

**HAVA KİRLİLİĞİNİN MEKÂNSAL BAĞIMLILIĞININ CBS TABANLI  
ARAŞTIRILMASI: AFYONKARAHİSAR ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Gönül SOLAK**

**Danışman**

**Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YALÇIN**

**HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**NİSAN 2021**

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HAVA KİRLİLİĞİNİN MEKÂNSAL BAĞIMLILIĞININ CBS  
TABANLI ARAŞTIRILMASI: AFYONKARAHİSAR ÖRNEĞİ**

**Gönül SOLAK**

**Danışman**

**Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YALÇIN**

**HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Nisan 2021**

## TEZ ONAY SAYFASI

Gönül SOLAK tarafından hazırlanan “Hava Kirliliğinin Mekânsal Bağımlılığının CBS Tabanlı Araştırılması: Afyonkarahisar Örneği” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 28/04/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YALÇIN

**Başkan** : Prof. Dr. Süleyman Savaş DURDURAN  
Necmettin Erbakan Üniv., Müh. Fakültesi

**Üye** : Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YALÇIN  
Afyon Kocatepe Üniv., Müh. Fakültesi

**Üye** : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali DERELİ  
Giresun Üniv., Müh. Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun  
..... /..... /..... tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....  
Prof. Dr. İbrahim EROL  
Enstitü Müdürü

**BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI**  
**Afyon Kocatepe Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;**

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

**28/04/2021**

**Gönül SOLAK**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### HAVA KİRLİLİĞİNİN MEKÂNSAL BAĞIMLILIĞININ CBS TABANLI ARAŞTIRILMASI: AFYONKARAHİSAR ÖRNEĞİ

Gönül SOLAK

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YALÇIN

Hava kirliliği doğrudan veya dolaylı olarak birçok hastalığa neden olmaktadır. Küresel bir sorun haline gelen hava kirliliğinin nedenlerinin araştırılması ve çözüm önerilerinin hayata geçirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, hava kirliliğinin mekânsal parametreler ile ilişkisi CBS tabanlı mekânsal istatistiksel yöntemler ile açıklanarak, kirlilik dağılım haritalarının oluşturulması amaçlanmaktadır. Çalışma kapsamında, 2015 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) tarafından yürütülen proje kapsamında pasif örnekleme yöntemi ile hava kirletici parametrelerinin ölçümü yapılan 36 noktadan Afyonkarahisar ili, Merkez ilçesini kapsayacak 26 nokta seçilmiştir. Hava kirletici parametrelerinden olan kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) ve azot dioksit (NO<sub>2</sub>) parametrelerinin tüm mevsimlere ilişkin ölçüm verileri (bire aylık ortalama veriler) kullanılmıştır. Ölçüm noktalarının konum bilgileri, kirletici parametrelerin konsantrasyon değerleri, çalışma alanı içerisinde yer alan binalara ilişkin veriler, mevcut arazi kullanım türleri (yeşil alan, açık alan, sanayi alanları), mahalle bazında ısınma türü yüzdeleri ve yol türlerine ilişkin veriler kullanılarak veri tabanı oluşturulmuştur. Kirlilik parametrelerinin konsantrasyon düzeyinin ölçüldüğü her bir nokta için 500'er metre çapında alan (tampon bölge) oluşturulmuştur. Tampon bölgelerde bağımlı ve bağımsız değişkenlerin arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığının ve bağımsız değişkenlerin hava kirliliğine etkisinin belirlenmesinde keşifsel regresyon analizi kullanılmıştır. Tek değişkenli regresyon analizi yapılarak kirletici parametreleri ile çevresel faktörler arasındaki ilişki açıklanmaya çalışılmıştır. Mekânsal otokorelasyon testleri ile kümelenmeler araştırılmış ve Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (IDW) yöntemi kullanılarak kirlilik dağılımı

haritaları oluşturulmuştur. Tüm mevsimler için oluşturulan kirlilik dağılım haritalarında çalışma alanı içerisinde yer alan mahalleler tek tek incelenmiştir. Kirletici parametrelerinin mekânsal bağımlılığı açıklanmaya çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, SO<sub>2</sub> parametresinin kirlilik seviyesi, bina taban alanı, kat adedi ile doğru, açık alan büyüklüğü ile ters orantılıdır ve kirliliğin en yüksek olduğu mevsim kış mevsimidir. NO<sub>2</sub> parametresinin kirlilik seviyesi ise, ana yol uzunlukları ve yeşil alan ile doğru orantılı olarak tespit edilmiştir. Ayrıca NO<sub>2</sub> kirletici konsantrasyonunun en yüksek olduğu mevsim yaz mevsimi olarak bulunmuştur.

**2021, xiii + 137 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** CBS, Mekansal Regresyon Analizi, Mekansal Otokorelasyon, Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon, Hava Kirliliği, Kirleticiler.

## **ABSTRACT**

M.Sc. Thesis

### **GIS-BASED INVESTIGATION OF THE SPATIAL DEPENDENCY OF AIR POLLUTION: THE EXAMPLE OF AFYONKARAHİSAR**

Gönül SOLAK

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geomatics Engineering

**Supervisor:** Asst. Prof. Mustafa YALÇIN

Air pollution causes many diseases directly or indirectly. The causes of air pollution, which is a global problem, should be investigated and solution suggestions carried out. In this study, the relationship of air pollution with spatial parameters was explained with GIS-based spatial statistical methods and pollution distribution maps were created. Within the scope of the study, 26 points covering the central district of Afyonkarahisar were selected from 36 points where air pollutant parameters were measured by passive sampling method within the scope of the project carried out by the Ministry of Environment and Urbanization (MoEU) in 2015. Measurement data (monthly averages) for all seasons of sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) and nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>), which are among the air pollutant parameters, were used. A database was created using the location information of the measurement stations, the concentration values of the pollutant parameters, the building data in the study area, the types of land use (green, open or industrial areas), the heating type information on the neighborhood and the road types. An area (buffer zone) with a diameter of 500 meters was created for each station where the concentration level of the pollution parameters was measured. Exploratory Regression Analysis was used to determine whether there is a significant relationship between dependent and independent variables in the buffer zones and the effect of independent variables on air pollution. By using Single Regression Analysis method, the relationship between pollutant parameters and environmental factors was tried to be explained. Clusters were investigated with spatial autocorrelation tests and pollution

distribution maps were created using the Inverse Distance Weighted Interpolation method. In the pollution distribution maps created for all seasons, the neighborhoods within the study area were examined separately and the spatial dependence of the pollutant parameters was tried to be explained. According to the results, SO<sub>2</sub> pollution is highest in winter season. In addition, as the building floor area and the number of floors increase, the SO<sub>2</sub> pollution level increases, while the structureless area increases, the SO<sub>2</sub> pollution level decreases. As the main road lengths and green area size increase, the NO<sub>2</sub> pollution level increases. Also the season with the highest concentration of NO<sub>2</sub> pollutants was found to be summer.

**2021, xiii + 137 pages**

**Keywords:** GIS, Spatial Regression, Spatial Autocorrelation, IDW, Air Pollution, Pollutants.



## TEŞEKKÜR

Tüm tez çalışması boyunca bilgisini, tecrübesini ve bulunduğu yoğun koşullara rağmen desteğini hiçbir zaman esirgemeyen tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YALÇIN' a çok teşekkür ederim. Ayrıca tezime değerli katkılarından dolayı hocalarım Prof. Dr. Süleyman Savaş DURDURAN' a ve Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali DERELİ' ye çok teşekkür ederim.

Verilerini bizimle paylaşan Afyonkarahisar Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'ne teşekkürü bir borç bilirim. Veri paylaşımında, teknik değerlendirmelerde ve yüksek lisans süreci boyunca her konuda yardımını esirgemeyen Şube Müdürüm Teoman KANTARCI' ya, lisans eğitimimde ve yıllar sonra çalıştığım kamu kurumunda her zaman yol gösterici olan, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, tezime çok büyük katkıları olan değerli hocam ve Müdür Yardımcım Fikret KARALAR' a çok teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde yanımda olan, varlığıyla güç veren aileme ve ikinci ailem olarak desteğini her zaman hissettiren SOLAK ailesine çok teşekkür ederim. Tüm bu süreçte sabırla ve en yoğun dönemlerinde bile desteğiyle yanımda olan, hayatıma her zaman enerji ve mutluluk katan sevgili eşim Halil İbrahim SOLAK' a ve en güzel duygularla hayatımızı renklendiren canım oğlum Halil Kaan SOLAK' a teşekkürler...

Gönül SOLAK  
Afyonkarahisar 2021

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ .....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ .....	7
2.1 Hava Kirliliği.....	7
2.2 Hava Kirliliğinin Kısa Tarihçesi .....	12
2.3 Mevsimlere Göre Hava Kirliliği Değişimleri .....	17
2.4 Kirletici Kaynağına Göre Hava Kirliliği Değişimleri .....	18
2.4.1 Isınma .....	18
2.4.2 Ulaşım .....	19
2.4.3 Endüstri.....	19
2.4.4 Arazi Kullanım Türü (Yeşil Alan - Açık Alan - Yapı Alanı).....	20
3. MATERYAL VE METOT.....	21
3.1 Çalışma Alanı .....	21
3.2 Veriler .....	25
3.2.1 Hava Kirliliği Ölçüm Noktaları .....	25
3.2.1.1 Pasif Örnekleme Yöntemi.....	28
3.2.2 Mekânsal Parametrelere İlişkin Veri Seti.....	29
3.2.3 Tampon Bölge Analizi .....	31
3.3 CBS Tabanlı Analizler.....	32
3.3.1 Enterpolasyon Analizi .....	33
3.3.2 Mekânsal İstatistiksel Analizler .....	33
3.3.2.1 Global Moran's I .....	34
3.3.2.2 Anselin Lokal Moran's I.....	35
3.3.2.3 Getis Ord Gi* .....	35
3.3.3 Regresyon Analizi.....	36
3.3.3.1 Keşifsel Regresyon (Exploratory Regression) .....	36

3.3.3.2 Mekansal Regresyon (Spatial Regression) .....	37
3.3.3.3 İstatistiksel Testler.....	38
4. BULGULAR.....	41
4.1 Hava Kirliliğinin Mekânsal Dağılımı .....	41
4.2 Mekansal Kümelenme Analizleri.....	51
4.3 Keşifsel Regresyon .....	55
4.4 En Küçük Kareler Regresyonu (Ordinary Least Squares Regression).....	56
4.4.1 SO <sub>2</sub> Kış Dönemi.....	56
4.4.2 SO <sub>2</sub> İlkbahar Dönemi .....	62
4.4.3 SO <sub>2</sub> Yaz Dönemi.....	69
4.4.4 SO <sub>2</sub> Sonbahar Dönemi.....	72
4.4.5 SO <sub>2</sub> Yıl Ortalaması.....	74
4.4.6 NO <sub>2</sub> Kış Dönemi .....	79
4.4.7 NO <sub>2</sub> İlkbahar Dönemi.....	85
4.4.8 NO <sub>2</sub> Yaz Dönemi .....	87
4.4.9 NO <sub>2</sub> Sonbahar Dönemi.....	89
4.4.10 NO <sub>2</sub> Yıl Ortalaması .....	91
5. TARTIŞMA ve SONUÇ .....	93
6. KAYNAKLAR .....	99
ÖZGEÇMİŞ.....	109
EKLER.....	110

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

---

$\mu\text{g}$	Mikrogram
Cd	Kadmiyum
CO	Karbon monoksit
CO <sub>2</sub>	Karbon dioksit
H <sub>2</sub> S	Hidrojen Sülfür
HC	Hidrokarbon
Ni	Nikel
NO <sub>2</sub>	Azot dioksit
NO <sub>x</sub>	Azot oksit
O <sub>3</sub>	Ozon
SO <sub>2</sub>	Kükürt dioksit
SO <sub>x</sub>	Kükürt oksit
Pb	Kurşun
PM	Partikül Madde
PM <sub>10</sub>	10 $\mu\text{m}$ ve altındaki partikül madde konsantrasyonu
PM <sub>2,5</sub>	2,5 $\mu\text{m}$ ve altındaki partikül madde konsantrasyonu
Zn	Çinko

### Kısaltmalar

---

AB	Avrupa Birliği Ülkeleri
AICc	Akaike Bilgi Kriteri
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇŞB	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
EPA	Ulusal Hava Kalitesi İndeksi (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı)
HKİ	Hava Kalite İndeksi
HKDYY	Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
SKHKKY	Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
THEP	Temiz Hava Eylem Planı
VIF	Varyans Şişirme Faktörü

---

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Yapay kaynak çeşitleri .....	9
Şekil 2.2 Birincil ve ikincil kirleticiler ve kaynakları .....	10
Şekil 2.3 Hava kalitesi ve etkileri .....	16
Şekil 3.1 Çalışma Alanı .....	21
Şekil 3.2 Ölçüm noktalarının çalışma alanına dağılımı .....	27
Şekil 3.3 Çalışma alanı içerisinde yer alan tali yollar, ana yollar ve çevre yolu.....	30
Şekil 3.4 Çalışma alanı içerisinde yer alan bina ve yeşil alanlar, organize sanayi bölgesi, küçük sanayi.....	30
Şekil 3.5 Çalışma alanı içerisinde yer alan yeşil alanlar, OSB, küçük sanayi alanları...	31
Şekil 3.6 Oluşturulan tampon bölgeler .....	32
Şekil 4.1 SO <sub>2</sub> parametresi için kış dönemi (30.12.2014- 27.01.2015) kirlilik dağılım haritası .....	41
Şekil 4.2 SO <sub>2</sub> parametresi için ilkbahar dönemi (17.03.2015 – 15.04.2015) kirlilik dağılım haritası.....	43
Şekil 4.3 SO <sub>2</sub> parametresi için yaz dönemi (21.07.2015 – 18.08.2015) kirlilik dağılım haritası .....	44
Şekil 4.4 SO <sub>2</sub> parametresi için sonbahar dönemi (02.09.2015 – 01.10.2015) kirlilik dağılım haritası.....	45
Şekil 4.5 SO <sub>2</sub> parametresi için yıl ortalaması kirlilik dağılım haritası .....	46
Şekil 4.6 NO <sub>2</sub> parametresi için kış dönemi (30.12.2014 – 27.01.2015) kirlilik dağılım haritası .....	47
Şekil 4.7 NO <sub>2</sub> parametresi için ilkbahar dönemi kirlilik dağılım haritası.....	48
Şekil 4.8 NO <sub>2</sub> parametresi için yaz dönemi kirlilik dağılım haritası.....	48
Şekil 4.9 NO <sub>2</sub> parametresi için sonbahar dönemi kirlilik dağılım haritası .....	49
Şekil 4.10 NO <sub>2</sub> parametresi için yıl ortalaması kirlilik dağılım haritası.....	50
Şekil 4.11 SO <sub>2</sub> parametresi kış dönemi Local Moran's I Kümelenme Haritası.....	52
Şekil 4.12 NO <sub>2</sub> parametresi kış dönemi Local Moran's I Kümelenme Haritası.....	53
Şekil 4.13 SO <sub>2</sub> parametresi kış dönemi Getis-Ord G* İstatistiği Sonuç Haritası.....	53
Şekil 4.14 NO <sub>2</sub> parametresi kış dönemi Getis-Ord G* İstatistiği Sonuç Haritası.....	54
Şekil 4.15 SO <sub>2</sub> kirlilik parametresi için kış dönemine (inşaat alanı) ait artık değer dağılım haritası.....	61
Şekil 4.16 SO <sub>2</sub> kirlilik parametresi için kış dönemine (açık alan) ait artık değer dağılım haritası .....	61

Şekil 4.17 SO <sub>2</sub> kirlilik parametresi için kış dönemine (kat adedi) ait artık değer dağılım haritası .....	62
Şekil 4.18 SO <sub>2</sub> kirlilik parametresi için ilkbahar dönemine (bina alanı) ait artık değer dağılım haritası.....	67
Şekil 4.19 SO <sub>2</sub> kirlilik parametresi için ilkbahar dönemine (kat adedi) ait artık değer dağılım haritası.....	67
Şekil 4.20 SO <sub>2</sub> kirlilik parametresi için ilkbahar dönemine (inşaat alanı) ait artık değer dağılım haritası.....	68
Şekil 4.21 SO <sub>2</sub> kirlilik parametresi için ilkbahar dönemine (açık alan) ait artık değer dağılım haritası.....	68
Şekil 4.22 SO <sub>2</sub> kirlilik parametresi için yaz dönemine (OSB) ait artık değer dağılım haritası .....	71
Şekil 4.23 SO <sub>2</sub> kirlilik parametresi için sonbahar dönemine (OSB) ait artık değer dağılım haritası.....	72
Şekil 4.24 SO <sub>2</sub> kirlilik parametresi için yıl ortalamasına (bina alanı) ait artık değer dağılım haritası.....	75
Şekil 4.25 SO <sub>2</sub> kirlilik parametresi için yıl ortalamasına (kat adedi) ait artık değer dağılım haritası.....	75
Şekil 4.26 NO <sub>2</sub> kirlilik parametresi için kış dönemi (bina alanı) ait artık değer dağılım haritası .....	80
Şekil 4.27 NO <sub>2</sub> kirlilik parametresi için kış dönemi (kat adedi) ait artık değer dağılım haritası .....	84
Şekil 4.28 NO <sub>2</sub> kirlilik parametresi için kış dönemi (anayol) ait artık değer dağılım haritası .....	84
Şekil 4.29 NO <sub>2</sub> kirlilik parametresi için ilkbahar dönemi (anayol) ait artık değer dağılım haritası .....	85
Şekil 4.30 NO <sub>2</sub> kirlilik parametresi için yaz dönemi (anayol) ait artık değer dağılım haritası .....	87
Şekil 4.31 NO <sub>2</sub> kirlilik parametresi için sonbahar dönemi (anayol) ait artık değer dağılım haritası.....	89
Şekil 4.32 NO <sub>2</sub> kirlilik parametresi için yıl ortalamasına (anayol) ait artık değer dağılım haritası .....	91
Şekil 5.1 Öneri ölçüm istasyonları.....	97

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Yoğunluğu Değişmeyen Gazlar .....	7
Çizelge 2.2 Yoğunluğu Değişen Gazlar.....	7
Çizelge 2.3 Havada Sürekli Bulunmayan Gazlar .....	7
Çizelge 2.4 Doğal kirlilik kaynaklarından atmosfere salınan tahmini partikül madde oranları.....	9
Çizelge 2.5 Kirleticiler, kaynakları ve sağlık etkileri .....	11
Çizelge 2.6 Kanuni düzenlemeler.....	13
Çizelge 2.7 Hava kalitesi uyum takvimi .....	14
Çizelge 2.8 SO <sub>2</sub> ve NO <sub>2</sub> kirletici parametrelerinin ulusal ve uluslararası sınır değerleri	15
Çizelge 3.1 Isınma türü yüzdeleri.....	23
Çizelge 3.2 Ölçüm yapılan noktaların istasyon tipleri.....	26
Çizelge 3.3 Proje kapsamında yapılan ölçümlerin tarihi .....	27
Çizelge 3.4 SO <sub>2</sub> ve NO <sub>2</sub> parametrelerinin ölçüm sonuçları .....	27
Çizelge 3.5 P değeri ve Z değeri arasındaki ilişki .....	34
Çizelge 4.1 Kış dönemi SO <sub>2</sub> ve NO <sub>2</sub> kirletici parametrelerinin Global Kümelenme analiz sonuçları.....	51
Çizelge 4.2 OLS sonuçlarının özeti (SO <sub>2</sub> _Kış Dönemi_İnşaat Alanı) .....	58
Çizelge 4.3 OLS modeli istatistiksel değerleri (SO <sub>2</sub> _Kış Dönemi_İnşaat Alanı).....	58
Çizelge 4.4 OLS sonuçlarının özeti (SO <sub>2</sub> _Kış Dönemi_Kat Adedi).....	58
Çizelge 4.5 OLS modeli istatistiksel değerleri (SO <sub>2</sub> _Kış Dönemi_Kat Adedi).....	59
Çizelge 4.6 OLS sonuçlarının özeti (SO <sub>2</sub> _Kış Dönemi_Açık Alan).....	59
Çizelge 4.7 OLS modeli istatistiksel değerleri (SO <sub>2</sub> _Kış Dönemi_Açık Alan).....	59
Çizelge 4.8 OLS sonuçlarının özeti (SO <sub>2</sub> _İlkbahar Dönemi_Bina Alanı) .....	64
Çizelge 4.9 OLS modeli istatistiksel değerleri (SO <sub>2</sub> _İlkbahar Dönemi_Bina Alanı) ...	64
Çizelge 4.10 OLS sonuçlarının özeti (SO <sub>2</sub> _İlkbahar Dönemi_Kat Adedi) .....	64
Çizelge 4.11 OLS modeli istatistiksel değerleri (SO <sub>2</sub> _İlkbahar Dönemi_Kat Adedi) ..	65
Çizelge 4.12 OLS sonuçlarının özeti (SO <sub>2</sub> _İlkbahar Dönemi_İnşaat Alanı).....	65
Çizelge 4.13 OLS modeli istatistiksel değerleri (SO <sub>2</sub> _İlkbahar Dönemi_İnşaat Alanı). 65	65
Çizelge 4.14 OLS sonuçlarının özeti (SO <sub>2</sub> _İlkbahar Dönemi_Açık Alan) .....	66
Çizelge 4.15 OLS modeli istatistiksel değerleri (SO <sub>2</sub> _İlkbahar Dönemi_Açık Alan) ...	66
Çizelge 4.16 OLS sonuçlarının özeti (SO <sub>2</sub> _Yaz Dönemi_OSB Alanı) .....	70
Çizelge 4.17 OLS modeli istatistiksel değerleri (SO <sub>2</sub> _Yaz Dönemi_OSB Alanı).....	70

<b>Çizelge 4.18</b>	OLS sonuçlarının özeti (SO <sub>2</sub> _Sonbahar Dönemi_OSB Alanı).....	73
<b>Çizelge 4.19</b>	OLS modeli istatistiksel değerleri (SO <sub>2</sub> _ Sonbahar Dönemi_OSB Alanı) 73	
<b>Çizelge 4.20</b>	OLS sonuçlarının özeti (SO <sub>2</sub> _Yıl Ortalaması_Bina Alanı) .....	76
<b>Çizelge 4.21</b>	OLS modeli istatistiksel değerleri (SO <sub>2</sub> _ Yıl Ortalaması_Bina Alanı) .....	76
<b>Çizelge 4.22</b>	OLS sonuçlarının özeti (SO <sub>2</sub> _ Yıl Ortalaması_Kat Adedi).....	76
<b>Çizelge 4.23</b>	OLS modeli istatistiksel değerleri (SO <sub>2</sub> _ Yıl Ortalaması_Kat Adedi).....	77
<b>Çizelge 4.24</b>	OLS sonuçlarının özeti (SO <sub>2</sub> _ Yıl Ortalaması_İnşaat Alanı) .....	77
<b>Çizelge 4.25</b>	OLS modeli istatistiksel değerleri (SO <sub>2</sub> _ Yıl Ortalaması_İnşaat Alanı) ...	77
<b>Çizelge 4.26</b>	OLS sonuçlarının özeti (NO <sub>2</sub> _Kış Dönemi_Bina Alanı) .....	81
<b>Çizelge 4.27</b>	OLS modeli istatistiksel değerleri (NO <sub>2</sub> _Kış Dönemi_Bina Alanı) .....	81
<b>Çizelge 4.28</b>	OLS sonuçlarının özeti (NO <sub>2</sub> _Kış Dönemi_Kat Adedi) .....	81
<b>Çizelge 4.29</b>	OLS modeli istatistiksel değerleri (NO <sub>2</sub> _Kış Dönemi_Kat Adedi) .....	82
<b>Çizelge 4.30</b>	OLS sonuçlarının özeti (NO <sub>2</sub> _Kış Dönemi_Anayol).....	82
<b>Çizelge 4.31</b>	OLS modeli istatistiksel değerleri (NO <sub>2</sub> _Kış Dönemi_Anayol).....	82
<b>Çizelge 4.32</b>	OLS sonuçlarının özeti (NO <sub>2</sub> _Kış Dönemi_Yeşil Alan).....	83
<b>Çizelge 4.33</b>	OLS modeli istatistiksel değerleri (NO <sub>2</sub> _Kış Dönemi_Yeşil Alan) .....	83
<b>Çizelge 4.34</b>	OLS sonuçlarının özeti (NO <sub>2</sub> _İlkbahar Dönemi_Anayol) .....	86
<b>Çizelge 4.35</b>	OLS modeli istatistiksel değerleri (NO <sub>2</sub> _İlkbahar Dönemi_Anayol) .....	86
<b>Çizelge 4.36</b>	OLS sonuçlarının özeti (NO <sub>2</sub> _Yaz Dönemi_Anayol) .....	88
<b>Çizelge 4.37</b>	OLS modeli istatistiksel değerleri (NO <sub>2</sub> _Yaz Dönemi_Anayol .....	88
<b>Çizelge 4.38</b>	OLS sonuçlarının özeti (NO <sub>2</sub> _Sonbahar Dönemi_Anayol).....	90
<b>Çizelge 4.39</b>	OLS modeli istatistiksel değerleri (NO <sub>2</sub> _Sonbahar Dönemi_Anayol) .....	90
<b>Çizelge 4.40</b>	OLS sonuçlarının özeti (NO <sub>2</sub> _Yıl Ortalaması_Anayol).....	92
<b>Çizelge 4.41</b>	OLS modeli istatistiksel değerleri (NO <sub>2</sub> _Yıl Ortalaması_Anayol).....	92



## RESİMLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Resim 2.1</b> Hava kalitesi ölçüm istasyonları .....	17
<b>Resim 3.1</b> Çalışma bölgesinin topografyası.....	22
<b>Resim 3.2</b> Farklı arazi kullanım türleri.....	23
<b>Resim 3.3</b> Örnekleyiciler ve örnekleyicilerin çalışma alanına dağılımı.....	29

## 1. GİRİŞ

Günümüzde kırsal nüfusun ekonomik, sosyal vd. nedenlerle şehirlere göç etmesi ile birlikte şehirleşme oranı artmaktadır (TUİK 2015). Bu durumun özellikle nüfusun yoğun olduğu bölgelerde hava kirliliğini arttırdığı çeşitli çalışmalarda da ifade edilmiştir (Çakır Sümer 2014). Hava kirliliği, her türlü canlı yaşamına olan ve ölüme kadar götürebilen olumsuz etkisi nedeniyle yerelden globale tüm dünyayı etkileyen ortak bir sorun olarak tanımlanmaktadır. Hava kirliliğinin olumsuz etkilerini giderme ve özellikle hava kalitesini artırma konusunda hem bilim insanları hem de ulusal ve uluslararası otoriteler çeşitli çalışmalar yürütmekte ve çevre bilincini arttırmaya yönelik faaliyetlerde bulunmaktadır. Bu konuda yapılan bilimsel çalışmalarda özellikle havayı kirleten kirleticilerin belirlenmesi, kirliliğe olan etkilerinin araştırılması ve bölgesel kirlilik seviyelerinin belirlenmesi konularına odaklanılmaktadır (Kyrkilis vd. 2007, Çevre Durum Raporu 2019).

Şehirleşmenin etkisiyle kentlerde yaşayan nüfusun artması, barınma ihtiyacını arttırmakta ve buna bağlı olarak ısınma ve ulaşımda fosil yakıt kullanım oranı her geçen gün artmaktadır. Artan fosil yakıt tüketimine ek olarak plansız ve çarpık kentleşme, sanayileşme, meteorolojik ve topografik koşullar ve trafik yoğunluğunun artması hava kalitesini olumsuz etkilemektedir. Hava kalitesini iyileştirmekte en büyük öneme sahip olan yeşil alanların ise bu olumsuz etkileri karşılama kapasitesi sınırlıdır (Tağıl 2007, Demiraslan vd. 2018).

Hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri ise yadsınamayacak kadar çoktur. Yapılan araştırmalarda; hava kirliliğinin özellikle bebeklerde, çocuklarda, kronik rahatsızlığı olan kişilerde, yaşlılarda daha çok olmak üzere tüm canlılarda olumsuz etkisinin yüksek olduğu, kişilerde solunum rahatsızlığına, astıma, öksürüğe, akciğer fonksiyonlarında bozukluğa ve psikolojik rahatsızlıklara neden olduğu belirtilmektedir (Çapraz 2013, Kunay 2018). Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ) küresel çapta gerçekleştirmiş olduğu çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre; hava kirliliği nedeniyle dünya çapında her yıl 3.1 milyon insanın öldüğü, 1.3 milyon erken ölüme neden olduğu belirtilmiş ve önlem alınmaması durumunda ölüm oranlarının daha da

artacağı ifade edilmiştir (İncecik ve İm 2013, Koç vd. 2017, İnt. Kyn. 1). Yine DSÖ'ne göre Dünyada her 10 kişiden 9'u kalitesiz hava solumakta, buna bağlı olarak her 9 ölümden 1'i hava kirliliği kaynaklı nedenlerle meydana gelmektedir (İnt. Kyn. 1).

Türkiye ölçeğinde bakıldığında dünyanın birçok ülkesindeki gibi ülkemizde de hava kirliliği yukarıda bahsedilen nedenlerle artmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki sanayileşme bu kirlilik artışında büyük bir rol oynamaktadır. Gelişmekte olan ülkemizde hava kirliliği son yıllarda ciddi boyutlara ulaşmıştır. Avrupa Birliği (AB) ve DSÖ kirliliği ifade eden bazı sınır değerler belirlemiştir. Ancak ülkemizdeki bazı ölçümlerde elde edilen sonuçlar maalesef bu sınır değerlerin üzerindedir (Garipağaoğlu 2015, Alkan 2018). Yine hava kirlilik verilerine göre Türkiye, Avrupa sınırları içerisinde hava kirliliğine bağlı erken ölümlerin en yüksek olduğu ülkelerden biridir. Bu durum 2016 yılında Türkiye Toraks Derneği tarafından yayınlanan ve ülkemizde her yıl 32 bin kişinin hava kirliliği kaynaklı nedenlerle öldüğünü, 81 ilimizin 80'inin havasının DSÖ kirlilik parametrelerine göre kirli olduğu belirtilen raporla uyum içerisindedir (Türkiye Toraks Derneği 2016, Alkan 2018). Benzer sonuçlar elde edilen DSÖ raporuna göre de Avrupa'da en kirli 10 kent içerisinde Türkiye'den 8 kent bulunmaktadır. Türkiye içerisinde ise Afyonkarahisar hava kirliliğinde 7. sırada yer almaktadır (Yazıcı vd. 2018).

Hava kirliliğinin canlı yaşamına olan olumsuz etkilerinin bu derece büyük olması kirliliğe neden olan kaynakların ve buna bağlı olarak kirletici parametrelerinin belirlenmesi ve ölçümleri konusunun önemini daha da arttırmaktadır. Kirlilik seviyesinin belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınabilmesi için hava kalitesi ölçüm istasyonları kullanılmaktadır. Bu istasyonlar kirlilik seviyesi tespit edilmek istenilen bölgede uygun koşullarda ve yerlerde konumlandırılarak ölçüm işlemi gerçekleştirilmektedir. Yapılan ölçümler sonucunda belirlenen kirletici parametreler ve bunlara ait sayısal değerler ulusal ve uluslararası kurum ve kuruluşlar tarafından belirlenmiş olan sınır değerler ve çeşitli analiz yöntemleri kullanılarak değerlendirilmekte ve hava kirliliği için alınacak önlemler belirlenmektedir (Dokuz vd. 2020, Ayturan 2019).

Birçok ülkede periyodik olarak (günlük, haftalık, aylık vb.) hava kirlilik tespiti için gerekli olan ölçümler yapılmakta ve elde edilen sonuçlar ilgili platformlarda sunulmaktadır. Kirliliği etkileyen çeşitli parametreler bulunmakla birlikte en önemlileri Partikül Maddeler (PM<sub>2.5</sub>- PM<sub>10</sub>), kükürt oksitler (SO<sub>x</sub>), karbon oksitler (CO, CO<sub>2</sub>), Ozon (O<sub>3</sub>), azot oksitler (NO<sub>x</sub>)'dir (İnt. Kyn. 2).

Türkiye'de de hava kalitesinin iyileştirilmesi ve kirliliğin ölçülmesi amacıyla mülga Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 81 ilde hava kalitesi ölçüm istasyonları kurulmuş olup, istasyonların sayısı illere göre farklılık göstermektedir. İstasyonların ilk kurulduğu dönemlerde yalnızca PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> kirleticilerinin ölçümü yapılmakta iken günümüzde ÇŞB'nin yürüttüğü çalışmalarla NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, O<sub>3</sub>, PM<sub>2.5</sub> kirletici ölçümleri de yapılmaya başlanılmıştır (İnt. Kyn. 3). Ancak tüm illerde henüz bu parametrelerin hepsi ölçülememektedir. Bu nedenle yapılan çalışmaların sonucunda; tüm parametrelerin ölçümünün yapılamadığı, istasyonlardan alınan verilerin eksik ve yetersiz olduğu, hatta bazı istasyonların buldukları konum nedeniyle kirlilik kaynağını belirleyebilecek konumda olmadıkları, daha sağlıklı sonuçlara ulaşabilmek için hava kalitesi ölçüm istasyonlarının sayısı ile yapılan ölçüm aralıklarının (periyot) artırılması gerektiği belirtilmektedir (Daylan vd. 2002, Gül 2005, Bazoğlu 2017, Kök 2018).

Ayrıca ülkemizde kirlilik kaynağını belirlemek üzere birden fazla mekânsal parametrenin aynı çalışma içerisinde kullanıldığı az sayıda çalışma bulunmaktadır (Taş 2006, Özcan 2016, Koç 2018, Alkan 2018, Kök 2018). Kapsamlı çalışmalardan biri olan Özcan (2016)'ın mekânsal parametrelerin hava kalitesi üzerine etkilerinin araştırılması ile ilgili çalışmasında; İzmir ili Çiğli ilçesinde farklı noktalardan yapılan SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> kirletici konsantrasyonlarının ölçüm sonucunu kullanarak, farklı arazi kullanım türlerinin, ısınma türlerinin, bina özelliklerinin, ulaşım türlerinin ve meteorolojik faktörlerin hava kalitesine olan etkileri araştırılmıştır (Özcan 2016). Literatürdeki diğer çalışmalara bakıldığında çevresel faktörlerin (ısınma, ulaşım, endüstri, yeşil-açık-yapı alanı kullanımı) hava kirliliğine etkilerinin ayrı birer çalışma konusu olarak ele alındığı görülmüştür (Özen 2006, Öztürk 2006, Yürük 2010, Kocaman 2010, Erdoğan 2012, Özer 2013, Tuna vd.2013, Polat 2016, Koç 2016, Kara 2017, Altıkat 2020).

Özen (2006), Ankara kentinde seçilen bir alanda (Sıhhiye-Maltepe arasında) kasım ayında ölçülen  $\text{NO}_x$ , CO, HC ve  $\text{SO}_2$  kirletici konsantrasyonlarını kullanarak motorlu taşıtların hava kirliliği ile bir bağlantısı olup olmadığını araştırmayı amaçlamıştır (Özen 2006). Düzce ili D-100 karayolu ve otoyoldaki trafik yoğunluğu baz alınarak CO, HC ve  $\text{NO}_x$  konsantrasyon değerlerinin ölçüldüğü diğer bir çalışmada, ulaşımdan kaynaklı kirleticilerin kent merkezine etkisi araştırılmıştır. Ayrıca ölçümü yapılan Pb, Zn, Cd ve Ni metallерinin analizleri yapılmıştır (Öztürk 2006). Yürük (2010), 2008 ve 2009 yıllarını kapsayan çalışmasında İstanbul ilinde yer alan önemli güzergahlardan rastgele 13 adetini seçerek trafikteki yakıt tüketimini ve emisyon değerlerini incelemiştir. Trafik yoğunluğundan ne kadar yakıt tüketildiğinin tahmin edilebilmesi için bir model geliştirilmiş ve yoğunluğa bağlı yakıt tüketim ve emisyon fazlası hesaplanmıştır (Yürük 2010).

Kocaman (2010), Erzurum kentinde pasif örnekleme yöntemi ile 2010 yılında (23.02.2010 ve 20.04.2010)  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  ve  $\text{O}_3$  kirleticilerinin konsantrasyonlarını ölçerek, kirlilik haritalarının oluşturulmasını hedeflemiştir. Çalışmada, evsel ısınmada kömür ve doğalgaz kullanımının hava kirliliğine etkilerini araştırmıştır (Kocaman 2010). Doğalgaz kullanımının hava kirliliğine etkisinin araştırıldığı çalışmalardan birini yürüten Özer (2013); 2006- 2009 yılları ile 2009-2012 yıllarını Karabük kentinde doğalgaza geçmeden önceki dönem ve geçtikten sonraki dönem olarak belirleyip bu yıllarda yapılan  $\text{SO}_2$  ve  $\text{PM}_{10}$  konsantrasyon seviyelerini kullanarak değişimin izlenmesini amaçlamıştır (Özer 2013).

Erdoğan (2012), Hatay ili İskenderun ilçesinde kurulması planlanan Doğalgaz Kombine Çevrim Santralinden salınacak kirleticilerin ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$ ) oluşturduğu kirliliğin bölgelerini belirleyerek sonuçlarını incelemiştir. Çalışmada farklı baca yükseklikleri, şehir ve kırsal alan olmak üzere farklı arazi türü ve farklı büyüklükteki çalışma alanları kullanılmıştır. Hava dağılım modelleme programları (ISCST3 ve AERMOD) ile değerlendirmeler yapılmıştır (Erdoğan 2012). Endüstriyel alanlarda hava kirliliğinin araştırıldığı Tuna vd. (2013) tarafından yürütülen çalışmada; İzmir ili Aliağa ilçesindeki endüstriyel tesislerin bulunduğu bölgedeki ağaçlar üzerinden (ağaç kabukları, yapraklar, dallar) iz elementler (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Dy, Er, Eu, Fe,

Ga, Gd, Hg, Ho, K, La, Li, Lu, Mg, Mn, Mo, Na, Nd, Ni, P, Pb, Pr, Rb, Sb, Se, Sm, Sn, Sr, Tb, Th, Tl, U, V, Y, Yb, Zn) toplanarak yoğunlukları ölçülmüştür (Tuna vd. 2013).

Polat (2016); Gaziantep ilinde trafik kaynaklı kirliliğin araştırılmasını ve NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> kirletici parametreleri kullanılarak kirlilik olan bölgelerin haritalanmasını hedeflemiştir. Ulaşım kaynaklı kirliliğin belirlenmesinde, araçlarda kullanılan yakıt türü ve miktarı, farklı kategorideki yolların uzunluğu, yoğunluğu ve araç sayısı kullanılarak detaylı bir çalışma yürütülmüş ve bu veriler kullanılarak NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> kirleticilerinin emisyon değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca 30 adet kavşaktan pasif örnekleme yöntemi ile ölçülmüş olan NO<sub>2</sub> kirletici konsantrasyonu da çalışma kapsamında kullanılarak kirlilik haritaları oluşturulmuştur (Polat 2016).

Koç vd. (2016) tarafından kitle yeşil alanların hava kalitesi üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada; Erzurum il merkezinde 20 adet gezici istasyondan ölçülen SO<sub>2</sub> kirletici parametresi verileri değerlendirilerek kirlilik haritaları oluşturulmuştur. Kitle yeşil alanlar ile hava kirliliği haritaları karşılaştırılmış ve kent merkezindeki yapılaşmalara da dikkate alınarak hava kalitesi hakkında değerlendirmeler yapılmıştır (Koç vd. 2016).

Kara vd. (2017) tarafından yapılan farklı endüstriyel tesislerin bulunduğu veya endüstrinin geliştiği kentlerde (Amasya-Suluova, Şırnak, Manisa-Soma, Hakkari ve Ordu-Fatsa, Edirne-Keşan, Çanakkale-Çan ve Tekirdağ-Merkez) hava kirliliğinin araştırıldığı çalışmalardan biri olan çalışmada; Türkiye'nin birçok kentinde yer alan hava kalitesi izleme istasyonlarından 2013-2017 yıllarında alınan SO<sub>2</sub> ölçüm değerlerinin ortalaması alınarak, SO<sub>2</sub> kirlilik parametresinin zamana ve mekâna göre değişimi analiz edilmiştir (Kara vd. 2017).

Mevsimsel bazda hava kirletici parametrelerinin konsantrasyonlarının belirlendiği Altıkat (2020) tarafından yürütülen çalışmada Iğdır ilinde, 2016-2017-2018 yıllarının tamamı ve 2019 yılının Ocak-Şubat ve Mart ayları için ÇŞB Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağından temin edilen PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NO, NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> kirleticilerinin konsantrasyon düzeyleri kullanılarak, PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun yıllara ve mevsimlere

göre değişiminin ve diğer (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NO, O<sub>3</sub> ve NO<sub>2</sub>) kirleticiler ile olan ilişkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır (Altıkat 2020).

Literatürde yer alan çalışmalarda kış aylarında hava kirliliğinin yükseldiği belirtilmiştir (Vardoulakis ve Kassomenos 2008, Bayram vd. 2006, Kopar 2009, Yazıcı vd. 2018). Soğuk iklim koşullarının hüküm sürdüğü Afyonkarahisar için bu durum yine benzer şekildedir. Afyonkarahisar'da kış aylarında kükürt dioksit ve partiküler madde seviyesinin sınır değerlerin üzerine çıktığı DSÖ'nün 2016 yılında yayımladığı raporda görülebilmektedir (Yazıcı vd. 2018).

Hava kirliliğinin ciddi boyutlara ulaştığı Afyonkarahisar ilinde, kirliliğin nedenlerinin araştırıldığı ve kirlilik parametrelerinin değerlendirildiği çalışmalar incelendiğinde; genellikle tek bir istasyondan kış aylarında yapılan SO<sub>2</sub> ve PM ölçüm sonuçlarının yıllara göre değişimi değerlendirilmiş ve kirletici kaynakları olarak ısınma türleri (kömür, doğalgaz, jeotermal), topografik yapı ve meteorolojik faktörler seçilmiştir (Başkır 1993, Gül 2005, Keçebaş vd. 2010, Yazıcı 2018). Keçebaş vd. (2010) tarafından gerçekleştirilen çalışmada başka faktörlerinde etkisinin araştırılması gerektiğini vurgulamışlardır. Hava kirliliğinin nedenlerinin araştırıldığı çalışmalarda; istasyon sayılarının yetersiz olduğu ve kirliliğe neden olan faktörlerin tamamının kullanıldığı çalışmaların kısıtlı olduğu görülmüştür (Keçebaş 2010).

Bu tez çalışmasında; CBS tabanlı regresyon analizleri ile Afyonkarahisar ilindeki hava kirliliğinin çevresel parametreler (bina alanı, yeşil alan, açık alan, organize sanayi bölgeleri, yol uzunlukları ve tipleri, ısınmada kullanılan yakıt türü (doğalgaz, jeotermal enerji, kömür vd.)) ile ilişkisi ve mekânsal bağımlılığı araştırılmıştır. Bu alışmanın; Afyonkarahisar ilinde hava kalitesi ölçüm noktalarının il merkezinin tamamını kapsaması, hava kirliliğine neden olan faktörlerin belirlenmesinde birçok çevresel etkinin değerlendirilmesi ve tüm mevsimlerdeki kirlilik seviyelerinin değerlendirilmesinden dolayı literatüre katkı yapması beklenmektedir.

## 2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

### 2.1 Hava Kirliliği

Tüm canlılar için hayati öneme sahip hava, farklı gazlardan oluşmaktadır. Bu gazlar ise; havada sürekli bulunan yoğunluğu değişmeyen, havada sürekli bulunan yoğunluğu değişen ve havada her zaman bulunmayan gazlar (kirleticiler) olarak üçe ayrılmaktadır (Eken vd. 2005). Farklı gazların hava da bulunma oranları ise Çizelge 2.1, 2.2 ve 2.3'te verilmiştir.

**Çizelge 2.1** Yoğunluğu Değişmeyen Gazlar (Eken vd. 2005).

<b>Gazlar</b>	<b>Oranlar</b>
Azot (N <sub>2</sub> )	78.08
Oksijen (O <sub>2</sub> )	20.98
Argon (Ar)	0.93
Neon (Ne)	0.0018
Helyum (He)	0.0005
Hidrojen (H <sub>2</sub> )	0.00005
Kripton (Kr)	0.0011
Ksenon (Xe)	0.00009

**Çizelge 2.2** Yoğunluğu Değişen Gazlar (Eken vd. 2005).

<b>Gazlar</b>	<b>Oranlar</b>
Karbondioksit (CO <sub>2</sub> )	Değişken
Ozon (O <sub>3</sub> )	Değişken
Metan (CH <sub>4</sub> )	Değişken
Sülfürdioksit (SO <sub>2</sub> )	Değişken
Su buharı (H <sub>2</sub> O)	Değişken

**Çizelge 2.3** Havada Sürekli Bulunmayan Gazlar (Eken vd. 2005).

<b>Gazlar</b>	<b>Oranlar</b>
Tozlar	-
Kirleticiler	-

**Tozlar:** PM<sub>2,5</sub>- PM<sub>10</sub>

**Kirleticiler:** CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, HC, kükürlü bileşikler (SO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub> bileşikleri), organik bileşikler (ketonlar, aldehytler, asitler), fotokimyasal oluşumlar ve O<sub>3</sub> (İnt. Kyn. 4).



Hava bileşiminin içerisinde yer alan farklı yapı ve özelliklerdeki gazlar dışındaki yabancı maddeler ve sınır değeri aşan gazlar ve parçacıklar kirletici olarak tanımlanmaktadır. Bu kirleticilerin yüksek miktarlarda bulunması hem çevreye hem de insan sağlığına zarar verebilmektedir. Hava kirliliği için literatürde çeşitli tanımlamalar bulunmaktadır.

Hava kirliliği için en kapsamlı tanımlamalardan biri Eğri (1997) tarafından yapılmıştır. Buna göre hava kirliliği; *“doğal olaylar veya insan faaliyetleri sonucunda oluşan, atmosferin doğal bileşimini değiştiren, yoğunluğu ve atmosferde kaldığı süreye bağlı olarak insan sağlığına, bitki ve hayvan hayatına zararlı olan gaz ve tanecikler”* şeklinde tanımlanmıştır (Eğri 1997).

