



**ARAZİ KULLANIMI DEĞİŞİMİNİN HAVA KALİTESİ ÜZERİNE
ETKİLERİNİN ZAMANSAL VE MEKANSAL BOYUTLARIYLA
İRDELENMESİ, ANKARA ÖRNEĞİ**

Onur COŞKUN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE BİLİMLERİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

EKİM 2022

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Onur COŞKUN

05/10/2022

ARAZİ KULLANIMI DEĞİŞİMİNİN HAVA KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN
ZAMANSAL VE MEKANSAL BOYUTLARIYLA İRDELENMESİ, ANKARA

ÖRNEĞİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Onur COŞKUN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ekim 2022

ÖZET

Sanayi devriminden sonra gündeme gelen ve alınması gereken önlemlerin neler olduğu hakkında tartışmalar başlatan hava kirliliği, artan kentleşme, artan nüfus ve değişen arazi kullanım kararları ile insan, hayvan, bitki ve yapı çevre açısından tehdit oluşturmaktadır. Bu tehdit insanoğlunun ihtiyaçları doğrultusunda gösterdiği ekonomik ve sosyal faaliyetler ile de giderek artmaktadır. Bu ihtiyaçların giderilmesine yönelik olarak yapılan ekonomik ve sosyal faaliyetlerde hava kirliliğinin ikinci plana atılarak kararların veriliyor olması yaşam kalitesini olumsuz yönde etkilemiş olup bu etkinin farkına varma noktasında geç kalınmıştır. Alınabilecek önlemlerin bilimsel yollarla ortaya konuyor olmasına rağmen artan nüfus, değişen ekonomik şartlar tedbir almayı zorlaştırmıştır. Yapılan bu çalışmada ise Ankara ilindeki hava kalitesindeki değişim ile artan kentleşmeye bağlı olarak değişen arazi kullanım kararları arasındaki bağlantı analiz edilmiştir. Bu analiz esnasında hava kalitesi izleme istasyonlarından alınan SO₂ ve PM₁₀ değerleri girdi olarak kullanılmıştır. Farklı hava kalitesi izleme istasyonlarının yakın çevrelerinin kentsel kimliklerinin de farklı olmasından dolayı değişen hava kirlleticileri değerleri farklı arazi kullanım kararları ile ortak olarak analiz edilebilmiştir. Söz konusu hava kalitesi izleme istasyonlarındaki değerlere, arazi kullanımı değerlerine ve Landsat uydu görüntüleri kullanılarak gerçekleştirilen Yüzey Sıcaklığı ile NDVI analizi arasındaki ilişkiye bakıldığında kentsel hareketliliğin, trafik yoğunluğunun, sanayi alanlarının ve ticari faaliyetlerin fazla olduğu yerlerde yaşam kalitesinin giderek düştüğü, bu kapsamda şehircilik politikalarının gözden geçirilerek tedbirlerin alınması gerektiği sonucuna varılmaktadır.

Bilim Kodu : 80208

Anahtar Kelimeler : Hava kirliliği ve kontrolü, hava kalitesi, uzaktan algılama, arazi kullanım kararları

Sayfa Adedi : 111

Danışman : Prof. Dr. Ülkü DUMAN YÜKSEL

ANALYSIS OF AIR QUALITY CHANGE AND CHANGES IN LAND USE
DECISIONS BY YEARS, ANKARA CASE

(M. Sc. Thesis)

Onur COŞKUN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

October 2022

ABSTRACT

Air pollution, which came to the agenda after the industrial revolution and started discussions about the precautions to be taken, poses a threat to humans, animals, plants and the built environment with increasing urbanization, increasing population and changing land use decisions. This threat is also increasing with the economic and social activities of human beings in line with their needs. The fact that decisions are made by putting air pollution in the second place in the economic and social activities carried out to meet these needs adversely affected the quality of life and it was late at the point of realizing this effect. Although the measures that can be taken are being put forward by scientific means, the increasing population and changing economic conditions have made it difficult to take measures. In this study, the connection between the change in air quality in Ankara and the land use decisions that change due to increasing urbanization has been analyzed. During this analysis, SO₂ and PM₁₀ values obtained from air quality monitoring stations were used as inputs. Due to the different urban identities of the immediate surroundings of different air quality monitoring stations, varying air pollutant values could be analyzed jointly with different land use decisions. Considering the values at the air quality monitoring stations, land use values, and the relationship between the Surface Temperature and NDVI analysis using Landsat satellite images, it is seen that the quality of life decreases gradually in places where urban mobility, traffic density, industrial areas and commercial activities are high, and in this context, urbanization policies are reviewed.

Science Code : 80208

Key Words : Air pollution and control, air quality, remote sensing, land use decisions

Page Number : 111

Supervisor : Prof. Dr. Ülkü DUMAN YÜKSEL

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada desteğini asla esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Ülkü DUMAN YÜKSEL'e, yoğun çalışmalarım esnasında bilgi birikimiyle bana hep destek olan aileme ve bu zorlu süreçte hep yanımda olan Nur Banu DOĞU'ya ve kulağımdan eksik olmayan David GILMOUR'a teşekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	iv
1. GİRİŞ.....	1
2. KAVRAMSAL TEMEL.....	8
2.1. Hava Kirliliği.....	10
2.2. Hava Kirleticileri.....	13
2.3. Hava Kirliliğinin Etkileri.....	14
2.3.1. İnsan sağlığı üzerine olan etkileri.....	14
2.3.2. Bitki ve hayvanlar üzerine olan etkileri.....	16
2.3.3. Yapılı çevre üzerine olan etkileri.....	17
2.3.4. İklim üzerine olan etkileri.....	18
2.4. Hava Kirleticilerine İlişkin Ulusal ve Uluslararası Standartlar.....	19
2.5. Hava Kalitesi.....	20
2.6. Arazi Kullanımı – Hava Kirliliği İlişkisi.....	23
2.6.1. Yerleşim alanları.....	24
2.6.2. Endüstriyel alanlar.....	24
2.6.3. Ticari alanlar.....	25
2.6.4. Karayolu ağı.....	25

	Sayfa
2.6.5. Yeşil alanlar.....	26
2.7. Hava Kirliliği ve Kent Planlama.....	26
3. MATERYAL VE METODOLOJİ.....	29
3.1. Materyal.....	29
3.1.1. Hava kirleticileri.....	29
3.1.2. Uydu görüntüleri.....	29
3.1.3. Çalışma alanı.....	29
3.2. Metodoloji.....	36
4. BULGULAR.....	47
4.1. Hava Kalitesi İzleme İstasyonları Yakın Çevresine Ait Arazi Kullanımının Değerlendirilmesi.....	47
4.2. Hava Kalitesi İzleme İstasyonları Tarafından Ölçülen Kirletici Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	52
4.3. 2015-2020 Yıllarına Ait Yüzey Sıcaklık Analizi.....	56
4.4 Hava Kirleticiler İle Arazi Kullanımı, Yapılı Çevre İlişkisinin İncelenmesi....	66
4.4.1. 2015 yılı hava kirleticileri ve arazi kullanımı değerlerinin karşılaştırılması.....	67
4.4.2. 2020 yılı hava kirleticileri ve arazi kullanımı değerlerinin karşılaştırılması.....	84
4.4.3. 2015 – 2020 yılları arasındaki değişim (delta değeri).....	100
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	105
KAYNAKLAR.....	109

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Literatür Taraması Özet.....	7
Çizelge 2.1. Hava Kirleticileri Limit Değerler	20
Çizelge 3.1. Ankara İli Aylara Göre Sıcaklık/Yağış Ortalamaları.....	33
Çizelge 3.2. Ankara İli Nüfus Sayımları.....	33
Çizelge 4.1. 2015 Yılı Arazi Kullanım Değerleri.....	47
Çizelge 4.2. 2020 Yılı Arazi Kullanım Değerleri.....	48
Çizelge 4.3. Hava Kalitesi İzleme İstasyonları Karakteristik Özellikleri.....	49
Çizelge 4.4. Hava Kalitesi İzleme İstasyonları SO ₂ Değerleri Yıllık Ortalamaları.....	52
Çizelge 4.5. SO ₂ Ölçüm Değerleri.....	54
Çizelge 4.6. Hava Kalitesi İzleme İstasyonları PM ₁₀ Değerleri Yıllık Ortalamaları....	54
Çizelge 4.7. PM ₁₀ Ölçüm Değerleri.....	56
Çizelge 4.8. Bahçelievler - SO ₂ Regresyon Sonuçları (2015).....	67
Çizelge 4.9. Bahçelievler, SO ₂ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015).....	68
Çizelge 4.10. Demetevler - SO ₂ Regresyon Sonuçları (2015).....	68
Çizelge 4.11. Demetevler, SO ₂ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015).....	69
Çizelge 4.12. Kayaş - SO ₂ Regresyon Sonuçları (2015).....	69
Çizelge 4.13. Demetevler, SO ₂ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015).....	70
Çizelge 4.14. Keçiören - SO ₂ Regresyon Sonuçları (2015).....	71
Çizelge 4.15. Keçiören, SO ₂ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015).....	71
Çizelge 4.16. Sıhhiye - SO ₂ Regresyon Sonuçları (2015).....	72

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.17. Sıhhiye, SO ₂ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015).....	72
Çizelge 4.18. Sincan - SO ₂ Regresyon Sonuçları (2015).....	73
Çizelge 4.19. Sincan, SO ₂ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015).....	73
Çizelge 4.20. Siteler - SO ₂ Regresyon Sonuçları (2015).....	74
Çizelge 4.21. Siteler, SO ₂ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015).....	74
Çizelge 4.22. SO ₂ Regresyon Sonuçları (2015).....	75
Çizelge 4.23. SO ₂ Çoklu Regresyon Sonuçları (2015).....	75
Çizelge 4.24. Bahçelievler - PM ₁₀ Regresyon Sonuçları (2015).....	76
Çizelge 4.25. Bahçelievler, PM ₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015).....	77
Çizelge 4.26. Demetevler - PM ₁₀ Regresyon Sonuçları (2015).....	77
Çizelge 4.27. Demetevler, PM ₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015).....	78
Çizelge 4.28. Kayaş - PM ₁₀ Regresyon Sonuçları (2015).....	78
Çizelge 4.29. Kayaş, PM ₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015).....	79
Çizelge 4.30. Keçiören - PM ₁₀ Regresyon Sonuçları (2015).....	79
Çizelge 4.31. Keçiören, PM ₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015).....	80
Çizelge 4.32. Sıhhiye - PM ₁₀ Regresyon Sonuçları (2015).....	80
Çizelge 4.33. Sıhhiye, PM ₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015).....	81
Çizelge 4.34. Sincan - PM ₁₀ Regresyon Sonuçları (2015).....	81
Çizelge 4.35. Sincan, PM ₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015).....	82
Çizelge 4.36. Siteler - PM ₁₀ Regresyon Sonuçları (2015).....	82

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.37. Siteler, PM ₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015).....	83
Çizelge 4.38. PM ₁₀ Regresyon Sonuçları (2015).....	83
Çizelge 4.39. PM ₁₀ Çoklu Regresyon Sonuçları (2015).....	84
Çizelge 4.40. Bahçelievler - SO ₂ Regresyon Sonuçları (2020).....	84
Çizelge 4.41. Bahçelievler, SO ₂ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020).....	85
Çizelge 4.42. Demetevler - SO ₂ Regresyon Sonuçları (2020).....	85
Çizelge 4.43. Demetevler, SO ₂ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020).....	86
Çizelge 4.44. Kayaş - SO ₂ Regresyon Sonuçları (2020).....	86
Çizelge 4.45. Kayaş, SO ₂ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020).....	87
Çizelge 4.46. Keçiören - SO ₂ Regresyon Sonuçları (2020).....	87
Çizelge 4.47. Keçiören, SO ₂ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020).....	88
Çizelge 4.48. Sıhhiye - SO ₂ Regresyon Sonuçları (2020).....	88
Çizelge 4.49. Sıhhiye, SO ₂ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020).....	89
Çizelge 4.50. Sincan - SO ₂ Regresyon Sonuçları (2020).....	89
Çizelge 4.51. Sincan, SO ₂ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020).....	90
Çizelge 4.52. Siteler - SO ₂ Regresyon Sonuçları (2020).....	90
Çizelge 4.53. Siteler, SO ₂ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020).....	91
Çizelge 4.54. SO ₂ Regresyon Sonuçları (2020).....	91
Çizelge 4.55. SO ₂ Çoklu Regresyon Sonuçları (2020).....	92
Çizelge 4.56. Bahçelievler - PM ₁₀ Regresyon Sonuçları (2020).....	92

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.57. Bahçelievler, PM ₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020).....	93
Çizelge 4.58. Demetevler - PM ₁₀ Regresyon Sonuçları (2020).....	93
Çizelge 4.59. Demetevler, PM ₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020).....	94
Çizelge 4.60. Kayaş - PM ₁₀ Regresyon Sonuçları (2020).....	94
Çizelge 4.61. Kayaş, PM ₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020).....	95
Çizelge 4.62. Keçiören - PM ₁₀ Regresyon Sonuçları (2020).....	95
Çizelge 4.63. Keçiören, PM ₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020).....	96
Çizelge 4.64. Sıhhiye - PM ₁₀ Regresyon Sonuçları (2020).....	96
Çizelge 4.65. Sıhhiye, PM ₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020).....	97
Çizelge 4.66. Sincan - PM ₁₀ Regresyon Sonuçları (2020).....	97
Çizelge 4.67. Sincan, PM ₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020).....	98
Çizelge 4.68. Siteler - PM ₁₀ Regresyon Sonuçları (2020).....	98
Çizelge 4.69. Siteler, PM ₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020).....	99
Çizelge 4.70. PM ₁₀ Regresyon Sonuçları (2020).....	99
Çizelge 4.71. PM ₁₀ Çoklu Regresyon Sonuçları (2020).....	100
Çizelge 4.72. Hava Kirleticilerinin (PM ₁₀ ve SO ₂) Arazi Kullanımı/Örtüsü ve Yüzey Sıcaklığı ile Regresyonu.....	101

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Isı Adası Etkisi.....	18
Şekil 2.2. Siyah Karbon Kaynakları.....	19
Şekil 2.3. Hava Kalitesi İzleme İstasyonları Konumları.....	21
Şekil 2.4. Hava Kalitesi İndeksi.....	22
Şekil 2.5. Hava Kalitesi İzleme İstasyonu Ölçümleri.....	23
Şekil 3.1. Ankara İlinin Konumu.....	30
Şekil 3.2. Ankara İl Merkez İlçelerinde Yer Alan Hava Kalitesi İzleme İstasyonları...	31
Şekil 3.3. Araştırmada Verileri Analiz Edilen Hava Kalitesi İzleme İstasyonları Konumları.....	32
Şekil 3.4. Ankara İli 2020 Yılı Arazi Kullanımı.....	36
Şekil 3.5. Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı, Kirletici Sorgusu.....	37
Şekil 3.6. 31 Temmuz 2015 Tarihli Band 11 Görüntüsü.....	39
Şekil 3.7. 12 Temmuz 2020 Tarihli Band 11 Görüntüsü.....	40
Şekil 3.8. Şablon Karelaj.....	43
Şekil 3.9. Mekansal Veriler Analiz Diyagramı.....	44
Şekil 3.10. 2015 Yılı Bahçelievler İstasyonu Yakın Çevresi NDVI Analizi.....	44
Şekil 3.11. 2015 Yılı Bahçelievler İstasyonu Yakın Çevresi NDVI Analizi Tablosu...	45
Şekil 4.1.Yıllara göre SO ₂ Değerleri.....	53
Şekil 4.2.Yıllara göre PM ₁₀ Değerleri.....	55
Şekil 4.3. Çalışma Alanına Ait Uydu Görüntüsü.....	57
Şekil 4.4. Çalışma Alanına Ait Uydu Görüntüsü.....	57
Şekil 4.5. 31 Temmuz 2015 Tarihli Görüntüye Ait Radyans Değerleri.....	58
Şekil 4.6. 12 Temmuz 2020 Tarihli Görüntüye Ait Radyans Değerleri.....	59

Şekil	Sayfa
Şekil 4.7. 31 Temmuz 2015 Tarihli Görüntü İçin Radyans - Celsius Dönüşümü.....	60
Şekil 4.8. 12 Temmuz 2020 Tarihli Görüntü İçin Radyans - Celsius Dönüşümü.....	60
Şekil 4.9. 31 Temmuz 2015 Tarihli Görüntü İçin Ortalama Yüzey Sıcaklığı.....	61
Şekil 4.10.12 Temmuz 2020 Tarihli Görüntü İçin Ortalama Yüzey Sıcaklığı.....	62
Şekil 4.11. 31 Temmuz 2015 Tarihli Görüntü İçin NDVI Analizi.....	63
Şekil 4.12. 12 Temmuz 2020 Tarihli Görüntü İçin NDVI Analizi.....	64
Şekil 4.13. 31 Temmuz 2015 Tarihli Görüntü İçin Yüzey Sıcaklığı Haritası.....	65
Şekil 4.14. 12 Temmuz 2020 Tarihli Görüntü İçin Yüzey Sıcaklığı Haritası.....	66

1. GİRİŞ

Şehirleşme ve buna bağlı olarak değişen ekonomik şartların sebep olduğu hava kirliliği, birden fazla kirleticinin ekolojik yaşamı ve sağlıklı yaşanabilecek bir çevreyi zararı hissedilecek oranlarda etkilemesi olarak tanımlanmaktadır.

Endüstriyel faaliyetlerin artması sonucunda yaşanan ‘Endüstri Devrimi’ ile beraber artan enerji kullanımı hava kalitesini olumsuz yönde etkilemiş, bu etki hissedilir bir hale gelerek insanlık tarafından sorun olarak değerlendirilmeye başlanmıştır. Söz konusu endüstrileşme sonrasında oduna duyulan ihtiyaç ile ormanlar, yeşil alanlar yok edilmiş ve kömür kullanımına geçilmiştir. Hava kirliliğinin artış göstermesinin sebepleri arasında hızlı nüfus artışı, kentleşme oranlarındaki artış, kullanılan yakıtlardaki değişim ve en önemlisi sanayide kömür kullanımının yaygınlaşması gösterilebilir. Kullanılan yakıt tipinin değişmesi ile hava kirliliğinden ilk etkilenen kent de Londra olarak tarihe geçmiştir. Bu sebeplerden ötürü 1273’te Londra’da kömür kullanımı yasaklanmıştır.

Ülkemize bakıldığında şehircilik ve endüstriyel faaliyetlerin hızının kontrol edilememiş olmasından kaynaklı olarak hava kirliliği dikkat çeken bir çevre sorunu haline gelmiştir. Aynı zamanda endüstriyel faaliyetlerde çalışan kentlilerin de iş yerlerine yakın konumlarda plansız/düzensiz yapılaşmayı hızlandırmaları sonucunda kentsel hava kirliliği kontrol edilemez bir hale gelmiştir. Örnek olarak havadaki karbondioksit oranının artışına bağlı olarak 6 Ocak 1972 ve 15 Kasım 1975 tarihlerinde solunum yolu hastalıkları ile ilgili vakalar artmış, okullar tatil edilmiş ve günlük yaşam önemli ölçüde etkilenmiştir.

Ülkemizde 1960’lı yıllardan sonra hava kirliliğine ilginin arttığı gözlenmektedir. 1961 yılında Ankara’da Sağlık Bakanlığı tarafından kirletici ölçümleri başlamıştır. Yarı otomatik cihazlar kullanılarak günlük olarak yapılabilen bu ölçümler, 1984 yılından itibaren saatlik ölçümler verebilir hale gelmiştir. Hava kalitesinin doğru analiz edilebilmesi, kentlinin yaşam kalitesinin artırılarak temiz bir havada yaşamın sağlanabilmesi amacıyla farklı hava kalitesi politikaları geliştirilmiş, Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 2005 – 2007 yıllarında 81 ilde hava kalitesi ölçüm istasyonları kurularak ölçümlere başlanmıştır.

Bir yandan gelişen teknolojinin de takip edilmesi ile beraber, yapılan bu ölçümlerin takip edilebileceği bir veritabanı olan ‘Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı’ kurulmuştur. Bu ağ ile vatandaşlara açık olarak hava kirleticilerinin konsantrasyonları, bu konsantrasyonlara bağlı olarak hava kalitesinin o bölgedeki durumu saatlik olarak aktarılabilir. Tüm bu çalışmalar yapılırken ABD Çevre Koruma Ajansı (US EPA) tarafından geliştirilen hava kalitesi indeksi dikkate alınmış ve bu indekse bağlı olarak hava kalitesi ile alakalı ulusal mevzuat hazırlanmıştır.

Giriş ve Problemin Tanımlanması

Hava kirliliği şehir planlama disiplini başta olmak üzere, insan yaşamına müdahil olan tüm meslek dalları tarafından gerekli önlemlerin alınması gereken önemli bir çevre sorunudur. Sanayi devrimi ile birlikte endüstriyel faaliyetlerde yoğun enerji tüketilmeye başlanmasından bu yana hava kirliliği gündemde olan çevresel bir sorundur.

Söz konusu çevre sorununun temelinde yatan kaynaklar ikiye ayrılabilir. İnsanlar tarafından beşerî müdahaleler sonucunda sebep olunan hava kirliliklerinin başında şehircilikle de doğrudan ilişkili olan ‘ulaşım’ gelmektedir. Ulaşım politikaları hazırlanırken, uygulanırken; kullanılan taşıtlardaki egzoz emisyonları, lojistik faaliyetlerde yaşanan salınımlar hesaba katılmamaktadır. Verilen bu hatalı kararlar sonucunda ise hava kalitesi giderek düşmekte, daha büyük ekonomik problemlere yol açmaktadır. Bir diğer hava kirliliği kaynağı olarak ‘doğal kaynaklar’ gösterilebilir. Değişen iklim koşulları sebebi ile artan orman yangınları hava kirliliğine sebep olmaktadır. Volkanik patlamalar, bazı bitkiler, hayvanlar bile hava kirliliğine sebep olan doğal kaynaklar arasında sıralanabilir. Kentsel alanlarda hava kirliliği, farklı hava kirleticilerinin konsantrasyonlarının ölçümü ile analiz edilebilir.

Bu çalışmada Ankara ilinde seçilen hava kalitesi izleme istasyonlarının farklı yıllara göre ölçmüş olduğu değerler ile aynı alanlarda, aynı yıllar arasında arazi kullanım kararlarının değişimi analiz edilmiştir. Hava kalitesi izleme istasyonlarından alınan SO₂ ve PM₁₀ değerlerinin değişimi ile aynı alanlar için çekilmiş olan uydu fotoğrafları analiz edilmiştir. Hava kirliliği ile arazi kullanımı değişimlerinin analiz edildiği bu çalışmaya ait problem cümleleri aşağıda verilmektedir:

- 5 yıllık periyotta arazi kullanım değişimi ile hava kirleticilerinden olan SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonlarındaki değişim arasında tanımlı bir ilişki var mıdır?

Çalışma alanı olarak seçilen bölgenin seçim nedenleri aşağıda özetlenmektedir:

- Alanın farklı arazi kullanım kararlarını içeriyor olması,
- Ekonomik faaliyetlerin günden güne artıyor olması,
- Nüfus yoğunluğunun sürekli olarak artıyor ve kentin büyüyor olması.

Araştırmanın Temel Amacı ve Kapsamı

Çalışmanın temel amacı, Ankara kent merkezinde arazi kullanımı değişimi ile hava kalitesi arasındaki ilişkinin analiz edilmesidir. Çalışma kapsamında belirlenen hava kalitesi izleme istasyonlarının yakın çevrelerinde, yıllara göre hava kirliliği ile söz konusu alanlarda değişim gösteren arazi kullanımı değerlerinin birbiri ile olan ilişkisinin tespit edilmesidir.

Bu çalışmada, çalışma alanı olarak belirlenen bölgelerde arazi kullanım kararlarının alansal değişim değerlerinin ortaya konulması ve bu değişim ile hava kirletici konsantrasyonlarındaki ilişkinin analiz edilmesi hedeflenmektedir.

Araştırmanın Hipotezi ve Alt Hipotezler

Çalışmanın temel hipotezi;

“Arazi kullanımı değişikliğinde yapıları çevredeki artışın hava kalitesinde de çok kısa sürede etkileri gözlenebilmektedir” şeklindedir.

Hava kirliliğinin mekânsal olarak incelenmesi kapsamında literatürde farklı bakış açılarıyla çalışmalar yürütülmüştür. Bazı araştırmacılar hava kirleticilerinin konsantrasyonlarının değişim oranları üzerinden, bazıları ise mekânsal olarak değişimleri dikkate alarak çalışmalarını yürütmüşlerdir. Öte yandan incelemelerin gerçekleştirileceği alandaki nitelikli uydu görüntüleri kullanılarak uzaktan algılama teknoloji kullanılarak da analizler gerçekleştirilmiştir.

Jerrett ve arkadaşları tarafından 2005 yılında yapılan ‘A review and evaluation of intraurban air pollution exposure models’ başlıklı çalışmada, enterpolasyon ve kriging analizleri kullanılmıştır. Kentsel alanlarda mekânsal olarak yaşanan değişimlerle alakalı olarak hava kalitesinin değişimini analiz edebilmek adına, arazi kullanım kararlarındaki değişim ile hava kirleticilerinin konsantrasyonlarında meydana gelen değişim analiz edilmektedir. Bu kapsamda; artan nüfus, hızlı kentleşme ve ticari faaliyetler sonucunda hava kalitesinin sağlıklı insan yaşamını tehdit eder boyutlara ulaştığı gözlenmiştir [1].

Weng ve Yang tarafından 2006 yılında yapılan ‘Urban Air Pollution Patterns, Land Use, and Thermal Landscape: An Examination of the Linkage Using GIS’ başlıklı çalışmada hava kalitesinin belirlenmesi ve alınacak önlemlere karar verilebilmesi amacıyla Landsat uydu görüntüleri kullanılarak yüzey sıcaklığı analizi gerçekleştirilmiştir. Değişen hava kirleticisi konsantrasyonları ile beraber değerlendirilen bu analizler sonucunda uzaktan algılama yeteneklerinden faydalanarak coğrafi olarak arazi kullanım kararlarının ilişkili olduğu hava kalitesi bileşenleri değerlendirilmiştir. Sonuç olarak farklı arazi kullanım kararlarının değişimleri ile hava kalitesi değişimleri arasında bir ilişki olduğu, yüksek katlı binalar, yeşil alanlar, rüzgâr koridorlarının şehir planlamasında dikkat edilmesi gereken unsurlar olduğu tespit edilmiştir [2].

Salah ve arkadaşları tarafından 2011 yılında yapılan ‘Air Quality Over Baghdad City Using Earth Observation and Landsat Thermal Data’ başlıklı çalışmada, büyükşehirlerde hava kalitesinin değişimi ve hava kirliliğinin oluşturduğu tehditlerin analiz edilebilmesi için, kullanılan uydu görüntülerindeki termal band sıcaklıklarının hava kirleticileri ile doğrudan ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır. Çözünürlüğü 60 metre olan Landsat 7 görüntüleri kullanılarak analizler gerçekleştirilen bu çalışmada matematiksel modeller ve analizlerden faydalanılmıştır. Hava kirleticilerinin konsantrasyonları ile uydu görüntülerinden elde edilen veriler arasında bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır [3].

Bozyazı ve arkadaşları tarafından 2000 yılında yapılan ‘Analysis And Mapping Of Air Pollution Using A GIS Approach: A Case Study Of Istanbul’ başlıklı çalışmada coğrafi bilgi sistemleri teknolojilerinden faydalanılarak gerçekleştirilen, hava kirleticilerinin istasyonlarda ölçülen değerlerinin analiz edildiği çalışmada arazi kullanım kararlarının hava kalitesi ile doğrudan ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır. Hava kirleticilerinin değerlerinin

ölçülmesinin yanında meteorolojik verilerin de kullanıldığı bu çalışmada arazi kullanım kararlarındaki değişim de analiz edilmiştir [4].

Bayar ve arkadaşları tarafından 2017 yılında yapılan ‘Ankara ili arazi örtüsü değişimi (2000-2012)’ başlıklı çalışmada, arazi kullanımındaki son 12 yıllık değişim analiz edilmiştir. Söz konusu çalışmada Corine’den temin edilen veriler kullanılmış olup kentin gelişimi ile tarımsal faaliyetler arasında negatif bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır. Yerleşim alanları, bu 12 yıllık süreçte en çok gelişen arazi kullanım tipi olmuştur. Buna bağlı olarak kentsel gelişme tarımsal alanların azalmasına sebebiyet vermiştir [5].

Oral ve arkadaşları tarafından hazırlanarak 7. Atmosferik Bilimler Sempozyumunda yayınlanan ‘Derivation of PM₁₀ Levels Using OBRA on Landsat-5TM Images: A Case Study in Izmir, Turkey’ başlıklı makalede artan insan nüfusu ve kentleşme ile beraber hava kalitesindeki değişim analiz edilmiştir. 12 ilde gerçekleştirilen bu çalışmada envanter kaynak çalışması Enerji, Endüstri ve Ulaşım olmak üzere 3 ana başlıkta gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler ve elde edilen sonuçlarda kentleşmeye bağlı olarak artan nüfus hava kalitesini tehdit eden bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır [6].

Toros ve arkadaşları tarafından 2018 yılında yapılan ‘Ankara’da Hava Kirliliği Mekânsal Dağılımının Modellenmesi’ başlıklı çalışmada coğrafi analizlere ek olarak meteorolojik ve topografik yapının da dikkate alındığı çalışmada, ölçümlere bağlı olarak 8 nokta için modellemeler gerçekleştirilmiştir. Kriging, Arazi Temelli Enterpolasyon Yöntemi ve NDVI analizlerinin kullanıldığı bu çalışmada istasyonların verilerinin ilişkileri ortaya konmuştur. Ölçüm yapılan alanlara ek olarak herhangi bir verisi olmayan bölgeler için de diğer bölgelerdeki ölçüm sonuçları baz alınarak bir tahmin gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak hava kalitesi ile topolojinin doğrudan ilişkili olduğu sonucuna varılabilir [7].

Amanollahi ve arkadaşları tarafından 2013 yılında yapılan ‘Development of the models to estimate particulate matter from thermal infrared band of Landsat Enhanced Thematic Mapper’ başlıklı çalışmada Landsat uydu görüntülerinin kullanıldığı bir çalışmada PM₁₀ konsantrasyonunun değişimi değerlendirilerek uydu görüntülerinden elde edilen sonuç ile karşılaştırılmıştır. Çalışma alanına ait farklı mevsimlerde alınan değerlere göre gerçekleştirilen analizler sonucunda yüksek nüfusun olduğu ve endüstriyel faaliyetlerin yoğunlaştığı alanlarda hava kalitesinin kritik değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir [8].

Argun ve arkadaşları tarafından 2019 yılında yapılan ‘Effect of Urban Factors on Air Pollution of Iğdır’ başlıklı çalışmada, meteorolojik, topografik, kentleşme ve ulaşım bileşenlerinin hava kalitesi ile ilişkisinin değerlendirildiği bir çalışmada kış mevsiminde insanların sis ve hava kirliliği sebepleriyle yaşam kalitelerinin azaldığı buna bağlı olarak insan sağlığının olumsuz yönde etkilendiği sonucunda varılmıştır. Öte yandan evsel ısınma amaçlı kullanılan yakıtlarda ekonomik olması açısından kirletici olarak kabul edilen fosil yakıtların kullanılıyor olması sebebiyle mevsime bağlı hava kirliliği artmaktadır [9].

Sümer tarafından 2014 yılında yayınlanan ‘Hava Kirliliği Kontrolü: Türkiye’de Hava Kirliliğini Önlemeye Yönelik Yasal Düzenlemelerin ve Örgütlenmelerin İncelenmesi’ başlıklı çalışmada Türkiye’deki hava kirliliği kapsamında yayınlanan mevzuat geçmişini incelenmiştir. Dünya üzerinde sanayi devrimi ile yasal düzenlemelerin başladığı ancak Türkiye’de 1950’lerde bu yasal düzenlemelerin yayınlanmaya başladığı dikkati çekmektedir. Türkiye’de geç kalınmış olan hava kalitesi mevzuatları günümüz şartlarında halen düzenlenmektedir. Buna bağlı olarak hava kirliliğinin azaltılmasına yönelik örgütsel yapılanmalar da bulunmaktadır [10].

Özcan tarafından 2019 yılında yayınlanan ‘Kentsel Hava Kirliliğini Etkileyen Ve Şehir Planlama İle Kontrol Edilebilen Fiziksel Faktörlerin Mekânsal İstatistik Yöntemleri İle İncelenmesi’ başlıklı çalışmada kentsel alanlardaki hava kirliliğinin şehir planlama disiplini ile kontrol edilebilen fiziksel faktörleri analiz edilmiştir. Farklı zamanlarda hava kalitesi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Binalara, ölçüm noktalarına, ulaşım sistemine ve fiziksel yapıya ait kurulan veritabanında analizleri gerçekleştirilen bu çalışmada regresyon ve mekansal oto korelasyon yöntemleri kullanılmıştır. Yeşil alan kullanımı, topoğrafyanın yüksekliği ve doğalgaz kullanım oranı azot dioksit kirletici değerleri ile ters orantılı; binaların yüksekliği, konut birimi sayısı, bina taban alanı büyüklüğü, yol genişliği, 1. derece yolların varlığı, güneşlenme süresi ve sanayi tesislerinin sayısı ise doğru orantılı bulunmuştur. Açık ve yeşil alan kullanımı büyüklüğü, yeşil alan kullanımı, 2. ve 3. derece yolların varlığı, doğalgaz kullanım oranı ve yağış miktarı kükürt dioksit değerleri ile ters orantılı; doğalgaz dışındaki diğer ısınma türlerini kullanan bina sayısı ve bina taban alanı büyüklüğü ise doğru orantılı bulunmuştur [11].

