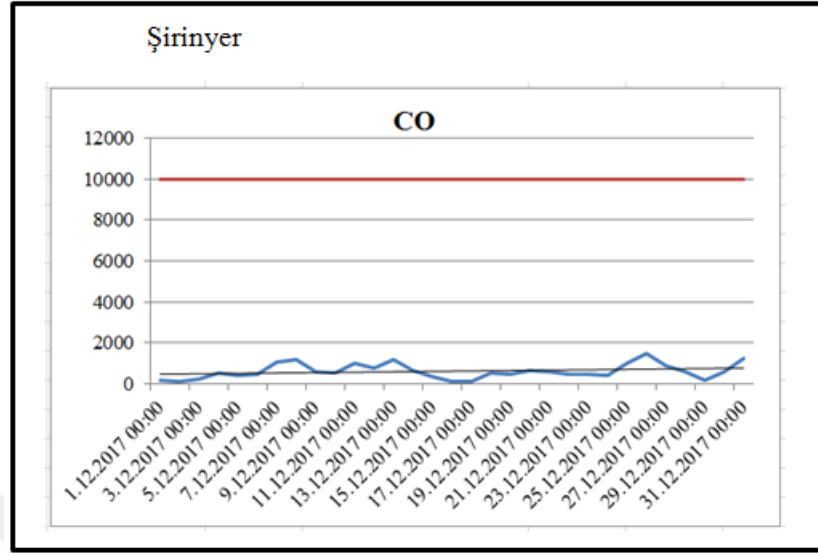
Şekil 4.13. Alsancak ve Bornova İstasyonu 11 yıllık CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) zamansal grafiği

Şekil 4.13’de Alsancak-Konak ve Bornova istasyonlarında yapılan 11 yıllık CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ölçümlerinin maksimum sınır değere göre karşılaştırılarak oluşturulan zamansal değişimleri grafiklerde gösterilmiştir. Alsancak-Konak bölgesi her gün yoğun araç trafiğine maruz kalmaktadır. Alsancak istasyonunda 2013 yılında yoğun olarak CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) kirliliği varken genel kirlilik konsantrasyonu maksimum sınır değerinin altındadır. Bornova istasyonunda, grafikte CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) parametresinin en yüksek seviyeye çıktığı dönemler gösterilmiştir. Bornova istasyonunun da İzmir Şehirlerarası Otobüs Terminalinin Bornova’da bulunmasına rağmen genel kirlilik konsantrasyonu maksimum sınır değerinin altındadır.



**Şekil 4.14.** Güzelyalı ve Karşıyaka İstasyonu 11 yıllık CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) zamansal grafiği

Şekil 4.14’de Güzelyalı ve Karşıyaka istasyonlarında yapılan 11 yıllık CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ölçümlerinin maksimum sınır değere göre karşılaştırılarak oluşturulan zamansal değişimleri grafiklerde gösterilmiştir. Güzelyalı-Konak CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) kirlilik konsantrasyonu maksimum sınır değerinin altındadır. CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) kirlilik konsantrasyonu maksimum sınır değerinin altındadır.

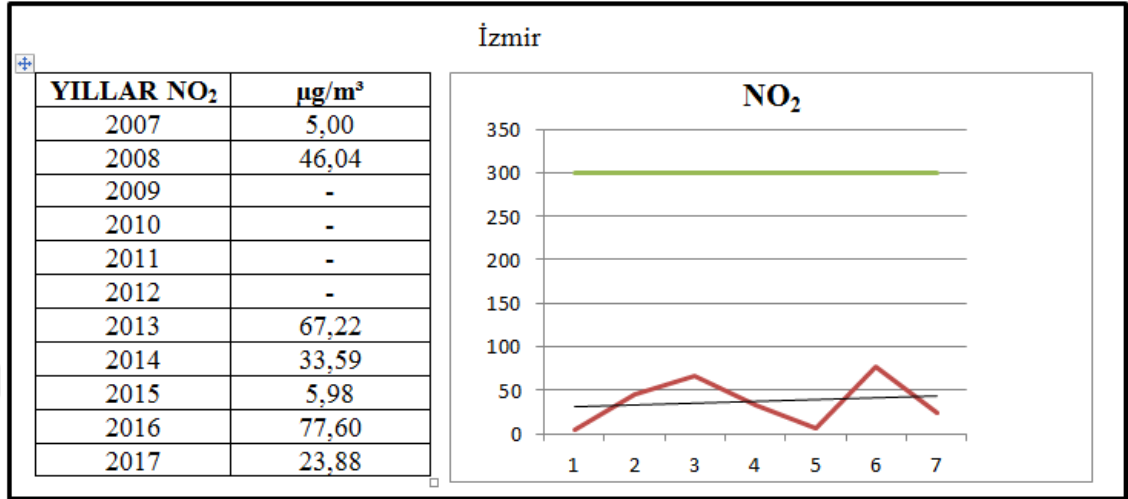


**Şekil 4.15.** Şirinyer İstasyonu 11 yıllık CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) zamansal grafiği

Şekil 4.15’de Şirinyer istasyonunda yapılan 11 yıllık CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ölçümlerinin maksimum sınır değere göre karşılaştırılarak oluşturulan zamansal değişimi grafikte gösterilmiştir. Şirinyer-Buca ilçesinde bulunmaktadır. Şirinyer istasyonunda CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) kirlilik konsantrasyonu maksimum sınır değerinin altındadır.

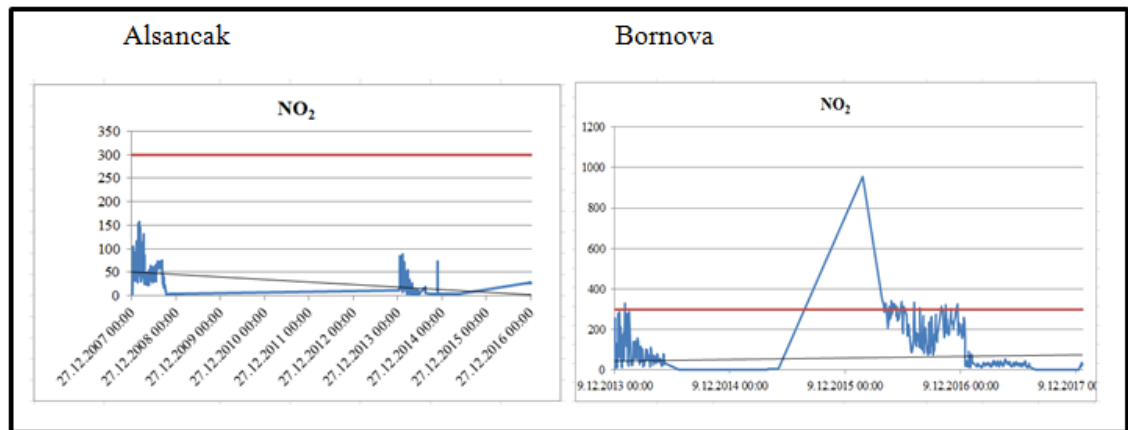
Bayraklı, Çiğli, Gaziemir istasyonlarında karbon monoksit (CO) ölçümü yapılmamıştır.

#### 4.2.4. Azot dioksit (NO<sub>2</sub>)



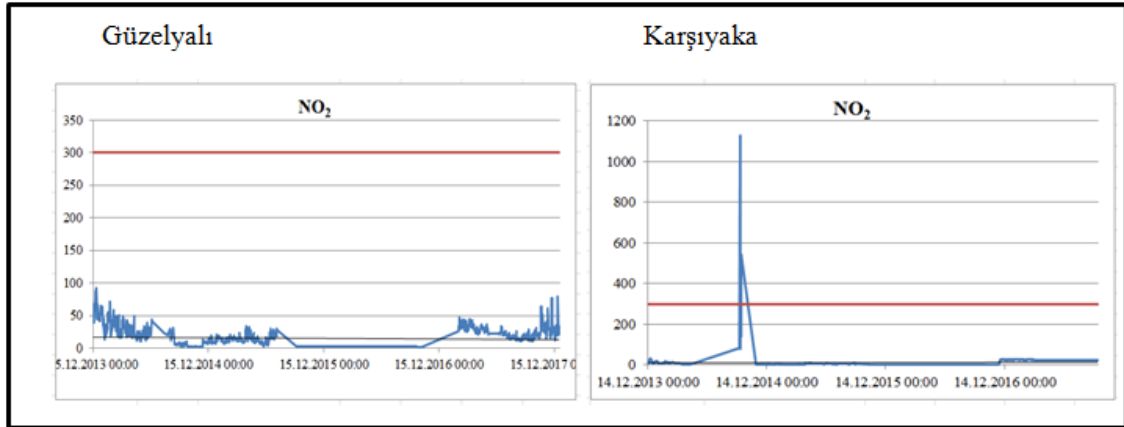
**Şekil 4.16.** İzmir'in genel NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) zamansal grafiği

Şekil 4.16'da, İzmir genelinde yıllara bakıldığında NO<sub>2</sub> konsantrasyonu zamanla azalmakta fakat bazı yıllarda tekrar artmaktadır. NO<sub>2</sub> konsantrasyonunun azalmasında yüksek sıcaklıkta yakma proseslerinin ve trafikteki araçlardan çıkan egzoz gazının kontrol altına alınması etkilidir. Fakat 2008 yılında Alsancak-Konak, 2013 ve 2016 yılların da Bornova ilçesinde NO<sub>2</sub> konsantrasyonu yüksek çıkmıştır. Fakat bu değerlerde NO<sub>2</sub> konsantrasyonu sınır değerinin altındadır.



**Şekil 4.17.** Alsancak ve Bornova İstasyonu 11 yıllık NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) zamansal grafiği

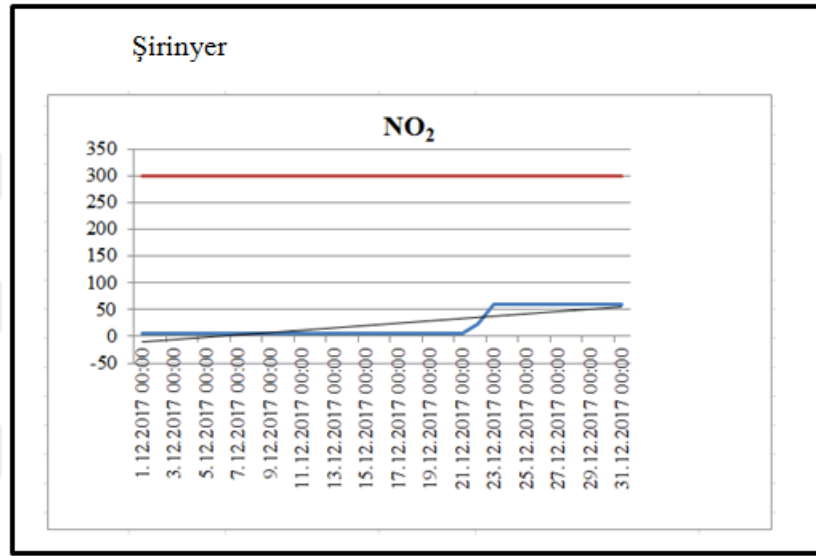
Şekil 4.17’de Alsancak-Konak ve Bornova istasyonlarında yapılan 11 yıllık  $\text{NO}_2$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ölçümlerinin maksimum sınır değere göre karşılaştırılarak oluşturulan zamansal değişimleri grafiklerde gösterilmiştir. Alsancak-Konak bölgesi her gün yoğun araç trafiğine maruz kalmasına rağmen, Alsancak istasyonunda  $\text{NO}_2$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) kirliliği varken genel kirlilik konsantrasyonu maksimum sınır değerinin altındadır. Bornova ilçesinde grafikte  $\text{NO}_2$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) parametresinin en yüksek seviyeye çıktığı dönemler gösterilmiştir. Bornova ilçesi sanayi-ticaret-eğitim ve lojistik üssü olarak İzmir’in en gelişmiş ilçeleri arasında yer almaktadır.  $\text{NO}_2$  konsantrasyonunun yüksek olduğu 2014 yılının ocak ayı ile 2016 yılının nisan aylarıdır. Bu yıllarda yüksek olması ilçede bulunan sanayi sitelerinde ana metal, taşıt, plastik, çimento ve toprak mamulleri dallarında büyük, küçük sanayi ve üretim kuruluşlarının bulunmasıdır. Çünkü endüstrilerde, yüksek sıcaklıkta yakma proseslerinden kaynaklı  $\text{NO}_2$  salınımı gerçekleşmiş olabilir. Ayrıca Bornova istasyonunun da İzmir Şehirlerarası Otobüs Terminalinin Bornova da bulunmasına rağmen genel kirlilik konsantrasyonu maksimum sınır değerinin altındadır.



**Şekil 4.18.** Güzelyalı ve Karşıyaka İstasyonu 11 yıllık  $\text{NO}_2$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) zamansal grafiği

Şekil 4.18’de Güzelyalı ve Karşıyaka istasyonlarında yapılan 11 yıllık  $\text{NO}_2$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ölçümlerinin maksimum sınır değere göre karşılaştırılarak oluşturulan zamansal değişimleri grafiklerde gösterilmiştir. Güzelyalı-Konak ilçesinde  $\text{CO}$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) kirlilik konsantrasyonu maksimum sınır değerinin altındadır. Karşıyaka istasyonunda  $\text{NO}_2$  konsantrasyonu 2014 yılının eylül ayında sınır değeri aşmış durumdadır. İlçe de yurdumuzun tüm bölgelerine açılan E-5 Karayolu ile 1865 yılında inşa edilen demiryolu

ilçeyi boydan boya kat etmektedir. Deniz ulaşımının tercih edilmesi halinde vapur hattı arabalı vapur seferleri de diğer ilçelere yapılmaktadır. Böylece var olan trafik yoğunluğunun üzerine eylül ayında yeni eğitim öğretim yılının başlamasıyla okul taşıtlarının trafikte çoğalmasıyla salınan NO<sub>2</sub> konsantrasyonu sınır değerin aşılmış olmasında etkili olmaktadır.



**Şekil 4.19.** Şirinyer İstasyonu 11 yıllık NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) zamansal grafiği

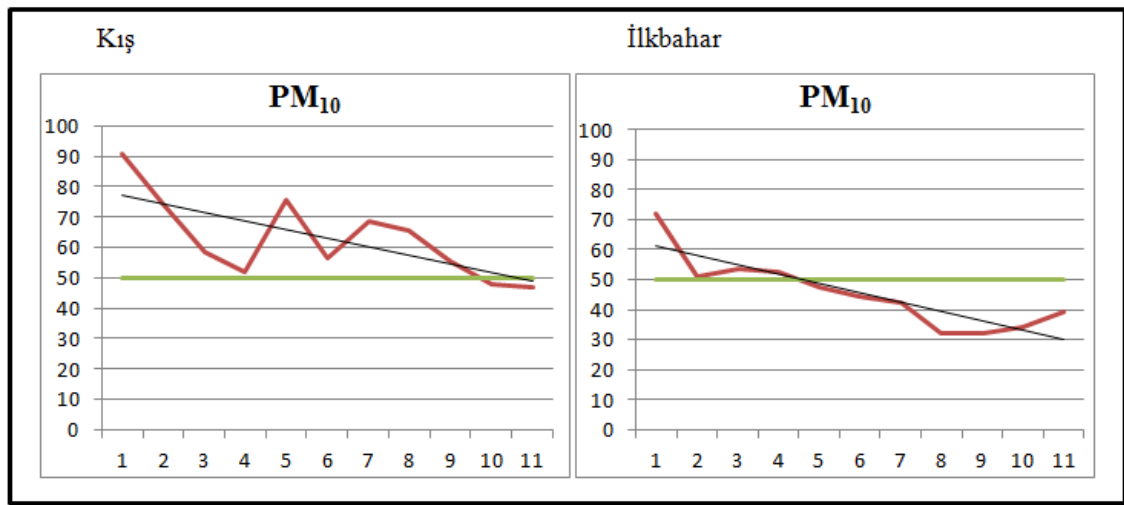
Şekil 4.19’da Şirinyer istasyonunda yapılan 11 yıllık NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) ölçümlerinin maksimum sınır değere göre karşılaştırılarak oluşturulan zamansal değişimi grafikte gösterilmiştir. Şirinyer-Buca bulunmaktadır. Şirinyer istasyonunda NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) kirlilik konsantrasyonu maksimum sınır değerin altındadır.

Bayraklı, Çiğli, Gaziemir istasyonlarında azot dioksit (NO<sub>2</sub>) ölçümü yapılmamıştır.

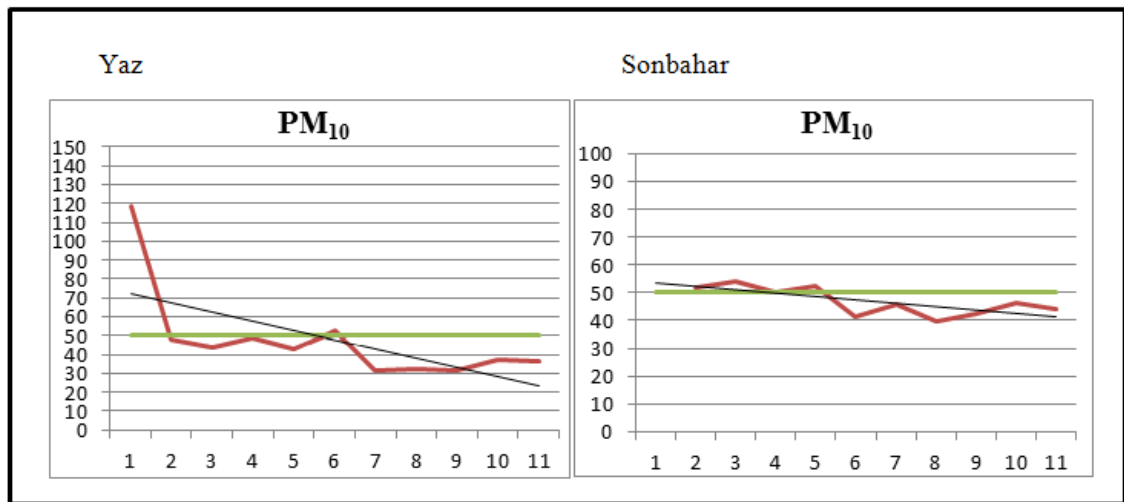
### 4.3. Hava Kirleticilerinin Mevsimsel Analizi

2007-2017 yılları arasında İzmir ilinde hava kirleticilerinin mevsimsel analizine ait grafikler Şekil 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24, 4.25, 4.26, 4.27’de verilmiştir.