Kök (2018) hava kirliliğini *“canlıların çeşitli tüketim ve ekonomik etkinlikleri sonucu temiz havanın doğal bileşiminde bulunan ana maddelerin değişmesi, yapısına farklı maddelerin girmesi, havanın bileşimindeki maddelerin yapay yollarla eşik düzeyin üstüne çıkması ya da altına inmesi ile canlı ve cansız yaşama zarar verecek oranda bozulması”* şeklinde tanımlamıştır. Bayram vd. (2006) ise *“soluduğumuz dış havada kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), partiküler madde (PM), nitrojen oksitleri (NO<sub>x</sub>) ve ozon (O<sub>3</sub>) gibi kirleticilerin çevre ve sağlık üzerinde olumsuz etkileri yapacak düzeylerde olması”* olarak tanımlamıştır.

ÇŞB ise *“havada katı, sıvı ve gaz şeklinde bulunan maddelerin, insan sağlığına ve ekosisteme olumsuz etkisi olacak miktar, yoğunluk ve sürede atmosferde bulunması”* olarak ifade etmiştir (İnt. Kyn. 3).

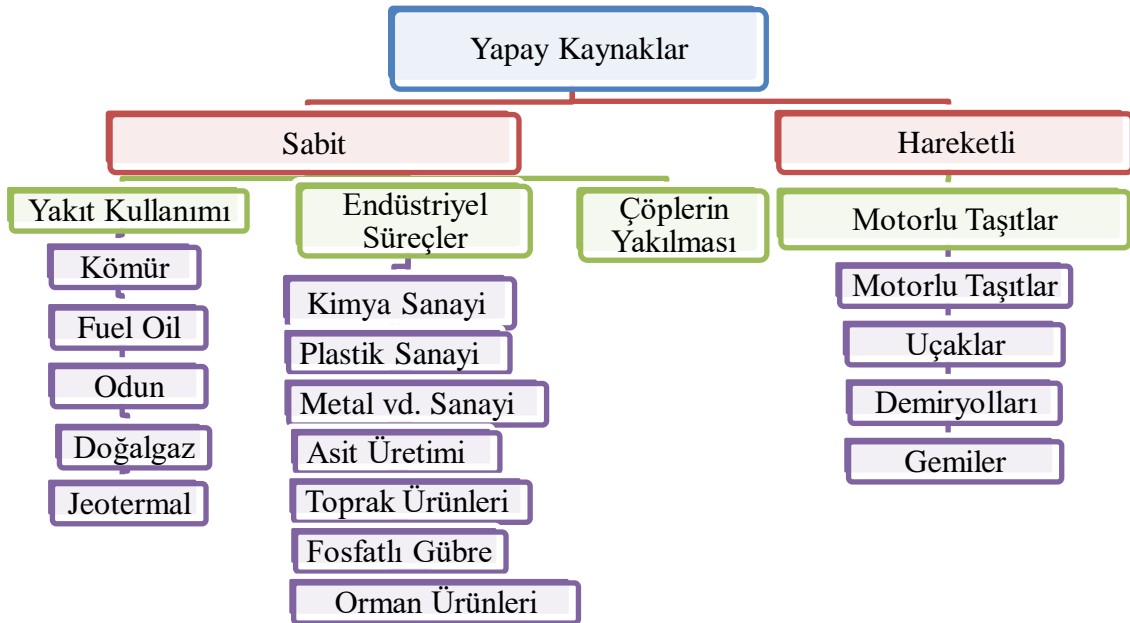
Hava kirliliği kaynakları doğal kaynaklar ve yapay kaynaklar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. **Doğal kaynaklar;** havayı kirleten diğer kirleticilerden daha az olumsuz etkiye sahip olup, doğada kendiliğinden gerçekleşen olaylar sonucunda ortaya çıkabilmektedir (İnt. Kyn. 5).

**Çizelge 2.4** Doğal kirlilik kaynaklarından atmosfere salınan tahmini partikül madde oranları (İncecik 1994, Özcan 2016).

Doğal Kirlilik Kaynağı	Tahmini Konsantrasyon (Milyon ton / yıl)
Volkanlar	25-150
Orman Yangınları	1-50
Okyanus Spreyleri	300

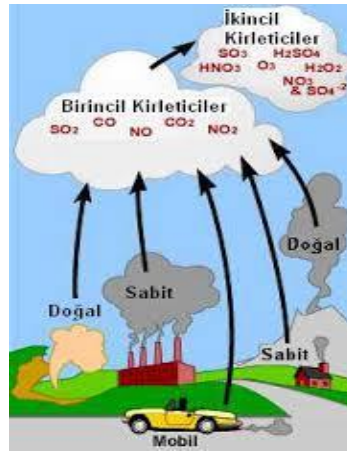
Bu olaylar ise; çöl tozları, orman yangınları, yanardağ faaliyetleri, açık arazideki hayvan türlerinin ve bitki örtüsünün bozulması, okyanus spreyleri ve buharlaşma olarak bilinmektedir. Belirtilen doğa olayları sonucu oluşan gazlar ve tozlar havaya karışarak kirliliğe neden olmaktadır (İnt. Kyn. 5). Atmosfere salınan tahmini partikül madde oranları ise Çizelge 2.4’te verilmiştir.

**Yapay kaynaklar** ise; insanların yaşamsal ihtiyaçları doğrultusunda gerçekleştirdikleri faaliyetler sonucunda ortaya çıkmaktadır. Yapay kaynaklar sonucu oluşan hava kirliliği doğal kaynaklar nedeniyle oluşan kirlilikten daha önemlidir. Isınmadan, ulaşımdan ve sanayiden kaynaklı hava kirliliği yapay kaynakların neden olduğu kirlilik türleridir (İnt. Kyn. 5). Yapay kaynaklar; hava kirliliğine neden olan kaynağın yeri değişmiyor ise sabit ve yeri değişiyor ise hareketli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Kaynaklar Şekil 2.1’de verilmiştir (Kudal 2009).



**Şekil 2.1** Yapay kaynak çeşitleri (Kudal 2009, Özcan 2016).

Temiz hava bileşenleri dışında havanın doğal yapısının bozulmasına neden olan hava kirliliği kaynaklarından salınan kirleticiler, birincil ve ikincil kirleticiler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Birincil kirleticiler; kaynaktan havaya doğrudan salınan kirleticiler, ikincil kirleticiler ise birincil kirleticilerin havada girdiği bazı kimyasal reaksiyonlar veya fiziksel olaylar sonucunda oluşan kirleticilerdir. CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, hidrokarbonlar (HC), PM<sub>2,5</sub>-PM<sub>10</sub> birincil kirleticilerden ve kükürlü bileşikler (SO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub> bileşikleri), organik bileşikler (ketonlar, aldehitler, asitler), fotokimyasal oluşumlar ve O<sub>3</sub> ikincil kirleticilerdendir (İnt. Kyn. 4).



Şekil 2.2 Birincil ve ikincil kirleticiler ve kaynakları (İnt. Kyn. 6).

Daha çok yapay kaynaklar nedeniyle atmosfere salınan kirleticilerin meydana geldikleri alan ve miktarına bağlı olarak canlı hayatına etkileri değişmektedir. Hava kirliliğine neden olan bu kirleticilerin doğrudan solunması veya dolaylı olarak insan vücuduna girmesi sonucunda sağlık problemleri ortaya çıkmaktadır (İnt. Kyn. 5). Solunan kirleticinin miktarının artmasıyla bu sağlık problemleri ölüme neden olmaktadır. DSÖ hava kirliliğini 'Görünmez Katil' olarak tanımlamaktadır (İnt. Kyn. 1). Kirleticilerin havaya salınmasına neden olan kaynaklar ve sağlık etkilerinin bir kısmı Çizelge 2.5'te verilmiştir.

Bu tez çalışmasında yapay kaynaklar sınıfına dahil birincil kirletici türlerinden olan kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) ve azot dioksit (NO<sub>2</sub>) seçilmiştir.

**Çizelge 2.5** Kirleticiler, kaynakları ve sağlık etkileri (İnt. Kyn. 5).

<b>Kirletici</b>	<b>Ana Kaynak</b>	<b>Sağlık Etkisi</b>
Kükürt dioksit	Fosil yakıt yanması	Solunum yolu hastalıkları Asit yağmurları
Azot oksitler	Taşıt emisyonları, Yüksek sıcaklıkta yakma prosesleri	Göz ve solunum yolu hastalıkları, asit yağmurları
Partikül Madde	Sanayi, yakıt yanması, tarım ve ikincil kimyasal reaksiyonlar	Kanser, kalp problemleri, solunum yolu hastalıkları, bebek ölüm oranlarında artış
Karbon monoksit	Eksik yanma ürünü, taşıt emisyonları	Kandaki hemoglobin ile birleşerek oksijen taşıma kapasitesinde azalma, ölüm
Ozon	Trafikten kaynaklanan azot oksitler ve uçucu organik bileşiklerin (VOC) güneş ışığıyla değişimi	Solunum sistemi problemleri, göz ve burunda iritasyon, astım, vücut direncinde azalma

**Kükürt Dioksit (SO<sub>2</sub>):** Kömür gibi kükürt içeren fosil yakıtların yakılmasıyla meydana gelen, renksiz, yanmayan, parlamayan, keskin kokulu bir gaz olan kükürt dioksit, doğal kaynaklar sonucu da ortaya çıkmaktadır. Doğal ve yapay kaynaklardan salınan SO<sub>2</sub> oranının 24 saatlik ortalamasının 300 µg/m<sup>3</sup> (0.1 ppm)'in üzerinde çıkması sağlık üzerinde olumsuz etkiler yaratmakta ve oranın 900-1000 µg/m<sup>3</sup> 'ün üzerine çıktığı durumlarda hayati riskleri bulunmaktadır (Starkman 1971, Topal 2000).

Suda çözünbilmesi ve partiküllerinin rüzgâr ile uzun mesafelere taşınabilmesi nedeniyle birçok hastalığa neden olan SO<sub>2</sub>; nemde çözülmesi, güneş ışığı ve bazı kimyasalların varlığı ile sülfürik asit oluşumuna neden olmaktadır. Ayrıca asit yağmurlarının meydana gelmesine neden olmaktadır (İnt. Kyn. 7). Tepkimeler sonucu oluşan sülfürik asit solunum yolu ile insan vücuduna girebilmektedir. Suda çözülebildiği gibi kanda da çözülebildiğinden solunum yolu hastalıklarına olumsuz etkisi çok fazladır (Karbuş 2016, Kök 2018).

Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında SO<sub>2</sub> seviyesinin; kent merkezlerinde, konut ve taşıt yoğunluğunun arttığı alanlarda, evsel ısınmada ve sanayide üretim aşamalarında

kullanılan fosil yakıtların yakıldığı bölgelerde yüksek olduğu belirlenmiştir (Daylan ve İncecik 2002, Staelens vd. 2012, Özcan 2016).

**Azot Dioksit (NO<sub>2</sub>):** Özellikle termik santrallerde katı, sıvı veya gaz yakıtların 1200 °C ve üzeri yüksek sıcaklıklarda yanması sonucu bacadan salınan veya motorlu taşıtlardan salınan azot oksitler, renksiz, kokusuz ve suda erimeyen gazlardır. Yüksek sıcaklıkta yanma sonucu daha çok azot monoksit oluşur. Bacadan veya motorlu taşıtlardan atmosfere salınan azot monoksit ozon gazı ile oksidasyon sonucu azot dioksit gazına dönüşür. Kırmızımsı-kahve renkli bir gaz olan azot dioksit daha çok solunum yolu hastalıklarına neden olur (İnt. Kyn. 7).

Akciğerlerin yüksek yoğunluklu azot dioksitlere maruz kalması tahrişe yol açmakta ve buna bağlı olarak akut solunum yolu hastalıklarına neden olmaktadır. Bu hastalıklar ise ölüm riskini artırmaktadır (Hasselblad, vd 1992, Sunyer vd 2002, Demir 2012).

## **2.2 Hava Kirliliğinin Kısa Tarihçesi**

Hava kirliliğinin artmasıyla hava kalitesi düşmekte ve yerel, ulusal ve küresel ölçekte düzenlemeler ile hava kirliliği ortadan kaldırılmaya çalışılmaktadır. Bununla bağlantılı olarak daha temiz bir hava için kanunlar çıkarılmakta, ciddi organizasyonlar kurulmakta, ekonomik ve eğitici önlemler alınmaktadır. Bu önlemler öncelikle hava kirliliği seviyesinin ciddi seviyelere ulaştığı gelişmiş ülkelerde yapılmaktadır. Türkiye'de 1950'li yıllardan itibaren hava kirliliği bir sorun haline gelse de özellikle kentleşmenin ve sanayileşmenin geliştiği yerlerde ve kış aylarında hava kirliliği Türkiye'de ciddi bir sorun haline geldi. Dünyada yapılan çalışmaların yanı sıra ülkemizde de yaşanan sorunlarla ilgili olarak kanunlar ve yönetmelikler çıkarılarak uygulamaya konulmuştur (Çakır Sümer 2014). Hava kalitesinin iyileştirilmesi ve korunmasına yönelik yapılan kanuni düzenlemeler Çizelge 2.6'da verilmiştir. Çıkarılan bu Kanun ve Yönetmeliklere ek olarak hava kirliliğinin önlenmesi, hava kalitesinin iyileştirilmesi ve kontrolü amacıyla, Bakanlıklar tarafından birçok genelge yayınlanmakta, temiz hava eylem planları hazırlanmakta ve yerelde mahalli çevre kurulu kararları alınmaktadır. Ayrıca hava kirliliğinin önlenmesine ilişkin uluslararası sözleşmeler yapılmaktadır (Çakır Sümer 2014).

**Çizelge 2.6** Kanuni düzenlemeler (Çakır Sümer 2014).

<b>Kanun/Yönetmelik</b>	<b>Yayınlanma Yılı</b>	<b>Kanuni Dayanak/Bakanlık</b>
Yakıt Tüketiminde Ekonomi Sağlanması ve Şehirlerde Isıtma Tesislerinin Sebep Olduğu Hava Kirliliğinin Azaltılmasına Dair Yönetmelik	1972	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
Isıtma ve Buhar Tesislerinin Yakıt Tüketiminde Ekonomi Sağlanması ve Hava Kirliliğinin Azaltılması Yönetmeliği	1977	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği	1986	09.08.1983 tarih ve 2872 sayılı Çevre Kanunu
Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği	2004	
Benzin ve Motorin Kalitesi Yönetmeliği	2004	09.08.1983 tarih ve 2872 sayılı Çevre Kanunu'nun Ek-6 ncı maddesi
Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği	2005	01.05.2003 tarih ve 4856 sayılı mülga Çevre ve Orman Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun
Endüstri Tesislerinden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği	2006	
Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği	2008	
Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği	2009	

Havaya salınan kirleticilerin yoğunluğu belirli bir seviyenin üzerine çıktığında tüm canlılar için zararlı olmaktadır. Kirleticilerin hangi seviyenin üzerinde zararlı duruma geleceği yapılan ölçümlerle belirlenmektedir. Bu ölçüm sonuçları ulusal ve uluslararası sınır değerlerle karşılaştırılarak, bu değerlerin aşılması için gerekli çalışmalar yapılmaktadır.

Ülkelerin gelişmiş düzeyine göre sınır değerlerde farklılık göstermektedir. Sınır değerler; Amerika Birleşik Devletleri'nde Temiz Hava Yasasına, Avrupa'da DSÖ'nce belirlenmiş olan değerlere göre düzenlenmiştir. Türkiye'de ise uluslararası standartlara uyulması için Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği ile uzun ve kısa vadeli hedefler belirlenerek uyum takvimi hazırlanmıştır (Çiçek vd. 2004). Ülkemizdeki hava kalitesi sınır değerlerinin uyum takvimi Çizelge 2.7'de ve bu tez kapsamında seçilen kirlenici parametrelerinin (SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub>) hava kalitesi sınır değerleri ile AB (EU, 1999), DSÖ (WHO, 2005) ve Amerika Birleşik Devletleri (US, 2006) tarafından belirlenen hava kalitesi sınır değerleri Çizelge 2.8'de verilmektedir.

**Çizelge 2.7** Hava kalitesi uyum takvimi (HKDYY 2008, SKHKKY 2009).

Parametre	Süre	Birimi	YIL							Türkiye için AB Limit Değerlerinin Geçerli Olacağı Tarih
			2014	2015	2016	2017	2018	2019-2023	2024 ve sonrası	
SO <sub>2</sub>	Saatlik (bir yılda 24 defadan fazla aşılmaz)		500	470	440	410	380	350	350	
	24 saatlik	µg/m <sup>3</sup>	250	225	200	175	150	125	125	
	UVS		60	60	60	60	60	60	60	1 Ocak 2019
	**Yıllık ve kış dönemi (1 Ekim-31 Mart)		20	20	20	20	20	20	20	
NO <sub>2</sub>	Saatlik (bir yılda 18 defadan fazla aşılmaz)	µg/m <sup>3</sup>	300	290	280	270	260	250	200*	1 Ocak 2024
	Yıllık		60	56	52	48	44	40*	40	

**Çizelge 2.7(Devam)** Hava kalitesi uyum takvimi (HKDYY 2008, SKHKKY 2009).

Havada Asılı Partikül Madde (PM 10)	24 saatlik (bir yılda 35 defadan fazla aşılmaz)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	90	80	70	60	50	50	1 Ocak 2019
	Yıllık		60	56	52	48	44	40	40	
Pb	Yıllık	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	1 Ocak 2019
CO	maksimum günlük 8 saatlik ortalama	$\text{mg}/\text{m}^3$	16	14	12	10	10	10	10	1 Ocak 2017
Cd	UVS	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0,02	
	KVS		150	150	150	150	150	150	150	
HCl	UVS	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	60	60	60	60	60	60	60	
	KVS		150	150	150	150	150	150	150	
HF	Saatlik	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	30	30	30	30	30	30	30	
	KVS		5	5	5	5	5	5	5	
H <sub>2</sub> S	Saatlik	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	100	100	100	100	100	100	
	KVS		20	20	20	20	20	20	20	
Toplam Organik Bileşikler (karbon cinsinden)	Saatlik		280	280	280	280	280	280	280	
	KVS	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	70	70	70	70	70	70	70	

**Çizelge 2.8** SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> kirletici parametrelerinin ulusal ve uluslararası sınır değerleri.

Kirletici	Süre	HKDYY (2015)	EU	US	WHO
Kükürt dioksit	1 Saat	470	350	-	-
	24 Saat	225	125	366	125
	Yıllık	20	-	78	50
Azot oksitler	1 Saat	290	-	-	200
	24 Saat	-	40	-	-
	Yıllık	56	-	100	40

Türkiye’de hava kirliliğine ilişkin ilk ölçüm yarı otomatik cihazlar ile Mülga Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi (RSHM) tarafından yapılmıştır. Hava kirliliği ölçüm

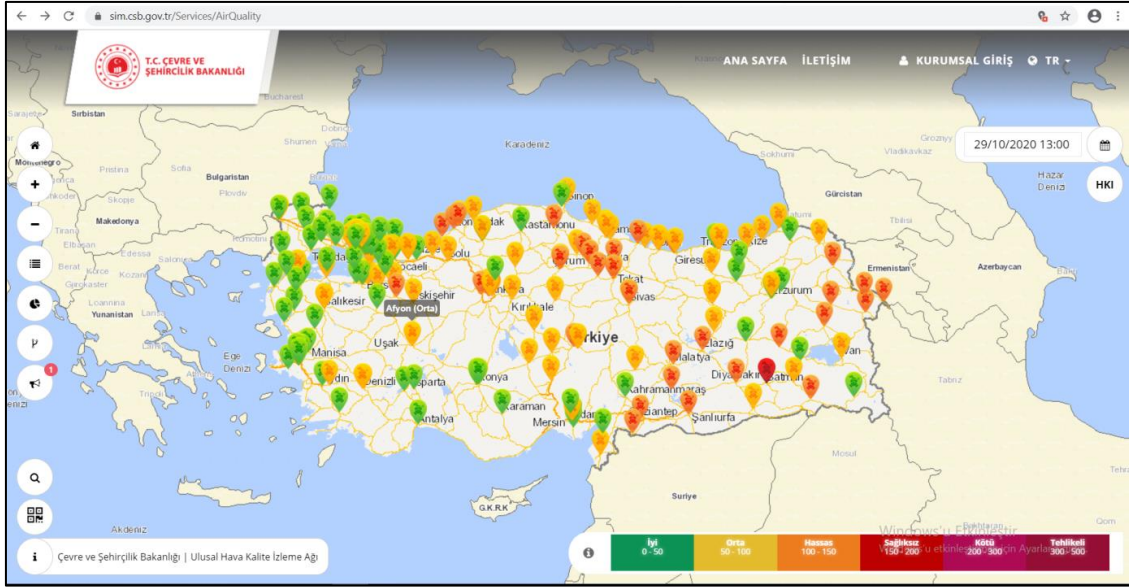


işlemlerinin devredilmesiyle mülga Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 2005-2007 yılları arasında 81 ilde hava kalitesi ölçüm istasyonları kurulmuştur. Bu ölçüm istasyonlarına ek olarak, çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından kurulan istasyonlar da sisteme dâhil edilmiştir. Ayrıca ÇŞB tarafından 2014-2015 yıllarında 20 adet yeni istasyon kurulmuş ve 4 adet mobil istasyonda dâhil edilerek ölçümler daha geniş bölgelerde yapılmaya başlamıştır. Bakanlık tarafından kurulan istasyonlarla birlikte Ulusal Hava Kalite İzleme Ağı oluşturularak, PM<sub>10</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> kirleticileri için Ulusal Hava Kalitesi İndeksi hesaplanmaktadır. Hava Kalitesi İndeksi (HKİ) ile havadaki kirleticilerin yoğunluklarına göre hava kalitesini iyi, orta, hassas, sağlıklı, kötü ve tehlikeli şeklinde derecelendirme yapılmaktadır. Yapılan derecelendirmeler renklere ayrılarak sağlık üzerine etkileri anlamlandırılmıştır (İnt. Kyn. 3, İnt. Kyn. 5). HKİ aralıkları, hava kalitesi seviyeleri ve etkileri Şekil 2.3'te verilmektedir.

Hava Kalitesi İndeksi (AQI) Değerler	Sağlık Endişe Seviyeleri	Renkler	Anlamı
Hava Kalitesi İndeksi bu aralıkta olduğunda..	..hava kalitesi koşulları..	..bu renkler ile sembolize edilir..	..ve renkler bu anlama gelir.
0 - 50	İyi	Yeşil	Hava kalitesi memnun edici ve hava kirliliği az riskli veya hiç risk teşkil etmiyor.
51 - 100	Orta	Sarı	Hava kalitesi uygun fakat alışılmadık şekilde hava kirliliğine hassas olan çok az sayıda insan 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.

**Şekil 2.3** Hava kalitesi ve etkileri (İnt. Kyn. 5).

İllere göre hava kalitesi <https://sim.csb.gov.tr/Services/AirQuality> adresinden takip edilebilmektedir. Ulusal Hava Kalite İzleme Ağında yer alan istasyonların yerleri ve hava kalitesine ilişkin bilgilerin yer aldığı harita Resim 2.1'de verilmektedir.



**Resim 2.1** Hava kalitesi ölçüm istasyonları (İnt. Kyn. 8).

Hava kirliliğinin canlı sağlığına ve çevreye etkilerinin azaltılması ve önlenmesi için kirletici parametrelerinin ölçüm değerlerinin Çizelge 2.7’de verilen sınır değerleri aşmaması gerekmektedir (HKDYY 2008). Yapılan deneysel çalışmalar incelendiğinde; kirletici parametrelerinin konsantrasyonlarının hangi mevsimlerde daha yüksek veya düşük seviyede olduğunun belirlendiği, yapay ve doğal kirletici kaynaklarının etkilerinin araştırıldığı birçok çalışmaya rastlanılmıştır (Peng vd. 2005, Elbir vd. 2010, Dergham vd. 2015, Oğuz 2020, Altıkat 2020). Aşağıdaki bölümlerde (2.3 ve 2.4) geçmiş yıllarda yapılmış olan, mevsimlerin hava kirliliği üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmalara ve hava kirletici kaynaklarının araştırıldığı çalışmaların bir kısmına yer verilmiştir.

### 2.3 Mevsimlere Göre Hava Kirliliği Değişimleri

Özellikle kış aylarında ısınma kaynaklı yakıt kullanımının artmasıyla hava kirliliğinin daha yüksek seviyelerde çıktığı çalışmalar ile tespit edilmiş olsa da yaz aylarında, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde de kirlilik seviyesinin kritik düzeyde yüksek olduğu iller bulunmaktadır. Bu durum araştırmacıları farklı mevsimlerde ölçümler yapmaya teşvik etmektedir. Yapılan çalışmalarda; bazı kirletici türlerinin konsantrasyonlarının (SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>) kış dönemlerinde yüksek çıktığı, bazılarının (NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>) ise yaz dönemlerinde yüksek çıktığı belirtilerek, mevsimsel koşulların hava kalitesi

üzerinde etkisinin önemi vurgulanmıştır (Mayer 1999, Briggs vd. 2000, Vardoulakis ve Kassomenos 2008, Lee vd. 2013, Özcan 2016, Alkan 2018, Oğuz 2020).

## **2.4 Kirletici Kaynağına Göre Hava Kirliliği Değişimleri**

Hava kirliliğine yönelik hazırlanmış olan yönetmelikler incelendiğinde, farklı kirletici kaynaklarını baz alan ayrı ayrı yönetmeliklerin düzenlendiği görülmüştür. Örneğin; Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Benzin ve Motorin Kalitesi Yönetmeliği, Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği. Çeşitli yönetmeliklerin olması hava kirliliğinin birden fazla yapay kaynağının olduğunu göstermektedir. Kentleşme ile kent nüfusunun artması, evsel ısınmada kalitesiz yakıt kullanımı, yapı sayısının artmasıyla yeşil alanların ve açık alanların azalması, taşıt kullanımının artması ve sanayileşme hava kalitesini düşürmektedir (Çakır Sümer 2014).

### **2.4.1 Isınma**

Hava kirliliği probleminin en büyük nedeni evsel ısınma veya endüstriyel tesislerde fosil yakıt kullanımıdır (Pinto vd. 1998, Daylan vd. 2002, Özcan 2016). Literatürde çeşitli araştırmacılar tarafından evsel ısınmada ve endüstriyel kuruluşlarda iş ve işlemlerin yürütülmesi için yapılan yanma işlemlerinde odun, kömür, fuel-oil ve doğalgaz gibi yakıtların kullanılması ve jeotermal enerjinin ısıtma amaçlı kullanılması sonucu bacalardan çıkan gazların hava kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır (Başkı 1993, Kocaman 2010, Gümrükçüoğlu ve Soylu 2011, Özer 2013) Fosil yakıt kullanımı ile havaya salınan kirletici konsantrasyonu (özellikle SO<sub>2</sub> konsantrasyonu) çok yüksek seviyelerde iken doğalgaz kullanımında daha düşük düzeydedir Kocaman 2010, Özer 2013). Jeotermal ısıtma sistemlerinde ise NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> ve CO<sub>2</sub> kirletici salınımları çok düşük seviyelerde olmakla beraber çoğunlukla kirletici salınımı olmamaktadır. Bunun yanı sıra jeotermal ısıtma sistemi hava kirliliğine neden olmamakla beraber diğer enerji sistemleri ile entegre edildiğinde hava kirliliğinin azalmasına katkı sağlamaktadır (Başkı 1993).

## 2.4.2 Ulaşım

Kentlerdeki artan nüfusun etkisine bağlı olarak motorlu taşıt sayısında da artış olmaktadır. Ulaşım, taşımacılık ve gezi gibi çeşitli alanlarda kullanılan bu motorlu taşıtlardan salınan egzoz gazı gibi kirleticiler hem havanın hem de çevrenin kirlenmesine neden olmaktadır. Üstelik motorlu taşıtlardan salınan bu kirleticilerin miktarı yakıt tüketimi ile doğru orantılıdır. Yakıt tüketimi arttıkça havaya salınan kirletici miktarı da (özellikle NO<sub>2</sub> konsantrasyonu) artmaktadır. Buna bağlı olarak bölgenin meteorolojik ve topografik koşullarının da etkisi ile bu durum insan sağlığına zarar verebilecek boyutlara ulaşabilmektedir. Motorlu taşıtların havaya saldıkları kirleticilere ek olarak neden oldukları hareketlilik sonucunda bölgede toz oluşumu artmaktadır. Yine bu durum insan sağlığını etkilemektedir. Tüm bunlara ek olarak motorlu taşıtların rutin bakımlarının aksatılması/yapılmaması, bilinçsiz kullanımı, kötü yakıt kullanımı ve temel fonksiyonlarını sağlıklı şekilde yerine getiremeyecek kadar eskimiş taşıtların halen trafikte kullanılması neden oldukları kirliliği daha da arttırmaktadır (Özdemir 2008, Kök 2018, Karakaş vd. 2019).

Yapılan çalışmalarda özellikle trafik yoğunluğunun arttığı ana cadde, yol kesitleri, kavşak ve karayolları etrafında kirliliğin çok daha yüksek seviyelere ulaştığı sonucuna varılmıştır (Özen 2006, Öztürt 2006, Cudi vd. 2015). Araç sayısındaki artış ve araç artışına yeterli gelmeyen altyapı ve yol kapasitesi nedeniyle açığa çıkan emisyon fazlalıkları hava kalitesini düşürerek, kirliliğe neden olmaktadır (Yürük 2010).

## 2.4.3 Endüstri

Plansız gelişme nedeniyle zamanla şehir içlerinde kalan endüstriyel kuruluşların bacalarından atmosfere salınan kirleticiler hava kirliliğine neden olmaktadır. Endüstrinin geliştiği illerde yaz mevsiminde kükürt dioksit ve uçucu tozların yoğunluk seviyesi diğer illere göre daha yüksektir. Sanayi tesislerinde yürütülen iş ve işlemlerde yakılan yakıtlardan kaynaklı veya eksik yanma sonucu bacalardan çıkan kirleticilerin (kimyasal gaz, toz, duman, metal oksit) yoğunluğuna göre hava kirliliği artış göstermektedir (Kök 2018). Farklı endüstriyel tesislerin bulunduğu veya endüstrinin geliştiği kentlerde hava kirliliğinin araştırıldığı çalışmalarda, özellikle termik

santrallerin ve kömür ocaklarının hava kirliliği üzerinde önemli bir etkisinin olduğu görülmektedir (Kara vd. 2017). Ancak kurulması planlanan endüstriyel tesislerin şehir merkezi dışında, daha kırsal bölgelerde kurulması kirletici yoğunluğunu azaltacaktır (Erdoğan 2012). Şehir merkezinde kurulması gereken işletmenin ise şehrin konumuna göre doğru alanda konumlandırılmış olması ve meteorolojik faktörlerinde etkisinin göz önünde bulundurulması ile işletmeden salınan emisyonların merkeze doğru yayılmaması sağlanmış olacaktır. Sanayi tesislerinin kurulumunda yer seçiminin önemi çok büyüktür (Mutlu 2018).

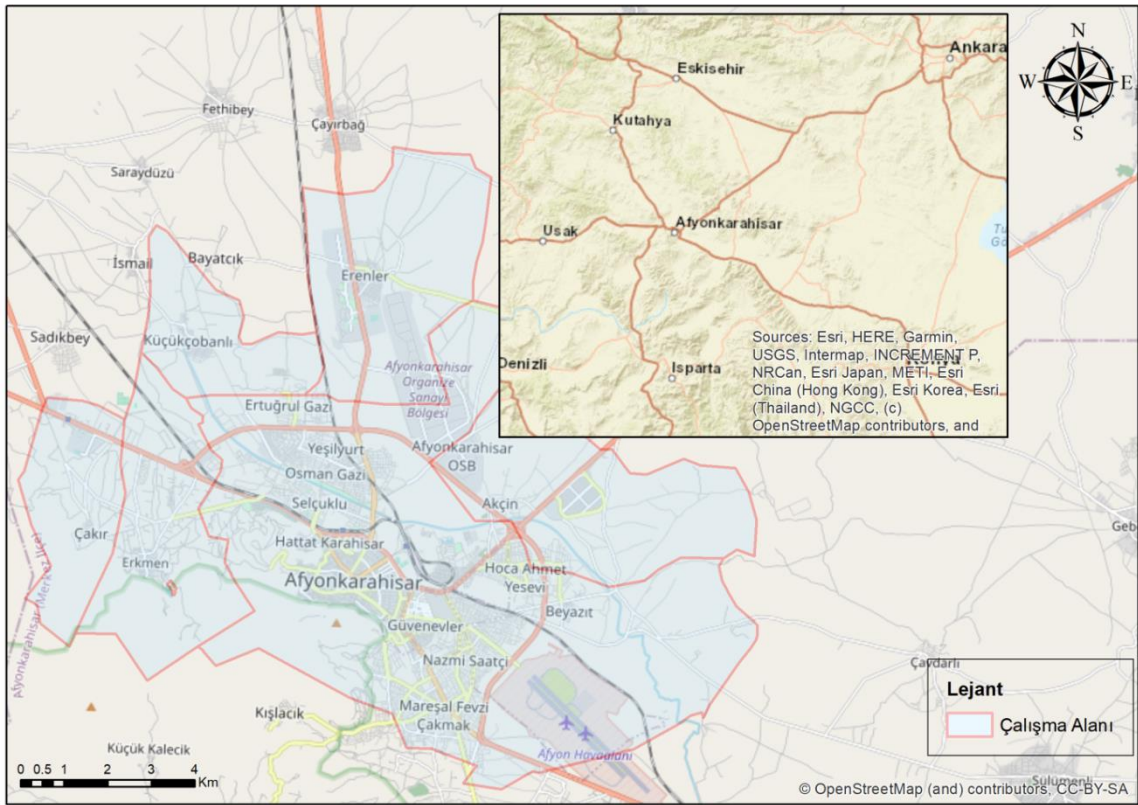
#### **2.4.4 Arazi Kullanım Türü (Yeşil Alan - Açık Alan - Yapı Alanı)**

Kentsel kullanım alanlarında yeşil alanların hava kalitesi üzerine olumlu etkileri bulunmaktadır. Plansız ve çarpık kentleşme ile yapı yoğunluğunun artış gösterdiği kent merkezlerinde çoğunlukla yeterli büyüklükte açık alan ve yeşil alan ayrılmamıştır. Refüjlere dikilen bitki türleri ve mahalle aralarında oluşturulan küçük çaplı parklar anlamlı bir yeşil alanı ifade etmediğinden hava kalitesine etkileri yok denilecek kadar azdır. Şehirlerde yeşil alanların arttırılmasıyla yapı sayısı azalacağından yeşil alanların hava kirliliğinin azaltılmasına katkı sağlayacak nitelikte çoğaltılması gerekmektedir (Koç 2018). Kitle yeşil alanların hava kalitesi üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmalarda kirletici konsantrasyonları yoğun yapılaşma olan alanlarda artarken, orman ve tarım alanlarında azalmaktadır (Koç vd. 2016, Özcan 2016).

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1 Çalışma Alanı

Afyonkarahisar coğrafi açıdan önemli bir konumdadır. Şehir Ege, Akdeniz ve İç Anadolu bölgeleri sınırında olup İstanbul, İzmir, Ankara ve Antalya gibi büyükşehirleri kara ve demiryolu ile birbirine bağlayan bir kavşak noktasıdır. Bu nedenle yoğun araç trafiğine maruz kalmaktadır.



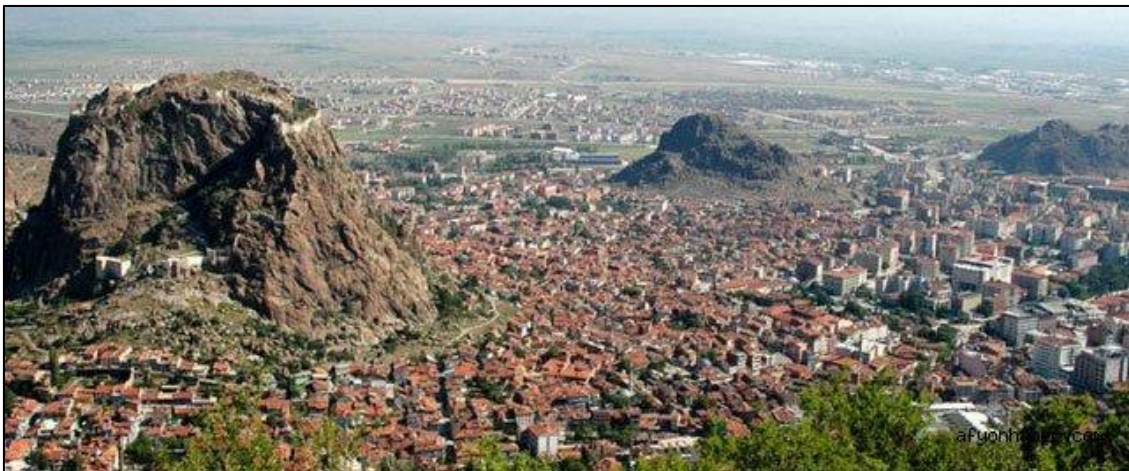
Şekil 3.1 Çalışma Alanı.

Ulaşımı kolay ve birçok şehrin kavşak noktası konumunda olması şehre, Türkiye'nin endüstrisi en hızlı büyüyen şehirlerinden biri olma özelliği kazandırmıştır. Özellikle son 30 yılda tarihi ve kültürel zenginliklerin yanı sıra jeotermal kaynaklı turistik, mermer ve gıda üretimi kaynaklı endüstriyel ve turistik gelişmeler şehri yerli ve yabancı turistlerin ilgi alanı haline getirmiştir. Bunun yanı sıra hayvancılık ve turizm yatırımları da yüksek ivmeye ulaşmıştır. Tüm bu durumlar şehrin nüfus yoğunluğunu artırırken aynı zamanda

kentsel gelişmeyi olumsuz etkilemiş, mahalli hizmet ve ihtiyaçların da artmasına neden olmuştur (THEP 2020).

Afyonkarahisar'ın hava kalitesini olumsuz etkileyen kaynaklar temel olarak ısınma kaynakları (kömür, doğalgaz vb.), şehir içi ve şehirlerarası trafik ve sanayi emisyonları şeklinde ifade edilebilir. Şehirde ağır makine sanayi bulunmamasından dolayı hava kirliliğinde ısınma ve trafik en önemli etkindir. Isınmanın şehrin hava kirliliğindeki etkisi, coğrafi konumu ve topoğrafyasından dolayı şehirde soğuk iklimin hüküm sürmesi, şehir merkezi etrafındaki yükseltiler ve plansız yapılaşmadan kaynaklanan hava sirkülasyonunun düşük olması ile artmaktadır. Trafiğin etkisi ise özellikle yaz döneminde artan şehir içi ve şehirlerarası ulaşımın etkisi ile artmaktadır (THEP 2020).

Bu tez çalışmasında, farklı arazi kullanım türlerinin (konut yoğunluğu farklılıkları, açık alanlar, yeşil alanlar, büyük ve küçük ölçekli organize sanayi alanları) bir arada olması, ısınma türlerinin çeşitliliği (kömür, doğalgaz, jeotermal enerji), ulaşımda çeşitli yol tiplerinin olması, taşıt yoğunluğu ve nüfus yoğunluğunun fazla olması nedeniyle çalışma alanı olarak Afyonkarahisar ili Merkez ilçesi ve yakın çevresi seçilmiştir. Bölgenin topoğrafyası Resim 3.1'de ve çalışma alanındaki farklı arazi kullanım türlerini gösterir örnek alanlar Resim 3.2'de, çalışma alanı içerisinde yer alan mahallelerin ısınma türü yüzdeleri Çizelge 3.1'de sunulmuştur.



**Resim 3.1** Çalışma bölgesinin topoğrafyası.



Resim 3.2 Farklı arazi kullanım türleri.

Çizelge 3.1 Isınma türü yüzdeleri.

Mahalle Adı	Doğalgaz Kullanım Oranı	AFJET Kullanım Oranı	Kömür vd. Yakıt Kullanım Oranı
Selçuklu	44,59	48,05	7,36
Sahipata	50,7	0	49,3
Fatih	63,24	0	36,76
Fakıpaşa	9,28	0	90,72
Hocaahmet Yesevi	83,59	0	16,41
Eşrefpaşa	73,3	0	26,7
Dervişpaşa	9,67	78,66	11,66
Karaman	33,47	66,53	0
İstiklal	89,6	0	10,4
Gazi	85,31	0	14,69
Orhangazi	38,54	0	61,46
Kocatepe	83,6	0	16,4



**Çizelge 3.1 (Devam) Isınma türü yüzdeleri.**

Örnekevler	95,97	0	4,03
Hasan Karaagaç	0	0	100
Beyazıt	71,4	0	28,6
Ertuğrulgazi	0,8	0	99,2
Sadıkbey	0	0	100
Demirçevre	0	0	100
Yunusemre	0	0	100
Aliçetinkaya	5,72	29,24	65,04
Veyselkarani	16,67	0	83,33
Cumhuriyet	89,16	1,19	9,65
M.Fevzi Çakmak	55,55	0	44,45
Burmalı	4,13	1,65	94,21
Hamidiye	2,31	0	97,69
Dumlupınar	12,87	79,79	7,35
Marulcu	68,29	0,92	30,8
Kasımpaşa	31,33	34,85	33,83
Taşpınar	0	0	100
Ali İhsan Paşa	70,53	0	29,47
Zafer	73,51	0	26,49
Akmescit	0,85	0	99,15
Kayadibi	23,38	0	76,62
Mecidiye	5,9	0	94,1
Kanlıca	71,29	0	28,71
Hattatkarahisar	27,12	0	72,88
Yarenler	0	0	100
Battalgazi	1,76	0	98,24
Karşıyaka	1,61	0	98,39
Olucak	0	0	100
Osmangazi	28,18	0	71,82
Tacı Ahmet	0	0	100
Yenice	40,05	0	59,95
Dairecep	3,87	0	96,13
Esentepe	67,94	0	32,06
Sümer	32,36	0	67,64
Nazmisaatçi	69,81	0	30,19
Erenler	0	0	100
Akcin	0,24	0	99,76
Güvenevler	56	0	44
Atakoy	0	0	100
Kışlacık	0	0	100
Çakır	0	0	100
Dört Yol	7,58	0	92,42
İsmail	0	0	100
Bayatcık	0	0	100
Küçükçobanlı	0	0	100

## 3.2 Veriler

Bu çalışmada kirletici türü olarak SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> seçilmiştir. ÇŞB'nin 2015 yılında yapmış olduğu çalışmada farklı istasyon tiplerinin (kırsal, ısınma, sanayi, trafik) yer aldığı noktalardan dört mevsimde belirli periyotlarla yapılan ölçüm sonuçları (kirletici konsantrasyonları) kullanılmıştır. Veriler Afyonkarahisar Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğünden temin edilmiştir.

2015 yılında ÇŞB tarafından yürütülen 'Hava Kalitesi Ön Değerlendirme Çalışması' projesi kapsamında belirli periyotlarda pasif örnekleme yöntemi ile hava kirletici parametrelerinin ölçümü yapılan 36 noktadan çalışma alanı içerisinde kalan 26 noktanın, hava kirletici parametrelerinden olan SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> parametrelerinin ölçüm verileri kullanılmıştır.

Fiziksel veri tabanı oluşturulurken ölçüm noktalarının konum bilgileri ve kirletici parametrelerin konsantrasyon değerlerinin yanı sıra çalışma alanı içerisinde yer alan binalar, binaların taban alanı ve kat sayısı, mevcut arazi kullanım türleri (yeşil alan, açık alan, sanayi alanları), mahalle bazında ısınma türü yüzdeleri ve yol türlerine ilişkin veriler kullanılmıştır. Veri tabanı oluşturmada, sorgulama ve analizlerde ArcGIS yazılımından faydalanılmıştır.

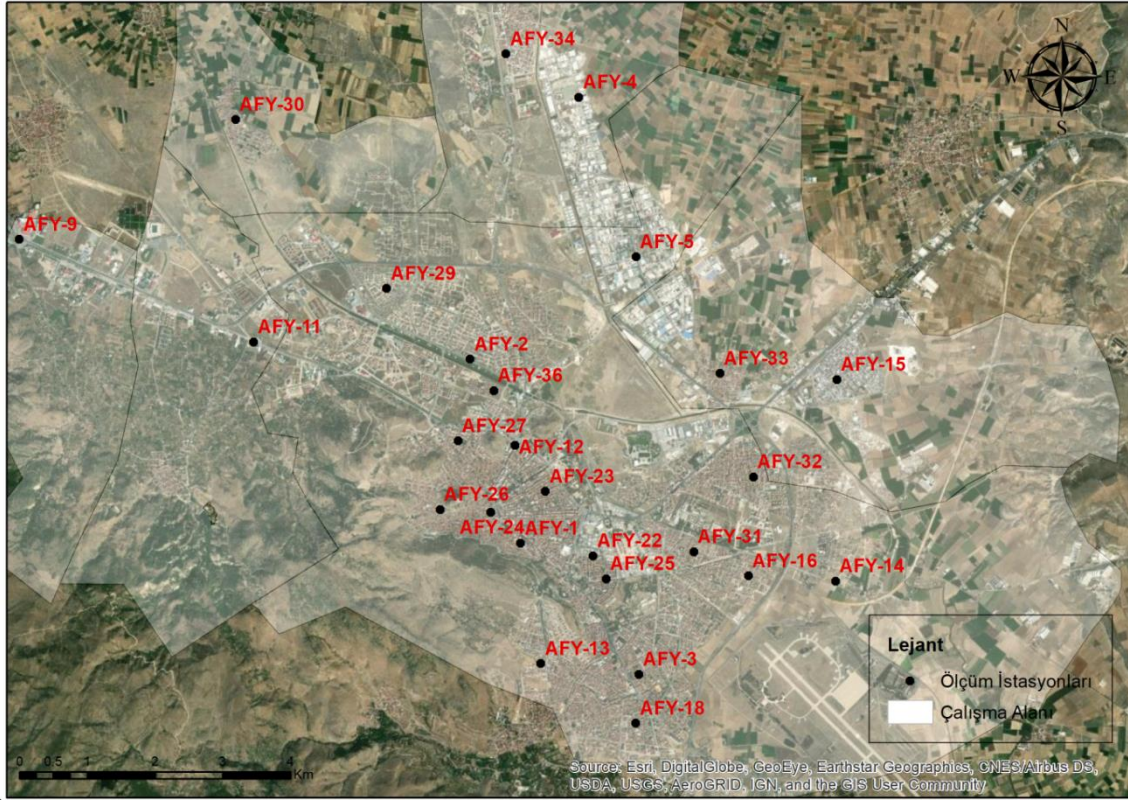
### 3.2.1 Hava Kirliliği Ölçüm Noktaları

Bakanlık tarafından yürütülen projede, yapay hava kirliliği kaynaklarından olan ısınma, sanayi ve ulaşım envanteri kullanılarak farklı istasyon tipleri oluşturulmuştur. Bu istasyonlara göre ölçüm noktalarının konumları belirlenmiştir. Belirlenen ölçüm noktalarından dört mevsimde pasif örnekleme yöntemi ile belirli tarihlerde hava kirletici parametrelerinin konsantrasyonları ölçülmüştür. Kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde yapılan ölçümler birer aylık ortalama veriler şeklinde elde edilmiştir. Bu tez çalışmasında kullanılan ölçüm noktalarına ilişkin bilgiler ve istasyon tipleri Çizelge 3.2'de, ölçüm noktalarının çalışma alanına dağılımı Şekil 3.2'de, ölçüm yapılan tarihler Çizelge 3.3'te ve ölçüm sonuçları Çizelge 3.4'de verilmektedir.