Yapılan literatür taraması sonucunda incelenen çalışmalar, kullanılan veriler ve elde edilen sonuçlar Çizelge 1.1’de verilmektedir.

Çizelge 1.1. Literatür Taraması Özeti

Çalışmanın Adı	Kullanılan Yöntem	Sonuçlar
A review and evaluation of intraurban air pollution exposure models [1]	Enterpolasyon, Kriging	Artan nüfus, hızlı kentleşme ve ticari faaliyetler hava kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir.
Urban Air Pollution Patterns, Land Use, and Thermal Landscape: An Examination of the Linkage Using GIS [2]	Uzaktan Algılama	Hava kalitesinin kontrolünde yüksek katlı binalar, yeşil alanlar ve rüzgâr koridorlarının şehir planlama disiplini açısından dikkat edilmesi gereken unsurlar olduğu belirtilmektedir.
Air Quality Over Baghdad City Using Earth Observation and Landsat Thermal Data [4]	Uzaktan Algılama, Matematiksel Modeller	Uydu görüntüleri kullanılarak hava kalitesi analiz edilebilmektedir.
Analysis And Mapping Of Air Pollution Using A GIS Approach: A Case Study Of Istanbul [4]	Mekansal Korelasyon	Arazi kullanım kararlarındaki değişimler hava kalitesini doğrudan etkilemektedir.
Ankara ili arazi örtüsü değişimi (2000-2012) [5]	Regresyon	Kentsel gelişmeler yeşil alanlardaki değişimi olumsuz yönde etkilemektedir.
Derivation of PM10 Levels Using OBRA on Landsat-5TM Images: A Case Study in Izmir, Turkey [6]	Uzaktan Algılama	Enerji, endüstri ve ulaşım sektörlerindeki değişim hava kalitesini etkilemektedir.
Ankara'da Hava Kirliliği Mekânsal Dağılımının Modellenmesi [7]	Kriging, Arazi Temelli Enterpolasyon Yöntemi	Kentsel topoloji ile hava kalitesi arasında bir ilişki bulunmaktadır.

Çizelge 1.1. (devamı) Literatür Taraması Özeti

Çalışmanın Adı	Kullanılan Yöntem	Sonuçlar
Development of the models to estimate particulate matter from thermal infrared band of Landsat Enhanced Thematic Mapper [8]	Uzaktan Algılama	Nüfus artışı ve endüstriyel faaliyetler hava kalitesini doğrudan etkilemektedir.
Effect of Urban Factors on Air Pollution of Iğdır [9]	Uzaktan Algılama	Mevsime bağlı olarak ısınma amaçlı kullanılan yakıt tipleri hava kalitesini etkilemektedir.
Kentsel Hava Kirliliğini Etkileyen Ve Şehir Planlama İle Kontrol Edilebilen Fiziksel Faktörlerin Mekânsal İstatistik Yöntemleri İle İncelenmesi [11]	Mekansal Korelasyon	Farklı arazi kullanım kararları ve yapı çevre, hava kalitesini etkileyen unsurlardır.

2. KAVRAMSAL TEMEL

Değişen ve gelişen ekonomik faaliyetler sonucunda göz ardı edilen çevresel sorunlardan biri olan hava kirliliği günümüz Dünya'sında da insan yaşamını tehdit etmektedir. Bu kapsamda farklı meslek disiplinlerinin farklı konularda sorumlulukları bulunmaktadır. Şehir planlama disiplini ile hava kirliliği ilişkisine bakıldığında, kentleşmenin fazla olduğu yerlerde değişiklik gösteren ekonomik ve sosyal özellikler hava kalitesi perspektifinden bakılarak kontrol altında tutulmalıdır. Kentleşmenin giderek arttığı bu dönemlerde hava kirliliğinin artmasını önlemek adına hava koridorları, yeşil alan planlaması veya ısı adası etkilerinin önleneceği bir kentleşme stratejisi izlenmelidir.

Günümüzde arazi kullanımı değişimlerinin analiz edilmesi; ekonomik kalkınma, doğanın korunması, planlı gelişme ve kentsel alanlardaki dağılımın kontrol edilebilmesi için önem arz etmektedir. Söz konusu arazi kullanımı değişimlerinin analizinin hızlandırılması, alınacak şehir planı ile alakalı kararlarda belirleyici rol oynamaktadır. Artan ve kontrol edilemeyen kentleşmenin bir sonucu olarak karşımıza çıkan doğal kaynaklara insanlar tarafından edilen müdahaleler sonucu hava kirliliğindeki artış dikkati çekecek boyutlardadır. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak alınan karar destek mekanizmalarının aktif kullanımının da etkin müdahale imkânı doğurduğu dikkati çekmektedir.

Hava kirliliği, çevresel bir sorun olduğu kadar sosyal bir sorun olarak da karşımıza çıkmaktadır. Kirleticilerin azaltılması ve yönetimini noktasında kirleticilerin atmosfere doğrudan veya şekil değiştirerek salınıyor olması karşılaşılan tehdidin boyutunu arttırmaktadır. Kirletici kaynağı olan doğal ve yapay bileşenler sonucu hava kirleticilerinin salınımı çok uzak mesafelere kadar erişebilmekte veya söz konusu kirleticiler form değiştirebilmektedir. Endüstri, lojistik, kentleşme gibi tüm beşeri müdahaleler hava kirliliği sebepleri arasında yer almaktadır. Bahsi geçen sektörlerde hava kirliliğinin kontrol edilebilmesi için hava kirleticilerinin ne oldukları ve sebepleri iyi analiz edilmelidir. Hava kirleticileri, birbirleri ile ilişkili olarak ekolojik tehdidin boyutunu arttırabilmektedir. Örneğin, tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan NH₃, PM seviyesinin yüksek olmasına sebep olduğu gibi söz konusu kirleticinin sürekliliğine de yol açmaktadır.

Kentsel alanlardaki hava kirliliği çok boyutlu bir problem haline gelmiştir. Farklı disiplinler açısından, farklı müdahale ve stratejiler uygulanabilmektedir. Yapılan çalışmalara bakıldığında kentsel alanlardaki yapılaşmanın fazla olması, kentsel nüfusun artması ve bunlara bağlı olarak taşıt kullanımının artması hava kirliliğini artıran unsurların başında gelmektedir. Buna ek olarak, şehir planlama disiplini kapsamında yeşil alanların, kamusal alanların, karayolu ağının konumlandırılması esnasında hava kalitesinin göz önünde bulundurulması önem arz etmektedir.

Dünya nüfusunun %99'undan fazlasının hava kirleticileri açısından eşik değerlerin aşıldığı alanlarda yaşıyor olması sebebiyle kentsel kullanımlarda hava kalitesi de göz önünde bulundurularak planlama yapılmalıdır. Hava kirliliğinin insan yaşantısına olan olumsuz etkileri, yapıyı çevreye olan olumsuz etkiler, iklim değişikliğine olan olumsuz etkiler, bitki sağlığına olan olumsuz etkiler vs. sonucunda da artmakta, kentlinin yaşam kalitesi farklı sebeplerden ötürü düşmektedir.

Bu bölümde hava kirliliği, hava kirleticileri, hava kirliliğinin etkileri, hava kirliliği ile ilgili belirlenmiş standartlar, hava kalitesi ve arazi kullanımı ile hava kalitesi arasındaki ilişkiler detaylı olarak açıklanacaktır.

2.1. Hava Kirliliği

Endüstriyel faaliyetlerin hızla artması sonucunda insan yaşantısının olumsuz yönde etkilendiği Londra'da yoğun hava kirliliği sebebiyle ölümlerin artması sonucunda tarihte hava kalitesi ile ilgili ilk yasa olarak kabul edilen Temiz Hava Yasası yürürlüğe alınmıştır. Ülkemizde ise bu konudaki yasal düzenlemeler 20. yüzyılın sonlarına doğru kabul edilmeye başlanmıştır. İlk olarak lojistik anlamda yük gemisi trafiği ile hava kalitesinin düştüğü dikkati çekmiştir. Sonrasında artan endüstriyel faaliyetler, konut alanlarının endüstriyel faaliyetlere yakın yerlerde konumlanması gibi sebeplerden ötürü hava kirliliği önlem alınması gereken bir sorun haline gelmiştir. Ülkemizin taraf olduğu uluslararası sözleşmelere bakıldığında ise Uzun Menzilli Sınırlar Ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi'ne 1983 yılında Türkiye tarafından taraf olunduğu görülmektedir. Hava kalitesinin artırılmasına yönelik olarak imzalanan bu sözleşme ile ülkelerin kendi kaynaklarını kullanması, bu işlemi yaparken insan ve çevre sağlığını olumsuz yönde etkileyecek herhangi bir faaliyette bulunmaması politikası benimsenmiştir.

Uzun Menzilli Sınırlar Ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi, Cenevre Sözleşmesinin birinci protokolü olarak kabul edilmekte olup Cenevre Sözleşmesinde belirtilen ilkeler 4 ana temele dayanmaktadır. Bunlar;

- Hava kaynaklı kirleticilerin önemli bir sorun olduğunun kabul edilmesi,
- Tarafların uzun menzilli sınır aşan hava kirliliği de dâhil olmak üzere, hava kirliliğini sınırlama ve mümkün olduğunca tedricen azaltma ve önleme konusunda çaba göstereceklerine dair açıklamaları,
- İmzacı tarafların kendilerini ‘bilgi paylaşımı, danışma, araştırma ve izleme yoluyla ve vakit kaybetmeden, hava kirleticilerin salımıyla mücadele edecek ve o ana kadar ulusal ve uluslararası seviyedeki çabaları da göz önüne alan politika ve stratejiler geliştirme” konusunda bağlamaları ve
- Tarafların konvansiyonun hedeflerine ulaşabilmek için “var olan ve ekonomik açıdan en uygun, en iyi teknolojiyi” kullanma niyeti şeklindedir.

Ozon Tabakasının Korunmasına Dair Viyana Sözleşmesi ozon tabakasının, hava kirleticilerinin izlenmesi ve bu kapsamda yapılan analizlerin paylaşarak iş birliğinin sağlanmasına yönelik olarak teşvikleri içermektedir. İnsan ve çevre sağlığını korumaya yönelik önlemler içeren bu sözleşmeye Türkiye de taraf olmuştur.

Bahsi geçen iş birliklerinin sağlanması için protokollerin kurulmasına yönelik çalışmalar başlatılmış olup bu çalışmalar sonucunda Eylül 1987’de Ozon Tabakasını İncelten Maddeler İlişkin Montreal Protokolü kabul edilmiştir.

İklim değişikliğine küresel olarak gösterilmesi gereken tepkinin temeli olarak kabul edilen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kentlinin yaşam kalitesini ve iklim değişikliğini olumsuz yönde etkileyen doğal sebepleri önlemeyi amaçlamaktadır.

Aralık 1997’de Kyoto’da gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ile sera gazı salınımlarının önlenmesine yönelik kurallar belirlenmiştir. 191 ülke ve Avrupa Birliği’nin taraf olduğu Kyoto Protokolünde bu uygulama kuralları tanımlanmıştır. Söz konusu kurallar ile paydaş ülkeler tarafından hava kirliliğinin önlenmesi açısından alması gereken önlemler tanımlanmaktadır.

06.06.2015 tarihli ve 29378 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliğinin 5. maddesinde bitkisel atık yağlar ile bu yağların işlenmesi sonucu oluşan atıkların, hava kirliliğine sebep olacak şekilde yakılması yasaklanmıştır.

04.11.2016 tarihli ve 29878 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Engelli Bireylere Yönelik Özel Bakım Merkezleri Yönetmeliğinin 6. maddesinde merkezlerin, hava kirliliği olmayan bölgelerde yer seçmesi gerektiği ifadesi yer almaktadır.

Egzoz Gazı Emisyonu Kontrolü Yönetmeliği, trafikteki yoğunluğa ve lojistik faaliyetlere bağlı olarak alınması gereken önlemleri ve uygulamaya ilişkin usul ve esasları belirlemek amacıyla yayımlanmıştır.

25.11.2017 tarihli ve 30251 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Tarıma Dayalı İhtisas Organize Sanayi Bölgeleri Yönetmeliğinde, hava kalitesi kapsamında belirlenen limit değerlere uyulmasının öneminden bahsedilmiş olup bu kapsamda tarıma dayalı ihtisas organize sanayi bölgelerinde alınması gereken önlemler vurgulanmıştır.

02.05.2019 tarihli ve 30762 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Ulaşımında Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul Ve Esaslar Hakkında Yönetmelikte farkındalığın artırılması adına yerel yönetimlerce yapılması gereken çalışmalar ve ulaşımında akıllı çözümlerin uygulanmasının gerektiği vurgulanmaktadır.

06.08.2019 tarihli ve 30854 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Endüstri Bölgeleri Yönetmeliği’nin 21. maddesinde, tesis yöneticilerinin hava kirliliği konusunda ilgili Kurum ve Kuruluş yetkilileri ile koordinasyon halinde gerekli harcamaları yaparak gerekli önlemleri alması gerektiği belirtilmiştir.

03.06.2021 tarihli ve 31500 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan İzmir Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği’nin 35. maddesinde endüstriyel tesislerde yer alan duman bacalarına ilişkin standartlar belirlenmiş olup TSE standartları, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği ve Doğalgaz İç Tesisat Teknik Şartnamesi dayanak olarak kabul edilerek hava kirliliğinin önlenmesi amaçlanmıştır.

2.2. Hava Kirleticileri

Hava kirletici kaynaklar, doğal ve beşeri kaynaklar olmak üzere iki sınıfta ele alınmaktadır [12]. Volkanik patlamalar, orman yangınları, toz fırtınaları, okyanuslar ve denizler ve bitkiler doğal kaynak olarak gösterilebilir. Beşeri kaynaklar ise insan faaliyetleri sonucu yapılan müdahaleler, kentleşme kararları, değişen arazi kullanım kararları sonucu sebep olunan hava kirliliği olarak değerlendirilebilir.

Partiküler Madde (PM₁₀-PM_{2.5})

Havada askıda duran, kirleticilerin partiküllerinin karışımını içermektedir. Endüstriyel faaliyetler, yoğun ulaşım hareketliliği, kentsel fonksiyonlar gibi beşeri unsurların sebep olduğu partiküler maddeler solunum hastalıklarının birincil sebebidir.

Kükürt Dioksit (SO₂)

Kullanılan yakıt tipine bağlı olarak salınımı artan bir kirletici olan kükürt dioksit endüstriyel faaliyetlerdeki kömür yakılmasıyla kentsel ortama salınabilmektedir. Endüstriyel faaliyetler ve trafik bölgeleri bu kirleticinin birincil sebebidir.

Hava kirliliğinin izlenmesine ve değerlendirilmesine ilişkin araştırmalarda çoğunlukla PM₁₀, NO_x ve SO₂ ölçümleri yapılmaktadır. PM₁₀ hava kirleticileri içinde önemli bir yere sahiptir. Başlıca kaynakları endüstriyel prosesler ve fabrikalar olan PM₁₀, ekonomik anlamda gelişmiş, kalabalık bir nüfusa sahip kentler için de ele alınması gereken bir sorun haline gelmiş olup ölçümleri düzenli olarak yapılmaktadır. ABD’de yapılan araştırmalar sonucunda endüstriyel proseslerden doğaya salınan partikül maddelerin 7,5 milyon ton olduğu sonucuna varılmıştır. EPA (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı) ise orman yangınları sonucu salınan partikül madde emisyonlarının, tüm emisyonlar içerisinde 25% olduğunu belirtmiştir. Söz konusu kirletici katı ve sıvı damlacıkların karışımından oluşmaktadır. Hem AB hem de Dünya Sağlık Örgütü (WHO) partikül maddeleri hava kirliliği standartlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. NO_x’ler yanmanın tüm şekillerinde ortaya çıktığı gibi insan faaliyetlerinden de kaynaklanabilmektedir. Gübreleme faaliyetleri NO_x salınımına yol açmaktadır. Bunun yanında egzoz gazları, fosil yakıtlar ve organik maddeler de NO_x salınımına yol açmaktadır. Hava kalitesi izleme istasyonlarında

çoğunlukla ölçüm yapılan değerlerden biri olan NO_x kentsel hareketlilik, evsel ısınma ve ekonomik faaliyetlerde göz ardı edilen bileşenler hakkında bilgi vermektedir. Global olarak her yıl atmosfere yaklaşık 150 milyon ton NO_x salındığı tahmin edilmektedir. Bu miktarın yarısına insani faaliyetler, yarısına doğal kaynaklar sebep olmaktadır.

Renksiz, yanmayan ve parlamayan bir gaz olan kükürtdioksitlerin atmosferdeki konsantrasyonunun 60%'ı kömür yakılmasıyla oluşmaktadır. Özellikle kömürün yakıt olarak kullanıldığı termik santraller en büyük kaynaktır. Orman yangınları, volkanik faaliyetler gibi etmenlerde SO_2 kirliliğinin artmasında rol oynayan doğal kaynaklar olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapay ve doğal kaynaklar ile atmosfere salınan SO_2 rüzgarın da etkisiyle uzak mesafelere kadar taşınabilmekte ve büyük alanlarda etkisini göstermektedir. SO_2 'nin sayısal değerleri incelendiğinde bütün dünyada her yıl salınan küresel emisyonların 132 milyon tonu, antropojenik emisyonların ise 50 – 75 milyon tonu bulduğu tahmin edilmektedir.

2.3. Hava Kirliliğinin Etkileri

Hava kirliliğinin etkileri küresel, bölgesel ve lokal olmak üzere 3 farklı ölçekte değerlendirilmektedir. Yeryüzünün tamamını etkileyen, sera gazı etkisi veya ozon tabakasının incilmesi gibi etkileri bulunan kirlilik unsurları küresel ölçek, belli kullanımlardan ötürü ilgili bölgelerde etkili olan asit yağmurları vb unsurlar bölgesel ölçek ve belli alanlarda evsel ısınma için kullanılan yakıt tipi veya endüstriyel faaliyetlerin sebep olduğu hava kirliliği ise lokal ölçekte hava kirliliğinin etkileri olarak tanımlanabilir.

Hava kirlleticilerinin ekosistem üzerine olan etkileri sonucunda insan yaşantısına ek olarak tarımsal araziler, orman alanları, bitkiler, toprak kalitesi, göller gibi ekolojik sistemin diğer bileşenleri de olumsuz yönde etkilenmektedir. Hava kirliliğinin etkileri incelendiğinde insan, ekolojik çevre, yapılar ve iklim üzerinde de farklı etkilerinin olduğu saptanmıştır.

2.3.1. İnsan sağlığı üzerine olan etkileri

Dünya Sağlık Örgütü tarafından açıklanan değerlere göre yaşayan nüfusun %99'unun hava kirleticisi sınır değerlerinin üzerinde olan alanlarda yaşadığı belirtilmektedir. Her yıl hava kirliliğinin tahmini 7 milyon insanın ölümüne sebebiyet verdiği de Dünya Sağlık Örgütü

raporlarında yer almaktadır. 4,2 milyon insanın kentsel hava kirliliğine maruz kalarak, 3,8 milyon insanın evsel ısınma ve fosil yakıt salınımına maruz kalarak vefat ettiği raporlara geçen istatistikler arasında yer almaktadır. Avrupa’da yaşayan nüfusun büyük bir çoğunluğu hava kalitesi açısından tehdit altındadır.

Hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkilerine bakıldığında solunuma bağlı hastalıklar ile kalp rahatsızlıkları dikkat çekmektedir. Bunların yanı sıra göz yanması, nefes darlığı, iştahsızlık, kan zehirlenmesi gibi gündelik yaşantıyı olumsuz etkileyecek etkileri de bulunmaktadır. Söz konusu etkiler sonucunda insanlarda halsizlik ve ihtiyarlama gibi sorunlar baş göstermeye başlar. Hava kirliliğinin sebep olduğu solunum güçlüğü sonucu vücut direncinin düşmesi ile de hastalıklar baş göstermeye başlar. Ayrıca, hava kirleticilerinin solunum yolu ile vücuda alınması ve kana karışması durumunda kan zehirlenmesi yaşanabilmektedir. Genellikle atmosfere salınan kükürtdioksit ve azotoksitler asit zerreciklerinin oluşmasına yardımcı olmaktadır. Söz konusu partiküller solunum ile doğrudan akciğere gitmektedir.

Katı yakıtlardan kaynaklanan ve atmosferde konsantrasyonu en fazla olan kükürtdioksit egzoz emisyonlarının içindeki partikül madde ile beraber bulunur. Söz konusu kirleticinin büyük kısmı elektrik amacıyla katı ve sıvı yakıtlar yakan termik santrallerin emisyonları sonucu meydana gelmektedir. Atmosfere salınan bu kirleticiler yayılma yoluyla toz taneciklerine dönüşerek kendi aralarında veya başka tanecikler ile etkileşime girerek büyür ve yayılırlar.

Hava kirleticileri arasında SO₂ ekosisteme zarar verme açısından ilk sırada yer almaktadır. Doğrudan solunması durumunda üst solunum yoluna etki bırakarak bronşit ve diğer akciğer hastalıkları meydana gelmektedir.

2019 yılı sonunda Dünya çapında etkisini gösteren Covid-19 salgını ile hava kalitesi ilişkisine bakıldığında ise, taşıtlardan atmosfere salınan gazlar başta olmak üzere insan yaşamının sürdürüldüğü kentsel alanlarda Covid-19 virüsünün yayılma hızının arttığı, Covid-19’a yakalananların ağır semptomlar gösterdiği belirtilmektedir. Brüksel’de yapılan bir araştırmaya göre havadaki ince toz konsantrasyonlarındaki 1 mikrogramlık artışın bile hastanede yatan Covid-19 hastalarında solunum cihazına bağlı kalma sürelerini uzattığı, ölüm oranlarının %8 - %11 arttırdığı tespit edilmiştir.

Öte yandan Covid-19 salgınının artması ile Dünya çapında verilen kararlar doğrultusunda evlere kapanmaların, ekonomik faaliyetlerde durmaların veya azalmaların yaşanması sonucunda atmosferdeki hava kirleticilerin konsantrasyonlarının azaldığı sonucu elde edilmiştir. Farklı kıtalardan 79 ülkeyi kapsayan çalışmada Milano ve yakın çevresinde PM₁₀ konsantrasyonunun %40,7 - %45, PM_{2,5} konsantrasyonlarının %37,1 - %44,4, oranlarında azaldığı belirtilmiştir [13].

2.3.2. Bitki ve hayvanlar üzerine olan etkileri

Bitkilerin gelişme dönemlerinde ve yaşamsal faaliyetlerinde ışık, sıcaklık, oksijen gibi bileşenlere ihtiyaç duyduğu bilinmektedir. Hava kirliliğine sebebiyet veren hava kirleticilerinin de bitki yaşamı üzerinde bitki türü ve gelişme dönemlerine bağlı olarak farklılık gösteren olumsuz etkileri olmaktadır.

Hava kirliliğinin; sağlık, tarım ürünleri, ekinler, orman verimi, ekosistemler, iklim ve inşa edilmiş çevresel alanlarda fark edilebilir düzeyde etkilerinin bulunduğu Avrupa Çevre Ajansı 2016 Hava Kalitesi Raporunda vurgulanmaktadır. Söz konusu etkilerin de iklim değişikliğini beraberinde getirdiği bilinen bir gerçek olup uygun ve etkin politika ve stratejilerle sorunun kaynağının analiz edilerek kirleticilerin miktar ve etkilerinin azaltılması gerektiği ilgili raporda sunulmaktadır.

Yapılan başka bir çalışmada ise İzmir'in kuzey kısmında yer alan endüstri tesislerinden kaynaklı hava kirliliğinin, Kızılcım ve Karaçam ağaçlarının yıllık halkalarında azalmaya sebebiyet verdiği belirlenmiştir [14].

Hava kirleticilerin konsantrasyonlarının fazla olduğu yerlerde özellikle sülfür ve nitrojen içeren kirleticiler bitkilerin fonksiyonlarını ve gelişmelerini engellemektedir. Fonksiyonları etkilenen bitkilerin günden güne verimsizleşmesi sonucunda insan yaşantısı da olumsuz yönde etkilenmektedir.

Hava kirliliğinin insanlar üzerindeki etkilerinin benzerleri hayvanlar üzerinde de görülmektedir. Taşıt yoğunluğunun fazla olduğu, ekonomik faaliyetlerin yoğunlaştığı yerlerde bulunan hayvanlarda hava kirleticilerine bağlı hastalıklar, iç organlarda hasar, kanser ve hatta ölümlere bile sebebiyet verebilmektedir. Aynı zamanda hayvanların

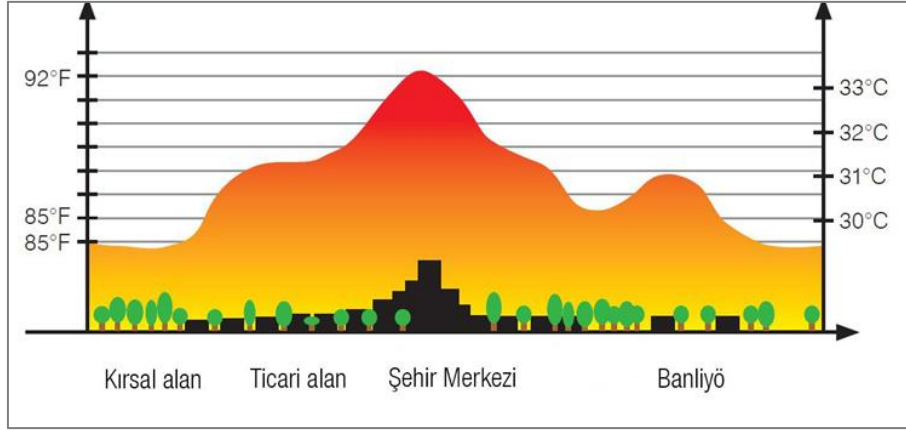
beslendikleri alanlar, yaşantılarını geçirdiklerini alanlarda da hava kirliliği sonucu hayvan yaşamını olumsuz yönde etkileyecek etmenler görülmektedir. Nefes almada zorlanma, ciğerlerin çalışmasında düzensizlikler gibi sonuçları olan hava kirliliği uzun vadede tehdit oluşturmakta ve önüne geçilmesi gereken küresel bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

Hava kirliliğinin hayvanlar üzerindeki etkisine bakıldığında ise hava kirleticilerin kaynaklarının yoğun olarak yer seçtiği bölgelerde doğal yaşamın bozuluyor olması sebebiyle hayvanların yer seçmediği gözlenmektedir. Öte yandan hava kirleticilerinin atmosfere salınmasından sonra yer değiştirmelerinin hızlı olması sebebiyle kısa sürece büyük bir alanı etki altına alarak ekolojik çevreyi etkisi altına almaktadır. Dolaylı yoldan etkilere bakıldığında ise küresel bir tehdit olan iklim değişikliğinin etkilerinden birisi de hava kirliliğidir. Bu ilişki göz önünde bulundurulduğunda hava kirliliği sonucu değişen iklimler sonucunda hayvanların yaşam alanları da yok olma tehdidi ile karşı karşıya kalmaktadır.

2.3.3. Yapılı çevre üzerine olan etkileri

Hava kirliliğinin yapılı çevre üzerindeki etkilerine bakıldığında, yapıların duvarlarında, kolonlarında, kirişlerinde ve yüzey boyalarında aşınmaların yaşandığı gözlemlenebilmektedir. Söz konusu etkilerin giderilebilmesi için gerçekleştirilen geçici çözümler üretilmektedir. Mimari uygulamalarda alınan önlemlerin yanında şehir planlama açısından yapıların konumlandırılmasına da dikkat edilmesi hava kirliliğinin etkilerini minimize etmede faydalı olacak bir araçtır.

Değişen sıcaklıklara göre ısı adası etkisinin kentsel kullanımlara göre dağılımı Şekil 2.1’de verilmektedir.



Şekil 2.1. Isı Adası Etkisi [15]

İklim parametrelerinden faydalanarak karar vericilere bilgi sunmak amacıyla hazırlanan kent iklim haritaları hava kirliliğinin yapıyı çevre üzerindeki etkilerini analiz etmede kullanılan bir araçtır. Kent iklim haritaları tarafından sağlanan bu mekansal sunum sayesinde kent içerisinde iklimsel olarak sorunlu alanlar (ısı adası yoğunluğu yüksek olan alanlar, havalandırma açısından kısıtlı bölgeler vb.) daha kolay belirlenebilmektedir [16]. Hava kirliliğinin yapıyı çevre üzerindeki etkilerinin belirlenmesi noktasında kullanılan araçlar sayesinde karar vericiler tarafından oluşturulan strateji ve eylemler uzun vadede hava kirliliğinin önüne geçmede etkili olacak bileşenlerdir.

2.3.4. İklim üzerine olan etkileri

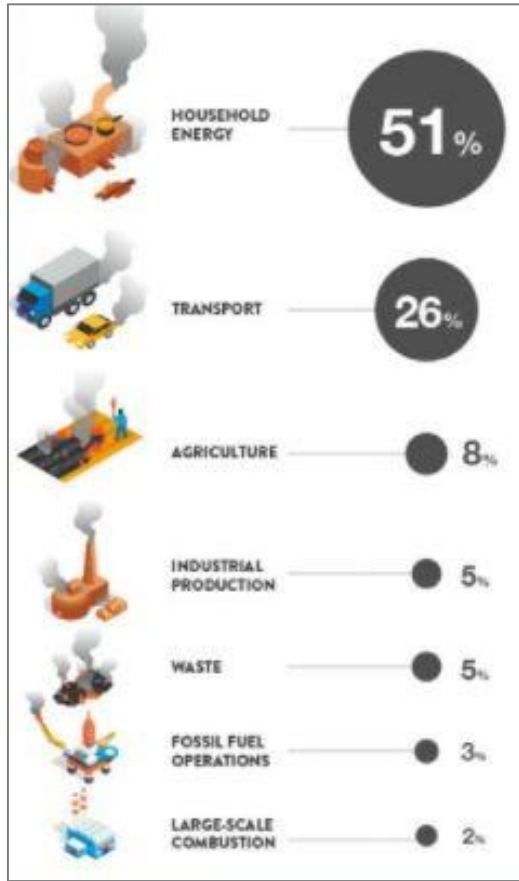
İklim, hava koşullarında ortalama 30 yılda meydana gelen değişimlerin ortalaması olarak tanımlanmaktadır. Bu tanıma göre iklim değişikliği, hava durumunun onlarca yıl ya da daha uzun süre boyunca gerçekleşen değişimlerdir.

Sanayi devrimi sonrasında artan başta fosil yakıt tüketimine bağlı karbon salınımı ve hava kirliliği ve endüstriyel çevre kirliliği, bazı tarımsal faaliyetler ile bunları kontrol edememe durumu iklim ve çevre felaketlerine yol açar hale gelmiştir.

Dünya yüzeyi, üzerine düşen güneş ışınlarını yansıtarak ısınmaktadır. Yansıtılan güneş ışınlarının başta karbondioksit, metan ve su buharı olmak üzere atmosferde bulunan gazlar tarafından tutulması durumu sera etkisine sebebiyet vermektedir. Hava kirlitici konsantrasyonlarının giderek artıyor olması sera etkisinin artmasına sebep olmaktadır. Buna

bağlı olarak yer yüzeyine gelen güneş ışınlarının tekrar atmosfere yansıyamaması ile yüzey sıcaklığı artmaktadır.

Partikül maddenin bir bileşeni olarak kabul edilen siyah karbon, atmosfere salındığı andan itibaren iklim değişikliğini, diğer kirleticilere göre 500 kattan fazla etkilemektedir. Siyah karbon salınımına sebep olan kaynaklar Şekil 2.2’de verilmektedir.



Şekil 2.2. Siyah Karbon Kaynakları [17]

2.4. Hava Kirleticilerine İlişkin Ulusal ve Uluslararası Standartlar

5 temel kirletici için hava kalitesi indeksi hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu indeks ilgili alanlardaki hava kirleticilerinin konsantrasyonları dikkate alınarak hazırlanmaktadır. Belirlenen limit değerler ve uyarı eşiklerine göre takip edilen hava kirletici konsantrasyonları düzenli olarak raporlanmaktadır. Bunlar; partikül maddeler (PM_{10}), karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO_2), azot dioksit (NO_2) ve ozon (O_3) dur. Hava kirleticilerine göre belirlenen limit değerler ve uyarı eşikleri Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Avrupa Birliği tarafından yayınlanan 2 adet direktif ile,

- Hava kirliliğinin, insan sağlığı ve çevre üzerindeki zararlı etkileri önlemek veya azaltmak için ortam hava kalitesi hedeflerini tanımlamak ve düzeltmek,
- Üye Devletlerdeki ortam hava kalitesini, ortak yöntemler ve kriterler temelinde değerlendirmek,
- Hava kirliliği ile mücadelede katkıda bulunmak, Ulusal ve AB önlemlerinden kaynaklanan uzun vadeli eğilimleri ve gelişmeleri izlemek için ortam havasının kalitesi hakkında bilgi edinmek,
- İyi hava kalitesini korumak, diğer durumlarda iyileştirmeyi sağlamak,
- Ortam havasının kalitesiyle ilgili bilgilerin halka açık olarak sunulmasını sağlamak amaçlanmıştır.