#### 4.3.1. Partikül madde (PM<sub>10</sub>)



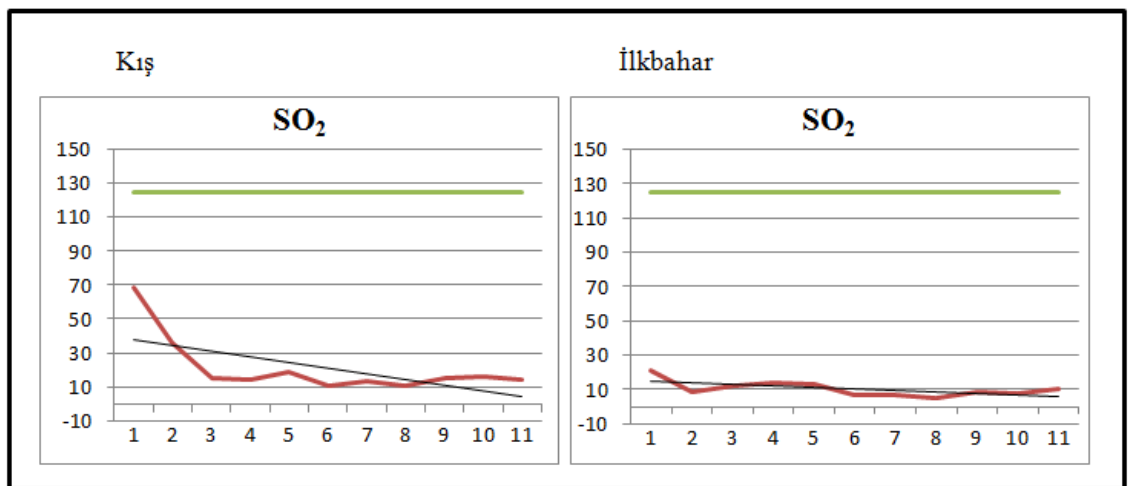
Şekil 4.20. İzmir ilinin kış ve ilkbahar mevsiminde PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) konsantrasyon grafiği



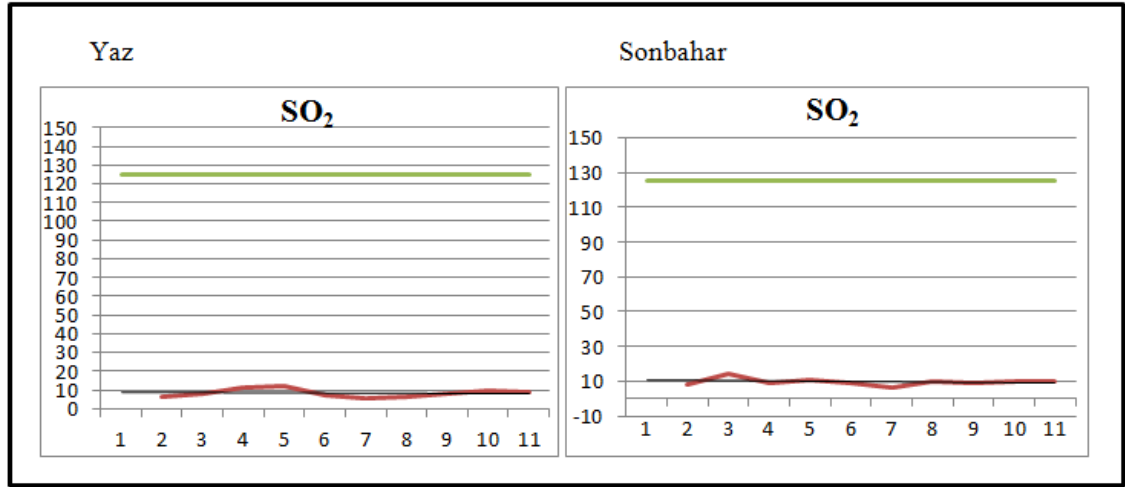
Şekil 4.21. İzmir ilinin yaz ve sonbahar mevsiminde PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) konsantrasyon grafiği

Şekil 4.20, 21’de İzmir ilinde  $PM_{10}$  ( $\mu g/m^3$ ) kirlilik konsantrasyonunun 11 yıllık mevsimsel dağılımı grafiklerle gösterilmiştir. Kirlilik konsantrasyonunun çoğu zaman MSD’i aştığını gözlemleyebiliriz.  $PM_{10}$  ( $\mu g/m^3$ ) ortalamaları; kış mevsimi için 62,91( $\mu g/m^3$ ), ilkbahar mevsimi için 45,54 ( $\mu g/m^3$ ) yaz mevsimi için 47,70 ( $\mu g/m^3$ ) sonbahar mevsimi için 46,87 ( $\mu g/m^3$ ) olarak hesaplanmıştır. İl genelinde  $PM_{10}$  konsantrasyonu kış mevsiminde üst seviyeye çıkmaktadır. Çünkü kış sezonunda havaların soğumasıyla birlikte ısınma amaçlı fosil yakıt yakma dönemine girilmektedir. Zamanla  $PM_{10}$  konsantrasyonunun sınır değerin altına inmesinde kış sezonunda ısınmada fosil yakıt yerine doğal gaz kullanılması da etkilidir. İlkbahar mevsiminde havalar yavaş yavaş ısındığından fosil yakıt kullanımının azalması  $PM_{10}$  konsantrasyonunun zamanla sınır değerin altına inmesinde etkilidir. Yaz mevsiminde fosil yakıt kullanımının olmaması fakat inşaat sezonunun başlamış olması, taş ocakları faaliyetleri ile  $PM_{10}$  konsantrasyonunun sınır değerleri aştığı görülmekte, alınan bir takım önlemlerle konsantrasyon zamanla sınır değerin altına inmektedir. Sonbahar mevsiminde inşaat sezonunun yavaş yavaş bitmesi nedeniyle  $PM_{10}$  konsantrasyonu zamanla da sınır değerlerin altına inmektedir.

#### 4.3.2. Kükürt dioksit ( $SO_2$ )



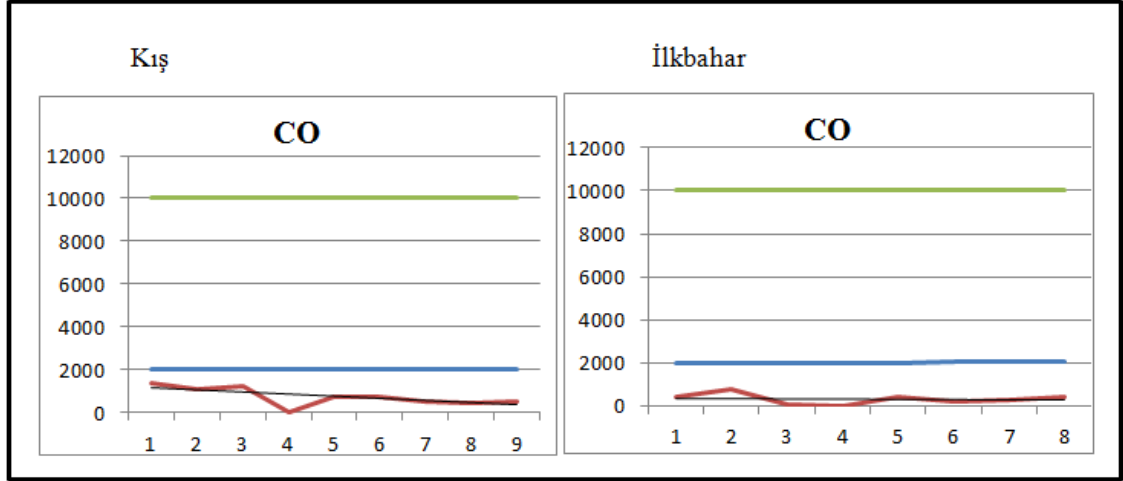
Şekil 4.22. İzmir ilinin kış ve ilkbahar mevsiminde  $SO_2$  ( $\mu g/m^3$ ) konsantrasyon grafiği



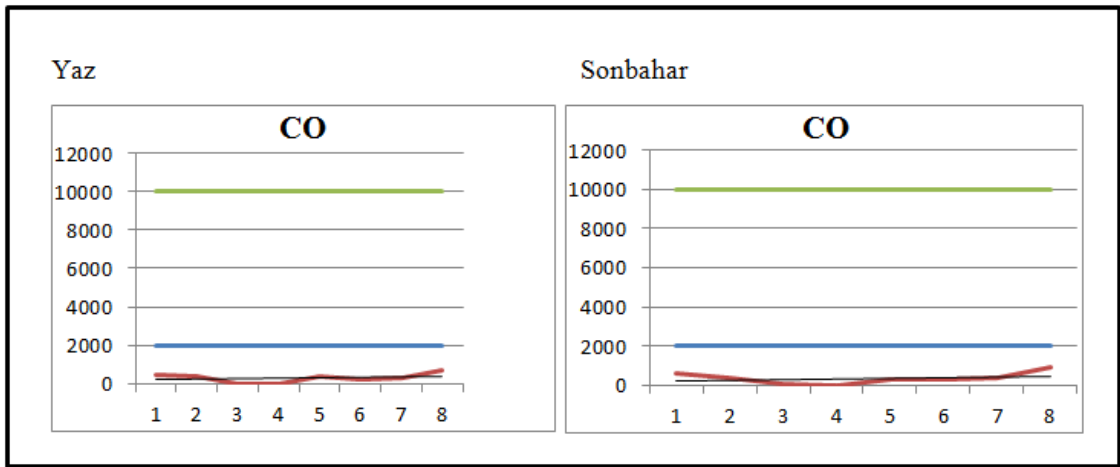
**Şekil 4.23.** İzmir ilinin yaz ve sonbahar mevsiminde SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) konsantrasyon grafiği

Şekil 4.22, 23'de İzmir ilinde SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) kirlilik konsantrasyonunun 11 yıllık mevsimsel dağılımı grafiklerle gösterilmiştir. Kirlilik konsantrasyonunun MSD'i aşmadığını gözlemlenmektedir. Ortalamalar; kış mevsimi için ise 21,04 (µg/m<sup>3</sup>), ilkbahar için 10,41(µg/m<sup>3</sup>) yaz mevsimi için 8,36 (µg/m<sup>3</sup>) sonbahar için 9,6 (µg/m<sup>3</sup>) olarak hesaplanmıştır. İl genelinde SO<sub>2</sub> konsantrasyonu bütün mevsimlerde sınır değerin altındadır. Kış sezonunda havaların soğumasıyla birlikte ısınma amaçlı yakma dönemine girilmektedir. Zamanla SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun sınır değerin altına inmesinde kış sezonunda ısınma amaçlı fosil yakıt yerine doğal gaz kullanılması da etkilidir.

#### 4.3.3. Karbon monoksit (CO)



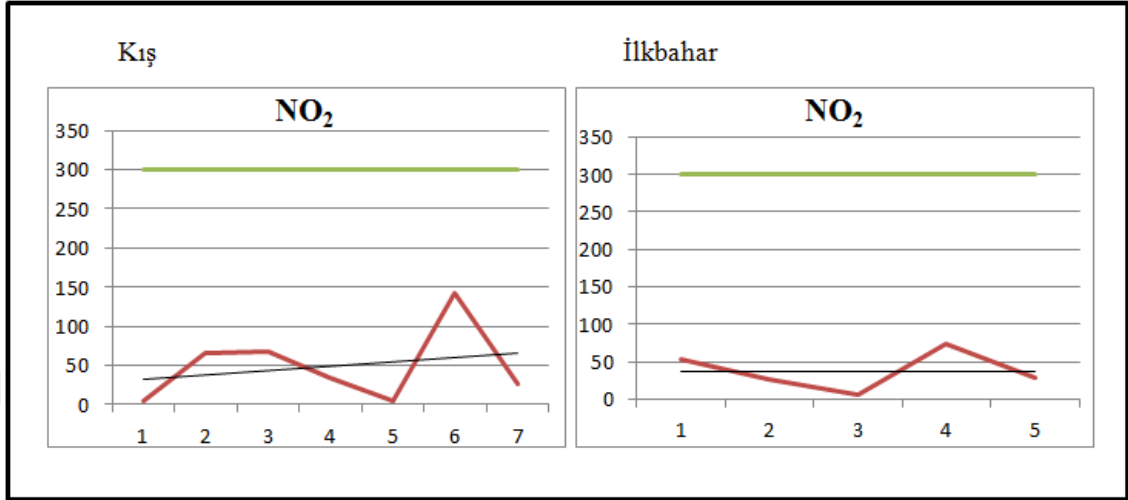
Şekil 4.24. İzmir ilinin kış ve ilkbahar mevsiminde CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) konsantrasyon grafiği



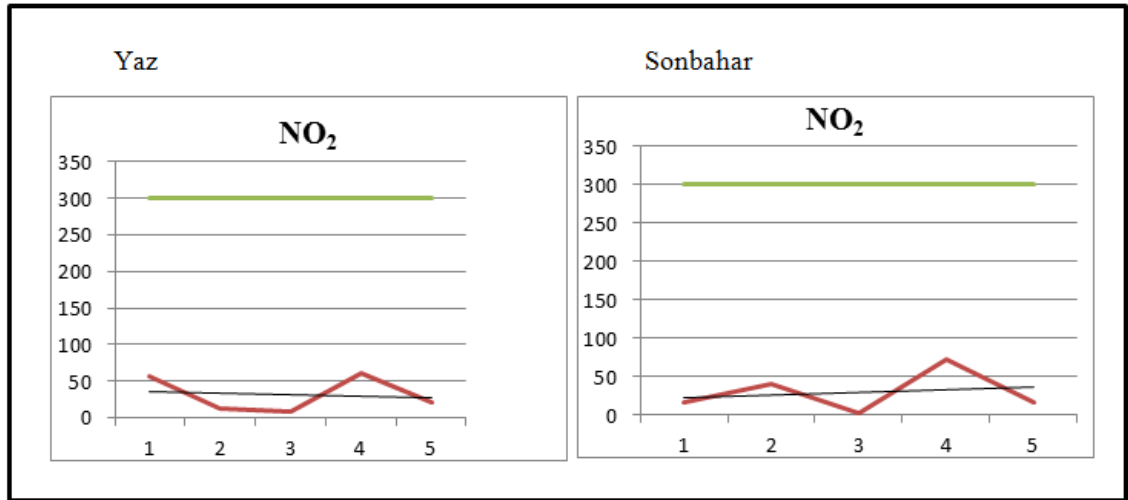
Şekil 4.25. İzmir ilinin yaz ve sonbahar mevsiminde CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) konsantrasyon grafiği

Şekil 4.24, 25’de İzmir ilinde CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) kirlilik konsantrasyonunun 11 yıllık mevsimsel dağılımı grafiklerle gösterilmiştir. Kirlilik konsantrasyonunun MSD’i aştığını gözlemleyebiliriz. Ortalamalar; kış mevsimi için ise 749,93 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), ilkbahar için 307,53 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) yaz mevsimi için 324 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sonbahar için 351,38 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) olarak hesaplanmıştır. İl genelinde CO konsantrasyonu bütün mevsimlerde sınır değerinin altındadır.

#### 4.3.4. Azot dioksit (NO<sub>2</sub>)



Şekil 4.26. İzmir ilinin kış ve ilkbahar mevsiminde NO<sub>2</sub> (µg/m³) konsantrasyon grafiği



Şekil 4.27. İzmir ilinin yaz ve sonbahar mevsiminde NO<sub>2</sub> (µg/m³) konsantrasyon grafiği

Şekil 4.26, 27'de İzmir ilinde NO<sub>2</sub> (µg/m³) kirlilik konsantrasyonunun 11 yıllık mevsimsel dağılımı grafiklerle gösterilmiştir. Kirlilik konsantrasyonunun MSD'i aştığını gözlemleyebiliriz. Ortalamalar; kış mevsimi için ise 49,75 (µg/m³), ilkbahar için 37,58 (µg/m³) yaz mevsimi için 31,66 (µg/m³) sonbahar için 29,69 (µg/m³) olarak

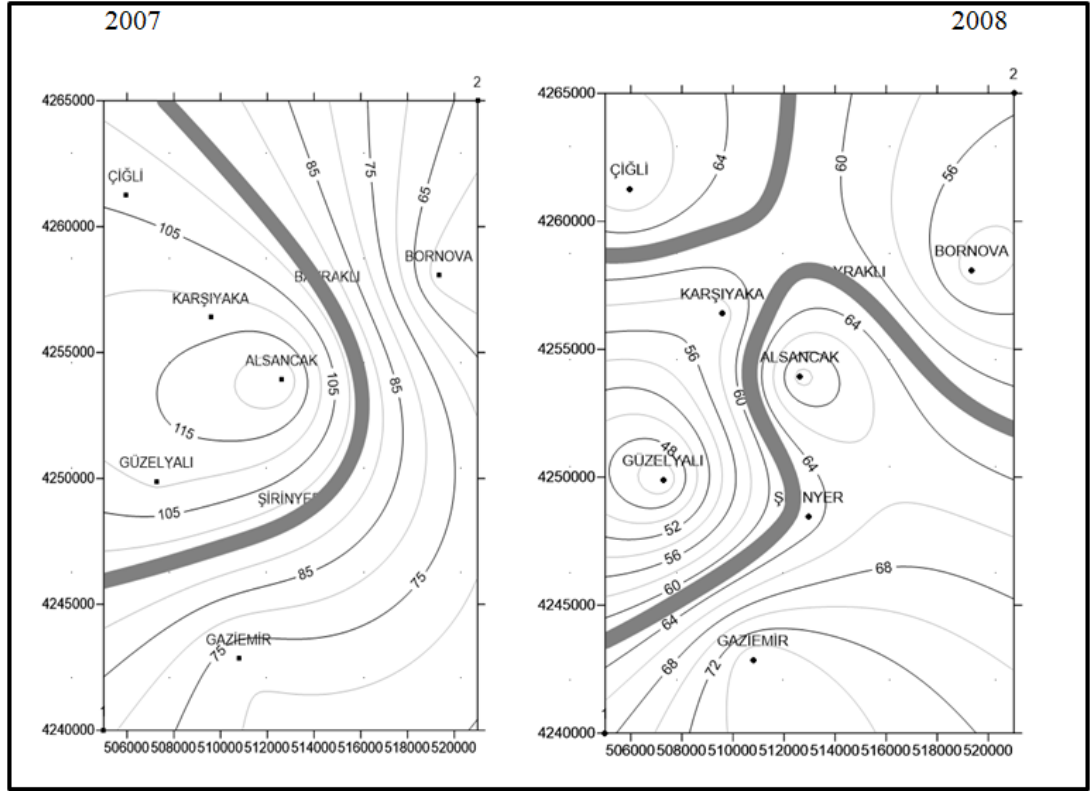
hesaplanmıştır. İl genelinde NO<sub>2</sub> konsantrasyonu bütün mevsimlerde sınır değerin altındadır.

Avrupa’da yapılan çalışmalarda kış döneminde, ısınma ve enerji için kömür - odun kullanılması ve artan trafik emisyonlarının hava kirliliğinin kaynağını oluştuğu gözlenmiştir (Houthuijs *et al.* 2001; Cracow and Rezler 2006). Meteorolojik koşullar şehir hava kalitesinde; hem kendi mevsimsellik değışimlerinde hem de kısa ve uzun vadede hava kalitesinde değışikliğe neden olur (Seo *et al.* 2017).

#### **4.4. Hava Kirleticilerinin Alansal Analizi**

2007-2017 yılları arası İzmir ilinde hava kirleticilerinin alansal analizine ait grafikler Şekil 4.28, 4.29, 4.30, 4.31, 4.32, 4.33, 4.35, 4.36, 4.37, 4.38, 4.39, 4.40, 4.41, 4.42, 4.43, 4.44, 4.45, 4.46, 4.27’de verilmiştir.