Temin edilen ölçüm noktalarının koordinat değerleri ve SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> parametrelerine ilişkin veriler, CBS ortamına aktarılmıştır. Aktarımı yapılan sözel veriler mekansal niteliklere sahip bir veri olmadığından veride bulunan enlem ve boylam sütunları kullanılarak veri içerisindeki her satır bir nokta verisine dönüştürülmüştür. Koordinat sistemi olarak; European Datum 1950 (ED50) Universal Transvers Mercator (UTM), Dilim Orta Meridyeni ise 36N seçilmiştir.

**Çizelge 3.2** Ölçüm yapılan noktaların istasyon tipleri.

<b>Nokta Adı</b>	<b>Kırsal</b>	<b>Isınma</b>	<b>Sanayi</b>	<b>Trafik</b>
AFY-1		X		X
AFY-2		X		X
AFY-3		X		X
AFY-4			X	X
AFY-5			X	
AFY-9			X	X
AFY-11				X
AFY-12		X		X
AFY-13	X			
AFY-14		X		X
AFY-15		X		X
AFY-16		X		X
AFY-18		X		X
AFY-22		X		X
AFY-23		X		X
AFY-24		X		X
AFY-25			X	
AFY-26		X		X
AFY-27		X		X
AFY-29		X		X
AFY-30		X		X
AFY-31		X		X
AFY-32		X		
AFY-33			X	
AFY-34		X	X	X
AFY-36		X		



Şekil 3.2 Ölçüm noktalarının çalışma alanına dağılımı.

Çizelge 3.3 Proje kapsamında yapılan ölçümlerin tarihi.

Dönem	Periyot	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
Kış Dönemi	1. ölçüm	30.12.2014	13.01.2015
	2. ölçüm	13.01.2015	27.01.2015
İlkbahar Dönemi	1. ölçüm	17.03.2015	31.03.2015
	2. ölçüm	31.03.2015	15.04.2015
Yaz Dönemi	1. ölçüm	21.07.2015	04.08.2015
	2. ölçüm	04.08.2015	18.08.2015
Sonbahar Dönemi	1. ölçüm	02.09.2015	16.09.2015
	2. ölçüm	16.09.2015	01.10.2015

Çizelge 3.4 SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> parametrelerinin ölçüm sonuçları.

Nokta Adı	K_SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	İ_SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Y_SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	S_SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	K_NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	İ_NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Y_NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	S_NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
AFY-1	111,97	36,58	3,87	3,73	43,12	28,12	32,99	35,42
AFY-2	37,55	10,34	2,45	4,65	40,54	29,40	38,69	46,77
AFY-3	58,42	19,99	5,02	7,16	32,71	22,83	21,60	28,34
AFY-4	11,51	6,19	2,08	5,9	19,78	13,47	15,11	18,33
AFY-5	26,92	13,44	9,62	14,65	34,06	22,95	31,30	33,31

**Çizelge 3.4 (Devam) SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> parametrelerinin ölçüm sonuçları.**

AFY-9	12,6	5,28	7,09	9,05	52,02	47,48	111,17	77,85
AFY-11	19,53	4,57	2,63	3,34	35,87	21,17	35,10	28,19
AFY-12	40,24	14,11	2,63	3,88	51,62	34,15	65,67	62,60
AFY-13	36,88	8,8	2,96	3,81	23,71	9,23	13,38	15,58
AFY-14	15	4,2	4,36	5,19	19,47	10,16	18,58	18,22
AFY-15	15,55	6,7	1,78	4,37	23,96	16,91	20,80	24,13
AFY-16	26,37	10,78	2,75	4,84	27,00	15,73	24,43	23,59
AFY-18	31,4	18,77	2,62	3,61	27,13	19,06	23,50	23,75
AFY-22	35,19	19,59	7,31	4,22	40,33	28,32	33,69	38,52
AFY-23	45,54	16,53	3,51	4,28	41,03	23,81	31,26	33,71
AFY-24	110,7	44,6	2,75	4,01	41,65	26,69	36,11	37,35
AFY-25	46,6	16,19	4,34	3,97	41,79	24,61	33,03	33,59
AFY-26	139,68	30,22	10,11	3,82	42,20	27,46	15,87	28,90
AFY-27	124,88	54,61	3,64	3,94	41,10	26,53	23,56	27,78
AFY-29	34,43	10,54	2,37	3,12	33,54	15,73	22,50	27,26
AFY-30	14,86	4,9	1,65	2,79	22,41	10,22	14,57	15,61
AFY-31	39,29	14,09	2,96	8,02	32,62	19,70	23,12	26,42
AFY-32	32,41	10,82	2,58	3,48	38,58	27,38	40,24	38,45
AFY-33	57,67	23,51	2,79	4,49	30,18	17,59	41,84	23,68
AFY-34	47,2	15,03	1,65	3,53	32,66	20,57	21,27	28,43
AFY-36	33,21	10,1	2,57	3,1	37,03	17,81	20,55	24,83

### 3.2.1.1 Pasif Örnekleme Yöntemi

Pasif örnekleme, kimyasal potansiyellerdeki bir farkın bir sonucu olarak, örneklenen ortamdan bir toplama ortamına analit moleküllerinin serbest akışına dayanır (Krupa ve Legge 2000). Bir örnekleme süresi boyunca toplam veya ortalama kirletici konsantrasyonları olarak kümülatif hava kirletici maruziyetlerinin ölçülmesine izin verir. Numune uygun bir kaptan toplandıktan sonra doğrudan yerinde veya laboratuvarında analiz edilir. Pasif örnekleme için kullanılan cihazlar genellikle iyi tanımlanmış bir difüzyon bariyerinden difüzyona veya bir membrandan geçirgenliğe dayanır. Çoğu durumda, pasif örnekleme, örnekleme ve örnek hazırlamayı büyük ölçüde basitleştirir, güç gereksinimlerini ortadan kaldırır ve analiz maliyetlerini önemli ölçüde azaltır. Özellikle zaman ağırlıklı ortalama konsantrasyonların belirlenmesi için uygundur. Kullanılan cihazların kurulumunun basit ve maliyetinin düşük olması, karmaşık ekipmanlara gerek olmaması, güç gereksinimi olmaması, gözetimsiz çalıştırılabilmesi ve doğru sonuçlar üretebilmesi pasif örnekleme yönteminin avantajlarıdır. Dezavantajlarından en önemlisi ise çevresel koşulların (sıcaklık, hava

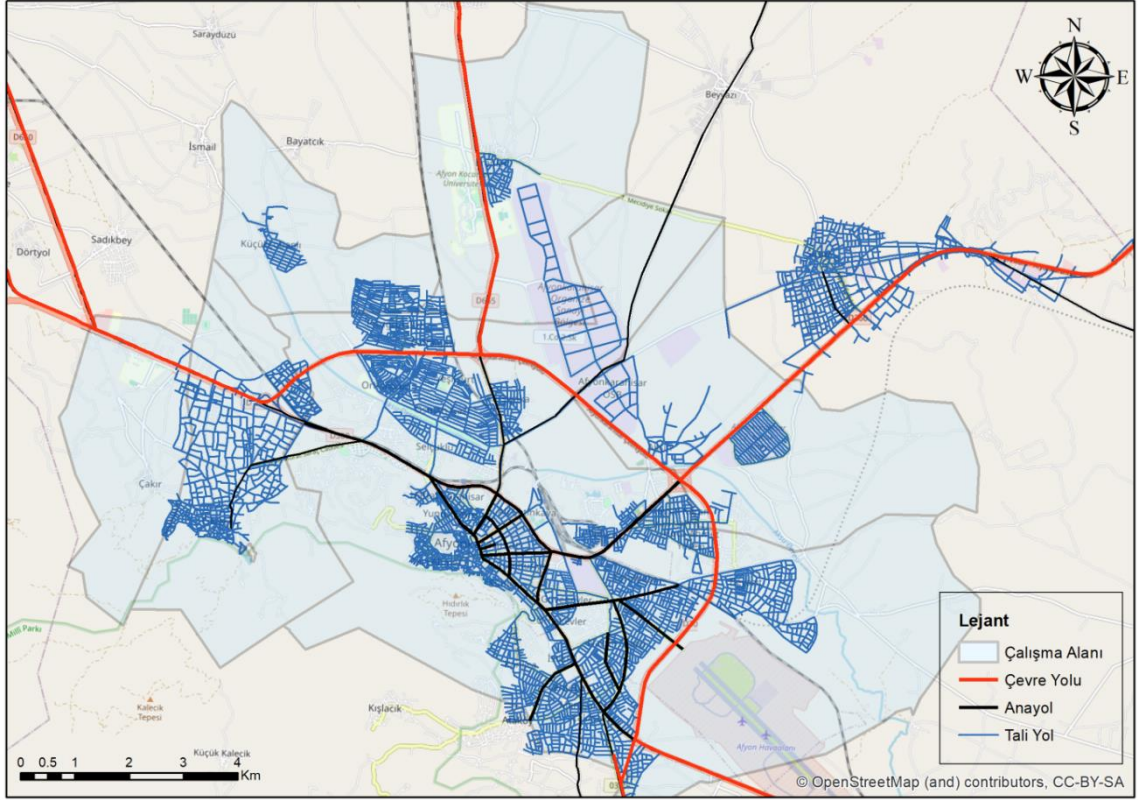
hareketi ve nem gibi) analit alımı üzerindeki olası etkisidir (Krupa ve Legge 2000, Górecki ve Namieśnik 2002). Çalışmada kullanılan örnekleme cihazı ve örnekleycilerin sahadaki dağılımı Resim 3.3'te verilmektedir.



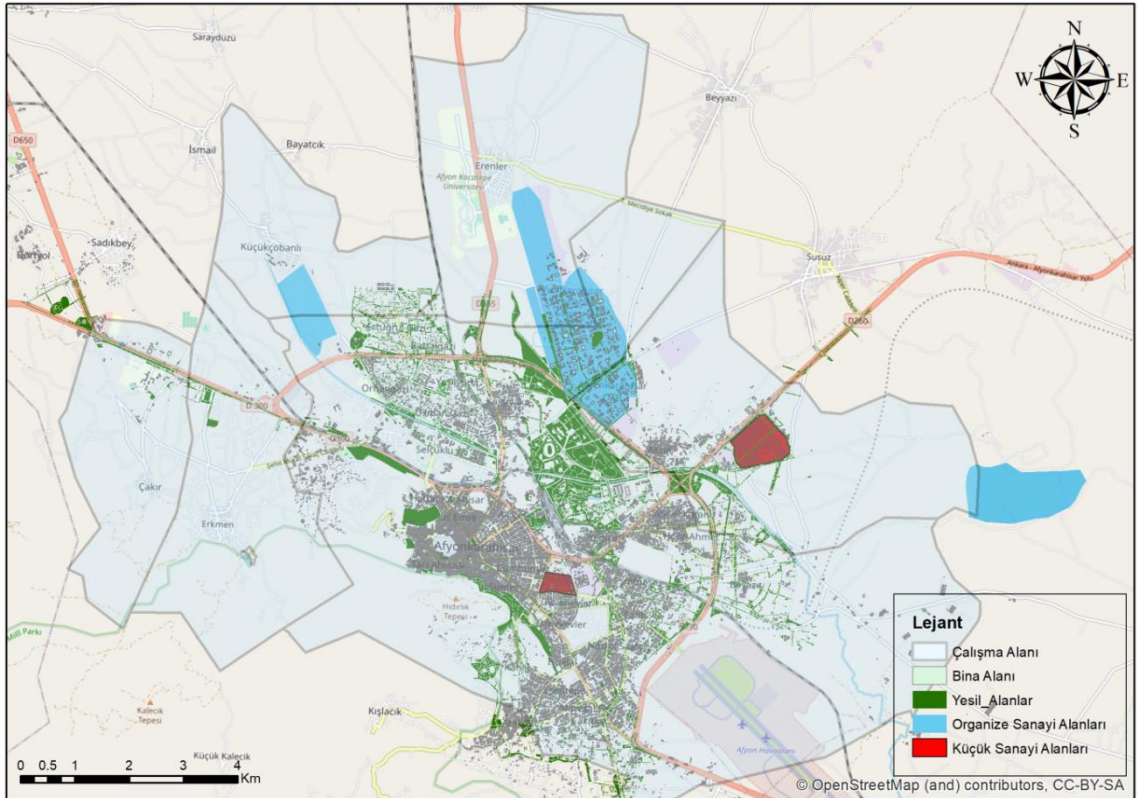
**Resim 3.3** Örnekleyciler ve örnekleycilerin çalışma alanına dağılımı.

### 3.2.2 Mekânsal Parametrelere İlişkin Veri Seti

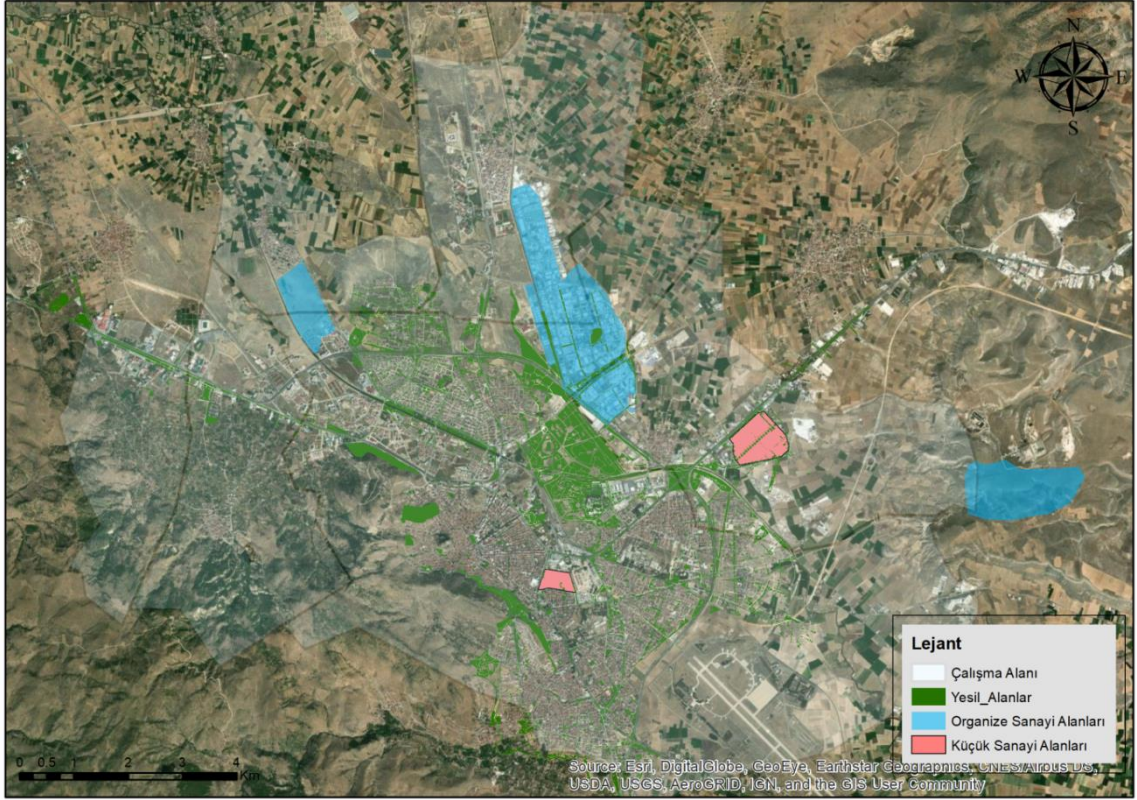
Çalışma alanı içerisinde yer alan mevcut arazi kullanım türleri (konut alanı, bina taban alanı, bina kat sayısı, yeşil alan, açık alan, sanayi alanları, yollar) sayısal ortamda CAD formatında ve mahalle bazında ısınma türü yüzdeleri sözel veri olarak Afyonkarahisar Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğünden temin edilmiştir. Eksik veriler (binaların bir kısmı, küçük sanayi, yol kademeleri) uydu görüntüsü sayısallaştırılarak tamamlanmıştır. Düzenlenen tüm sayısal veriler ve ölçüm noktalarının yer aldığı mahallelerin ısınma türü yüzdelerine ait sözel veriler CBS ortamına aktarılmıştır (Şekil 3.3, Şekil 3.4 ve Şekil 3.5).



Şekil 3.3 Çalışma alanı içerisinde yer alan tali yollar, ana yollar ve çevre yolu.



Şekil 3.4 Çalışma alanı içerisinde yer alan bina ve yeşil alanlar, organize sanayi bölgesi, küçük sanayi.

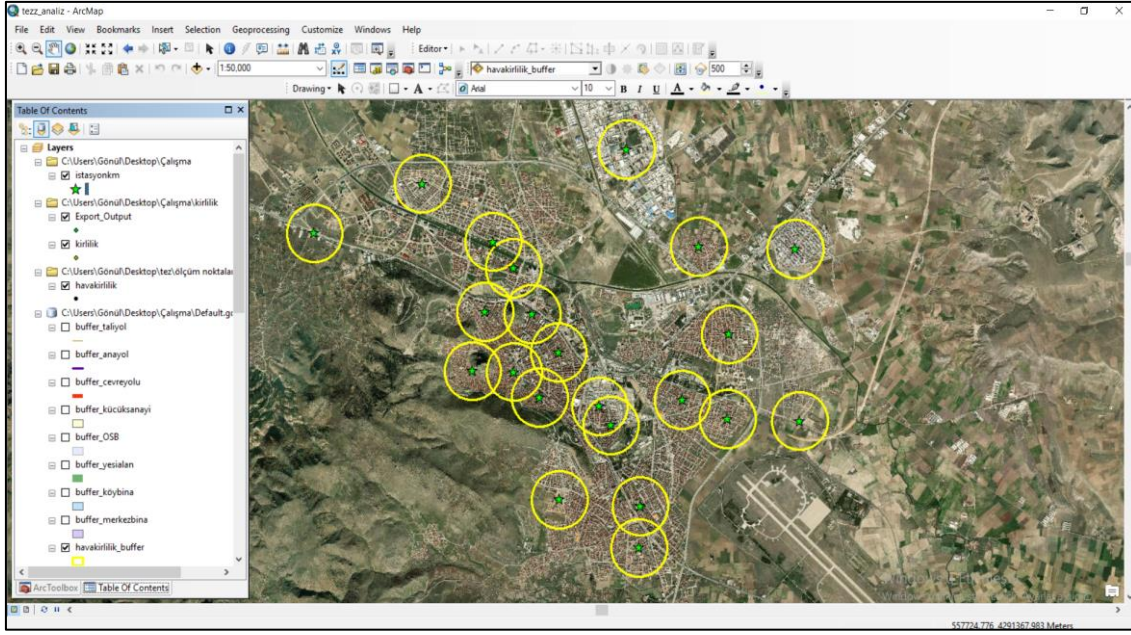


Şekil 3.5 Çalışma alanı içerisinde yer alan yeşil alanlar, OSB, küçük sanayi alanları.

### 3.2.3 Tampon Bölge Analizi

Çalışma alanı içerisinde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış dönemlerinde kirletici seviyelerinin ölçüldüğü istasyonlarda 500 metre çapında tampon bölgeler (buffer zone) oluşturulmuştur (Şekil 3.6). Oluşturulan tampon bölgeler ile diğer veri setlerinin kesişimi yapılarak, her bir tampon bölge için veri tabanları oluşturulmuştur. Oluşturulan veri tabanları içerisinde; her bir tampon bölge için ayrı ayrı olacak şekilde bina taban alanları toplamı, bina kat adetleri toplamı, toplam yeşil alanlar, toplam açık alanlar, toplam sanayi alanları, toplam tali yol uzunlukları, toplam anayol uzunlukları, doğalgaz kullanım yüzdesi, jeotermal enerji kullanım yüzdesi, kömür vd. ısınma türlerinin kullanım yüzdesi değerleri bulunmaktadır.





Şekil 3.6 Oluşturulan tampon bölgeler.

### 3.3 CBS Tabanlı Analizler

Bu tez çalışmasında; Afyonkarahisar'daki hava kirliliğinin mekânsal parametreler ile ilişkisi ve mekânsal bağımlılığı CBS tabanlı mekânsal istatistiksel metotlarla araştırılmıştır. Kirlilik parametrelerinin konsantrasyon düzeyinin ölçüldüğü her bir nokta için 500'er metre çapında alan (buffer) oluşturulmuştur. Alan çapları için veri tabanı oluşturulması adımları buffer başlığı altında ayrı bir çalışma konusu olarak aktarılmıştır. Çalışma kapsamında belirlenen bağımlı ve bağımsız değişkenlerin arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığının ve bağımsız değişkenlerin hava kirliliğine etkisinin belirlenmesinde keşifsel regresyon analizi kullanılmıştır. Kirlilik parametrelerinin mekânsal bağımlılıkları ve artık değer haritalarının oluşturulmasında mekânsal regresyon analizi kullanılmıştır. Global ve lokal mekansal otokorelasyon testleri ile kümelenmelerin olup olmadığı araştırılmıştır. Ayrıca enterpolasyon yöntemlerinden biri olan Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (IDW) yöntemi kullanılarak kirlilik dağılım haritaları oluşturularak kirletici parametrelerinin mekansal bağımlılığı yorumlanmıştır.

Çalışma kapsamında kullanılan bağımlı değişkenler; ÇŞB tarafından belirlenen ölçüm noktalarında kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar dönemlerinde ölçülen kirlilik

parametrelerinden SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> konsantrasyon değerleridir. Bağımsız değişkenler ise belirlenen alan çapı içerisinde yer alan; binaların toplam taban alanı, binaların kat adedi, yeşil alanlar toplamı, açık alanlar toplamı, sanayi alanları toplamı, toplam inşaat alanı, yeşil alan olup olmaması, sanayi alanı olup olmaması, tali yol uzunlukları toplamı, anayol uzunlukları toplamı, toplam yol uzunlukları, doğalgaz kullanım yüzdesi, jeotermal enerji kullanım yüzdesi, kömür vd. yakıtların kullanım yüzdesi şeklinde tanımlanmıştır.

### **3.3.1 Enterpolasyon Analizi**

Enterpolasyon yöntemi, örnek veri noktaları yardımıyla verisi olmayan noktalara ait değerlerin kestirimi olarak tanımlanmaktadır. Enterpolasyon istatistikten görüntü işlemeye kadar çok sayıda disiplinde kullanılmaktadır. Yöntemin temel yaklaşımı birbirine yakın olan verilerin benzer özelliklerde olması varsayımına dayanmaktadır. Başka bir ifade ile birbirine yakın olan veriler uzak olan verilere göre daha benzerdir (İnt. Kyn. 9). Çalışmada enterpolasyon yöntemlerinden biri olan Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (IDW) yöntemi kullanılmıştır.

Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon yönteminde ilgili hücreden uzaklaşan çeşitli noktalar gözetilerek ve mesafedeki artışa bağlı olarak hücre değeri hesaplanır. İlgili örnek veri ilgili hücreden uzaklaştıkça hesaplanacak hücre değeri üzerindeki etkisi azalmaktadır. Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon yönteminde verilerin genel dağılımı, eğilimi, anizotropi ve kümelenmesi gibi özellikler incelenmektedir (Taylan ve Damçayırı 2016).

### **3.3.2 Mekânsal İstatistiksel Analizler**

Bu tez çalışmasında mekansal istatistiksel analizlerin küresel kümelenme yöntemlerinden Global Moran's I analizi ve lokal kümelenme yöntemlerinden Anselin Lokal Moran's I ve Getis Ord Gi\* analizi kullanılmıştır.

### 3.3.2.1 Global Moran's I

Global Moran's I, veri setlerinin konumsal ve öznitelik değerlerinin kümelenmiş mi, dağılık mı yoksa rastgele mi olduğunu değerlendirir. Araç, bu endeksin önemini değerlendirmek için Moran'ın I Endeksi değerini ve hem bir z-puanı hem de p-değerini hesaplar. Z-puanı veya p-değeri istatistiksel önemi gösterdiğinde, pozitif bir Moran I endeksi değeri kümelenmeye yönelik eğilimi gösterirken, negatif bir Moran's I endeksi değeri dağılık eğilimini gösterir. Diğer bir anlatımla veri kümesindeki değerler mekansal olarak kümelenme eğilimindeyse (yüksek değerler diğer yüksek değerlerin yanında kümelenir; düşük değerler diğer düşük değerlerin yakınında kümelenir), Moran's Endeksi pozitif olacaktır. Yüksek değerler diğer yüksek değerleri ittiğinde ve düşük değerlere yakın olma eğiliminde olduğunda, endeks negatif olacaktır. Pozitif ürünler arası değerler negatif ürünler arası değerleri dengelerse, endeks sifıra yakın olacaktır. Pay, varyansla normalleştirilir, böylece endeks değerleri -1.0 ile +1 arasına düşer. Moran's I Endeks değeri aşağıdaki denklem ile hesaplanır (İnt. Kyn. 10).

$$I = \frac{N \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3.1)$$

Denkleme göre; n bölge sayısını,  $x_i$  ve  $x_j$  gözlem yapılan lokasyonları,  $w_{ij}$  bölge i ve bölge j arasındaki mekansal yakınlığı,  $\bar{x}$  ise x ortalama değerini ifade etmektedir. Moran's I endeksinin yanı sıra hesaplanan P değeri olasılığı, Z değeri standart sapmayı göstermektedir. P olasılık değeri ile z değeri arasındaki ilişki Çizelge 3.5'te verilmektedir.

**Çizelge 3.5** P değeri ve Z değeri arasındaki ilişki.

<b>Z- Değeri</b>	<b>P Olasılık Değeri</b>	<b>Güven Seviyesi</b>
<-1.65 veya> +1.65	<0.10	% 90
<-1.96 veya> +1.96	<0.05	% 95
<-2.58 veya> +2.58	<0.01	% 99

### 3.3.2.2 Anselin Lokal Moran's I

Global Moran's I analizinde kümelenme ve yayılımının olup olmadığı sorgulanırken, Lokal Moran's I analizinde kümelenmelerin meydana geldiği bölgeler ve anlamlı bir kümelenme olmayan bölgeler tanımlanır (Zhang vd. 2008) Tanımlanan kümelenmeler; yüksek-yüksek kümelenme, yüksek-düşük kümelenme, düşük-yüksek kümelenme ve düşük-düşük kümelenme şeklindedir. Analiz yapılırken Moran's I değeri, bir z-puanı, bir p-değeri ve istatistiksel olarak önemli her özellik için küme türünü temsil eden bir kod hesaplanır. Z ve p-değerleri, hesaplanan indeks değerlerinin istatistiksel önemini temsil eder. Lokal Moran's I Endeks değeri aşağıdaki denklem ile hesaplanır (İnt. Kyn. 11).

$$I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S_i^2} \sum_{j=1, i \neq j}^n w_{ij} (x_j - \bar{x}) \quad (3.2)$$

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1, i \neq j}^n w_{ij}}{N-1} \quad (3.3)$$

Denkleme göre; n nokta sayısını,  $x_i$  ve  $x_j$  nokta değerlerini,  $w_{ij}$  bölge i ve bölge j arasındaki mekansal yakınlığı,  $\bar{x}$  ise örnek noktalarının ortalama değerini ifade etmektedir.

### 3.3.2.3 Getis Ord $G_i^*$

İstatistiksel olarak anlamlı yüksek değerler (sıcak noktalar) ve düşük değerler (soğuk noktalar) içeren mekansal kümeleri tanımlar. Veri kümesindeki her özellik için  $G_i^*$  istatistiği ve z skorları ve p değerleri hesaplar. Z ve p değerleri yüksek veya düşük değerli özelliklerin uzamsal olarak nerede kümelendiğini söyler. İstatistiksel olarak anlamlı pozitif z-puanları için, z-puanı ne kadar büyükse, yüksek değerlerin kümelenmesi o kadar yoğun olur (sıcak nokta). İstatistiksel olarak anlamlı negatif z-puanları için, z-puanı ne kadar küçükse, düşük değerlerin kümelenmesi o kadar yoğun olur (soğuk nokta). Küme türünü temsil eden 7 farklı kod hesaplanır. Bu kodlar: %90 güven aralığında Soğuk Noktalar, %95 güven aralığında Soğuk Noktalar, %99 güven

aralığında Soğuk Noktalar, %90 güven aralığında Sıcak Noktalar, %95 güven aralığında Sıcak Noktalar, %99 güven aralığında Sıcak Noktalar ve istatistiksel olarak anlamsız noktalar.  $G_i^*$  istatistiği değeri aşağıdaki denklem ile hesaplanır (İnt. Kyn. 12).

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{i,j})^2}{n-1}}} \quad (3.4)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} \quad (3.5)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2} \quad (3.6)$$

Denkleme göre;  $w_{ij}$ - i ve j elemanları arasındaki ağırlık matrisini,  $x_j$ - j özelliğinin değerini, n toplam özellik sayısını ifade etmektedir.

### 3.3.3 Regresyon Analizi

#### 3.3.3.1 Keşifsel Regresyon (Exploratory Regression)

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde hava kirliliğini birçok bağımsız değişkenin etkilediği görülmüştür. Bu değişkenlerin bir araya gelerek oluşturacakları kombinasyonların kirliliğe etkilerini ölçmek oldukça zordur. Keşifsel Regresyon; bağımsız değişkenlerin (açıklayıcı değişken) tüm kombinasyonlarını değerlendirerek, bağımlı değişkenlerdeki tüm değişimi en iyi açıklayacak En Küçük Kareler (OLS) regresyon modellerinin bulunmasına yardımcı olur (İnt. Kyn. 13). Model katsayılarının p ve VIF değerleri, düzeltilmiş  $R^2$  değeri, Jarque-Bera p değeri ve mekansal otokorelasyon p değeri için minimum ve maksimum değerler belirlenir. Sonuç olarak 1'e en yakın düzeltilmiş  $R^2$  değerleri oluşan modeller kullanılabilir (Baguio 2018, Feng ve Tong 2017, Fox-Christensen 2018, Kaya 2020).

### 3.3.3.2 Mekansal Regresyon (Spatial Regression)

Birbiri ile ilişkili birden fazla değişkenin aralarındaki mekansal ilişkileri modellemek ve tahminlerde bulunmak için regresyon analizleri kullanılabilir. Örneğin hava kalitesi ölçüm istasyonu bulunmayan bölgelerde regresyon analizi kullanılarak hava kalitesi tahminleri yapılabilir. Regresyon analizlerinde amaç, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenleri etkileme derecesini belirlemektir (İnt. Kyn. 14). Çalışmada bağımlı değişken olan kirlilik parametrelerinin bağımsız değişkenler ile olan ilişkisini modellemek ve tahminlerde bulunmak için mekansal regresyon analizlerinden olan En Küçük Kareler (EKK) yöntemi kullanılmıştır.

EKK Regresyon Analizi; küresel bir model olmakla beraber veri değişkenleri arasındaki ilişkileri modellemek için kullanılır. Modellemeye çalışılan bağımlı değişken ile açıklayıcı değişkenlerin her biri arasındaki ilişkiyi temsil etmek için tek bir denklem oluşturulur (Scott ve Janikas 2010). Bağımlı değişkenlerin ölçülen değerleri ile tahmin edilen değerleri arasındaki fark analizden kaynaklanan artıklardır. Artık değerler incelenerek modelin anlamlılığı kontrol edilir. Bu değer ne kadar küçük ise model o kadar anlamlıdır (Arslanlı 2012, Özcan 2016). OLS modeli için kullanılan denklem aşağıda belirtilmiştir (Kupfer ve Farris 2007).

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \dots \beta_n * X_n + \varepsilon \quad (3.7)$$

$Y$  = Bağımlı (Açıklanan, Gözlemlenen) Değişken

$X$  = Bağımsız (Açıklayıcı) Değişkenler

$\beta$  = Regresyon Katsayıları (Açıklayıcı değişkenin bağımlı değişkenle olan ilişkisinin gücünü ve türünü temsil eden, her bir açıklayıcı değişken için bir tane olan değerlerdir.)

$\varepsilon$  = Hata Terimi

### 3.3.3.3 İstatistiksel Testler

#### **Olasılık Değerleri (P ve Robust\_P)**

Modelde yer alan açıklayıcı değişkenler için oluşan kat sayılar, açıklayıcı değişkenin bağımlı değişkenle olan ilişkisinin pozitif veya negatif olup olmadığını ve gücünü gösterir. Katsayı ile ilişkili işaret negatif olduğunda ilişki negatif, işaret pozitif olduğunda ilişki pozitifdir. Katsayı, ilgili açıklayıcı değişkendeki her 1 birimlik değişiklik için bağımlı değişkendeki beklenen değişimini yansıtır. P ve Robust\_P değerleri, açıklayıcı bir değişkenin katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını değerlendirmek için kullanılır. Koenker (BP) istatistiği anlamlı ise; açıklayıcı değişken istatistiksel anlamlılığını değerlendirmek için Robust\_P değerine bakılır. İstatistiksel olarak anlamlı olasılıkların yanında bir yıldız işareti (\*) vardır. P ve Robust\_P olasılık değerlerinin anlamlı olduğu bağımsız değişkenler kullanılır (İnt. Kyn. 14).

#### **Belirlilik Katsayısı (Çoklu R<sup>2</sup> ve Düzeltilmiş R<sup>2</sup>)**

Çoklu R<sup>2</sup> ve ayarlanmış R<sup>2</sup>, model performansını ölçmek için regresyon denkleminde türetilen istatistiklerdir. Olası değerler 0 ile 1,0 arasındadır. Düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri, her zaman Çoklu R<sup>2</sup> değerinden biraz daha düşüktür. Çünkü Düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri verilerle ilişkili olduğu için model karmaşıklığını (değişken sayısını) yansıtır. Sonuç olarak model performansının daha doğru bir ölçüsüdür. Modele açıklayıcı bir değişken eklemek Çoklu R<sup>2</sup> değerini artırabileceği gibi Düzeltilmiş R<sup>2</sup> değerini de düşürebilir. R<sup>2</sup> değerleri arasındaki fark az ise açıklayıcı sayısının yeterli olduğu, fark fazla ise modele anlamsız değişkenlerin dahil edildiği anlamına gelmektedir (Şahinler 2000).

#### **Varyans Şişirme Faktörü (Variance Inflation Factor)**

Varyans Şişirme Faktörü (VIF) açıklayıcı değişkenler arasındaki fazlalığı ölçer. 7,5'ten büyük VIF değerleriyle ilişkili açıklayıcı değişkenler, regresyon modelinden tek tek çıkarılmalıdır (Khosravi vd. 2017).

## **Düzeltilmiş Akaike Bilgi Kriteri (Adjusted Akaike Information Criteria)**

İstenilen model oluşturulana kadar farklı açıklayıcı değişkenler kullanılarak birçok model belirlenebilir. Düzeltilmiş Akaike Bilgi Kriteri (AICc), farklı modelleri kıyaslamak için bakılması gereken bir değerdir. Daha küçük AICc değerine sahip model, daha iyi modeldir (Kupfer ve Farris 2007).

## **Joint-F ve Joint-Wald İstatistiği**

Regresyon modelinin genel istatistiksel öneminin değerlendirildiği ölçülerdir. Modelin öneminin belirlenmesinde Koenker (BP) istatistiğine de bakılır. Koenker (BP) istatistiği anlamsız ise Joint-F İstatistiğine, anlamlı ise Joint-Wald istatistiğine bakılmalıdır (Wei vd. 2016, Nyangueso vd. 2018). Modelin istatistiksel olarak anlamlı olabilmesi için p olasılık değeri (%95 güven düzeyi için) 0.05'ten az olmalıdır (Majid vd. 2018).

## **Koenker (BP) İstatistiği**

Koenker (BP) İstatistiği, coğrafi ve veri alanında bulunan bağımlı değişkenlerin her ikisi ile modeldeki bağımsız değişkenlerin arasındaki ilişkinin tutarlı olup olmadığını belirlemede kullanılmaktadır. Bu modelde mekansal süreçler bağımsız değişkenler tarafından temsil edilmektedir. Modelin coğrafi alanda tutarlı olması durumunda bu mekansal süreçler çalışma alanının her yerinde aynı davranır, yani süreç durağan olur. Modelin veri uzayında tutarlı olması durumunda ise modeldeki her bir bağımsız değişken ile kestirilen değerler arasındaki ilişkiyi tanımlayan varyasyon değeri bağımsız değişken büyüklüğündeki değişimler için sabit kalır. Bir diğer ifade ile modelde herhangi bir varyans bulunmaz. Koenker istatistiğinde güven düzeyinin %95 olduğu bir senaryo için p (olasılık) değeri %5'ten küçüktür. Bu durum istatistiksel olarak anlamlı bir değişkenlik ya da durağanlığın olmadığını gösterir (İnt. Kyn. 14).



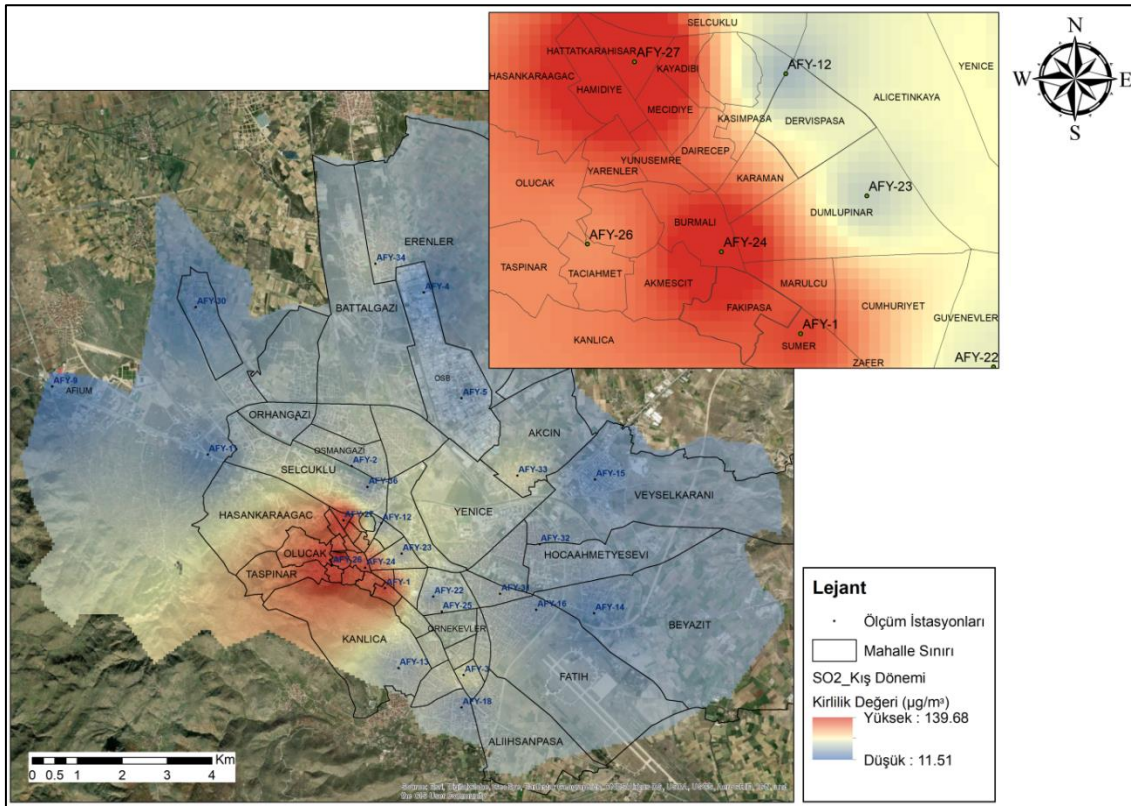
## Jarque-Bera İstatistiği

Jarque-Bera testi bir veri setinin normal dağılım sergileyip sergilemediğini test etmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem En Küçük Kareler metodu (EKK) artıkları prensibine dayanmaktadır. Jarque-Bera testiyle hesaplanan artıkların basıklık ve arpıklık değerlerinin, Chi-Square ( $\chi^2$ ) yöntemi ile hesaplanan değerler ile karđılařtırır (Dizdarlar 2006). Sonrasında ise normal dağılım varsayımının geçerliliği tespit edilir. 0.05'ten büyük bir p (olasılık) değer (95 güven düzeyi) artıkların normal dağılım özelliğinde olduğunu gösterirken tersi durum ise artıklar için normal dağılım özelliğinin geçerli olmadığını ifade eder (Sopacı 2013).

## 4. BULGULAR

### 4.1 Hava Kirliliğinin Mekânsal Dağılımı

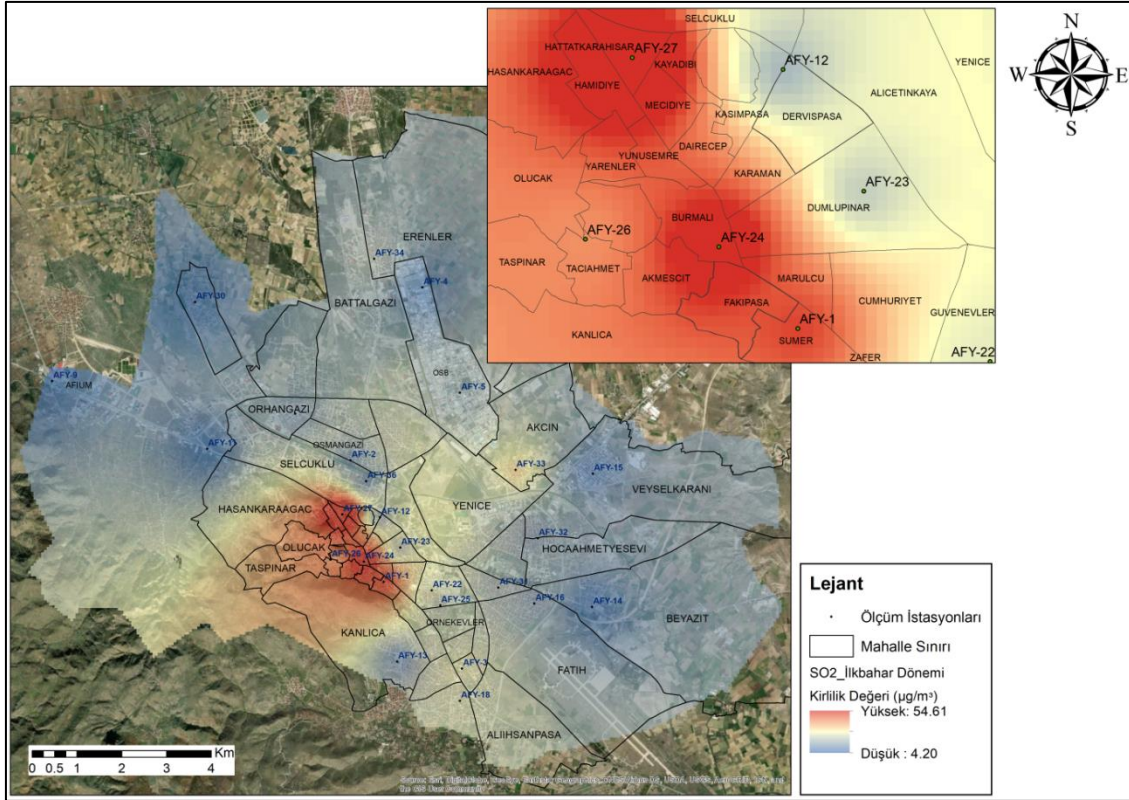
SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> kirlilik parametrelerinin kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar dönemlerinde ölçülen kirletici değerleri kullanılarak, her iki parametrenin tüm mevsimlerde oluşan kirlilik dağılım haritaları Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur.



Şekil 4.1 SO<sub>2</sub> parametresi için kış dönemi (30.12.2014- 27.01.2015) kirlilik dağılım haritası.