Ayrıca, Avrupa Birliği tarafından yayınlanan kirletici limit değerlerine ilişkin çizelge aşağıda yer almaktadır.

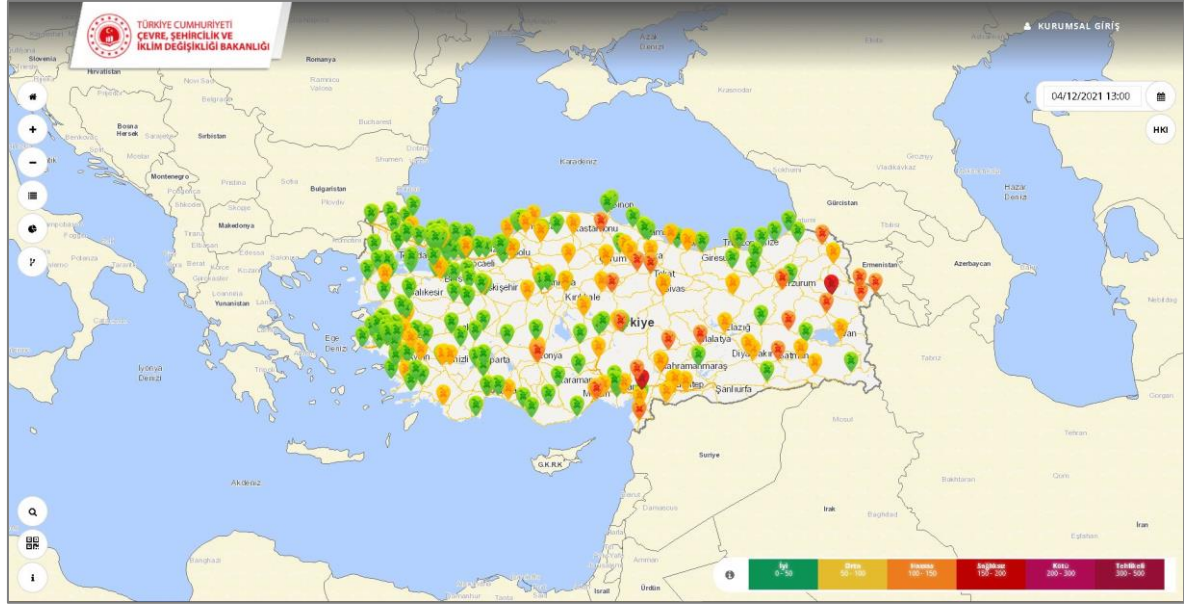
Çizelge 2.1. Hava Kirleticileri Limit Değerler [18]

Parametre	SO ₂ [µg/m ³]	NO ₂ [µg/m ³]	CO [µg/m ³]	O ₃ [µg/m ³]	PM ₁₀ [µg/m ³]
	1 Sa. Ort.	1 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	24 Sa. Ort.
Ulusal Sınır Değer	410	270	10	120	70
AB Üye Ülkeleri Sınır Değeri	350	200	10	120	50

2.5. Hava Kalitesi

Modern yaşamın getirdiği şehirleşme sonucu ortaya çıkan hava kirliliği, küresel bir sorun haline gelmiştir. Bu sorunun çözümüne yönelik politikaların ve stratejilerin yanı sıra, hava kirliliğinin güncel değerleri hakkında, kentte yaşayan insanların da bilgilendirilmesi de otoritelerin sorumlulukları arasındadır. Bu sebeple kentlilerin de kolayca anlayabileceği yapıda, tüm dünyaca kabul edilen Hava Kalitesi İndeksi (HKİ) denilen bir sınıflandırma sistemi kullanılmaktadır.

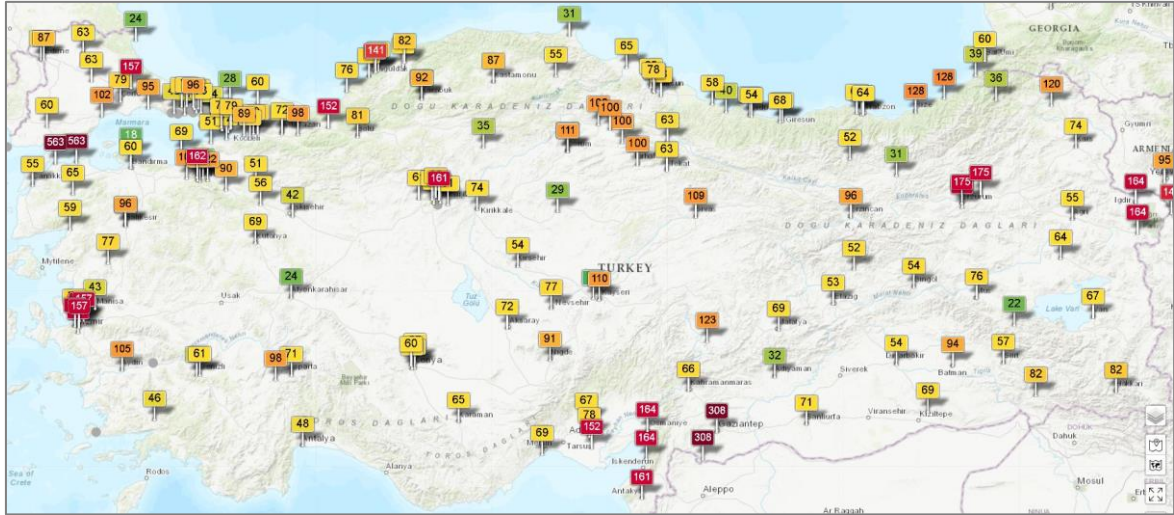
5 temel kirlenici ile hava kalitesi analiz edilebilmektedir. Bunlar; partikül maddeler (PM₁₀), karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO₂), azot dioksit (NO₂) ve ozon (O₃)’dur. Bu kirlenici değerleri ve hava kalitesinin genel durumu hakkında bilgi veren, Türkiye çapında yer alan hava kalitesi izleme istasyonlarının konumları Şekil 2.3’te yer almaktadır.



Şekil 2.3. Hava Kalitesi İzleme İstasyonları Konumları [18]

Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı’nda ölçümü gerçekleştirilen hava kirlenitçilerinin özellikleri ve bu kirlenitçilerin 06.06.2008 tarihli ve 26898 sayılı Resmî Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği”ne göre ülkemizde uygulanmaktadır.

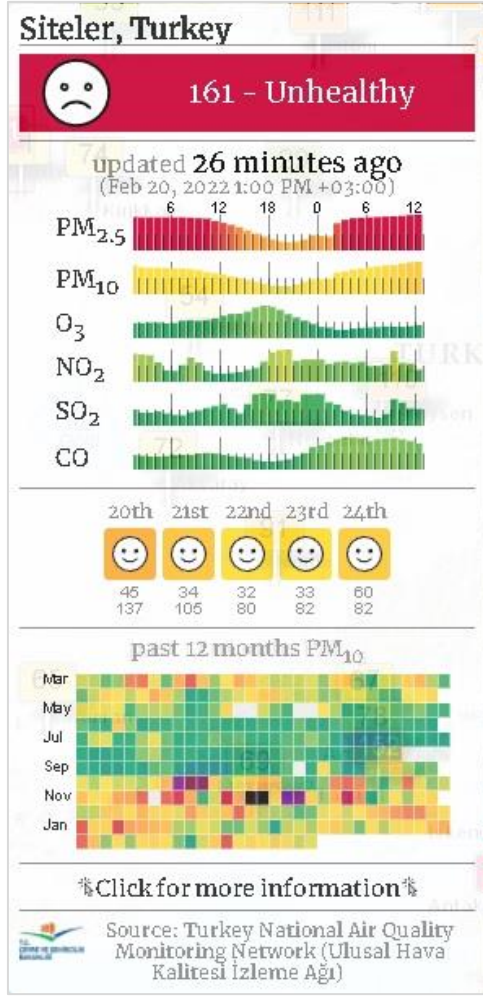
Ölçüm istasyonlarından temin edilen veriler kullanılarak analiz yapılan ve hava kalitesi indeksine göre renklendirilen 20 Şubat 2022 tarih ve 13:00 saatine ait harita Şekil 2.4’te yer almaktadır.



Şekil 2.4. Hava Kalitesi İndeksi [19]

Şekil 2.4’te verilen haritaya göre Türkiye’de ekonomik faaliyetlerin ve nüfusun yoğunlaştığı yerlerde hava kalitesinin sağlıklı, hassas gruplar için sağlıklı ve çok sağlıklı olduğu, dolayısıyla ekonomik faaliyetlere (endüstriyel alanlar, ticari alanlar vb. gibi) yakın yer seçen kentlilerin hava kirliliğine maruz kaldığı görülmektedir.

Ankara ili Siteler ilçesinde yer alan hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen ve hava kalitesi indeksi oluşturmada kullanılan değerler Şekil 2.5’te verilmektedir. Söz konusu işlem tüm hava kalitesi izleme istasyonları için gerçekleştirilerek bir indeks çıkarılmaktadır.



Şekil 2.5. Hava Kalitesi İzleme İstasyonu Ölçümleri [19]

2.6. Arazi Kullanımı – Hava Kirliliği İlişkisi

Doğal alanların insanlar tarafından ekonomik kaygılar sonucunda müdahale edilmesi ile değişiklik göstermesi sonucu kullanımlarda farklılıkların yaşanması ile arazi kullanımı tanımı ortaya çıkmıştır. Yeryüzünün çoğunluğunu teşkil eden doğal yapı, gelişen ekonomi ve değişen kentsel kullanımlar sonucunda beşerî müdahalelere maruz kalmaktadır. Bu süreç sonucunda ortaya çıkan arazi kullanımının kontrol edilebilmesi ve tükenebilir kaynakların kullanımının kontrol edilmesi, insan yaşantısı için önem arz etmektedir. Bu kapsamda farklı arazi kullanım sınıfları (Yerleşim Alanı, Endüstriyel Alanlar, Ticari Alan, Karayolu Ağı, Yeşil Alanlar, vb.) ortaya çıkmıştır.

Arazi kullanım kararlarına bakıldığında kentli yaşamında aktif rol oynayan kentsel kullanımların değişimi de hava kirliliği açısından önem arz etmektedir. Kentsel

hareketliliğin olduğu yerlerde olması zorunluluk olan kentsel kullanımların yer seçimi, hava kirliliğini etkileyen faktörler arasında yer almaktadır. Söz konusu kullanımlar özetle kamusal binalar, endüstriyel tesisler, eğitim alanları, sağlık tesisleri, dini tesisler, havaalanları vb. gibi yerleşik yaşamın olmadığı ancak kentsel hareketliliği sebep olan zaruri alanlar olarak tanımlanabilir.

2.6.1. Yerleşim alanları

Kentsel nüfusun yaşantısını devam ettirdiği, arazinin yoğunluğunu binalar, karayolu ağı, ticari faaliyetler ve kent içi yeşil alanların oluşturduğu bölgeler olarak tanımlanabilmektedir. Yerleşim alanlarında özel taşıt kullanımı ve evsel ısınma, hava kirliliğini tetikleyen unsurlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Kentte yaşayan insanların ihtiyaçları doğrultusunda şekillenen ekonomik faaliyetler sonucunda da arazi kullanımındaki plansız değişimler, hava kirliliğine karşı önlem alınmasını zorlaştırmaktadır.

2.6.2. Endüstriyel alanlar

Ticari faaliyetlere girdi olan malzemelerin temel üretim bölgeleri olarak adlandırılan endüstriyel alanlar, nüfus yoğunluğu ile doğrudan ilişkilidir. Artan kentleşme oranları sonucunda nüfusun kent merkezlerinde de gündün güne artması, ticari faaliyetlerin de bu alanlarda yer seçmesine yol açmaktadır. Ticari alanların sürdürülebilirliği için gerekli olan endüstriyel faaliyetler de kentleşme ve nüfusun yoğunlaştığı alanlara bağlı olarak yer seçimi yapmakta ve kentsel alanlara yakın yerlerde konumlanmaktadır.

Hammaddelerini işlenmesi, enerji kaynaklarının oluşturulması için gerçekleştirilen tüm faaliyetler neticesinde açığa çıkan enerji ve doğaya salınan atıklar, endüstriyel faaliyetlerin, önlem alınması gereken tehditlerindendir. Endüstriyel faaliyetler sırasında kullanılan hammaddelerin ve/veya süreç içerisinde gerçekleştirilen yakma faaliyetlerinin (buhar kazanları, kızgın yağ kazanları, buhar jeneratörleri, gaz türbinleri vb.) sebep olduğu emisyon, kentsel alanlardaki hava kirliliğini olumsuz yönde etkilemekte ve kentli yaşamı üzerinde tehdit oluşturmaktadır.

2.6.3. Ticari alanlar

Ticari alanlar, ekonomik faaliyetlerin yoğunlaştığı; iş merkezleri, bankalar, restoranlar, merkezi iş alanı, alışveriş merkezi, otopark vb gibi faaliyetlerin kümelenerek bir odak oluşturduğu alanlar olarak tanımlanabilir. Bu alanlar, ekonomik anlamda hareketliliğin yaşandığı, kentte yaşayan insanların ihtiyaçlarını gidermesi için gerekli olan, kentsel odak niteliğinde alanlardır.

Kentsel nüfusun yoğunlaştığı bu alanlarda yaşanan hareketlilik ile beraber gerek taşıt yoğunluğu gerekse ısınma amaçlı yakılan fosil yakıtlar sonucu hava kirliliği tehdidi ile karşı karşıya kalınmaktadır. Kentleşmenin beraberinde getirdiği ticari faaliyetlerdeki artışın kontrol edilebilir olması, kentlilerin yaşam kalitesi açısından önem arz etmekte olup, şehirlerin planlanması noktasında bu değişimler göz önünde bulundurulmalıdır.

2.6.4. Karayolu ağı

Artan kentleşmenin beraberinde getirdiği, Endüstriyel alanlar ve Ticari alanlar başlıklarında bahsi geçen ekonomik faaliyetlerin yer seçmesi sonucunda nüfus yoğunluğu da bu ekonomik faaliyetlere bağlı olarak yer seçmektedir. Kentsel alanlar olarak tanımlanan ekonomik faaliyetlerin ve nüfusun yer seçtiği bu alanlarda ulaşım ağının planlanması, kentli yaşantısı için önem arz etmektedir. Kent içinde kademeli olarak dallanan ulaşım ağlarının hizmet verdiği nüfus ile orantılı olarak hava kalitesine tehdidi göz ardı edilemeyecek boyutlardadır. Kentsel alanlardaki trafik sebebiyle havaya salınan kirleticiler;

- Karbon monoksit,
- Partikül maddeler (PM_{2.5}, PM₁₀),
- Azot oksitler,
- Uçucu organik karbonlar,
- Polisiklik aromatik hidrokarbonlar,
- Yaz aylarında ozon,
- Karbon dioksit (küresel ısınma gazı) olarak listelenmektedir.

Trafik kaynaklı hava kirliliğinin nüfus yoğunluğu ile ilişkisi olduğu kadar kentin bulunduğu bölgenin coğrafi ve topografik yapısı ile de ilişkisi vardır. Çevresinde yüksek topografyanın

yer aldığı kentsel alanlardan salınan hava kirleticilerinin havada asılı kalması ve kentli yaşamını uzun süreli olarak etkilemesi durumuyla karşı karşıya kalınmaktadır. Karayolu ağı güzergahlarının planlaması yapılırken bölgenin hakim rüzgar yönü dikkate alınarak hava koridorları oluşturulması gerekmektedir. Aynı zamanda karayolu ağının hizmet edeceği nüfusun gelecek projeksiyonları dikkate alınarak yollar, genişletilebilir şekilde planlanmalıdır. Kentsel alanlarda ana arterler olarak tanımlanan toplayıcı yolların yakın çevresinde yapılaşma olmaması ve çevresinde yeşil alanlarla tampon bölgelerin oluşturulması, kentte yaşayanların hava kirliliğinden etkilenmesini engelleyici önlemler arasında yer almaktadır.

2.6.5. Yeşil Alanlar

Yeşil alanlar kentin içerisinde ve çevresinde Yeşil alanlar ise kentin içinde ve çevresinde yer alan, rekreasyon, peyzaj ve hidroloji gibi işlevler gören ormanlar, korular, çeşitli işlev ve büyüklükteki parklar, mezarlıklar, refüj alanları ve bina bahçeleri gibi canlı (ağaç, çalı, yer örtücü, çimen gibi) ve cansız (yollar, su elamanları, kent mobilyaları gibi) elamanlardan oluşan alanlardır. Açık alanların, kentsel kullanımların çevresinde bir tampon olması ve arazilerin kentsel kullanımlara hazır olması amacıyla ayrılmış alanları içermektedir. Şehir planlama disiplini perspektifinde açık yeşil alanlar gelecekteki kentsel planlama ve gelişimin bir bileşeni olarak kullanılmaktadır. Kentsel alanlarda konumlandırılacak olan yeşil alanların yer seçiminin, diğer kentsel kullanımlara göre yapılması önem arz etmektedir. Hava koridorları, doğal yeşil alanların korunması gibi politikaların izlenmesi sonucunda hava kirliliği ile efektif olarak baş edilebilmektedir.

Bu çalışmada hava kalitesi ile mevcut arazi kullanımı arasındaki ilişkinin belirlenmesi, değişen kent dokusunun hava kirliliğine etkileri, şehir planlama disiplini kapsamında hava kirliliğinin sebep olduğu tehditlerin öneminin vurgulanması amaçlanmıştır.

2.7. Hava Kirliliği ve Kent Planlama

Değişen şartlar sonucunda hava kalitesinin insan sağlığını tehdit eder hale gelmiş olmasına bağlı olarak her meslek disiplini açısından alınabilir önlemlerin var olduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda şehir planlama disiplini açısından hava kirliliğinin kontrol edilebilir olmasını sağlamak adına izlenebilecek politikalar da mevcuttur.

Kentlerin planlanması aşamasında veya planlanan kentlerde yapılacak revizyonlarda hava kalitesi unsuru göz önünde bulundurularak kararların alınması durumunda insanların yaşam kalitesinin arttığı yapılan çalışmalar sonucunda belirlenmiştir. Örneğin; kentsel fonksiyonlar için yer seçimleri yapılırken hava kirleticisi olarak tanımlanan unsurlar ile kentlilerin yaşantılarını sürdürdüğü alanların izole şekilde planlanması fayda sağlamaktadır. Buna bağlı olarak inşa edilmesi planlanan veya inşa edilmiş ancak revize edilecek yapıların konumlanması ve yönlendirilmesine dikkat edilmesi de hava kalitesi anlamında izlenmesi gereken bir politikadır. Hâkim rüzgâr yönüne bağlı olarak yapılaşmanın yönlendirilmesi konut alanlarının hava kirletici konsantrasyonu yüksek olan alanlardan izole edilebilmesine olanak sağlamaktadır. Öte yandan bu yönlendirme hava koridorlarının oluşmasına olanak sağlamaktadır.

Kentsel fonksiyonların dağılımının nüfus ihtiyacına göre yapılması şehir planlama disiplininin temelini oluşturmaktadır. Buna bağlı olarak nüfus ihtiyacı kadar yeşil alanın yerleşim alanlarına göre konumlandırılması kentsel hareketliliğin olduğu alanlarda yaşam kalitesini artıracak bir politika olarak uygulanmaktadır.

3. MATERİYAL VE METODOLOJİ

Bu bölümde çalışma kapsamında kullanılan materyaller, elde edilen veriler ve söz konusu veriler ile yapılan işlemlere ilişkin detaylı açıklamalar bulunmaktadır.

3.1. Materyal

Yapılan çalışma kapsamında gerçekleştirilen analizlerde kullanılan materyaller hava kirleticileri, uydu görüntüleri ve çalışma alanı genel özellikleri olarak tanımlanmaktadır. Söz konusu materyaller bu bölümde detaylandırılmaktadır.

3.1.1. Hava kirleticileri

Ankara ilinde yer alan hava kalitesi izleme istasyonları tarafından ölçümleri gerçekleştirilen kirleticilerden SO₂ ve PM₁₀ değerleri, 2009 – 2019 yılları için, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından temin edilmiştir. Söz konusu veriler Bakanlık resmi internet sitesi, Sürekli İzleme Merkezi'nden [18] saatlik olarak yayınlanmaktadır.

3.1.2. Uydu görüntüleri

Uydu tabanlı gözlemler ile hava kalitesinin izlenebilmesi amacıyla tematik verilerin elde edilebildiği, 11 farklı banda sahip olan Landsat 8 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Bu görüntüler sayesinde hava kalitesi değişimi ile uydu görüntülerindeki değişim karşılaştırılmıştır. 2015 ve 2020 yılları için temin edilen uydu görüntülerinin her biri için farklı band görüntüleri kullanılarak yüzey sıcaklığı analiz edilmiştir.

3.1.3. Çalışma alanı

Ankara ilinin coğrafi konumu

Bu tezin çalışma alanı Ankara Metropolitan alanının merkez ilçeleri oluşturmaktadır. Ankara kent merkezi ise 800 – 850 metre rakıma sahip Ankara Ovası ile ortalama 1250 – 1500 metre rakıma sahip dağlık, tepelik sahada çanak formunda bir alanda konumlanmıştır.

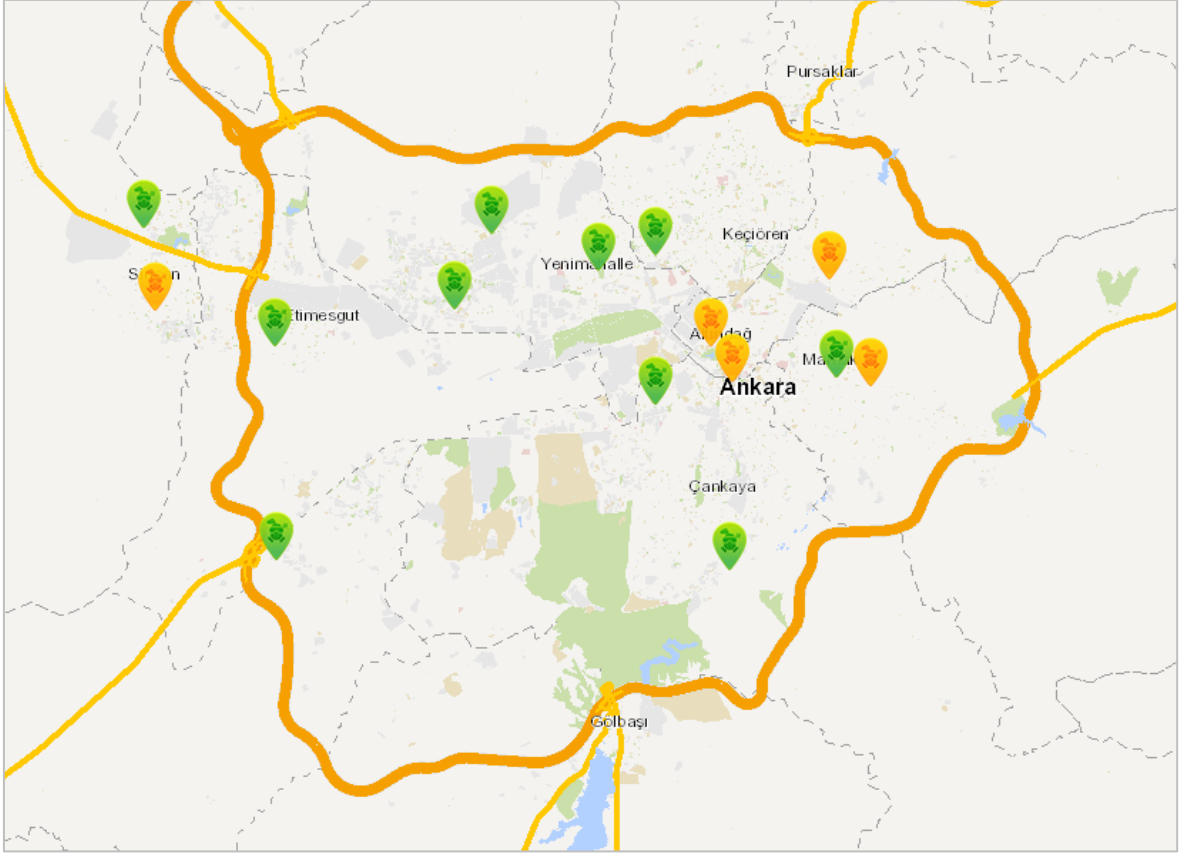


Şekil 3.1. Ankara İlının Konumu [20]

Çalışma alanı olarak Ankara'nın belirlenmesinde Türkiye'nin başkenti olması sebebiyle ekonomik faaliyetlerin, nüfusun odağı haline gelmesi ve hava kirliliğinin günden güne artması önemli rol oynamıştır.

Ankara ilinde toplam 15 adet hava kalitesi izleme istasyonu bulunmaktadır. Söz konusu hava kalitesi izleme istasyonlarının tamamı için ölçülen kirletici konsantrasyonu verileri incelenmiştir. Çalışmanın gerçekleştirildiği yıllar için karşılaştırmalı analizin yapılabilmesi için söz konusu yıllarda ölçüm yapan istasyonlar seçilmiştir. Buna ek olarak çalışma kapsamında analizlere girdi olmak üzere seçilen SO_2 ve PM_{10} kirleticilerinin ortak olarak ölçüldüğü istasyonlar çalışma kapsamına dahil edilmiştir.

Yakın çevresinde farklı arazi kullanım kararları bulunan hava kalitesi izleme istasyonları seçilerek, zamansal etkinin yanında mekânsal olarak arazi kullanımı kararlarının da hava kirliliği ile ilişkisinin ortaya konması amaçlanmıştır.



Şekil 3.2. Ankara İl Merkez İlçelerinde Yer Alan Hava Kalitesi İzleme İstasyonları [18]

Değişen arazi kullanımına bağlı olarak hava kirleticilerinde gözlenen değişimin analiz edilebilmesi için Ankara kent merkezindeki; Bahçelievler, Siteler, Keçiören, Sıhhiye, Kayaş ve Demetevler hava kalitesi izleme istasyonları seçilmiştir. Söz konusu hava kalitesi izleme istasyonları seçiminde, çevresindeki arazi kullanımlarının farklılık göstermesi etkili olmuştur. Bu kapsamda sanayi alanları, konut alanları, ticari alanlar, yeşil alanlar ve karayolu ağının değişim analiz edilebilmiştir.

Ankara kent merkezindeki Bahçelievler, Demetevler, Kayaş, Keçiören, Sıhhiye, ve Siteler’de bulunan hava kalitesi izleme istasyonlarından alınan veriler, tüm istasyonlar tarafından ölçüm yapılan günler bazında sadeleştirilmiş olup söz konusu verilerden ortalama değer hesabı çıkarılmıştır. Ölçüm değerleri, Dünya Sağlık Örgütü ve ulusal standartlara göre karşılaştırılmış olup bu değerlerin standartları aştığı günler analiz edilmiştir. Hava kalitesi izleme istasyonları konumlarını içeren harita aşağıda yer almaktadır.

Çizelge 3.1. Ankara İli Aylara Göre Sıcaklık/Yağış Ortalamaları [20]

Aylar	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yıl
En yüksek sıcaklık (°C)	16,6	20,4	27,8	31	33	37	41	40,4	36	33	24,4	20,4	41
Ortalama en yüksek sıcaklık (°C)	4,4	6,6	11,6	17	22,2	27	30,2	30,3	26	20	12,9	6,6	17,8
Ortalama sıcaklık (°C)	0,4	1,9	6	11	16,1	20	23,6	23,4	19	13	7	2,6	12
Ortalama en düşük sıcaklık (°C)	-3	-2,2	0,9	5,6	9,7	13	15,9	16	12	7,2	2,4	-0,7	6,3
En düşük sıcaklık (°C)	-24,4	-22,2	-19,2	-6,7	-1,6	3,8	4,5	6,3	2,5	-5,3	-13,4	-18	-24,4
Ortalama yağış (mm)	42,1	36,6	40,3	47	52	37	14,2	10,9	19	29	32	43,1	366,2

Ankara İlinin Demografik Özellikleri

Çalışma alanı olarak seçilen Ankara'nın Cumhuriyet'in ilk yıllarında 74 553 kişi (1927 sayımı) olan nüfusunun 5 663 000 kişi 'ye (2020 sayımı) çıktığı görülmekte olup söz konusu nüfus artışının kentte yer alan fonksiyonları da değiştirdiği, kentleşme anlamında çarpık kentleşmeye ve nüfusun dengesiz dağılmasına yol açtığı gözlenmektedir.

Ankara'nın 1927 – 2000 yılları arasındaki nüfus artış hızı %5'in üzerinde olup aynı yıllar arasında Türkiye'deki nüfus artış hızının 2 kat fazladır. 1990 ile 2000 yılları arasında Türkiye'nin nüfus artış hızı %2 iken Ankara'nın nüfus artış oranı %8,8 olmuştur. Ankara'daki bu nüfus artış hızlarının yanında kadın erkek oranı sürekli yakın süregelmiştir. 2021 yılı sayımlarına göre nüfusun %49,47'si erkek, %50,53'ü kadındır. Nüfusun yaşlarının dağılımına bakıldığında 2021 yılı nüfustaki en fazla oranı %8,20 ile 35 – 39 yaş arası nüfusun aldığı görülmektedir [21].

1927 yılında yapılan ilk nüfus sayımından 2020'ye kadar olan nüfus sayımları Çizelge 3.2'de yer almaktadır.

Çizelge 3.2. Ankara İli Nüfus Sayımları [21]

Yıl	Nüfus	Yıl	Nüfus
2020	5 663 322	2000	4 007 860
2019	5 639 076	1990	3 236 626
2018	5 503 985	1985	3 306 327
2017	5 445 026	1980	2 854 689
2016	5 346 518	1975	2 585 293
2015	5 270 575	1970	2 041 658
2014	5 150 072	1965	1 644 302
2013	5 045 083	1960	1 321 380
2012	4 965 542	1955	1 120 864
2011	4 890 893	1950	819 693
2010	4 771 716	1945	695 526
2009	4 650 802	1940	602 965
2008	4 548 939	1935	534 025
2007	4 466 756	1927	404 581

Ankara ilindeki demografik yapının genel özelliklerine bakıldığında, Ankara'nın başkent olması ile artan merkezileşme sonucunda nüfus yoğunluğu artmıştır. Bu yoğunlaşmanın ardından ilk etapta kent kale çevresinden güneye doğru gelişme göstermiştir. Bu gelişme içerisinde 'prestij mahalleleri' ve 'işçi mahallesi' şeklinde gruplandırma çabaları kent içerisinde ikili yapıları ortaya çıkarmıştır [22].

Bu dönem sonrasında 1950 – 1980 yılları arasında kent heterojen bir yapı kazanmış olup İstanbul'dan sonra ikinci en çok göç alan kent haline gelmiştir. Alınan bu göçler sonrasında, yüksek vasıflı olarak Ankara'ya göç eden nüfus hizmet sektöründe istihdam edilebilmiş olup düşük vasıflı göç eden kesim daha marjinal sektörlerde istihdam edilebilmiştir. Kente yaşanan bu yoğun göç sonrasında ise kentli yaşantısına ayak uydurmaya çalışan kır nüfusu, kent içerisinde kendi bölgelerini oluşturmuş adeta kırlarının kentsel alanlara taşımışlardır. Sosyo-ekonomik olarak ayrışmaların net olarak belli olduğu bu dönemlerde kentin gelişiminin de kuzey, güney ve doğu yönlerinde topografik eşiklere de dayanmış olması sebebiyle batı gelişim koridoru yönünde yoğunlaşmalar olduğu gözlenmiştir.

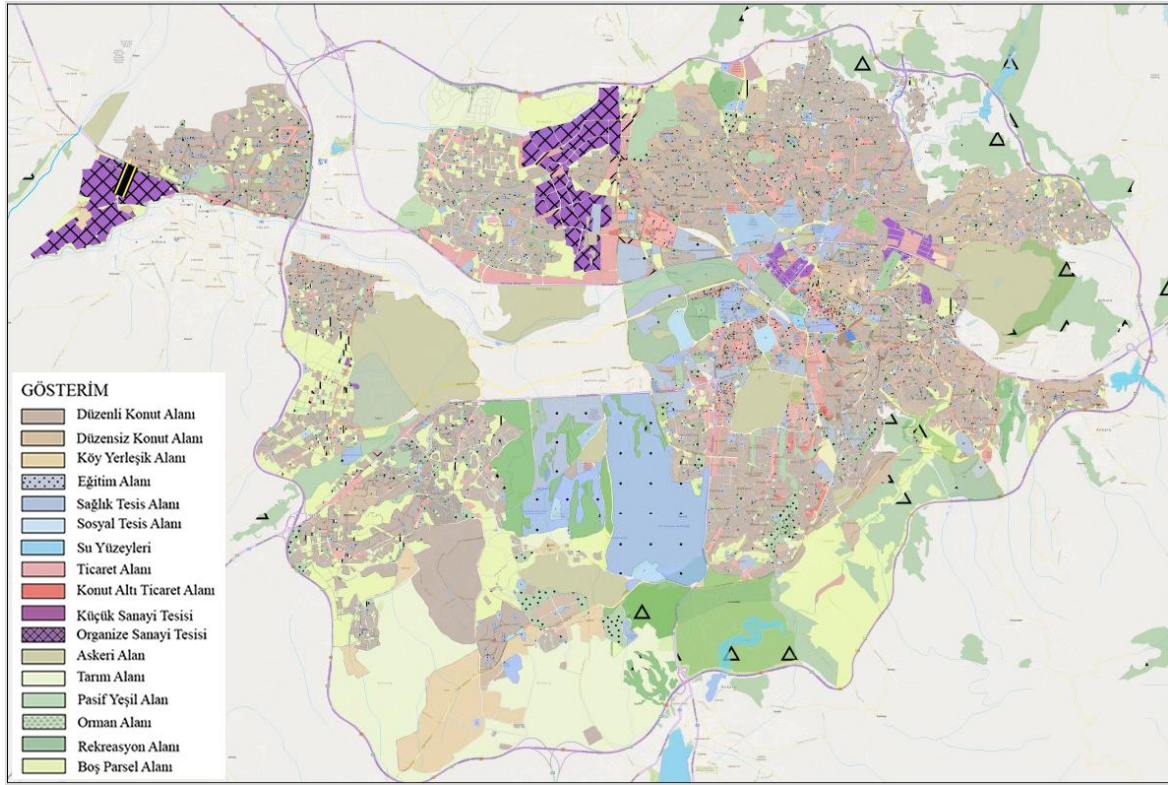
Batı gelişim koridorunda yaşanan bu gelişmeler sonrasında Ümitköy, Konutkent Koru mahallesi gibi uydu kent olarak tanımlanan, kent çeperine yakın yerleşim bölgelerindeki nüfus yoğunluğu artmıştır. Kente yeni bir kimlik katma amacıyla projelerle şekillendirilen

bu uydu kentler 1980 – 1990’lı yıllardan itibaren orta-üst gelir grubu tarafından ilgi görmüş ve kentteki sosyo-mekânsal gruplaşma daha da belirgin hale gelmiştir.