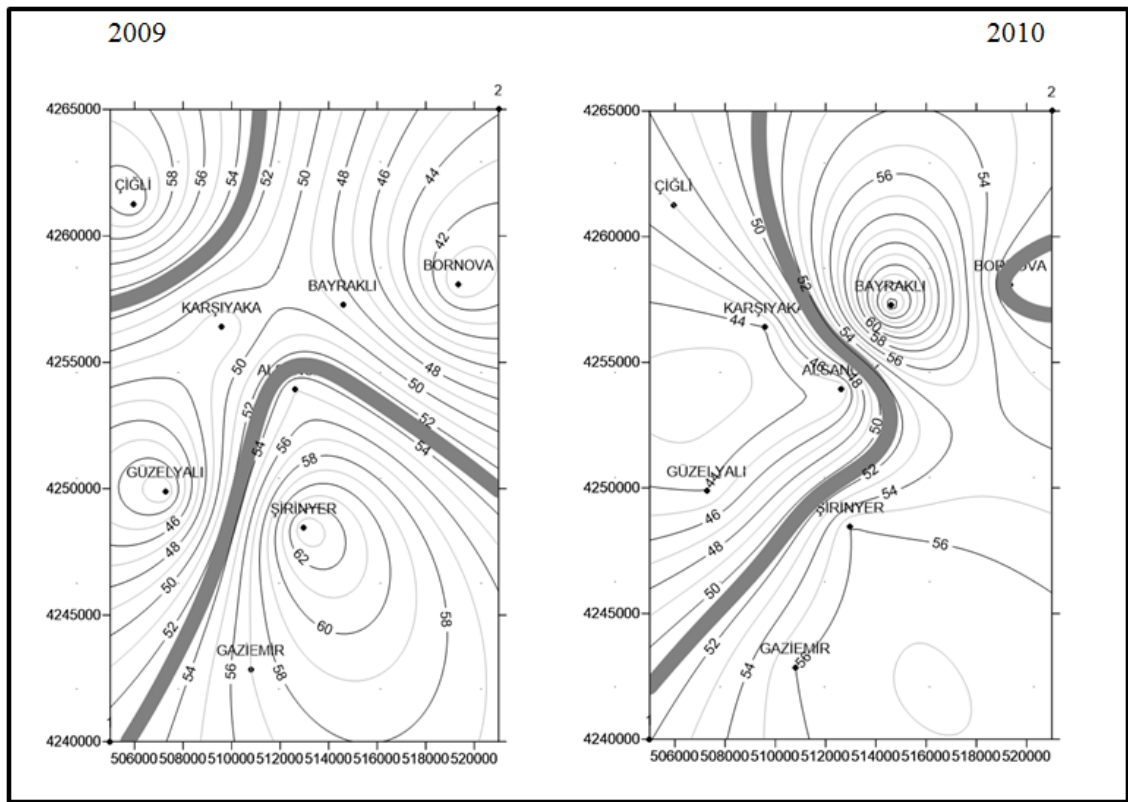
#### 4.4.1. Partikül Madde (PM<sub>10</sub>)



**Şekil 4.28.** İzmir ili 2007 ve 2008 yılları PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) konsantrasyonu

Şekil 4.28’de İzmir’de PM<sub>10</sub> kirliliği; 2007 yılında ortalama 97,44 µg/m<sup>3</sup>, 2008 yılında ise 60,31 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. 2007 yılında en yüksek PM<sub>10</sub> konsantrasyonu Alsancak-Konak da, 2008 yılında en yüksek PM<sub>10</sub> değeri Gazimir de ölçülmüştür. 2007 yılındaki PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun Alsancak-Konak bölgesinde yüksek çıkması Alsancak-Konak bölgesi İzmir ilinin merkezi olduğu için göç nedeniyle nüfus, iş merkezi, konut, gecekondulaşma, çarpık kentleşme fazla olduğundan tüketilen fosil yakıtta fazla ayrıca kentsel dönüşüm inşaat çalışmalarından oluşan toz parçacıkları da fazla olmaktadır. Bu dönem de Konak’a doğal gazın yeni gelmesi de kullanımının yaygın olmaması PM<sub>10</sub> konsantrasyonunu yüksek çıkarmaktadır. 2008 yılında en yüksek PM<sub>10</sub> konsantrasyonu Gazimir’de ölçülmüştür. Gazimir 114 m yükseklikte konumlanmış yerleşim yeri olmasına rağmen, hava sirkülasyonundan dolayı konsantrasyonunun azalması gerekirken, Gazimir de askeri birliklerin okulları, Adnan

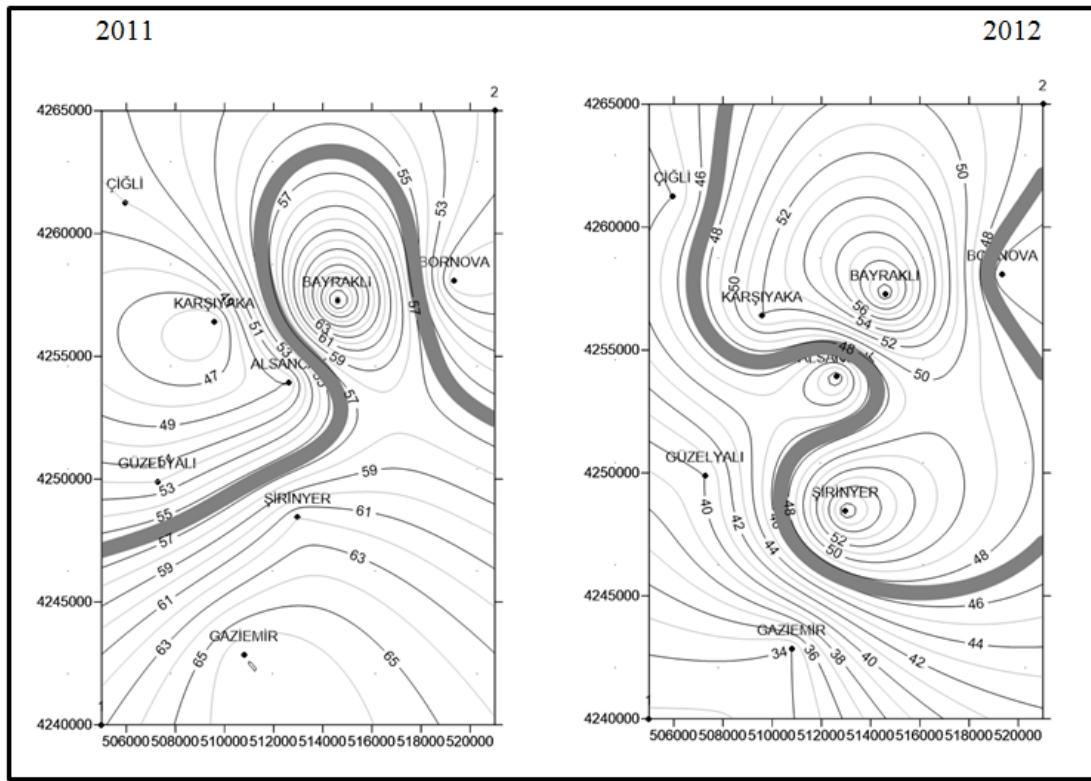
Menderes Havalimanı, Emlakbank konutları, Ege Serbest Bölgesi bulunduğundan, nüfus ve trafik fazla olmasından dolayı  $PM_{10}$  konsantrasyonu yüksek çıkmaktadır. 2007 yılında  $PM_{10}$  kirliliğinin ortalama çizgisinin yönü İzmir'in merkez ilçelerinin doğusundan yukarı doğru, 2008 yılında ise yön değiştirerek aşağı doğru merkezden uzaktaki ilçelere ve yukarı doğru da bir yay çizerek yukarıdaki ilçeleri de içerisine almıştır.



**Şekil 4.29.** İzmir ili 2009 ve 2010 yılları  $PM_{10}$  ( $\mu g/m^3$ ) konsantrasyonu

Şekil 4.29'da İzmir'de  $PM_{10}$  ortalama konsantrasyonu 2009 yılı için  $52,69 \mu g/m^3$ , 2010 yılı için  $51,21 \mu g/m^3$  olarak ölçülmüştür. 2009 yılında en yüksek  $PM_{10}$  konsantrasyonu Şirinyer-Buca'da, 2010 yılında en yüksek  $PM_{10}$  konsantrasyonu Bayraklı da ölçülmüştür. 2009 yılında en yüksek  $PM_{10}$  konsantrasyonu Şirinyer-Buca da olması, Şirinyer-Buca, İzmir in 2009 yılı verilerine göre ikinci kalabalık ilçesiydi, konutlaşma fazla, Şirinyer hipodromunun, 9 Eylül Üniversitesinin, Buca Cezaevinin burada olması, trafik yoğunluğu çarpık kentleşmenin sonucu fosil yakıt kullanımının çok olması, doğal

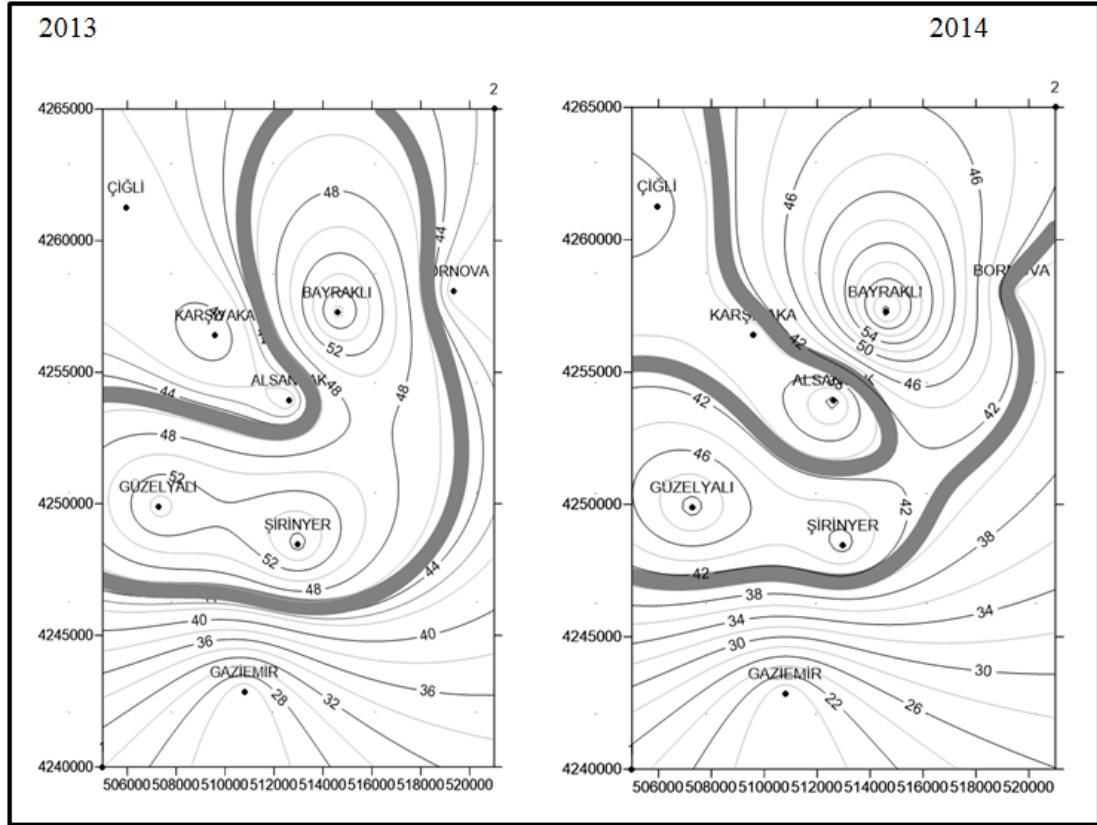
gazın yaygın olarak kullanılmaması, inşaat işleri PM<sub>10</sub> konsantrasyonunu artırmaktadır. 2010 yılında PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun Bayraklı da yüksek çıkması Bayraklı'nın merkez ilçe olması İzmir ile paralel göç almasıyla birlikte nüfusun artması, bu dönem sanayisinin fazla olması, konut sayısının artmasıyla çok fazla fosil yakıtların yakılmasıyla PM<sub>10</sub> konsantrasyonu yüksek çıkmaktadır. 2009 yılında PM<sub>10</sub> kirliliğinin ortalama çizgisinin yönü 2008 yılı yönünde 2010 yılında ise tekrar yön değiştirerek 2007 yılındaki yöne dönmüştür.



**Şekil 4.30.** İzmir ili 2011 ve 2012 yılları PM<sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) konsantrasyonu

Şekil 4.30'da İzmir'de PM<sub>10</sub> ortalama konsantrasyonu 2011 yılı için  $54,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2012 yılı için  $49,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür. 2011 ve 2012 yıllarında en yüksek PM<sub>10</sub> konsantrasyonu Bayraklı da ölçülmüştür. PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun Bayraklı da yüksek çıkması Bayraklı'nın merkez ilçe olması İzmir ile paralel göç almasıyla birlikte nüfusun artması, konut sayısının artmasıyla çok fazla fosil yakıtların yakılması, doğal gazın

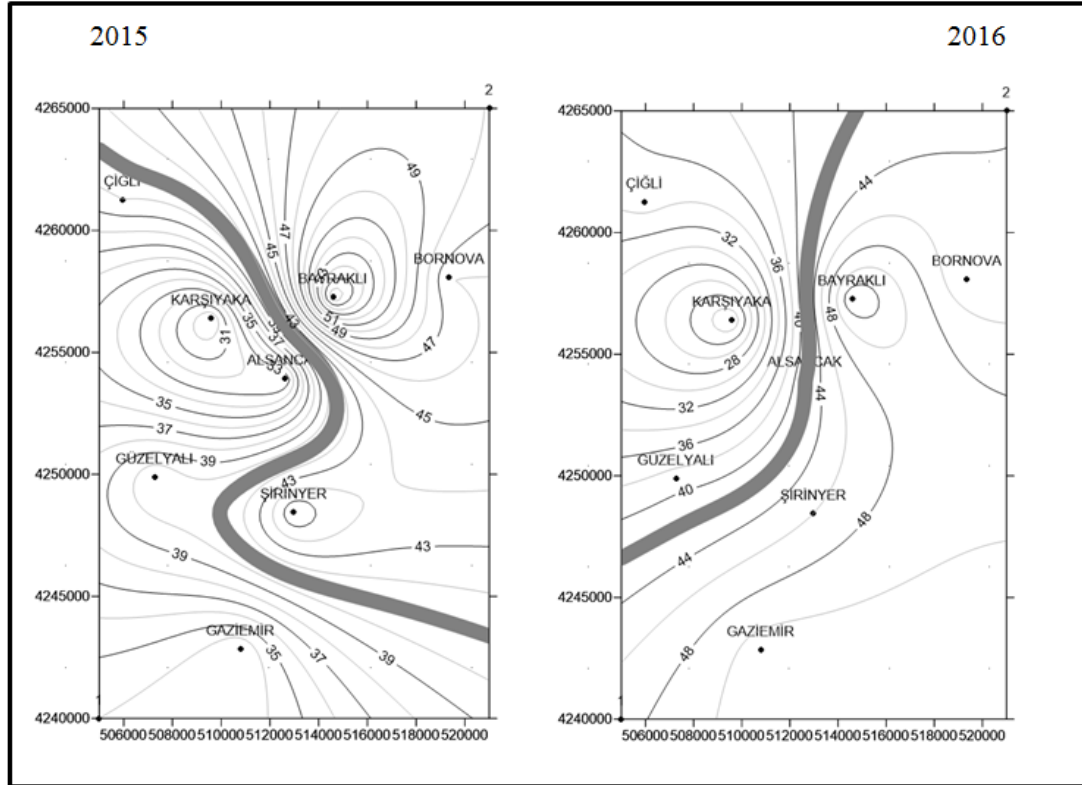
yaygın olmaması, sanayinin bu dönem fazla olması PM<sub>10</sub> konsantrasyonu yüksek çıkarmaktadır.



**Şekil 4.31.** İzmir ili 2013 ve 2014 yılları PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) konsantrasyonu

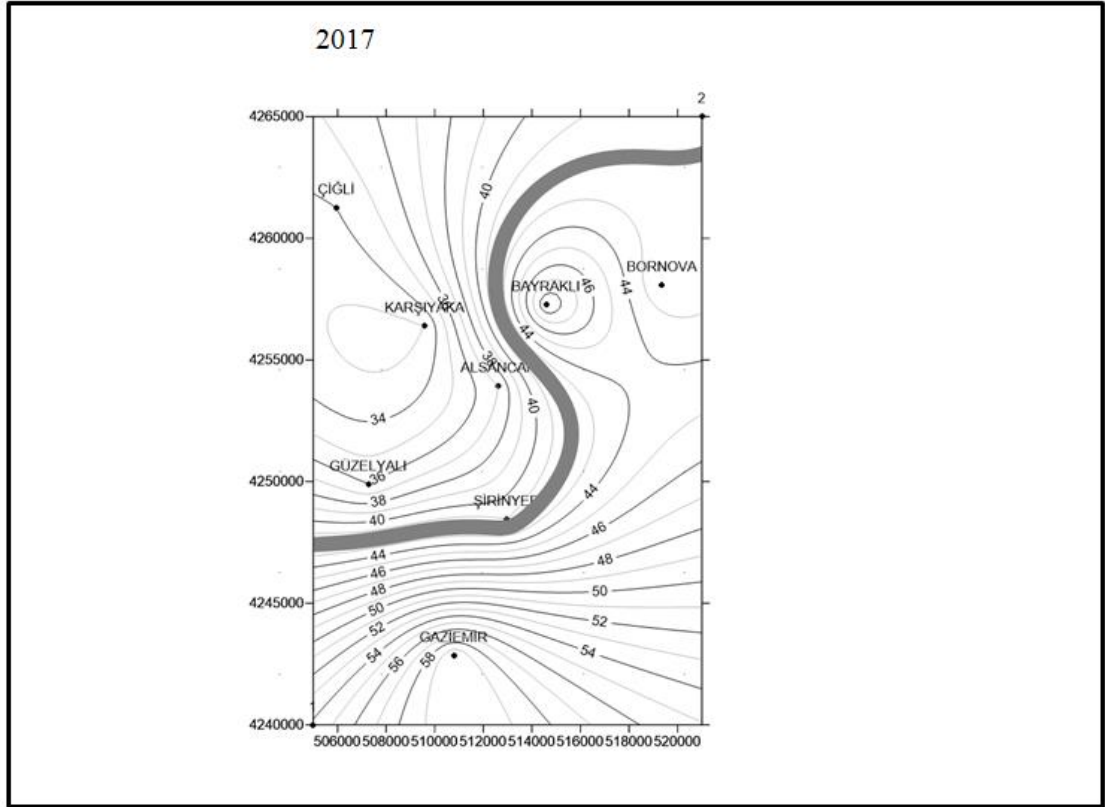
Şekil 4.31'de İzmir'de PM<sub>10</sub> ortalama konsantrasyonu 2013 yılı için 46,77 µg/m<sup>3</sup>, 2014 yılı için 41,16 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. 2013 yılında en yüksek PM<sub>10</sub> konsantrasyonu Güzelyalı-Konak da, 2014 yılında en yüksek PM<sub>10</sub> konsantrasyonu Bayraklı da ölçülmüştür. 2013 yılında en yüksek PM<sub>10</sub> konsantrasyonu Güzelyalı-Konak da ölçülmüştür. PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun Güzelyalı-Konak da yüksek çıkması Konak'ın yüksek ve engebeli bir yapısı olduğundan, merkez ilçe sanayi yok ama bölge her gün göç almakta buna bağlı olarak nüfus, konut sayısı, gecekondulaşma çarpık kentleşme, trafik artmaktadır. Böylece ısınmada ve trafikte fosil yakıt kullanımının fazlalaşması sonucu PM<sub>10</sub> konsantrasyonu artmaktadır. 2014 yılında en yüksek PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun Bayraklı da yüksek çıkması Bayraklı'nın da merkez ilçe olması

İzmir ile paralel göç almasıyla birlikte nüfusun artması, konut sayısının artmasıyla ısınmada, trafikte ve sanayide çok fazla fosil yakıtların kullanılmasıyla  $PM_{10}$  konsantrasyonu yüksek çıkmaktadır. 2013 ve 2014 yılları  $PM_{10}$  kirliliğinin ortalama çizgisinin yönleri aynıdır.