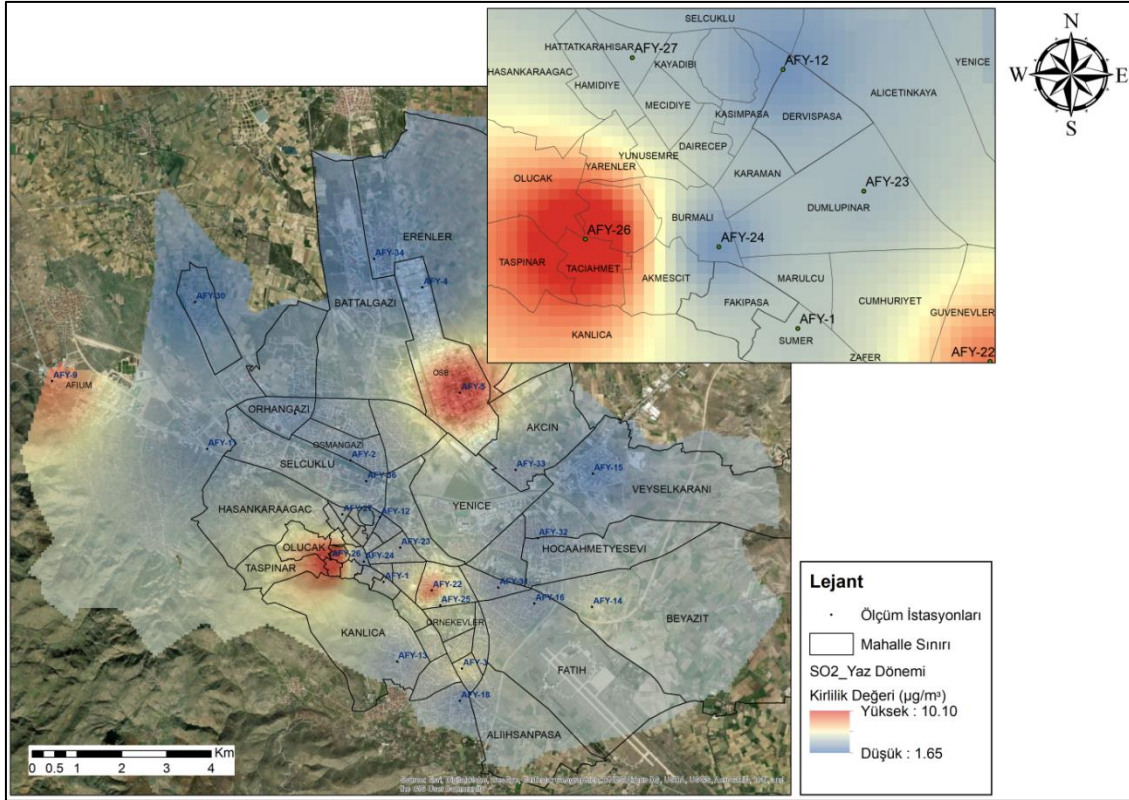
Kış döneminde yapılan SO<sub>2</sub> ölçümlerinden elde edilen sonuçlara göre; çalışma alanının güney batısında yer alan kale ve çevresindeki mahallelerde kirlilik düzeyinin yüksek, diğer bölgelerde ise daha düşük olduğu görülmüştür (Şekil 4.1). Kirliliğin en yüksek olduğu AFY-26, AFY-27, AFY-1 ve AFY-24 ölçüm noktalarının bulunduğu bölgelerde kirlilik değerleri sırasıyla 139.68, 124.88, 111.97 ve 110.7 µg/m<sup>3</sup> seviyelerinde iken diğer bölgelerde 11.51 – 58.42 µg/m<sup>3</sup> arasındadır. Kirliliğin en yüksek olduğu mahalleler Hattatkarahisar, Kayadibi, Mecidiye, Hamidiye, Yunus Emre, Dairecep,

Yarenler, Burmalı, Hasankaraağaç, Olucak, Taşpınar, Kanlıca, Tacı Ahmet, Akmescit, Fakıpaşa, Marulcu ve Sümer'dir. Afyonkarahisar'ın ilk yerleşim yerleri olan bu mahallelerde kirliliğin sebebi olarak konut sayısı ve plansız yapılaşmanın yoğun olması ile yakıt olarak kömür kullanım yüzdesinin yüksek (~%80) seviyelerinde olması değerlendirilmiştir. Kömür kullanım oranının %100 olduğu Olucak, Taşpınar, Tacı Ahmet ve Yarenler mahallelerinde ise kirlilik tüm mahalleler içerisinde en yüksek seviyededir. Haritada bölgesel sarı alanların olduğu yani kirlilik oranının çevresindeki mahallelere oranla daha yüksek olduğu Akcin, Erenler ve Battalgazi mahallelerine bakıldığında ise yine evsel ısınmada kömür kullanım yüzdesinin yaklaşık %99 seviyelerinde olması fosil yakıt kullanımının hava kirliliğe etkisinin önemini göstermektedir. Kirliliğin yoğun olduğu yukarıda adı geçen mahallelerin şehir merkezi olması nedeniyle taşıt yoğunluğunun gün içerisinde artış göstermesi yine kirliliğe neden olan faktörlerden biri olarak değerlendirilmiştir. Akcin mahallesindeki kirlilik seviyesinin yüksek olmasında bu mahallenin çevre yolunun bitişiğinde olması ve yakın çevresinde çok sayıda işletmenin bulunmasının etkisi olduğu değerlendirilmektedir. Selçuklu Mahallesi gibi bina yoğunluğunun azaldığı, jeotermal enerji veya doğalgaz kullanımının arttığı bölgelerde kirlletici konsantrasyonunun düşük olduğu görülmektedir.



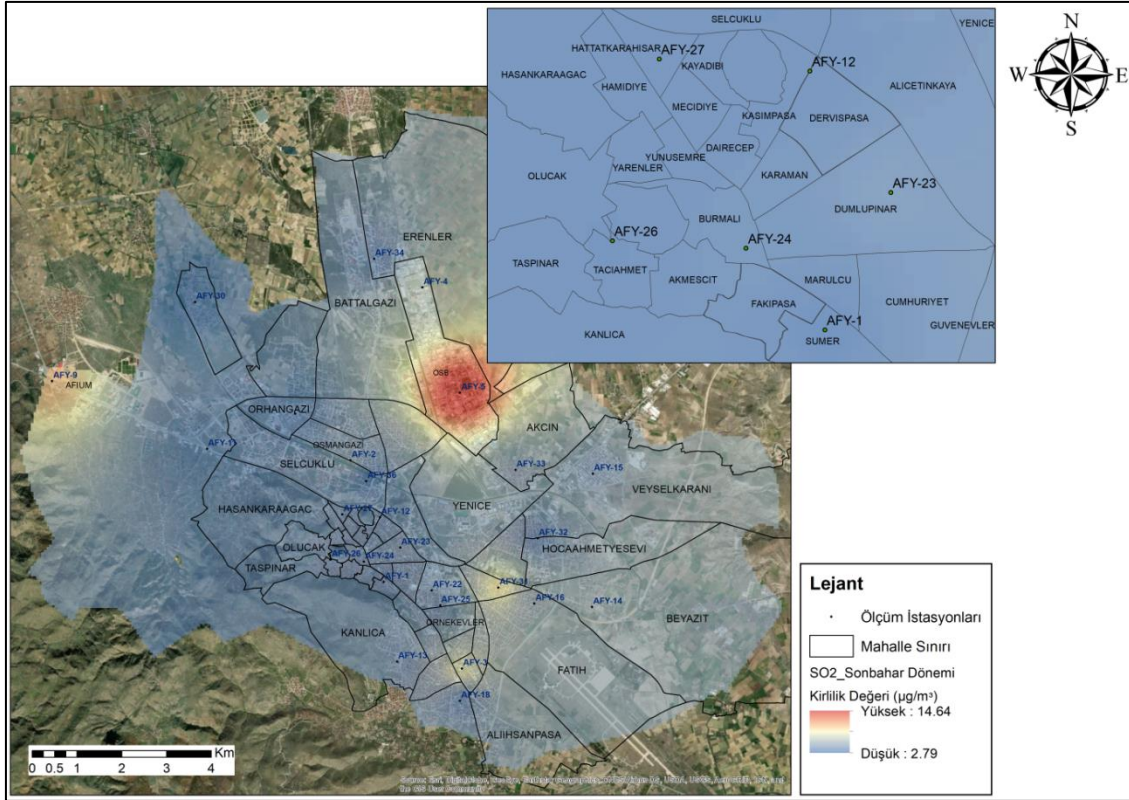
**Şekil 4.2** SO<sub>2</sub> parametresi için ilkbahar dönemi (17.03.2015 – 15.04.2015) kirlilik dağılım haritası.

Şekil 4.2 incelendiğinde kirliliğin kış dönemindeki ile aynı bölgelerde yoğunlaşmasına karşın rakamsal olarak önemli ölçüde düştüğü görülmektedir. Kirlilik değerleri incelendiğinde AFY-26, AFY-27, AFY-1 ve AFY-24 ölçüm noktaları için sırasıyla 54.61, 44.6, 36.58 ve 30.22 µg/m<sup>3</sup> olduğu görülmektedir. Kirlilik seviyesi diğer bölgelerde ise 4.2- 23.51 µg/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) verilerine göre Afyonkarahisar'da ilkbahar dönemi kirlilik ölçümlerinin yapıldığı Mart ve Nisan aylarının sıcaklık ortalamaları sırasıyla 5.2 ve 10.3 c<sup>o</sup>'dir (İnt. Kyn. 15). Buna bağlı olarak bu aylarda soğuk iklim koşullarının etkisiyle bölgede yakıt kullanımı devam etmektedir. Kirlilik oranının en yüksek olduğu mahallelerden Hattatkarahisar, Kayadibi, Hamidiye ve Mecidiye mahallelerinde yakıt olarak kömür kullanım oranı yaklaşık %85, Burmalı, Akmescit ve Fakıpaşa mahallelerinde ise oran yaklaşık %95 dir.



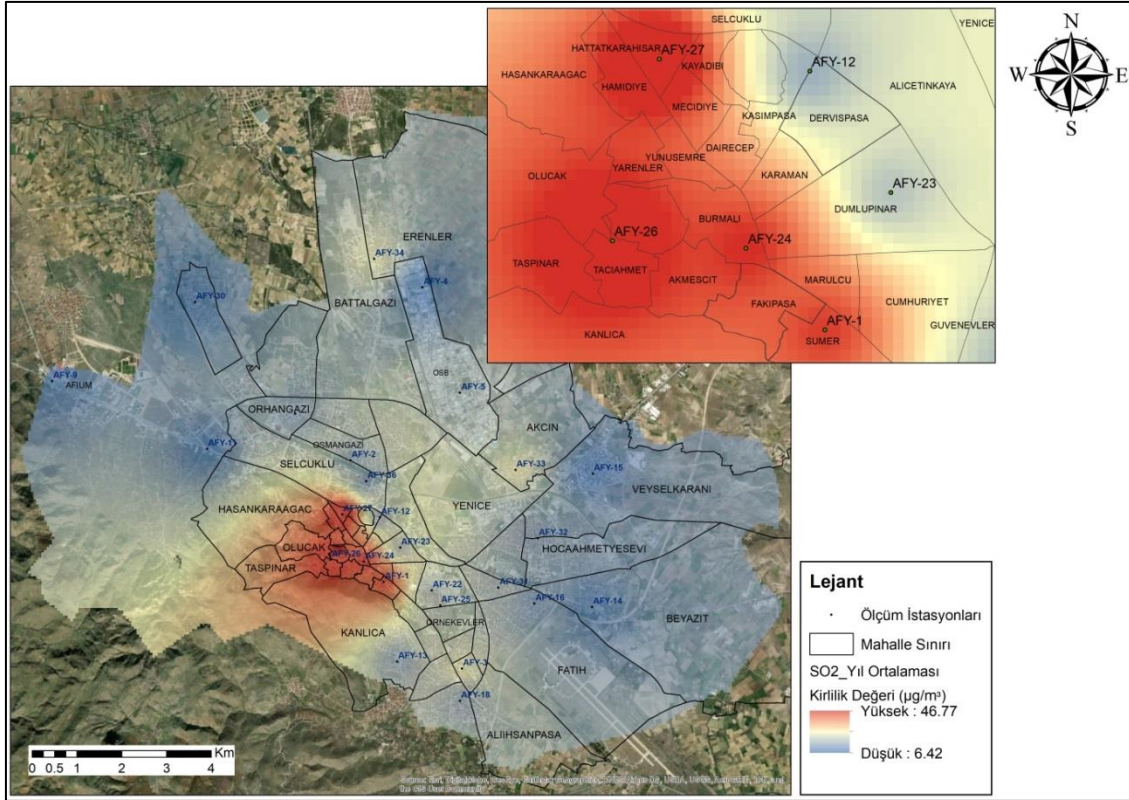
Şekil 4.3 SO<sub>2</sub> parametresi için yaz dönemi (21.07.2015 – 18.08.2015) kirlilik dağılım haritası.

Şekil 4.3 incelendiğinde SO<sub>2</sub> kirlilik konsantrasyon değerlerinin yaz döneminde önemli ölçüde azalarak tüm mevsimler arasında hem alt ve hem de üst sınır için en düşük seviyede (1.65-10.10 µg/m<sup>3</sup>) olduğu görülmektedir. Yaz döneminde önceki mevsimlerde de yüksek kirliliğe sahip olan AFY-26 istasyonu ve çevresinde kirlilik düzeyi 10.10 µg/m<sup>3</sup> ile en yüksek seviyededir. Bu bölgede incelendiğinde konutların yanı sıra çok sayıda işletme bulunması ve bu bölgenin çarşı merkezi olmasından dolayı yoğun araç trafiğine sahip olduğu görülmektedir. Bu durumun bölgenin kirlilik seviyesini arttırdığı değerlendirilmektedir. Bir diğer dikkat çeken nokta ise kirliliğin yaz döneminde diğer mevsimlerdekilere göre farklı bölgelerde yoğunlaşmış olmasıdır. Kirliliğin yoğunlaştığı AFY-5, AFY-9 ve AFY-22 ölçüm noktalarının olduğu bölgeler incelendiğinde bu bölgelerde organize sanayi bölgesi ve 1. küçük sanayi ile Park Afyon, Afium ve Özdilek alışveriş merkezleri ile dinlenme tesislerinin yer aldığı görülmektedir. Bu bölgelerin yaz döneminde yine hem yaya hem de araç trafiği açısından yoğun olması ve buna bağlı olarak işletmelerin daha aktif çalışıyor olması bu durumun sebeplerinden biri olarak değerlendirilmektedir.



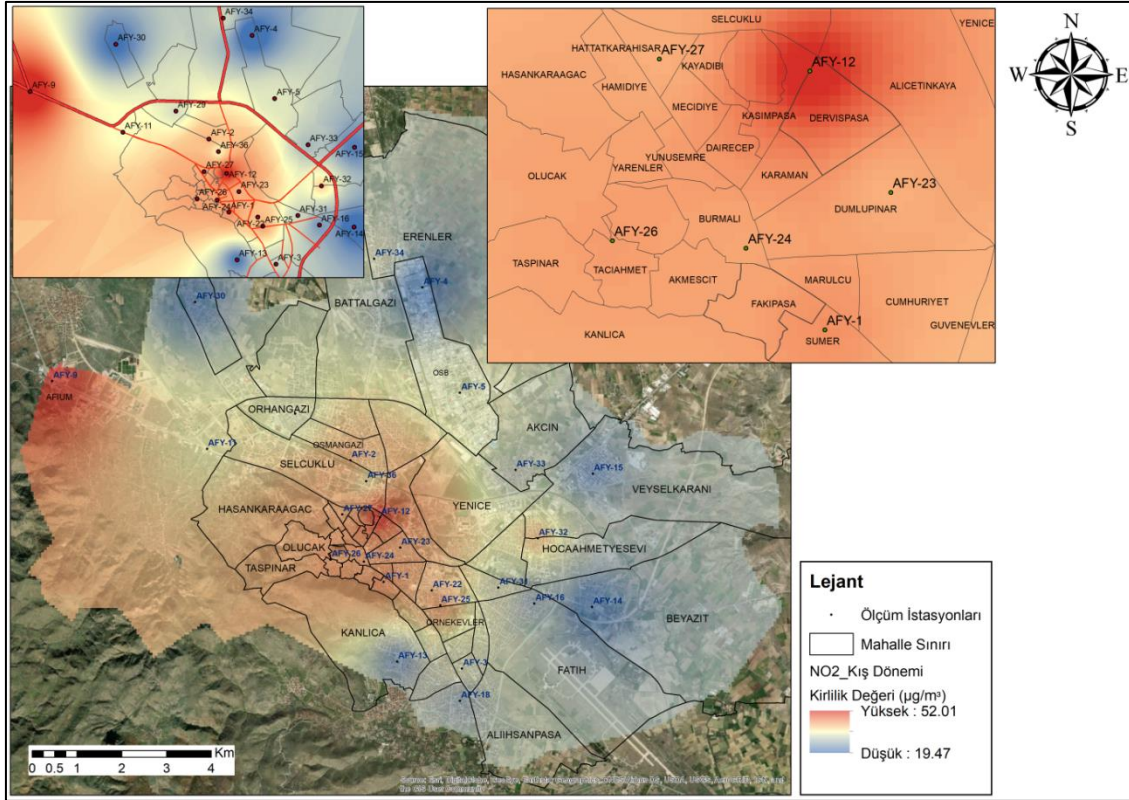
**Şekil 4.4** SO<sub>2</sub> parametresi için sonbahar dönemi (02.09.2015 – 01.10.2015) kirlilik dağılım haritası.

Şekil 4.4 incelendiğinde SO<sub>2</sub> kirlilik konsantrasyon değerlerinin yaz dönemine yakın seviyede (2.79-14.64 µg/m<sup>3</sup>) olduğu görülmektedir. Sonbahar dönemi en yüksek kirlilik değerine sahip olan AFY-5 istasyonu (14.64 µg/m<sup>3</sup>) organize sanayi bölgesinde yer almaktadır. Bu bölgede endüstriyel üretim yapan tesislerin diğer bölgelere göre fazla olmasının kirlilik seviyesini arttırdığı değerlendirilmektedir. Kirlilik seviyesinin yüksek olduğu diğer nokta ise AFY-9 noktasıdır. AFY-9 ölçüm noktası, şehirlerarası yol güzergahına, Afium ve Özdilek alışveriş merkezlerine ve yolcu otobüslerinin duraklama noktası olan dinlenme tesislerine yakın olması nedeniyle taşıt yoğunluğunun yüksek olduğu bölgede yer almaktadır. Bu durumun kirletici yoğunluğunu arttırdığı değerlendirilmektedir.



Şekil 4.5 SO<sub>2</sub> parametresi için yıl ortalaması kirlilik dağılım haritası.

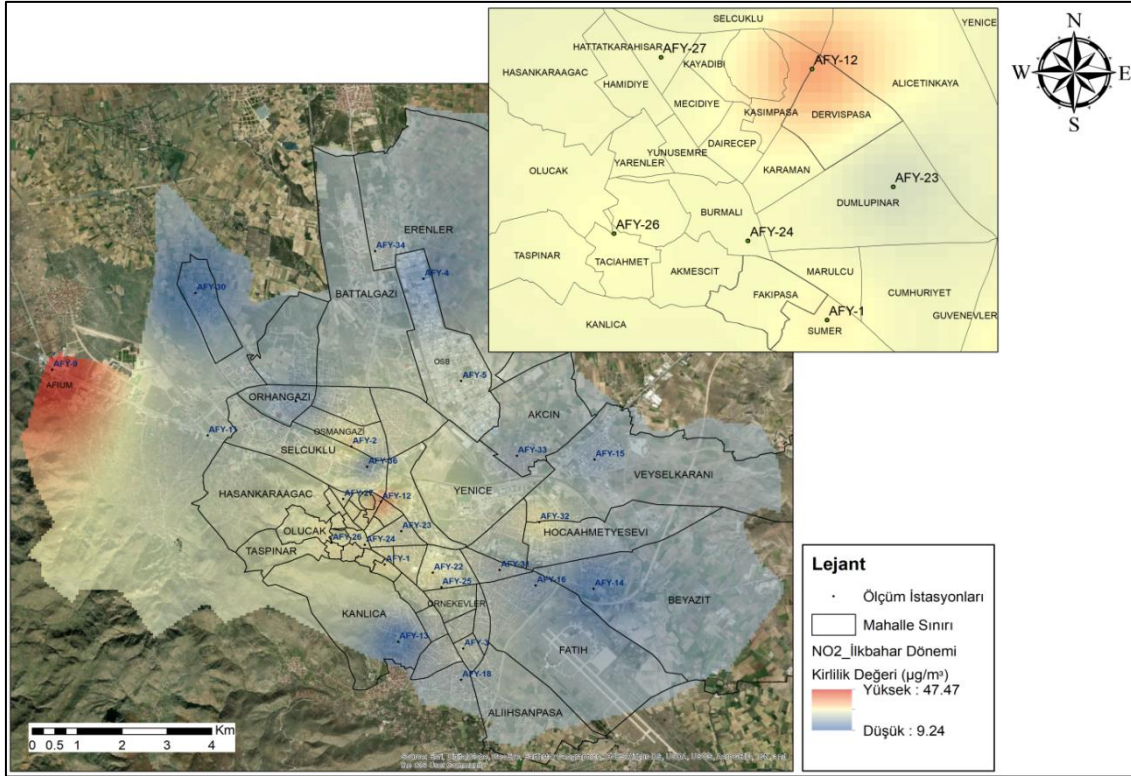
SO<sub>2</sub> parametresinin tüm dönemlerdeki ölçüm sonuçlarının ortalamasına yani yıllık ortalama değerleri incelendiğinde, kirliliğin yoğunlaştığı bölgenin kış dönemi ve ilkbahar dönemi ile büyük oranda benzerlik gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.5). Kirlilik düzeyinin diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu çalışma alanının güney batısında yer alan bu bölge; ilk yerleşim yerlerinin yer aldığı şehir merkezidir. Kış dönemine ait kısımda da bahsedildiği gibi kirliliğin sebebi; nüfus ve konut yoğunluğu, plansız yerleşim, yakıt olarak kömür kullanım oranının yüksek olması ve bölgedeki taşıt yoğunluğunun fazla olması olarak değerlendirilmiştir. Kirlilik değerleri incelendiğinde AFY-27, AFY-26, AFY-24 ve AFY-1 ölçüm noktaları için 46.77, 45.96, 40.52 ve 39.04 olduğu görülmektedir. Şehir merkezinde ve kirliliğin yükseldiği diğer bölgelerde endüstriyel tesislerin yer alması da kirliliği etkilemektedir.



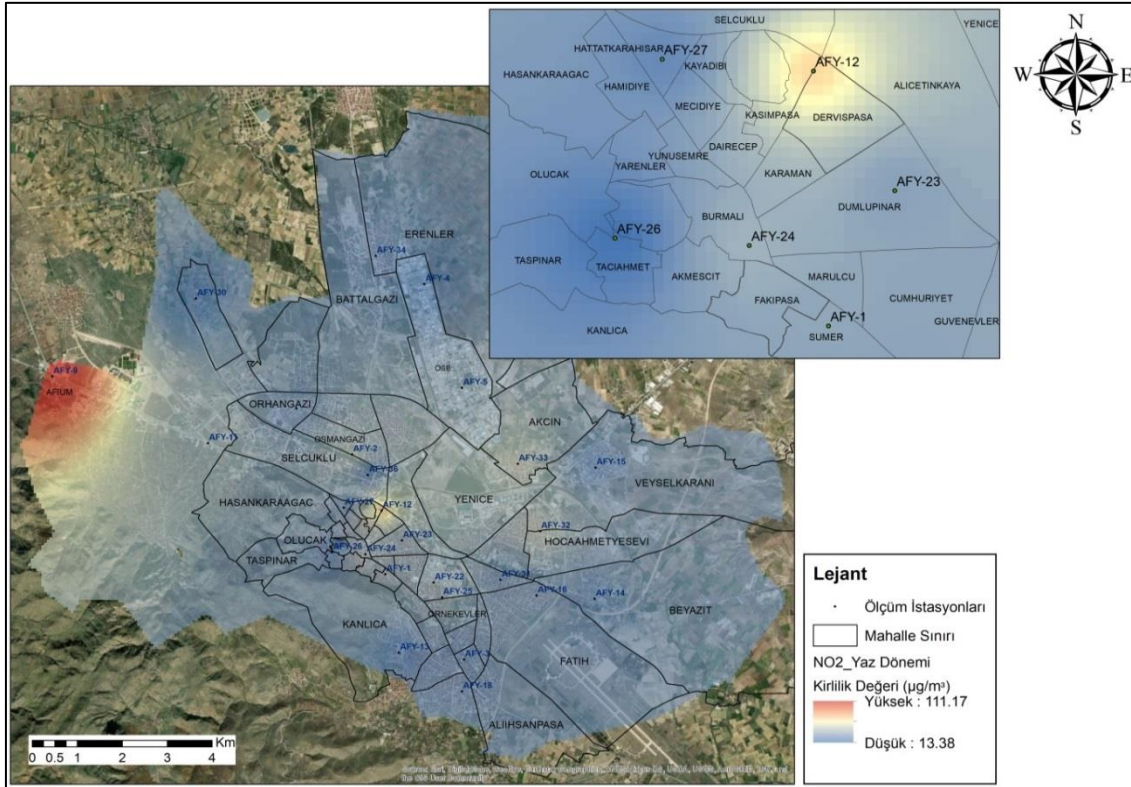
Şekil 4.6 NO<sub>2</sub> parametresi için kış dönemi (30.12.2014 – 27.01.2015) kirlilik dağılım haritası.

Kış döneminde yapılan NO<sub>2</sub> ölçümlerinden elde edilen sonuçlara göre; kirliliğin en yüksek olduğu AFY-9, AFY-12, AFY-1, AFY-26, AFY-25 ve AFY24 ölçüm noktalarının bulunduğu bölgelerde kirlilik değerleri sırasıyla 52.02, 51.62, 43.12, 42.20, 41.79 ve 41.65 µg/m<sup>3</sup> seviyelerindedir (Şekil 4.6). Bina yoğunluğunun fazla olduğu ve anayol/çevreyolu güzergahına yakın bölgede konumlanmış olan diğer noktalarda da kirlilik değerleri yüksek seyretmektedir (AFY-27, AFY.23, AFY-2, AFY.32). 1. küçük sanayi ve Park Afyon alışveriş merkezinin bulunduğu bölgede yer alan AFY-22 noktasında kirlilik düzeyi 40.33 µg/m<sup>3</sup> dür. AFY-22 noktasının bulunduğu bölgede, taşıt yoğunluğunun gün içerisinde artış göstermesi ve endüstriyel tesislerin bulunduğu bölgede yer almasının kirlilik düzeyini arttırdığı değerlendirilmektedir. Beyazıt Mahallesi gibi bina ve taşıt yoğunluğunun azaldığı bölgelerde kirlilik seviyesi düşmektedir.

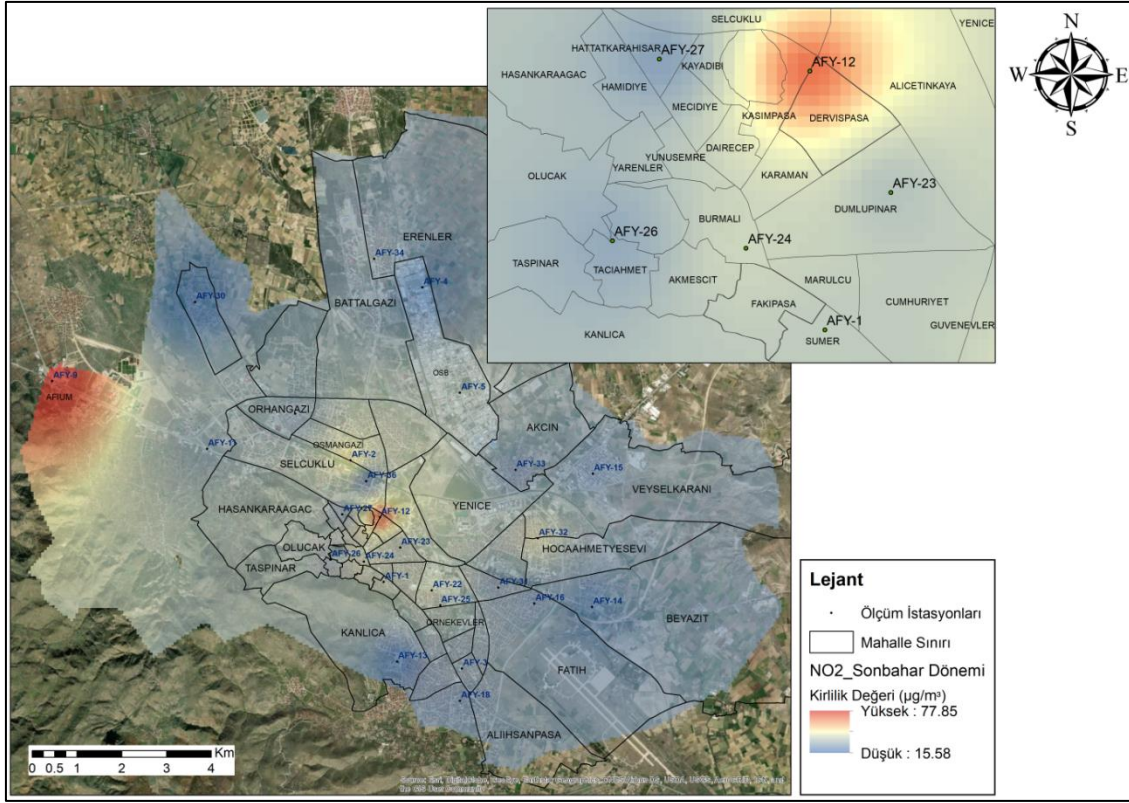




Şekil 4.7 NO<sub>2</sub> parametresi için ilkbahar dönemi kirlilik dağılım haritası.



Şekil 4.8 NO<sub>2</sub> parametresi için yaz dönemi kirlilik dağılım haritası.

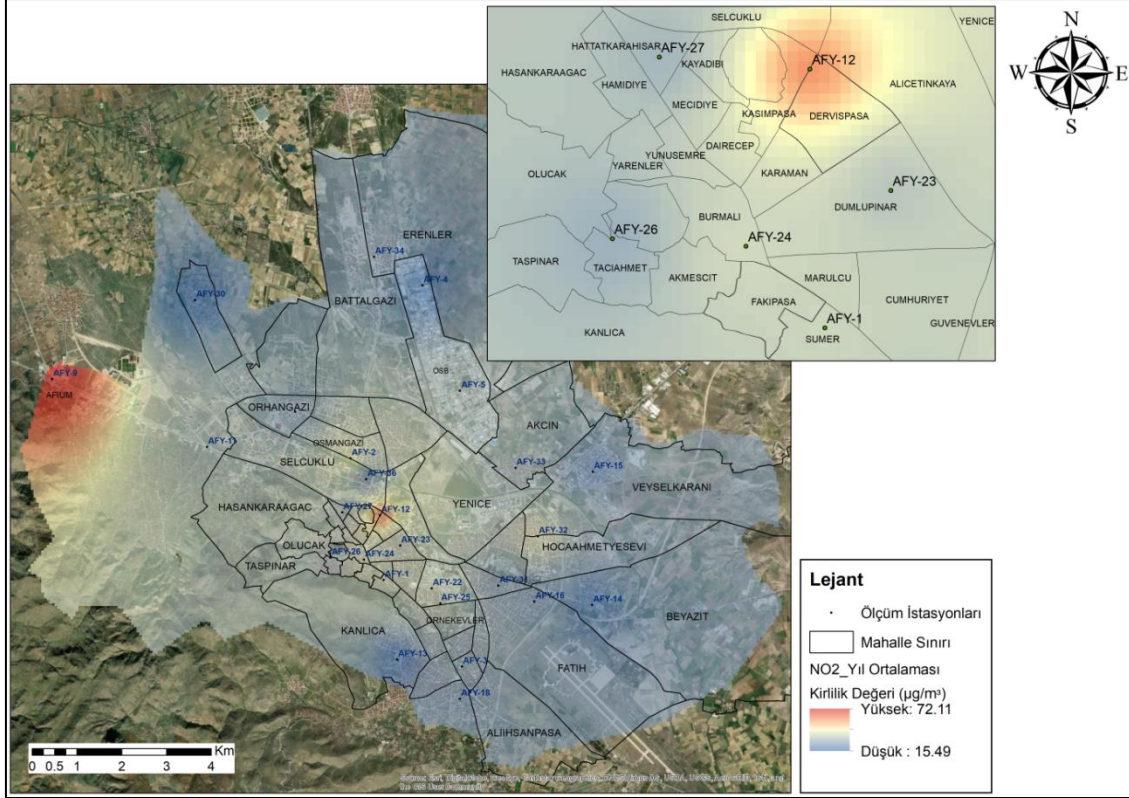


Şekil 4.9 NO<sub>2</sub> parametresi için sonbahar dönemi kirlilik dağılım haritası.

Yaz döneminde yapılan NO<sub>2</sub> ölçümlerinden elde edilen sonuçlara göre; kirlilik konsantrasyonunun en yüksek bu dönemde olduğu görülmektedir (Şekil 4.8). Kirliliğin en yüksek olduğu AFY-9 ve AFY-12 ölçüm noktalarında kirlilik değerleri sırasıyla 111.17 ve 65.67 µg/m<sup>3</sup> iken diğer bölgelerde 41.84 – 13.38 µg/m<sup>3</sup> arasındadır. AFY-9 noktasının çevre yolu üzerinde ve kavşak noktasında olması, AFY-12 noktasının şehir merkezinde en çok kullanılan anayolların yakınında olması kirlilik seviyesini arttırmaktadır. Kirlilik seviyesinin yüksek olduğu diğer noktalar (AFY-33, AFY-32, AFY-24) incelendiğinde, noktaların bulunduğu bölgede taşıt yoğunluğunun fazla olmasının ve endüstriyel tesislerin yer almasının kirliliğin nedenlerinden olduğu değerlendirilmektedir. Şekil 4.7 incelendiğinde; kirlilik dağılımının yaz dönemi ile benzer olduğu yalnızca kirlilik değerlerinin (47.47- 9.24) daha düşük olduğu görülmektedir.

Şekil 4.9 incelendiğinde, kirliliğin yaz dönemindeki ile aynı bölgelerde yoğunlaşmasına karşın rakamsal olarak düştüğü görülmektedir. Kirlilik değerleri incelendiğinde AFY-9

ve AFY-12 ölçüm noktaları için sırasıyla 77.85 ve 62.60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olduğu görülmektedir. Kirlilik seviyesi diğer bölgelerde ise 46.77 – 15.58  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında değişmektedir.



Şekil 4.10 NO<sub>2</sub> parametresi için yıl ortalaması kirlilik dağılım haritası.

NO<sub>2</sub> parametresinin yıllık ortalama kirlilik değerleri incelendiğinde, kirliliğin yoğunlaştığı bölgenin yaz dönemi ve sonbahar dönemi ile benzerlik gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.10). Tüm dönemlerde (kış-ilkbahar-yaz-sonbahar-yıl ortalaması) kirlilik düzeyinin en yüksek olduğu nokta AFY-9 noktasıdır. AFY-9 noktası Afium ve Özdilek alışveriş merkezleri ile yolcu otobüslerinin uğrak noktası ve günlük kullanımda tercih edilen dinlenme tesislerinin yer aldığı, ayrıca şehirler arası yol güzergahı ve kavşak noktası olan bir alanda yer almaktadır. Özellikle yaz mevsiminde olmak üzere tüm mevsimlerde nüfus ve taşıt yoğunluğunun alışveriş merkezlerinde yüksek olması, yine çevre yolu ve kavşak noktasında taşıt yoğunluğunun fazla olması bu noktadaki kirlilik düzeyini arttırdığı değerlendirilmektedir. Yine tüm ölçüm dönemleri dikkate alındığında kirlilik düzeyinin yüksek olduğu ikinci nokta olan AFY-12 noktası ise şehir merkezinde ve taşıt yoğunluğu fazla olan anayolların yakınında yer almaktadır. Kirlilik değerleri AFY-9 noktasında 72.11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , AFY-12 noktasında 53.51  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dür. Diğer

bölgelerde ise kirlilik seviyesi 38.85 – 15.49  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında değişmektedir. Taşıt yoğunluğunun ve endüstriyel tesislerin az olduğu, açık alanların daha fazla olduğu Beyazıt ve Fatih mahalleleri gibi mahallelerde kirlilik düzeyinin daha düşük olduğu görülmektedir.

#### 4.2 Mekansal Kümelene Analizleri

Bu bölümde;  $\text{SO}_2$  ve  $\text{NO}_2$  kirlilik parametrelerine ilişkin verilerde (tüm dönemlere ait ölçüm değerleri) global kümelene melerin olup olmadığı araştırılmıştır. Global Moran's I analizi ile anlamlı kümelene melerin olduğu tespit edilen dönemlerde, Anselin Local Moran's I ve Getis Ord Gi analizleri ile hangi bölgelerde kümelene me olduğu ve anlamlılıkları incelenmiştir.

Global Moran's I analiz sonuçlarına göre; her iki parametre için de sadece kış döneminde anlamlı kümelene meler görülmektedir.  $\text{SO}_2$  ve  $\text{NO}_2$  kirlilik parametreleri için kış dönem verileri kullanılarak yapılan analiz sonuçları Çizelge 4.1'de verilmektedir.

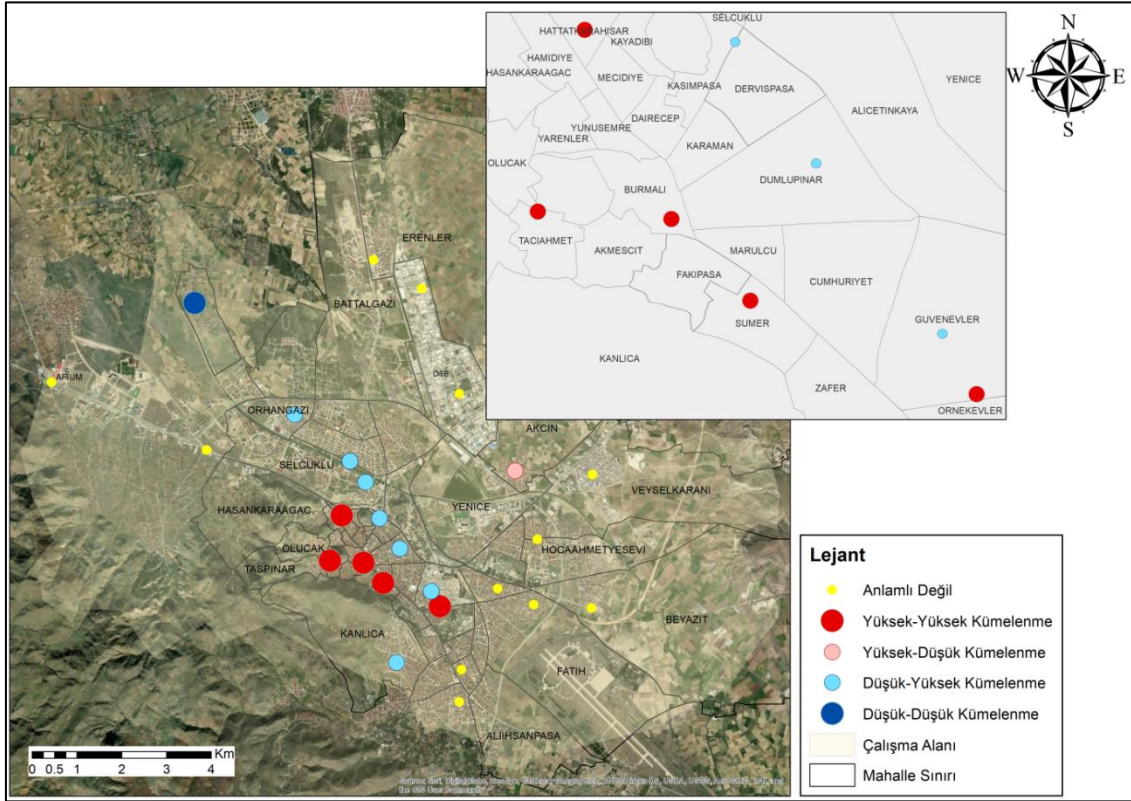
**Çizelge 4.1** Kış dönemi  $\text{SO}_2$  ve  $\text{NO}_2$  kirlitici parametrelerinin Global Kümelene me analiz sonuçları.

Kirlitici	Moran' I Değeri	Beklenen I Değeri	Z Değeri	P değeri
$\text{SO}_2$	0.307286	0.040000	4.708501	0.000002
$\text{NO}_2$	0.284749	0.040000	4.290312	0.000018

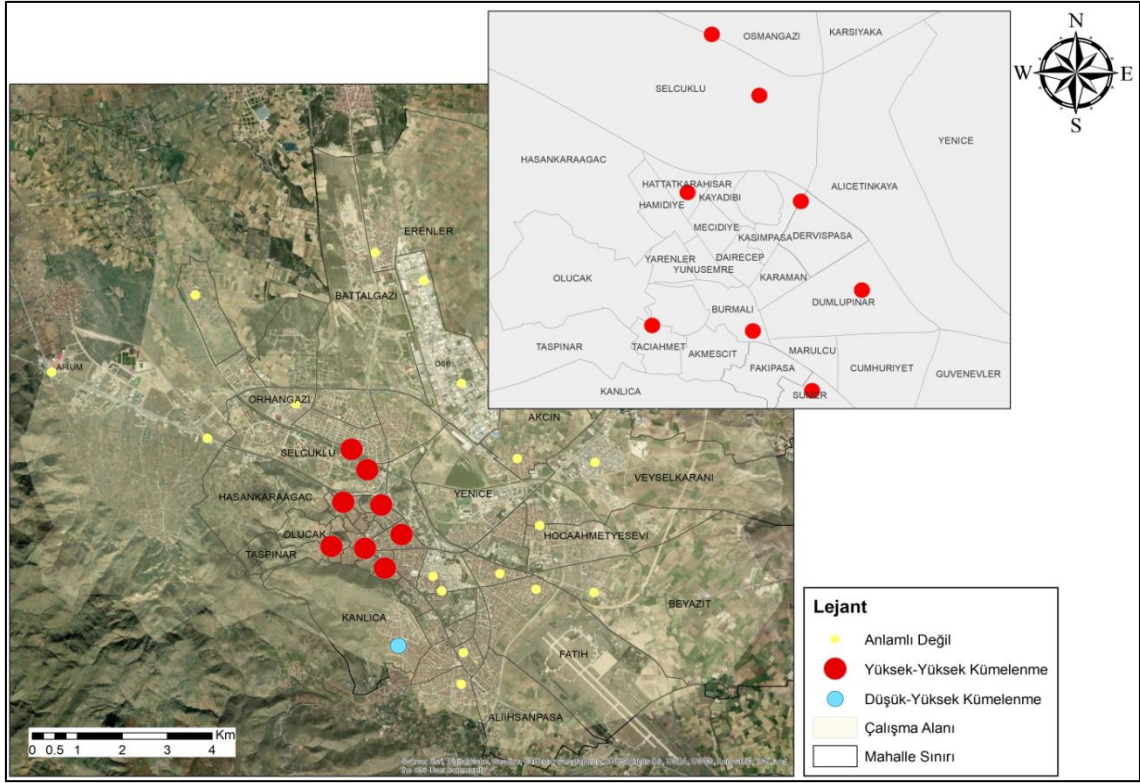
Çizelge 4.1 incelendiğinde; Moran's I değerinin pozitif olması (+1'e yakın) kümelene me olduğunu göstermektedir. Ayrıca her iki analizde de ( $z > 2.58$  ve  $p < 0.01$ ) %99 anlamlı mekansal kümelene melerin olduğu tespit edilmiştir.

$\text{SO}_2$  ve  $\text{NO}_2$  parametrelerine ait kış dönemi ölçüm verileri kullanılarak yapılan Anselin Local Moran's I analizi ile kümelene melerin konumları ve kümelene me grupları (Yüksek-Yüksek, Yüksek-Düşük, Düşük-Düşük, Düşük-Yüksek) incelenmiştir. Şekil 4.11 incelendiğinde; Yüksek-Yüksek, Yüksek-Düşük, Düşük-Düşük, Düşük-Yüksek olarak kümelene melerin oluştuğu ve bazı noktalarda anlamlı bir kümelene menin olmadığı görülmektedir. Yüksek-Yüksek kümelene meler Hattatkarahisar, Taciahmet, Burmalı,

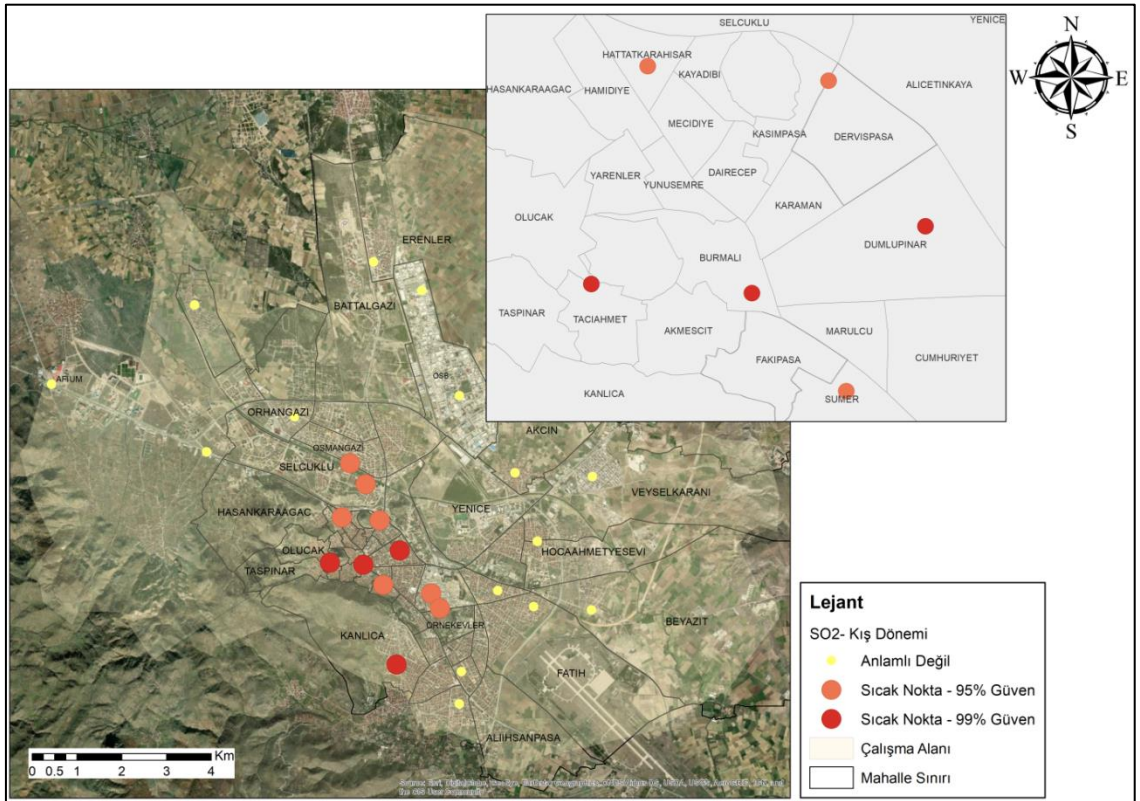
Sümer ve Örnekevler mahallelerinde %95 anlamlılık düzeyinde oluşmuştur. Şekil 4.12 incelendiğinde; Yüksek-Yüksek, Düşük-Yüksek olarak kümelennmelerin oluştuğu ve bazı noktalarda anlamlı bir kümelennmenin olmadığı görülmektedir. Yüksek- Yüksek kümelennmeler Osmangazi ve Selçuklu mahallelerinde %99, Hatatkarahisar, Derviş Paşa, Dumlupınar, Burmalı, Tacı Ahmet ve Sümer mahallelerinde %95 anlamlılık düzeyinde oluşmuştur.