Nüfusun sağlık bileşenine bağlı olarak değişimine/etkisine bakıldığında ekonomik gelir durumu, eğitim durumu ve mesleğin sağlık üzerinde etkileri olduğu bilinmektedir. Sağlık oranı, yaşlı nüfus oranı, harcama alışkanlıkları, bölgelerdeki kentsel kullanımlar, eğitim durumu, gelir durumu gibi parametreler dikkate alınarak yapılan analizler sonucunda Ankara nüfusunun %4’ü en yüksek yaşam standardına sahip statüde yer almaktadır.

Ankara İlinin Ekonomik Yapısı

Ankara nüfusunun dörtte üçü hizmet sektöründe çalışmakta olup söz konusu sektör Ankara ilinin gayrisafı hâsılasında en büyük paya sahiptir. İlde yer alan endüstriyel faaliyetler genelde küçük ve orta ölçekte işletmelerden oluşmaktadır. Bunların %40’ı, savunma ve taşıt üretimi yapan büyük kuruluşların talep gösterdiği makine ve metal alanında üretim yapmaktadır, bunun ardından gıda ve tekstil sanayileri gelir. Ankara’da endüstriyel üretimin büyük kısmı Sincan, Akyurt, Çubuk, İvedik ile Ortadoğu Sanayi ve Ticaret Merkezi’nde gerçekleşmektedir.



Şekil 3.4. Ankara İli 2020 Yılı Arazi Kullanımı [23]

Ankara metropoliten alanı merkez ilçelerinde 2020 yılındaki kentsel fonksiyonların dağılımını içeren arazi kullanım haritasına bakıldığında endüstriyel tesislerin gün geçtikçe kentsel alanların içinde kaldığı görülmektedir. Kurulum aşamasında kent merkezine uzak yerlerde konumlanan sanayi bölgeleri ekonomik gelişmeler sonucunda kentsel hareketliliğin olduğu alanların içerisinde kalmıştır.

3.2. Metodoloji

Hava kirleticilerinin kentsel yaşam ve kentliler üzerindeki olumsuz etkilerinin önlenmesi için düzenli ölçümler yapılması gerekmektedir. Ülkemizde bu ölçümler Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından Hava Kalitesi İzleme İstasyonları ile yapılmakta olup Sürekli İzleme Merkezi'nden [18] saatlik olarak yayınlanmaktadır. Ankara ilinde 18 adet hava kalitesi izleme istasyonu ile NO_x , SO_2 , CO ve PM_{10} gibi hava kirleticileri ölçülmektedir. Söz konusu hava kirleticilerinin kentsel yaşantıyla ilişkisinin analiz edilebilmesi, kentsel yaşam kalitesini etkileyebilecek olasılıkların ortaya çıkarılabilmesi için çalışma alanı için Landsat uydu görüntüleri kullanılarak hava kirliliğinin değişimi analiz edilmiştir. Bu değişimi sayısal olarak ortaya koyarak karşılaştırmaları gerçekleştirebilmek için uzaktan

algılama analiz yöntemleri kullanılmıştır. Kullanılan formüller neticesinde uydu görüntülerinin çözünürlükleri baz alınarak (30m x 30m) işlemler gerçekleştirilmiştir.

Yapılan analizlerin sonucunda çıkan ‘Yüzey Sıcaklığı Analizi’ ve ‘NDVI’ analizleri, çalışma alanı içerisinde yüzeyden yansıyan sıcaklık değerlerinin Celsius cinsinden harita üzerinde görüntülemeyi sağlarken NDVI analizi aynı alanlardaki bitkisel alan oranları hakkında fikir vermektedir. Bu bileşenlerin değişimi ile hava kalitesi izleme istasyonları tarafından ölçülen hava kirleticilerinin değerleri arasındaki ilişkinin ortaya konması hedeflenmiştir.

Bu çalışma kapsamında Ankara kent merkezi için yapılan analizlerde tüm istasyonlarda ölçümü yapıldığı için, ısınma, sanayi ve trafik bölgeleri ile oluşan bir kirletici olan SO₂ ve fabrikalar, enerji tesisleri, yakma tesisleri, inşaat faaliyetleri, yangınlar ve rüzgârdan kaynaklanan PM₁₀ kirleticileri değerlendirilmiştir.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayınlanan Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı [24] içerisinde yer alan Veri Bankasından ilgili hava kalitesi izleme istasyonu için, çalışmaların kapsadığı tarihler için sorgulamalar yapılmış ve kirletici değerleri Excel tablolarına aktarılmıştır. Söz konusu sorguya dair ekran görüntüsü Şekil 3.5’te yer almaktadır.

Hava Kalitesi - İstasyon Veri İndirme
Anasayfa / Veri Bankası / Hava Kalitesi - İstasyon Veri İndirme

FİLTRE

ANKARA Ankara - Sincan 2 ADET SEÇİM YAPILDI

Saatlik 01.01.2010 1400 31.12.2010 1400

DETAYLI ÖLÇÜM DEĞERLERİ

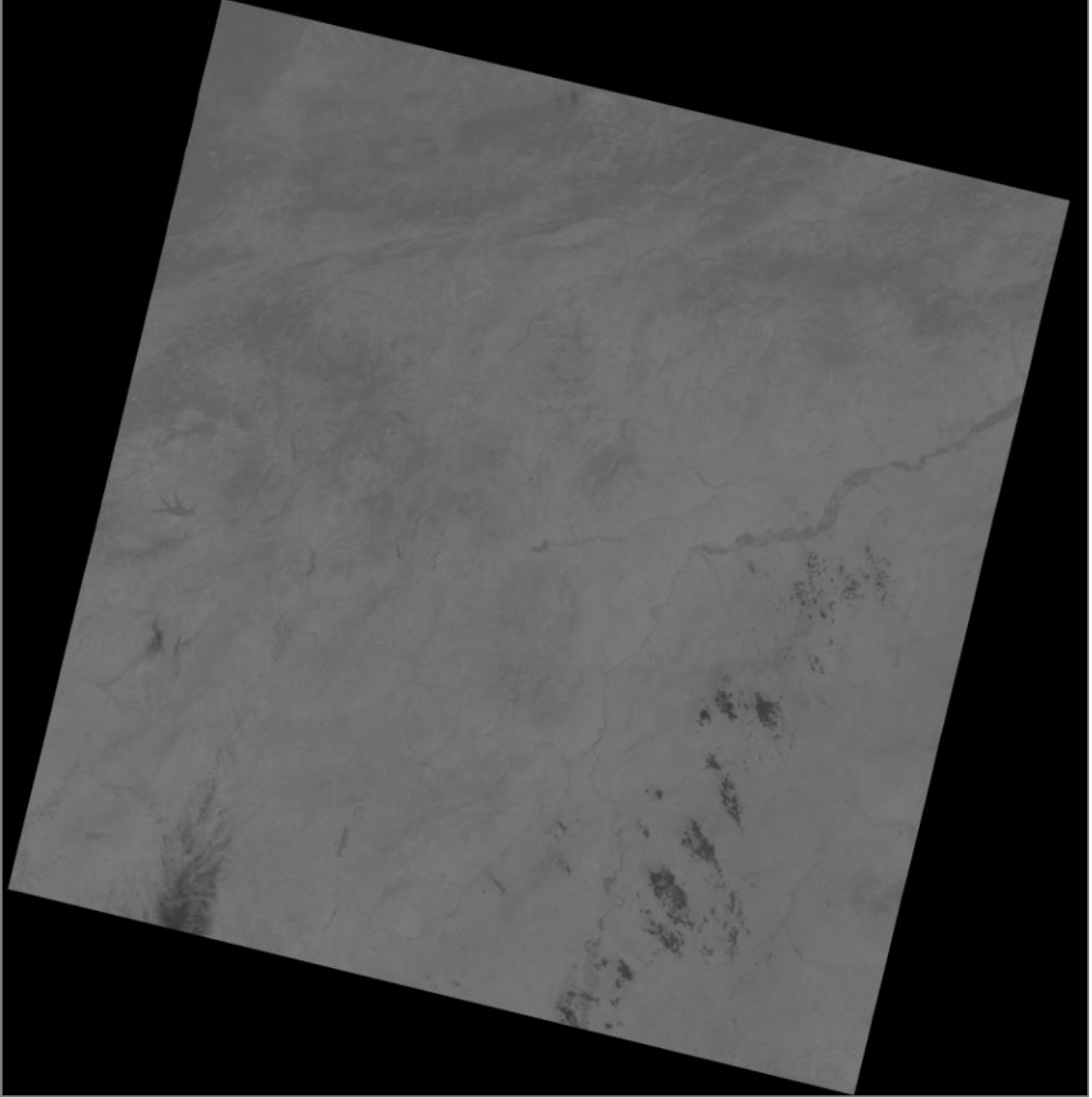
Tarih	PM10 (µg/m3)	SO2 (µg/m3)
01.01.2010 1400	99,97	56,48
01.01.2010 1500	90,55	51,22
01.01.2010 1600	101,90	51,72
01.01.2010 1700	139,83	44,89
01.01.2010 1800	124,77	36,07
01.01.2010 1900	88,94	29,46
01.01.2010 2000	69,19	27,24
01.01.2010 2100	50,74	23,37
01.01.2010 2200	46,97	21,45

Şekil 3.5. Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı, Kirletici Sorgusu [18]

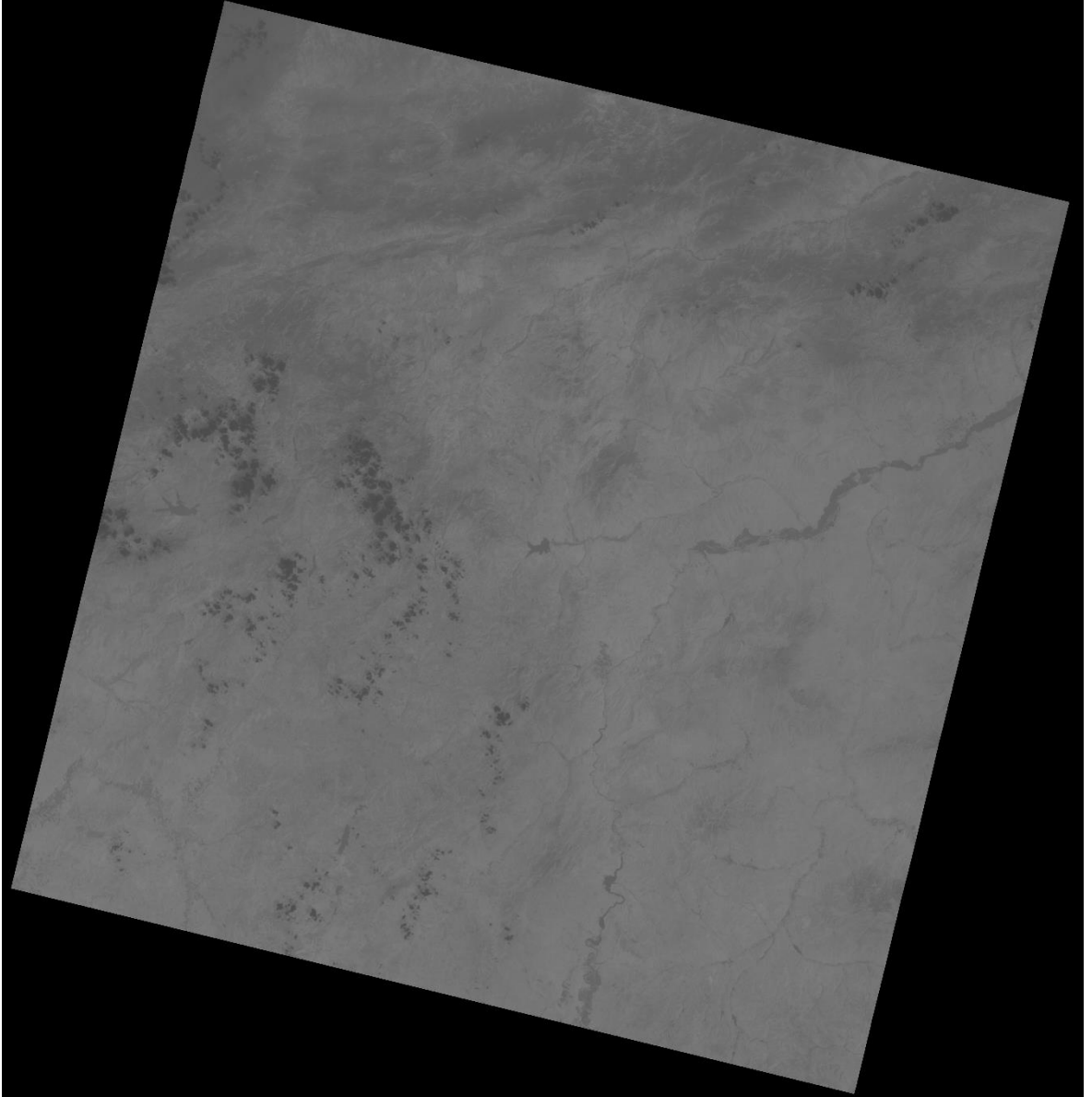
Yüzey Sıcaklığı

Çalışmanın gerçekleştirileceği alan için 11 Şubat 2013 yılında fırlatılan, Operasyonel Yer Görüntüleyicisi (OLI) ve termal bantları içeren (TIRs) Landsat8 uydusu tarafından üretilen hava fotoğrafları aracılığıyla yüzey sıcaklığı analizi gerçekleştirilmiştir. Landsat 8 uydusu insanın geçim kaynaklarının düzenlenmesi, izlenmesi ve anlaşılmasında bizlere bilimsel veriler sağlamaktadır.

Yüzey sıcaklığı analizi esnasında 2015 ve 2020 yıllarına ait görüntüler USGS Earth Explorer sitesinden indirilerek analiz edilmiştir. Bu analiz öncesinde elde edilen görüntülerden kış mevsimine ait olanlarda bulutluluk oranı fazla olduğu için yaz mevsimi görüntüleri kullanılmıştır. 31 Temmuz 2015 ve 12 Temmuz 2020 tarihlerinde Landsat 8 uydusu tarafından üretilen Band 11 görüntüleri aşağıda yer almaktadır.



Şekil 3.6. 31 Temmuz 2015 Tarihli Band 11 Görüntüsü [25]



Şekil 3.7. 12 Temmuz 2020 Tarihli Band 11 Görüntüsü [25]

Analize girdi olacak görüntülerden ilk aşamada band 10 ve band 11 görüntüleri kullanılmıştır. Band 10 görüntüleri $10,30 - 11,30 \mu\text{m}$, band 11 görüntüleri $11,50 - 12,50 \mu\text{m}$ dalga boyları arasında 30 m çözünürlüğe sahip görüntülerdir.

Farklı yıllar için temin edilen bu görüntülerin analizi kapsamında farklı formüller kullanılarak görüntülerin radyans değerleri celsius'a dönüştürülmüştür. Bu dönüşüm esnasında görüntülere bağlı olarak indirilebilen metaveri dosyası içeriğinde yer alan bileşenler kullanılmıştır. Celsius formatına dönüşümü gerçekleştirilen bu görüntülerin konumsal olarak aynı yerlerindeki Band 4 ve Band 5 görüntüleri kullanılarak da NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz ile de ilgili

görüntülerdeki değerler aracılığıyla bu alanlarda canlı yeşil bitki örtüsü olup olmadığı sonucuna varılmaktadır. Formüllerde kullanılan ‘RADIANCE_MULT_BAND_10’, RADIANCE_ADD_BAND_10’, K1_CONSTANT_BAND’ değerleri, görüntülerle beraber temin edilen metaveri metin dosyasında yer almaktadır. Söz konusu analizler kapsamında kullanılan formüller aşağıda yer almaktadır.

Radyans değerlerini (R10) bulmak için;

$$\checkmark \quad R10 = \text{RADIANCE_MULT_BAND_10} \times [\text{Uydu Görüntüsü}] + \text{RADIANCE_ADD_BAND_10}$$

Radyans değerlerini Celsius’a (C10) dönüştürmek için;

$$\checkmark \quad C10 = K2_CONSTANT_BAND / \ln [(K1_CONSTANT_BAND/R10) + 1] - 273.15$$

Celsius değerlerinin ortalamalarını bulmak için Band 10 ve Band 11 görüntüleri için Radyans ve Celsius değerleri hesaplanmalıdır. CBS uygulamaları bu noktada gridlere bölerek çalışmalar gerçekleştirir. Landsat 8 uydusundan temin edilen Band 4, Band 5, Band 10 ve Band 11 görüntülerinin çözünürlükleri 30 m olduğu için, 30m x 30m gridler şeklinde çalışmalar gerçekleştirilmektedir.

Ortalamaları bulmak için;

$$\checkmark \quad \text{MeanTemp1011} = (C10+C11) / 2$$

Yapılan tüm bu işlemlerden sonra Band 4 ve Band 5 görüntüleri kullanılarak NDVI analizi gerçekleştirilmektedir.

Öncelikle NDVI değerlerini bulmak için;

$$\checkmark \quad \text{NDVI} = (\text{Band 5} - \text{Band 4}) / (\text{Band 5} + \text{Band 4})$$

NDVI’daki maksimum ve minimum değerleri (Pv değeri) hesaplamak için;

$$\checkmark \quad \text{Pv} = [(\text{NDVI} - \text{Min}) / (\text{Max} + \text{Min})]^2$$

Yüzey sıcaklığı analiz formülünde yer alan LSE değerini bulabilmek için;

$$\checkmark \quad LSE = 0.004 \times P_v + 0.986$$

Tüm bu işlemler tamamlandıktan sonra yüzey sıcaklığı hesaplanabilmektedir.

Yüzey sıcaklığını hesaplamak için;

$$\checkmark \quad C_{10} / 1 + [Band \ 10] \times (C_{10} / 14380) \times \ln(LSE)$$

Formülleri kullanılmaktadır. Söz konusu formüller kullanılarak yapılan analizler, 2015 ve 2020 yıllarına ait uydu görüntüleri için uygulanarak değişimler sorgulanabilmektedir.

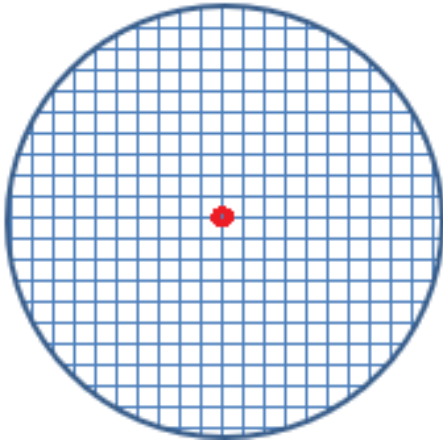
Mekânsal olarak elde edilen veriler ile yapılan analizlerin istatistiksel olarak ilişkisinin kurulabilmesi adına, çalışmaya konu olan hava kalitesi izleme istasyonları merkez olacak şekilde 2,5 km çaplık alanlar, 30x30 ölçülerinde birim karelere ayrılmıştır. Hava kalitesi izleme istasyonlarının doğru ölçüm yaptığı alanlar teknolojik yeterliliklerden dolayı 2,5 km olarak kabul edilmiştir [26].

Söz konusu birim karelerin her biri, mekânsal veriler kullanılarak yapılan her bir analiz sonuçlarını içermektedir. Bu analizler, 2015 ve 2020 yılları için aynı alanı kapsayacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Analize girdi olan parametreler arasındaki ilişkinin ortaya konması için yapılan mekânsal analizlerin Excel formatındaki tablo çıktıları değerlendirilmiştir.

Analize konu alanlar için partikül madde ve kükürtdioksit dağılımları için kriging analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan kriging analizi sonucunda hava kalitesi izleme istasyonları tarafından sayısal olarak ölçülen verilerin mekânsal boyutta gösterimi sağlanmıştır. Yapılan NDVI analizi söz konusu alanlar için kesilerek birim karelere bölünmüş ve her bir birim karedeki yeşil alan indeksi ayrıca değerlendirilmiştir. NDVI analizi ile bağlı olarak gerçekleştirilen yer yüzeyi sıcaklığı analizi sonucunda çalışma alanı yüzeyindeki sıcaklık değerleri, coğrafi bilgi sistemleri yazılımları kullanılarak celsius cinsinden hesaplanmış, yapılan bu hesap sonucunda elde edilen harita birim karelere ayrılacak olan kısım için kesilmiştir. Bu alanlar için de her bir birim kareye düşen değerler ayrıca raporlanmıştır.

Arazi kullanımı paftası kullanılarak çıkarılan haritalar; konut alanları, ticaret alanları, yeşil alanlar, sanayi alanları ve yollar olacak şekilde farklı katmanlara ayrıştırılmış ve analize konu olacak alanlar için kesilerek 30x30 birim kareler için değerleri ayrı ayrı ölçülerek raporlanmıştır.

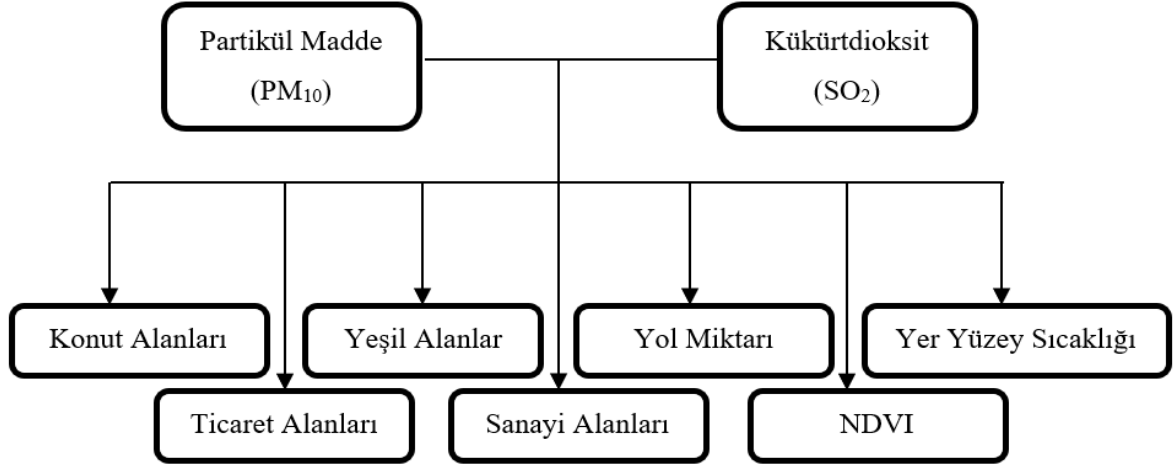
Yapılan tüm bu analizler, aşağıda yer alan şablon karelaj yöntemiyle, 30x30 ölçüleriyle mekansallaştırılmıştır.



Şekil 3.8. Şablon Karelaj

Çalışmaya konu olan hava kalitesi izleme istasyonları için Şekil 3.8’de belirtilen 30x30 ölçülerindeki karelaj yöntemiyle analizler gerçekleştirilmiştir. Söz konusu analizlerdeki her bir birim karenin mekânsal olarak aynı bölgeye denk gelmesi amaçlanmış olup birim kareler sıralarına göre A1, A2, A3 ... şeklinde kodlanmıştır. Bu sayede yapılan her bir analiz için ortaya çıkan değerler eşit birim kareler için bölünmüş olup sonuç ürünün de mekânsal olarak aynı alanları ifade etmesi sağlanmıştır.

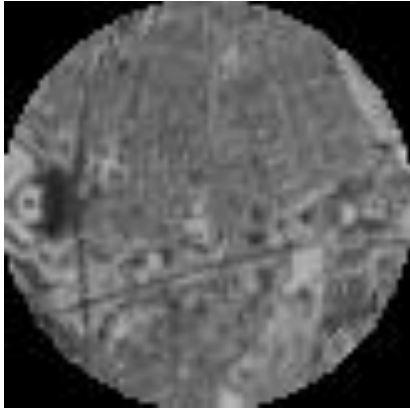
Mekânsal veriler kullanılarak elde edilen tüm bu istatistiki veriler arasındaki ilişki aşağıdaki diyagrama bağlı kalınarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.9. Mekansal Veriler Analiz Diyagramı

Bu diyagrama bağlı kalınarak gerçekleştirilen analizler, her bir istasyon için hava kirleticileri ile diğer mekânsal bileşenlerin ilişkilerini ortaya koymaktadır. Söz konusu bileşenlerin değişiminin birbirlerine olan etkileri de korelasyon analizi ile raporlanmıştır.

Çalışma alanları için 30x30 ölçülerinde karelaj olarak oluşturulan dosyalara bir örnek aşağıda yer almaktadır.



Şekil 3.10. 2015 Yılı Bahçelievler İstasyonu Yakın Çevresi NDVI Analizi

30x30 ölçülerinde elde edilen bu harita için piksel bazında görüntü işleme yapılarak görüntü içeriğindeki bilgiler sözel tablo formatına getirilmiştir. Bu tabloya ait ekran görüntüsü aşağıda yer almaktadır.

Şekil 3.11. 2015 Yılı Bahçelievler İstasyonu Yakın Çevresi NDVI Analizi Tablosu

Şekil 3.9’da yer alan harita ve Şekil 3.10’da yer alan tablo, çalışmaya konu olan 7 istasyon için, SO₂, PM₁₀, NDVI, YYS, Konut Alanları, Yeşil Alanlar, Ticaret Alanları, Endüstriyel Alanlar ve Yol Alanları için ayrı ayrı oluşturulmuştur. Oluşturulan bu tabloların her bir hücresi mekânsal olarak aynı yeri tanımlıyor olması sebebiyle ortak bir analize konu olmuşlardır.

Analiz sonuçlarının ilişkilendirilmesi

Hava kalitesi izleme istasyonlarının yakın çevreleri için elde edilen verilerin karşılaştırılabilmesi; aralarındaki ilişkinin, birbirlerine olan etkilerinin analiz edilebilmesi için korelasyon ve regresyon analizleri yapılmıştır. Regresyon, üzerinde durulan yanıt değişkeni ile ilişkili olabileceği düşünülen açıklayıcı değişkenlerin bir fonksiyonu olarak ifade edilmektedir. Değişkenler arasındaki ilişkinin fonksiyonel şekli regresyon modelleri ile incelenmektedir. Kullanılması gereken regresyon modeli verinin yapısına göre farklılık göstermekte ve yanlış model kullanılması hatalı sonuçların elde edilmesine neden olabilmektedir [27]. Regresyon analizinde değişken sayısının bir tane olması durumunda “Basit Regresyon” iki veya daha fazla olması durumunda “Çoklu Regresyon” denir. Bu çalışmada Arazi kullanımı değerlerinin, hava kalitesi izleme istasyonları tarafından ölçülen kirlетici değerlerinin, NDVI analizi değerlerinin ve yüzey sıcaklığı analizi değerlerinin ilişkilerinin ayrı ayrı inceleniyor olması sebebiyle Çoklu Regresyon modeli kullanılmıştır. Yapılan bu analiz sonrasında bileşenlerin birbirlerine olan etkilerinin tespit edilebilmesi adına korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Söz konusu analiz sonuçları ve hesaplamalar sonrasında elde edilen ilişkiler “4. Bulgular” bölümünde detaylandırılmaktadır.

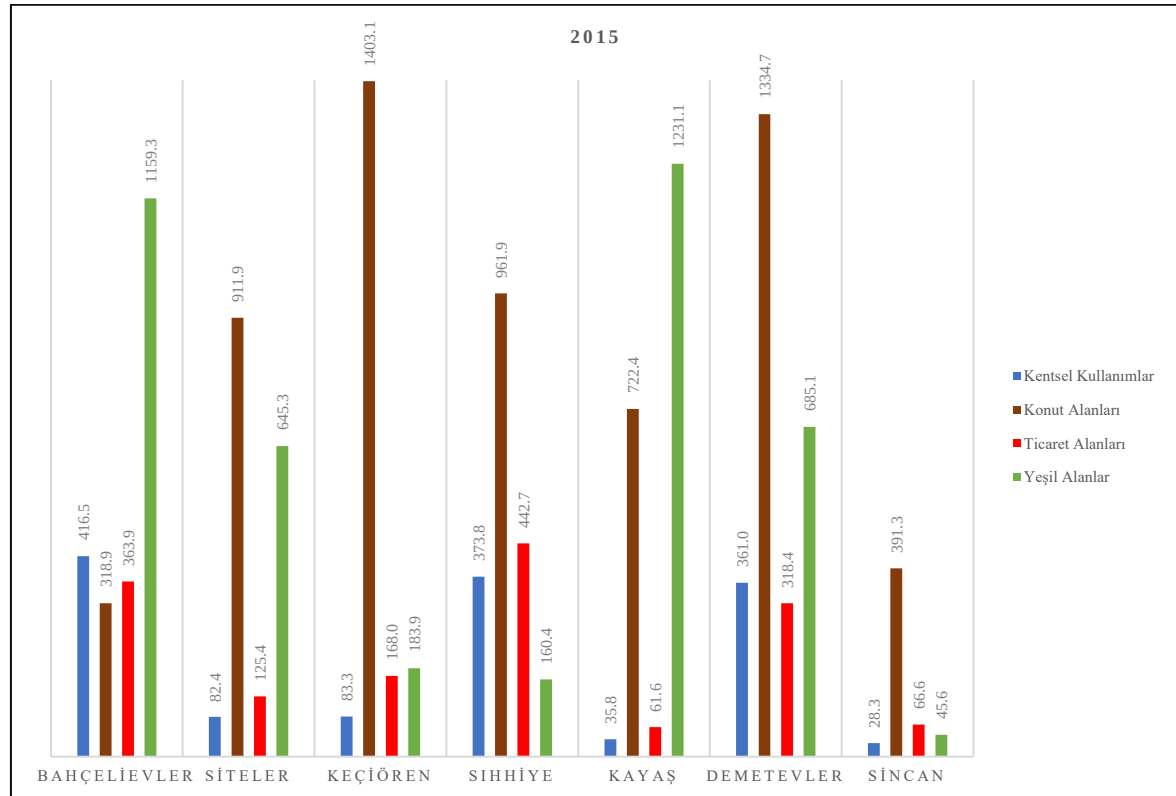
4. BULGULAR

Hava kirleticileri olarak tanımlanan bileşenlerin kentli yaşantısına etkilerinin analiz edilebilmesi, olumsuz etkilerin önüne geçilerek doğru politika ve stratejilerin kurgulanabilmesi için düzenli ölçümler yapılmaktadır.