**Şekil 4.32.** İzmir ili 2015 ve 2016 yılları  $PM_{10}$  ( $\mu g/m^3$ ) konsantrasyonu

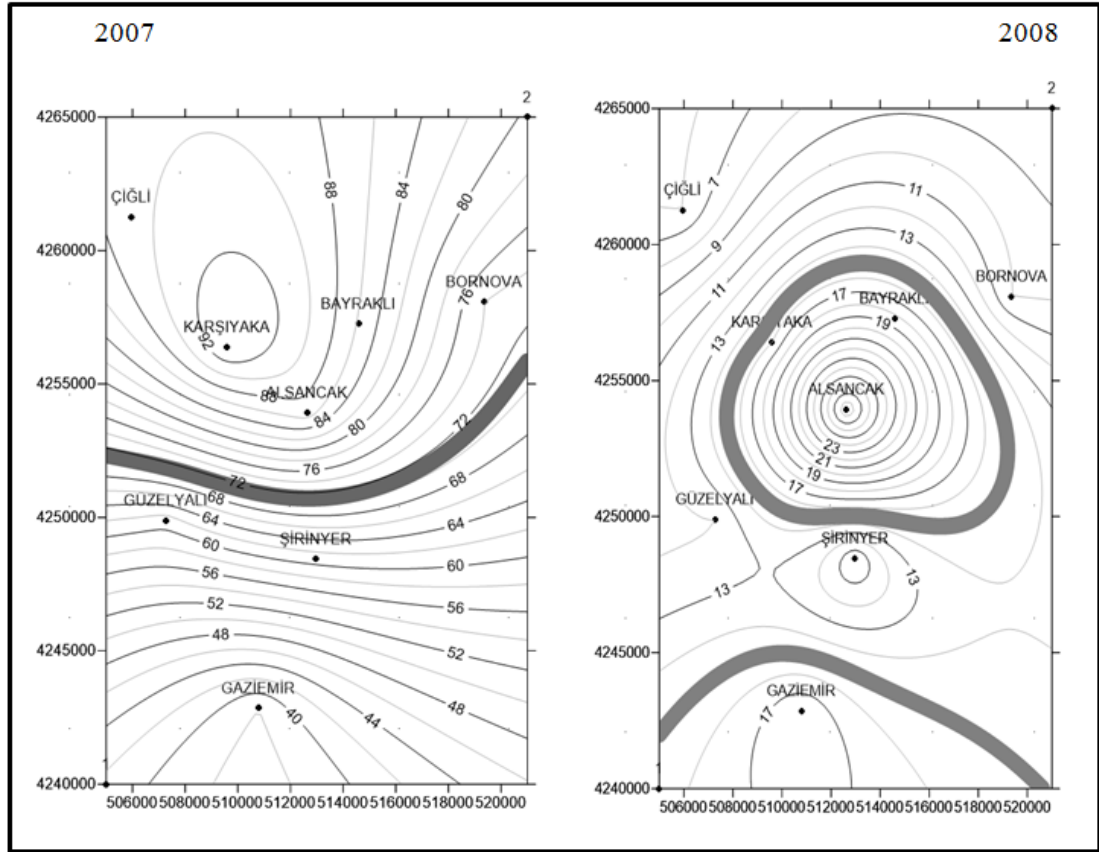
Şekil 4.32’de İzmir’de  $PM_{10}$  ortalama konsantrasyonu 2015 yılı için  $44,44 \mu g/m^3$ , 2016 yılı için  $41,44 \mu g/m^3$  olarak ölçülmüştür. 2015 ve 2016 yıllarında en yüksek  $PM_{10}$  konsantrasyonu Bayraklı da ölçülmüştür.  $PM_{10}$  konsantrasyonunun Bayraklı da yüksek çıkması Bayraklı’nın merkez ilçe olması İzmir ile paralel göç almasıyla birlikte nüfusun artması, konut sayısının artması, yeni imar planları ve kentsel dönüşüm yapıldığı için ve kenar mahallelerde fosil yakıtların yakılmasıyla  $PM_{10}$  konsantrasyonu yüksek çıkmaktadır. Fakat geçmiş yıllara göre  $PM_{10}$  kirliliğinde azalma görülmüştür. Çünkü sanayileşme azalmaya başladı, tarım da azaldı konut ve ticaret ağırlıklı bir ilçe olmuştur. Bu nedenle de  $PM_{10}$  konsantrasyonu etkilenecek azalmaya başlamıştır.



**Şekil 4.33.** İzmir ili 2017 yılları PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) konsantrasyonu

Şekil 4.33’de İzmir’de PM<sub>10</sub> ortalama konsantrasyon 2017 yılı için 41,72 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. 2017 yılında en yüksek PM<sub>10</sub> konsantrasyon Gaziemir’de ölçülmüştür. Gaziemir 114 m yükseklikte konumlanmış yerleşim yeri olmasına rağmen, havasının temiz olması beklenirken, hızlı bir şekilde gelişim gösterdiğinden, Gaziemir de askeri birliklerin okulları, Adnan Menderes Havalimanı, Emlakbank konutları, Ege Serbest Bölgesi bulunduğundan, nüfus ve trafiğin fazla olmasından dolayı PM<sub>10</sub> konsantrasyonu yüksek çıkmaktadır.

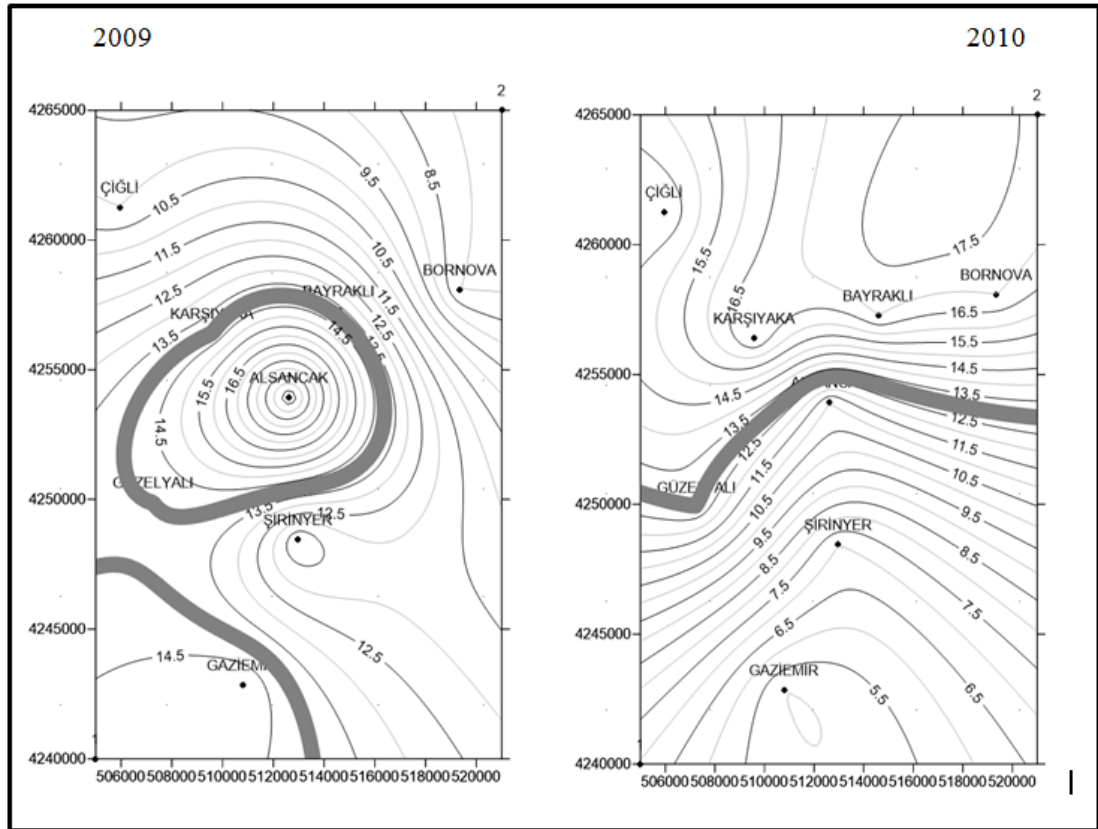
#### 4.4.2. Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>)



**Şekil 4.34.** İzmir ili 2007 ve 2008 yılları SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) konsantrasyonu

Şekil 4. 34’de İzmir de SO<sub>2</sub> ortalama konsantrasyonu 2007 yılı için 69,45 µg/m<sup>3</sup>, 2008 yılı için 13,67 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. 2007 yılında en yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonu Karşıyaka’da, 2008 yılında en yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonu Alsancak-Konak da ölçülmüştür. 2007 yılında en yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonu Karşıyaka’da ölçülmüştür. Çünkü Karşıyaka denizden 1-700 m yüksekliktedir. Karşıyaka yerleşim yeri ve konut alanlarıyla dikkat çekmekte olup, sanayi tesisi yoktur. İlçe mesken olarak kullanıldığından konutlaşma fazla olduğu ve yükseklikten dolayı havanın soğuk olması sonucu, ısınma amaçlı fosil yakıtlar kullanıldığı, doğal gazın da 2006 yılında yeni verilmiş olması dolayı daha yaygın olmadığından, SO<sub>2</sub> konsantrasyonu yüksek çıkmaktadır. 2008 yılındaki SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun Alsancak-Konak bölgesinde yüksek çıkması Alsancak-Konak bölgesi İzmir ilinin merkezi olduğu için her gün yoğun

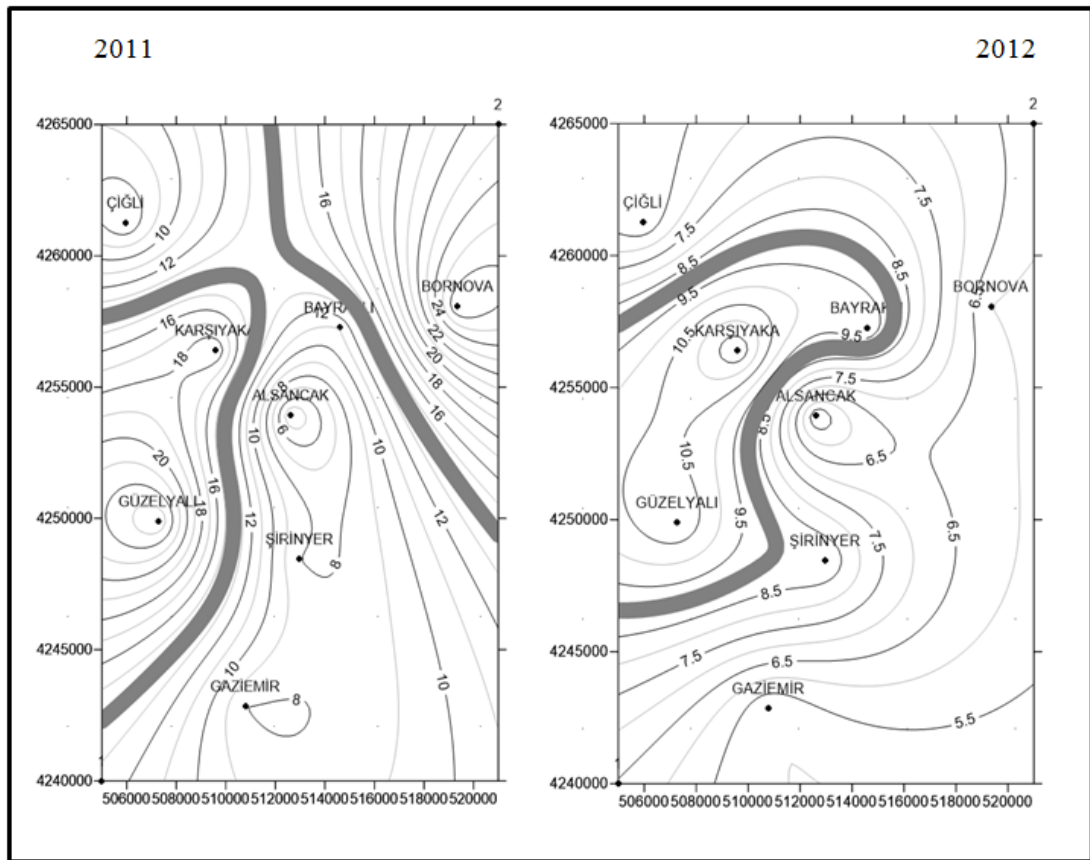
araç trafiğine maruz kalmaktadır. Ayrıca nüfus, iş merkezi, konut, gecekondulaşma, çarpık kentleşme fazla olduğundan tüketilen fosil yakıtta fazladır, doğal gazın yeni verilmiş olmasından kullanımının yaygın olmaması  $\text{SO}_2$  konsantrasyonu yüksek çıkmaktadır. Konak ta büyük sanayi tesisi bulunmamakta ticari sektörde hizmet vermektedir.



**Şekil 4.35.** İzmir ili 2009 ve 2010 yılları  $\text{SO}_2$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) konsantrasyonu

Şekil 4.35’de İzmir’de  $\text{SO}_2$  ortalama konsantrasyon 2009 yılı için  $12,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2010 yılı için  $12,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür. 2009 yılında en yüksek  $\text{SO}_2$  konsantrasyon Alsancak-Konak’da, 2010 yılında en yüksek  $\text{SO}_2$  konsantrasyon Bayraklı da ölçülmüştür. 2009 yılındaki  $\text{SO}_2$  konsantrasyonunun Alsancak-Konak bölgesinde yüksek çıkması Alsancak-Konak bölgesi İzmir ilinin merkezi olduğu için her gün yoğun araç trafiğine maruz kalmaktadır. Ayrıca nüfus 2009 yılı nüfusuna göre üçüncü kalabalık ilçedir, iş merkezi, konut, gecekondulaşma, çarpık kentleşme fazla

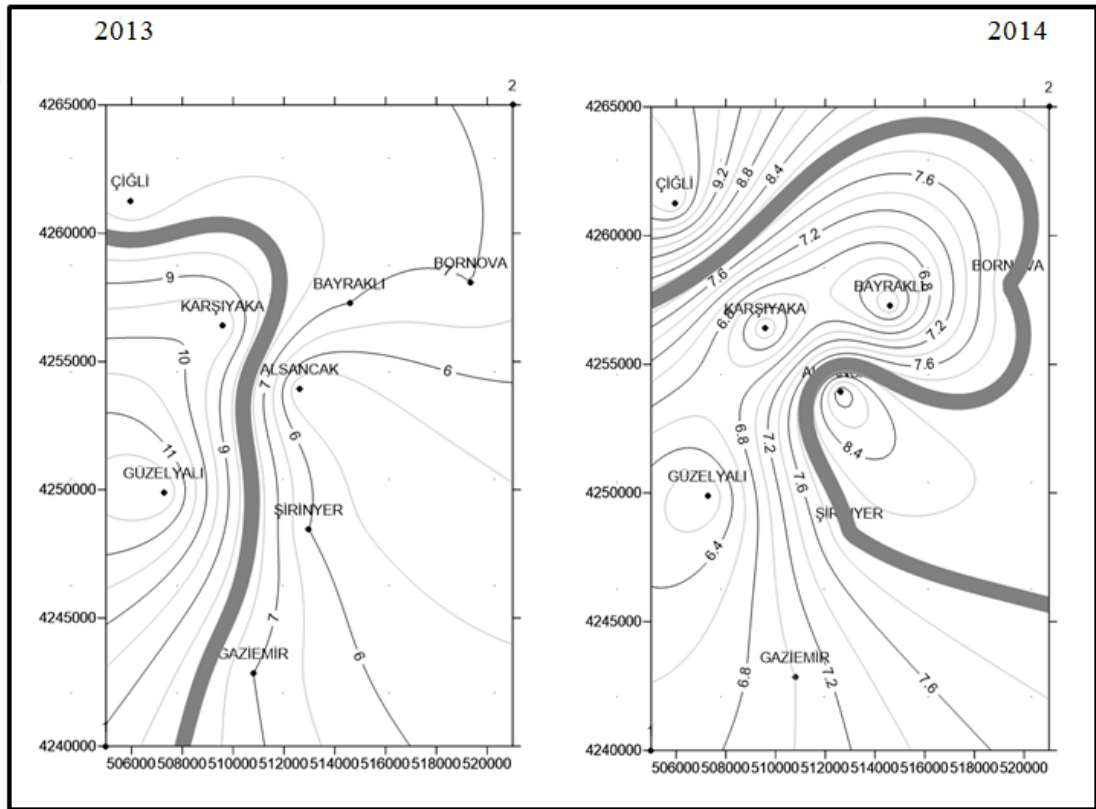
olduğundan tüketilen fosil yakıtta fazladır. Bu nedenle SO<sub>2</sub> konsantrasyonu yüksek çıkmaktadır. 2010 yılındaki SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun Bayraklı da yüksek çıkması Bayraklı'nın merkez ilçe olması İzmir ile paralel göç almasıyla birlikte nüfusun artması, konut sayısının artmasıyla çok fazla fosil yakıtların yakılmasıyla SO<sub>2</sub> konsantrasyonu yüksek çıkmaktadır. 2009 ve 2010 yıllarında kirleticinin ortalama çizgisinin yönü çok fazla değişmemiştir.