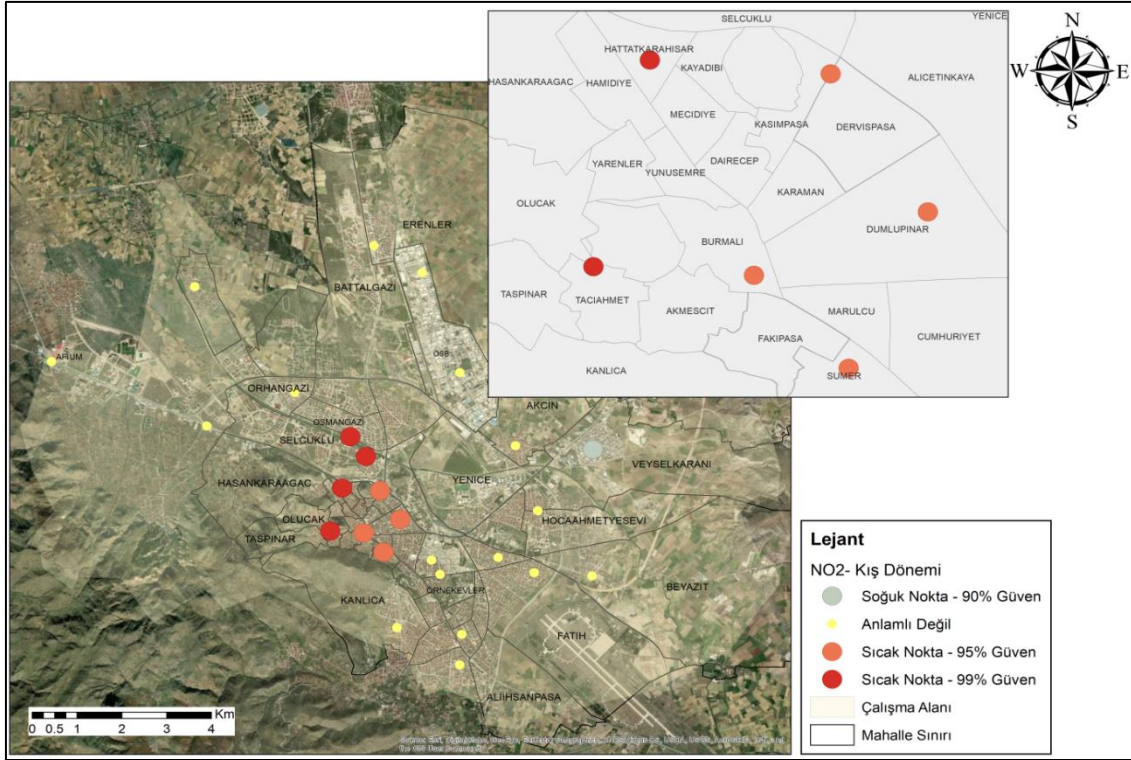
Şekil 4.11 SO<sub>2</sub> parametresi kış dönemi Local Moran's I Kümelennme Haritası.



Şekil 4.12 NO<sub>2</sub> parametresi kış dönemi Local Moran's I Kümelenme Haritası.



Şekil 4.13 SO<sub>2</sub> parametresi kış dönemi Getis-Ord G\* İstatistiği Sonuç Haritası.



Şekil 4.14 NO<sub>2</sub> parametresi kış dönemi Getis-Ord G\* İstatistiği Sonuç Haritası.

Getis-Ord G\* İstatistiği ile; SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> parametrelerine ait kış dönemi ölçüm verileri kullanılarak çalışma alanında sıcak ve soğuk nokta kümelerinin oluşup oluşmadığı ve oluşan kümelerin anlamlılık düzeyleri incelenmiştir.

Şekil 4.13 incelendiğinde; soğuk nokta kümelenmesi oluşmadığı, yalnızca %95 ve %99 anlamlılık düzeylerinde sıcak nokta kümelenmelerinin olduğu görülmektedir. Tacı Ahmet, Burmalı, Dumlupınar ve Kanlıca mahallelerinde %99, Osmangazi, Selçuklu, Hattatkarahisar, Dervişpaşa, Sümer ve Güvenevler mahallerinde ise %95 anlamlılık düzeyinde Sıcak Nokta kümelenmeleri oluşmuştur.

Şekil 4.14 incelendiğinde; %90 anlamlılık düzeyinde soğuk nokta kümelenmesi, %95 ve %99 anlamlılık düzeylerinde sıcak nokta kümelenmelerinin olduğu görülmektedir. Veysel Karani mahallesinde soğuk nokta kümelenmesi, Osmangazi, Selçuklu, Hattatkarahisar ve Tacı Ahmet mahallelerinde %99, Dervişpaşa, Dumlupınar, Burmalı ve Sümer mahallerinde ise %95 anlamlılık düzeyinde Sıcak Nokta kümelenmeleri oluşmuştur.

Her iki lokal kümelenme yönteminde de yüksek kümelenmelerin çalışma alanının güney batısında yoğunlaştığı görülmektedir. Bu da bölgede kirlilik oranının diğer bölgelere göre daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Kirliliğe neden olan faktörler Bölüm 4.4'te açıklanmaya çalışılacaktır.

### 4.3 Keşifsel Regresyon

SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> parametrelerinin ayrı ayrı olmak üzere kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar dönemlerine ait ölçüm sonuçları için keşifsel regresyon analizi yapılmıştır. Kirlilik parametrelerinin tüm dönemlerdeki ölçümleri için bina alanı, kat adedi, inşaat alanı (bina alanı\*kat adedi), açık alan, yeşil alan, organize sanayi alanları, anayol ve tali yol uzunlukları ve yakıt kullanım oranları (kömür, doğalgaz, jeotermal enerji) parametreleri kullanılarak en iyi modeller oluşturulmaya çalışılmıştır. İncelenen sonuçlara göre çoklu anlamlı bir regresyon modeli önerilmemektedir. Analiz sonuçları ekler bölümünde verilmektedir.

Keşifsel regresyon sonuçlarına göre; kış döneminde ölçülen SO<sub>2</sub> ölçüm değeri, toplam inşaat alanı büyüklüğü (önem derecesi %100), toplam yol uzunluğu (önem derecesi %50) ve kömür kullanım oranı (önem derecesi %18.75) ile doğru, açık alan büyüklüğü (önem derecesi %12,5) ve yeşil alan büyüklüğü (önem derecesi %0) ile ters orantılıdır.

İlkbahar döneminde ölçülen SO<sub>2</sub> ölçüm değeri, toplam inşaat alanı büyüklüğü (önem derecesi %81.25), toplam yol uzunluğu (önem derecesi %50) ve kömür kullanım oranı (önem derecesi %0) ile doğru, açık alan (önem derecesi %25) ve yeşil alan büyüklüğü (önem derecesi %0) ile ters orantılıdır. Yaz döneminde ölçülen SO<sub>2</sub> ölçüm değeri, organize sanayi alan büyüklüğü (önem derecesi %100) ve yeşil alan büyüklüğü (önem derecesi %50) ile doğru orantılıdır. Sonbahar döneminde ölçülen SO<sub>2</sub> ölçüm değeri, organize sanayi alan büyüklüğü (önem derecesi %81.25), toplam bina alan büyüklüğü (önem derecesi %18.75), toplam kat adedi (önem derecesi %12.50) ve kömür kullanım oranı (önem derecesi %0) ile doğru orantılıdır.



Kış döneminde ölçülen NO<sub>2</sub> ölçüm değeri, toplam anayol uzunluğu (önem derecesi %100), toplam bina alan büyüklüğü (önem derecesi %25) ve toplam kat adedi (önem derecesi %15.62) ile doğru orantılıdır.

İlkbahar döneminde ölçülen NO<sub>2</sub> ölçüm değeri, toplam anayol uzunluğu (önem derecesi %100) ve toplam inşaat alanı büyüklüğü (önem derecesi %0) ile doğru orantılı, yeşil alan büyüklüğü (önem derecesi %0) ile ters orantılıdır. Yaz döneminde ölçülen NO<sub>2</sub> ölçüm değeri, toplam anayol uzunluğu (önem derecesi %100) ile doğru orantılıdır. Sonbahar döneminde ölçülen NO<sub>2</sub> ölçüm değeri, toplam anayol uzunluğu (önem derecesi %100) ile doğru orantılıdır (EK 1- 8).

#### **4.4 En Küçük Kareler Regresyonu (Ordinary Least Squares Regression)**

SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> parametrelerinin kış, ilkbahar, yaz, sonbahar dönemlerine ait ölçüm sonuçları ve her iki parametrenin yıl ortalaması ölçüm sonuçları için, birden fazla bağımsız değişken kullanılarak regresyon analizi yapılmıştır. Ancak istatistiksel olarak anlamlı bir model elde edilememiştir. Bir bağımlı bir bağımsız değişken kullanılarak tek değişkenli regresyon analizi yapılarak değişkenler arasındaki ilişki incelenmiştir. Analiz en küçük kareler metodu kullanılarak yapılmıştır. Analiz sonuçları aşağıdaki bölümlerde verilmektedir. Tüm analizlerde gözlem sayısı 26 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca analizlerde çoklu ve düzeltilmiş R<sup>2</sup> değerleri birbirlerine yakın olduğu için basit olarak kullanılan gözlem sayısının yeterli olduğu anlaşılmaktadır.

##### **4.4.1 SO<sub>2</sub> Kış Dönemi**

Çizelge 4.2’de yer alan p ve Robust\_p olasılık değerleri incelendiğinde SO<sub>2</sub> parametresinin kış dönemi ölçümleri için inşaat alanı bağımsız değişkenini temsil eden katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu (p <0.05) görülmektedir. AICc değeri 243.44 ve düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri 0.553273’tür (Çizelge 4.3). Düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri modelin bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık % 55’ini açıkladığını gösterir.

Çizelge 4.4’de yer alan p ve Robust\_p olasılık değerleri incelendiğinde SO<sub>2</sub> parametresinin kış dönemi ölçümleri için kat adedi bağımsız değişkenini temsil eden

katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu (p <0.05) görölmektedir. AICc değeri 236.42 ve düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri 0.659031'dir (Çizelge 4.5). Düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri modelin bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık % 65'ini açıkladığını gösterir.

Çizelge 4.6'da yer alan p ve Robust\_p olasılık değerleri incelendiğinde SO<sub>2</sub> parametresinin kış dönemi ölçümleri için açık alan bağımsız değişkenini temsil eden katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu (p <0.05) görölmektedir. AICc değeri 259.47 ve düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri 0.172544'tür (Çizelge 4.7). Düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri modelin bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık % 17'sini açıkladığını gösterir.

Yapılan tek değişkenli regresyon analizinde, inşaat alanı büyüklüğü, kat adedi sayısı kış döneminde ölçölen SO<sub>2</sub> değeri ile doğru orantılı, açık alan büyüklüğü ise ters orantılı olarak bulunmuştur (Çizelge 4.2, Çizelge 4.4, Çizelge 4.6). Bir diğer ifadeyle, bina yoğunluğundaki artış kirlilik seviyesini artırırken, açık alan büyüklüğündeki artış kirlilik seviyesini düşürmektedir.

Her bir ölçüm noktasında SO<sub>2</sub> kirlilik parametresinin kış dönemi ölçüm değerleri ile inşaat alanı, açık alan ve kat adedi ile ayrı ayrı ilişkisinden hesaplanan artık değerler incelenmiştir. Şekil 4.15, Şekil 4.16 ve Şekil 4.17 incelendiğinde Hattatkarahisar, Tacı Ahmet ve Sümer mahallelerinde artık değerlerin diğer bölgelere göre çok yüksek çıktığı görölmektedir. Bu mahallelerde açık alan büyüklüğü az, konut ve nüfus yoğunluğu fazladır.

Çizelge 4.2 OLS sonuçlarının özeti (SO<sub>2</sub>\_Kış Dönemi İnşaat Alanı).

Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-test	Olasılık	Robust Std. Hata	Robust_t	Robust_P r
Sabit Terim	32.645758	5.246880	6.221937	0.000002*	4.412460	7.398539	0.000000*
İnşaat Alanı	0.047963	0.008484	5.653545	0.000008*	0.012236	3.919965	0.000644*

Çizelge 4.3 OLS modeli istatistiksel değerleri (SO<sub>2</sub>\_Kış Dönemi İnşaat Alanı).

Bağımlı Değişken			SO <sub>2</sub> -Kış Dönemi
Gözlem Sayısı	26	Akaike Bilgi Kriteri (AICc)	243.440153
Çoklu R <sup>2</sup>	0.571142	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	0.553273
Joint-F İstatistiği	31.962567	Olasılık (>F), (1,24) serbestlik derecesi:	0.000008*
Joint-Wald İstatistiği	15.366128	Olasılık (>chi-squared), (1) serbestlik derecesi:	0.000089*
Koenker (BP) İstatistiği	1.889460	Olasılık (>chi-squared), (1) serbestlik derecesi:	0.169263
Jarque-Bera İstatistiği	20.202239	Olasılık (>chi-squared), (2) serbestlik derecesi:	0.000041*

Çizelge 4.4 OLS sonuçlarının özeti (SO<sub>2</sub>\_Kış Dönemi\_Kat Adedi).

Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-test	Olasılık	Robust Std. Hata	Robust_t	Robust_Pr
Sabit Terim	22.167270	5.328327	4.160268	0.000350*	4.068714	5.448226	0.000013*
Kat Adedi	0.015789	0.002248	7.022855	0.000000*	0.002415	6.537569	0.000001*

Çizelge 4.5 OLS modeli istatistiksel değerleri (SO<sub>2</sub>\_Kış Dönemi\_Kat Adedi).

		Bağımlı Değişken	SO <sub>2</sub> -Kış Dönemi
Gözlem Sayısı	26	Akaike Bilgi Kriteri (AICc)	236.416069
Çoklu R <sup>2</sup>	0.672670	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	0.659031
Joint-F İstatistiği	49.320490	Olasılık (>F), (1,24) serbestlik derecesi:	0.000000*
Joint-Wald İstatistiği	42.739802	Olasılık (>chi-squared), (1) serbestlik derecesi:	0.000000*
Koenker (BP) İstatistiği	1.118038	Olasılık (>chi-squared), (1) serbestlik derecesi:	0.290341
Jarque-Bera İstatistiği	22.359726	Olasılık (>chi-squared), (2) serbestlik derecesi:	0.000014*

Çizelge 4.6 OLS sonuçlarının özeti (SO<sub>2</sub>\_Kış Dönemi\_Açık Alan).

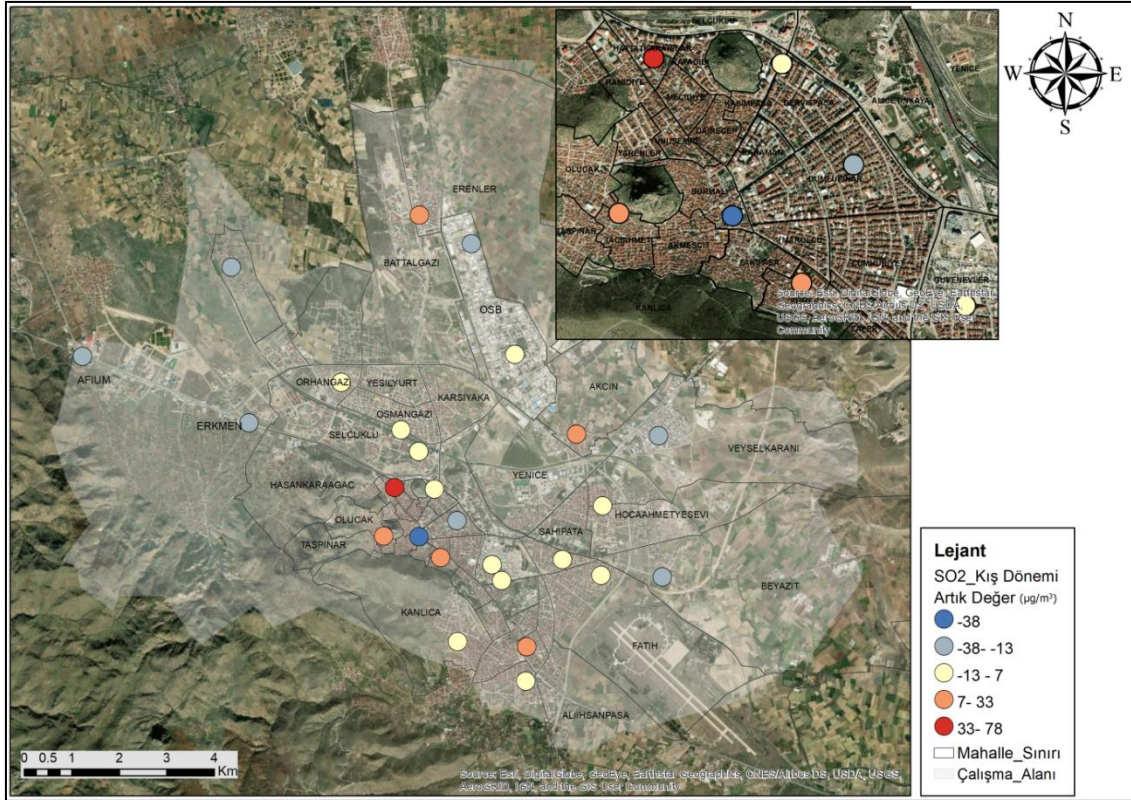
Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-test	Olasılık	Robust Std. Hata	Robust_t	Robust_Pr
Sabit Terim	149.842991	41.992188	3.568354	0.001555*	62.580523	2.394403	0.024813*
Açık Alan	-170.277081	68.312800	-2.492609	0.019981*	95.751356 -	-1.778326	0.088021

Çizelge 4.7 OLS modeli istatistiksel değerleri (SO<sub>2</sub>\_Kış Dönemi\_Açık Alan).

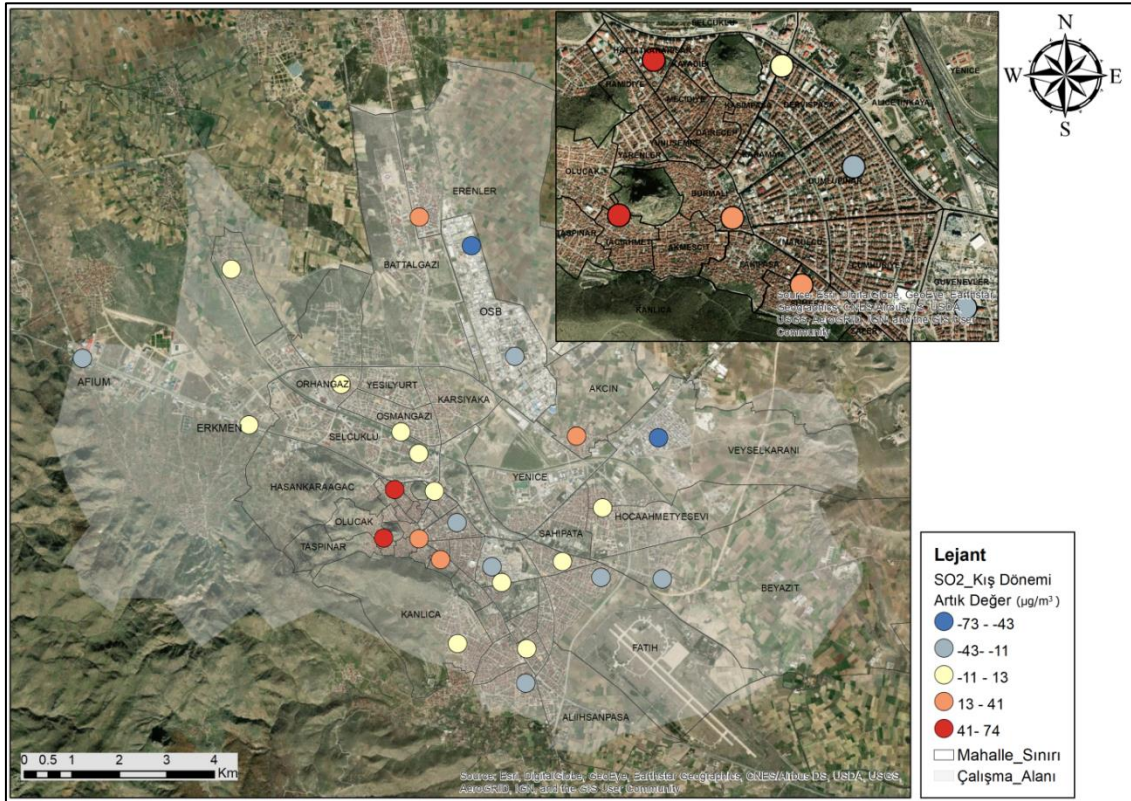
		Bağımlı Değişken	SO <sub>2</sub> -Kış Dönemi
Gözlem Sayısı	26	Akaike Bilgi Kriteri (AICc)	259.466748
Çoklu R <sup>2</sup>	0.205643	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	0.172544
Joint-F İstatistiği	6.213098	Olasılık (>F), (1,24) serbestlik derecesi:	0.019980*

**Çizelge 4.7 (Devam)** OLS modeli istatistiksel değerleri (SO<sub>2</sub>\_Kış Dönemi\_ Açık Alan).

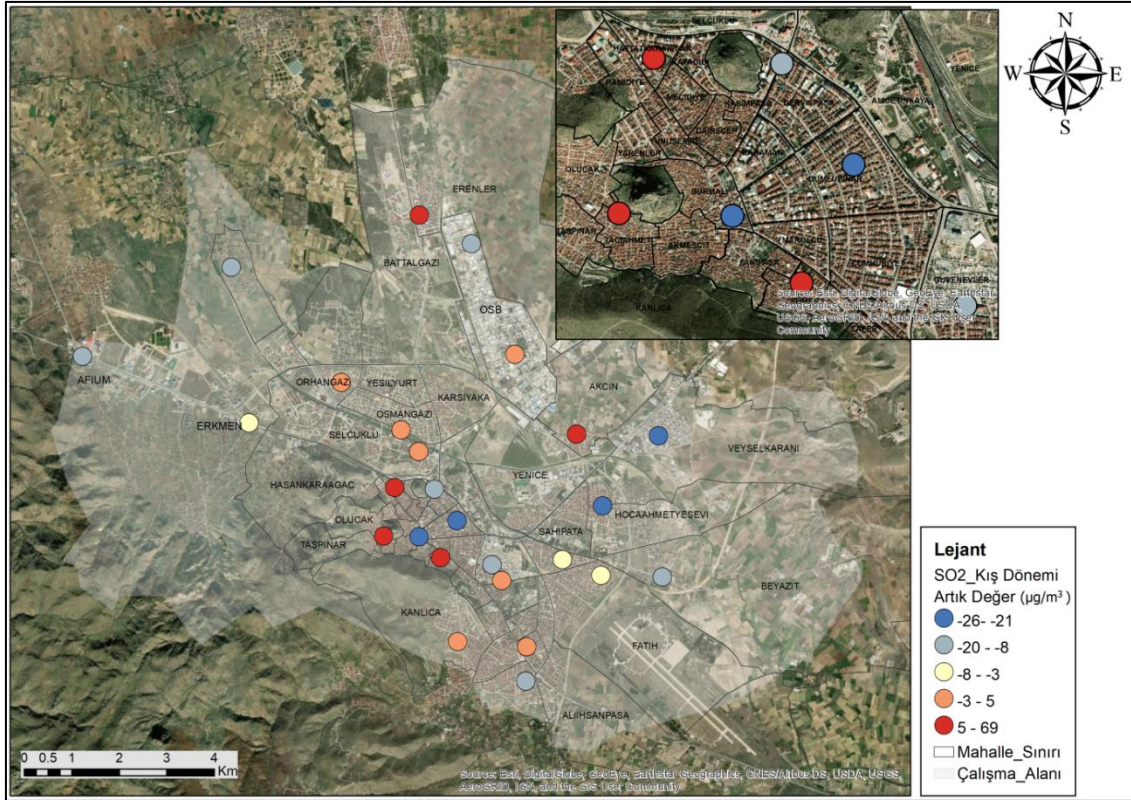
<b>Joint-Wald İstatistiği</b>	3.162442	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (1) serbestlik derecesi:</b>	0.075350
<b>Koenker (BP) İstatistiği</b>	9.214230	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (1) serbestlik derecesi:</b>	0.002401*
<b>Jarque-Bera İstatistiği</b>	1.985953	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (2) serbestlik derecesi:</b>	0.370472



Şekil 4.15 SO<sub>2</sub> kirlilik parametresi için kış dönemine (inşaat alanı) ait artık değer dağılım haritası.



Şekil 4.16 SO<sub>2</sub> kirlilik parametresi için kış dönemine (açık alan) ait artık değer dağılım haritası.



Şekil 4.17 SO<sub>2</sub> kirlilik parametresi için kış dönemine (kat adedi) ait artık değer dağılım haritası.

#### 4.4.2 SO<sub>2</sub> İlkbahar Dönemi

Çizelge 4.8’de yer alan  $p$  ve Robust $_p$  olasılık değerleri incelendiğinde SO<sub>2</sub> parametresinin ilkbahar dönemi ölçümleri için bina alanı bağımsız değişkenini temsil eden katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu ( $p < 0.05$ ) görülmektedir. AICc değeri 191.27 ve düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri 0.518586’dır (Çizelge 4.9). Bu değer modelin bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık % 52’sini açıkladığını gösterir.

Çizelge 4.10’da yer alan  $p$  ve Robust $_p$  olasılık değerleri incelendiğinde SO<sub>2</sub> parametresinin ilkbahar dönemi ölçümleri için kat adedi bağımsız değişkenini temsil eden katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu ( $p < 0.05$ ) görülmektedir. AICc değeri 192.03 ve düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri 0.504216’dır (Çizelge 4.11). Bu değer modelin bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık % 50’sini açıkladığını gösterir.

Çizelge 4.12’de yer alan  $p$  ve Robust $_p$  olasılık değerleri incelendiğinde SO<sub>2</sub> parametresinin ilkbahar dönemi ölçümleri için inşaat alanı bağımsız değişkenini temsil

eden katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu ( $p < 0.05$ ) görülmektedir. AICc değeri 195.82 ve düzeltilmiş  $R^2$  değeri 0.426404'tür (Çizelge 4.13). Bu değer modelin bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık % 43'ünü açıkladığını gösterir.

Çizelge 4.14'de yer alan p değeri incelendiğinde  $SO_2$  parametresinin ilkbahar dönemi ölçümleri için açık alan bağımsız değişkenini temsil eden katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu ( $p < 0.05$ ) görülmektedir. AICc değeri 205.40 ve düzeltilmiş  $R^2$  değeri 0.170789'dur (Çizelge 4.15). Bu değer modelin bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık % 17'sini açıkladığını gösterir.

Yapılan tek değişkenli regresyon analizinde, bina taban alanı, kat adedi sayısı, inşaat alanı büyüklüğü ilkbahar döneminde ölçülen  $SO_2$  değeri ile doğru orantılı, açık alan büyüklüğü ise ters orantılı olarak bulunmuştur (Çizelge 4.8, Çizelge 4.10, Çizelge 4.12, Çizelge 4.14). Bir diğer ifadeyle, binaların toplam taban alanlarındaki artış ve konut sayısındaki artış kirlilik seviyesini artırırken, açık alan büyüklüğündeki artış kirlilik seviyesini düşürmektedir. Her bir ölçüm noktasında  $SO_2$  kirlilik parametresinin ilkbahar dönemi ölçüm değerleri ile bina taban alanları toplamı, inşaat alanları toplamı, açık alan ve kat adedi ile ayrı ayrı ilişkisinden hesaplanan artık değerler incelenmiştir. Şekil 4.18, Şekil 4.19, Şekil 4.20 ve Şekil 4.21 incelendiğinde artık değerlerin diğer bölgelere göre çok yüksek çıktığı bölgelerin kış dönemi ile benzerlik gösterdiği görülmektedir. Bu mahallelerde açık alan büyüklüğü az, konut ve nüfus yoğunluğu fazladır.



Çizelge 4.8 OLS sonuçlarının özeti (SO<sub>2</sub>\_ İlkbahar Dönemi\_Bina Alanı).

Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-test	Olasılık	Robust Std. Hata	Robust_t	Robust_Pr
Sabit Terim	5.702365	2.669707	2.135952	0.043087*	1.213087	4.700707	0.000088*
Bina Alanı	111.849174	21.163855	5.284915	0.000020*	13.689514	8.170427	0.000000*

Çizelge 4.9 OLS modeli istatistiksel değerleri (SO<sub>2</sub>\_ İlkbahar Dönemi\_Bina Alanı).

	Bağımlı Değişken	SO <sub>2</sub> -İlkbahar Dönemi
Gözlem Sayısı	26	Akaike Bilgi Kriteri (AICc) 191.267526
Çoklu R <sup>2</sup>	0.537842	Düzeltilmiş R <sup>2</sup> 0.518586
Joint-F İstatistiği	27.930325	Olasılık (>F), (1,24) serbestlik derecesi: 0.000020*
Joint-Wald İstatistiği	66.755877	Olasılık (>chi-squared), (1) serbestlik derecesi: 0.000000*
Koenker (BP) İstatistiği	0.580761	Olasılık (>chi-squared), (1) serbestlik derecesi: 0.446014
Jarque-Bera İstatistiği	81.423071	Olasılık (>chi-squared), (2) serbestlik derecesi: 0.000000*

Çizelge 4.10 OLS sonuçlarının özeti (SO<sub>2</sub>\_ İlkbahar Dönemi\_Kat Adedi).

Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-test	Olasılık	Robust Std. Hata	Robust_t	Robust_Pr
Sabit Terim	9.011908	2.269371	3.971104	0.000566*	1.555716	5.792773	0.000005*
Kat Adedi	0.004922	0.000958	5.140539	0.000028*	0.000627	7.853262	0.000000*

**Çizelge 4.11** OLS modeli istatistiksel değerleri (SO<sub>2</sub>\_ İlkbahar Dönemi\_Kat Adedi).

		Bağımlı Değişken	SO <sub>2</sub> -İlkbahar Dönemi
Gözlem Sayısı	26	Akaike Bilgi Kriteri (AICc)	192.032263
Çoklu R <sup>2</sup>	0.524047	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	0.504216
Joint-F İstatistiği	26.425143	Olasılık (>F), (1,24) serbestlik derecesi:	0.0000029*
Joint-Wald İstatistiği	61.673718	Olasılık (>chi-squared), (1) serbestlik derecesi:	0.000000*
Koenker (BP) İstatistiği	0.177635	Olasılık (>chi-squared), (1) serbestlik derecesi:	0.673414
Jarque-Bera İstatistiği	113.611537	Olasılık (>chi-squared), (2) serbestlik derecesi:	0.000000*

**Çizelge 4.12** OLS sonuçlarının özeti (SO<sub>2</sub>\_ İlkbahar Dönemi\_İnşaat Alanı).

Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-test	Olasılık	Robust Std. Hata	Robust_t	Robust_Pr
Sabit Terim	12.257514	2.099948	5.837056	0.000005*	1.842969	6.650960	0.000001*
İnşaat Alanı	0.015026	0.003395	4.425457	0.000178*	0.001830	8.211680	0.000000*

**Çizelge 4.13** OLS modeli istatistiksel değerleri (SO<sub>2</sub>\_ İlkbahar Dönemi\_İnşaat Alanı).

		Bağımlı Değişken	SO <sub>2</sub> -İlkbahar Dönemi
Gözlem Sayısı	26	Akaike Bilgi Kriteri (AICc)	195.822661
Çoklu R <sup>2</sup>	0.449348	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	0.426404
Joint-F İstatistiği	19.584666	Olasılık (>F), (1,24) serbestlik derecesi:	0.000179*

**Çizelge 4.13 (Devam)** OLS modeli istatistiksel değerleri (SO<sub>2</sub> İlkbahar Dönemi\_İnşaat Alanı).

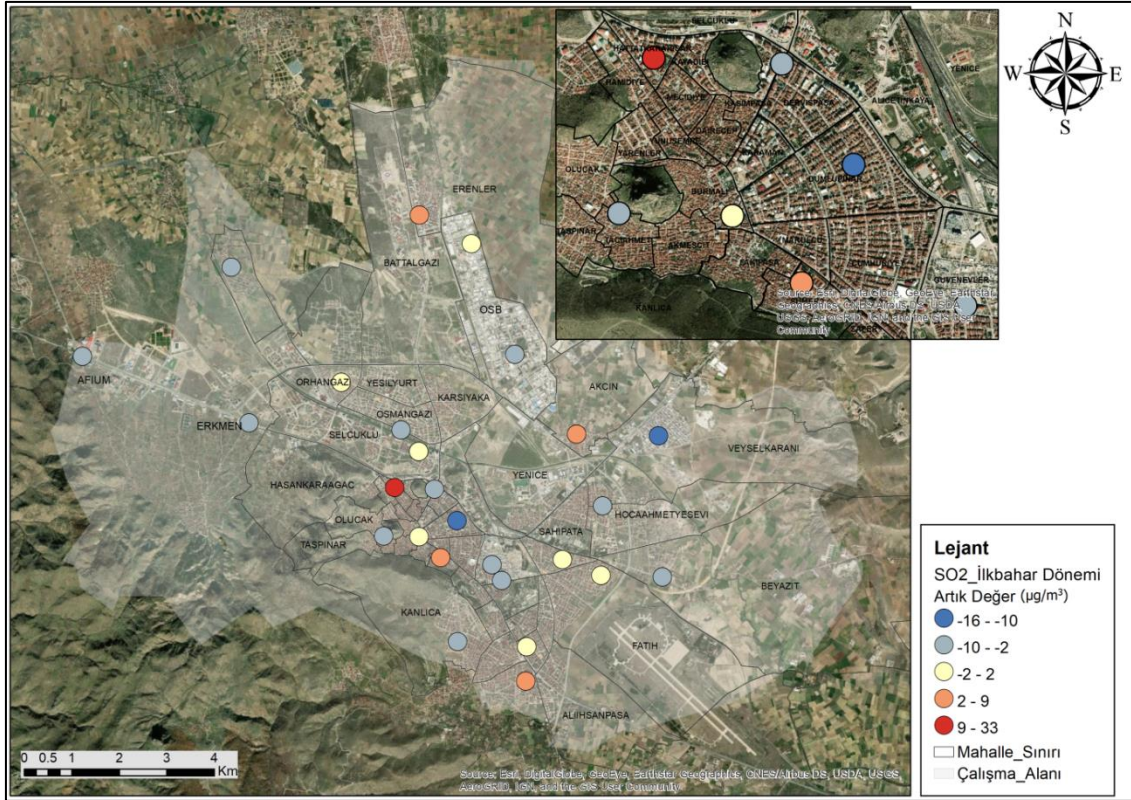
<b>Joint-Wald İstatistiği</b>	67.431694	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (1) serbestlik derecesi:</b>	0.000000*
<b>Koenker (BP) İstatistiği</b>	0.001282	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (1) serbestlik derecesi:</b>	0.971435
<b>Jarque-Bera İstatistiği</b>	115.517520	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (2) serbestlik derecesi:</b>	0.000000*

**Çizelge 4.14** OLS sonuçlarının özeti (SO<sub>2</sub> İlkbahar Dönemi\_Açık Alan).

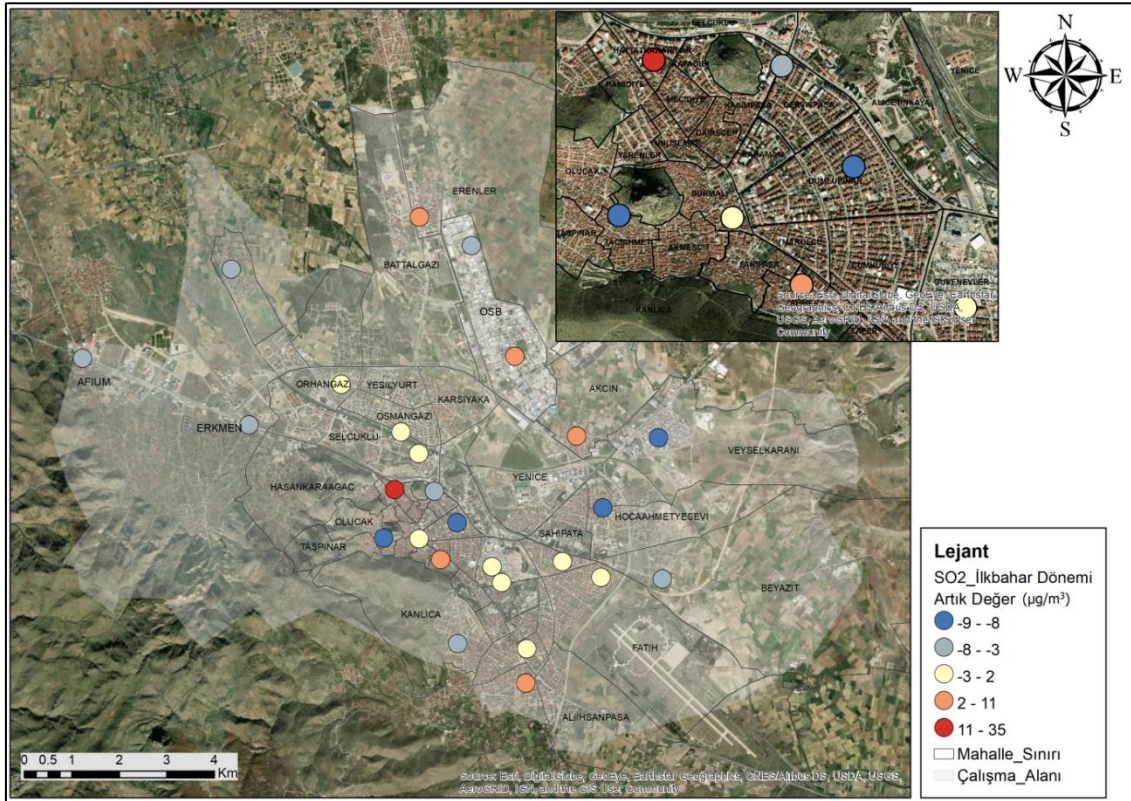
<b>Değişken</b>	<b>Katsayı</b>	<b>Std. Hata</b>	<b>t-test</b>	<b>Olasılık</b>	<b>Robust Std. Hata</b>	<b>Robust_t</b>	<b>Robust_Pr</b>
<b>Sabit Terim</b>	52.954201	14.847528	3.566533	0.001562*	19.849209	2.667824	0.013464*
<b>Açık Alan</b>	-59.895593	24.153926	-2.479746	0.020560*	30.471282	-1.965641	0.061012

**Çizelge 4.15** OLS modeli istatistiksel değerleri (SO<sub>2</sub> İlkbahar Dönemi\_Açık Alan).

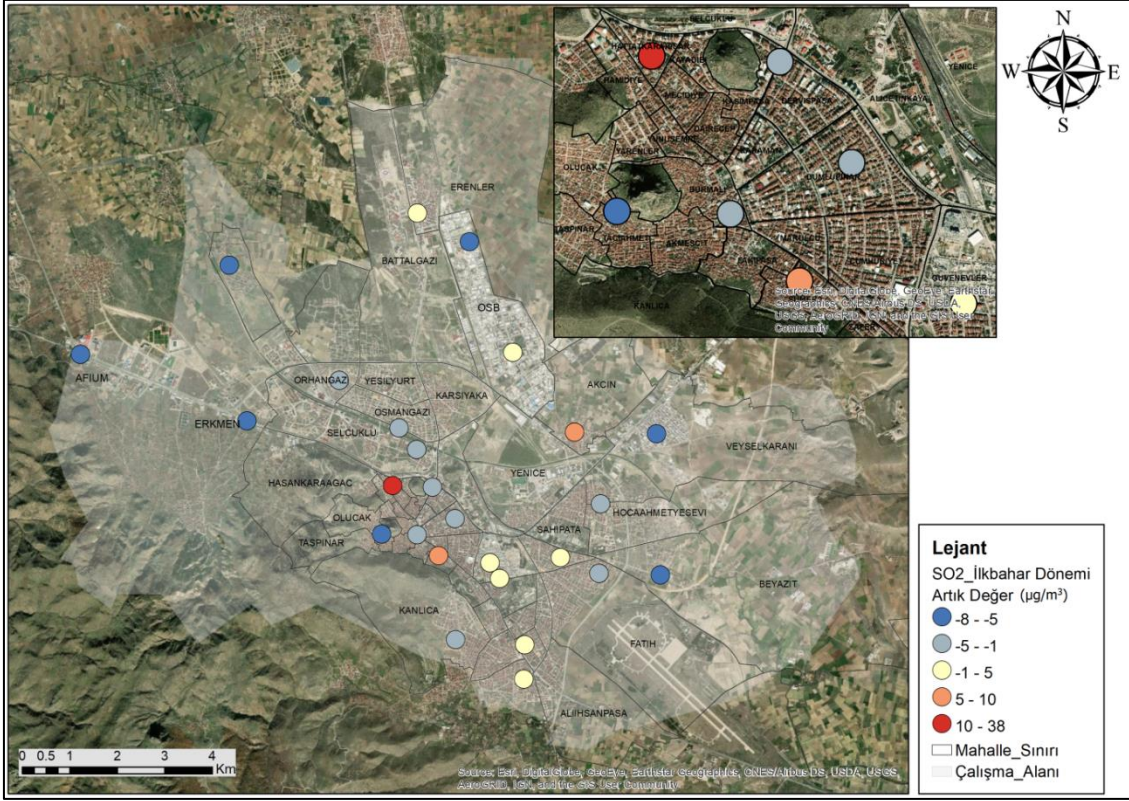
<b>Bağımlı Değişken</b>			<b>SO<sub>2</sub>-İlkbahar Dönemi</b>
<b>Gözlem Sayısı</b>	26	<b>Akaike Bilgi Kriteri (AICc)</b>	205.404937
<b>Çoklu R<sup>2</sup></b>	0.203957	<b>Düzeltilmiş R<sup>2</sup></b>	0.170789
<b>Joint-F İstatistiği</b>	6.149138	<b>Olasılık (&gt;F), (1,24) serbestlik derecesi:</b>	0.020559*
<b>Joint-Wald İstatistiği</b>	3.863744	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (1) serbestlik derecesi:</b>	0.049340*
<b>Koenker (BP) İstatistiği</b>	3.053127	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (1) serbestlik derecesi:</b>	0.080582
<b>Jarque-Bera İstatistiği</b>	15.117810	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (2) serbestlik derecesi:</b>	0.000521*



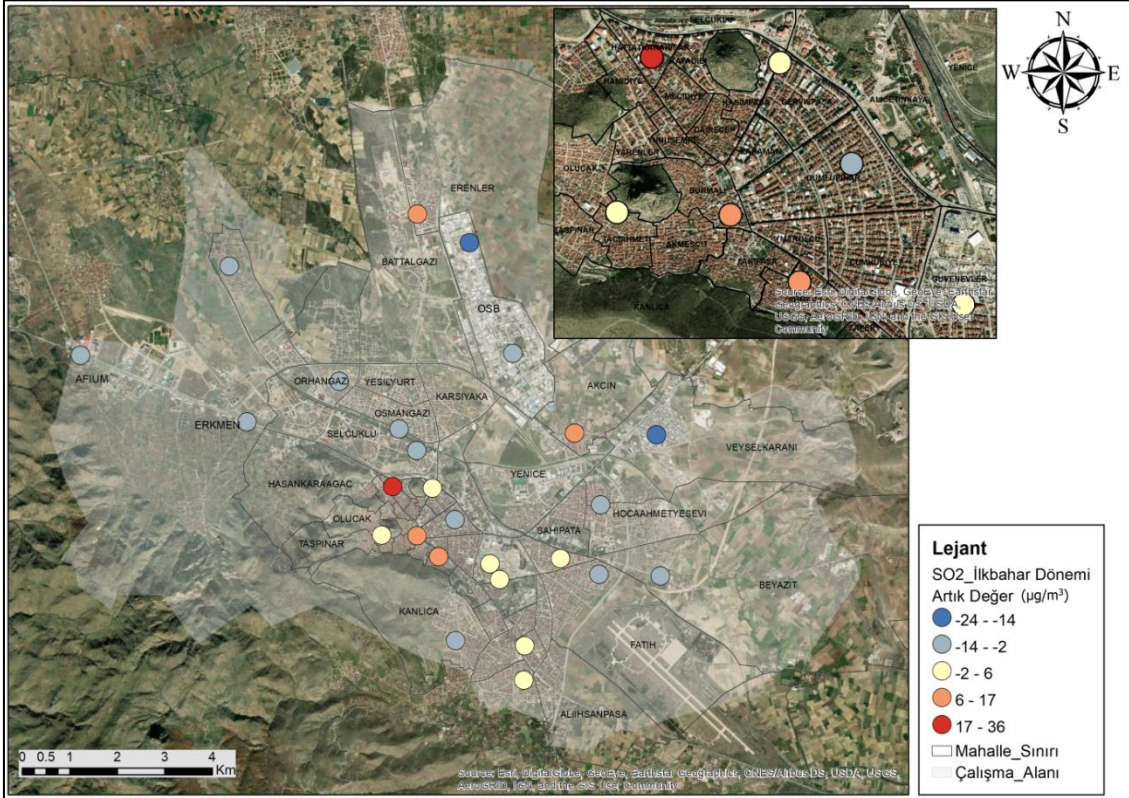
Şekil 4.18 SO<sub>2</sub> kirlilik parametresi için ilkbahar dönemine (bina alanı) ait artık değer dağılım haritası.



Şekil 4.19 SO<sub>2</sub> kirlilik parametresi için ilkbahar dönemine (kat adedi) ait artık değer dağılımı.



Şekil 4.20 SO<sub>2</sub> kirlilik parametresi için ilkbahar dönemine (inşaat alanı) ait artık değer dağılım haritası.



Şekil 4.21 SO<sub>2</sub> kirlilik parametresi için ilkbahar dönemine (açık alan) ait artık değer dağılımı.