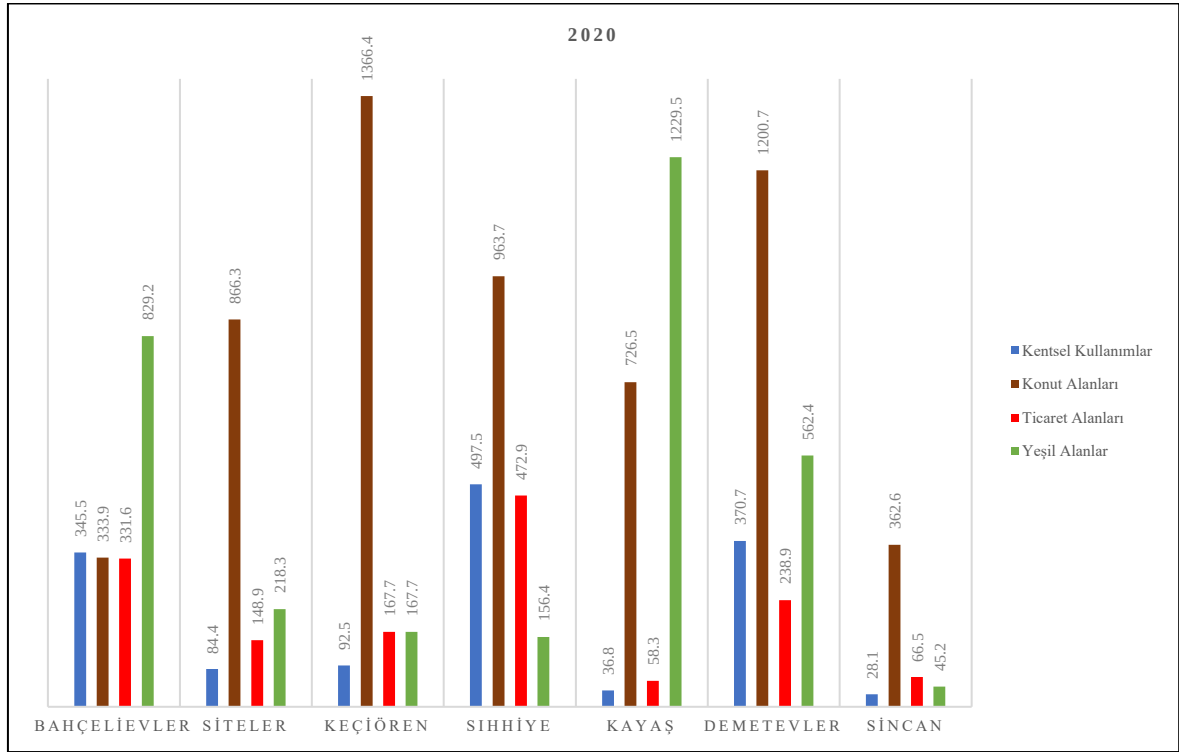
4.1. Hava Kalitesi İzleme İstasyonları Yakın Çevresine Ait Arazi Kullanımının Değerlendirilmesi

Ankara’da farklı arazi kullanım kararlarına sahip bölgelerde yer alan 7 hava kalitesi izleme istasyonu (Bahçelievler, Demetevler, Kayaş, Keçiören Sanatoryum, Sıhhiye, Sincan ve Siteler) verileri değerlendirilmiştir. Söz konusu istasyonlara ilişkin 2015 ve 2020 yılları için arazi kullanım değerleri aşağıda yer almaktadır.

Çizelge 4.1. 2015 Yılı Arazi Kullanım Değerleri



Çizelge 4.2. 2020 Yılı Arazi Kullanım Değerleri



2015 ve 2020 yılları için elde edilen arazi kullanım kararlarının mekânsal büyüklüklerine bakıldığında, bu süreçte kentsel kullanım olarak adlandırılan eğitim tesisleri, sağlık tesisleri, belediye tesisleri konut dışı kentsel çalışma alanları gibi fonksiyonlar azalmaktadır. Sadece Bahçelievler ve Sincan hava kalitesi izleme istasyonu yakın çevresinde söz konusu arazi kullanım kararlarında artış olmaktadır.

Konut alanlarına bakıldığında ise Bahçelievler, Sıhhiye ve Kayaş hava kalitesi izleme istasyonlarının yakın çevrelerinde azalma, diğer istasyonların yakın çevrelerinde bir artış olmaktadır.

Ticaret alanlarında Sıhhiye ve Siteler hava kalitesi izleme istasyonlarının yakın çevrelerinde azalma diğer istasyonların yakın çevrelerinde artış olmaktadır.

Yeşil alanlara bakıldığında ise tüm hava kalitesi izleme istasyonlarının yakın çevrelerinde artış olmaktadır. Bu istasyonların konumları Şekil 3.3'te, özellikleri Çizelge 4.3'te yer almaktadır.

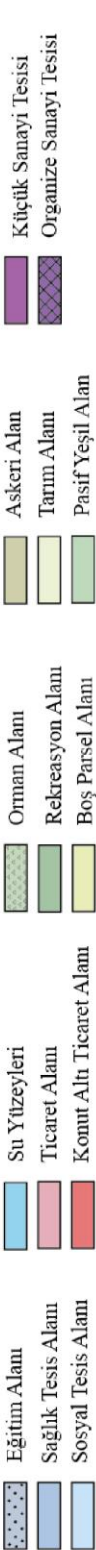
Çizelge 4.3. Hava Kalitesi İzleme İstasyonları Karakteristik Özellikleri

İstasyon Adı	2020 Yılı Arazi Kullanımı	Arazi Bütçesi (ha)	2015 Yılı Arazi Kullanımı	Arazi Bütçesi (ha)	Açıklama
Bahçelievler		Kentsel Kullanımlar: 345,5 Konut Alanları: 333,9 Ticaret Alanları: 331,6 Yeşil Alanlar: 829,2		Kentsel Kullanımlar: 416,5 Konut Alanları: 318,9 Ticaret Alanları: 363,9 Yeşil Alanlar: 1159,3	Yoğun nüfusa sahip kent merkezine yakın bölgede yer seçmektedir. Taşıt trafiği her saatte fazla olup farklı arazi kullanım kararları bulunmaktadır.
Demetevler		Kentsel Kullanımlar: 370,7 Konut Alanları: 1200,7 Ticaret Alanları: 238,9 Yeşil Alanlar: 562,4		Kentsel Kullanımlar: 361,0 Konut Alanları: 1334,7 Ticaret Alanları: 318,4 Yeşil Alanlar: 685,1	Yoğun nüfusa sahip eski yerleşim bölgesidir. Trafik yoğunluğunun olduğu, karayolu ağlarının kesişim noktasıdır.
Kayaş		Kentsel Kullanımlar: 36,8 Konut Alanları: 726,5 Ticaret Alanları: 58,3 Yeşil Alanlar: 1229,5		Kentsel Kullanımlar: 35,8 Konut Alanları: 722,4 Ticaret Alanları: 61,6 Yeşil Alanlar: 1231,1	Kent çevresinde, nüfusun seyrek olduğu bölgede yer seçmektedir. Farklı arazi kullanım kararlarının olduğu bir bölgede yer almaktadır.

Çizelge 4.3. (devamı) Hava Kalitesi İzleme İstasyonları Karakteristik Özellikleri

İstasyon Adı	2020 Yılı Arazi Kullanımı	Arazi Bütçesi (ha)	2015 Yılı Arazi Kullanımı	Arazi Bütçesi (ha)	Açıklama
Keçiören		Kentsel Kullanımlar: 92,5 Konut Alanları: 1366,4 Ticaret Alanları: 167,7 Yeşil Alanlar: 167,7		Kentsel Kullanımlar: 83,3 Konut Alanları: 1403,1 Ticaret Alanları: 168,0 Yeşil Alanlar: 183,9	Yoğun nüfusa sahip eski yerleşim bölgesidir. Trafik yoğunluğunun olduğu, karayolu ağlarının genişim noktasıdır.
Sıhhiye		Kentsel Kullanımlar: 497,5 Konut Alanları: 963,7 Ticaret Alanları: 472,9 Yeşil Alanlar: 156,4		Kentsel Kullanımlar: 373,8 Konut Alanları: 961,9 Ticaret Alanları: 442,7 Yeşil Alanlar: 160,4	Yoğun ticari faaliyetlerin olduğu alanda, kent merkezinde yer seçmektedir. Farklı arazi kullanımlarının mevcut olduğu ve sürekli taşıt hareketliliğinin olduğu bir bölgedir.

Çizelge 4.3. (devamı) Hava Kalitesi İzleme İstasyonları Karakteristik Özellikleri

İstasyon Adı	2020 Yılı Arazi Kullanımı	Arazi Bütçesi (ha)	2015 Yılı Arazi Kullanımı	Arazi Bütçesi (ha)	Açıklama
Sincan		Kentsel Kullanımlar: 28,1 Konut Alanları: 362,6 Ticaret Alanları: 66,5 Yeşil Alanlar: 45,2		Kentsel Kullanımlar: 28,3 Konut Alanları: 391,3 Ticaret Alanları: 66,6 Yeşil Alanlar: 45,6	Kent çevrinde, kentin gelişim koridorunda bulunan, farklı arazi kullanımlarının yer seçtiği bir bölgedir.
Siteler		Kentsel Kullanımlar: 84,4 Konut Alanları: 866,3 Ticaret Alanları: 148,9 Yeşil Alanlar: 218,3		Kentsel Kullanımlar: 82,4 Konut Alanları: 911,9 Ticaret Alanları: 125,4 Yeşil Alanlar: 645,3	Kent çeperi konumunda, sanayi bölgelerine yakın yerdedir. Kentsel ve endüstriyel taşıt trafiğinin olduğu bölgede yer almaktadır.
Gösterim					

4.2. Hava Kalitesi İzleme İstasyonları Tarafından Ölçülen Kirlетici Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

SO₂'nin yıllık değerlendirmesi;

7 hava kalitesi izleme istasyonunun 2009-2019 yılları için, yıllık ortalama SO₂ değerleri hesaplanmış ve limit değerlerle ilişkili olarak değerlendirilmiştir. 10 yıllık periyotta en yüksek SO₂ emisyonu gözlenen istasyonlar Demetevler ve Kayaş istasyonlarıdır. Maksimum yıllık ortalama 2009 yılında 25,7 µg/m³ olarak Kayaş istasyonunda gözlenirken minimum yıllık ortalama 2018 yılında 5,3 µg/m³ olarak Bahçelievler istasyonunda gözlenmiştir.

SO₂ için ölçüm yapılan 1821 günün yaklaşık tamamında WHO tarafından belirlenen limit değerlerin aşıldığı tespit edilmiştir.

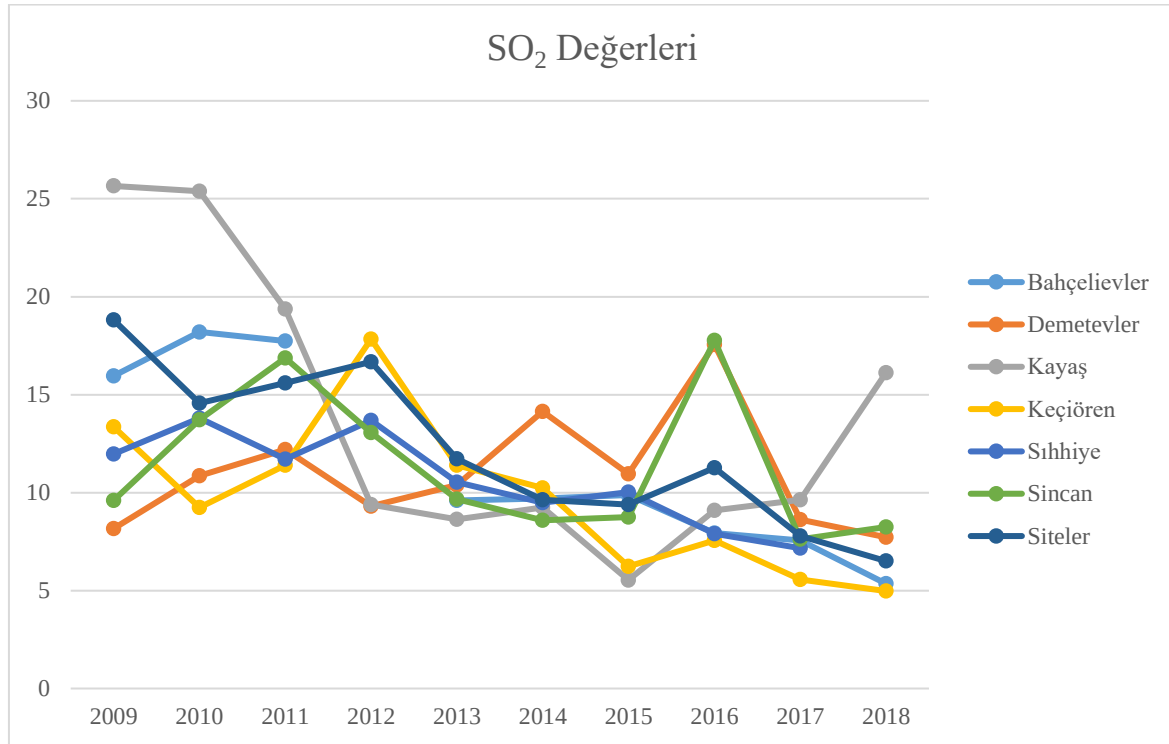
Çizelge 4.4. Hava Kalitesi İzleme İstasyonları SO₂ Değerleri Yıllık Ortalamaları (µg/m³)

SO ₂							
	Bahçelievler	Demetevler	Kayaş	Keçiören	Sıhhiye	Sincan	Siteler
2009	16,0	8,2	25,7	13,4	12,0	9,6	18,8
2010	18,2	10,9	25,4	9,2	13,8	13,7	14,6
2011	17,7	12,2	19,4	11,4	11,7	16,9	15,6
2012	-	9,3	9,4	17,8	13,7	13,1	16,7
2013	9,6	10,4	8,6	11,4	10,5	9,7	11,7
2014	9,7	14,1	9,3	10,2	9,5	8,6	9,6
2015	9,9	11,0	5,5	6,2	10,0	8,8	9,4
2016	7,9	17,6	9,1	7,6	7,9	17,8	11,3
2017	7,6	8,6	9,6	5,6	7,2	7,6	7,8
2018	5,3	7,7	16,1	5,0		8,2	6,5

Yapılan analizler sonucunda arazi kullanımlarının çeşitlenmesi, kentsel hareketliliğin artması ve taşıt trafiğinin yoğun olarak gözlenmesi SO₂ kirlетicisinin değerlerini artırdığı ortaya çıkmıştır. Kış aylarında sanayi alanlarının bulunduğu bölgelerde SO₂ değerlerinin yüksek çıktığı gözlenmiştir. Buna bağlı olarak yıllık ortalamalar ve minimum ve maksimum değerler Çizelge 4.4, Çizelge 4.5 ve Şekil 4.1'de gösterilmektedir.

Bahçelievler hava kalitesi izleme istasyonunda 2012 yılındaki değerlerin ortalaması 38,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüş olup söz konusu değerin marjinal bir değer olması sebebiyle analiz dışında bırakılmıştır.

Söz konusu kirleticiye ait yıllara göre maksimum değerler grafik üzerinde işaretlenmiş olup, ilgili grafik aşağıda yer almaktadır. Elde edilen verilere göre farklı arazi kullanım kararlarını içeren, kentsel hareketliliğin fazla olduğu bölgeler dikkat çekmektedir.



Şekil 4.1. Yıllara göre SO₂ Değerleri

SO₂ kirleticisinin 7 istasyon bazında 2009-2019 yılları arasındaki değerleri, maksimum ve minimum değerleri ölçtüğü günler, kritik değerlerin aşıldığı günler değerlendirilmiş ve söz konusu aşmanın yüzdelik hesapları Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. SO₂ Ölçüm Değerleri

İstasyon Adı	Gözlem Yapılan Gün Sayısı	Min Değer Gözlendiği Tarih / Değer	Max Değer Gözlendiği Tarih / Değer	Kritik Değerleri Aştığı Gün Sayısı	Kritik Değerleri Aştığı Gün %'si
Bahçelievler	1334	04.03.2017 / 0,3	07.02.2011 / 98,10	103	%7
Demetevler		29.05.2011 / 0,7	02.03.2011 / 144,65	23	%1
Kayaş		24.08.2013 / 0,97	27.12.2010 / 130,5	53	%3
Keçiören		19.03.2015 / 0,68	24.01.2012 / 109,28	11	%0,8
Sıhhiye		23.12.2016 / 0,24	16.04.2013 / 88,38	18	%1
Sincan		18.11.2011 / 0,1	06.04.2012 / 192,3	42	%3
Siteler		06.09.2010 / 0,31	07.02.2011 / 132,02	39	%2

PM₁₀'nun yıllık değerlendirmesi;

7 hava kalitesi izleme istasyonunun 2009-2019 yılları için, yıllık ortalama PM₁₀ değerleri hesaplanmış ve limit değerlerle ilişkili olarak değerlendirilmiştir. 10 yıllık periyotta en yüksek PM₁₀ emisyonu gözlenen istasyonlar Sıhhiye ve Kayaş istasyonlarıdır. Maksimum yıllık ortalama 2012 yılında 103,2 µg/m³ olarak Sıhhiye istasyonunda gözlenirken minimum yıllık ortalama 2009 yılında 37,4 µg/m³ olarak Bahçelievler istasyonunda gözlenmiştir. PM₁₀ için ölçüm yapılan toplam 1334 günün yaklaşık %5'inde WHO tarafından belirlenen limit değerlerin aşıldığı tespit edilmiştir.

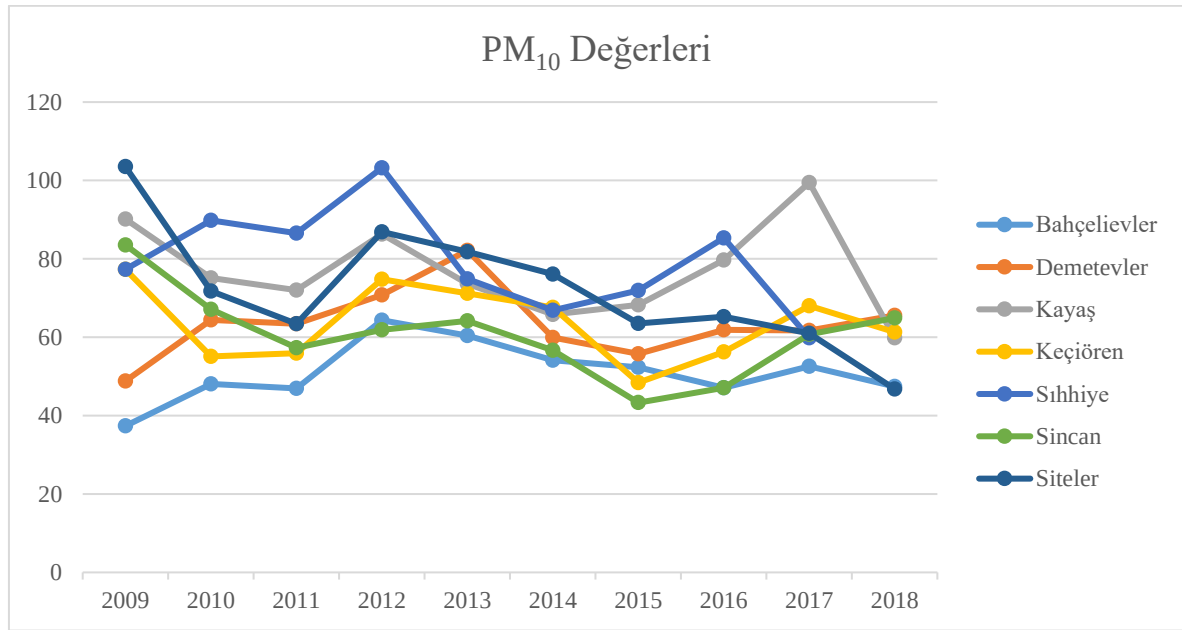
Çizelge 4.6. Hava Kalitesi İzleme İstasyonları PM₁₀ Değerleri Yıllık Ortalamaları

PM ₁₀							
	Bahçelievler	Demetevler	Kayaş	Keçiören	Sıhhiye	Sincan	Siteler
2009	37,4	48,8	90,1	77,3	77,3	83,6	103,5
2010	48,1	64,4	75,1	55,1	89,8	67,1	71,8
2011	47,0	63,4	72,0	55,9	86,5	57,3	63,5
2012	64,3	70,8	86,3	74,8	103,2	61,9	86,8
2013	60,4	82,1	73,6	71,2	74,9	64,2	81,8
2014	54,2	59,9	65,8	67,6	66,9	56,7	76,1
2015	52,4	55,8	68,3	48,4	71,9	43,3	63,5
2016	47,1	61,9	79,7	56,3	85,3	47,1	65,2
2017	52,6	61,7	99,5	68,0	59,9	60,7	61,0
2018	47,4	65,5	59,9	61,3		64,9	46,8

Kent merkezine yakın, trafiğin fazla olduğu alanlarda, buna ek olarak yerleşik konut alanlarının fazla olduğu bölgelerde, trafiğin hareketli olduğu, kentsel hareketliliğin fazla olduğu yerlerde PM₁₀ değerlerinin yüksek çıktığı gözlenmiştir. Ayrıca, kış aylarında endüstriyel faaliyetleri içeren bölgelerde değerlerin yüksek ölçüldüğü görülmüştür. Bu kapsamda yıllık ortalamalar ve min/max değerler Çizelge 4.6, Çizelge 4.7 ve Şekil 4.2’de verilmiştir.

Hava kalitesi izleme istasyonlarından temin edilen verilerden elde edilen sonuçlara göre yıllık ortalama PM₁₀ değerleri Çizelge 4.7’de yer almaktadır.

Söz konusu kirleticiye ait yıllara göre maksimum değerler grafik üzerinde işaretlenmiş olup, ilgili grafik aşağıda yer almaktadır. Elde edilen verilere göre kent merkezine yakın, trafiğin ve nüfusun yoğun olduğu bölgeler dikkat çekmektedir.



Şekil 4.2. Yıllara göre PM₁₀ Değerleri

PM₁₀ kirleticisinin yıl içerisinde maksimum ve minimum değerleri ölçtüğü günler, kritik değerlerin aşıldığı günler ve söz konusu aşmanın yüzdelik hesapları Çizelge 4.7’de verilmiştir.

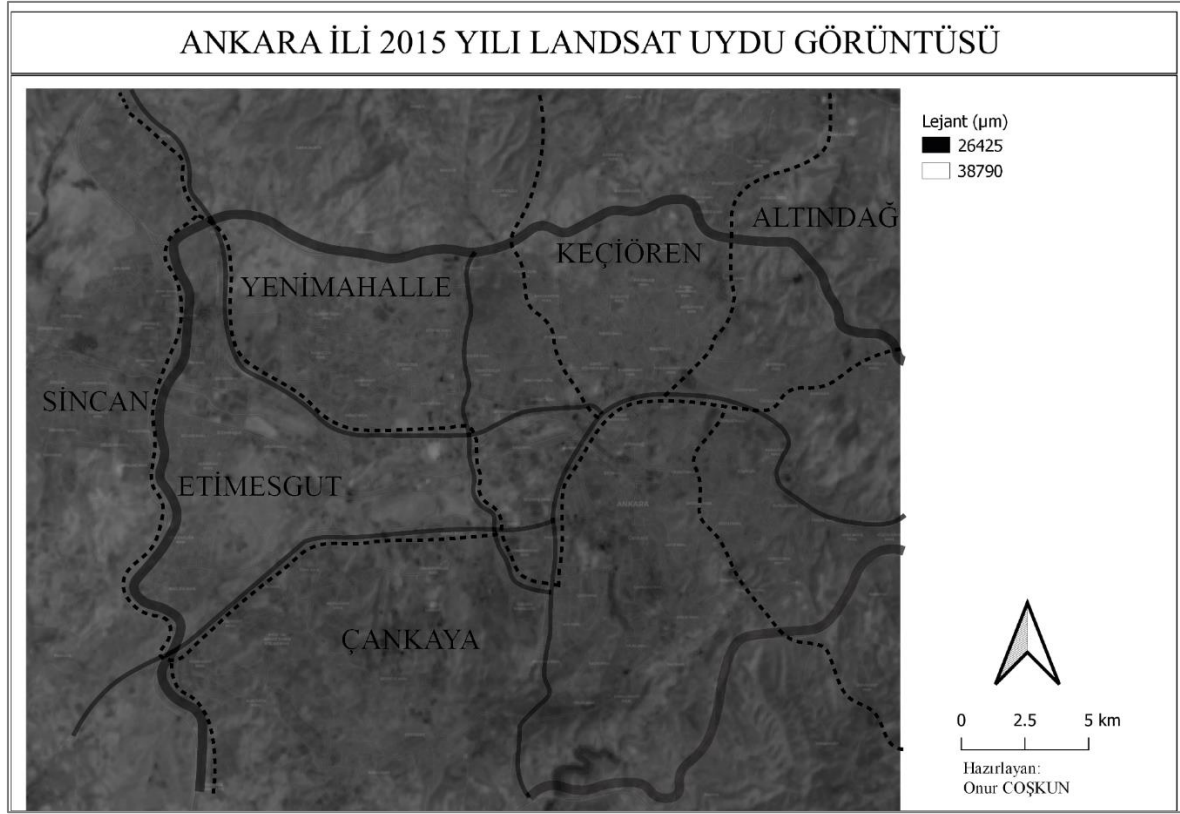
Çizelge 4.7. PM₁₀ Ölçüm Değerleri

İstasyon Adı	Gözlem Yapılan Gün Sayısı	Min Değer Gözlendiği Tarih / Değer	Max Değer Gözlendiği Tarih / Değer	Kritik Değerleri Aştığı Gün Sayısı	Kritik Değerleri Aştığı Gün %'si
Bahçelievler	1821	04.03.2012 / 3,1	03.11.2015 / 261,4	1015	%55
Demetevler		28.02.2012 / 9,3	23.07.2012 / 384,1	1720	%94
Kayaş		04.03.2012 / 3,1	13.06.2012 / 648,6	1751	%96
Keçiören		07.03.2012 / 2,3	12.06.2012 / 552,1	1720	%94
Sıhhiye		08.05.2014 / 1,8	16.09.2011 / 289,1	1792	%98
Sincan		06.02.2012 / 2,6	07.08.2012 / 257,5	1656	%90
Siteler		04.03.2012 / 8,9	12.02.2012 / 529,6	1775	%97

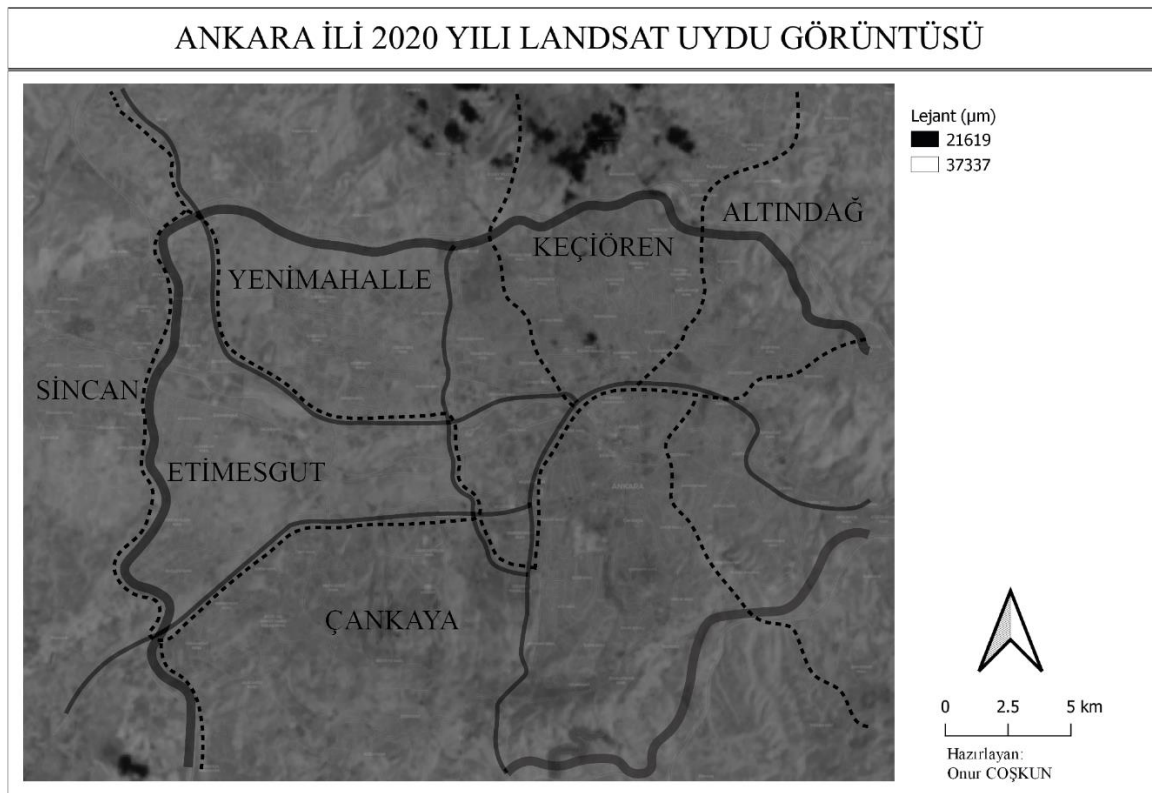
4.3. 2015-2020 Yıllarına Ait Yüzey Sıcaklık Analizi

Landsat 8 uydusu tarafından üretilen uydu görüntülerinin temin edilmesi kapsamında USGS Earth Explorer [25] bağlantı adresi kullanılmış olup farklı yıllar için görüntüler temin edilmiştir. Çalışma alanı için görüntülerin incelenmesi sonrasında kış aylarına ait görüntülerde bulutluluk oranının fazla olması sebebiyle analizler gerçekleştirilememiştir. Bu sebeple 31 Temmuz 2015 ve 12 Temmuz 2020 tarihli görüntüler analizlerde kullanılmıştır. Söz konusu analizlerde açık kaynak kodlu bir CBS uygulaması olan QGIS'in 'Raster Calculator' yeteneği kullanılmıştır. Bu işlemler esnasında 'Metodoloji' başlığında detaylandırılan formüller uygulanmıştır.

Yüzey sıcaklığı ve NDVI analizleri için Band 4, Band 5, Band 10 ve Band 11 görüntüleri kullanılmıştır. İlk aşamada uydu görüntüleri çalışma alanını kapsayacak şekilde kırılmıştır. 31 Temmuz 2015 tarihli Band 11 uydu görüntüsü için yapılan analiz sonucunda çıkan raster'a ait ekran görüntüsü Şekil 4.3'te, 12 Temmuz 2020 tarihli Band 11 görüntüsü Şekil 4.4'te yer almaktadır.

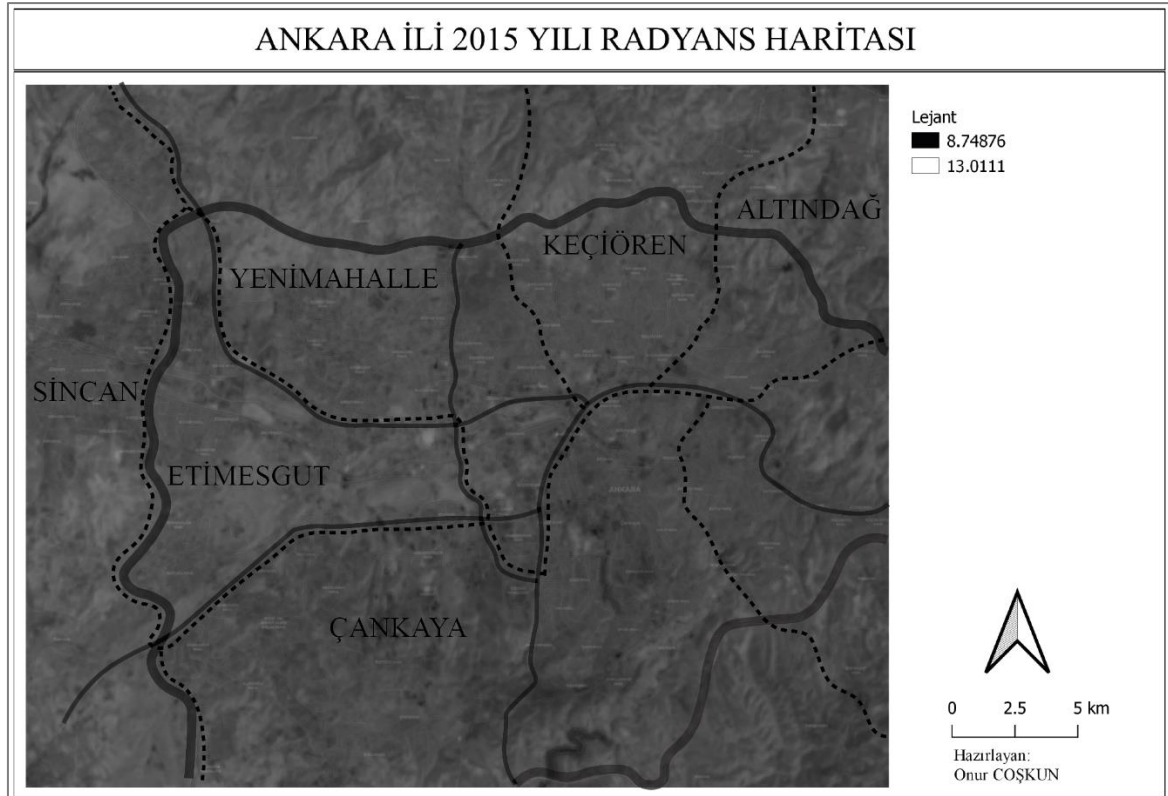


Şekil 4.3. Çalışma Alanına Ait Uydu Görüntüsü [25]

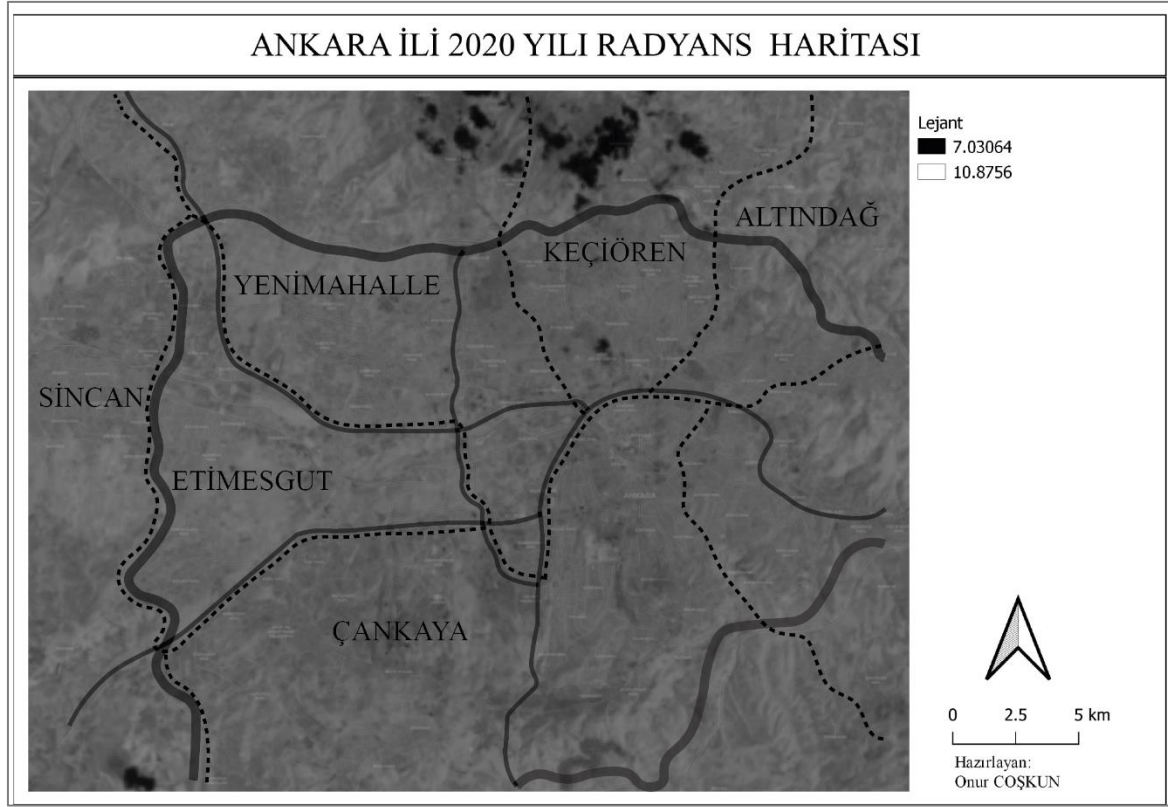


Şekil 4.4. Çalışma Alanına Ait Uydu Görüntüsü [25]

Çalışma alanını kapsayacak şekilde kırpılan bu görüntülerin radyans değerleri analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda Landsat 8 uydu görüntülerinin çözünürlüğü olan 30m x 30m gridler halinde yüzey sıcaklıklarının radyans değerlerini içeren bir raster dosyası elde edilmiştir. Bu analize ait 31 Temmuz 2015 tarihli ekran görüntüsü Şekil 4.5'te, 12 Temmuz 2020 tarihli ekran görüntüsü Şekil 4.6'da yer almaktadır.