**Şekil 4.36.** İzmir ili 2011 ve 2012 yılları SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) konsantrasyonu

Şekil 4.36'da İzmir'de SO<sub>2</sub> ortalama konsantrasyonu 2011 yılı için 13,74 µg/m<sup>3</sup>, 2012 yılı için 8,36 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. 2011 yılında en yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonu Bornova da, 2012 yılında en yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonu Karşıyaka da ölçülmüştür. 2011 yılındaki SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun Bornova da yüksek çıkması Bornova'nın sanayi-ticaret-egitim ve lojistik üssü olarak gelişmiş olması buna bağlı olarak ta sanayi de konutlarda, trafikte fosil yakıtın kullanılmasından dolayı konsantrasyon yüksek

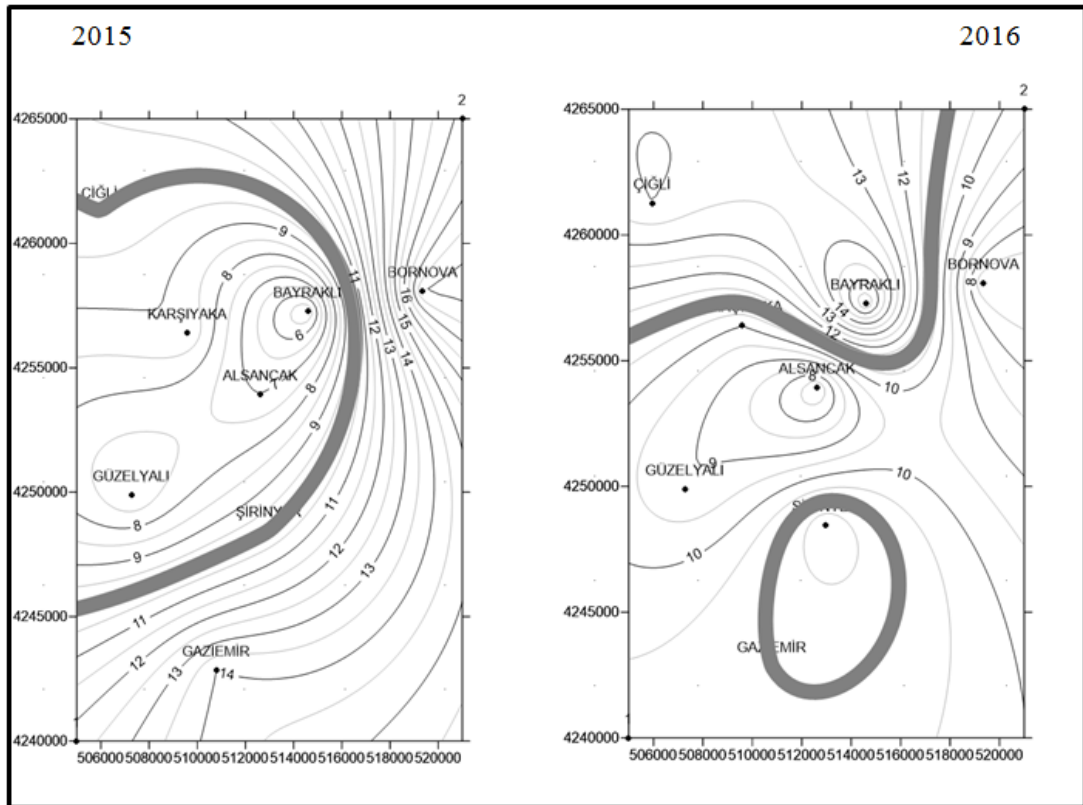
çıkılmaktadır. 2012 yılında en yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonu Karşıyaka da ölçülmüştür. Çünkü Karşıyaka denizden 1-700 m yüksekliktedir. Karşıyaka yerleşim yeri ve konut alanlarıyla dikkat çekmekte olup, sanayi tesisi yoktur. Mesken olarak kullanıldığından konutlaşma fazla olduğu için konutlarda ısınma amaçlı fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Ayrıca diğer ilçelerle ulaşımı sağlayan kara, deniz demiryolu ağına da sahiptir. Bu nedenle SO<sub>2</sub> konsantrasyonu yüksek çıkmaktadır. 2011 ve 2012 yıllarında kirleticinin ortalama çizgisinin yönü çok fazla değişmemiştir.



**Şekil 4.37.** İzmir ili 2013 ve 2014 yılları SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) konsantrasyonu

Şekil 4.37’de İzmir’de SO<sub>2</sub> ortalama konsantrasyonu 2013 yılı için 7,99 µg/m<sup>3</sup>, 2014 yılı için 7,51 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. 2013 yılında en yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonu Güzelyalı-Konak’da, 2014 yılında en yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonu Çiğli de ölçülmüştür. 2013 yılındaki SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun Güzelyalı-Konak da yüksek çıkması Konak, İzmir ilinin merkezi olduğu için bölge her gün göç almakta buna bağlı olarak nüfus, konut sayısı, gecekondulaşma çarpık kentleşme, trafik artmaktadır. Böylece ısınmada ve

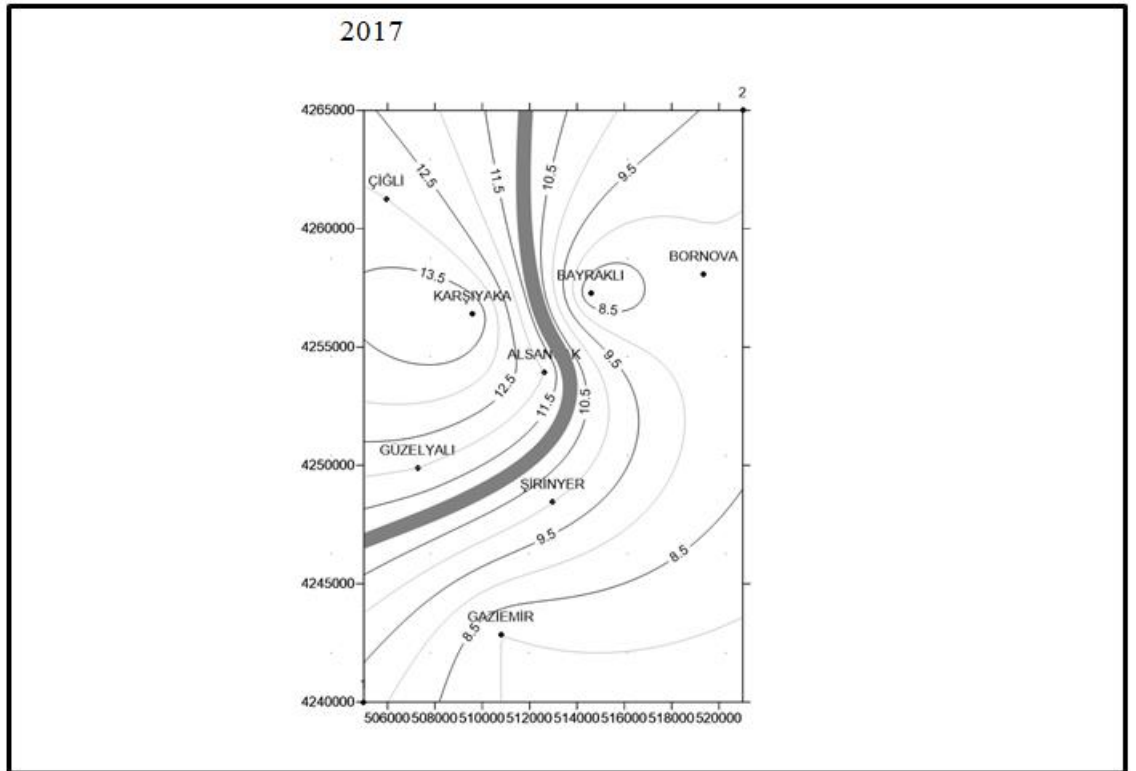
trafikte fosil yakıt kullanımının fazlaşması sonucu  $\text{SO}_2$  konsantrasyonu artmaktadır. 2014 yılındaki  $\text{SO}_2$  konsantrasyonu Çiğli de yüksek çıkmaktadır. Çiğli düz bir ova şeklinde denizden 1-1,5 m yükseklikte konumlanmıştır. Rakım olarak alçakta bulunmasından dolayı  $\text{SO}_2$  konsantrasyonu Çiğli'nin havasında birikmekte olup konsantrasyon yüksek çıkmaktadır. Ayrıca Atatürk Organize Sanayi Bölgesinin varlığı, İzmir'i Çanakkale ve İstanbul'a bağlayan ana arterlerin Çiğli den geçmesi, ilçeden, Balıkesir, Uşak, Eskişehir, Ankara, Manisa bağlantılı demiryolu bağlantısının olması, ilçelere de karayolu bağlantısının olması da  $\text{SO}_2$  konsantrasyonunun yüksek çıkmasına sebebiyet vermektedir. 2013 ve 2014 yıllarında kirleticinin ortalama çizgisinin yönü kuzeydoğu yönünde genişlemiştir.



**Şekil 4.38.** İzmir ili 2015 ve 2016 yılları  $\text{SO}_2$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) konsantrasyonu

Şekil 4.38’de İzmir’de  $\text{SO}_2$  ortalama değeri 2015 yılı için  $10,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2016 yılı için  $10,725 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür. 2015 yılında en yüksek  $\text{SO}_2$  değeri Bornova’da, 2016

yılında en yüksek SO<sub>2</sub> değeri Bayraklı da ölçülmüştür. 2015 yılındaki SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun Bornova da yüksek çıkması orman alanlarının yavaş yavaş yok edilerek konut ve sanayi alanı olarak tescillenmesiyle sanayi-ticaret-eğitim ve lojistik üssü olarak gelişmesine olanak sağlandığından sanayi de konutlarda, trafikte fosil yakıtın kullanılmasından artmasıyla konsantrasyon yüksek çıkmaktadır. 2016 yılındaki SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun Bayraklı da yüksek çıkması Bayraklı'nın merkez ilçe olması göç almasıyla birlikte nüfusun artması, eski yerleşim biriminin olmasından kentsel dönüşüm işlemlerinin başlaması, sanayileşmenin azalmasına karşın konut sayısının artması, E-25 Devlet Karayolu ile İzmir'i Marmara Bölgesi'ne bağlayan demiryolu üzerinde bulunması, Bayraklı İskelesi ile deniz ulaşımının sağlanması ve ilçelere ulaşımından karayolu ile sağlanması ile de trafiğin yoğunlaşmasından dolayı çok fazla fosil yakıtların kullanılmasıyla SO<sub>2</sub> konsantrasyonu yüksek çıkmaktadır.

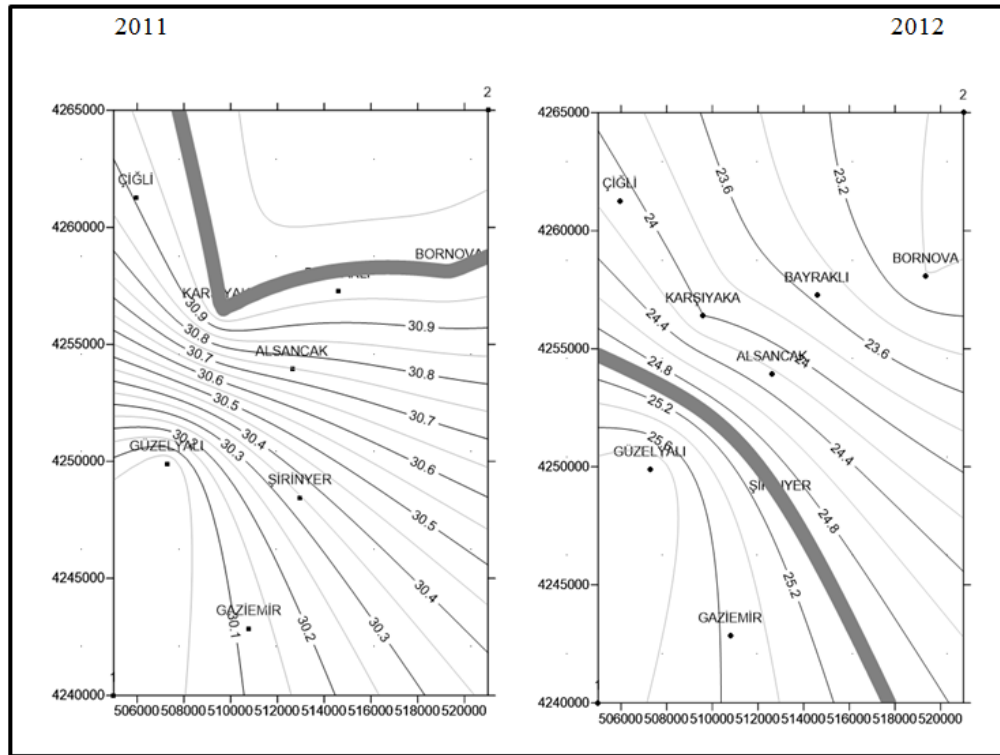


Şekil 4.39. İzmir ili 2017 yılları SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) konsantrasyonu

Şekil 4.39'da İzmir'de SO<sub>2</sub> ortalama konsantrasyonu 2017 yılı için 10,79 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. 2017 yılında en yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonu Karşıyaka'da ölçülmüştür. Çünkü Karşıyaka denizden 1-700 m yüksekliktedir. Karşıyaka yerleşim yeri ve konut alanlarıyla dikkat çekmekte olup, ilçede sanayi tesisi yoktur. Genellikle mesken olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle konutlaşma fazla olduğu için konutlarda ısınma amaçlı fosil yakıtlar kullanıldığından SO<sub>2</sub> konsantrasyonu yüksek çıkmaktadır. Ayrıca yurdumuzun tüm bölgelerine açılan E-5 Karayolu ile 1865 yılında inşa edilen demiryolu ilçeyi boydan boya kat etmektedir. Deniz ulaşımının tercih edilmesi halinde vapur hattı arabalı vapur seferleri de diğer ilçelere yapılmaktadır. Böylece trafikte de fosil yakıt kullanıldığından SO<sub>2</sub> konsantrasyonu yüksek çıkmaktadır.

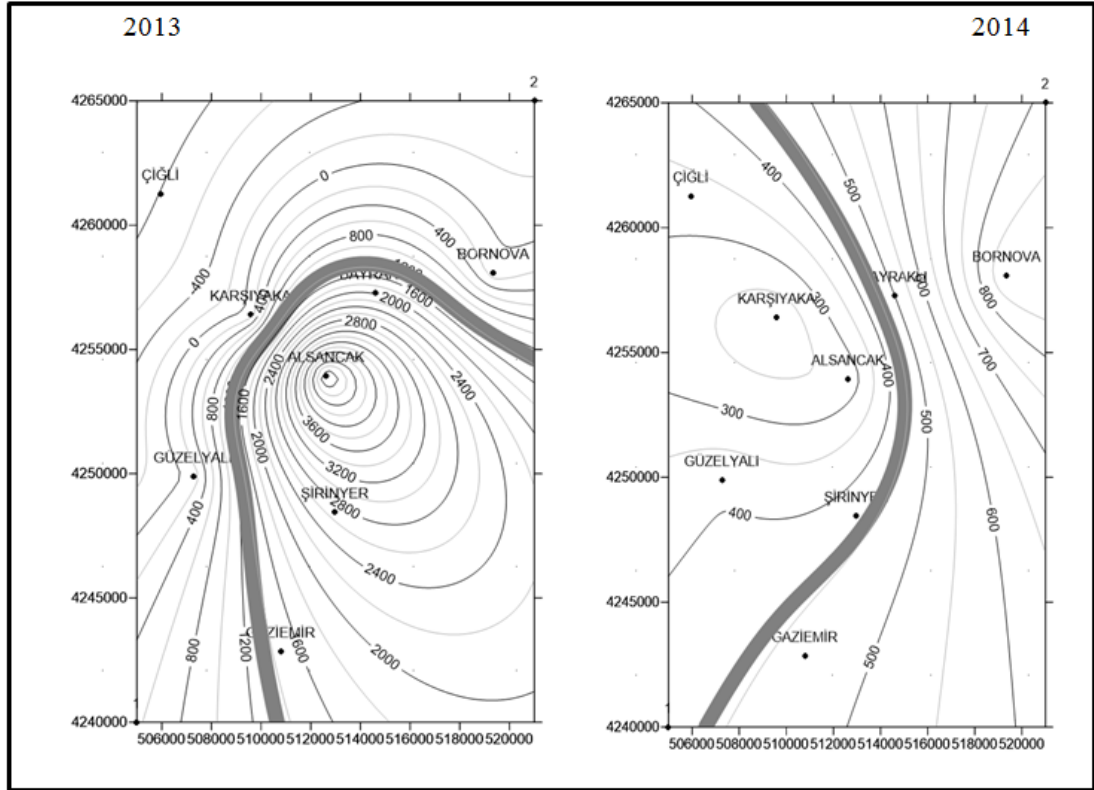
#### 4.4.3. Karbon monoksit (CO)

2007, 2008, 2009, 2010 yıllarında istasyonlarda yıllık CO (µg/m<sup>3</sup>) konsantrasyonları ölçülmemiştir.



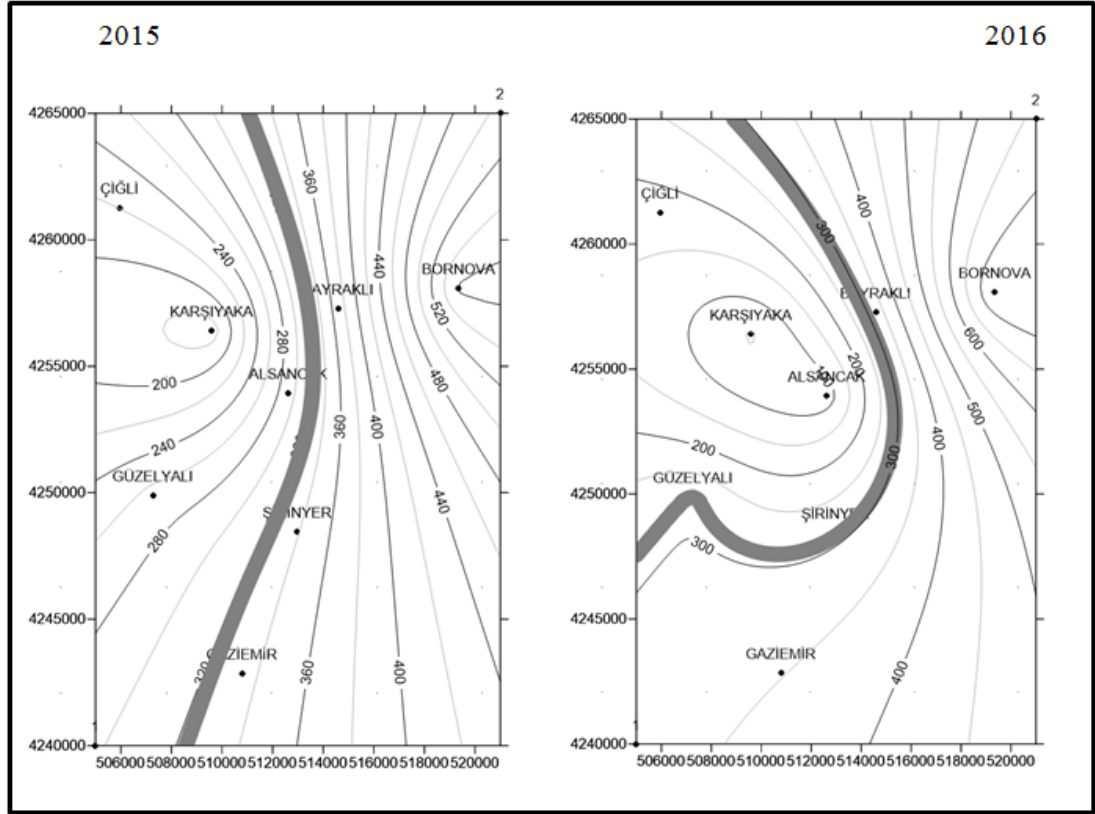
Şekil 4.40. İzmir ili 2011 ve 2012 yılları CO (µg/m<sup>3</sup>) konsantrasyonu

Şekil 4.40'da İzmir'de CO ortalama konsantrasyonu 2011 yılı için  $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2012 yılı için  $24,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür. 2011 yılında en yüksek CO konsantrasyonu Bornova'da, 2012 yılında en yüksek CO konsantrasyonu Güzelyalı-Konak da ölçülmüştür.