#### 4.4.3 SO<sub>2</sub> Yaz Dönemi

Çizelge 4.16'da yer alan p değeri incelendiğinde SO<sub>2</sub> parametresinin yaz dönemi ölçümleri için organize sanayi bölgesi alanı bağımsız değişkenini temsil eden katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu ( $p < 0.05$ ) görülmektedir. AICc değeri 118.32 ve düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri 0.126882'dir (Çizelge 4.17). Bu değer modelin bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık % 13'ünü açıkladığını gösterir.

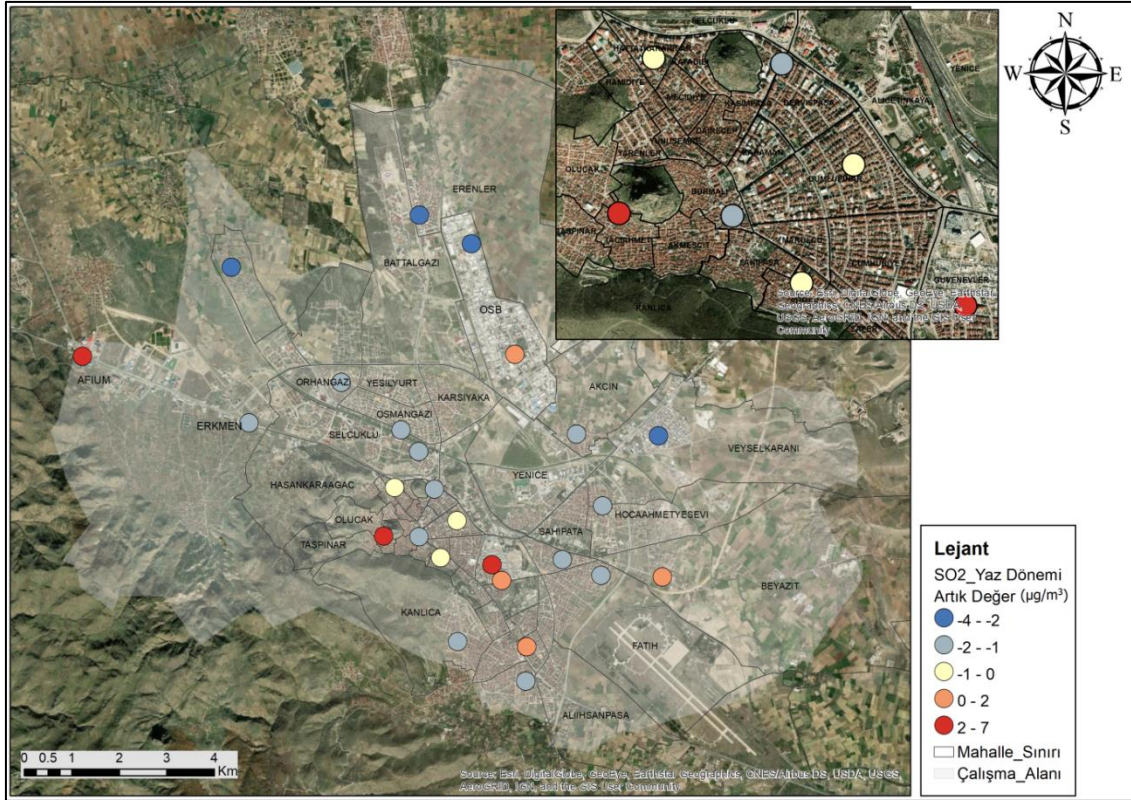
Yapılan tek değişkenli regresyon analizinde, organize sanayi alan büyüklüğü yaz döneminde ölçülen SO<sub>2</sub> değeri ile doğru orantılı olarak bulunmuştur (Çizelge 4.16). Bir diğer ifadeyle, organize sanayi alanlarının bulunduğu bölgelerde kirlilik seviyesi diğer bölgelere göre daha yüksektir. Şekil 4.22 incelendiğinde organize sanayi alan büyüklüğü ilişkisinden hesaplanan artık değerlerin en yüksek olduğu noktalar, organize sanayi bölgesi ve 1. küçük sanayi ile Park Afyon, Afium ve Özdilek alışveriş merkezleri ile dinlenme tesislerinin yer aldığı AFY-5, AFY-9 ve AFY-22 ölçüm noktalarıdır. Artık değerler kış dönemine göre oldukça düşük hesaplanmıştır. Yaz döneminde bina yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde yakıt kullanımının olmaması, yalnızca endüstriyel tesislerde yakıt kullanımının olması o bölgelerde kirliliği ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca alışveriş merkezlerinin yer aldığı ve kavşak noktası niteliğinde olan bölgenin (Afium) yazın hem yaya hem de araç trafiği açısından yoğun olmasının kirliliği arttırdığı değerlendirilmektedir.

**Çizelge 4.16** OLS sonuçlarının özeti (SO<sub>2</sub>\_Yaz Dönemi\_OS B Alanı).

<b>Değişken</b>	<b>Katsayı</b>	<b>Std. Hata</b>	<b>t-test</b>	<b>Olasılık</b>	<b>Robust Std. Hata</b>	<b>Robust_t</b>	<b>Robust_Pr</b>
<b>Sabit Terim</b>	3.525402	0.434840	8.107346	0.000000*	0.403918	8.728004	0.000000*
<b>OS B Alanı</b>	5.416430	2.516409	2.152445	0.041631*	2.655305	2.039852	0.052517

**Çizelge 4.17** OLS modeli istatistiksel değerleri (SO<sub>2</sub>\_Yaz Dönemi\_OS B Alanı).

	<b>Bağımlı Değişken</b>	<b>SO<sub>2</sub>-Yaz Dönemi</b>
<b>Gözlem Sayısı</b>	26	<b>Akaike Bilgi Kriteri (AICc)</b> 118.319349
<b>Çoklu R<sup>2</sup></b>	0.161807	<b>Düzeltilmiş R<sup>2</sup></b> 0.126882
<b>Joint-F İstatistiği</b>	4.633018	<b>Olasılık (&gt;F), (1,24) serbestlik derecesi:</b> 0.041631*
<b>Joint-Wald İstatistiği</b>	4.160997	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (1) serbestlik derecesi:</b> 0.041365*
<b>Koenker (BP) İstatistiği</b>	0.146238	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (1) serbestlik derecesi:</b> 0.702157
<b>Jarque-Bera İstatistiği</b>	14.770815	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (2) serbestlik derecesi:</b> 0.000620*



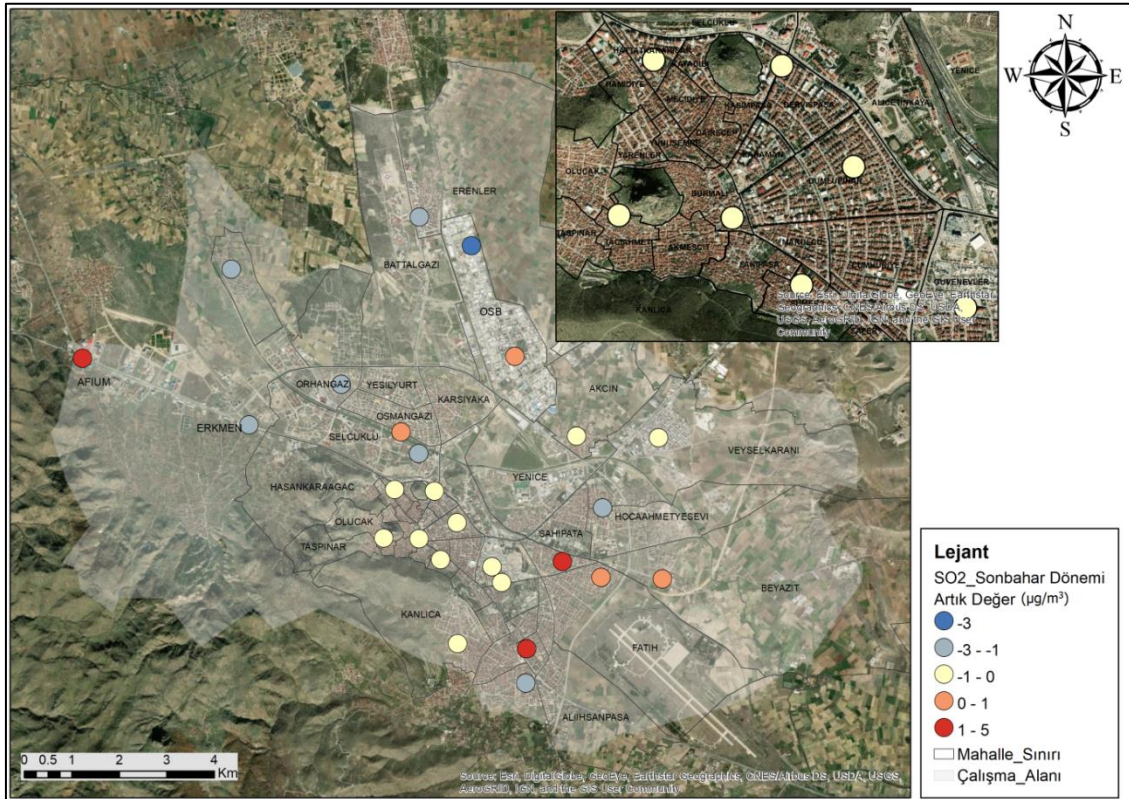
Şekil 4.22 SO<sub>2</sub> kirlilik parametresi için yaz dönemine (OSB) ait artık değer dağılım haritası.



#### 4.4.4 SO<sub>2</sub> Sonbahar Dönemi

Çizelge 4.18’de yer alan p ve Robust\_p değerleri incelendiğinde SO<sub>2</sub> parametresinin sonbahar dönemi ölçümleri için organize sanayi bölgesi alanı bağımsız değişkenini temsil eden katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu ( $p < 0.05$ ) görülmektedir. Organize sanayi alan büyüklüğü sonbahar döneminde ölçülen SO<sub>2</sub> değeri ile doğru orantılı olarak bulunmuştur (Çizelge 4.18). AICc değeri 104.89 ve düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri 0.562089’dur (Çizelge 4.19). Bu değer modelin bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık % 56’sını açıkladığını gösterir.

Regresyon analizi sonucunda, organize sanayi alan büyüklüğü sonbahar döneminde ölçülen SO<sub>2</sub> değeri ile doğru orantılı olarak bulunmuştur (Çizelge 4.18). Şekil 4.23 incelendiğinde organize sanayi alan büyüklüğü ilişkisinden hesaplanan artık değerlerin en yüksek olduğu noktalar, yaz dönemi ile benzerlik göstermektedir.



Şekil 4.23 SO<sub>2</sub> kirlilik parametresi için sonbahar dönemine (OSB) ait artık değer dağılım haritası.

**Çizelge 4.18** OLS sonuçlarının özeti (SO<sub>2</sub>\_Sonbahar Dönemi\_OSBA Alanı).

<b>Değişken</b>	<b>Katsayı</b>	<b>Std. Hata</b>	<b>t-test</b>	<b>Olasılık</b>	<b>Robust Std. Hata</b>	<b>Robust_t</b>	<b>Robust_Pr</b>
<b>Sabit Terim</b>	4.372229	0.335874	13.017471	0.000000*	0.309429	14.129971	0.000000*
<b>OSB Alanı</b>	11.180741	1.943692	5.752321	0.000006*	2.153672	5.191479	0.000025*

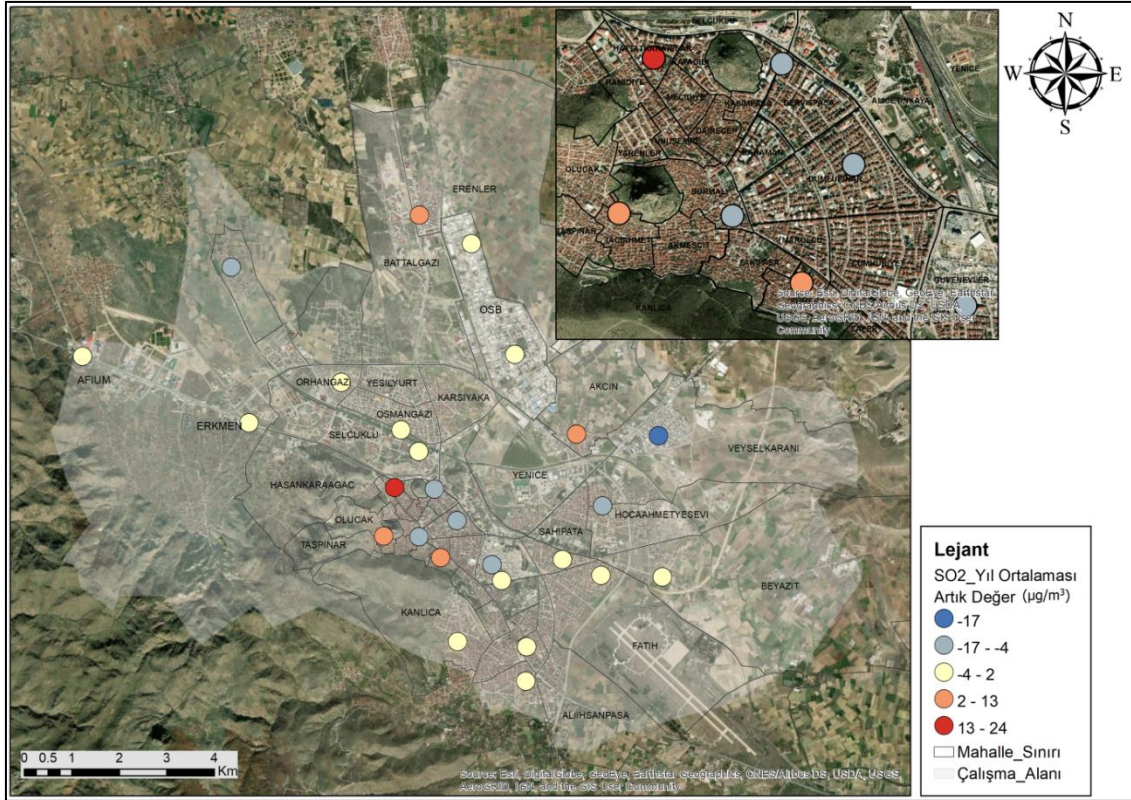
**Çizelge 4.19** OLS modeli istatistiksel değerleri (SO<sub>2</sub>\_Sonbahar Dönemi\_OSBA Alanı).

	<b>Bağımlı Değişken</b>	SO <sub>2</sub> -Sonbahar Dönemi
<b>Gözlem Sayısı</b>	26	<b>Akaike Bilgi Kriteri (AICc)</b> 104.890693
<b>Çoklu R<sup>2</sup></b>	0.579605	<b>Düzeltilmiş R<sup>2</sup></b> 0.562089
<b>Joint-F İstatistiği</b>	33.089194	<b>Olasılık (&gt;F), (1,24) serbestlik derecesi:</b> 0.000006*
<b>Joint-Wald İstatistiği</b>	26.951450	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (1) serbestlik derecesi:</b> 0.000000*
<b>Koenker (BP) İstatistiği</b>	0.274219	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (1) serbestlik derecesi:</b> 0.600516
<b>Jarque-Bera İstatistiği</b>	11.778379	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (2) serbestlik derecesi:</b> 0.002769*

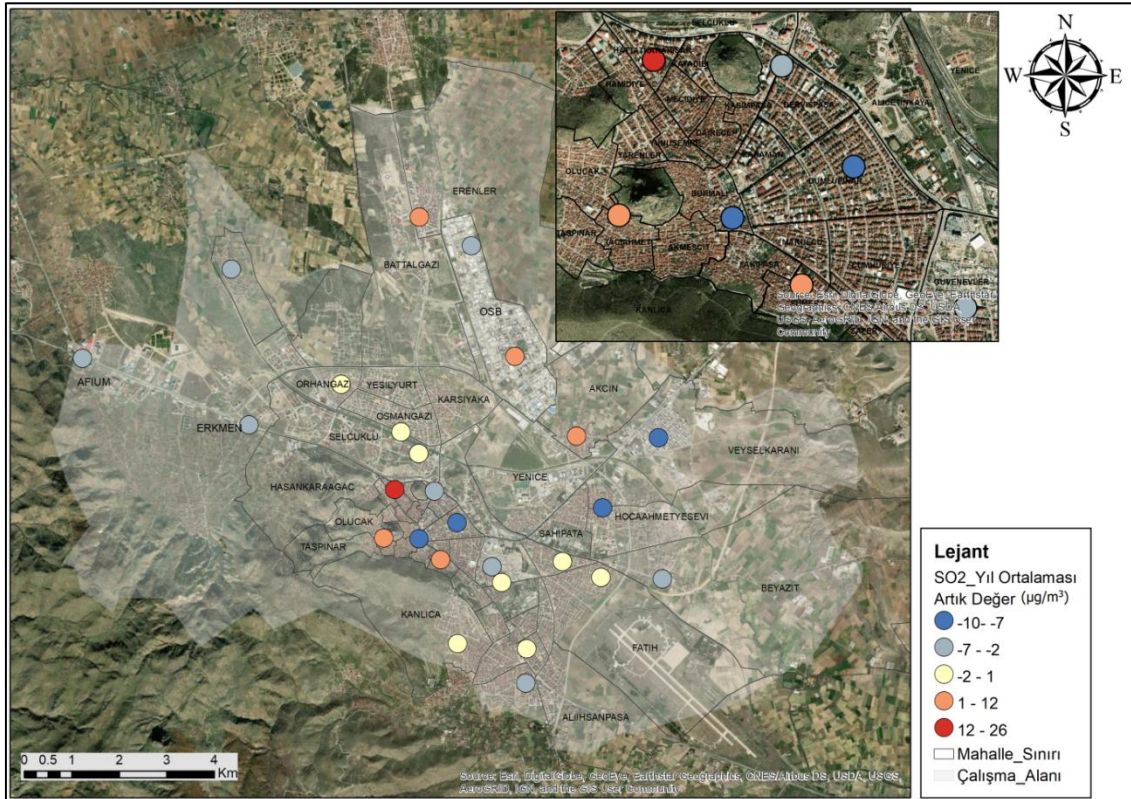
#### 4.4.5 SO<sub>2</sub> Yıl Ortalaması

Çizelge 4.20’de yer alan p ve Robust\_p değerleri incelendiğinde SO<sub>2</sub> parametresinin yıl ortalaması ölçümleri için bina alanı bağımsız değişkenini temsil eden katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu (p <0.05) görülmektedir. AICc değeri 186.07 ve düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri 0.558479’dur (Çizelge 4.21). Bu değer modelin bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık % 56’sını açıkladığını gösterir. Çizelge 4.22’de yer alan p ve Robust\_p değerleri incelendiğinde SO<sub>2</sub> parametresinin yıl ortalaması ölçümleri için kat adedi bağımsız değişkenini temsil eden katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu (p <0.05) görülmektedir. AICc değeri 182.98 ve düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri 0.607991’dir (Çizelge 4.23). Bu değer modelin bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık % 61’ini açıkladığını gösterir. Çizelge 4.24’de yer alan p ve Robust\_p değerleri incelendiğinde inşaat alanı bağımsız değişkenini temsil eden katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu (p <0.05) görülmektedir. AICc değeri 188.18 ve düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri 0.521238’dir (Çizelge 4.25). Bu değer modelin bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık % 52’sini açıkladığını gösterir.

Yapılan tek değişkenli regresyon analizinde, bina taban alanı, kat adedi sayısı, inşaat alanı büyüklüğü SO<sub>2</sub> parametresinin tüm yıl yapılan ölçümlerin ortalama değeri ile doğru orantılı olarak bulunmuştur (Çizelge 4.20, Çizelge 4.22, Çizelge 4.24). Bir diğer ifadeyle, binaların toplam taban alanlarındaki artış, konut sayısındaki artış ve bu değerlerle elde edilen toplam inşaat alanı büyüklüğü kirlilik seviyesini arttırmaktadır. Her bir ölçüm noktasında SO<sub>2</sub> kirlilik parametresinin yıl ortalaması ölçüm değerleri ile bina taban alanları toplamı ve kat adedi toplamları ile ayrı ayrı ilişkisinden hesaplanan artık değerler Şekil 4.24 ve Şekil 4.25’de verilmektedir. Şekil 4.24 ve Şekil 4.25 incelendiğinde yıl ortalamasında artık değerlerin yüksek olduğu noktaların şehir merkezinde, bağımsız birim sayısının ve plansız yapılaşmanın yoğun olduğu bölgelerde yer aldığı görülmektedir. Dolayısı ile bu alanlarda fosil yakıt kullanımının yüksek oranda (~%80) olması kirlilik konsantrasyonunu arttırmaktadır. Açık alan ve yeşil alan büyüklüklerinde istatistiksel olarak anlamlı bir sonuç elde edilememesinin nedeni, oluşturulan buffer alanları içerisinde anlamlı diğer bir ifadeyle kirlilik seviyesini düşürecek büyüklükte açık alan ve yeşil alan olmaması olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 4.24 SO<sub>2</sub> kirlilik parametresi için yıl ortalamasına (bina alanı) ait artık değer dağılım haritası.



Şekil 4.25 SO<sub>2</sub> kirlilik parametresi için yıl ortalamasına (kat adedi) ait artık değer dağılım haritası.

Çizelge 4.20 OLS sonuçlarının özeti (SO<sub>2</sub>\_Yıl Ortalaması\_Bina Alanı).

Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-test	Olasılık	Robust Std. Hata	Robust_t	Robust_Pr
Sabit Terim	7.532791	2.415987	3.117894	0.004683*	1.450538	5.193101	0.000025*
Bina Alanı	109.391562	19.152514	5.711603	0.000007*	17.004774	6.432991	0.000001*

Çizelge 4.21 OLS modeli istatistiksel değerleri (SO<sub>2</sub>\_Yıl Ortalaması\_Bina Alanı).

	Bağımlı Değişken	SO <sub>2</sub> -Yıl Ortalaması
Gözlem Sayısı	26	Akaike Bilgi Kriteri (AICc) 186.074763
Çoklu R <sup>2</sup>	0.576140	Düzeltilmiş R <sup>2</sup> 0.558479
Joint-F İstatistiği	32.622413	Olasılık (>F), (1,24) serbestlik derecesi: 0.000007*
Joint-Wald İstatistiği	41.383376	Olasılık (>chi-squared), (1) serbestlik derecesi: 0.000000*
Koenker (BP) İstatistiği	1.602226	Olasılık (>chi-squared), (1) serbestlik derecesi: 0.205588
Jarque-Bera İstatistiği	11.270332	Olasılık (>chi-squared), (2) serbestlik derecesi: 0.003570*

Çizelge 4.22 OLS sonuçlarının özeti (SO<sub>2</sub>\_Yıl Ortalaması\_Kat Adedi).

Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-test	Olasılık	Robust Std. Hata	Robust_t	Robust_Pr
Sabit Terim	10.370855	1.906874	5.438669	0.000013*	1.478556	7.014177	0.000000*
Kat Adedi	0.005074	0.000805	6.306662	0.000001*	0.000673	7.542507	0.000000*

Çizelge 4.23 OLS modeli istatistiksel değerleri (SO<sub>2</sub>\_ Yıl Ortalaması\_Kat Adedi).

		Bağımlı Değişken	SO <sub>2</sub> -Yıl Ortalaması
Gözlem Sayısı	26	Akaike Bilgi Kriteri (AICc)	182.982312
Çoklu R <sup>2</sup>	0.623671	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	0.607991
Joint-F İstatistiği	39.773982	Olasılık (>F), (1,24) serbestlik derecesi:	0.000002*
Joint-Wald İstatistiği	56.889410	Olasılık (>chi-squared), (1) serbestlik derecesi:	0.000000*
Koenker (BP) İstatistiği	0.264610	Olasılık (>chi-squared), (1) serbestlik derecesi:	0.606971
Jarque-Bera İstatistiği	32.937931	Olasılık (>chi-squared), (2) serbestlik derecesi:	0.000000*

Çizelge 4.24 OLS sonuçlarının özeti (SO<sub>2</sub>\_ Yıl Ortalaması\_İnşaat Alanı).

Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-test	Olasılık	Robust Std. Hata	Robust_t	Robust_Pr
Sabit Terim	13.693461	1.812925	7.553242	0.000000*	1.573927	8.700190	0.000000*
İnşaat Alanı	0.015571	0.002931	5.312065	0.000018*	0.003465	4.494431	0.000149*

Çizelge 4.25 OLS modeli istatistiksel değerleri (SO<sub>2</sub>\_ Yıl Ortalaması\_İnşaat Alanı).

		Bağımlı Değişken	SO <sub>2</sub> -Yıl Ortalaması
Gözlem Sayısı	26	Akaike Bilgi Kriteri (AICc)	188.180165
Çoklu R <sup>2</sup>	0.540389	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	0.521238
Joint-F İstatistiği	28.218032	Olasılık (>F), (1,24) serbestlik derecesi:	0.000019*

**Çizelge 4.25 (Devam)** OLS modeli istatistiksel değerleri (SO<sub>2</sub>\_ Yıl Ortalaması\_ İnşaat Alanı).

<b>Joint-Wald İstatistiği</b>	20.199912	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (1) serbestlik derecesi:</b>	0.000007*
<b>Koenker (BP) İstatistiği</b>	0.539680	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (1) serbestlik derecesi:</b>	0.462566
<b>Jarque-Bera İstatistiği</b>	32.018293	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (2) serbestlik derecesi:</b>	0.000000*

#### 4.4.6 NO<sub>2</sub> Kış Dönemi

Çizelge 4.26'da yer alan p ve Robust\_p değerleri incelendiğinde NO<sub>2</sub> parametresinin kış dönemi ölçümleri için bina alanı bağımsız değişkenini temsil eden katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu ( $p < 0.05$ ) görülmektedir. AICc değeri 187.11 ve düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri 0.183240'dır (Çizelge 4.27). Bu değer modelin bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık % 18'ini açıkladığını gösterir.

Çizelge 4.28'de yer alan p ve Robust\_p değerleri incelendiğinde NO<sub>2</sub> parametresinin kış dönemi ölçümleri için kat adedi bağımsız değişkenini temsil eden katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu ( $p < 0.05$ ) görülmektedir. AICc değeri 188.41 ve düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri 0.141407'dir (Çizelge 4.29). Bu değer modelin bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık % 14'ünü açıkladığını gösterir.

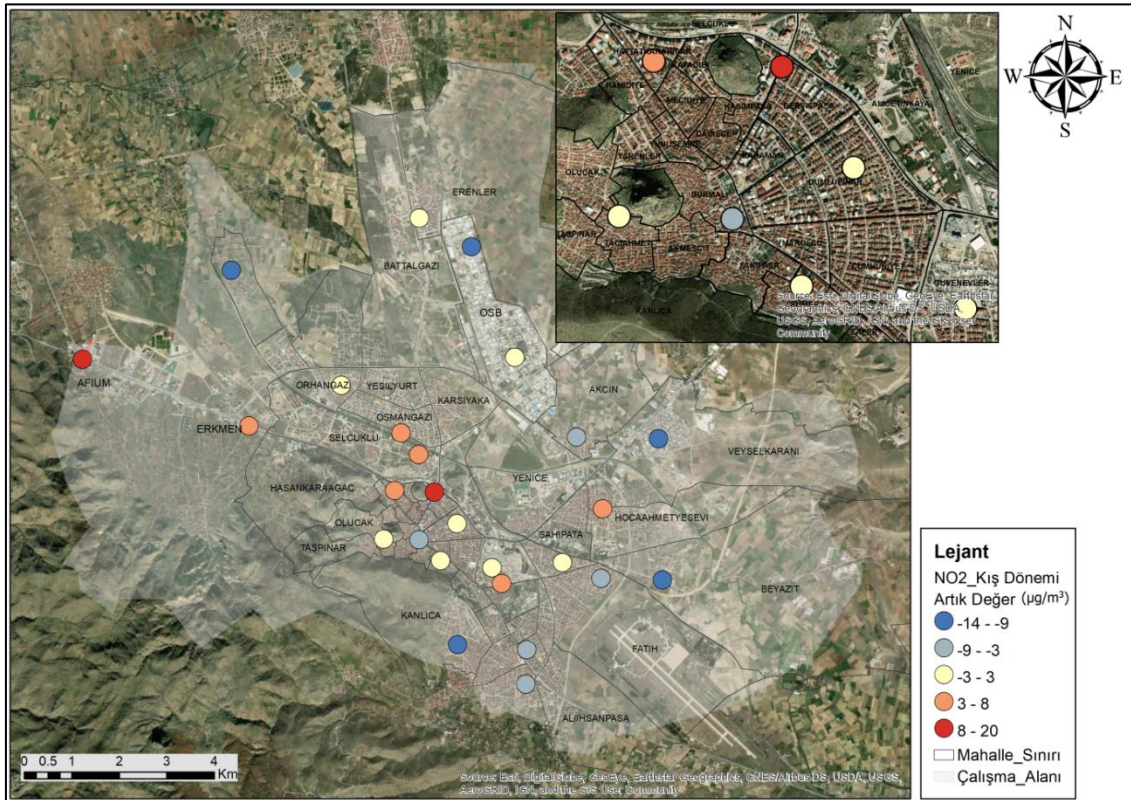
Çizelge 4.30'de yer alan p ve Robust\_p değerleri incelendiğinde NO<sub>2</sub> parametresinin kış dönemi ölçümleri için anayol bağımsız değişkenini temsil eden katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu ( $p < 0.05$ ) görülmektedir. AICc değeri 183.68 ve düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri 0.284154'dür (Çizelge 4.31). Bu değer modelin bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık % 28'ini açıkladığını gösterir.

Çizelge 4.32'de yer alan p ve Robust\_p değerleri incelendiğinde NO<sub>2</sub> parametresinin kış dönemi ölçümleri için yeşil alan bağımsız değişkenini temsil eden katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu ( $p < 0.05$ ) görülmektedir. AICc değeri 188.64 ve düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri 0.133828'dir (Çizelge 4.33). Bu değer modelin bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık % 13'ünü açıkladığını gösterir.

Yapılan tek değişkenli regresyon analizinde, toplam bina taban alanı, kat adedi toplamı, toplam anayol uzunluğu ve yeşil alan büyüklüğü kış döneminde ölçülen NO<sub>2</sub> değeri ile doğru orantılı olarak bulunmuştur (Çizelge 4.26, Çizelge 4.28, Çizelge 4.30, Çizelge 4.32). Bir diğer ifadeyle, binaların toplam taban alanlarındaki artış, konut sayısındaki artış ve anayol uzunluğundaki artış kirlilik seviyesini arttırmaktadır. Çizelge 4.32 incelendiğinde yeşil alan büyüklüğündeki artışın da kirlilik seviyesini arttırdığı görülmektedir. Oluşturulan buffer alanları incelendiğinde alan içerisinde kalan yeşil



alanların yalnızca refüjlerde, yol kenarlarında olduğu, konut yoğunluğu olan mahalle içlerinde anlamlı büyüklükte olmadığı bu nedenle yeşil alan büyüklüğünün diğer mahallelere göre toplam alan bazında daha çok olmasının kirlilik seviyesini etkilemediği değerlendirilmektedir. Artık değerlerin yüksek olduğu noktalara bakıldığında, noktaların genellikle anayol ve çevre yoluna yakın oldukları görülmektedir (Şekil 4.26, Şekil 4.27 ve Şekil 4.28).



Şekil 4.26 NO<sub>2</sub> kirlilik parametresi için kış dönemi (bina alanı) ait artık değer dağılım haritası.

**Çizelge 4.26** OLS sonuçlarının özeti (NO<sub>2</sub>\_Kış Dönemi\_Bina Alanı).

<b>Değişken</b>	<b>Katsayı</b>	<b>Std. Hata</b>	<b>t-test</b>	<b>Olasılık</b>	<b>Robust Std. Hata</b>	<b>Robust_t</b>	<b>Robust_Pr</b>
<b>Sabit Terim</b>	29.975937	2.464652	12.162338	0.000000*	2.526480	11.864703	0.000000*
<b>Bina Alanı</b>	50.228022	19.538305	2.570746	0.016777*	15.706007	3.198013	0.003860*

**Çizelge 4.27** OLS modeli istatistiksel değerleri (NO<sub>2</sub>\_Kış Dönemi\_Bina Alanı).

			<b>Bağımlı Değişken</b>	NO <sub>2</sub> -Kış Dönemi
<b>Gözlem Sayısı</b>	26		<b>Akaike Bilgi Kriteri (AICc)</b>	187.111796
<b>Çoklu R<sup>2</sup></b>	0.215910		<b>Düzeltilmiş R<sup>2</sup></b>	0.183240
<b>Joint-F İstatistiği</b>	6.608736		<b>Olasılık (&gt;F), (1,24) serbestlik derecesi:</b>	0.016776*
<b>Joint-Wald İstatistiği</b>	10.227290		<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (1) serbestlik derecesi:</b>	0.001384*
<b>Koenker (BP) İstatistiği</b>	1.117520		<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (1) serbestlik derecesi:</b>	0.290453
<b>Jarque-Bera İstatistiği</b>	1.417197		<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (2) serbestlik derecesi:</b>	0.492334

**Çizelge 4.28** OLS sonuçlarının özeti (NO<sub>2</sub>\_Kış Dönemi\_Kat Adedi).

<b>Değişken</b>	<b>Katsayı</b>	<b>Std. Hata</b>	<b>t-test</b>	<b>Olasılık</b>	<b>Robust Std. Hata</b>	<b>Robust_t</b>	<b>Robust_Pr</b>
<b>Sabit Terim</b>	31.753483	2.116689	15.001486	0.000000*	2.223745	14.279282	0.000000*
<b>Kat Adedi</b>	0.002020	0.000893	2.262165	0.033021*	0.000625	3.231730	0.003557*

**Çizelge 4.29** OLS modeli istatistiksel değerleri (NO<sub>2</sub>\_Kış Dönemi\_Kat Adedi).

		Bağımlı Değişken	NO <sub>2</sub> -Kış Dönemi
Gözlem Sayısı	26	Akaike Bilgi Kriteri (AICc)	188.410490
Çoklu R <sup>2</sup>	0.175750	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	0.141407
Joint-F İstatistiği	5.117392	Olasılık (>F), (1,24) serbestlik derecesi:	0.033021*
Joint-Wald İstatistiği	10.444078	Olasılık (>chi-squared), (1) serbestlik derecesi:	0.001230*
Koenker (BP) İstatistiği	1.893136	Olasılık (>chi-squared), (1) serbestlik derecesi:	0.168849
Jarque-Bera İstatistiği	1.166517	Olasılık (>chi-squared), (2) serbestlik derecesi:	0.558077

**Çizelge 4.30** OLS sonuçlarının özeti (NO<sub>2</sub>\_Kış Dönemi\_Anayol).

Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-test	Olasılık	Robust Std. Hata	Robust_t	Robust_Pr
Sabit Terim	29.296603	2.235294	13.106377	0.000000*	2.399706	12.208412	0.000000*
Anayol	0.007553	0.002285	3.305105	0.002975*	0.002208	3.420115	0.002244*

**Çizelge 4.31** OLS modeli istatistiksel değerleri (NO<sub>2</sub>\_Kış Dönemi\_Anayol).

		Bağımlı Değişken	NO <sub>2</sub> -Kış Dönemi
Gözlem Sayısı	26	Akaike Bilgi Kriteri (AICc)	183.682896
Çoklu R <sup>2</sup>	0.312788	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	0.284154
Joint-F İstatistiği	10.923719	Olasılık (>F), (1,24) serbestlik derecesi:	0.002975*
Joint-Wald İstatistiği	11.697184	Olasılık (>chi-squared), (1) serbestlik derecesi:	0.000626*

**Çizelge 4.31 (Devam)** OLS modeli istatistiksel değerleri (NO<sub>2</sub>\_Kış Dönemi\_Anayol).

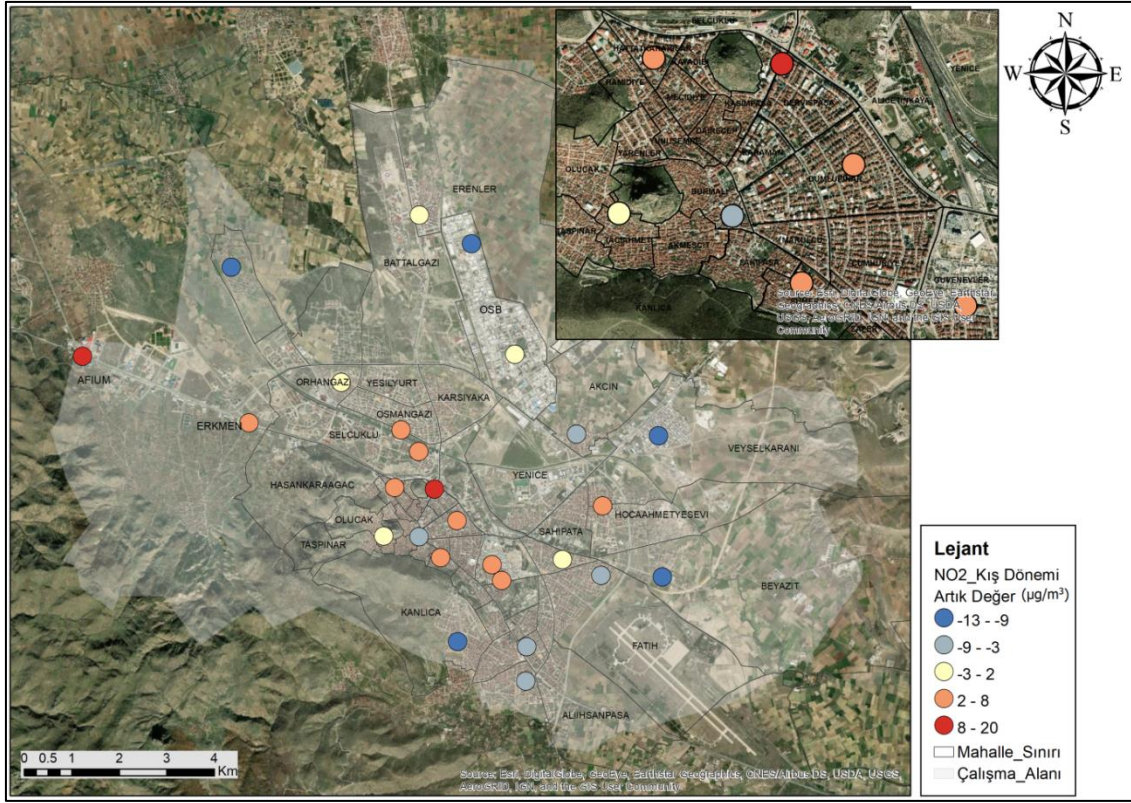
<b>Koenker (BP) İstatistiği</b>	1.748225	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (1) serbestlik derecesi:</b>	0.186100
<b>Jarque-Bera İstatistiği</b>	1.444096	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (2) serbestlik derecesi:</b>	0.485756

**Çizelge 4.32** OLS sonuçlarının özeti (NO<sub>2</sub>\_Kış Dönemi\_Yeşil Alan).

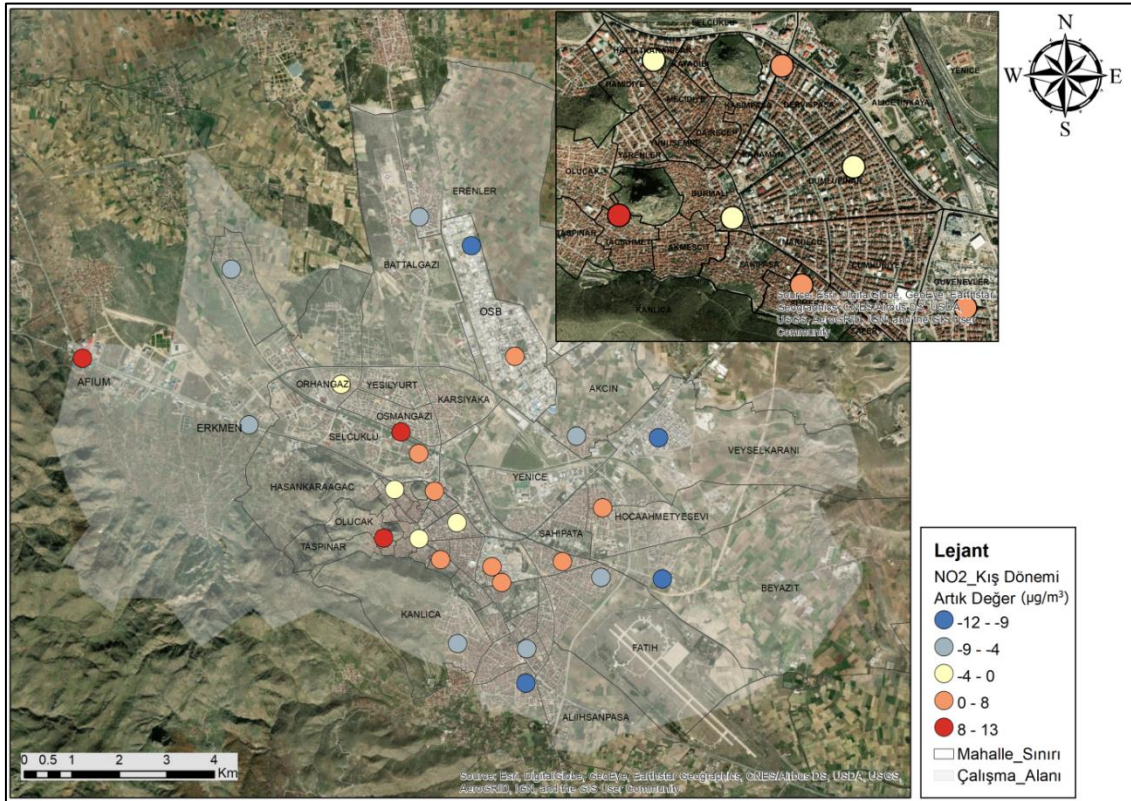
<b>Değişken</b>	<b>Katsayı</b>	<b>Std. Hata</b>	<b>t-test</b>	<b>Olasılık</b>	<b>Robust Std. Hata</b>	<b>Robust_t</b>	<b>Robust_Pr</b>
<b>Sabit Terim</b>	24.950000	4.773529	5.226741	0.000023*	3.208056	7.777296	0.000000*
<b>Yeşil Alan</b>	11.191739	5.075307	2.205135	0.037271*	3.635645	3.078337	0.005149*

**Çizelge 4.33** OLS modeli istatistiksel değerleri (NO<sub>2</sub>\_Kış Dönemi\_Yeşil Alan).

		<b>Bağımlı Değişken</b>	<b>NO<sub>2</sub>-Kış Dönemi</b>
<b>Gözlem Sayısı</b>	26	<b>Akaike Bilgi Kriteri (AICc)</b>	188.638984
<b>Çoklu R<sup>2</sup></b>	0.168475	<b>Düzeltilmiş R<sup>2</sup></b>	0.133828
<b>Joint-F İstatistiği</b>	4.862623	<b>Olasılık (&gt;F), (1,24) serbestlik derecesi:</b>	0.037271*
<b>Joint-Wald İstatistiği</b>	9.476156	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (1) serbestlik derecesi:</b>	0.002082*
<b>Koenker (BP) İstatistiği</b>	0.546260	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (1) serbestlik derecesi:</b>	0.459850
<b>Jarque-Bera İstatistiği</b>	0.175232	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (2) serbestlik derecesi:</b>	0.916113



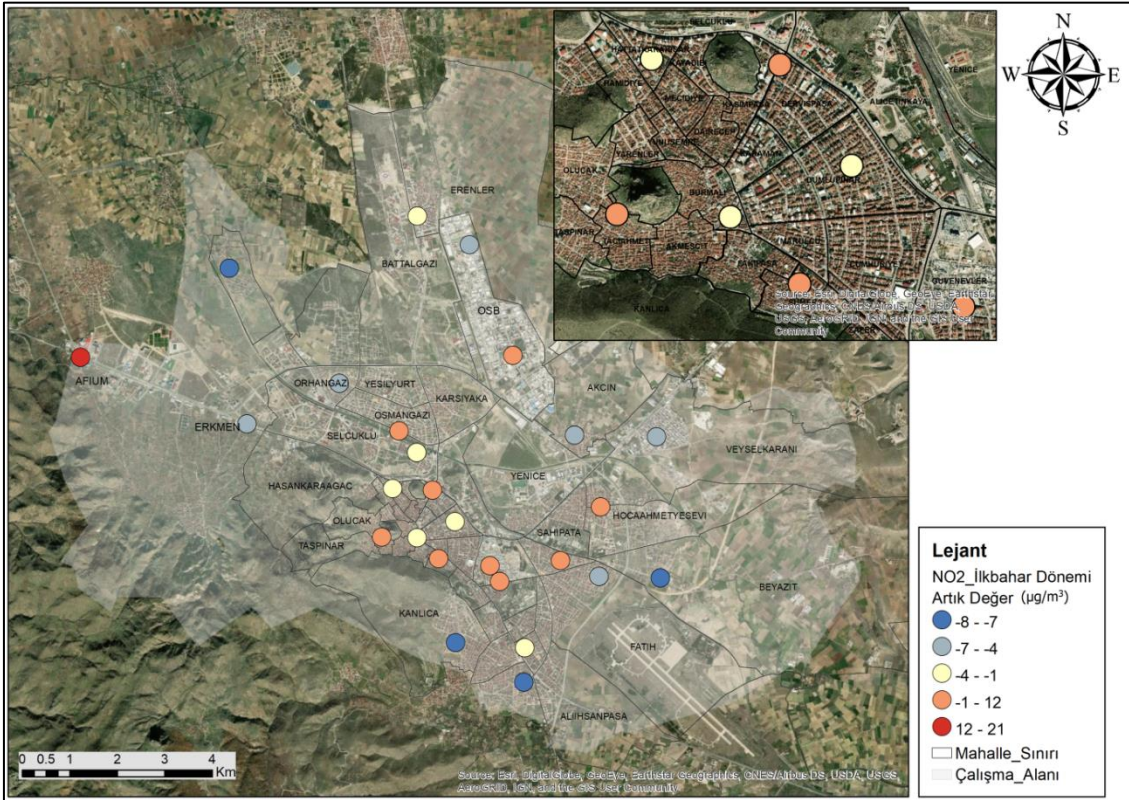
Şekil 4.27 NO<sub>2</sub> kirlilik parametresi için kış dönemi (kat adedi) ait artık değer dağılım haritası.