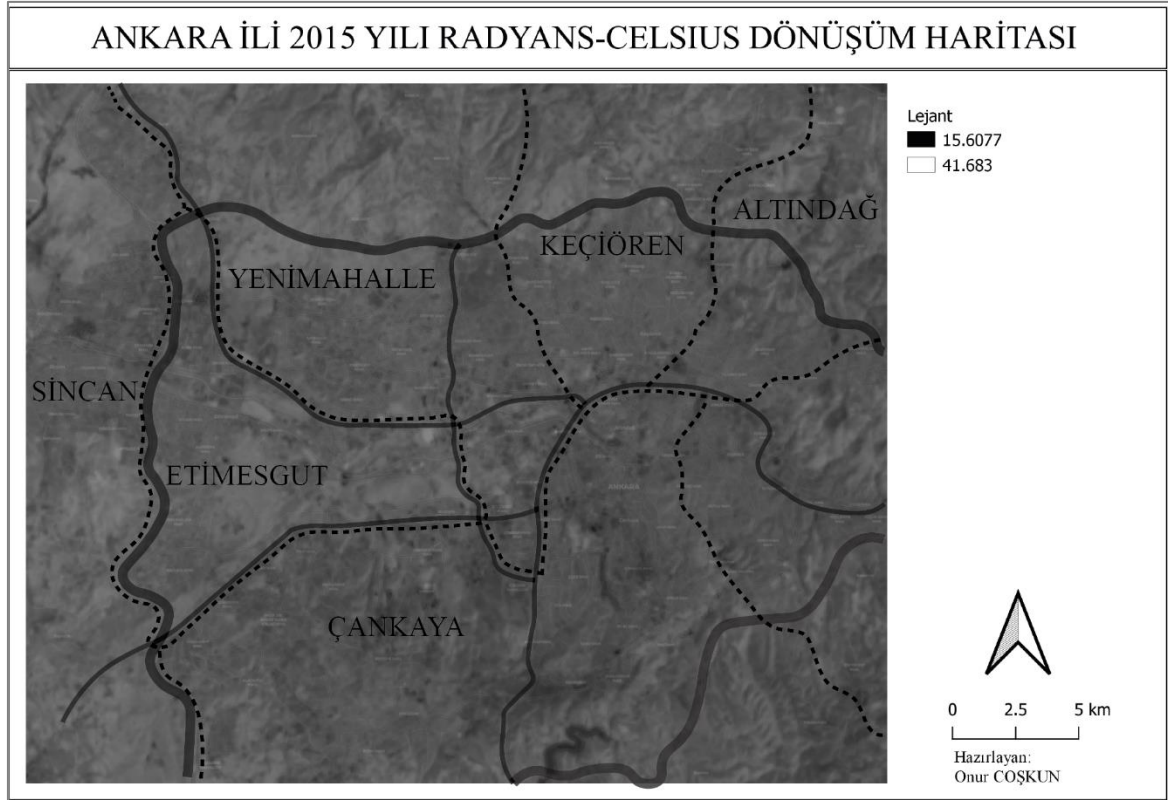


Şekil 4.5. 31 Temmuz 2015 Tarihli Görüntüye Ait Radyans Değerleri

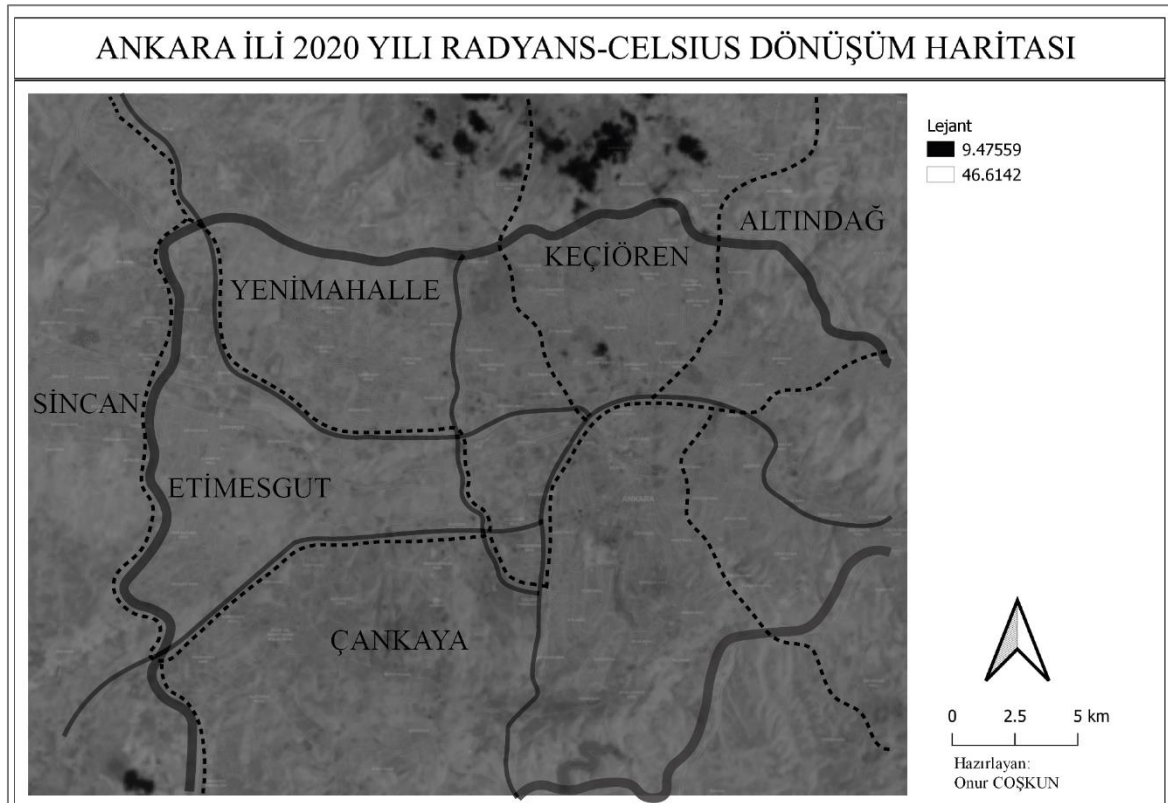


Şekil 4.6. 12 Temmuz 2020 Tarihli Görüntüye Ait Radyans Değerleri

Radyans değerleri elde edilen görüntüler Celsius formatına dönüştürülmüştür. Bu dönüşüm sonunda elde edilen 31 Temmuz 2015 tarihli raster Şekil 4.7’de, 12 Temmuz 2020 tarihli raster Şekil 4.8’de yer almaktadır.

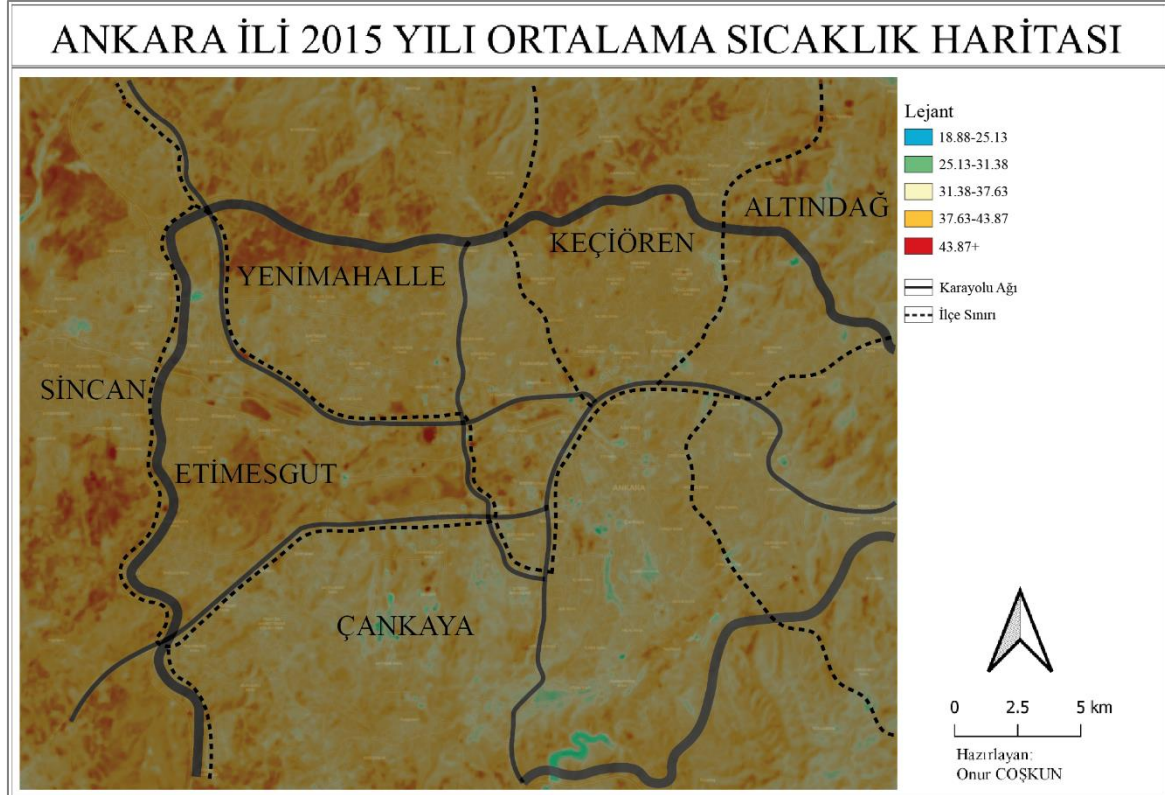


Şekil 4.7. 31 Temmuz 2015 Tarihli Görüntü İçin Radyans - Celsius Dönüşümü

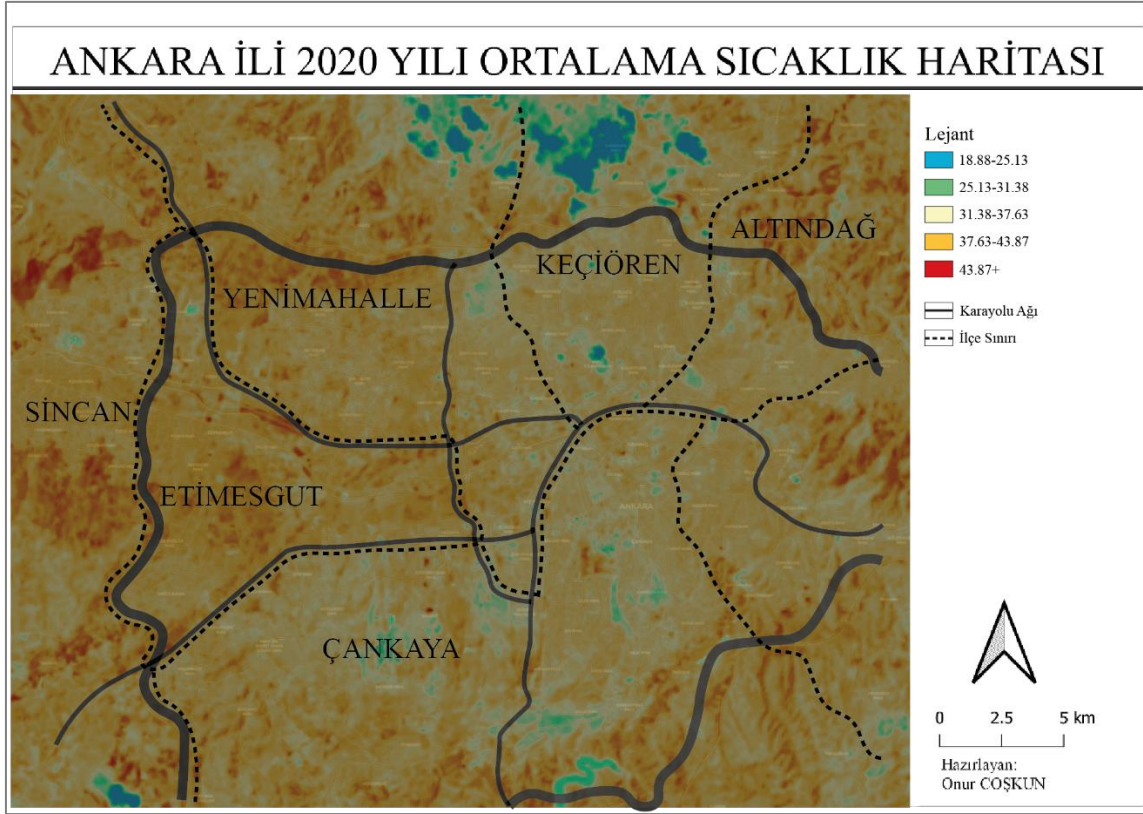


Şekil 4.8. 12 Temmuz 2020 Tarihli Görüntü İçin Radyans - Celsius Dönüşümü

Celsius cinsinde sıcaklıkları elde edilen Band 10 ve Band 11 görüntülerinin ortalaması alınarak çalışma alanındaki yüzey sıcaklıkları hesaplanmıştır. Bu kapsamda 31 Temmuz 2015 tarihi için elde edilen raster Şekil 4.9’da, 12 Temmuz 2020 tarihi için elde edilen raster Şekil 4.10’da yer almaktadır.

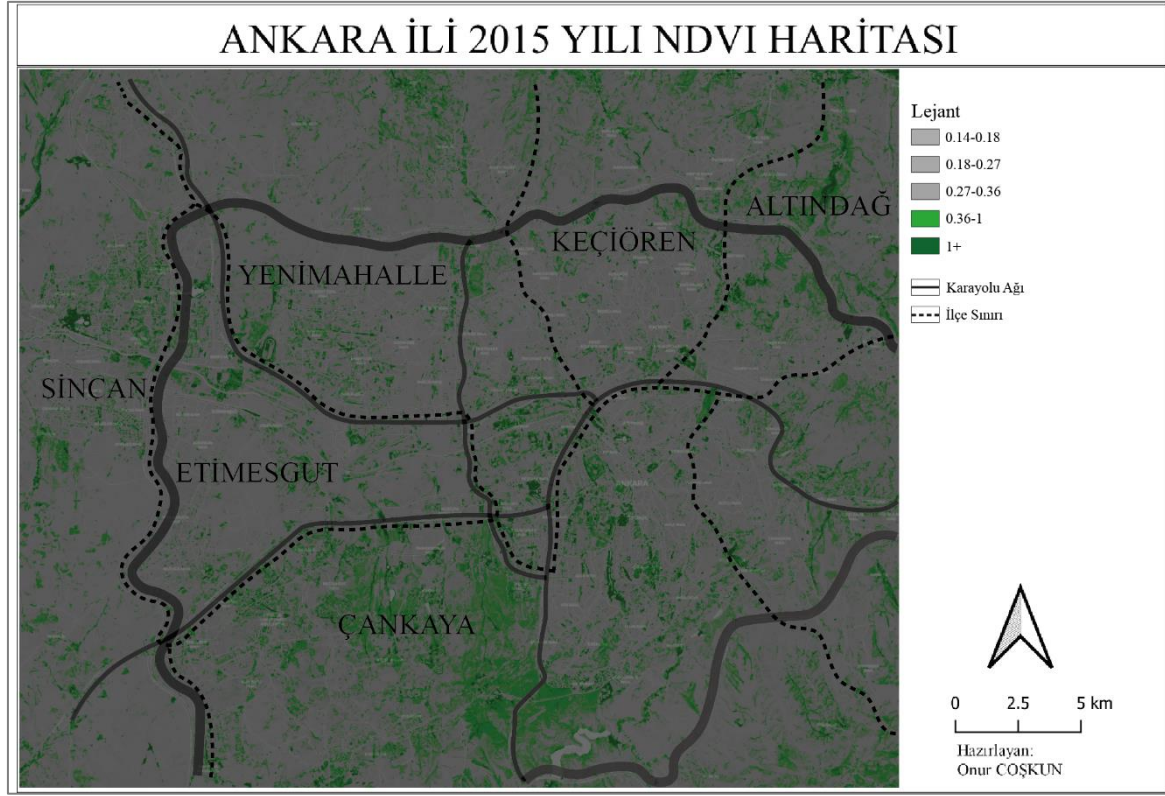


Şekil 4.9. 31 Temmuz 2015 Tarihli Görüntü İçin Ortalama Yüzey Sıcaklığı

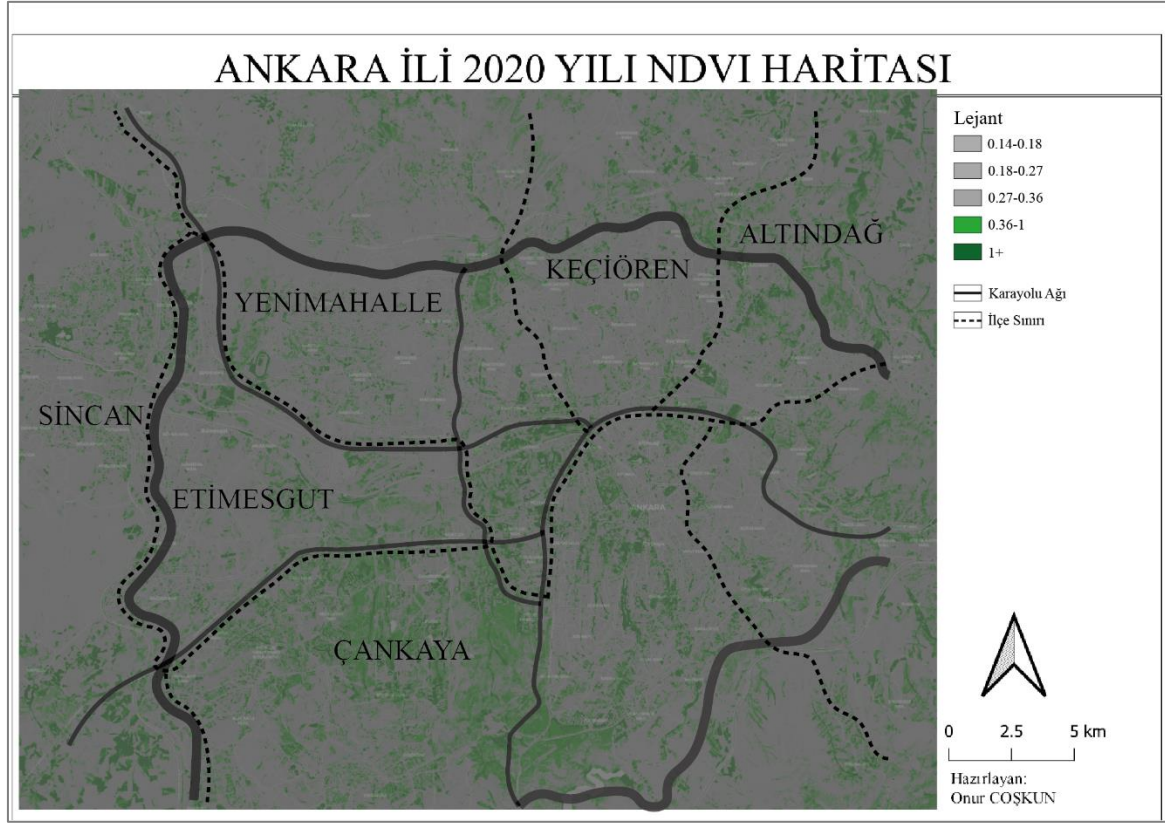


Şekil 4.10. 12 Temmuz 2020 Tarihli Görüntü İçin Ortalama Yüzey Sıcaklığı

Tüm bu analizler sonrasında aynı alanın Band 4 ve Band 5 görüntüleri kullanılarak NDVI analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonucunda elde edilen görüntü, söz konusu alandaki canlı bitki örtüsünün durumunu vermektedir. 31 Temmuz 2015 tarihli görüntü için elde edilen NDVI analizi Şekil 4.11’de, 12 Temmuz 2020 tarihli görüntü için elde edilen NDVI analizi Şekil 4.12’de yer almaktadır.

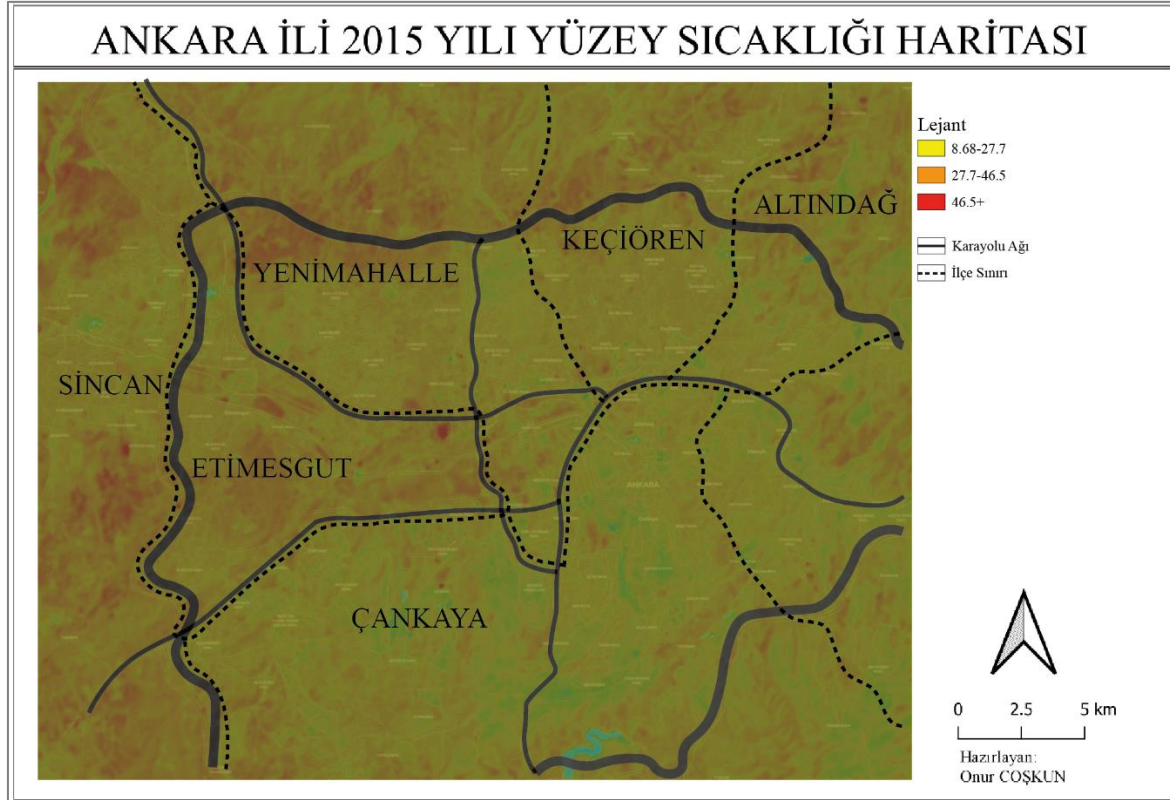


Şekil 4.11. 31 Temmuz 2015 Tarihli Görüntü İçin NDVI Analizi



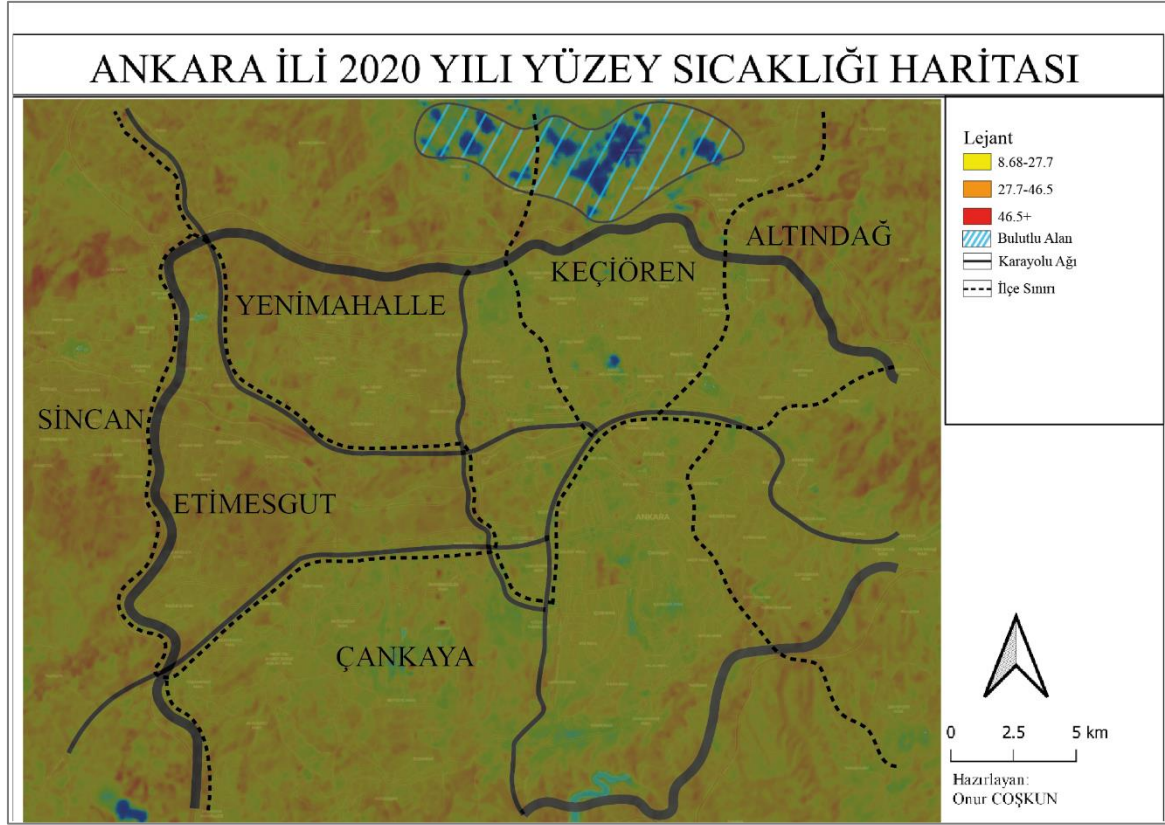
Şekil 4.12. 12 Temmuz 2020 Tarihli Görüntü İçin NDVI Analizi

NDVI sonrasında yapılan da yapılan tüm analiz sonuçları karşılaştırılarak farkları ortaya çıkarmak adına karşılaştırma yapılmıştır. Bu çalışmaların tamamı kullanılarak çalışma alanı kapsamında 2015 ve 2020 yılları için yüzey sıcaklığı haritaları çıkarılmıştır. 2015 yılı için hazırlanan yüzey sıcaklığı analizi Şekil 4.13'te 2020 yılı için hazırlanan yüzey sıcaklığı analizi Şekil 4.14'de yer almaktadır.



Şekil 4.13. 31 Temmuz 2015 Tarihli Görüntü İçin Yüzey Sıcaklığı Haritası

2015 yılı için hazırlanan yüzey sıcaklığı haritasına bakıldığında Ankara metropolitan alanı içerisinde yüzey sıcaklığının çoğunlukla 8,68 – 27,7 derece arasında değiştiği gözlenmektedir. Kentsel gelişme bölgelerinde bu sıcaklığın arttığı, yer yer 46,5 dereceye kadar çıktığı gözlenmektedir. Kentsel gelişme koridoru olarak adlandırılan, Ankara ili için batı koridoru olarak tanımlanabilecek alanda yüzey sıcaklığının diğer alanlara göre fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 4.14. 12 Temmuz 2020 Tarihli Görüntü İçin Yüzey Sıcaklığı Haritası

2020 yılı için hazırlanan yüzey sıcaklığı haritasına bakıldığında sıcaklık farklarının 2015 yılına göre arttığı gözlenmektedir. Batı gelişim koridoru olarak tanımlanan, kentsel gelişimin yoğun olarak yaşandığı bölgelerde sıcaklık artışı dikkati çekmektedir. Kentin ana arterleri olarak tanımlanabilecek karayolu ağının ve çevrelerinin belirginleştiği bu yüzey sıcaklığı analizinde hızlı yapılaşmanın yüzey sıcaklığını artırdığı görülmektedir.

Buna ek olarak çalışma alanının kuzey kesiminde yer alan ve 10 – 20 derece aralığında sıcaklık değerine sahip olduğu sonucuna varılan alanlarda uydu görüntüsünün çekim tarihinden kaynaklı olarak bulutlanma söz konusudur.

4.4. Hava Kirleticiler İle Arazi Kullanımı, Yapılı Çevre İlişkisinin İncelenmesi

Hava kalitesi izleme istasyonlarının yakın çevreleri için elde edilen verilerin karşılaştırılabilmesi; aralarındaki ilişkinin, birbirlerine olan etkilerinin analiz edilebilmesi için korelasyon ve regresyon analizleri yapılmıştır.

2015 ve 2020 yılları için yapılan ölçümler ve mekânsal analizler dikkate alınarak gerçekleştirilen regresyon analizi sonrasında ticari alanların ve buna bağlı olarak yollardaki artışın SO₂ konsantrasyonu üzerine doğrudan etkisi olduğu görülmektedir. Kentsel hareketliliğin fazla olduğu alanlarda SO₂ konsantrasyonlarının 2015 yılından 2020 yılına, diğer bileşenlerle ilişkili olarak artış gösterdiği görülmektedir. SO₂ artışına bağlı olarak da yer yüzey sıcaklığının artış gösterdiği söylenebilir. PM₁₀ konsantrasyonundaki değişim, mekânsal analizlerle beraber değerlendirildiğinde endüstriyel faaliyetlerdeki değişim ve buna bağlı olarak söz konusu alanlardaki konut bölgelerinin artış göstermesi ile aralarında bir ilişki olduğu gözlenebilmektedir. Ekonomik faaliyetlerden dolayı endüstriyel alanlara bağlı olarak yer seçimi yapılan konut alanları, bu bölgelerdeki PM₁₀ konsantrasyonunun artışının sebebi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bölgelerde yeşil alanların artması da dikkati çekmektedir ancak konut ve endüstriyel faaliyetlerin artışı ile PM₁₀ arasındaki ilişkiye bakıldığında insan sağlığını tehdit eder boyutta bir kirletici konsantrasyonundan bahsedilebilmektedir.

4.4.1. 2015 yılı hava kirleticileri ve arazi kullanımı değerlerinin karşılaştırılması

SO₂

2015 yılı için temin edilen veriler ve yapılan mekânsal analizler kullanılarak gerçekleştirilen regresyon analizi sonucunda tüm istasyonlarda ölçülen SO₂ konsantrasyonuna YYS, konut ve ticaret alanlarının etkisi olduğu bulunmuştur. Bu analizin sonuçları aşağıda detaylandırılmaktadır.

Bahçelievler

Çizelge 4.8. Bahçelievler – SO₂ Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı:2015			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Bahçelievler	SO ₂	r	,487*	,450*	,176*	-,003	-,001	-,093*	-
		p	,000	,000	,000	,917	,980	,005	-

*p<0,05

SO₂ konsantrasyonu ile NDVI ve YYS parametreleri arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur($p<0,05$). Yine SO₂ konsantrasyonu ile Konut alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur($p<0,05$). SO₂ konsantrasyonu ile yol alanları arasında negatif(zıt) yönlü çok düşük (neredeyse ilişki yok denecek) düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur($p<0,05$).