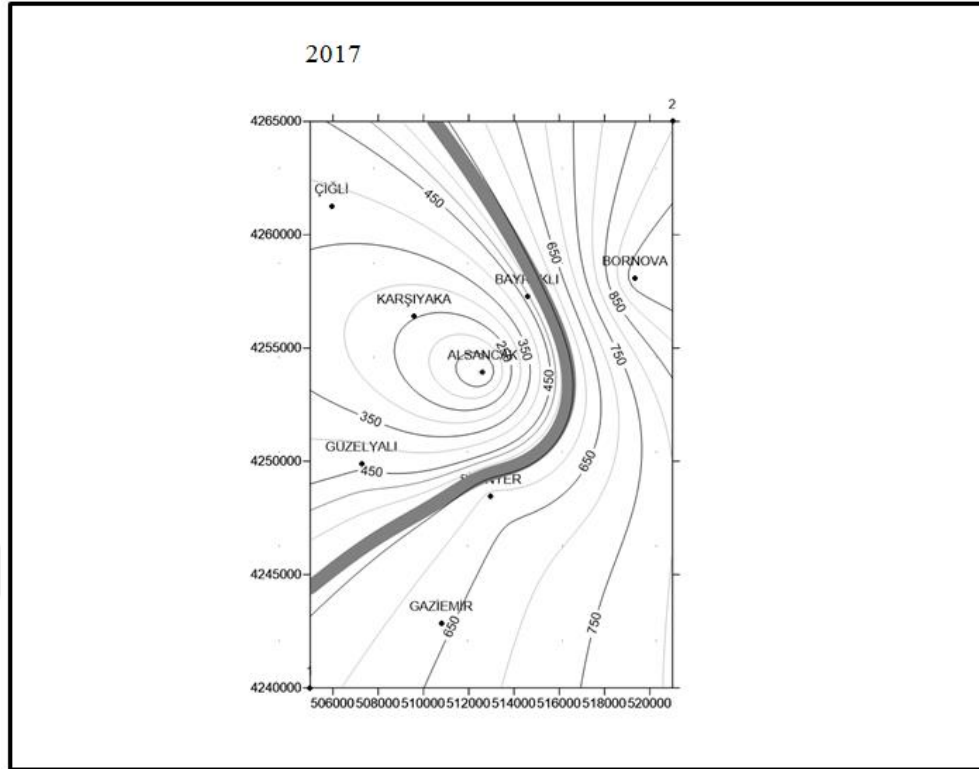
Şekil 4.41. İzmir ili 2013 ve 2014 yılları CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) konsantrasyonu

Şekil 4.41'de İzmir'de CO ortalama değeri 2013 yılı için  $1005,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2014 yılı için  $446,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür. 2013 yılında en yüksek CO değeri Alsancak-Konak'da, 2014 yılında en yüksek CO değeri Bornova da ölçülmüştür.



**Şekil 4.42.** İzmir ili 2015 ve 2016 yılları CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) konsantrasyonu

Şekil 4.42’de İzmir’de CO ortalama değeri 2015 yılı için  $305,80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2016 yılı için  $296,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür. 2015 ve 2016 yıllarında en yüksek CO değeri Bornova da ölçülmüştür.



**Şekil 4.43.** İzmir ili 2017 yılı CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) konsantrasyonu

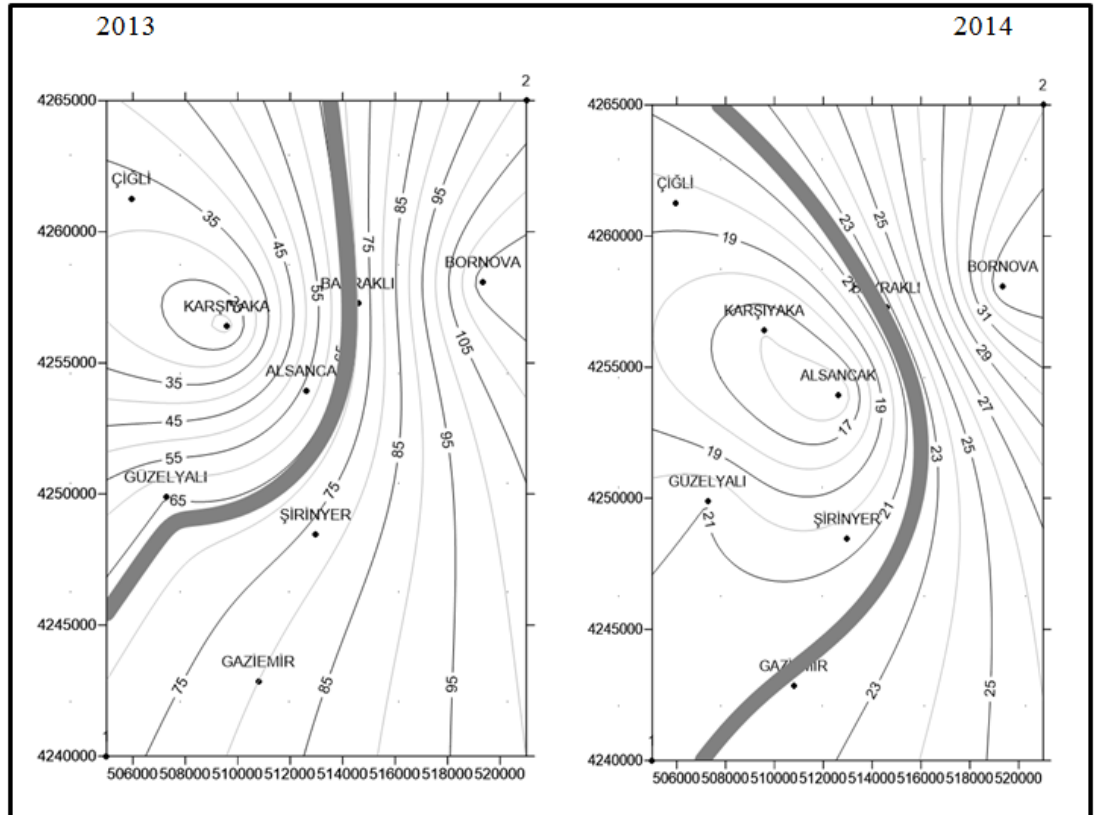
Şekil 4.43’de İzmir de CO ortalama değeri 2017 yılı için  $524,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür. 2017 yılında en yüksek CO değeri Bornova’da ölçülmüştür.

Şekil 4.40, 4.41, 4.42, 4.43’ de, 2011 yılında en yüksek CO konsantrasyonu Bornova da, 2012 yılında en yüksek CO konsantrasyonu Güzelyalı-Konak da; 2013 yılında en yüksek CO değeri Alsancak-Konak da, 2014 yılında en yüksek CO değeri Bornova da; 2015 ve 2016 yıllarında en yüksek CO değeri Bornova da; 2017 yılında en yüksek CO değeri Bornova’da ölçülmüştür. 2012 ve 2013 yıllarında Güzelyalı-Alsancak-Konak ta CO konsantrasyonu yüksek çıkmaktadır. Konak, son 200 yıldır İzmir’in merkezi konumundadır. İlçedeki iş merkezi yoğunluğu ve hemen tüm İzmir’den varılan/ulaşılan son nokta olma ile hemen tüm İzmir’e ulaşmak için yola çıkılan ilk nokta olma özelliğini koruyarak İzmir’in merkezi olmuştur. Konak Meydanı tüm şehir içi ulaşım araçlarının her yöne başlangıç noktasıdır. Alsancak-Konak Bölgesi her gün yoğun araç trafiğine maruz kalmaktadır. Bu nedenle Konak ta yoğun olan trafik CO konsantrasyonunu artırmıştır. 2011, 2014, 2015, 2016, 2017 yıllarında ise Bornova da

CO konsantrasyonu yüksek çıkmıştır. Bornova, hızla büyüyen bir yerleşim alanı ve bir üniversite ilçesi olmasının yanı sıra gelişmiş bir sanayi yöresidir. Sanayi-ticaret-eğitim ve lojistik üssü olarak İzmir'in en gelişmiş ilçeleri arasındadır. Sanayi genellikle plastik, çimento, metal, toprak mamulleri üzerinedir. İzmir Şehirlerarası Otobüs Terminali de bu ilçede bulunmasından dolayı ilçeye çok sayıda taşıt girip çıkmaktadır. Bornova'nın sanayi-ticaret-eğitim ve lojistik üssü olarak gelişmiş olması buna bağlı olarak ta trafiğin artması ve sanayi de eksik yanma proseslerinin yoğun olmasından CO konsantrasyonu yüksek çıkmaktadır.

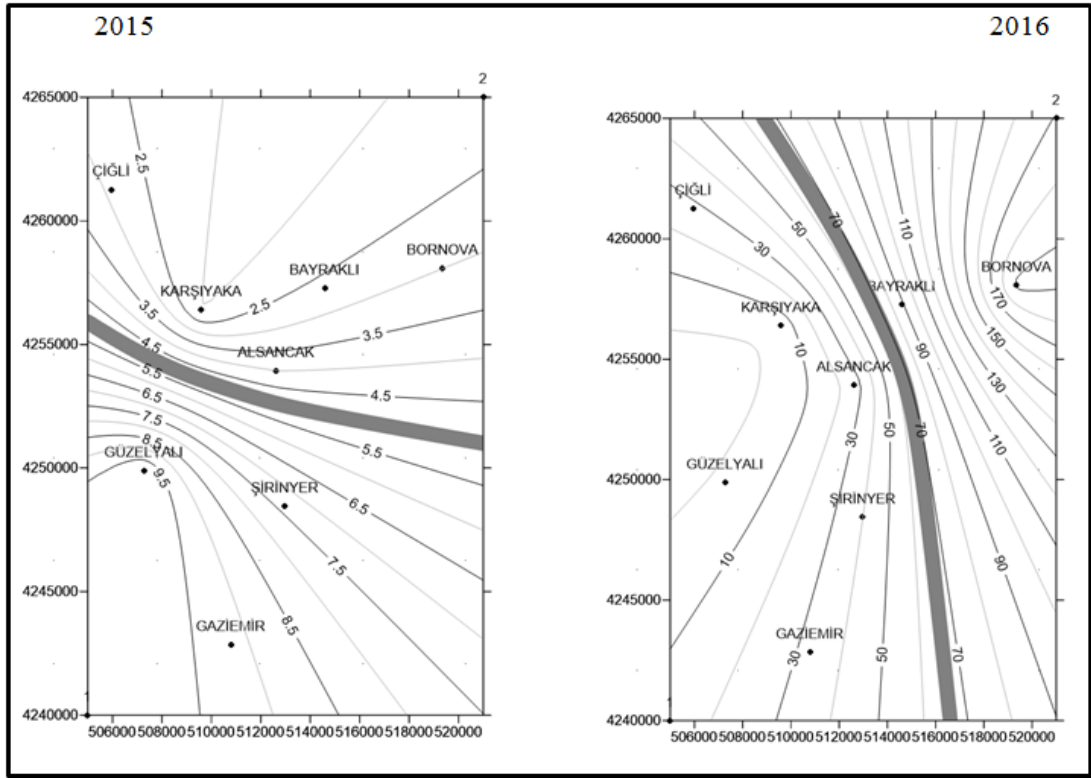
#### 4.4.4. Azot dioksit (NO<sub>2</sub>)

2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 yıllarında istasyonlarda yıllık NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) konsantrasyonları ölçülmemiştir.



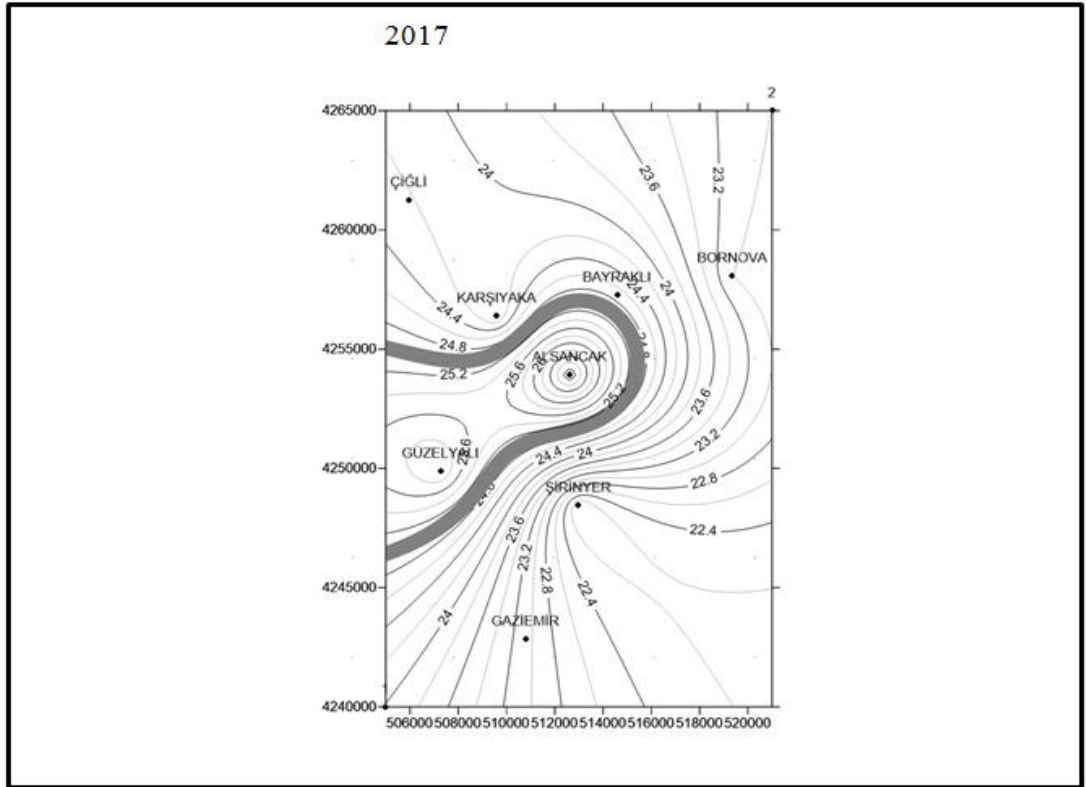
Şekil 4.44. İzmir ili 2013 ve 2014 yılları NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) konsantrasyonu

Şekil 4.44'de İzmir'de NO<sub>2</sub> ortalama konsantrasyonu 2013 yılı için 67,22 µg/m<sup>3</sup>, 2014 yılı için 33,59 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. 2013 ve 2014 yıllarında en yüksek NO<sub>2</sub> değeri Bornova'da ölçülmüştür.



Şekil 4.45. İzmir ili 2015 ve 2016 yılları NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) konsantrasyonu

Şekil 4.45'de İzmir'de NO<sub>2</sub> ortalama konsantrasyonu 2015 yılı için 5,97 µg/m<sup>3</sup>, 2016 yılı için 77,59 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. 2015 yılında en yüksek NO<sub>2</sub> konsantrasyonu Güzelialı-Konak'da, 2016 yılında en yüksek NO<sub>2</sub> konsantrasyonu Bornova da ölçülmüştür.



**Şekil 4.46.** İzmir ili 2017 yılı NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) konsantrasyonu

Şekil 4.46’da İzmir’de NO<sub>2</sub> konsantrasyonu ortalama değeri 2017 yılı için 23,88 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. 2017 yılında en yüksek NO<sub>2</sub> konsantrasyonu Güzelyalı-Konak’ta en düşük NO<sub>2</sub> konsantrasyonu Şirinyer-Buca bölgesinde ölçülmüştür. NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının en düşük olduğu Şirinyer-Buca bölgesi ise nüfusunun yoğun olmasına karşın, Nif Dağı’nın güney eteklerine kurulmuş bir yerleşim bölgesi, denizden 38 km uzaklıkta ve belli bir yüksekliğe sahip olmasından burada hava sirkülasyonu meydana geldiğinden kirletici konsantrasyonunu düşürmektedir.

Şekil 4.44, 4.44, 4.46’da, 2013 ve 2014 yıllarında en yüksek NO<sub>2</sub> konsantrasyon değeri Bornova; 2015 yılında en yüksek NO<sub>2</sub> konsantrasyonu Güzelyalı-Konak; 2016 yılında en yüksek NO<sub>2</sub> konsantrasyonu Bornova; 2017 yılında en yüksek NO<sub>2</sub> konsantrasyonu Güzelyalı-Konak ta ölçülmüştür. 2015 ve 2017 yıllarında Güzelyalı-Alsancak-Konak ta NO<sub>2</sub> konsantrasyonunun yüksek çıkmaktadır. Konak, son 200 yıldır İzmir’in merkezi konumundadır. İlçedeki iş merkezi yoğunluğu ve hemen tüm İzmir’den varılan/ulaşılan

son nokta olma ile hemen tüm İzmir'e ulaşmak için yola çıkılan ilk nokta olma özelliğini koruyarak İzmir'in merkezi olmuştur. Konak Meydanı tüm şehir içi ulaşım araçlarının her yöne başlangıç noktasıdır. Alsancak-Konak Bölgesi her gün yoğun araç trafiğine maruz kalmaktadır. Bu nedenle Konak ta yoğun olan trafik NO<sub>2</sub> konsantrasyonunu artırmıştır. 2013, 2014, 2016 yıllarında ise Bornova da NO<sub>2</sub> konsantrasyonu yüksek çıkmıştır. Bornova, hızla büyüyen bir yerleşim alanı ve bir üniversite ilçesi, gelişmiş bir sanayi yöresidir. Sanayi-ticaret-eğitim ve lojistik üssü olarak İzmir'in en gelişmiş ilçeleri arasındadır. Sanayi genellikle plastik, çimento, metal, toprak mamulleri üzerinedir. İzmir Şehirlerarası Otobüs Terminali de bu ilçede bulunmasından dolayı ilçeye çok sayıda taşıt girip çıkmaktadır. Bornova'nın sanayi-ticaret-eğitim ve lojistik üssü olarak gelişmiş olması buna bağlı olarak ta trafiğin artması ve sanayi de yüksek sıcaklıkta yakma proseslerinin yoğun olmasından NO<sub>2</sub> konsantrasyonu yüksek çıkmaktadır.