Şekil 4.28 NO<sub>2</sub> kirlilik parametresi için kış dönemi (anayol) ait artık değer dağılım haritası

#### 4.4.7 NO<sub>2</sub> İlkbahar Dönemi

Çizelge 4.34’de yer alan p ve Robust\_p değerleri incelendiğinde NO<sub>2</sub> parametresinin ilkbahar dönemi ölçümleri için anayol bağımsız değişkenini temsil eden katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu (p <0.05) görülmektedir. Toplam anayol uzunluğu ilkbahar döneminde ölçülen NO<sub>2</sub> değeri ile doğru orantılı olarak bulunmuştur (Çizelge 4.34). AICc değeri 182.08 ve düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri 0.225189’dur (Çizelge 4.35). Bu değer modelin bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık % 23’ünü açıkladığını gösterir.



Şekil 4.29 NO<sub>2</sub> kirlilik parametresi için ilkbahar dönemi (anayol) ait artık değer dağılım haritası.

**Çizelge 4.34** OLS sonuçlarının özeti (NO<sub>2</sub>\_ İlkbahar Dönemi \_Anayol).

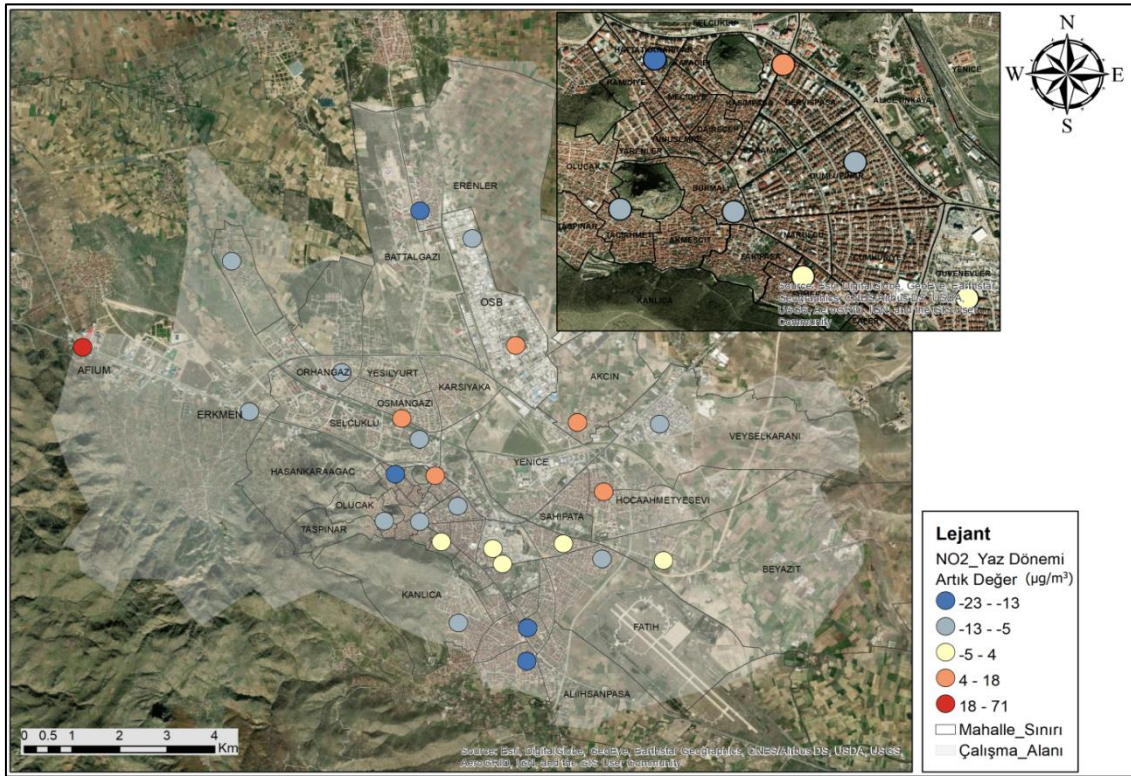
<b>Değişken</b>	<b>Katsayı</b>	<b>Std. Hata</b>	<b>t-test</b>	<b>Olasılık</b>	<b>Robust Std. Hata</b>	<b>Robust_t</b>	<b>Robust_Pr</b>
<b>Sabit Terim</b>	17.510811	2.167482	8.078873	0.000000*	2.104280	8.321519	0.000000*
<b>Anayol</b>	0.006371	0.002216	2.875052	0.008336*	0.002179	2.923646	0.007436*

**Çizelge 4.35** OLS modeli istatistiksel değerleri (NO<sub>2</sub>\_ İlkbahar Dönemi \_Anayol).

<b>Bağımlı Değişken</b>		<b>NO<sub>2</sub>-İlkbahar Dönemi</b>	
<b>Gözlem Sayısı</b>	26	<b>Akaike Bilgi Kriteri (AICc)</b>	182.080951
<b>Çoklu R<sup>2</sup></b>	0.256181	<b>Düzeltilmiş R<sup>2</sup></b>	0.225189
<b>Joint-F İstatistiği</b>	8.265924	<b>Olasılık (&gt;F), (1,24) serbestlik derecesi:</b>	0.008334*
<b>Joint-Wald İstatistiği</b>	8.547707	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (1) serbestlik derecesi:</b>	0.003460*
<b>Koenker (BP) İstatistiği</b>	0.000299	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (1) serbestlik derecesi:</b>	0.986200
<b>Jarque-Bera İstatistiği</b>	6.883849	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (2) serbestlik derecesi:</b>	0.032003*

#### 4.4.8 NO<sub>2</sub> Yaz Dönemi

Çizelge 4.36’de yer alan p ve Robust\_p değerleri incelendiğinde NO<sub>2</sub> parametresinin yaz dönemi ölçümleri için anayol bağımsız değişkenini temsil eden katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu (p <0.05) görülmektedir. Toplam anayol uzunluğu ilkbahar döneminde ölçülen NO<sub>2</sub> değeri ile doğru orantılı olarak bulunmuştur (Çizelge 4.36). AICc değeri 229.15 ve düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri 0.175871’dir (Çizelge 4.37). Bu değer modelin bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık % 18’sini açıkladığını gösterir. Her bir ölçüm noktasında NO<sub>2</sub> kirlilik parametresinin yaz dönemindeki ölçüm değerleri ile toplam anayol uzunluğu bağımsız değişkeninin ilişkisinden hesaplanan artık değerlerin verildiği Şekil 4.30 incelendiğinde, artık değer en yüksek olduğu nokta AFY-9 noktasıdır. Diğer dönemlere göre en yüksek artık değer yaz döneminde hesaplanmıştır. AFY-9 noktası Afium ve Özdilek alışveriş merkezleri ile yolcu otobüslerinin uğrak noktası ve günlük kullanımda tercih edilen dinlenme tesislerinin yer aldığı, ayrıca şehirler arası yol güzergahı ve kavşak noktası olan bir alanda yer almaktadır. Çevre yolu ve kavşak noktasında yer alan bu noktada taşıt yoğunluğunun fazla olmasının kirlilik düzeyini arttırdığı değerlendirilmektedir.



Şekil 4.30 NO<sub>2</sub> kirlilik parametresi için yaz dönemi (anayol) ait artık değer dağılım haritası.



**Çizelge 4.36** OLS sonuçlarının özeti (NO<sub>2</sub>\_Yaz Dönemi\_Anayol).

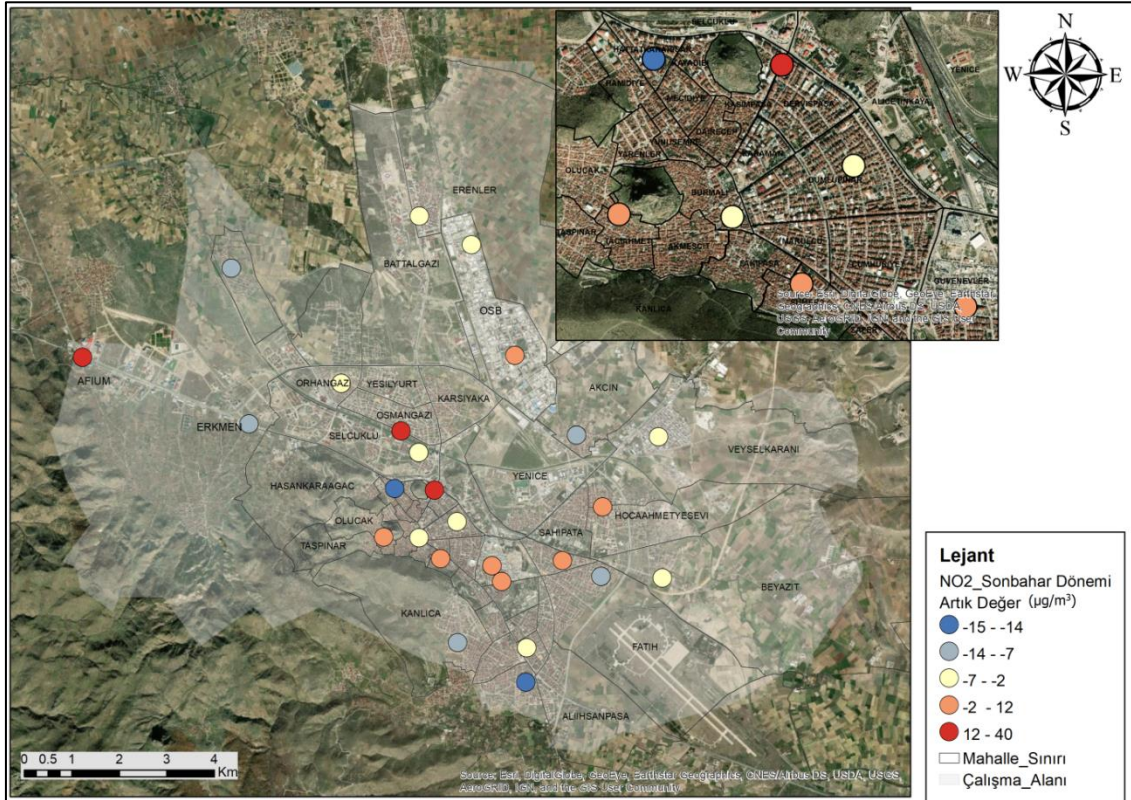
<b>Değişken</b>	<b>Katsayı</b>	<b>Std. Hata</b>	<b>t-test</b>	<b>Olasılık</b>	<b>Robust Std. Hata</b>	<b>Robust_t</b>	<b>Robust_Pr</b>
<b>Sabit Terim</b>	21.011380	5.359003	3.920763	0.000642*	2.959398	7.099883	0.000000*
<b>Anayol</b>	0.013790	0.005479	2.516954	0.018927*	0.005863	2.352200	0.027203*

**Çizelge 4.37** OLS modeli istatistiksel değerleri (NO<sub>2</sub>\_Yaz Dönemi\_Anayol).

		<b>Bağımlı Değişken</b>	<b>NO<sub>2</sub>-Yaz Dönemi</b>
<b>Gözlem Sayısı</b>	26	<b>Akaike Bilgi Kriteri (AICc)</b>	229.151971
<b>Çoklu R<sup>2</sup></b>	0.208836	<b>Düzeltilmiş R<sup>2</sup></b>	0.175871
<b>Joint-F İstatistiği</b>	6.335059	<b>Olasılık (&gt;F), (1,24) serbestlik derecesi:</b>	0.018925*
<b>Joint-Wald İstatistiği</b>	5.532844	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (1) serbestlik derecesi:</b>	0.018663*
<b>Koenker (BP) İstatistiği</b>	1.706371	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (1) serbestlik derecesi:</b>	0.191457
<b>Jarque-Bera İstatistiği</b>	98.896546	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (2) serbestlik derecesi:</b>	0.000000*

#### 4.4.9 NO<sub>2</sub> Sonbahar Dönemi

Çizelge 4.38’de yer alan p ve Robust\_p değerleri incelendiğinde NO<sub>2</sub> parametresinin sonbahar dönemi ölçümleri için anayol bağımsız değişkenini temsil eden katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu (p <0.05) görülmektedir. Toplam anayol uzunluğu sonbahar döneminde ölçülen NO<sub>2</sub> değeri ile doğru orantılı olarak bulunmuştur (Çizelge 4.38). AICc değeri 209.91 ve düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri 0.183055’dir (Çizelge 4.39). Bu değer modelin bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık % 18’sini açıkladığını gösterir. Her bir ölçüm noktasında NO<sub>2</sub> kirlilik parametresinin sonbahar dönemindeki ölçüm değerleri ile toplam anayol uzunluğu bağımsız değişkeninin ilişkisinden hesaplanan artık değerlerin verildiği Şekil 4.31 incelendiğinde, artık değerlerin en yüksek olduğu noktaların anayol ve çevre yolu yakınında konumlandığı görülmektedir.



Şekil 4.31 NO<sub>2</sub> kirlilik parametresi için sonbahar dönemi (anayol) ait artık değer dağılım haritası.

**Çizelge 4.38** OLS sonuçlarının özeti (NO<sub>2</sub>\_Sonbahar Dönemi\_Anayol).

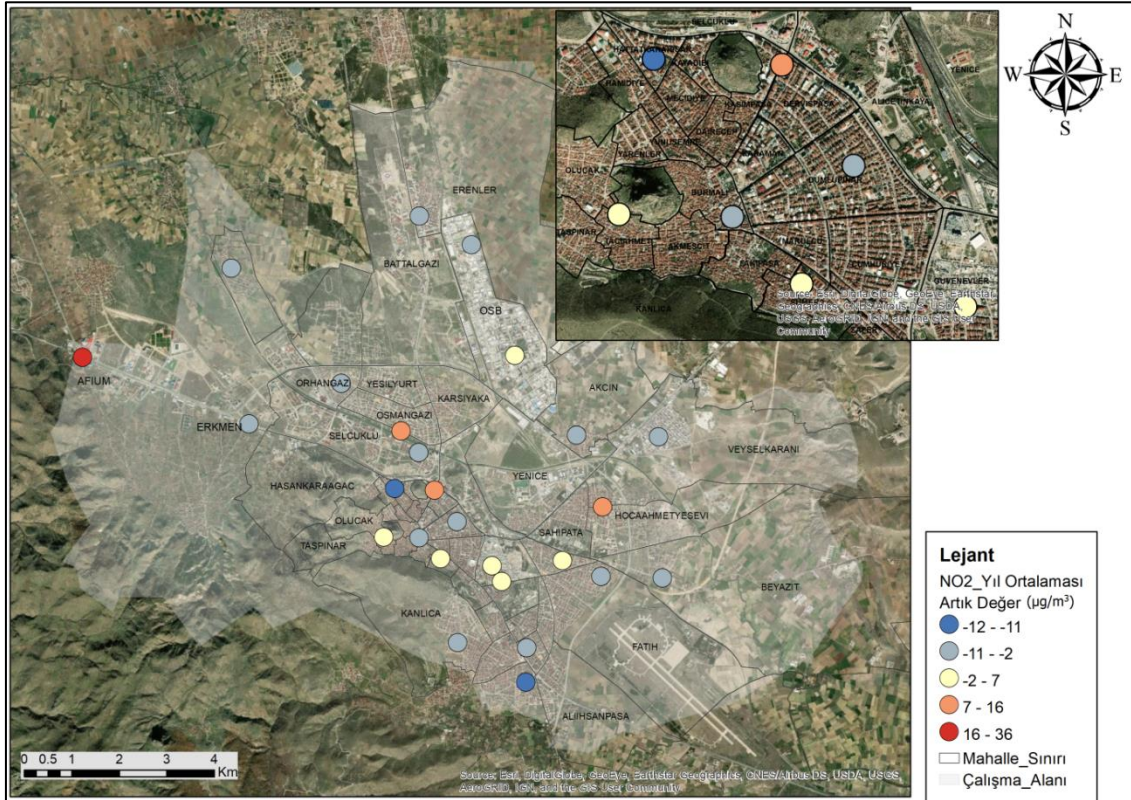
<b>Değişken</b>	<b>Katsayı</b>	<b>Std. Hata</b>	<b>t-test</b>	<b>Olasılık</b>	<b>Robust Std. Hata</b>	<b>Robust_t</b>	<b>Robust_Pr</b>
<b>Sabit Terim</b>	24.411912	3.701740	6.594712	0.000001*	3.011733	8.105602	0.000000*
<b>Anayol</b>	0.009724	0.003784	2.569401	0.016828*	0.004357	2.231766	0.035228*

**Çizelge 4.39** OLS modeli istatistiksel değerleri (NO<sub>2</sub>\_Sonbahar Dönemi\_Anayol).

		<b>Bağımlı Değişken</b>	NO <sub>2</sub> -Sonbahar Dönemi
<b>Gözlem Sayısı</b>	26	<b>Akaike Bilgi Kriteri (AICc)</b>	209.913279
<b>Çoklu R<sup>2</sup></b>	0.215733	<b>Düzeltilmiş R<sup>2</sup></b>	0.183055
<b>Joint-F İstatistiği</b>	6.601820	<b>Olasılık (&gt;F), (1,24) serbestlik derecesi:</b>	0.016827*
<b>Joint-Wald İstatistiği</b>	4.980780	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (1) serbestlik derecesi:</b>	0.025630*
<b>Koenker (BP) İstatistiği</b>	1.586552	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (1) serbestlik derecesi:</b>	0.207820
<b>Jarque-Bera İstatistiği</b>	19.178365	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (2) serbestlik derecesi:</b>	0.000068*

#### 4.4.10 NO<sub>2</sub> Yıl Ortalaması

Çizelge 4.40'de yer alan p ve Robust\_p değerleri incelendiğinde NO<sub>2</sub> parametresinin yıl ortalaması ölçümleri için anayol bağımsız değişkenini temsil eden katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu (p <0.05) görülmektedir. AICc değeri 201,07 ve düzeltilmiş R<sup>2</sup> değeri 0,232957'dir (Çizelge 4.41). Bu değer modelin bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık % 23'ünü açıkladığını gösterir. Her bir ölçüm noktasında NO<sub>2</sub> kirlilik parametresinin yıl ortalaması ölçüm değerleri ile toplam anayol uzunluğu bağımsız değişkeninin ilişkisinden hesaplanan artık değerlerin verildiği Şekil 4.32 incelendiğinde, artık değerlerin en yüksek ve en düşük olduğu noktaların anayol, çevre yolu yakınında ve kavşak noktalarında konumlandığı görülmektedir. Yol uzunlukları arttıkça kirlilik artmaktadır (Çizelge 4.40).



Şekil 4.32 NO<sub>2</sub> kirlilik parametresi için yıl ortalamasına (anayol) ait artık değer dağılım haritası.

**Çizelge 4.40** OLS sonuçlarının özeti (NO<sub>2</sub>\_Yıl Ortalaması\_Anayol).

<b>Değişken</b>	<b>Katsayı</b>	<b>Std. Hata</b>	<b>t-test</b>	<b>Olasılık</b>	<b>Robust Std. Hata</b>	<b>Robust_t</b>	<b>Robust_Pr</b>
<b>Sabit Terim</b>	23.059031	3.122594	7.384575	0.000000*	2.415588	9.545928	0.000000*
<b>Anayol</b>	0.009358	0.003192	2.931333	0.007303*	0.003431	2.727783	0.011735*

**Çizelge 4.41** OLS modeli istatistiksel değerleri (NO<sub>2</sub>\_Yıl Ortalaması\_Anayol).

		<b>Bağımlı Değişken</b>	NO <sub>2</sub> -Yıl Ortalaması
<b>Gözlem Sayısı</b>	26	<b>Akaike Bilgi Kriteri (AICc)</b>	201.066051
<b>Çoklu R<sup>2</sup></b>	0.263639	<b>Düzeltilmiş R<sup>2</sup></b>	0.232957
<b>Joint-F İstatistiği</b>	8.592713	<b>Olasılık (&gt;F), (1,24) serbestlik derecesi:</b>	0.007301*
<b>Joint-Wald İstatistiği</b>	7.440800	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (1) serbestlik derecesi:</b>	0.006376*
<b>Koenker (BP) İstatistiği</b>	1.118407	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (1) serbestlik derecesi:</b>	0.290262
<b>Jarque-Bera İstatistiği</b>	29.260328	<b>Olasılık (&gt;chi-squared), (2) serbestlik derecesi:</b>	0.000000*

## 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Hava kirliliği, her türlü canlı yaşamına olan ve ölüme kadar götürebilen olumsuz etkisi nedeniyle yerelden globale tüm dünyayı etkileyen ortak bir sorun olarak tanımlanmaktadır. Fosil yakıt tüketimi, plansız ve çarpık kentleşme, sanayileşme, meteorolojik ve topografik koşullar ve trafik yoğunluğunun artması hava kalitesini olumsuz etkilemektedir. Dünyanın birçok ülkesindeki gibi ülkemizde de hava kirliliği bahsedilen nedenlerden dolayı artmaktadır. Hava kirlilik verilerine göre Türkiye, Avrupa sınırları içerisinde hava kirliliğine bağlı erken ölümlerin en yüksek olduğu ülkelerden biridir. DSÖ'nün 2016 yılında yayımladığı raporda ise Afyonkarahisar hava kirliliğinde Avrupa'da 7. sırada yer almaktadır (Yazıcı vd. 2018).

Hayati öneme sahip hava kalitesi düzeyinin en iyi seviyelerde olması için kirlilik parametrelerinin konsantrasyon değerlerinin ölçülmesi ve hava kirliliğine neden olan faktörlerin belirlenmesi önem arz etmektedir. Bu kapsamda bir çok çalışma yürütüldüğu görülmektedir. Yapılan çalışmalarda genellikle ısınma türü, ulaşım, endüstri, yeşil ve açık alan kullanımı faktörlerinin hava kalitesine etkileri ayrı ayrı araştırılmıştır.

Kocaman (2010), Erzurum kentinde 1978 yılından itibaren başlayan hava kirliliği problemi 2004 yılına kadar devam ettiğini ve 2004 yılında bölgesel olarak doğalgaz kullanımına başlanılmasıyla kirliliğin azalmaya başladığını vurgulamıştır (Kocaman 2010). Karabük kentinde doğalgaza geçilmeden önceki dönem (2006-2009) ile doğalgaza geçildikten sonraki dönemlere (2009-2012) bakıldığında, önceki dönemde ısınma da kömür kullanılması nedeniyle SO<sub>2</sub> seviyesinin yüksek çıktığı, doğalgaz kullanımına başlanılan yıllarda kirleticilerin sezonluk ortalamasına incelendiğinde ise bütün sezonlarda sınır değerin aşılmadığı belirtilmiştir (Özer 2013). Bu tez çalışmasında ısınmada kullanılan yakıt türlerinin hava kirliliğine etkisine ilişkin değerlendirmeler literatür ile benzerlik göstermektedir. Kömür kullanımının yoğun olduğu mahallelerde SO<sub>2</sub> kirletici konsantrasyonunun daha yüksek olduğu, bina yoğunluğunun azaldığı, jeotermal enerji veya doğalgaz kullanımının arttığı bölgelerde ise SO<sub>2</sub> kirletici konsantrasyonunun düşük olduğu belirlenmiştir.

Ankara kentinde seçilen bir alanda yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara göre, ölçüm yapılan alanlarda motorlu araç kullanımına bağlı hava kirliliğinin olduğu gözlenmiştir. Özellikle trafik yoğunluğunun arttığı ana cadde, yol kesitleri, kavşak ve karayolları etrafında kirliliğin çok daha yüksek seviyelere ulaştığı sonucuna varılmıştır (Özen 2006). Düzce ili D-100 karayolu ve otoyoldaki trafik yoğunluğu baz alınarak yürütülen çalışmada; otoyol ve karayolu ile çevrili olan Düzce'nin ulaşımdan kaynaklı kirleticilerin etkisinde olduğu ortaya konulmuştur. Yol uzunluğu ve araç sayısındaki fazlalık kirletici miktarını artırmaktadır. Bu nedenle D-100 karayolunda ölçülen hava kirliliğinin otoyoldaki kirlilikten daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Öztürk 2006). Polat (2016), Gaziantep şehir merkezinde trafik yoğunluğunun olduğu bölgeler ile organize sanayi bölgelerinde kirliliğin daha yoğun olduğunu ayrıca trafik yoğunluğunun arttığı kavşaklarda ölçülen  $NO_x$  seviyesinin araç sayısı ile doğru orantılı olduğunu vurgulamıştır (Polat 2016). Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar Özen (2006), Öztürk (2006) ve Polat (2016) tarafından yürütülen çalışmalar ile benzerlik göstererek, taşıt yoğunluğunun fazla olduğu anayol, çevre yolu ve kavşak noktalarında kirlilik düzeyinin ( $NO_2$  seviyesinin) yüksek, taşıt yoğunluğunun ve endüstriyel tesislerin az olduğu, açık alanların fazla olduğu bölgelerde ise kirlilik düzeyinin daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Türkiye'nin birçok kentinde yer alan endüstriyel tesislerin yer aldığı bölgelerde hava kirliliğinin araştırıldığı çalışma sonucuna göre; ölçüm istasyonların yaklaşık üçte birinde yıllık  $SO_2$  sınır değerinin üzerine çıkmış ve çalışma yapılan yıllarda (2013-2017) sonuç değişmemiştir. Tüm yılların ortalamasına bakıldığında kirlilik seviyesinin en yüksek olduğu istasyonlar; Amasya-Suluova, Şırnak, Manisa-Soma, Hakkari ve Ordu-Fatsa, Edirne-Keşan, Çanakkale-Çan ve Tekirdağ-Merkezdir. Amasya-Suluova, Tekirdağ-Merkez ve Manisa-Soma da birbirinden farklı birçok endüstrinin ve kömür ocaklarının bulunması kirliliği etkilemektedir. Kış aylarında Edirne-Keşan (2015 yılında), Çan (2013 yılında) ve Manisa-Soma (2015 yılında) istasyonları en yüksek olduğu istasyonlardır. Bahar döneminde (Nisan 2016) İzmit Körfezindeki istasyonda kirlilik yüksek seviyededir. İzmit Körfezindeki istasyonun yakın çevresinde yer alan rafineri tesisinin kirliliği artırdığı değerlendirilmektedir. Doğu Anadolu bölgesindeki kirliliğin nedeni ısınmada kömür kullanımı ve fiziksel şartlar olarak görülse de Irak'ta

yer alan petrol rafinerilerin de hava kirliliğine etkisi olduğu değerlendirilmektedir (Kara vd. 2017). Bu tezde belirlenen çalışma alanı içerisinde büyük endüstriyel tesis olmamasına karşın daha küçük tesislerin yer aldığı organize sanayi alanlarında kirliliğin diğer bölgelere oranla artış gösterdiği sonuç literatür ile benzerlik göstermektedir. Endüstriyel üretim yapan tesislerin kirlilik seviyesini arttırdığı değerlendirilmektedir.

Literatürde yer alan çalışmalarda kış aylarında hava kirliliğinin ( $SO_2$  konsantrasyon düzeyinin) yükseldiği belirtilmiştir (Vardoulakis ve Kassomenos 2008, Bayram vd. 2006, Kopar 2009, Yazıcı vd. 2018). Mevsimsel bazda hava kirletici parametrelerinin konsantrasyonlarının belirlendiği çalışma sonucunda; ilkbahar, yaz ve sonbahar dönemlerinde  $PM_{10}$  ve  $NO_x$  konsantrasyonlarının üst limit değerinin üzerinde,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $NO$  ve  $O_3$  konsantrasyonlarının sınır değerlerinin altında olduğu ancak sonbahar döneminde kirletici konsantrasyonlarında diğer dönemlere göre artış olduğu ve kış döneminde ise kirletici konsantrasyonlarının çok daha yüksek olduğu ortaya konulmuştur (Altıkat 2020). Tüm mevsimlerde yapılan ölçüm sonuçlarının değerlendirildiği bu tez çalışmasının sonuculiteratürle paralellik göstermiş olup, çalışma sonucuna göre  $SO_2$  kirletici konsantrasyonunun en yüksek olduğu mevsim kış,  $NO_2$  kirletici konsantrasyonunun en yüksek olduğu mevsim ise yaz mevsimi olarak belirlenmiştir.

Literatürde yer alan birçok çalışmada yeşil alanların hava kalitesini olumlu yönde etkilediği, kirliliği azalttığı ortaya konulmuştur (Faryadi ve Taheri 2008, Selmi vd. 2016, Özcan 2016, Koç 2018, Sarı 2019). Ancak bu tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmada yeşil alan büyüklüğü bağımsız değişkeninin  $NO_2$  kirletici seviyesi ile doğru orantılı olduğu, diğer bir deyişle yeşil alan büyüklüğü arttıkça hava kirliliğinin arttığı belirlenmiştir. Bu sonuç yürütülen bazı çalışmalar ile benzerlik göstermektedir (Amorim ve ark. 2013; Jeanjean ve ark. 2017). Bazı ağaç türleri hava kalitesini iyileştirememenin yanı sıra zamanla polen vb. parçacıklar üretebilir, kirletici dağılımını sınırlayabilir ve yolların yakınlarında kirletici seviyelerini artırabilir (Gromke ve Rock 2009, Wania vd. 2012, Demirarslan 2018). Belirlediğimiz çalışma alanı içerisinde oluşturulan tampon bölgelerde hava kalitesini olumlu yönde etkileyebilecek anlamlı bir yeşil alan bulunmadığı değerlendirilmektedir.



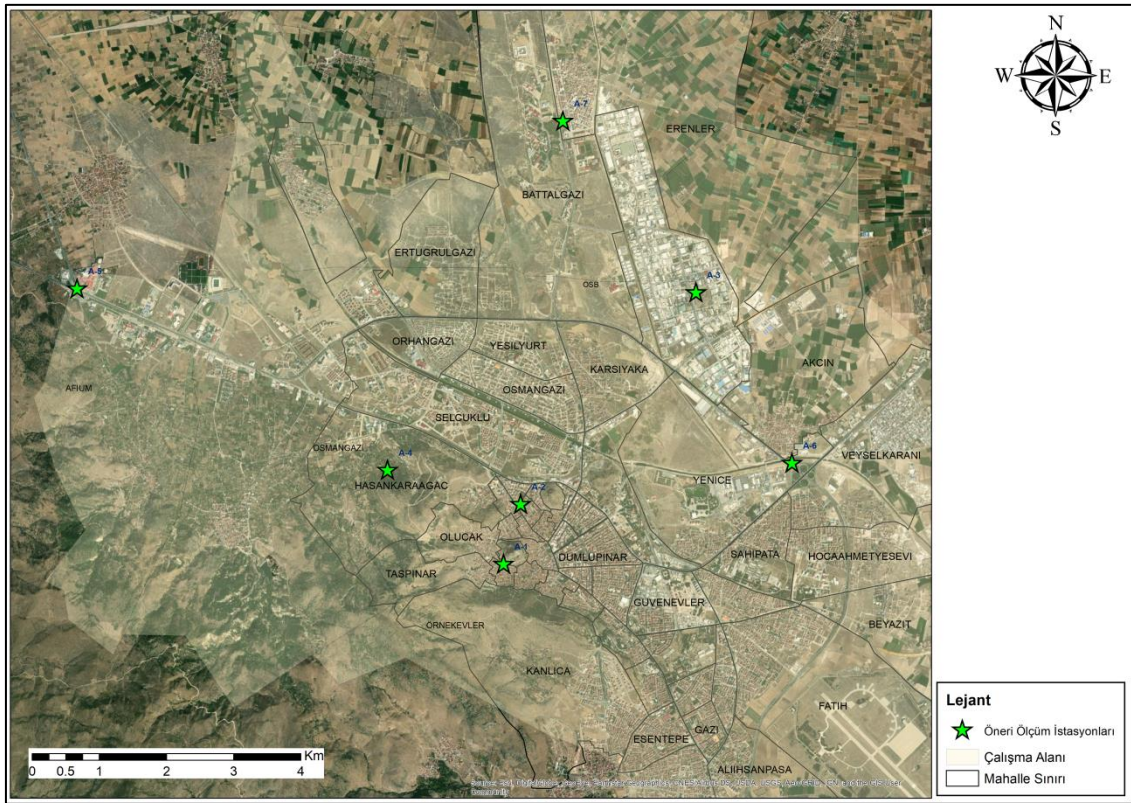
Literatürde yapılan çalışmalara genel olarak bakıldığında birçok kirletici türünden biri olan SO<sub>2</sub> seviyesinin; kent merkezlerinde, konut ve taşıt yoğunluğunun arttığı alanlarda, evsel ısınmada ve sanayide üretim aşamalarında kullanılan fosil yakıtların yakıldığı bölgelerde yüksek olduğu ve dolayısı ile kirlilik düzeyinin en yüksek olduğu mevsim ise kış mevsimi olarak belirlenmiştir (Başkır 1993, McPherson vd. 1994, Peng vd. 2005, Gül 2005, Daylan ve İncecik 2002, Staelens vd. 2012, Özcan 2016)

Çalışmada seçilen diğer bir kirlilik parametresi olan NO<sub>2</sub> nin kirletici seviyesinin; ana yol güzergâhına ve yol kesitlerine yakın konumda olan yerleşim yerlerinde, şehir merkezlerinde, taşıt yoğunluğunun arttığı bölgelerde ve özellikle yaz mevsiminde daha yüksek olduğu ortaya konulmuştur (Mayer 1999, Özen 2006, Vardoulakis ve Kassomenos 2008, Elbir vd. 2010, Dergham vd. 2015, Cuci vd. 2015, Polat 2016).

Bu tez çalışmasında hava kirliliğini artıran veya azaltan yapay kaynakların neler olduğunun belirlenmesi amacıyla kirliliğin belli bir bölgede kümelenip kümelenmediği ve kirletici parametreleri ile çevresel faktörler arasında istatistiksel ve mekansal ilişki olup olmadığı araştırılarak, tüm mevsimlere ait kirlilik dağılım haritaları oluşturulmuştur. 26 noktada ölçülen kirlilik parametrelerinden kirletici türü olarak SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> seçilmiştir. Şehir merkezini çevreleyen noktalar ile kapsamlı bir çalışma alanı oluşturulmuştur.

Çalışmada uygulanan mekansal istatistiksel analizler ve mekansal regresyon analizi sonucunda, literatürde yer alan çalışmalara eş değer sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmadaki sonuçlara göre; SO<sub>2</sub> parametresinin kirlilik seviyesi konut yoğunluğu (bina taban alanı, kat adedi, inşaat alanı) ile doğru orantılıdır. Konut yoğunluğunun arttığı bölgelerde fosil yakıt kullanımı da yüksektir. Ölçüm yapılan tüm mevsimler içinde kirliliğin en yüksek kış mevsiminde meydana geldiği elde edilmiştir. NO<sub>2</sub> parametresinin kirlilik seviyesi ise, taşıt yoğunluğunun artış gösterdiği ana yollar ile doğru orantılıdır. Ayrıca NO<sub>2</sub> konsantrasyon düzeyinin yaz mevsiminde diğer mevsimlere göre daha yüksek çıktığı belirlenmiştir.

Bu tez çalışması, Afyonkarahisar’da hava kirliliğine neden olan mekânsal parametrelerin tüm mevsimlerdeki etkilerinin araştırıldığı ve kirliliğin CBS tabanlı analizlerle mekânsallaştırıldığı, kapsamlı ilk çalışmadır. Elde edilen sonuçların, yapılacak akademik çalışmalara ve ilgili kurum/kuruluşların planlamalarına ve çalışmalarına rehberlik edeceği düşünülmektedir. Çalışmanın kısıtlayıcı ise, uzun vadeli (yıl içerisindeki tüm günlerde) ölçüm yapılamamış olması, kullanılan yöntem nedeniyle tüm kirletici parametrelerinin ölçümünün yapılamaması nedeniyle yalnızca SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> parametrelerinin kullanılması ve ölçüm sonuçlarının güncel tarihli olmamasıdır.



Şekil 5.1 Öneri ölçüm istasyonları.

Öneriler;

- Farklı kirlilik parametrelerinin de dahil olduğu, hem ölçüm sonuçlarının hem de mekansal parametrelerin güncel verileri kullanılarak yeni bir çalışma yapılması,
- Mevcuttaki ölçüm istasyonlarının sayısının artırılarak, istasyonların doğru konumlandırılmasının sağlanması,

- Özellikle çarpık ve plansız yerleşim yerlerinde tekrar planlama yapılarak, açık/yeşil alan büyüklüklerinin niteliğinin arttırılması, yol genişliklerine dikkat edilerek alternatif yol olanaklarının sunulması,
- Taşıt kullanımının azaltılması amacıyla kolay ulaşım sağlanabilecek bisiklet yollarının ve yürüyüş yollarının geliştirilmesi,
- Kentsel dönüşüm çalışmalarında tek tek binaların dönüştürülmesi mevcuttaki yeşil alan yetersizliğine çözüm getirmeyeceğinden, alan olarak en az ada bazında çalışmalar yürütülmesi,
- Evsel ısınmada ve endüstriyel tesislerde fosil yakıt kullanımının sonlandırılarak, jeotermal enerji ve doğalgaz kullanımının sağlanması için gerekli altyapının oluşturulması sağlanmalıdır.

## 6. KAYNAKLAR

- Afyonkarahisar Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2020, Afyonkarahisar İli 2019 Yılı Çevre Durum Raporu,105s.
- Anonim, 2015, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları-2015, Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK), Yayın no: 21507, Ankara.
- Alkan A, 2018, Hava Kirliliğinin Ciddi Boyutlara Ulaştığı Kentlere Bir Örnek: Siirt, Bitlis Eren Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7, 41-666.
- Altıkat A, 2020, Iğdır İli Partiküler Kirlilik Düzeyi ve Partiküler Kirliliğin Diğer Kirleticiler ile İlişkileri, Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10, 878 – 887.
- Amorim T C, Azevedo M R, Hallal P, 2010, Physical activity levels according to physical and social environmental factors in a sample of adults living in South Brazil, Journal of Physical Activity and Health, 7, 204-S212.
- Arsıanlı K Y, 2012, Mekânsal Ağırlıklandırılmış Oto regresif Konut Fiyat İndeks Modeli, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 148s, İstanbul.
- Ayturan Y A, 2019, Derin Öğrenme ile Havadaki Partikül Madde Konsantrasyonu Tahmini, KTO Karatay Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 72s, Konya.
- Baguio C J I, 2018, Spatial Analysis of Hotspots and Coldspots Ofpoverty Incidence In Davao City, Philippines, International Journal of Applied Mathematics Statistical Sciences (IJAMSS), 7, 1-8.
- Başkır H, 1993, Türkiye’de Jeotermal Enerjinin Isıtma Amaçlı Kullanım Potansiyeli ve Afyon Şehrinin Hava Kirliliğinin Azaltılmasında Jeotermal Enerjiden Yararlanma İmkânları, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 95s, İstanbul.
- Bayram H, Dörtbudak Z, Evyapan Fişekçi F, Kargın M, Bülbül B, 2006, Hava kirliliğinin insan sağlığına etkileri, dünyada, ülkemizde ve bölgemizde hava kirliliği sorunu” paneli ardından, Dicle Tıp Dergisi, 33, 105-112.
- Bazoğlu B, 2017, Hava Kirliliği Raporu 2016,-, 19s.

- Briggs D J, Hoogh C, Gulluvier J, Wills J, Elliot P, Simon K, vd., 2000, A regression-based method for mapping traffic-related air pollution: Application and testing in four contrasting urban environments. *The Science of the Total Environment*, 253, 151-167.
- Cuci Y, Ergün Polat E, 2015, Gaziantep'in Trafik Kaynaklı Hava Kirliliğinin Belirlenmesi, *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18, 10.17780/ksujes.12923.
- Çapraz Ö, 2013, İstanbul'da 2007-2012 Yılları Arasında hava kirliliğinin ölümler Üzerindeki Etkilerinin Modellenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 112s, İstanbul.
- Çiçek İ, Türkoğlu N, Gürgen G, 2004, Ankara'da hava kirliliğinin istatistiksel analizi, *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14, 1-18.
- Daylan E, İncecik S, 2002, İstanbul'da Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Hava Kalitesinin İncelenmesi, *İTÜ Dergisi Mühendislik*, 1, 51-62.
- Demir O, 2012 Çok Değişkenli Analizler ile Tokat İli Hava Kirliliğinin Tahmininde Erken Uyarı Sistemi'nin Geliştirilmesi, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 136s, Tokat.
- Demirarslan K O, Akıncı H, 2018, CBS ve Hava Kalitesi Verileri Kullanılarak Marmara Bölgesinin Kış Sezonunda Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 4, 11-27.
- Dergham M, Lepers C , Verdin A , Cazier F , Billet S , Courcot D, vd., 2015, Temporal-spatial variations of the physicochemical characteristics of air pollution Particulate Matter (PM<sub>2.5-0.3</sub>) and toxicological effects in human bronchial epithelial cells (BEAS-2B), *Environmental Research*, 137, 256-267.
- Dizdarlar H I, 2006, Uluslararası Finansal Piyasalarda Euro Tahvillerin Risk Primini Belirleyen Faktörler Üzerine Bir Araştırma, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 276s, İstanbul.
- Dokuz Y, Bozdağ A, Gökçek B, 2020, Hava Kalitesi Parametrelerinin Tahmini ve Mekansal Dağılımı İçin Makine Öğrenmesi Yöntemlerinin Kullanılması, *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9, 37-47.
- Eğri M, 1997, 1996-1997 Kış Döneminde Malatya İl Merkezi Hava Kirliliği Parametrelerine Meteorolojik Koşulların Etkisi, *Turgut Özal Tıp Merkezi Dergisi*, 4, 265-269.

- Eken E, Ceylan A, Taştekin A T, Şahin H, Şensoy S, 2005, *Klimatoloji-II, Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Matbaası*, 184s, Ankara.
- Elbir T, Bayram A, Kara M, Altıok H, Seyfioğlu R, Ergün P, vd., 2010, *İzmir Kent Merkezinde Karayolu Trafikinden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin İncelenmesi, DEÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12, 1-17.
- Erdoğan E, 2012, *Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinde Modellerin Kullanımının Karar Verme Sürecindeki Rolü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 200s, İstanbul.
- Faryadi Sh, Taheri Sh, 2009, *Interconnections of Urban Green Spaces and Environmental Quality of Tehran, international Journal Of Environmental Research (IJER)*, 3, 199-208.
- Feng Y, Tong X, 2017, *Using Exploratory Regression To Identify Optimal Driving Factors For Cellular Automaton Modeling of Land Use Change, Environmental Monitoring And Assessment*, 189, <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6224-8>.
- Fox-Christensen M, 2018, *Analysis of The Relationship Between Demographic Values, Opiate Treatment Programs, Opiate Related Deaths, And Population Using Geographic Information Systems And Exploratory Regression For The Year 2015, Saint Mary's University of Minnesota*, 21, 15.
- Garipağaoğlu N, 2015, *Türkiye Ortam Sorunları Coğrafyası, Yeditepe Yayınları*, 472s, İstanbul.
- Górecki T, Namieśnik J, 2002, *Passive Sampling, Trends in Analytical Chemistry*, 21, 276-291.
- Goremke C, Ruck B, 2009, *On The Impact Of Trees On Dispersion Processes of Traffic Emissions in Street Canyons, Boundary-Layer Meteorol*, 131, 19–34.
- Gül N, 2005, *Afyon'da Kömür Kullanımının Hava Kirliliğine Etkisi ve Çözüm Önerileri, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 49s, Konya.
- Gümrükçüoğlu M, Soylu S, 2011, *Adapazarı'nda Isınma Kaynaklı Hava Kirliliğinin İncelenmesi, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 31 Ekim- 4 Kasım 2011, Antalya.

- Hasselblad V, Eddy D M, Kotchmar D J, 1992, Synthesis of Environmental Evidence: Nitrogen-Dioxide Epidemiology Studies, Journal of the Air & Waste Management Association, 42, 662-671.
- Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY), 2008, Resmî Gazete, 6 Haziran 2008, 26898.
- İncecik S, 1994, Hava kirliliği, İstanbul Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul.
- İncecik S, İm U, 2013, Megaşehirlerde Hava Kalitesi ve İstanbul Örneği, Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi, 2, 133 – 145.
- Jean Jean A P, Buccolieri R, Eddy J, Monks P S, Leigh R J, 2017, Air quality affected by trees in real street canyons: The case of Marylebone neighbourhood in central London, Urban Forestry & Urban Greening, 22, 41–53.
- Kara B M, Tezel K B, 2017, Türkiye’deki SO<sub>2</sub> Yer Ölçümlerinin Değerlendirilmesi ve SO<sub>2</sub> Kirliliğinin Zamansal ve Mekânsal Değişiminin İncelenmesi, VII. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 1-3 Kasım 2017, Antalya.
- Karakaş A, Yılmaz E, Ağaçasapan B, Çabuk A, 2019, CBS Tabanlı Ulaşım Kaynaklı Hava Kirlenici Emisyon Miktarlarının Belirlenmesi, GSI Journals Serie C: Bilgi Bilimleri ve Teknolojilerindeki Gelişmeler, 1, 37-57.
- Kavak Yürük R, 2010, Trafik Yoğunluğunun Enerji Tüketimi Ve Hava Kirliliğine Etkilerinin Analizi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 146s, İstanbul.
- Kaya K, 2020, Mekânsal İstatistiksel Metotlarla Elektromanyetik Yayılımın Tahmini, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 88s, Afyon.
- Keçebaş A, Kayfeci M, Gedik E, 2010, Afyonkarahisar da Ölçülen Sülfür Dioksit ve Partikül Madde Değişimleri Üzerine Değerlendirme, Mühendis ve Makine, 51, 14-19.
- Khosravi Y, Lashkari H, Asakereh H, 2017, Spatial Variability of Water Vapour In South and Southwest of Iran, Mausam, 68, 9-22.
- Kocaman Ö, 2010, Erzurum’da pasif örnekleme yöntemiyle alansal hava kalitesinin tahmini, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 58s, Erzurum.

- Koç A, 2018, Kentsel Alan Kullanımlarının Zamansal Değişimlerinin Hava Kirliliği Üzerindeki Etkisi, Kent Akademisi, 11, 609-617.
- Koç A, Caf A, Yılmaz S, 2017, Kentleşmenin Hava Kalitesi Üzerine Etkisi; Bingöl İli Örneği, Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7, 231-238.
- Koç A, Yılmaz S, Mutlu E, 2016, Erzurum Kent Merkezinde Kitle Yeşil Alanların Hava Kalitesine Etkisi, Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 6, 109-112.
- Kopar İ, Zengin M, 2009, Coğrafi Faktörlere Bağlı Olarak Erzurum Kentinde Hava Kalitesinin Zamansal ve Mekânsal Değişiminin Belirlenmesi, Türk Coğrafya Dergisi, 0, 51-69.
- Kök F, 2018, Var Olan / Yeni Planlanacak Kentlerde Hava Kirliliğini Önleyecek/ Azaltacak Yöntem İçin Verilerin Toplanması, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 129s, Gaziantep.
- Krupa S V, Legge A H, 2000, Passive sampling of ambient, gaseous air pollutants: an assessment from an ecological perspective, Environmental Pollution, 107, 31-45.
- Kudal S, 2009, Hava Kirliliğinin Çevresel ve Mekânsal Modellenmesi, Analizi ve Tematik Haritalarla Görselleştirilmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 110s, İstanbul.
- Kunay Ş B, 2018, Manisa'da Hava Kirliliğinin Acil Servise Başvuran Çocuklarda Solunum Yakınmalarına Etkisi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Uzmanlık Tezi, 81s, Manisa.
- Kupfer J A, Farris C A, 2007, Incorporating Spatial Non-Stationarity of Regression Coefficients into Predictive Vegetation Models, Landscape Ecology, 22, 837-852.
- 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, 670-676.
- Lee K, Yeom J, Yoon C, Yang W, Son B S, Jeon J M, vd., 2013, Seasonal and geographic effects on predicting personal exposure to nitrogen dioxide by time-weighted microenvironmental model. Atmospheric Environment, 67, 143-148.
- Majid M R, Zaman M, Halim N, 2018, GIS-Based Regression Analysis of The Relationship Between Ecological Footprint And Economic Development of



- Selected Countries, *Planning Malaysia: Journal of the Malaysian Institute of Planners*, 16, 221-232.
- Mayer H, 1999, Air pollution in cities, *Atmospheric Environment*, 33, 3029-4037.
- McPherson E G, Nowak D J, Rowntree R A, 1994, Chicago's Urban Forest: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project, Northeastern Forest Experimental Station, <https://doi.org/10.2737/NE-GTR-186>.
- Mutlu A, 2018, Sanayi Kaynaklı Karbonmonoksit Salınımlarının Aermod Dağılım Modeli ile İncelenmesi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 23, 275-286.
- Nyangueso S O, Hayombe P, Owino F, 2018, Spatial Equity In Devolved Healthcare: Geospatially Exploring Local Disparities In Maternal Healthcare Uptake After Devolution In Kenya, *European Scientific Journal* September 2018 edition, 14, ISSN: 1857 – 7881.
- OECD, 2012, *Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction*, ISBN 978-92-64-122161.
- Oğuz K, 2020, Nevşehir İlinde Hava Kalitesinin ve Meteorolojik Faktörlerin Hava Kirliliği Üzerine Etkilerinin İncelenmesi, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 6, 391-404.
- Özcan N S, 2016, Kentsel Hava Kirliliğini Etkileyen ve Şehir Planlama İle Kontrol Edilebilen Fiziksel Faktörlerin Mekânsal İstatistik Yöntemleri ile İncelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 209s, İzmir.
- Özen M, 2006 Karayolu ulaşımının hava kirliliğine etkileri ve çözüm önerileri, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 94s, Ankara.
- Özer F, 2013, Karabük'te Doğalgaz Kullanımının Hava Kirliliğinin Azaltılmasına Etkisi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 85s, Karabük.
- Özdemir F, 2008, Türkiye Genelinde Kükürt Dioksit ve Partiküler Madde Kirlilik Dağılımlarının Analizi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 146s, İstanbul.
- Öztürk G, 2006, Düzce İlinde Trafikten Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Belirlenmesi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 78s, Zonguldak.

- Peng R D, Dominici F, Pastor-Barriuso R, Zeger S L, Samet J M, 2005, Seasonal Analyses of Air Pollution and Mortality in 100 US Cities, *American Journal of Epidemiology*, 161, 585-594.
- Pinto J P, Stevens R K, Willis R D, Kellogg R, Mamane Y, Novak J, vd., 1998, Czech Air Quality Monitoring and Receptor Modeling Study, *Environmental Science and Technology*, 32, 843-854.
- Polat E E, 2016, Gaziantep'in Trafik Kaynaklı Hava Kirliliğinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 89s, Kahramanmaraş.
- Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (SKHKKY), 2009, Resmi Gazete, 3 Temmuz 2009, 27277.
- Sarı E N, 2019, Hava Kirliliği Ve Konut Doku Arasındaki İlişkinin Analizi: Erzurum Örneği, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 140s, Erzurum.
- Scott L M, Janikas M V, 2010, Spatial Statistics in ArcGIS, Fischer M M, Getis A (Ed.), *Handbook of Applied Spatial Analysis: Software Tools, Methods and Applications (27-40)*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 801p, Berlin.
- Selmi W, Weber C, Rivière E, Blonda N, Mehdi L, Nowak D, 2016, Nowakc Air pollution removal by trees in public green spaces in Strasbourg city, France, *Urban Forestry & Urban Greening*, 17, 192-201.
- Sopacı E, 2013, Jeodezik Amaçlı Uyum Gyiliği Testleri Uygulanması: VLBI/GPS Ortak Yerleşkeleri Sıcaklık Verileri Analizi Örneği, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 98s, Trabzon.
- Sunyer J, Basagaña X, Belmonte J, Antó J M, 2002, Effect of nitrogen dioxide and ozone on the risk of dying in patients with severe asthma, *Thorax*, 57, 687-693.
- Sümer G Ç, 2014, Hava Kirliliği Kontrolü: Türkiye'de Hava Kirliliğini Önlemeye Yönelik Yasal Düzenlemelerin ve Örgütlenmelerin İncelenmesi, *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 0, 37-56.
- Staelens J, Wuyts K, Adriaenssens S, Avermaet P. V, Buysse H, Von den Bril B, vd., 2012, Trends in atmospheric nitrogen and sulphur deposition in northern Belgium. *Atmospheric Environment*, 49, 186-196.

- Starkman E S, 1971, Combustion Generated Air Pollution, Plenum Press, 334p, New York.
- Şahinler S, 2000, En Küçük Kareler Yöntemi İle Doğrusal Regresyon Modeli Oluşturmanın Temel Prensipleri, Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 5, 57-73.
- Tağıl Ş, 2007, Balıkesir’de Hava Kirliliğinin Solunum Yolu Hastalıklarının Mekânsal Dağılışı Üzerine Etkisini Anlamada Jeo-İstatistik Teknikler, Coğrafi Bilimler Dergisi, 5, 37-56.
- Taş F, 2006, Hava Kirliliği ve Kastamonu Şehir Merkezi için Değerlendirme, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 142s, Ankara.
- Taylan E D, Damçayırı D, 2016, Isparta Bölgesi Yağış Değerlerinin IDW ve Kriging Enterpolasyon Yöntemleri ile Tahmini, İMO Teknik Dergi, 27, 7551-7559.
- Topal H, 2000, Evsel Isıtmadan Kaynaklanan SO<sub>2</sub> Emisyonunun Azaltılmasında Kireç ve Kireç-Melas Karışımının Kullanılması, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 15, 15-30.
- Tuna G, Özgünerge Falay E, Altıok H, Kara M, Dumanoğlu Y, Bayram A vd., 2013, Bir Endüstriyel Bölgedeki Hava Kirliliğinin Mekansal Dağılımının Ağaç Bileşenlerindeki İz Elementler Yardımıyla İncelenmesi, Uluslararası Katılımlı V. Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 1-4 Eylül 2013, Türkiye, 705-716.
- Türkiye Toraks Derneği, 2016, Nefes Alamıyoruz: Hava Kirliliği, İklim Değişikliği ve Sağlık Sempozyumu, 15.10.2016, İstanbul.
- Vardoulakis S, Kassomenos P, 2008, Sources and factors affecting PM10 levels in two European cities: Implications for local air quality management, Atmospheric Environment, 42, 3949–3963.
- Yazıcı H, Koca N, Ekiz E, 2018, Topoğrafik, meteorolojik ve klimatolojik faktörlerin Afyonkarahisar şehrindeki hava kirliliği üzerine etkileri, Türk Coğrafya Dergisi, 71, 63-68.
- Zhang C, Luo L, Xu W, Ledwith V, 2008, Use Of Local Moran’s I and GIS To Identify Pollution Hotspots of Pb In Urban Soils Of Galway, Ireland, Science of the total environment, 398, 212-221.

- Warnia A, Bruse M, Blond N, Weber C, 2012, Analysing the influence of different street vegetation on traffic-induced particle dispersion using microscale simulations, Journal of Environmental Management, 94, 91-101.
- Wei W, Yuan-Yuan J, Ci Y, Ahan A, Ming-Qin C, 2016, Local Spatial Variations Analysis of Smear-Positive Tuberculosis In Xinjiang Using Geographically Weighted Regression Model, BMC Public Health, 16, 1058.
- WHO, 2011, Air quality and health, Fact Sheet No 313.

### **İnternet Kaynakları**

- 1- <https://www.who.int/airpollution/infographics/en> , 08.10.2020
- 2- <https://waqi.info/tr/#/c/19.293/11.904/3.3z> , 08.10.2020
- 3- <https://sim.csb.gov.tr/Intro/Uhkia> , 08.10.2020
- 4- <http://kisi.deu.edu.tr/melik.kara/Atmosfer%20Fizigi%20ve%20K/H4-Sunum%203.pdf>, 09.10.2020.
- 5- <https://sim.csb.gov.tr/Home/HKI?baslik=HAVZA%20%C4%B0ZLEME%20S%C4%B0S%20TEM%20B0>, 09.10.2020
- 6- <http://www.ozgurzeydan.com/cev715/Hava-Kirliligi-Modellemesi-Giris.pdf>, 11.10.2020
- 7- <https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/cevresagligi-ced/ced-birimi/hava-kirliligi%20ve-sa%20B1k-etkileri.html>, 12.10.2020
- 8- <https://sim.csb.gov.tr/Services/AirQuality>, 12.10.2020
- 9- <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/understanding-interpolation-analysis.html>, 03.01.2021
- 10- <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/h-how-spatial-autocorrelation-moran-s-i-spatial-st.htm>, 03.01.2021
- 11- <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/h-how-cluster-and-outlier-analysis-anselin-local-m.htm>, 03.01.2021
- 12- <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/h-how-hot->

spot-analysis-getis-ord-gi-spatial-stati.htm, 03.01.2021

13- <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/exploratory-regression.html>, 04.01.2021

14- <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/regression-analysis-basics.htm>, 04.01.2021

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Gönül SOLAK  
Doğum Yeri ve Tarihi : Gümüşhane/01.01.1988  
Yabancı Dili : İngilizce  
İletişim (Telefon/e-posta) : 05556977713/gonul\_tosun@hotmail.com.tr

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Kazım Kaynak Yabancı Dil Ağırlıklı Süper Lise,  
(2002-2006)  
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Harita Mühendisliği  
Bölümü, (2007-2011)  
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri  
Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı,  
(2019-2021)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Modern İmar Mühendislik/Denizli (2011-2013)  
İzmir Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü (2013-  
2017)  
Afyonkarahisar Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü  
(2017- Devam Ediyor)

## EKLER

### EK 1. SO<sub>2</sub> Kış dönemi için keşifsel regresyon sonuçları

\*\*\*\*\*

Choose 1 of 5 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.55 243.44 0.00 0.17 1.00 0.71 +INSAATALAN\*\*\*

0.22 258.07 0.07 0.03 1.00 0.01 +YOLTOPLAM\*\*\*

0.17 259.47 0.37 0.00 1.00 0.07 -ACIK\_ALAN\*

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

Choose 2 of 5 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.55 245.48 0.00 0.34 1.40 0.71 +INSAATALAN\*\*\* +YOLTOPLAM

0.53 246.21 0.00 0.34 1.65 0.73 +ACIK\_ALAN +INSAATALAN\*\*\*

0.53 246.24 0.00 0.25 1.04 0.73 +INSAATALAN\*\*\* +KÖMÜR

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

Choose 3 of 5 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.54 248.07 0.00 0.26 2.00 0.86 +INSAATALAN\*\*\* +YOLTOPLAM +KÖMÜR

0.53 248.52 0.00 0.52 1.53 0.76 -YESILALAN +INSAATALAN\*\*\* +YOLTOPLAM

0.53 248.57 0.00 0.50 2.24 0.72 +ACIK\_ALAN +INSAATALAN\*\*\* +YOLTOPLAM

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

**EK 1. (Devam) SO<sub>2</sub> Kış dönemi için keşifsel regresyon sonuçları**

\*\*\*\*\*

Choose 4 of 5 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.51 251.46 0.00 0.40 2.08 0.89 -YESILALAN +INSAATALAN\*\*\* +YOLTOPLAM +KÖMÜR

0.51 251.49 0.00 0.35 2.82 0.85 -ACIK\_ALAN +INSAATALAN\*\* +YOLTOPLAM +KÖMÜR

0.51 251.94 0.00 0.64 2.74 0.75 -YESILALAN -ACIK\_ALAN +INSAATALAN\*\*\* +YOLTOPLAM

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

Choose 5 of 5 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.49 255.26 0.00 0.47 3.25 0.88 -YESILALAN -ACIK\_ALAN +INSAATALAN\*\* +YOLTOPLAM +KÖMÜR

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* Exploratory Regression Global Summary (K\_SO2) \*\*\*\*\*

Percentage of Search Criteria Passed

Search Criterion Cutoff Trials # Passed % Passed

Min Adjusted R-Squared > 0.50 31 14 45.16

Max Coefficient p-value < 0.05 31 4 12.90

Max VIF Value < 7.50 31 31 100.00

Min Jarque-Bera p-value > 0.10 31 10 32.26

Min Spatial Autocorrelation p-value > 0.10 16 13 81.25

-----  
Summary of Variable Significance

Variable % Significant % Negative % Positive



## EK 1. (Devam) SO<sub>2</sub> Kış dönemi için keşifsel regresyon sonuçları

INSAATALAN	100.00	0.00	100.00
YOLTOPLAM	50.00	0.00	100.00
KÖMÜR	18.75	0.00	100.00
ACIK_ALAN	12.50	68.75	31.25
YESILALAN	0.00	75.00	25.00

---

### Summary of Multicollinearity

Variable	VIF	Violations	Covariates
YESILALAN	1.28	0	-----
ACIK_ALAN	1.95	0	-----
INSAATALAN	3.25	0	-----
YOLTOPLAM	2.25	0	-----
KÖMÜR	1.52	0	-----

---

### Summary of Residual Normality (JB)

JB	AdjR2	AICc	K(BP)	VIF	SA	Model
0.767240	0.378754	255.661218	0.098181	1.248613	0.152666	-ACIK_ALAN* +YOLTOPLAM*** +KÖMÜR**
0.655462	0.378845	257.868948	0.144756	1.277611	0.199266	-YESILALAN -ACIK_ALAN* +YOLTOPLAM*** +KÖMÜR
0.615933	0.319057	256.107267	0.019179	1.146456	0.002363	+YOLTOPLAM*** +KÖMÜR**

---

### Summary of Residual Spatial Autocorrelation (SA)

SA	AdjR2	AICc	JB	K(BP)	VIF	Model
0.887008	0.514479	251.463637	0.000548	0.400025	2.080152	-YESILALAN +INSAATALAN*** +YOLTOPLAM +KÖMÜR
0.878305	0.490362	255.256691	0.000707	0.468353	3.248558	-YESILALAN -ACIK_ALAN +INSAATALAN** +YOLTOPLAM +KÖMÜR
0.857472	0.535988	248.073977	0.000590	0.261898	2.000075	+INSAATALAN*** +YOLTOPLAM +KÖMÜR

---

### Table Abbreviations

AdjR2 Adjusted R-Squared

**EK 1. (Devam) SO<sub>2</sub> Kış dönemi için keşifsel regresyon sonuçları**

AICc Akaike's Information Criterion

JB Jarque-Bera p-value

K(BP) Koenker (BP) Statistic p-value

VIF Max Variance Inflation Factor

SA Global Moran's I p-value

Model Variable sign (+/-)

Model Variable significance (\* = 0.10; \*\* = 0.05; \*\*\* = 0.01)

---

## EK 2. SO<sub>2</sub> İlkbahar dönemi için keşifsel regresyon sonuçları

\*\*\*\*\*

Choose 1 of 5 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.43 195.82 0.00 0.97 1.00 0.41 +INSAATALAN\*\*\*

0.18 205.14 0.00 0.25 1.00 0.09 +YOLTOPLAM\*\*

0.17 205.40 0.00 0.08 1.00 0.36 -ACIK\_ALAN\*

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

Choose 2 of 5 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.42 197.92 0.00 0.92 1.40 0.35 +INSAATALAN\*\*\* +YOLTOPLAM

0.40 198.56 0.00 0.90 1.65 0.37 -ACIK\_ALAN +INSAATALAN\*\*\*

0.40 198.63 0.00 1.00 1.02 0.42 -YESILALAN +INSAATALAN\*\*\*

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

Choose 3 of 5 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.40 200.72 0.00 0.69 2.00 0.53 +INSAATALAN\*\* +YOLTOPLAM +KÖMÜR

0.40 200.84 0.00 0.94 2.24 0.30 -ACIK\_ALAN +INSAATALAN\*\* +YOLTOPLAM

0.39 200.92 0.00 0.98 1.53 0.40 -YESILALAN +INSAATALAN\*\*\* +YOLTOPLAM

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

**EK 2. (Devam) SO<sub>2</sub> İlkbahar dönemi için keşifsel regresyon sonuçları**

\*\*\*\*\*

Choose 4 of 5 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.38 203.90 0.00 0.74 2.82 0.45 -ACIK\_ALAN +INSAATALAN\* +YOLTOPLAM +KÖMÜR

0.37 204.01 0.00 0.97 2.74 0.34 -YESILALAN -ACIK\_ALAN +INSAATALAN\* +YOLTOPLAM

0.37 204.08 0.00 0.83 2.08 0.56 -YESILALAN +INSAATALAN\*\* +YOLTOPLAM +KÖMÜR

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

Choose 5 of 5 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.35 207.49 0.00 0.83 3.25 0.48 -YESILALAN -ACIK\_ALAN +INSAATALAN +YOLTOPLAM +KÖMÜR

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* Exploratory Regression Global Summary (İ\_SO2) \*\*\*\*\*

Percentage of Search Criteria Passed

Search Criterion Cutoff Trials # Passed % Passed

Min Adjusted R-Squared > 0.50 31 0 0.00

Max Coefficient p-value < 0.05 31 3 9.68

Max VIF Value < 7.50 31 31 100.00

Min Jarque-Bera p-value > 0.10 31 0 0.00

Min Spatial Autocorrelation p-value > 0.10 16 12 75.00

-----  
Summary of Variable Significance

Variable % Significant % Negative % Positive

## EK 2. (Devam) SO<sub>2</sub> İlkbahar dönemi için keşifsel regresyon sonuçları

INSAATALAN	81.25	0.00	100.00
YOLTOPLAM	50.00	0.00	100.00
ACIK_ALAN	25.00	100.00	0.00
YESILALAN	0.00	100.00	0.00
KÖMÜR	0.00	25.00	75.00

---

### Summary of Multicollinearity

Variable VIF Violations Covariates

YESILALAN	1.28	0	-----
ACIK_ALAN	1.95	0	-----
INSAATALAN	3.25	0	-----
YOLTOPLAM	2.25	0	-----
KÖMÜR	1.52	0	-----

---

### Summary of Residual Normality (JB)

JB	AdjR2	AICc	K(BP)	VIF	SA	Model
0.003074	0.246565	204.620619	0.240042	1.146456	0.030679	+YOLTOPLAM*** +KÖMÜR*
0.001612	-0.025849	210.937775	0.148415	1.000000	0.000514	+KÖMÜR
0.001248	-0.065441	213.629632	0.342051	1.079024	0.000477	-YESILALAN +KÖMÜR

---

### Summary of Residual Spatial Autocorrelation (SA)

SA	AdjR2	AICc	JB	K(BP)	VIF	Model
0.562924	0.371036	204.076833	0.000000	0.833069	2.080152	-YESILALAN +INSAATALAN** +YOLTOPLAM +KÖMÜR
0.527806	0.398071	200.723036	0.000000	0.689546	2.000075	+INSAATALAN** +YOLTOPLAM +KÖMÜR
0.484737	0.349473	207.485913	0.000000	0.832243	3.248558	-YESILALAN -ACIK_ALAN +INSAATALAN +YOLTOPLAM +KÖMÜR

---

### Table Abbreviations

AdjR2 Adjusted R-Squared

AICc Akaike's Information Criterion

JB Jarque-Bera p-value

**EK 2. (Devam) SO<sub>2</sub> İlkbahar dönemi için keşifsel regresyon sonuçları**

K(BP) Koenker (BP) Statistic p-value

VIF Max Variance Inflation Factor

SA Global Moran's I p-value

Model Variable sign (+/-)

Model Variable significance (\* = 0.10; \*\* = 0.05; \*\*\* = 0.01)

---

### EK 3. SO<sub>2</sub> Sonbahar dönemi için keşifsel regresyon sonuçları

\*\*\*\*\*

Choose 1 of 3 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.56 104.89 0.00 0.60 1.00 0.41 +OSB\_ALAN\*\*\*

-0.03 127.05 0.00 0.67 1.00 0.51 +YESIL

-0.03 127.24 0.00 0.99 1.00 0.65 -ACIK\_ALAN

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

Choose 2 of 3 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.62 102.75 0.00 0.86 1.04 0.42 +OSB\_ALAN\*\*\* +YESIL\*\*

0.56 106.95 0.01 0.70 1.07 0.46 +OSB\_ALAN\*\*\* +ACIK\_ALAN

-0.07 129.73 0.00 0.88 1.01 0.39 -ACIK\_ALAN +YESIL

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

Choose 3 of 3 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.63 103.95 0.00 0.52 1.12 0.96 +OSB\_ALAN\*\*\* +ACIK\_ALAN +YESIL\*\*

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* Exploratory Regression Global Summary (S\_SO2) \*\*\*\*\*

Percentage of Search Criteria Passed

Search Criterion Cutoff Trials # Passed % Passed

Min Adjusted R-Squared > 0.50 7 4 57.14

**EK 3. (Devam) SO<sub>2</sub> Sonbahar dönemi için keşifsel regresyon sonuçları**

Max Coefficient p-value < 0.05	7	2	28.57
Max VIF Value < 7.50	7	7	100.00
Min Jarque-Bera p-value > 0.10	7	0	0.00

Min Spatial Autocorrelation p-value > 0.10 7 7 100.00

-----  
 Summary of Variable Significance  
 Variable % Significant % Negative % Positive

OSB_ALAN	100.00	0.00	100.00
YESIL	50.00	0.00	100.00
ACIK_ALAN	0.00	50.00	50.00

-----  
 Summary of Multicollinearity  
 Variable VIF Violations Covariates

OSB_ALAN	1.12	0	-----
ACIK_ALAN	1.10	0	-----
YESIL	1.07	0	-----

-----  
 Summary of Residual Normality (JB)

JB	AdjR2	AICc	K(BP)	VIF	SA	Model
0.007316	0.556078	106.952469	0.701886	1.066607	0.460119	+OSB_ALAN*** +ACIK_ALAN
0.002769	0.562089	104.890693	0.600516	1.000000	0.414583	+OSB_ALAN***
0.000311	0.632946	103.948305	0.517095	1.124713	0.959213	+OSB_ALAN*** +ACIK_ALAN +YESIL**

-----  
 Summary of Residual Spatial Autocorrelation (SA)

SA	AdjR2	AICc	JB	K(BP)	VIF	Model
0.959213	0.632946	103.948305	0.000311	0.517095	1.124713	+OSB_ALAN*** +ACIK_ALAN +YESIL**
0.653140	-0.034274	127.236111	0.000000	0.985449	1.000000	-ACIK_ALAN
0.507803	-0.026810	127.047785	0.000000	0.668283	1.000000	+YESIL

-----  
 Table Abbreviations

AdjR2 Adjusted R-Squared

AICc Akaike's Information Criterion

JB Jarque-Bera p-value



**EK 3. (Devam) SO<sub>2</sub> Sonbahar dönemi için keşifsel regresyon sonuçları**

K(BP) Koenker (BP) Statistic p-value

VIF Max Variance Inflation Factor

SA Global Moran's I p-value

Model Variable sign (+/-)

Model Variable significance (\* = 0.10; \*\* = 0.05; \*\*\* = 0.01)

---

#### EK 4. SO<sub>2</sub> Yaz dönemi için keşifsel regresyon sonuçları

\*\*\*\*\*

Choose 1 of 5 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2	AICc	JB	K(BP)	VIF	SA	Model
0.13	118.32	0.00	0.70	1.00	0.71	+OSB_ALAN**
0.07	120.02	0.01	0.08	1.00	0.10	+BINA_ALAN
0.03	121.10	0.00	0.39	1.00	0.11	+KAT_ADEDI

Passing Models

AdjR2	AICc	JB	K(BP)	VIF	SA	Model
-------	------	----	-------	-----	----	-------

\*\*\*\*\*

Choose 2 of 5 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2	AICc	JB	K(BP)	VIF	SA	Model
0.24	116.53	0.08	0.12	1.01	0.48	+BINA_ALAN** +OSB_ALAN**
0.22	116.95	0.14	0.09	1.05	0.46	+KAT_ADEDI +OSB_ALAN**
0.10	120.80	0.01	0.14	1.07	0.97	+OSB_ALAN* -ACIK_ALAN

Passing Models

AdjR2	AICc	JB	K(BP)	VIF	SA	Model
-------	------	----	-------	-----	----	-------

\*\*\*\*\*

Choose 3 of 5 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2	AICc	JB	K(BP)	VIF	SA	Model
0.25	118.16	0.02	0.23	1.96	0.53	+BINA_ALAN** +OSB_ALAN** +ACIK_ALAN
0.24	118.30	0.06	0.23	2.21	0.49	+KAT_ADEDI** +OSB_ALAN*** +ACIK_ALAN
0.20	119.62	0.08	0.13	10.20	0.48	+BINA_ALAN +KAT_ADEDI +OSB_ALAN**

Passing Models

AdjR2	AICc	JB	K(BP)	VIF	SA	Model
-------	------	----	-------	-----	----	-------

**EK 4. (Devam) SO<sub>2</sub> Yaz dönemi için keşifsel regresyon sonuçları**

\*\*\*\*\*

Choose 4 of 5 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.22 121.31 0.04 0.26 11.52 0.49 +BINA\_ALAN +KAT\_ADEDI +OSB\_ALAN\*\* +ACIK\_ALAN

0.21 121.58 0.02 0.07 1.96 0.53 +BINA\_ALAN\*\* +OSB\_ALAN\*\*\* +ACIK\_ALAN\* +KÖMÜR

0.21 121.72 0.06 0.10 2.21 0.48 +KAT\_ADEDI\*\* +OSB\_ALAN\*\* +ACIK\_ALAN -KÖMÜR

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

Choose 5 of 5 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.18 125.11 0.04 0.11 11.54 0.49 +BINA\_ALAN +KAT\_ADEDI +OSB\_ALAN\*\* +ACIK\_ALAN -  
KÖMÜR

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* Exploratory Regression Global Summary (YSO2) \*\*\*\*\*

Percentage of Search Criteria Passed

Search Criterion Cutoff Trials # Passed % Passed

Min Adjusted R-Squared > 0.50 31 0 0.00

Max Coefficient p-value < 0.05 31 2 6.45

Max VIF Value < 7.50 31 23 74.19

Min Jarque-Bera p-value > 0.10 31 4 12.90

Min Spatial Autocorrelation p-value > 0.10 15 14 93.33

-----  
Summary of Variable Significance

Variable % Significant % Negative % Positive

OSB\_ALAN 81.25 0.00 100.00

BINA\_ALAN 18.75 0.00 100.00

#### EK 4. (Devam) SO<sub>2</sub> Yaz dönemi için keşifsel regresyon sonuçları

KAT_ADEDI	12.50	25.00	75.00
ACIK_ALAN	0.00	50.00	50.00
KÖMÜR	0.00	12.50	87.50

---

#### Summary of Multicollinearity

Variable VIF Violations Covariates

BINA\_ALAN 9.86 8 KAT\_ADEDI (88.89)

KAT\_ADEDI 11.54 8 BINA\_ALAN (88.89)

OSB\_ALAN 1.66 0 -----

ACIK\_ALAN 2.21 0 -----

KÖMÜR 1.12 0 -----

---

#### Summary of Residual Normality (JB)

JB AdjR2 AICc K(BP) VIF SA Model

0.151561 0.189102 120.044015 0.041921 1.174866 0.468420 +KAT\_ADEDI +OSB\_ALAN\*\*  
+KÖMÜR

0.138845 0.224283 116.951311 0.093050 1.047269 0.460118 +KAT\_ADEDI +OSB\_ALAN\*\*

0.111928 0.027117 124.779176 0.011471 9.110078 0.132532 +BINA\_ALAN -KAT\_ADEDI  
+KÖMÜR

---

#### Summary of Residual Spatial Autocorrelation (SA)

SA AdjR2 AICc JB K(BP) VIF Model

0.966795 0.100651 120.796264 0.005308 0.139644 1.066607 +OSB\_ALAN\* -ACIK\_ALAN

0.709183 0.126882 118.319349 0.000620 0.702157 1.000000 +OSB\_ALAN\*\*

0.531264 0.209996 121.576821 0.017882 0.074791 1.958441 +BINA\_ALAN\*\* +OSB\_ALAN\*\*\*  
+ACIK\_ALAN\* +KÖMÜR

---

#### Table Abbreviations

AdjR2 Adjusted R-Squared

K(BP) Koenker (BP) Statistic p-value

SA Global Moran's I p-value

Model Variable sign (+/-)

Model Variable significance (\* = 0.10; \*\* = 0.05; \*\*\* = 0.01)

---

## EK 5. NO<sub>2</sub> Kış dönemi için keşifsel regresyon sonuçları

\*\*\*\*\*

Choose 1 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.28 183.68 0.49 0.19 1.00 0.08 +ANAYOL\*\*\*

0.18 187.11 0.49 0.29 1.00 0.10 +BINA\_ALAN\*\*

0.14 188.41 0.56 0.17 1.00 0.13 +KAT\_ADEDI\*\*

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

Choose 2 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.35 182.73 0.66 0.82 1.11 0.46 +BINA\_ALAN\* +ANAYOL\*\*

0.34 183.08 0.65 0.24 1.05 0.03 +ANAYOL\*\*\* +YESIL\*

0.34 183.18 0.58 0.63 1.07 0.55 +KAT\_ADEDI\* +ANAYOL\*\*\*

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

Choose 3 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.37 183.91 0.84 0.43 1.23 0.11 +BINA\_ALAN +ANAYOL\*\* +YESIL

0.37 184.03 0.77 0.31 1.15 0.13 +KAT\_ADEDI +ANAYOL\*\* +YESIL

0.36 184.39 0.72 0.88 1.90 0.36 +BINA\_ALAN\*\* +ANAYOL\*\* +ACIK\_ALAN

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

**EK 5. (Devam) NO<sub>2</sub> Kış dönemi için keşifsel regresyon sonuçları**

\*\*\*\*\*

Choose 4 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.37 186.21 0.89 0.59 2.12 0.08 +BINA\_ALAN +ANAYOL\*\* +ACIK\_ALAN +YESIL

0.36 186.48 0.83 0.39 1.93 0.10 +KAT\_ADEDI +ANAYOL\*\* +ACIK\_ALAN +YESIL

0.35 186.85 0.62 0.32 1.42 0.30 +KAT\_ADEDI +ANAYOL\*\* +YESIL +KÖMÜR

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

Choose 5 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.35 189.49 0.64 0.30 1.94 0.26 +KAT\_ADEDI +ANAYOL\*\* +ACIK\_ALAN +YESIL +KÖMÜR

0.35 189.49 0.79 0.45 2.17 0.18 +BINA\_ALAN +ANAYOL\*\* +ACIK\_ALAN +YESIL +KÖMÜR

0.34 189.93 0.87 0.64 10.33 0.09 +BINA\_ALAN +KAT\_ADEDI +ANAYOL\*\* +ACIK\_ALAN +YESIL

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

Choose 6 of 6 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.32 193.56 0.72 0.48 10.83 0.23 +BINA\_ALAN +KAT\_ADEDI +ANAYOL\*\* +ACIK\_ALAN +YESIL +KÖMÜR

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* Exploratory Regression Global Summary (K\_NO2) \*\*\*\*\*

## EK 5. (Devam) NO<sub>2</sub> Kış dönemi için keşifsel regresyon sonuçları

### Percentage of Search Criteria Passed

#### Search Criterion Cutoff Trials # Passed % Passed

Min Adjusted R-Squared > 0.50	63	0	0.00
Max Coefficient p-value < 0.05	63	4	6.35
Max VIF Value < 7.50	63	47	74.60
Min Jarque-Bera p-value > 0.10	63	63	100.00
Min Spatial Autocorrelation p-value > 0.10	18	10	55.56

---

#### Summary of Variable Significance

#### Variable % Significant % Negative % Positive

ANAYOL	100.00	0.00	100.00
BINA_ALAN	25.00	0.00	100.00
KAT_ADEDI	15.62	18.75	81.25
YESIL	12.50	0.00	100.00
ACIK_ALAN	0.00	25.00	75.00
KÖMÜR	0.00	28.12	71.88

---

#### Summary of Multicollinearity

#### Variable VIF Violations Covariates

BINA_ALAN	10.83	16	KAT_ADEDI (94.12)
KAT_ADEDI	9.69	16	BINA_ALAN (94.12)
ANAYOL	1.19	0	-----
ACIK_ALAN	1.77	0	-----
YESIL	1.55	0	-----
KÖMÜR	1.32	0	-----

#### Summary of Residual Normality (JB)

JB	AdjR2	AICc	K(BP)	VIF	SA	Model
0.926907	0.097472	191.415300	0.688884	1.012307	0.000225	-ACIK_ALAN +YESIL**
0.916113	0.133828	188.638984	0.459850	1.000000	0.000140	+YESIL**

## EK 5. (Devam) NO<sub>2</sub> Kış dönemi için keşifsel regresyon sonuçları

0.890487 0.370194 186.211833 0.586272 2.119014 0.078360 +BINA\_ALAN +ANAYOL\*\*  
+ACIK\_ALAN +YESIL

---

### Summary of Residual Spatial Autocorrelation (SA)

SA	AdjR2	AICc	JB	K(BP)	VIF	Model
0.551664	0.342556	183.177470	0.575639	0.628792	1.068477	+KAT_ADEDI* +ANAYOL***
0.463394	0.353823	182.728008	0.663197	0.818978	1.109272	+BINA_ALAN* +ANAYOL**
0.358553	0.360690	184.389725	0.716277	0.877183	1.896332	+BINA_ALAN** +ANAYOL** +ACIK_ALAN

---

### Table Abbreviations

AdjR2 Adjusted R-Squared

AICc Akaike's Information Criterion

JB Jarque-Bera p-value

K(BP) Koenker (BP) Statistic p-value

VIF Max Variance Inflation Factor

SA Global Moran's I p-value

Model Variable sign (+/-)

Model Variable significance (\* = 0.10; \*\* = 0.05; \*\*\* = 0.01)

---



## EK 6. NO<sub>2</sub> İlkbahar dönemi için keşifsel regresyon sonuçları

\*\*\*\*\*

Choose 1 of 5 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.23 182.08 0.03 0.99 1.00 0.94 +ANAYOL\*\*\*

0.03 187.95 0.00 0.36 1.00 0.91 +INSAATALAN

-0.03 189.45 0.02 0.55 1.00 0.38 -ACIK\_ALAN

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

Choose 2 of 5 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.22 184.10 0.00 0.76 1.05 0.70 +ANAYOL\*\* +INSAATALAN

0.20 184.59 0.01 0.84 1.00 0.85 +ANAYOL\*\*\* -ACIK\_ALAN

0.20 184.67 0.02 0.84 1.11 0.97 +OSB\_ALAN +ANAYOL\*\*\*

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

Choose 3 of 5 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.19 186.91 0.00 0.87 1.15 0.70 +OSB\_ALAN +ANAYOL\*\* +INSAATALAN

0.18 187.19 0.00 0.69 1.07 0.70 +YESILALAN +ANAYOL\*\* +INSAATALAN

0.18 187.20 0.00 0.86 1.77 0.70 +ANAYOL\*\* +ACIK\_ALAN +INSAATALAN

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

**EK 6. (Devam) NO<sub>2</sub> İlkbahar dönemi için keşifsel regresyon sonuçları**

Choose 4 of 5 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.15 190.26 0.00 0.93 2.03 0.68 +OSB\_ALAN +ANAYOL\*\* +ACIK\_ALAN +INSAATALAN

0.15 190.31 0.00 0.84 1.16 0.70 +YESILALAN +OSB\_ALAN +ANAYOL\*\* +INSAATALAN

0.14 190.61 0.01 0.73 1.91 0.70 +YESILALAN +ANAYOL\*\* +ACIK\_ALAN +INSAATALAN

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

Choose 5 of 5 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.11 194.01 0.00 0.86 2.29 0.66 +YESILALAN +OSB\_ALAN +ANAYOL\*\* +ACIK\_ALAN  
+INSAATALAN

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* Exploratory Regression Global Summary (İ\_NO2) \*\*\*\*\*

Percentage of Search Criteria Passed

Search Criterion Cutoff Trials # Passed % Passed

Min Adjusted R-Squared > 0.50 31 0 0.00

Max Coefficient p-value < 0.05 31 1 3.23

Max VIF Value < 7.50 31 31 100.00

Min Jarque-Bera p-value > 0.10 31 0 0.00

Min Spatial Autocorrelation p-value > 0.10 15 15 100.00

-----  
Summary of Variable Significance

Variable % Significant % Negative % Positive

**EK 6. (Devam) NO<sub>2</sub> İlkbahar dönemi için keşifsel regresyon sonuçları**

ANAYOL	100.00	0.00	100.00
YESILALAN	0.00	75.00	25.00
OSB_ALAN	0.00	50.00	50.00
ACIK_ALAN	0.00	50.00	50.00
INSAATALAN	0.00	0.00	100.00

-----  
Summary of Multicollinearity

Variable VIF Violations Covariates

YESILALAN	1.16	0	-----
OSB_ALAN	1.40	0	-----
ANAYOL	1.16	0	-----
ACIK_ALAN	2.29	0	-----
INSAATALAN	2.21	0	-----

Summary of Residual Normality (JB)

JB	AdjR2	AICc	K(BP)	VIF	SA	Model
0.063449	-0.034609	189.599102	0.663693	1.000000	0.344938	-OSB_ALAN
0.038323	-0.075948	192.325051	0.805508	1.000418	0.359657	-YESILALAN -OSB_ALAN
0.032003	0.225189	182.080951	0.986200	1.000000	0.935785	+ANAYOL***

-----  
Summary of Residual Spatial Autocorrelation (SA)

SA	AdjR2	AICc	JB	K(BP)	VIF	Model
0.968576	0.198335	184.674118	0.020644	0.842679	1.107447	+OSB_ALAN +ANAYOL***
0.935785	0.225189	182.080951	0.032003	0.986200	1.000000	+ANAYOL***
0.914546	0.028807	187.954505	0.000433	0.364693	1.000000	+INSAATALAN

-----  
Table Abbreviations

AdjR2 Adjusted R-Squared

AICc Akaike's Information Criterion

**EK 6. (Devam)** NO<sub>2</sub> İlkbahar dönemi için keşifsel regresyon sonuçları

JB Jarque-Bera p-value

K(BP) Koenker (BP) Statistic p-value

VIF Max Variance Inflation Factor

SA Global Moran's I p-value

Model Variable sign (+/-)

Model Variable significance (\* = 0.10; \*\* = 0.05; \*\*\* = 0.01)

---

**EK 7. NO<sub>2</sub> Yaz dönemi için keşifsel regresyon sonuçları**

\*\*\*\*\*

Choose 1 of 3 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.18 229.15 0.00 0.19 1.00 0.74 +ANAYOL\*\*

-0.03 234.87 0.00 0.46 1.00 0.69 +ACIK\_ALAN

-0.04 235.22 0.00 0.64 1.00 0.74 +YESILALAN

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

Choose 2 of 3 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.16 231.35 0.00 0.30 1.00 0.53 +ANAYOL\*\* +ACIK\_ALAN

0.15 231.76 0.00 0.29 1.01 0.81 +YESILALAN +ANAYOL\*\*

-0.07 237.62 0.00 0.65 1.02 0.73 +YESILALAN +ACIK\_ALAN

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

Choose 3 of 3 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.13 234.12 0.00 0.35 1.03 0.61 +YESILALAN +ANAYOL\*\* +ACIK\_ALAN

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* Exploratory Regression Global Summary (Y\_NO2) \*\*\*\*\*

Percentage of Search Criteria Passed

Search Criterion Cutoff Trials # Passed % Passed

Min Adjusted R-Squared > 0.50 7 0 0.00

Max Coefficient p-value < 0.05 7 1 14.29

**EK 7. (Devam) NO<sub>2</sub> Yaz dönemi için keşifsel regresyon sonuçları**

Max VIF Value < 7.50	7	7	100.00
Min Jarque-Bera p-value > 0.10	7	0	0.00
Min Spatial Autocorrelation p-value > 0.10	7	7	100.00
-----			
Summary of Variable Significance			
Variable	% Significant	% Negative	% Positive
ANAYOL	100.00	0.00	100.00
YESILALAN	0.00	0.00	100.00
ACIK_ALAN	0.00	0.00	100.00
-----			
Summary of Multicollinearity			
Variable	VIF	Violations	Covariates
YESILALAN	1.03	0	-----
ANAYOL	1.01	0	-----
ACIK_ALAN	1.02	0	-----
-----			
Summary of Residual Normality (JB)			
JB	AdjR2	AICc	K(BP) VIF SA Model
0.000000	-0.026756	234.867617	0.462293 1.000000 0.687465 +ACIK_ALAN
0.000000	0.175871	229.151971	0.191457 1.000000 0.735056 +ANAYOL**
0.000000	-0.040636	235.216732	0.638973 1.000000 0.740502 +YESILALAN
-----			
Summary of Residual Spatial Autocorrelation (SA)			
SA	AdjR2	AICc	JB K(BP) VIF Model
0.809516	0.146758	231.761881	0.000000 0.286644 1.010576 +YESILALAN +ANAYOL**
0.740502	-0.040636	235.216732	0.000000 0.638973 1.000000 +YESILALAN
0.735056	0.175871	229.151971	0.000000 0.191457 1.000000 +ANAYOL**
-----			
Table Abbreviations			
AdjR2 Adjusted R-Squared			
AICc Akaike's Information Criterion			
JB Jarque-Bera p-value			
K(BP) Koenker (BP) Statistic p-value			

**EK 7. (Devam) NO<sub>2</sub> Yaz dönemi için keşifsel regresyon sonuçları**

VIF Max Variance Inflation Factor

SA Global Moran's I p-value

Model Variable sign (+/-)

Model Variable significance (\* = 0.10; \*\* = 0.05; \*\*\* = 0.01)

---

**EK 8. NO<sub>2</sub> Sonbahar dönemi için keşifsel regresyon sonuçları**

\*\*\*\*\*

Choose 1 of 3 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.18 209.91 0.00 0.21 1.00 0.67 +ANAYOL\*\*

-0.01 215.44 0.00 0.37 1.00 0.96 +BINA\_ALAN

-0.04 216.10 0.00 0.40 1.00 0.83 +KÖMÜR

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

Choose 2 of 3 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.15 212.50 0.00 0.20 1.00 0.52 +ANAYOL\*\* +KÖMÜR

0.15 212.70 0.00 0.15 1.11 0.65 +BINA\_ALAN +ANAYOL\*\*

-0.05 218.15 0.00 0.44 1.00 0.81 +BINA\_ALAN +KÖMÜR

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

Choose 3 of 3 Summary

Highest Adjusted R-Squared Results

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

0.12 215.58 0.00 0.12 1.11 0.50 +BINA\_ALAN +ANAYOL\*\* +KÖMÜR

Passing Models

AdjR2 AICc JB K(BP) VIF SA Model

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* Exploratory Regression Global Summary (S\_NO2) \*\*\*\*\*



## EK 8. NO<sub>2</sub> Sonbahar dönemi için keşifsel regresyon sonuçları

### Percentage of Search Criteria Passed

#### Search Criterion Cutoff Trials # Passed % Passed

Min Adjusted R-Squared > 0.50	7	0	0.00
Max Coefficient p-value < 0.05	7	1	14.29
Max VIF Value < 7.50	7	7	100.00
Min Jarque-Bera p-value > 0.10	7	0	0.00
Min Spatial Autocorrelation p-value > 0.10	7	7	100.00

### Summary of Variable Significance

#### Variable % Significant % Negative % Positive

ANAYOL	100.00	0.00	100.00
BINA_ALAN	0.00	0.00	100.00
KÖMÜR	0.00	0.00	100.00

### Summary of Multicollinearity

#### Variable VIF Violations Covariates

BINA_ALAN	1.11	0	-----
ANAYOL	1.11	0	-----
KÖMÜR	1.00	0	-----

### Summary of Residual Normality (JB)

JB	AdjR2	AICc	K(BP)	VIF	SA	Model
0.000489	0.154807	212.504425	0.199788	1.000642	0.519034	+ANAYOL** +KÖMÜR
0.000207	0.117090	215.579021	0.120858	1.112559	0.500048	+BINA_ALAN +ANAYOL** +KÖMÜR
0.000068	0.183055	209.913279	0.207820	1.000000	0.669079	+ANAYOL**

**EK 8. (Devam)** NO<sub>2</sub> Sonbahar dönemi için keşifsel regresyon sonuçları

Summary of Residual Spatial Autocorrelation (SA)

SA	AdjR2	AICc	JB	K(BP)	VIF	Model
0.958273	-0.010292	215.436276	0.000000	0.369946	1.000000	+BINA_ALAN
0.829089	-0.036563	216.103725	0.000002	0.396946	1.000000	+KÖMÜR
0.805055	-0.049974	218.145264	0.000000	0.436096	1.001909	+BINA_ALAN +KÖMÜR

-----

Table Abbreviations

AdjR2 Adjusted R-Squared

AICc Akaike's Information Criterion

JB Jarque-Bera p-value

K(BP) Koenker (BP) Statistic p-value

VIF Max Variance Inflation Factor

SA Global Moran's I p-value

Model Variable sign (+/-)

Model Variable significance (\* = 0.10; \*\* = 0.05; \*\*\* = 0.01)

---