2015 yılında Bahçelievler istasyonunda ölçülen SO₂ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşil alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları Aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Bahçelievler, SO₂ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı: 2015		B	Std. hata	Beta	t	p
Bahçelievler	Sabit	7,003	,014		488,514	,000*
	NDVI	,612	,098	,081	6,251	,000*
	YYS	,045	,001	,911	68,932	,000*
	Konut alanlarının miktarı	,000	,000	-,009	-0,895	,371
	Yeşil alanların miktarı	,000	,000	-,034	-3,480	,001*
	Ticaret alanları	,000	,000	-,016	-1,729	,084
	Yol alanları	-,001	,000	-,074	-7,821	,000*

* $p<0,05$

2015 yılında Bahçelievler istasyonunda ölçülen SO₂ konsantrasyonuna NDVI, YYS, yeşil alanlarının miktarı ve yol alanlarının anlamlı bir etkisi olduğu bulunmuştur($p<0,05$).

Demetevler

Çizelge 4.10. Demetevler – SO₂ Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı:2015			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Demetevler	SO ₂	r	,545*	,416*	,316*	,057	,070*	,015	-
		p	,000	,000	,000	,089	,037	,645	-

* $p<0,05$

SO₂ konsantrasyonu ile NDVI, YYS ve konut alanlarının miktarı parametreleri arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur($p<0,05$). Yine SO₂ konsantrasyonu ile ticaret alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü çok düşük (neredeyse ilişki yok denecek) düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur($p<0,05$).

2015 yılında Demetevler istasyonunda ölçülen SO₂ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşil alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. Demetevler, SO₂ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı: 2015		B	Std. hata	Beta	t	p
Demetevler	Sabit	,011	,024		0,448	,654
	NDVI	1,747	,222	,095	7,862	,000*
	YYS	,084	,001	,896	68,566	,000*
	Konut alanlarının miktarı	,000	,000	,006	0,673	,501
	Yeşil alanların miktarı	,000	,000	,005	0,521	,603
	Ticaret alanları	,000	,000	,005	0,607	,544
	Yol alanları	,000	,000	,013	1,504	,133

* $p<0,05$

2015 yılında Demetevler istasyonunda ölçülen SO₂ konsantrasyonuna NDVI ve YYS parametrelerinin anlamlı bir etkisi olduğu bulunmuştur($p<0,05$).

Kayaş

Çizelge 4.12. Kayaş – SO₂ Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı:2015			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Kayaş	SO ₂	r	,350*	,610*	,393*	,123*	,188*	,050	-
		p	,000	,000	,000	,000	,000	,136	-

* $p<0,05$

2015 yılında Kayaş istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonu ile NDVI ve YYS arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur($p<0,05$). PM₁₀ konsantrasyonu ile

konut alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü çok düşük düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur($p<0,05$). PM_{10} konsantrasyonu ile yeşil alanlar, ticaret alanları ve yol alanları arasında negatif(zıt) yönlü düşük ve çok düşük (neredeyse ilişki yok denecek) düzeylerde anlamlı birer ilişki elde edilmiştir ($p<0,05$).

SO_2 konsantrasyonu ile NDVI, YYS ve konut alanlarının miktarı parametreleri arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur($p<0,05$). Yine SO_2 konsantrasyonu ile yeşil alanlar ve ticaret alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur($p<0,05$).

2015 yılında Kayaş istasyonunda ölçülen SO_2 konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşil alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.13. Kayaş, SO_2 - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı: 2015		B	Std. hata	Beta	t	p
Kayaş	Sabit	6,036	,005		1115,388	,000*
	NDVI	,021	,050	,005	0,423	,673
	YYS	,027	,000	,965	84,665	,000*
	Konut alanlarının miktarı	,000	,000	,013	1,778	,076
	Yeşil alanların miktarı	,000	,000	,027	3,697	,000*
	Ticaret alanları	,000	,000	,034	4,960	,000*
	Yol alanları	,001	,000	,055	7,315	,000*

* $p<0,05$

2015 yılında Kayaş istasyonunda ölçülen SO_2 konsantrasyonuna YYS, yeşil alan, ticaret ve yol alanlarının anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur($p<0,05$). Ancak, konut, yeşil ve ticaret ve yol alanlarının B katsayısı çok düşük bir değerdedir.

Keçiören

Çizelge 4.14. Keçiören – SO₂ Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı:2015			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Keçiören	SO ₂	r	,621*	,482*	,458*	-,074*	,080*	-,035	-
		p	,000	,000	,000	,027	,016	,297	-

*p<0,05

SO₂ konsantrasyonu ile NDVI, YYS ve konut alanlarının miktarı parametreleri arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur(p<0,05). Yine SO₂ konsantrasyonu ile yeşil alanların miktarı arasında negatif(zıt) yönlü çok düşük düzeyde ve ticaret alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü çok düşük düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur(p<0,05).

2015 yılında Keçiören istasyonunda ölçülen SO₂ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşil alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları Aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.15. Keçiören, SO₂ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı: 2015		B	Std. hata	Beta	t	p
Keçiören	Sabit	5,005	,011		468,285	,000*
	NDVI	,663	,134	,055	4,958	,000*
	YYS	,046	,001	,914	72,304	,000*
	Konut alanlarının miktarı	,000	,000	,039	4,440	,000*
	Yeşil alanların miktarı	,000	,000	-,017	-2,273	,023*
	Ticaret alanları	,000	,000	,023	3,407	,001*
	Yol alanları	-,001	,000	-,032	-4,580	,000*

*p<0,05

2015 yılında Keçiören istasyonunda ölçülen SO₂ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanı, yeşil alan, ticaret alanı ve yol alanlarının anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur(p<0,05). Ancak, konut, yeşil ve ticaret alanlarının B katsayısı çok düşük bir değerdedir.

*Sihhiye*Çizelge 4.16. Sihhiye – SO₂ Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı:2015			NDVI	YY5	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Sihhiye	SO ₂	r	,518*	,339*	-,089*	,041	,154*	-,082*	-
		p	,000	,000	,008	,224	,000	,014	-

*p<0,05

SO₂ konsantrasyonu ile NDVI ve YYS parametreleri arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur(p<0,05). SO₂ konsantrasyonu ile konut ve yol alanlarının miktarı arasında negatif(zıt) yönlü çok düşük düzeylerde ve ticaret alanlarının miktarı arasında ise pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur(p<0,05).

2015 yılında Sihhiye istasyonunda ölçülen SO₂ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşil alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.17. Sihhiye, SO₂ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı: 2015		B	Std. hata	Beta	t	p
Sihhiye	Sabit	6,995	,015		477,376	,000*
	NDVI	,676	,130	,068	5,197	,000*
	YY5	,051	,001	,945	68,869	,000*
	Konut alanlarının miktarı	-,001	,000	-,074	-7,962	,000*
	Yeşil alanların miktarı	,000	,000	-,003	-0,327	,744
	Ticaret alanları	,000	,000	-,034	-3,437	,001*
	Yol alanları	-,001	,000	-,055	-5,830	,000*

*p<0,05

2015 yılında Sihhiye istasyonunda ölçülen SO₂ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanı, ticaret alanı ve yol alanlarının anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur(p<0,05).

Sincan

Çizelge 4.18. Sincan – SO₂ Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı:2015			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Sincan	SO ₂	r	,460*	,592*	,415*	,026	,067*	-,033	-
		p	,000	,000	,000	,433	,045	,316	-

*p<0,05

SO₂ konsantrasyonu ile NDVI, YYS ve konut alanları arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur(p<0,05). SO₂ konsantrasyonu ile ticaret alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü çok düşük düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur(p<0,05).

2015 yılında Sincan istasyonunda ölçülen SO₂ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşil alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.19. Sincan, SO₂ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı: 2015		B	Std. hata	Beta	t	p
Sincan	Sabit	9,504	,004		2412,511	,000*
	NDVI	,114	,055	,029	2,089	,037*
	YYS	,015	,000	,929	61,515	,000*
	Konut alanlarının miktarı	,000	,000	,042	4,681	,000*
	Yeşil alanların miktarı	,000	,000	,005	0,567	,571
	Ticaret alanları	,000	,000	,012	1,527	,127
	Yol alanları	,000	,000	-,014	-1,831	,067

*p<0,05

2015 yılında Sincan istasyonunda ölçülen SO₂ konsantrasyonuna NDVI, YYS ve konut alanlarının anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur(p<0,05). Konut alanının etki katsayısı ise çok çok düşük değerdedir.

Siteler

Çizelge 4.20. Siteler – SO₂ Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı:2015			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Siteler	SO ₂	r	,369*	,696*	,320*	-,060	,191*	-,027	,201*
		p	,000	,000	,000	,070	,000	,415	,000

*p<0,05

SO₂ konsantrasyonu ile YYS arasında pozitif yönlü yüksek düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur(p<0,05). SO₂ konsantrasyonu ile NDVI, konut alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur(p<0,05). SO₂ konsantrasyonu ile ticaret ve sanayi alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur(p<0,05).

2015 yılında Siteler istasyonunda ölçülen SO₂ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşil alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.21. Siteler, SO₂ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı: 2015		B	Std. hata	Beta	t	p
Siteler	Sabit	7,001	,002		3278,664	,000*
	NDVI	-,081	,033	-,029	-2,458	,014*
	YYS	,012	,000	,993	78,726	,000*
	Konut alanlarının miktarı	,000	,000	,023	2,687	,007*
	Yeşil alanların miktarı	,000	,000	-,002	-0,384	,701
	Ticaret alanları	,000	,000	,012	1,549	,122
	Yol alanları	,000	,000	-,001	-0,115	,909
	Sanayi alanları	,000	,000	,016	2,101	,036*

*p<0,05

2015 yılında Siteler istasyonunda ölçülen SO₂ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut ve sanayi alanlarının anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur(p<0,05). Konut ve sanayi alanlarının etki katsayısı ise çok çok düşük değerdedir.

2015 yılı SO₂ değerleri toplamı

Çizelge 4.22. SO₂ Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı:2015		NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
SO ₂	r	,179*	,197*	-,052*	,021	,128*	,023	,035*
	p	,000	,000	,000	,098	,000	,070	,005

*p<0,05

SO₂ konsantrasyonu ile NDVI, YYS ve ticaret alanları arasında pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur(p<0,05). SO₂ konsantrasyonu ile konut alanlarının miktarı arasında negatif yönlü ve sanayi alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü çok düşük düzeylerde anlamlı birer ilişki bulunmuştur(p<0,05).

2015 yılında tüm istasyonlarda ölçülen SO₂ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşil alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.23. SO₂ Çoklu Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı:2015		B	Std. Error	Beta	t	p
Bağımlı değişken: SO ₂	Sabit	5,887	,063		93,974	,000*
	NDVI	,605	,580	,019	1,044	,297
	YYS	,047	,003	,289	14,195	,000*
	Konut alanlarının miktarı	-,003	,000	-,112	-7,958	,000*
	Yeşil alanların miktarı	,001	,001	,012	,891	,373
	Ticaret alanları	,001	,000	,040	3,054	,002*
	Yol alanları	,000	,001	,000	-,008	,993
	Sanayi alanları	-,001	,001	-,011	-,861	,389
r ² = 0,084		F=81,624 p=0,000				

* p<0,05

2015 yılında tüm istasyonlarda ölçülen SO₂ konsantrasyonuna YYS, konut ve ticaret alanlarının anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur(p<0,05).

PM₁₀

2015 yılı için temin edilen veriler ve yapılan mekânsal analizler kullanılarak gerçekleştirilen regresyon analizi sonucunda tüm istasyonlarda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut, yeşil, ticaret ve sanayi alanlarının anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur. Bu analizin sonuçları aşağıda detaylandırılmaktadır.

*Bahçelievler*Çizelge 4.24. Bahçelievler – PM₁₀ Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı:2015			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Bahçelievler	PM ₁₀	r	,550*	,438*	,151*	,014	,041	,027	-
		p	,000	,000	,000	,679	,227	,423	-

*p<0,05

2015 yılında Bahçelievler istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonu ile NDVI ve YYS parametreleri arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur(p<0,05). Yine PM₁₀ konsantrasyonu ile Konut alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur(p<0,05). Ancak, PM₁₀ konsantrasyonu ile diğer parametreler arasında bir ilişkinin varlığı gözlenmemiştir.

2015 yılında Bahçelievler istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşil alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.25. Bahçelievler, PM₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı: 2015		B	Std. hata	Beta	t	p
Bahçelievler	Sabit	60,010	,022		2693,363	,000*
	NDVI	1,444	,152	,143	9,497	,000*
	YYS	,057	,001	,851	55,610	,000*
	Konut alanlarının miktarı	,000	,000	-,010	-,943	,346
	Yeşil alanların miktarı	-,001	,000	-,027	-2,384	,017*
	Ticaret alanları	,000	,000	-,009	-,851	,395
	Yol alanları	,000	,000	-,015	-1,384	,167

* p<0,05

2015 yılında Bahçelievler istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS ve yeşil alanlarının miktarının anlamlı bir etkisi olduğu bulunmuştur(p<0,05).

Demetevler

Çizelge 4.26. Demetevler– PM₁₀ Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı:2015			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Demetevler	PM10	r	,436*	,542*	,186*	-,013	,030	-,075*	-
		p	,000	,000	,000	,693	,363	,025	-

*p<0,05

2015 yılında Demetevler istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonu ile NDVI ve YYS arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur(p<0,05). Yine PM₁₀ konsantrasyonu ile konut alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur(p<0,05). PM₁₀ konsantrasyonu ile yol alanları arasında negatif(zıt) yönlü çok düşük (neredeyse ilişki yok denecek) düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur(p<0,05).

2015 yılında Demetevler istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşil alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları Aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.27. Demetevler, PM₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı: 2015		B	Std. hata	Beta	t	p
Demetevler	Sabit	60,003	,019		3125,187	,000*
	NDVI	,965	,181	,047	5,345	,000*
	YYS	,099	,001	,955	99,841	,000*
	Konut alanlarının miktarı	,000	,000	-,008	-1,246	,213
	Yeşil alanların miktarı	,000	,000	-,004	-,650	,516
	Ticaret alanları	,000	,000	-,002	-,252	,801
	Yol alanları	-,001	,000	-,013	-2,004	,045*

* p<0,05

2015 yılında Demetevler istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS ve yol alanlarının anlamlı bir etkisi olduğu bulunmuştur(p<0,05). Ancak, konut, yeşil ve ticaret ve yol alanlarının B katsayısı çok düşük bir değerdedir.

Kayaş

Çizelge 4.28. Kayaş – PM₁₀ Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı:2015			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Kayaş	PM10	r	,610*	,403*	,081*	-,085*	-,125*	-,073*	-
		p	,000	,000	,015	,011	,000	,029	-

*p<0,05

2015 yılında Kayaş istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonu ile NDVI ve YYS arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur(p<0,05). PM₁₀ konsantrasyonu ile konut alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü çok düşük düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur(p<0,05). PM₁₀ konsantrasyonu ile yeşil alanlar, ticaret alanları ve yol alanları arasında negatif(zıt) yönlü düşük ve çok düşük (neredeyse ilişki yok denecek) düzeylerde anlamlı birer ilişki elde edilmiştir (p<0,05).

2015 yılında Kayaş istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşil alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.29. Kayaş, PM₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı: 2015		B	Std. hata	Beta	t	p
Kayaş	Sabit	70,092	,041		1712,116	,000*
	NDVI	2,020	,382	,116	5,292	,000*
	YYS	,087	,002	,848	36,608	,000*
	Konut alanlarının miktarı	-,001	,000	-,066	-4,526	,000*
	Yeşil alanların miktarı	-,001	,001	-,015	-,968	,333
	Ticaret alanları	-,001	,000	-,046	-3,314	,001*
	Yol alanları	,001	,001	,025	1,633	,103

* p<0,05

2015 yılında Kayaş istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı ve ticaret alanlarının anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur(p<0,05).

Keçiören

Çizelge 4.30. Keçiören – PM₁₀ Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı:2015			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Keçiören	PM10	r	,464*	,435*	,453*	,119*	,082*	,026	-
		p	,000	,000	,000	,000	,013	,432	-

*p<0,05

2015 yılında Keçiören istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonu ile NDVI, YYS ve konut alanları arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur(p<0,05). PM₁₀ konsantrasyonu ile yeşil alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü çok düşük düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur(p<0,05). PM₁₀ konsantrasyonu ile ticaret alanları arasında pozitif yönlü çok düşük (neredeyse ilişki yok denecek) düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur (p<0,05).

2015 yılında Keçiören istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşil alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.31. Keçiören, PM₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı: 2015		B	Std. hata	Beta	t	p
Keçiören	Sabit	50,042	,049		1012,101	,000*
	NDVI	1,466	,619	,038	2,370	,018*
	YYS	,135	,003	,860	46,198	,000*
	Konut alanlarının miktarı	,002	,000	,096	7,397	,000*
	Yeşil alanların miktarı	,001	,000	,015	1,359	,174
	Ticaret alanları	,002	,000	,038	3,831	,000*
	Yol alanları	-,001	,001	-,015	-1,515	,130

* p<0,05

2015 yılında Keçiören istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı ve ticaret alanlarının anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur(p<0,05).

Sıhhiye

Çizelge 4.32. Sıhhiye – PM₁₀ Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı:2015			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Sıhhiye	PM10	r	,586*	,304*	,101*	,071*	,038	-,054	-
		p	,000	,000	,003	,033	,252	,106	-

*p<0,05

2015 yılında Sıhhiye istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonu ile NDVI, YYS parametreleri arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur(p<0,05). PM₁₀ konsantrasyonu ile konut alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur(p<0,05). PM₁₀ konsantrasyonu ile ticaret alanları arasında pozitif yönlü ancak çok düşük (neredeyse ilişki yok denecek) düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur (p<0,05).

2015 yılında Sıhhiye istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşil alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.33. Sıhhiye, PM₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı: 2015		B	Std. hata	Beta	t	p
Sıhhiye	Sabit	49,932	,101		495,526	,000*
	NDVI	4,108	,894	,048	4,595	,000*
	YY5	,442	,005	,957	86,737	,000*
	Konut alanlarının miktarı	-,002	,001	-,023	-3,034	,002*
	Yeşil alanların miktarı	,001	,001	,009	1,128	,260
	Ticaret alanları	-,001	,000	-,021	-2,595	,010*
	Yol alanları	-,010	,001	-,053	-6,929	,000*

* p<0,05

2015 yılında Sıhhiye istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, ticaret alanları ve yol alanlarının anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur(p<0,05).

Sincan

Çizelge 4.34. Sincan – PM₁₀ Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı:2015			NDVI	YY5	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Sincan	PM10	r	,501*	,392*	,243*	,068*	,016	,071*	-
		p	,000	,000	,000	,042	,622	,033	-

*p<0,05

2015 yılında Sincan istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonu ile NDVI ve YYS parametreleri arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur(p<0,05). PM₁₀ konsantrasyonu ile konut alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur(p<0,05). PM₁₀ konsantrasyonu ile ticaret ve yol alanları arasında pozitif yönlü ancak çok düşük(neredeyse ilişki yok denecek) düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur (p<0,05).

2015 yılında Sincan istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşil alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.35. Sincan, PM₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı: 2015		B	Std. hata	Beta	t	p
Sincan	Sabit	44,016	,012		3529,488	,000*
	NDVI	,483	,173	,043	2,782	,006*
	YYS	,043	,001	,922	55,187	,000*
	Konut alanlarının miktarı	,000	,000	,018	1,780	,075
	Yeşil alanların miktarı	,000	,000	,010	1,077	,282
	Ticaret alanları	,000	,000	,004	,462	,644
	Yol alanları	,000	,000	,012	1,418	,157

* p<0,05

2015 yılında Sincan istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI ve YYS parametrelerinin anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur(p<0,05).

Siteler

Çizelge 4.36. Siteler – PM₁₀ Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı:2015			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Siteler	PM10	r	,376*	,519*	,203*	-,084*	,244*	-,067*	,261*
		p	,000	,000	,000	,012	,000	,044	,000

*p<0,05

2015 yılında Siteler istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonu ile NDVI ve YYS parametreleri arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur(p<0,05). PM₁₀ konsantrasyonu ile konut, ticaret ve sanayi alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur(p<0,05). PM₁₀ konsantrasyonu ile yeşil ve yol alanları arasında negatif yönlü ancak çok düşük (neredeyse ilişki yok denecek) düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur (p<0,05).

2015 yılında Siteler istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşil alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.37. Siteler, PM₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı: 2015		B	Std. hata	Beta	t	p
Siteler	Sabit	50,071	,073		682,337	,000*
	NDVI	,138	1,139	,001	,121	,903
	YYS	,416	,005	,981	81,002	,000*
	Konut alanlarının miktarı	,000	,000	,001	,158	,875
	Yeşil alanların miktarı	,000	,001	-,001	-,177	,860
	Ticaret alanları	,001	,001	,010	1,341	,180
	Yol alanları	,001	,001	,007	1,092	,275
	Sanayi alanları	,001	,001	,014	1,882	,060

* p<0,05

2015 yılında Siteler istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna yalnızca YYS parametrelerinin anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur(p<0,05).

2015 yılı PM₁₀ değerleri toplamı

Çizelge 4.38. PM₁₀ Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı:2015		NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
PM10	r	,302*	-,120*	-,033*	-,034*	,138*	-,028*	,092*
	p	,000	,000	,009	,007	,000	,024	,000

*p<0,05

2015 yılında tüm istasyonlardan ölçülen PM₁₀ konsantrasyonu ile NDVI arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur(p<0,05). PM₁₀ konsantrasyonu ile YYS arasında negatif yönlü; ticaret alanlarıyla pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur(p<0,05). PM₁₀ konsantrasyonu ile konut, yeşil ve yol alanları arasında negatif yönlü ancak çok düşük(neredeyse ilişki yok denecek) düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur (p<0,05). PM₁₀ konsantrasyonu ile sanayi alanları arasında pozitif yönlü ancak çok düşük (neredeyse ilişki yok denecek) düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur (p<0,05).

2015 yılında tüm istasyonlarda PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşil alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.39. PM₁₀ Çoklu Regresyon Sonuçları (2015)

Ölçüm Yılı:2015		B	Std. Error	Beta	t	p
Bağımlı değişken: PM ₁₀	Sabit	55,447	,230		240,746	,000*
	NDVI	34,783	2,132	,293	16,318	,000*
	YYS	,059	,012	,096	4,864	,000*
	Konut alanlarının miktarı	-,011	,001	-,122	-8,907	,000*
	Yeşil alanların miktarı	-,017	,002	-,086	-6,825	,000*
	Ticaret alanları	,010	,002	,079	6,252	,000*
	Yol alanları	,001	,003	,005	,416	,678
	Sanayi alanları	,025	,004	,075	6,203	,000*
r ² = 0,14		F=143,953 p=0,000				

* p<0,05

2015 yılında tüm istasyonlarda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut, yeşil, ticaret ve sanayi alanlarının anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur(p<0,05).

4.4.2. 2020 yılı hava kirleticileri ve arazi kullanımı değerlerinin karşılaştırılması

SO₂

2020 yılı için temin edilen veriler ve yapılan mekânsal analizler kullanılarak gerçekleştirilen regresyon analizi sonucunda tüm istasyonlarda ölçülen SO₂ konsantrasyonuna NDVI, YYS, yeşil, ticaret ve yol alanlarının birer etkisi olduğu bulunmuştur. Bu analizin sonuçları aşağıda detaylandırılmaktadır.

Bahçelievler

Çizelge 4.40. Bahçelievler – SO₂ Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı:2020			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Bahçelievler	SO ₂	r	,417*	,548*	,153*	-,001	,107*	-,062	-
		p	,000	,000	,000	,981	,001	,064	-

*p<0,05

SO₂ konsantrasyonu ile NDVI ve YYS parametreleri arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur($p<0,05$). SO₂ konsantrasyonu ile konut ve ticaret alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur($p<0,05$).

2020 yılında Bahçelievler istasyonunda ölçülen SO₂ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşil alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.41. Bahçelievler, SO₂ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı: 2020		B	Std. hata	Beta	t	p
Bahçelievler	Sabit	,997	,009		115,443	,000*
	NDVI	,057	,053	,015	1,092	,275
	YYS	,029	,000	,953	69,532	,000*
	Konut alanlarının miktarı	,000	,000	-,001	-0,134	,893
	Yeşil alanların miktarı	,000	,000	-,020	-1,905	,057
	Ticaret alanları	-2,967E-05	,000	-,005	-0,558	,577
	Yol alanları	-,001	,000	-,053	-5,248	,000*

* $p<0,05$

2020 yılında Bahçelievler istasyonunda ölçülen SO₂ konsantrasyonuna YYS ve yol alanlarının anlamlı bir etkisi olduğu bulunmuştur($p<0,05$).

Demetevler

Çizelge 4.42. Demetevler – SO₂ Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı:2020			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Demetevler	SO ₂	r	,449*	,595*	,105*	,064	,070*	-,078*	-
		p	,000	,000	,002	,054	,036	,020	-

* $p<0,05$

SO₂ konsantrasyonu ile NDVI ve YYS parametreleri arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur($p<0,05$). SO₂ konsantrasyonu ile konut alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur($p<0,05$). SO₂

konsantrasyonu ile ticaret alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü; yol alanları arasında negatif (zıt) yönlü çok düşük düzeylerde anlamlı birer ilişki bulunmuştur($p<0,05$).

2020 yılında Demetevler istasyonunda ölçülen SO_2 konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşil alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.43. Demetevler, SO_2 - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı: 2020		B	Std. hata	Beta	t	p
Demetevler	Sabit	1,500	,001		1156,731	,000*
	NDVI	,069	,010	,055	7,105	,000*
	YYS	,007	,000	,954	114,007	,000*
	Konut alanlarının miktarı	,000	,000	-,008	-1,299	,194
	Yeşil alanların miktarı	,000	,000	,001	0,150	,881
	Ticaret alanları	,000	,000	-,004	-0,735	,463
	Yol alanları	,000	,000	-,010	-1,623	,105

* $p<0,05$

2020 yılında Demetevler istasyonunda ölçülen SO_2 konsantrasyonuna NDVI ve YYS parametrelerinin anlamlı bir etkisi olduğu bulunmuştur($p<0,05$). Ancak, konut, yeşil ve ticaret ve yol alanlarının B katsayısı çok düşük bir değerdedir.

Kayaş

Çizelge 4.44. Kayaş – SO_2 Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı:2020			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Kayaş	SO_2	r	,627*	,459*	,053	-,086*	-,147*	-,071*	-
		p	,000	,000	,109	,010	,000	,034	-

* $p<0,05$

SO_2 konsantrasyonu ile NDVI ve YYS parametreleri arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur($p<0,05$). SO_2 konsantrasyonu ile ticaret alanlarının miktarı arasında negatif (zıt) yönlü düşük düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur($p<0,05$). SO_2

konsantrasyonu ile yeşil alanlar ve yol alanları arasında negatif(zıt) yönlü çok düşük (neredeyse ilişki yok denecek) düzeylerde anlamlı birer ilişki elde edilmiştir ($p<0,05$).

2020 yılında Kayaş istasyonunda ölçülen SO_2 konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşil alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.45. Kayaş, SO_2 - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı: 2020		B	Std. hata	Beta	t	p
Kayaş	Sabit	4,026	,013		320,658	,000*
	NDVI	,581	,088	,127	6,609	,000*
	YYS	,026	,001	,848	41,895	,000*
	Konut alanlarının miktarı	,000	,000	-,077	-5,286	,000*
	Yeşil alanların miktarı	,000	,000	-,010	-0,712	,476
	Ticaret alanları	-,001	,000	-,070	-4,735	,000*
	Yol alanları	,001	,000	,045	2,972	,003*

* $p<0,05$

2020 yılında Kayaş istasyonunda ölçülen SO_2 konsantrasyonuna YYS, konut alanlarının miktarı, ticaret ve yol alanlarının anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur($p<0,05$). Ancak, konut alanlarının B katsayısı çok düşük bir değerdedir.

Keçiören

Çizelge 4.46. Keçiören – SO_2 Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı:2020			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Keçiören	SO_2	r	,484*	,435*	,459*	,114*	,093*	,038	-
		p	,000	,000	,000	,001	,005	,255	-

* $p<0,05$

SO_2 konsantrasyonu ile NDVI, YYS ve konut alanlarının miktarı parametreleri arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur($p<0,05$). SO_2 konsantrasyonu ile yeşil alanların miktarı arasında pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı birer ilişki

bulunmuştur($p<0,05$). Ticaret alanlarının miktarı ile SO_2 konsantrasyonu arasında da pozitif yönlü çok düşük (neredeyse ilişki yok denecek) düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur($p<0,05$).

2020 yılında Keçiören istasyonunda ölçülen SO_2 konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşil alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.47. Keçiören, SO_2 - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı: 2020		B	Std. hata	Beta	t	p
Keçiören	Sabit	1,003	,004		281,762	,000*
	NDVI	,091	,032	,047	2,813	,005*
	YYS	,008	,000	,821	41,628	,000*
	Konut alanlarının miktarı	,000	,000	,122	7,892	,000*
	Yeşil alanların miktarı	,000	,000	,034	2,635	,009*
	Ticaret alanları	,000	,000	,024	2,021	,044*
	Yol alanları	,000	,000	,005	0,442	,659

* $p<0,05$

2020 yılında Keçiören istasyonunda ölçülen SO_2 konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanı, yeşil alan ve ticaret alanlarının anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur($p<0,05$). Ancak, konut, yeşil ve ticaret alanlarının B katsayısı çok düşük bir değerdedir.

Sıhhiye

Çizelge 4.48. Sıhhiye – SO_2 Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı:2020			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Sıhhiye	SO ₂	r	,430*	,658*	,349*	,084*	,298*	,117*	-
		p	,000	,000	,000	,012	,000	,000	-

* $p<0,05$

SO_2 konsantrasyonu ile NDVI ve YYS parametreleri arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur($p<0,05$). SO_2 konsantrasyonu ile konut, ticaret ve yol alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü düşük düzeylerde; yeşil alanlarının miktarı

arasında ise pozitif yönlü ancak çok düşük düzeyde (neredeyse ilişki yok denecek kadar) anlamlı birer ilişki bulunmuştur($p<0,05$).

2020 yılında Sıhhiye istasyonunda ölçülen SO_2 konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşil alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.49. Sıhhiye, SO_2 - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı: 2020		B	Std. hata	Beta	t	p
Sıhhiye	Sabit	-,008	,012		-0,650	,516
	NDVI	-,258	,088	-,098	-2,921	,004*
	YYS	,010	,001	,610	17,417	,000*
	Konut alanlarının miktarı	,001	,000	,252	9,801	,000*
	Yeşil alanların miktarı	,000	,000	,042	1,632	,103
	Ticaret alanları	,000	,000	,132	4,879	,000*
	Yol alanları	,000	,000	,020	0,807	,420

* $p<0,05$

2020 yılında Sıhhiye istasyonunda ölçülen SO_2 konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut ve ticaret alanlarının anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur($p<0,05$). Ticaret alanlarının etki katsayısı oldukça düşük bir değerdedir.

Sincan

Çizelge 4.50. Sincan – SO_2 Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı:2020			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Sincan	SO ₂	r	,478*	,416*	,294*	,226*	,218*	,225*	-
		p	,000	,000	,000	,000	,000	,000	-

* $p<0,05$

SO_2 konsantrasyonu ile NDVI ve YYS arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur($p<0,05$). SO_2 konsantrasyonu ile konut, yeşil, yol ve ticaret alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur($p<0,05$).

2020 yılında Sincan istasyonunda ölçülen SO₂ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşil alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.51. Sincan, SO₂ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı: 2020		B	Std. hata	Beta	t	p
Sincan	Sabit	1,100	,000		3333,732	,000*
	NDVI	,009	,004	,053	2,467	,014*
	YYS	,001	,000	,869	38,281	,000*
	Konut alanlarının miktarı	,000	,000	-,008	-0,516	,606
	Yeşil alanların miktarı	,000	,000	,015	0,866	,386
	Ticaret alanları	,000	,000	,017	1,032	,302
	Yol alanları	,000	,000	,067	3,711	,000*

*p<0,05

2020 yılında Sincan istasyonunda ölçülen SO₂ konsantrasyonuna NDVI, YYS ve yol alanlarının anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur(p<0,05). Yol alanının etki katsayısı ise çok düşük değerdedir.

Siteler

Çizelge 4.52. Siteler – SO₂ Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı:2020			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Siteler	SO ₂	r	,526*	,628*	,397*	-,032	,035	-,072*	,145*
		p	,000	,000	,000	,341	,297	,031	,000

*p<0,05

SO₂ konsantrasyonu ile NDVI, YYS ve konut alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur(p<0,05). SO₂ konsantrasyonu ile sanayi alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur(p<0,05). SO₂ konsantrasyonu yol alanlarının miktarı arasında negatif (zıt) yönlü çok düşük (nerdeyse ilişki yok denecek kadar) düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur(p<0,05).