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmada, hava kirliliği ve hava kirliliğine neden olan kirletici kaynakları, kentsel alandaki kirleticiler incelenmiş ve çalışma alanı İzmir hakkında bilgi verilmiş, İzmir için kirlilik oluşturan aktiviteler incelenmiş, kentin hava kalitesi için yapılan alansal ve zamansal araştırmalar grafiklerle gösterilmiş ve yorumlanmıştır.

Hava kirleticilerinin zamansal analizi; 2007-2017 yılları arası İzmir ilinde hava kirleticilerinin zamansal analizine ait tablolar incelendiğinde İzmir'in 11 yıllık ölçüm sonuçlarında, kirletici parametrelerinin konsantrasyonlarının zamanla azaldığı gözlemlenmiştir. Bazı kirletici parametrelerinin konsantrasyonları belirli dönemlerde en yüksek değere çıkarak sınır değerleri de aştığı görülmüştür. Bu durumun o dönemde şehir içinde değişen nüfus artışı, hava sıcaklığı, trafik yoğunluğu ya da sanayiden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Hava kirleticilerinin mevsimsel analizi; 2007-2017 yılları arası İzmir ilinde hava kirleticilerinin mevsimsel analizine ait grafikler incelendiğinde; kirletici parametrelerinden SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun her mevsim sınır değerinin altında kaldığı görülmüştür. SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun en fazla olduğu mevsim kış mevsimidir, çünkü bu mevsimde ısınmak için en çok fosil yakıtlar yakılmaktadır. PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun zaman zaman sınır değeri aşarak en yüksek değere çıktığı görülmüştür. En yüksek değere çıktığı mevsim kış ayları kış mevsimidir, çünkü ısınmada fosil yakıt kullanılmakta bunun sonucunda bacalardan havaya PM<sub>10</sub> kirleticisi salınmaktadır. Karbon monoksit ve azot dioksit kirletici parametrelerinin konsantrasyonlarının sınır değeri aşarak en yüksek değere çıktığı bir ölçüme rastlanılmamıştır. Fakat karbon monoksit ve azot dioksit kirletici parametrelerinin konsantrasyonlarının en yoğun olduğu mevsim kış mevsimidir.

Çalışmamızda İzmir'in hava kirliliğini alansal olarak belirlemede Kriging yöntemi kullanılmıştır. Yapılan bir çalışmada, Erzurum şehir atmosferinde TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>

yoğunlukları Kış sezonunda ölçülerek siyah dumanın dağılımı Kriging yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Bayraktar vd 2008).

Hava kirleticilerinin alansal analizi; 2007-2017 yılları arası İzmir ilinde hava kirleticilerinin alansal analizine ait grafikler incelendiğinde İzmir'deki alansal kirlilik genelde merkezde yani merkez ilçelerde yoğunlaşmaktadır. İstasyon ölçümlerinin yapıldığı yerlere bakıldığında en çok kirlilik konsantrasyonlarının olduğu ilçeler; Bornova, Konak, Bayraklı, Karşıyaka, Gaziemir, Buca ve Çiğli şeklinde sıralanmaktadır.  $PM_{10}$  ( $\mu g/m^3$ ) konsantrasyonunun yoğun olduğu istasyonlar; Alsancak, Gaziemir, Buca, Bayraklı, Konak'dır.  $SO_2$  ( $\mu g/m^3$ ) konsantrasyonunun yoğun olduğu istasyonlar; Karşıyaka, Konak, Bayraklı, Bornova, Çiğli'dir.  $CO$  ( $\mu g/m^3$ ) ve  $NO_2$  ( $\mu g/m^3$ ) konsantrasyonlarının yoğun olduğu istasyonlar; Bornova ve Konak'tır. Yani, istasyonlarda yapılan ölçümlerle ilçelerin kirlilik yönleri örtüşmektedir.

Alsancak ve Güzeyalı istasyonları Konak ilçesinde bulunmaktadır. Buna göre Konak ilçesi  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $CO$ ,  $NO_2$  kirletici konsantrasyonlarını yoğun bir şekilde havasında bulundurmaktadır. Çünkü, Çatalkaya Dağları ile çevrili körfez kıyısında, yüksek tepelere ve engebeli bir araziye sahiptir. Konak, son 200 yıldır İzmir'in merkezi konumundadır. İlçedeki iş merkezi yoğunluğu ve hemen tüm İzmir'den varılan/ulaşılan son nokta olma ile hemen tüm İzmir'e ulaşmak için yola çıkılan ilk nokta olma özelliğini koruyarak İzmir'in merkezi olmuştur. Konak Meydanı tüm şehir içi ulaşım araçlarının her yöne başlangıç noktasıdır. Alsancak-Konak Bölgesi her gün yoğun araç trafiğine maruz kalmaktadır. Bu nedenle Konak'ta yoğun olan trafik  $NO_2$  ve  $CO$  konsantrasyonlarını artırmıştır. İzmir Enternasyonal Fuarı'nın da ilçe sınırları içerisinde bulunması, sanayi dallarının ticaret merkezlerinin çokluğu, imalathanelerin bulunması, kültür etkinliklerinin ve sağlık kuruluşlarının fazla olması ilçeye göç etmeye neden olmaktadır. Göçe bağlı nüfus artmakta, bununla beraber konut sayısı, gecekondulaşma, çarpık kenleşme, yoğun araç trafiği artmaktadır. Böylece fosil yakıt tüketimi, eksik yanma ve yüksek sıcaklıkta yanma olaylarının gerçekleşmesi çoğalmaktadır. Bunların sonucunda,  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $CO$ ,  $NO_2$  kirletici konsantrasyonları yoğun bir şekilde ilçenin

havasında bulunmaktadır. İlçenin topografik yapısı da hava sirkülasyonuna yol açmadığından kirli hava ilçenin üzerinde uzun süre kalmaktadır.

Bornova ilçesi, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub> kirletici konsantrasyonlarını yoğun bir şekilde havasında bulundurmaktadır. Çünkü, ilçe hızla büyüyen bir yerleşim alanı, bir üniversite ilçesi ve gelişmiş bir sanayi yöresidir. Sanayi-ticaret-eğitim ve lojistik üssü olarak İzmir'in en gelişmiş ilçeleri arasındadır. Sanayi genellikle plastik, çimento, metal, toprak mamulleri üzerinedir. İzmir Şehirlerarası Otobüs Terminali de bu ilçede bulunmasından dolayı ilçeye çok sayıda taşıt girip çıkmaktadır. Bornova'nın sanayi-ticaret-eğitim ve lojistik üssü olarak gelişmiş olması buna bağlı olarak ta konut sayısının, trafiğin artması ve sanayi de yüksek sıcaklıkta yakma proseslerinin ve eksik yanma olaylarının yoğun olmasından PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ve CO konsantrasyonları yüksek çıkmaktadır. İlçenin orman varlığının çok olması kirletici konsantrasyonlarının azalmasında rol almaktadır.

Karşıyaka ilçesi, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub> kirletici konsantrasyonlarını havasında bulundurmaktadır. Çünkü, Karşıyaka denizden 1-700 m yüksekliktedir. Yerleşim genelde denize yakın kısımlardadır. Karşıyaka yerleşim yeri ve konut alanlarıyla dikkat çekmekte olup, ilçede sanayi tesisi yoktur, mesken olarak kullanılmaktadır. Ayrıca yurdumuzun tüm bölgelerine açılan E-5 Karayolu ile 1865 yılında inşa edilen demiryolu ilçeyi boydan boya kat etmektedir. Deniz ulaşımının tercih edilmesi halinde vapur hattı arabalı vapur seferleri de diğer ilçelere yapılmaktadır. Böylece ilçede konut ve trafik yoğun olduğundan buralar da yakıt olarak fosil yakıt kullanıldığından bu nedenle konutlaşma fazla olduğu için konutlarda ısınma amaçlı fosil yakıtlar kullanıldığından kirletici konsantrasyonları ilçenin havasında artmaktadır. Fakat kirletici konsantrasyonları sınır değerleri çok aşmamaktadır. Denize yakın kısımlarında kirlilik daha fazladır, kirletici konsantrasyonları yüksekten aşağıya doğru taşınmaktadır. Ölçülen CO, NO<sub>2</sub> kirletici konsantrasyonları sınır değerleri geçmemektedir.

Çiğli ilçesi, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub> kirletici konsantrasyonlarını havasında bulundurmaktadır. Çiğli düz bir ova şeklinde denizden 1-1,5 m yükseklikte

konumlanmıştır. Rakım olarak alçakta bulunmasından dolayı SO<sub>2</sub> konsantrasyonu Çiğli'nin havasında birikmekte olup konsantrasyon yüksek çıkmaktadır. Ayrıca Atatürk Organize Sanayi Bölgesinin varlığı, İzmir'i Çanakkale ve İstanbul'a bağlayan ana arterlerin Çiğli'den geçmesi, ilçeden, Balıkesir, Uşak, Eskişehir, Ankara, Manisa bağlantılı demiryolu bağlantısının olması, ilçelere de karayolu bağlantısının olması da SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub>,CO konsantrasyonunun yüksek çıkmasına sebebiyet vermektedir. Sanayi ağırlıklı, göç alan, gelişen, konut sayısı fazla, trafiği yoğun olan bir ilçedir. Yerleşim açısından uygun alanların bulunması sonucu inşaat sektörü de gelişmeye başlamıştır. Böylece PM<sub>10</sub> oluşumuna neden olan kaynak sayısı artmıştır. Fakat Çiğli istasyonunda ilçede sanayi ve trafik olmasına rağmen CO ve NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının ölçümü yapılmamıştır.

Bayraklı ilçesi, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub> kirletici konsantrasyonlarını havasında bulundurmaktadır. Bayraklı İzmir-Çanakkale yolu üzerindedir. Merkez ilçe olması göç almasıyla birlikte nüfusun artması, eski yerleşim biriminin olmasından kentsel dönüşüm işlemlerinin başlaması, sanayileşmenin azalmasına karşın konut sayısının artması, E-25 Devlet Karayolu ile İzmir'i Marmara Bölgesi'ne bağlayan demiryolu üzerinde bulunması, Bayraklı İskelesi ile deniz ulaşımının sağlanması ve ilçelere ulaşımından karayolu ile sağlanması ile de trafiğin yoğunlaşmasından dolayı çok fazla fosil yakıtların kullanılmasıyla kirletici konsantrasyonları yüksek çıkmaktadır. Fakat Bayraklı istasyonunda ilçede trafik olmasına rağmen CO ve NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının ölçümü yapılmamıştır.

Gaziemir ilçesi, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub> kirletici konsantrasyonlarını havasında bulundurmaktadır. Gaziemir 114 m yükseklikte konumlanmış yerleşim yeri olmasına rağmen, havasının temiz olması beklenirken, hızlı bir şekilde gelişim gösterdiğinden, Gaziemir de askeri birliklerin okulları, Adnan Menderes Havalimanı, Emlakbank konutları, Ege Serbest Bölgesi bulunduğundan, transit yol üzerinde olması nüfus ve trafiğin fazla olmasından dolayı PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> konsantrasyonu yüksek çıkmaktadır. Fakat Gaziemir istasyonunda ilçede trafik ve sanayi olmasına rağmen CO ve NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının ölçümü yapılmamıştır.

Şirinyer istasyonu Buca ilçesinde bulunmaktadır. Buna göre Buca ilçesi PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub> kirletici konsantrasyonlarını yoğun bir şekilde havasında bulundurmaktadır. İzmir'in 2018 yılı verilerine göre en kalabalık ilçesi, eski ve yoğun bir yapılaşma konutlaşma fazla, Şirinyer hipodromunun, 9 Eylül Üniversitesinin, Buca Cezaevinin burada olması, trafik yoğunluğu, çarpık kentleşmenin sonucu fosil yakıt kullanımının çok olması, doğal gazın yaygın olarak kullanılmaması, inşaat işleri PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarını artırmaktadır. Ölçülen SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub> kirletici konsantrasyonları sınır değerleri geçmemektedir.

Hava kirleticilerinin alansal analizi; 2007-2017 yılları arası İzmir ilinde hava kirleticilerinin alansal analizine ait grafikler incelendiğinde, Şekil 2.3. İzmir ve ilçelerinin otoyol hacim haritası ve otoyollar haritaları ile analiz sonucu elde edilen Şekil 4.40, 41, 42, 43, 44, 45, 46'de İzmir ili 2011-2013 yılları CO (µg/m<sup>3</sup>) ve NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının trafiğe bağlı yoğunluğu ana arterler (trafiğin yoğun olduğu yollar) bakımından benzerlik göstermektedir.

İzmir ilinde, güney yönlü rüzgârlar (özellikle güneydoğudan esenler) egemen durumdadır. İkinci olarak, mevsimsel değişimlere bağlı olarak batı-kuzeybatı yönlü rüzgârlar etkilerini gösterir. Yani, günbatısı-Karayel ve Kible-Keşişleme'dir. Rüzgârlar kirletici konsantrasyonlarının azalmasında etkilidir. İzmir de esen rüzgârlar kirletici konsantrasyonlarının bir taraftan azalmasını sağlarken bir taraftan da kent merkezinde artmasına neden olduğu düşünülmektedir.

İzmir yeşil alan yönünden fakirdir. Ormanların vb. alanların İzmir ve ilçelerinde miktarları, Şekil 2.4'te verilmiştir. Ormanlık alanların çok olduğu ilçeler de sanayi gelişmemiş olup ekonomi turizm ve tarıma dayalıdır. Bu yüzden Şekil 2.4'te verilen ilçelerde hava kirliliği zaman zaman artsa da genellikle alt seviyededir.

İzmir'in zamanla kentleşmesinde, doğal çevre-insan ilişkileri yer almaktadır. Bununla beraber, Kentleşme de, İzmir'de doğal çevre faktörleri üzerinde etkilidir. Kentleşme, sanayileşmenin getirmiş olduğu en önemli unsurlardan biridir, yani kentleşme,

sanayileşmenin sonucudur ve birbirlerinden etkilenerek gelişmişlerdir. İzmir ilinde kentleşme İzmir'in merkezinde ve merkez ilçelerinde gerçekleşmektedir. Bu nedenle kentleşmeyi, ölçüm yapılan istasyonların yerleri ve ölçtükleri kirletici konsantrasyonları da belirlemektedir. Ölçüm sadece merkez ilçelerde yapıldığı için sadece buralarda kentleşme ile ilgili yorum yapılabilir. Ölçüm sonuçlarına göre de İzmir ve merkez ilçelerde kentleşme, sanayileşme bulunmaktadır ve bu ilçeler hızla gelişmektedir. Bu ilçelere alternatif başka ilçeler değerlendirilebilir, onların coğrafi, topoğrafik vb. özelliklerine göre sanayileşme, ulaşım, trafik, konutlaştırma, ticaret, sanat, kültürel vb. merkezleri oluşturulabilir. Örneğin; Aliağa, Bergama gibi sanayinin geliştiği ilçelere de ölçüm istasyonları konularak kirlilik konsantrasyonları ölçülebilir.

Hava kirliliğini, insan faaliyetleri uzun vadede değiştirir, meteorolojik koşullar ise kısa sürede dalgalanmalarla değiştirir (Wang *et al.* 2014; Zhang *et al.* 2014)

Hava kalitesi hem mekânsal hem de kentsel nüfus için önemlidir, nüfusta havanın etkisi de uzun ve geçici olarak kirliliğe maruz kalma süresinde değişir (Taubes 1995).

Hava kirliliğine; hızlı nüfus artışı, nüfusla birlikte ısınma, trafik, sanayi çeşitleri, bunların kuruluş yerleri, plansız şehirleşme -sanayileşme ve yanlış arazi kullanımı sebep olmaktadır. Hava kirliliğinin ana nedeni insanların yaşamları için yaptığı beşeri ekonomik faaliyetlerdir. Ayrıca fiziksel çevre faktörleri; yükseklik, sıcaklık, rüzgâr, basınç, nem, topoğrafî, sıcaklık terselmesi, yağış, bakı ve bulutluluk gibi meteorolojik faktörlerde, insanlara ve diğer canlılara verdiği zararların etkilerinin azaltılmasında veya çoğaltılmasında hava kirliliği etkisi vardır (Şahin 1989).

Meteorolojik özellikler de şehirlerin hava kalitesini etkileyen faktörlerdendir. (Garipağaoğlu 2003). Coğrafi araştırmalarda ülkemizdeki bazı illerde de, yerleşim yerinin topoğrafik ve meteorolojik özellikleri hava kirliliğinin artmasında etkilidir. Örneğin Ankara'da yaşanan hava kirliliği üzerinde sıcaklık terselmesinin etkisinin önemli olduğu ortaya konulmuştur (Şahin 1989). Elazığ da topoğrafik yapı kış aylarında sıcaklık terselmesine uygun ortam oluşturarak hava kirliliğine neden olmaktadır

(Özdemir vd 2002). Malatya Şehri'nin topoğrafik ve meteorolojik özelliklerinin hava kirliliğinin artmasında etkilidir (Sever 2008). Bir çanağa benzeyen Isparta Ovası içerisine yerleşmiş olan Isparta Şehri'de topoğrafik yapısıyla kış aylarında hava kirliliği etkisi altında kalmaktadır (Atayeter 2005).

Yukarıdaki örneklerle de anlatıldığı gibi ekonomik ve beşeri faaliyetlerle oluşan hava kirliliği üzerinde İzmir'deki çalışmamız gibi şehrin topoğrafik ve meteorolojik özellikleri çok etkilidir.

Hava kirliliğine neden olan kirletici parametrelerinin zamanla azalması, sanayinin büyük kısmının doğal gaza geçmesi doğal gazı kullanması ve evsel ısınmada da doğal gazın kullanımının yaygınlaşması ya da yenilenebilir enerji seçeneklerinin değerlendirilmesi gereklidir. Böylece en önemli kirletici kaynak olarak trafik sektörü kalacaktır.

#### **Bunun dışında hava kirliliğin azalmasına yönelik;**

- Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nin uygulanabilir olmasıdır.
- Halk hava kirliliği konusunda bilgilendirilmelidir.
- Doğal gaz kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.
- Motorlu taşıtların egzoz gazı muayenesi yapılmalıdır.
- Vatandaşlara yakıt yardımıyla kalitesiz yakıt verilmemelidir.
- Yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmalıdır. Rüzgâr, güneş, jeotermal ve dalga enerjisinden daha fazla yararlanılmalıdır.
- Doğal çevre kaynakları korunmalıdır.
- Ucuz ve modern konutlar üretilerek gecekondulaşma, kaçak yapılaşma önlenmelidir.
- Bina ve araçlarda baca filtreleri kullanımı zorunlu olmalıdır.
- Kaliteli yakıt(katı-sıvı) kullanılmalıdır.
- Sanayide filtre tesisleri ve arıtım zorunlu olmalı ve uygulanmadığı takdirde cezai işlemlere başvurulmalıdır.
- Ulaşımda konfor artırılmalıdır.

- Taş ocakları ve çimento fabrikalarının merkez konumlarından taşınması ve taşındıkları yerlerin ıslah edilmelidir.
- Kentte kirletici kaynakları ve miktarları (ton/yıl) belirlenmelidir.
- Kirletici salınımlarını azaltma çalışmaları yapılmalıdır.
- Hava kirliliğinin fazla olduğu şehirlerde yüksek basınçlı hava şartlarının etkili olduğu günlerde sisin kalktığı vakitlerde sadece ısıtma sistemlerinin yakılmasına izin verilmelidir.
- Şehir ortamında sağlıklı yaşam koşulları oluşturulmalıdır.
- Temiz hava stratejik eylem planı hazırlanmalı ve uygulanmalıdır.
- Yeşil ve spor alanları ve donatı alanları oluşturulmalıdır.
- Park, dinlenme ve spor tesisleri çoğaltılmalı ve bunlara daha çok önem verilmelidir, engelli vatandaşlara yönelik sosyal imkânlar çoğaltılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Açma, E. G. İ.-B. and E. İşbir, 2005. Kentleşme ve Çevre Sorunları. Açıköğretim Fakültesi Yayınları (498).
- Akyürek, Ö., 2012. Trabzon Kent Merkezi İçin Hava Kirliliği İle Meteorolojik Koşullar Arasındaki İlişkinin 2006-2011 Arası Verilerine Dayalı Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Akyürek, Ö., Arslan, O., Karademir, A., 2013. SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> hava kirliliği parametrelerinin CBS ile konumsal analizi. Kocaeli örneği. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 11-13.
- Anonim 2019a. <https://prosafety.com.tr/hidrojen-florur/> (16.07.2019).
- Anonim 2019b. <http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr> (10.04.2019).
- Anonim 2019c. <http://mobil.havaizleme.gov.tr/Default.ltr.aspx> (02.12.2018).
- Anonim 2019d. <https://www.nufusu.com/il/izmir-nufusu> (07.09.2019).
- Anonim 2019e. <http://www.izto.org.tr/tr/izmir-sanayi> (10.06.2019).
- Anonim 2019f. <http://www.yardimcikaynaklar.com/izmir-yuzey-sekilleri-ve-iklim-sartlari>, (07.09.2019).
- Anonim 2019g. <https://www.google.com/search?q=izmir+ilceleri> (09.08.2019).
- Anonim 2019h. <http://www.izmirgaz.com.tr/tr/Kurumsal/Yatirimlarimiz/Ilk-Gaz-Verme-Tarihleri.html> (7.09.2019).
- Anonim 2019ı. <http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Trafik/TrafikHacimHaritalari2018> (7.09.2019).
- Anonim 2019i. <https://izmir.tarimorman.gov.tr/Menu/90/2018-Yili> (17.09.2019).
- Ataöv, A., Osmay, S., 2007. Türkiye’de Kentsel Dönüşüme Yöntemsel Bir Yaklaşım. METU JFA.2 (24), 57-82.
- Atayeter, Y., 2005. Isparta’da Bazı Yıllarda Görülen Hava Kirliliğinin Sebepleri ve Bu Kirlilikte Etkili Olan Coğrafi Faktörler, Burdur Eğitim Fakültesi Dergisi, S(7), Burdur, s.117.
- Aydınlr, B., H.Guven, S.Kırksekiz, 2009. Hava Kirliliği Nedir. Ölçüm ve Hava Kalite Modelleme Yöntemleri Nelerdir Hava Kirliliği ve Modellemesi.
- Başkan O., 2004. Gölbaşı yöresi topraklarının mühendislik, fiziksel özellik ilişkilerinde jeostatistik uygulaması, Doktora Tezi, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bayraktar, H. ve Turalioğlu, F.S., 2005. A Kriging-based approach for locating a sampling site in the assessment of air quality. Stoch Environ Res Risk Assess, (19), 301–305.
- Bayram, A., Odabaşı, M., Elbir, T., Seyfioğlu, R., Dumanoğlu, Y., Demircioğlu, H., Altıok, H., Yatkın, S., 2008. Elektrikli Ark Ocaklı Demir-Çelik Endüstrilerinden Kaynaklanan Hava Kirliliği I. İnorganik Gaz Kirleticiler ve Partikül Maddeler, Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu, 22-25 Ekim Hatay, Bildiriler Kitabı, s. 121-132.
- Beelen, R., Hoek, G., Vienneau, D., Eeftens, M., Dimakopoulou, K., Pedeli, X., 2013. Development of NO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> land use regression models for estimating air pollution exposure in 36 study areas in Europe – The ESCAPE Project. Atmospheric Environment, (72), 10–23.

- Berberoğlu, C. N., 1982. Türkiye'nin ekonomik gelişmesinde elektrik enerjisi sorunu, Eskişehir İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi.
- Bodur S, Kucur R., 1994. Görüntü kirliliği üzerine.
- Bondur, V. G., V. I. Danilov-Danilyan, and A. I. Savin., 1997. Environmental global monitoring. Perspectives of intergovernmental cooperation. Proceedings of The Geo-Informatics Conference of the International Eurasian Academy of Sciences and The Fourth International Workshop on Geographical Information System. Beijing.
- Brook, R. D., Rajagopalan, S., Pope III, C. A., Brook, J. R., Bhatnagar, A., Diez-Roux, A. V., & Peters, A., 2010. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease. an update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 121(21), 2331-2378.
- Chen, B., Lu, Y., Gao, B., Fu, Y. H., Zhang, F. F., Huang, P., & Wang, Y. Y., 2011. Physical mechanisms of endurance degradation in TMO-RRAM. In 2011 International Electron Devices Meeting (pp. 12-3), December IEEE.
- Chen, M., Zhang, H., Liu, W., & Zhang, W., 2014. The Global Pattern of Urbanization and Economic Growth: Evidence from the Last Three Decades. *Plos one*, 8(9), 1-15.
- Cuhadaroglu, B. ve Demirci, E., 1997. Influence of some meteorological factors on air pollution in Trabzon city, *Energy and Buildings*, (25) 179-184.
- Çetin, E., 2011. Üretim İşletmelerinin Sosyal Bir Sorumluluk Olarak Çevre Muhasebesine Verdikleri Önem. Mersin-Tarsus Organize Sanayi Bölgesi'nde Faaliyet Gösteren Üretim İşletmeleri Üzerinde Bir Uygulama. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Karaman. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Çiftci, Ç., Dursun, S., Levend, S., Kunt, F., 2013. Topoğrafik Yapı, İklim Şartları ve Kentleşmenin Konya'da Hava Kirliliğine Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(1), 19-24.
- Çolak, H. E., 2010. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki Kanser Vakalarının Konumsal Analizleri, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Demirci, E. ve Cuhadaroglu, B., 2000. Statistical analysis of wind circulation and air pollution in urban Trabzon, *Energy and Buildings*, 31, 49-53.
- Denhez, F., 2007. Kuresel Isınma Atlası, NTV yayınları, İstanbul.
- Elbir, T., Altıok, H., Seyfioğlu, R., Bayram, A., Ergün, P., Eren, T., & Şayır, S., 2008. İzmir kent merkezindeki ana arterlerde hava kirleticilerin zamansal değişimlerinin incelenmesi. *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu-Bildiriler Kitabı*, 22-25.
- Erzurum Hava Kalitesi Değerlendirme Raporu-Kentlerde Hava Kalitesinin Geliştirilmesi Projesi KENTAİR, 2013.
- Fatih, A. E., Merve, B., Merve, Ç., Hülya, S., 2010. Hava Kirliliği ve Modellemesi İnceleme Raporu. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye.
- Fenger, J., 2002. Air pollution science for 21. Century. Urban air quality. National Environmental Research Institute, Department of Atmospheric Environment, Danimarka.

- Garipağaoğlu, N., 2003. Türkiye’de Hava Kirliliği Sorununun Coğrafi Bölgelere Göre Dağılımı, Doğu Coğrafya Dergisi, S: (9), Konya, s.58.
- Godish, T., 1997. Air quality. Chemical Rubber Company (CRC) Press LLC, Florida.
- Gökhale VA, Raichur M, Rowtu I, 2011. Examining impact of visual pollution on city environment: Case study of Pune, India [http://www.academia.edu/17307236/Examining Impact of Visual Pollution on City Environment Case Study of Pune India](http://www.academia.edu/17307236/Examining_Impact_of_Visual_Pollution_on_City_Environment_Case_Study_of_Pune_India).
- Güler, Ç. and Z. Çobanoğlu, 1997. Su kalitesi, TC Sağlık Bakanlığı.
- Gümrükçüoğlu, M. and S. Soylu, 2011. Adapazarı’nda Isınma Kaynaklı Hava Kirliliğinin İncelenmesi. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 31.
- Harrison, R., Smith, D. J. T, Piou, C.A. ve Castro, L.M., 1997. Comparative receptor modeling study of airborne particulate pollutants in Birmingham (United Kingdom), Coimbra (Portugal) and Lahore (Pakistan). Atmospheric Environment, 31 (20), 3309-3321.
- Hartkamp, A. D., De Beurs, K., Stein, A., White, J. W., 1999. Interpolation techniques for climate variables.
- Hayta, A.B., 2006. Çevre kirliliğinin önlenmesinde ailenin yeri ve önemi. Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi 7(2), 359-376.
- İlek, F. and T. Elbir, 2012. İzmir Körfezi’nde Toplu Taşıma Yapan Deniz Taşıtlarından Kaynaklanan Hava Kirlleticilerin Kent Atmosferindeki Dağılımlarının EPA-ISCST3 Modeli ile Belirlenmesi. Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi (1), 2-9.
- İnal C., Turgut, B. ve Yiğit, C. Ö., 2002. Lokan Alanlarda Jeoit Ondülasyonlarının Belirlenmesinde Kullanılan Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, 16-18 Ekim, Konya.
- İnal C., ve Yiğit, C. Ö., 2003. Jeodezik Uygulamalarda Kriging Enterpolasyon Yönteminin Kullanılabilirliği. TUJK Yılı Bilimsel Toplantısı Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı 24-24-26 Eylül, Konya.
- İncecik, S., 1994. Hava Kirliliği. Teknik Üniversite Matbaası. s. 26- 41, İstanbul.
- İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2018.
- İzmir İl Çevre Durum Raporu, 2017.
- Jane MK, De T, 2015. Visual pollution can have deep degrading effect on urban and suburban community. A study infewplaces of Bengal. India. With special reference to unuorganized billboardas. European Scientific Journal Special Edition. 1-14.e ISSN: 1857-7431, <https://eujournal.org/index.php/esj/article/wiew/5708>.
- Jorquera, H., Palma,W. ve Tapia, J., 2000. An intervention analysis of air quality data at Santiago, Chile. Atmospheric Environment, 34 (24), 4073-4084.
- Kurtzman, D. and R. Kadmon, 1999. Mapping of temperature variables in Israel. sa comparison of different interpolation methods. Climate Research 13(1), 33-43.
- Kyrkilis, G., Chaloulakou A., Kassomenos P. A., 2007. Development of an aggregate Air Quality Index for an urban Mediterranean agglomeration. Relation to potential health effects. Environment International, (33), 670-690

- Li, G., Shrotriya, V., Huang, J., Yao, Y., Moriarty, T., Emery, K., Yang, Y., 2011. High-efficiency solution processable polymer photovoltaic cells by self-organization of polymer blends. In *Materials For Sustainable Energy. A Collection of Peer-Reviewed Research and Review Articles from Nature Publishing Group* (pp. 80-84)
- Li, Y., Fan, C., Xing, Y., Jiang, Y., Luo, L., Sun, L., & He, Y., 2011. Natural variation in GS5 plays an important role in regulating grain size and yield in rice. *Nature genetics*, 43(12), 1266.
- Liang, H-D., Han, D-M., Yan, X-P., 2006. Cigarette filter as sorbent for on-line coupling of solid-phase extraction to high-performance liquid chromatography for determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in water. *Journal of Chromatography A*, (1103), 9–14
- Masters, G.M., 1991. *Introduction to Environmental and Science*, Prentice Hall International Editions.
- Civan, M. Y., Kuntasal, Ö. O., Tuncel, G., 2014. Bursa’da Benzen Seviyesinin İncelenmesi ve Sağlık Riski Tahminin Farklı İstatistiksel Yöntemler Kullanılarak Değerlendirilmesi - Hava Kirliliği Araştırma Dergisi (3), 12 – 21.
- Mitscherlich, G., 1995. *Die Welt in der wir leben. Entstehung – Entwicklung, heutige Stand. Yaşadığımız Dünyanın Oluşumu-Gelişimi ve Bugünkü Durumu.* Rombach Ökologie, Rombach Verlag, Freiburg.
- Morcalı, M. H. and D. S. Akan, 2017. Kahramanmaraş Hava Kirliliği Kaynaklarının İzlenmesi ve Belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 20(2), 105-115.
- Muezzinoglu, A., 2000. *Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları*, Dokuz Eylül Yayınları, İzmir, Turkey.
- Müezzinoğlu, A., 1987. *Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esaslar.* Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları
- Ninomiya-Tsuji, J., Kishimoto, K., Hiyama, A., Inoue, J. I., Cao, Z., Matsumoto, K., 1999. The kinase TAK1 can activate the NIK-IκB as well as the MAP kinase cascade in the IL-1 signalling pathway. *Nature*, 398(6724), 252.
- Odabaşı, M., Bayram, A., Elbir, T., Seyfioğlu, R., Dumanoglu, Y., Bozlaker, A., Demircioğlu, H., Altıok, H., Yatkın, S., Çetin, B., 2008. Elektrikli Ark Ocaklı Demir-Çelik Endüstrilerinden Kaynaklanan Hava Kirliliği II. Kalıcı Organik Kirleticiler ve Partikül Maddeler, *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu- 22-25 Ekim Hatay, Bildiriler Kitabı*, s. 566-580.
- Odabaşı, M., Bayram, A., Müezzinoğlu, A., Sofuoğlu, A., Sofuoğlu, S. ve Dumanoglu, Y., 2008. Atmosferdeki Ozon Seviyelerinin İncelenmesi, 104Y163 Nolu TUBITAK Projesi Nihai Raporu.
- Odabaşı, M., 2008. Halogenated Volatile Organic Compounds from the Use of Chlorine-Bleach Containing Household Products, *Environmental Science-Technology*, (42), 1445-1451.
- Özdemir, F., 2008. Türkiye Geneline Kükürt Dioksit ve Partiküler Madde Kirlilik Dağılımlarının Analizi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Popp, B. V. and S. S. Stahl, 2006. *Palladium-catalyzed Oxidation Reactions. Comparison of Benzoquinone and Molecular Oxygen as Stoichiometric Oxidants.* *Organometallic Oxidation Catalysis*, Springer. 149-189.

- Pöschl, U., 2005. Atmospheric Aerosols. Composition, Transformation, Climate and Health Effects. *Angewandte Chemie International Edition* 44(46), 7520-7540.
- Öztürk, M., 2017. Hava Kirliliğini Artıran Sıcaklık İnversiyon, Ankara.
- Saha, S., Sarkar, J., Chattopadhyay, D., Patra, S., Chakraborty, A., Acharya, K., 2010. Production of silver nanoparticles by a phytopathogenic fungus *Bipolaris nodulosa* and its antimicrobial activity. *Dig J Nanomater Biostruct*, 5(4), 887-895.
- Sertel, E., Demirel, H., Kaya, S., 2007. Predictive mapping of air pollutants. A spatial approach, *Proceedings of Spatial Data Quality*, the Netherlands.
- Sharma, N., 2003. The Role Pure and Quasi-Moderators in Services. An Empirical Investigation of Ongoing Customer-Service-Provider Relationships. *Journal of Retailing and Consumer Services*. Forthcoming.
- Smith, D., O'M. Bockris, J., 1996. Güneş enerjisi, İletişim Yayınları, İstanbul.
- Stellman JM, McCann M, Warshaw L, Brabant C, Finklea J, Messite J., 1998. *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*. 4th edition International Labour Office. Geneva. P.(44),1-30, (45),1-25.
- Şahin, C.,1989. Hava kirliliği ve Hava Kirliliğini Etkileyen Doğal Çevre Faktörleri, Atatürk Kültür Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Coğrafya Bilim ve Uygulama Kolu Coğrafya Araştırmaları Dergisi, Cilt:1,Sayı:1, Ankara, s.27.
- Toros, H., Şen, O., Şaylan, L., Kantarcı, D., Karaöz, Ö., Çaldağ, B., 2000. Variation of acid precipitation and its effect on Belgrad Forest in Istanbul. In 2nd International Symposium on New Technologies for Environmental Monitoring and Agro Applications, October, Tekirdağ, Turkey (pp. 251-255).
- Tsai, P.J., Shieh, H.Y., Lee, W.J., Lai, S.O., 2002. Characterization of PAHs in the atmosphere of carbon black manufacturing workplaces. *J. Hazard. Mater.*, (91), 25-42.
- Tuncel, G., Müezzinoğlu, A., Tuncel, S., Bayram., Odabaşı, M., Sofuoğlu, S.C., Elbir, T., Pekey, B., Pekey, H., Seyfioğlu, R., Zararsız, A., Dumanoglu, Y., Doğan, G., Yılmaz, M., 2008. İzmir Aliğa Endüstri Bölgesinde Hava Kirliliğine Neden Olan Organik ve İnorganik Kirleticilerin Düzeylerinin, Kaynaklarının ve Sağlık Etkilerinin Belirlenmesi, TÜBİTAK 104Y276 Nolu Proje Raporu.
- Turalioğlu, S., Nuhoğlu, A., Bayraktar, H., 2005. Impacts Of Some Meteorological Parameters On SO<sub>2</sub> And TSP Concentrations İn Erzurum, Turkey. *Original Research Article Pages* 1633-1642.
- Tünay, O. ve Alp, K., 1996. Hava Kirlenmesi Kontrolü, İTO Yayını, İstanbul s.2.
- Türküm, A. S., 1998. Çağdaş Toplumda Çevre Sorunları ve Çevre Bilinci. Çağdaş Yaşam Çağdaş İnsan. Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi İlköğretim Öğretmenliği Lisans Tamamlama Programı, Eskişehir, 165-181.
- Van den Boogaart, K. G. and H. Schaeben, 2002. Kriging of regionalized directions, axes, and orientations I. Directions and axes. *Mathematical Geology* 34(5), 479-503.
- Wang, X.Y., Li, Q.B., Luo, Y.M., Ding, Q., Xi, L.M., Ma, J.M., Li, Y., Liu, Y.P., Cheng, C.L., 2010. Characteristics and sources of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Shanghai, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, (165), 295-305.l.
- Yer Seviyesi Ozon Kirliliği Bilgi Notu, 2014. <http://www.csb.gov.tr>.

- Yesilyurt C., Akcan N., 2001. Hava Kirliliği İzleme Metodolojileri ve Örneklem Kriterleri, Ankara.
- Zhang, X. J., Liang, Y. H., He, P. P., Yang, S., Wang, H. Y., Chen, J. J., & Huang, W., 2004. Identification of the cylindromatosis tumor-suppressor gene responsible for multiple familial trichoepithelioma. Journal of investigative dermatology, 122(3), 658-664.



## ÖZGEÇMİŞ

Erzurum’da doğdu. İlk, orta, lise öğrenimini ve lisans eğitimini Erzurum da tamamladı. Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı.