2020 yılında Siteler istasyonunda ölçülen SO₂ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşil alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.53. Siteler, SO₂ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı: 2020		B	Std. hata	Beta	t	p
Siteler	Sabit	2,002	,006		342,051	,000*
	NDVI	,220	,052	,049	4,240	,000*
	YYS	,023	,000	,930	71,593	,000*
	Konut alanlarının miktarı	,000	,000	,024	2,181	,029*
	Yeşil alanların miktarı	,000	,000	-,021	-2,513	,012*
	Ticaret alanları	,000	,000	,008	0,868	,386
	Yol alanları	,000	,000	-,009	-0,977	,329
	Sanayi alanları	,000	,000	,011	1,089	,277

*p<0,05

2020 yılında Siteler istasyonunda ölçülen SO₂ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut ve yeşil alanlarının anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur(p<0,05). Konut ve yeşil alanlarının etki (B) katsayısı ise çok çok düşük değerdedir.

2020 yılı SO₂ değerleri toplamı

Çizelge 4.54. SO₂ Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı:2020		NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
SO ₂	r	,220*	,083*	,126*	-,060*	-,117*	-,039*	,143*
	p	,000	,000	,000	,000	,000	,002	,000

*p<0,05

SO₂ konsantrasyonu ile NDVI, konut ve sanayi alanları arasında pozitif yönlü; ticaret alanları arasında negatif yönlü düşük düzeylerde anlamlı birer ilişki bulunmuştur(p<0,05). SO₂ konsantrasyonu ile YYS arasında pozitif yönlü; yeşil ve yol alanlarının miktarı arasında negatif yönlü çok düşük düzeylerde anlamlı birer ilişki bulunmuştur(p<0,05).

2020 yılında tüm istasyonlarda ölçülen SO₂ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşil alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları Aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.55. SO₂ Çoklu Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı:2020		B	Std. Error	Beta	t	P
Bağımlı değişken: SO ₂	Sabit	1,546	,038		40,666	,000*
	NDVI	2,226	,275	,138	8,091	,000*
	YYS	,008	,002	,076	4,092	,000*
	Konut alanlarının miktarı	,000	,000	,006	,448	,654
	Yeşil alanların miktarı	-,002	,000	-,087	-6,333	,000*
	Ticaret alanları	-,002	,000	-,129	-9,670	,000*
	Yol alanları	,001	,000	,025	1,830	,067
	Sanayi alanları	,005	,001	,091	7,263	,000*
r ² = 0,062		F=59,830 p=0,000				

* p<0,05

2020 yılında tüm istasyonlarda ölçülen SO₂ konsantrasyonuna NDVI, YYS, yeşil, ticaret ve yol alanlarının anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur(p<0,05).

PM₁₀

Bahçelievler

Çizelge 4.56. Bahçelievler – PM₁₀ Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı:2020			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Bahçelievler	PM ₁₀	r	,412*	,536*	,158*	-,004	,109*	-,064	-
		p	,000	,000	,000	,904	,001	,055	-

*p<0,05

2020 yılında Bahçelievler istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonu ile NDVI ve YYS parametreleri arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur(p<0,05).

PM₁₀ konsantrasyonu ile konut ve ticaret alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur($p<0,05$).

2020 yılında Bahçelievler istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşim alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.57. Bahçelievler, PM₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı: 2020		B	Std. hata	Beta	t	p
Bahçelievler	Sabit	44,914	,243		184,928	,000*
	NDVI	-4,461	1,480	-,092	-3,014	,003*
	YYS	,304	,012	,820	26,216	,000*
	Konut alanlarının miktarı	,000	,001	-,001	-,026	,979
	Yeşil alanların miktarı	-,002	,003	-,016	-,672	,502
	Ticaret alanları	,001	,001	,011	,495	,621
	Yol alanları	-,014	,004	-,094	-4,050	,000*

* $p<0,05$

2020 yılında Bahçelievler istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS ve yol alanlarının anlamlı bir etkisi olduğu bulunmuştur($p<0,05$).

Demetevler

Çizelge 4.58. Demetevler – PM₁₀ Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı:2020			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Demetevler	PM10	r	,570*	,460*	,006	,113*	,046	-,049	-
		p	,000	,000	,846	,001	,170	,144	-

* $p<0,05$

2020 yılında Demetevler istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonu ile NDVI ve YYS arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur($p<0,05$). PM₁₀ konsantrasyonu ile yeşil alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur($p<0,05$).

2020 yılında Demetevler istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşim alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.59. Demetevler, PM₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı: 2020		B	Std. hata	Beta	t	p
Demetevler	Sabit	34,001	,021		1608,565	,000*
	NDVI	1,321	,159	,098	8,325	,000*
	YYS	,076	,001	,936	73,041	,000*
	Konut alanlarının miktarı	-,001	,000	-,086	-9,021	,000*
	Yeşil alanların miktarı	-,001	,000	-,022	-2,418	,016*
	Ticaret alanları	,000	,000	-,008	-,920	,358
	Yol alanları	,000	,000	-,013	-1,454	,146

* p<0,05

2020 yılında Demetevler istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanları ve yeşil alanlarının anlamlı bir etkisi olduğu bulunmuştur(p<0,05).

Kayaş

Çizelge 4.60. Kayaş – PM₁₀ Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı:2020			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Kayaş	PM10	r	,649*	,504*	,135*	-,085*	-,131*	-,076*	-
		p	,000	,000	,000	,010	,000	,022	-

*p<0,05

2020 yılında Kayaş istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonu ile NDVI ve YYS arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur(p<0,05). PM₁₀ konsantrasyonu ile konut alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü; ticaret alanlarının miktarı arasında negatif yönlü düşük düzeylerde anlamlı birer ilişki bulunmuştur(p<0,05). PM₁₀ konsantrasyonu ile yeşil alanlar ve yol alanları arasında negatif(zıt) yönlü çok düşük (neredeyse ilişki yok denecek) düzeylerde anlamlı birer ilişki elde edilmiştir (p<0,05).

2020 yılında Kayaş istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşim alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir

etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.61. Kayaş, PM₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı: 2020		B	Std. hata	Beta	t	p
Kayaş	Sabit	30,120	,046		661,714	,000*
	NDVI	2,379	,319	,116	7,465	,000*
	YYS	,119	,002	,870	52,892	,000*
	Konut alanlarının miktarı	,000	,000	-,017	-1,470	,142
	Yeşil alanların miktarı	,000	,001	-,009	-,724	,469
	Ticaret alanları	-,001	,000	-,038	-3,166	,002*
	Yol alanları	,002	,001	,037	3,025	,003*

* p<0,05

2020 yılında Kayaş istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, ticaret ve yol alanlarının anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur(p<0,05).

Keçiören

Çizelge 4.62. Keçiören – PM₁₀ Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı:2020			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Keçiören	PM10	r	,378*	,459*	,346*	,206*	-,028	-,095*	-
		p	,000	,000	,000	,000	,402	,004	-

*p<0,05

2020 yılında Keçiören istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonu ile NDVI, YYS ve konut alanları arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur(p<0,05). PM₁₀ konsantrasyonu ile yeşil alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur(p<0,05). PM₁₀ konsantrasyonu ile yol alanları arasında negatif yönlü çok düşük(neredeyse ilişki yok denecek) düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur (p<0,05).

2020 yılında Keçiören istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşim alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.63. Keçiören, PM₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı: 2020		B	Std. hata	Beta	t	p
Keçiören	Sabit	25,003	,015		1713,159	,000*
	NDVI	,194	,133	,020	1,459	,145
	YYS	,046	,001	,933	57,560	,000*
	Konut alanlarının miktarı	,000	,000	,013	1,031	,303
	Yeşil alanların miktarı	,001	,000	,043	4,061	,000*
	Ticaret alanları	,000	,000	-,006	-,588	,557
	Yol alanları	-,001	,000	-,055	-5,523	,000*

* p<0,05

2020 yılında Keçiören istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna YYS, yeşil alanların miktarı ve yol alanlarının anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur(p<0,05).

Sıhhiye

Çizelge 4.64. Sıhhiye – PM₁₀ Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı:2020			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Sıhhiye	PM10	r	,402*	,667*	,239*	,070*	,347*	,079*	-
		p	,000	,000	,000	,034	,000	,018	-

*p<0,05

2020 yılında Sıhhiye istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonu ile NDVI, YYS ve ticaret alanları arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur(p<0,05). PM₁₀ konsantrasyonu ile konut alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur(p<0,05). PM₁₀ konsantrasyonu ile yeşil ve yol alanları arasında pozitif yönlü ancak çok düşük(neredeyse ilişki yok denecek) düzeylerde anlamlı birer ilişki bulunmuştur (p<0,05).

2020 yılında Sıhhiye istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşil alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.65. Sıhhiye, PM₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı: 2020		B	Std. hata	Beta	t	p
Sıhhiye	Sabit	-,140	,192		-,729	,466
	NDVI	-4,908	1,384	-,121	-3,547	,000*
	YYS	,169	,009	,652	18,365	,000*
	Konut alanlarının miktarı	,008	,001	,144	5,528	,000*
	Yeşil alanların miktarı	,003	,002	,041	1,565	,118
	Ticaret alanları	,005	,001	,156	5,715	,000*
	Yol alanları	,001	,002	,006	,248	,804

* p<0,05

2020 yılında Sıhhiye istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı ve ticaret alanlarının anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur(p<0,05).

Sincan

Çizelge 4.66. Sincan – PM₁₀ Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı:2020			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Sincan	PM10	r	,472*	,559*	,348*	-,022	-,008	-,083*	-
		p	,000	,000	,000	,506	,807	,013	-

*p<0,05

2020 yılında Sincan istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonu ile NDVI, YYS ve konut alanları arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur(p<0,05). PM₁₀ konsantrasyonu ile yol alanları arasında negatif (zıt) yönlü ancak çok düşük(neredeyse ilişki yok denecek) düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur (p<0,05).

2020 yılında Sincan istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşim alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.67. Sincan, PM₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı: 2020		B	Std. hata	Beta	t	p
Sincan	Sabit	42,007	,008		5353,175	,000*
	NDVI	,210	,091	,031	2,301	,022*
	YYS	,028	,000	,929	65,525	,000*
	Konut alanlarının miktarı	,000	,000	,046	4,744	,000*
	Yeşil alanların miktarı	,000	,000	-,008	-,733	,464
	Ticaret alanları	,000	,000	,019	1,925	,055
	Yol alanları	,000	,000	-,053	-4,649	,000*

* p<0,05

2020 yılında Sincan istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut ve yol alanlarının anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur(p<0,05).

Siteler

Çizelge 4.68. Siteler – PM₁₀ Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı:2020			NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
Siteler	PM10	r	,386*	,498*	,113*	,108*	,260*	,088*	,275*
		p	,000	,000	,001	,001	,000	,008	,000

*p<0,05

2020 yılında Siteler istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonu ile NDVI ve YYS parametreleri arasında pozitif yönlü orta düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur(p<0,05). PM₁₀ konsantrasyonu ile konut, yeşil alanların miktarı, ticaret ve sanayi alanlarının miktarı arasında pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur(p<0,05). PM₁₀ konsantrasyonu ile yol alanları arasında pozitif yönlü ancak çok düşük (neredeyse ilişki yok denecek) düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur (p<0,05).

2020 yılında Siteler istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşim alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.69. Siteler, PM₁₀ - Arazi Kullanım Kararları Çoklu Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı: 2020		B	Std. hata	Beta	t	p
Siteler	Sabit	16,038	,054		296,617	,000*
	NDVI	,545	,480	,037	1,136	,256
	YYS	,062	,003	,754	20,812	,000*
	Konut alanlarının miktarı	-,001	,000	-,121	-3,938	,000*
	Yeşil alanların miktarı	,000	,001	,008	,331	,740
	Ticaret alanları	,001	,000	,078	2,908	,004*
	Yol alanları	,001	,001	,031	1,221	,222
	Sanayi alanları	,001	,000	,086	3,200	,001*

* p<0,05

2020 yılında Siteler istasyonunda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna YYS, konut alanları, ticaret ve sanayi alanlarının anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur(p<0,05).

2020 yılı PM₁₀ değerleri toplamı

Çizelge 4.70. PM₁₀ Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı:2020		NDVI	YYS	Konut alanlarının miktarı	Yeşil alanların miktarı	Ticaret alanları	Yol alanları	Sanayi alanları
PM10	r	,172*	,139*	,054*	,032*	-,080*	,020	-,122*
	p	,000	,000	,000	,010	,000	,117	,000
	p	,000	,000	,000	,000	,000	,002	,000

*p<0,05

2020 yılında tüm istasyonlardan ölçülen PM₁₀ konsantrasyonu ile NDVI, YYS arasında pozitif yönlü; sanayi alanları arasında negatif yönlü düşük düzeylerde anlamlı birer ilişki bulunmuştur(p<0,05). PM₁₀ konsantrasyonu ile konut ve yeşil alanlar arasında pozitif yönlü ancak çok düşük(neredeyse ilişki yok denecek) düzeyde anlamlı birer ilişki bulunmuştur (p<0,05). PM₁₀ konsantrasyonu ile ticaret alanları arasında negatif yönlü ancak çok düşük(neredeyse ilişki yok denecek) düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur (p<0,05).

2020 yılında tüm istasyonlarda PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut alanlarının miktarı, yeşim alanlarının miktarı, ticaret alanları, yol alanlarına anlamlı bir etkisinin olup olmadığı çoklu regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.71. PM₁₀ Çoklu Regresyon Sonuçları (2020)

Ölçüm Yılı:2020		B	Std. Error	Beta	t	P
Bağımlı değişken: PM ₁₀	Sabit	55,447	,230		240,746	,000*
	NDVI	34,783	2,132	,293	16,318	,000*
	YYS	,059	,012	,096	4,864	,000*
	Konut alanlarının miktarı	-,011	,001	-,122	-8,907	,000*
	Yeşil alanların miktarı	-,017	,002	-,086	-6,825	,000*
	Ticaret alanları	,010	,002	,079	6,252	,000*
	Yol alanları	,001	,003	,005	,416	,678
	Sanayi alanları	,025	,004	,075	6,203	,000*
r ² = 0,049		F=46,664 p=0,000				

* p<0,05

2020 yılında tüm istasyonlarda ölçülen PM₁₀ konsantrasyonuna NDVI, YYS, konut, yeşil, ticaret ve sanayi alanlarının anlamlı birer etkisi olduğu bulunmuştur(p<0,05).

Arazi kullanım kararlarının değişimi ile hava kirleticilerinin konsantrasyonundaki değişim irdelendiğinde, SO₂ konsantrasyonu artışının 2015 yılında NDVI, YYS ve ticaret alanlarındaki artışla ilişkili olduğu gözlenmiş olup 2020 yılında NDVI, konut ve sanayi alanları ile ilişkili olduğu gözlenmiştir. Arazi kullanım kararlarındaki değişime bakıldığında ise 2015 yılında 2020 yılına kadar konut, ticaret ve yeşil alanlarda artış olmaktadır. PM₁₀ konsantrasyonunun 2015 yılında NDVI, YYS konut, yeşil, ticaret ve sanayi alanlarının artışıyla ilişkili olduğu gözlenmiş olup 2020 yılında da aynı ilişkilerden bahsedilebilmektedir. Arazi kullanım kararlarındaki değişime bakıldığında ise çalışma alanı genelindeki konut, ticaret ve yeşil alanları artış gösterdiği sonucuna varılmaktadır.

4.4.3. 2015 – 2020 yılları arasındaki değişim (delta değeri)

Hava kalitesi izleme istasyonlarının yakın çevreleri için farklı bileşenlerin girdi olarak kullanıldığı uzaktan algılama, görüntü işleme ve istatistiki analizler sonucunda, 2015'ten 2020 yılına kadar olan değişimlerin (delta değerleri) ilişkisi analiz edilmiştir. Söz konusu analizler neticesinde, her bir hava kalitesi izleme istasyonu yakın çevresi için farklı hava kirleticileri ile farklı arazi kullanım kararları arasındaki ilişkiyi açıklayan bir denklem oluşturulmuştur. Bu denklemler Çizelge 4.72.'de yer almaktadır.

Çizelge 4.72. Hava Kirleticilerinin (PM₁₀ ve SO₂) Arazi Kullanımı/Örtüsü ve Yüzey Sıcaklığı ile Regresyonu

	Denetevler	Kayaş	Keçiören	Bahçelievler	Sıhhiye	Sincan	Siteler
PM ₁₀ – Yeşil	$y = -0,1x-27$	$y = -22,5x-39$	$y = -0,1x-28$	$y = -0,1x-9$	$y = 0,1x-58$	$y = -0,1x-2,5$	$y = -0,1x-44$
PM ₁₀ – YYS	$y = 0,4x-26$	$y = 0,2x-40$	$y = 1,4x-26$	$y = -2x-11$	$y = 3x-56$	$y = -0,1x-2,5$	$y = 2,5x-43$
PM ₁₀ – Konut	$y = 0,1x-27$	$y = 0,6x-39$	$y = 0,1x-28$	$y = 0,1x-9$	$y = -0,1x-58$	$y = -0,1x-2,5$	$y = 0,1x-44$
PM ₁₀ – Ticaret	$y = -0,1x-27$	$y = 0,1x-39$	$y = 0,1x-28$	$y = 0,5x-9,5$	$y = -8x-58$	$y = -0,1x-2,5$	$y = 0,1x-44$
PM ₁₀ – NDVI	$y = -x-26$	$y = 0,7x-39$	$y = -10x-28$	$y = 14x-9$	$y = -21x-57$	$y = 0,5x-2,5$	$y = -12x-44$
PM ₁₀ – Yol	$y = -4x-26$	$y = -0,1x-28$	$y = -0,1x-28$	$y = 0,1x-9$	$y = 0,1x-58$	$y = -0,1x-2,5$	$y = 0,1x-44$
SO ₂ – NDVI	$y = -9x-0,8$	$y = 0,75x-2$	$y = -4x-5$	$y = -3x-6$	$y = -3x-8$	$y = 0,25x-9$	$y = 0,1x-4$
SO ₂ – YYS	$y = 1,3x-0,06$	$y = 0,1x-2$	$y = 0,6x-4$	$y = 0,2x-6$	$y = 0,5x-8$	$y = -0,1x-9$	$y = -0,1x-5$
SO ₂ – Konut	$y = 0,1x-1$	$y = 0,1x-2$	$y = 0,1x-5$	$y = -0,1x-6$	$y = -0,1x-8$	$y = -0,1x-9$	$y = 0,1x-5$
SO ₂ – Yeşil	$y = -0,12x-1$	$y = 0,1x-2$	$y = -0,1x-5$	$y = -9x-6$	$y = 0,1x-8$	$y = 0,1x-9$	$y = x-5$
SO ₂ – Ticaret	$y = -0,1x-1$	$y = -0,1x-2$	$y = 0,1x-5$	$y = -0,1x-6$	$y = 5x-8$	$y = -0,1x-9$	$y = -0,1x-5$
SO ₂ – Yol	$y = 0,1x-1$	$y = 0,1x-2$	$y = -0,1x-5$	$y = 0,1x-6$	$y = 0,1x-8$	$y = -0,1x-9$	$y = x-5$

Bu kapsamda her bir hava kalitesi izleme istasyonu yakın çevresindeki ilişkiler ise aşağıda açıklanmaktadır.

Demetevler hava kalitesi izleme istasyonuna bakıldığında, PM_{10} konsantrasyonları ile yol alanları arasındaki ilişkinin en kuvvetli ilişki olduğu görülmektedir. Aynı alan için SO_2 konsantrasyonunun NDVI alanları ile en kuvvetli ilişkiye sahip olduğu, bu ilişkinin ise ters orantılı olduğu söylenebilmektedir.

Kayaş hava kalitesi izleme istasyonuna bakıldığında, PM_{10} konsantrasyonları ile yeşil alanlar arasındaki ilişkinin en kuvvetli ilişki olduğu görülmektedir. Söz konusu ilişki ters orantılı olup PM_{10} konsantrasyonunun artışı yeşil alanların azalmasına sebep olmaktadır. Aynı alan için SO_2 konsantrasyonunun da ticaret alanları ile en kuvvetli ilişkiye sahip olduğu söylenebilmektedir.

Keçiören hava kalitesi izleme istasyonuna bakıldığında, PM_{10} konsantrasyonları ile yer yüzey sıcaklığı değerlerinin arasındaki ilişkinin en kuvvetli ilişki olduğu görülmektedir. Aynı alan için SO_2 konsantrasyonunun yer yüzeyi sıcaklığı ile en kuvvetli ilişkiye sahip olduğu söylenebilmektedir.

Bahçelievler hava kalitesi izleme istasyonuna bakıldığında, PM_{10} konsantrasyonları ile NDVI alanları arasındaki ilişkinin diğer ilişkilere oranla 20 kattan fazla olduğu görülmektedir. Analize girdi olan verilerde marjinal değer olduğundan dolayı bu verinin hatalı olduğu düşünülmektedir.

Sıhhiye hava kalitesi izleme istasyonuna bakıldığında, PM_{10} konsantrasyonları ile NDVI alanları arasındaki ilişkinin en kuvvetli olduğu ve söz konusu ilişkinin ters orantılı olduğu karşımıza çıkmaktadır. PM_{10} konsantrasyonundaki artışın yeşil alanların azalmasına sebep olduğu söylenebilmektedir. Aynı alan için SO_2 konsantrasyonunun ticari alanlar ile en kuvvetli ilişkiye sahip olduğu söylenebilmektedir.

Sincan hava kalitesi izleme istasyonuna bakıldığında, PM_{10} konsantrasyonları ile arazi kullanım değerlerinin ilişkilerinin birbiri ile yakın olduğu ancak NDVI değerleri ile arasındaki ilişkinin en kuvvetli ilişki olduğu görülmektedir. Aynı alan için SO_2

konsantrasyonunun da arazi kullanım kararlarındaki değişim ile yakın değerler olduğu söylenebilmektedir.

Siteler hava kalitesi izleme istasyonuna bakıldığında, PM_{10} konsantrasyonları ile NDVI değerleri arasındaki ilişkinin en kuvvetli ilişki olduğu ve söz konusu ilişkinin ters orantılı olduğu görölmektedir. Artan PM_{10} konsantrasyonunun yeşil alanların azalmasında etkili olduğu söylenebilmektedir. Aynı alan için SO_2 konsantrasyonunun arazi kullanım kararları ile olan ilişkisinin yakın olduğu görölmekte, en kuvvetli ilişkinin yol alanları ve yeşil alanlar ile olduğu söylenebilmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Değişen ekonomik şartlar ve sürekli gelişim gösteren kentsel faaliyetler, hava kirliliğini beraberinde getirmektedir. Hava kirliliği ile arazi kullanım kararlarındaki değişimler zamansal ve mekânsal olarak incelenerek aralarındaki ilişki uzaktan algılama yöntemleri, görüntü işleme süreçleri ile yapılan analizler ve istatistiki yöntemlerle ortaya konmuştur. Bu kapsamda yapılan analizlerle beraber her bir arazi kullanım kararı ile her bir hava kirleticisinin arasındaki ilişki, değişimlerinin birbirlerini nasıl etkilediği kapsamında elde edilen sonuçlar derlenmiştir.

Hava kirliliği ve arazi kullanımı ana başlıklarında yapılan analizlere bakıldığında farklı arazi kullanım kararlarının hava kalitesi üzerinde etkili olduğu görülmüştür. 2020 ve 2015 yılları arasındaki değişimin analiz edildiği bu çalışmada Band 4, Band 5, Band 10 ve Band 11 Landsat uydu görüntüleri kullanılarak yüzey sıcaklığı ve NDVI analizleri, coğrafi bilgi sistemleri yazılımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bunun yanında aynı tarihler için hava kalitesi izleme istasyonları tarafından ölçülen SO₂ ve PM₁₀ değerlerinin havadaki konsantrasyonları analizlere dahil edilmiştir. Arazi kullanım kararlarının değişiklik gösterdiği 7 farklı hava kalitesi izleme istasyonu çevresindeki 2,5 km çapındaki dairesel alanlar için değerlendirmeler yapılmıştır.

Arazi kullanım kararlarının alansal dağılımı ve hava kirleticilerinin konsantrasyonlarındaki değişim karşılaştırıldığında, kentsel hareketliliğin fazla olduğu bölgelerde hava kirliliğinin günden güne arttığı gözlenmektedir. Buna ek olarak ticari fonksiyonların ve endüstriyel faaliyetlerin sebep olduğu trafik yoğunluğunun kirleticili konsantrasyonlarındaki artışı beraberinde getirdiği tespit edilmiştir.

Uzaktan algılama sistemleri kullanılarak gerçekleştirilen yüzey sıcaklığı analizi sonucunda değişen yüzey sıcaklıklarının hava kirleticileri ile ilişkili olduğu karşımıza çıkmaktadır.

2015 yılındaki arazi kullanım kararları ve uzaktan algılama yöntemleri ile gerçekleştirilmiş olan analizler karşılaştırılarak söz konusu bileşenler arasındaki ilişki ortaya konmuştur. Sonuç olarak çalışma alanındaki arazi kullanım kararlarından yeşil alanlardaki değişimin

aynı yıl içerisindeki SO₂ konsantrasyonundaki değişimle ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır.

PM₁₀ konsantrasyonundaki değişimin arazi kullanım kararları ile arasındaki ilişkiye bakıldığında ise konut, ticaret, yeşil alan, yüzey sıcaklığı ve NDVI analizlerinde elde edilen sonuçlar ile ilişkili olduğu gözlenmektedir. Bu kapsamda kentlinin yaşamını sürdürebileceği temel faaliyetlerden olan konut ve ticaret alanlarının değişiminin PM₁₀ konsantrasyonu ile ilişkili olduğu gözlenebilmektedir. Konut alanlarının yoğun olarak yer aldığı bölgelerde kentli yaşamına bağlı olarak ticari alanların da artış göstereceği ön görüşü yapılabilmekte ve aynı alanlarda PM₁₀ konsantrasyonunun da günden güne artış gösterdiği dikkat çekmektedir.

Arazi kullanım kararlarındaki yüzde olarak değişime bakıldığında en çok azalan bölgenin Bahçelievler hava kalitesi izleme istasyonundaki yeşil alanların olduğu dikkati çekmektedir. Aynı bölge için hava kalitesindeki değişime bakıldığında ise NDVI değerleri ile SO₂ kirleticisinin konsantrasyonu arasında bir ilişki olduğu sonucuna varılabilmektedir. Aynı zamanda, yüzey sıcaklığındaki değişimin de söz konusu kirleticiyi tetiklediği görülmektedir. Buna ek olarak Sıhhiye hava kalitesi izleme istasyonu yakın çevresinde kentsel kullanımların ve Siteler hava kalitesi izleme istasyonu yakın çevresinde ticari alanların en fazla artış gösteren arazi kullanım kararları olduğu görülmektedir. Aralarındaki ilişkiler incelendiğinde ise Sıhhiye hava kalitesi izleme istasyonu yakın çevresinde 2020 yılındaki konut ve ticaret alanlarındaki değişim ile SO₂ kirleticisi arasındaki ilişki dikkati çekmektedir. 2015 yılında ise aynı bölge için NDVI değerlerinin öne çıktığı görülmektedir. Siteler hava kalitesi izleme istasyonu yakın çevresinde, 2015 yılında sanayi alanları ve yüzey sıcaklığı değerlerinin PM₁₀ kirleticisi ile olan ilişkisi öne çıkmaktadır. Aynı ilişkiler 2020 yılında da devam etmektedir.

Yapılan tüm bu analizler sonucu elde edilen hava kirleticileri – arazi kullanım kararları ilişkisel değerlerine bakıldığında, kentsel hareketliliği artıran fonksiyonların yer seçimlerinde hava kirliliği ile etkileşiminin dikkate alınması gerektiği sonucuna varılabilmektedir. Bu kapsamda şehircilik perspektifinden bakıldığında, bir şehir planı yapılırken kentlinin ekonomik faaliyetlerinin yer seçimine ek olarak yaşam kalitesini ve insan sağlığını doğrudan etkileyen hava kirliliğinin önüne geçmek, artışı engellemek adına politikaların izlenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Kentlerdeki konut alanları, ticari faaliyetler, yeşil alanların konumları, yönlendirmeleri ve endüstriyel faaliyetlerin yer seçim

kararları bu noktada dikkat edilmesi gereken konular olarak karşımıza çıkmaktadır. Kentli yaşantısını ve ekonomik faaliyetlerin planlanmasında yer seçimine ek olarak kullanılacak yakıt tiplerinin, kullanılacak ulaşım tipleri, lojistik faaliyet ve yaşam alışkanlıklarının seçimi ve yönlendirilmesi kapsamında çalışmaların da sürece dahil edilmesi gerektiği önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

1. Jerrett, M., Arain, A., Kanaroglou, P., Beckerman, B., Potoglou, D., Sahsuvaroglu, T. & Giovis, C. (2005). A review and evaluation of intraurban air pollution exposure models. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 15(2), 185-204.
2. Weng, Q., & Yang, S. (2006). Urban air pollution patterns, land use, and thermal landscape: an examination of the linkage using GIS. *Environmental Monitoring And Assessment*, 117(1), 463-489.
3. Saleh, S. A. (2011). Air quality over Baghdad City using earth observation and Landsat thermal data. *Journal of Asian Scientific Research*, 1(6), 291-298.
4. Bozyazi, E., Incecik, S., Mannaerts, C., & Brussel, M. (2000). Analysis and mapping of air pollution using a GIS approach: a case study of Istanbul. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 42(259), 432-440.
5. Bayar, R., & Karabacak, K. (2017). Ankara ili arazi örtüsü değişimi (2000-2012). *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 15(1), 59-76.
6. Ozelkan, E., Karaman, M., Mostamandy, S., Avci, Z. D. U., & Toros, H. (2015). Derivation of PM10 Levels Using OBRA on Landsat-5TM Images: A Case Study in Izmir, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(4), 1585-1596.
7. Toros, H., Bağış, S., & Gemici, Z. (2018). Ankara’da hava kirliliği mekânsal dağılımının modellenmesi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(1), 20-53.
8. Amanollahi, J., Tzanis, C., Abdullah, A. M., Ramli, M. F., & Pirasteh, S. (2013). Development of the models to estimate particulate matter from thermal infrared band of Landsat Enhanced Thematic Mapper. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 10(6), 1245-1254.
9. Argun, Y. A., Tırınk, S., & Bayram, T. (2019). Effect of Urban Factors on Air Pollution of Iğdır. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 2(4), 123-130.
10. Sümer, G. Ç. (2014). Hava Kirliliği Kontrolü: Türkiye’de Hava Kirliliğini Önlemeye Yönelik Yasal Düzenlemelerin ve Örgütlenmelerin İncelenmesi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, (13), 37-56.
11. Özcan, N. S. (2016). *Kentsel hava kirliliğini etkileyen ve şehir planlama ile kontrol edilebilen fiziksel faktörlerin mekânsal istatistik yöntemleri ile incelenmesi*. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 145-157.
12. Müezzinoğlu, A. (1987). *Hava kirliliğinin ve kontrolünün esasları*. Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları.
13. Baysan, C., & Yavaş, S. P. (2020). Covid-19 ve hava kirliliği; karantina boyunca ne oldu?. *Estüdam Halk Sağlığı Dergisi*, 5, 35-46.
14. Seyyednejad, S. M., Niknejad, M., & Koochak, H. (2011). A review of some different effects of air pollution on plants. *Research Journal of Environmental Sciences*, 5(4), 302.

15. İnternet: Isı Adası Etkisi Nedir? Web: <https://yalova.csb.gov.tr/isi-adasi-etkisi-nedir-haber-220002> Son Erişim Tarihi: 28 Mayıs 2022.
16. Balık, H., & Yüksel, Ü. D. (2014). Planlama sürecine iklim verilerinin entegrasyonu. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (2), 1-6.
17. İnternet: High Emitters of Black Carbon Web: <https://hablakilns.com/environment/black-carbon/> Son Erişim Tarihi: 10 Temmuz 2022.
18. İnternet: T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Sürekli İzleme Merkezi Web: <https://sim.csb.gov.tr/Home> Son Erişim Tarihi: 15 Eylül 2022.
19. İnternet: Dünyanın Hava Kirliliği: Gerçek Zamanlı Hava Kalitesi Endeksi Web: <https://waqi.info/tr/> Son Erişim Tarihi: 12 Haziran 2022.
20. İnternet: Ankara Web: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Ankara> Son Erişim Tarihi: 28 Temmuz 2022.
21. İnternet: Ankara Nüfusu Web: <https://www.nufusu.com/il/ankara-nufusu> Son Erişim Tarihi: 28 Temmuz 2022.
22. Yüceşahin, M. M., & Tuysuz, S. (2011). Ankara kentinde sosyo-mekânsal farklılaşmanın örüntüleri: Ampirik bir analiz. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 9(2), 159-188.
23. T.C. Gazi Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, 2019 – 2020 Eğitim/Öğretim Yılı Şehircilik Atölyesi, Öğrenci Çalışması.
24. İnternet: Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı Web: <https://www.havaizleme.gov.tr> Son Erişim Tarihi: 28 Kasım 2021.
25. İnternet: USGS Earth Explorer Web: <https://earthexplorer.usgs.gov> Son Erişim Tarihi: 3 Mayıs 2022.
26. Narashid, R. H., & Mohd, W. M. N. W. (2010, December). Air quality monitoring using remote sensing and GIS technologies. In 2010 *International Conference on Science and Social Research*, Kuala Lumpur, Malaysia, 5–8 December 2010; 1186-1191. [DOI: <https://dx.doi.org/10.1109/CSSR.2010.5773713>].
27. Arzu, A. R. I., & Onder, H. (2013). Farklı veri yapılarında kullanılabilecek regresyon yöntemleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(3), 168-174.



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR...