

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI

**ARAZİ ÖRTÜSÜ VE KULLANIMINDAKİ DEĞİŞİMLERİN KENTSEL ISI
ADALARINA OLAN ETKİLERİNİN ZAMANSAL VE MEKANSAL OLARAK
ARAŞTIRILMASI: ESKİŞEHİR KENT MERKEZİ ÖRNEĞİ**

DOKTORA TEZİ

SEDA KOCA

TEZ DANIŐMANI
DOÇ. DR. SERPİL MENTEŞE

BİLECİK, 2025

10623149

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI

**ARAZİ ÖRTÜSÜ VE KULLANIMINDAKİ DEĞİŞİMLERİN KENTSEL ISI
ADALARINA OLAN ETKİLERİNİN ZAMANSAL VE MEKANSAL OLARAK
ARAŞTIRILMASI: ESKİŞEHİR KENT MERKEZİ ÖRNEĞİ**

DOKTORA TEZİ

SEDA KOCA

TEZ DANIŐMANI
DOÇ. DR. SERPİL MENTEŞE

BİLECİK, 2025

10623149

BEYAN

“Arazi Örtüsü Ve Kullanımındaki Değişimlerin Kentsel Isı Adalarına Olan Etkilerinin Zamansal ve Mekânsal Olarak Araştırılması: Eskişehir Kent Merkezi Örneği” adlı doktora tezinin hazırlık ve yazımı sırasında bilimsel araştırma ve etik kurallarına uyduğumu, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezin herhangi bir kısmının Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

| | | | |
|---|--------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| Bu çalışmanın, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP), TÜBİTAK veya benzeri kuruluşlarca desteklenmesi durumunda; projenin ve destekleyen kurumun adı proje numarası ile birlikte, ETİK KURUL onayı alınması durumunda ise ETİK KURUL tarih karar ve sayı bilgilerinin beyan edilmesi gerekmektedir. | | | |
| DESTEK ALINMIŞTIR | <input type="checkbox"/> | DESTEK ALINMAMIŞTIR | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Destek alındı ise; | | | |
| Destekleyen kurum; | | | |
| Desteğin Türü | | Proje Numarası | |
| 1- BAP (Bilimsel Araştırma Projesi) | | | |
| 2- TÜBİTAK | | | |
| Diğer;..... | | | |
| ETİK KURUL onayı var ise; | | | |
| ETİK KURUL karar tarih/sayı: | |/..... | |

Öğrenci Adı ve Soyadı

Seda KOCA

Tarih

.....

İmza

.....

ÖNSÖZ

Kentler, küresel iklim değişikliğinden en fazla etkilenen bölgeler olmasının yanı sıra iklim değişikliğine de etki etmektedir. Kent nüfusunun yaşam tarzı, değişen ve gelişen koşullarla birlikte arazi örtüsü ve kullanımının (AÖAK) değişmesi, antropojenik ısı olarak nitelendirilen kent nüfusunun sebep olduğu ısı kaynakları gibi birçok faktör küresel iklim değişikliğini etkilemekte ve ondan etkilenmektedir. Şüphesiz ki; kent ikliminin değişiminde en önemli faktörlerden birini arazi örtüsünün değişimi teşkil etmektedir. Arazi örtüsünün değişimine bağlı yer yüzey sıcaklığı (YYŞ) da değişmekte, yerel ölçekte çevresine göre daha sıcak ve daha soğuk alanlar meydana gelmektedir. Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı Doktora programında hazırlanan bu tez çalışmasının amacı; Eskişehir kent merkezinin AÖAK değişimini, bu değişimin YYS'ye etkisini ve kentte oluşan ısı adalarını ortaya koymaktır.

Bu tez çalışmasının yazılmasında her daim desteğini gördüğüm, beni hep bir adım ileriye taşımak için emek veren, ihtiyaç duyduğum her an yanımda olan, bilgi ve tecrübeleriyle çalışmamı ve akademik gelişimimi destekleyen, gücünü ve özverisini bir an olsun eksik etmeyen çok kıymetli danışman hocam sayın Doç. Dr. Serpil MENTEŞE'ye, emekleri, katkıları ve geri kalan her şey için içtenlikle teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Doktora eğitimim boyunca kendisinden çok şey öğrendiğim, tez izleme jüri üyeliğini kabul ederek tezimin şekillenmesinde payı olan, elindeki kaynakları ve kütüphanesini kullanmam konusunda her zaman cömert davranan, sorduğum her soruda değerli vaktini ayırarak içtenlikle yardımcı olan, beni daha iyiye sevk etmek için emek veren saygıdeğer hocam Prof. Dr. Harun TUNÇEL'e teşekkürlerimi ve saygımı borç bilirim.

Doktora tez çalışması süresince tez izleme jüriliğini kabul edip bilgi birikimiyle beni de hep ileriye taşıyarak destekleyen, özellikle yöntem konusunda her daim desteğini gördüğüm, sorduğum sorulara ve tezde aksayan konulara değerli vaktini ayırarak saatlerce çözüm için uğraşan, beni cesaretlendirerek bir an olsun düşmeme izin vermeyen Eskişehir Teknik Üniversitesi Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü'nden çok kıymetli hocam Hakan UYGUÇGİL'e içtenlikle saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Uzaktan algılama görüntülerinin işlenmesi konusunda sorduğum soruları içtenlikle yanıtlayan ve yardımlarını esirgemeyen Bakırçay Üniversitesi İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi Coğrafya Bölümü'nden kıymetli hocalarım Prof. Dr. Şermin TAĞIL ve Dr. Öğr. Üyesi Şevki DANACIOĞLU'na sevgi ve saygılarımı sunar, katkıları için teşekkür ederim. Uydu

görüntülerindeki hataların giderilmesi konusunda yardımcı olan, Eskişehir Teknik Üniversitesi Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü'nden hocam Dr. Öğr. Üyesi Resul ÇÖMERT'e teşekkürlerimi borç bilirim. Bugünlere gelmemde emeği olan, bilgi-birikimim ve akademik donanıma katkı sağlayan Ege Üniversitesi Coğrafya Bölümü ve Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Coğrafya Bölümü öğretim üyesi hocalarıma teşekkür ederim.

Son olarak tez çalışmam süresince verdikleri destekler için arkadaşlarıma ve bugünlere ulaşmamda desteklerini esirgemeyen, her konuda arkamda duran ve bana güç veren aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Seda Koca

2025

ÖZET

ARAZİ ÖRTÜSÜ VE KULLANIMINDAKİ DEĞİŞİMLERİN KENTSEL ISI ADALARINA OLAN ETKİLERİNİN ZAMANSAL VE MEKANSAL OLARAK ARAŞTIRILMASI: ESKİŞEHİR KENT MERKEZİ ÖRNEĞİ

Kent nüfusundaki hızlı artış, kent içerisinde yeni yerleşim alanlarının açılmasına yol açmaktadır. Kentlere yeni yerleşim alanlarının eklenmesi, endüstri ve ticari tesislerin büyümesi gibi ihtiyaca yönelik atılan adımlar, arazi örtüsünün değişmesine, geçirimsiz yüzeylerin artmasına, yeşil alanların azalmasına ve sulak alanların kurutulmasına yol açmaktadır. AÖAK'daki yapılacak antropojenik değişimler kentte sıcaklık dengesini bozmaktadır. Bu da kentlerin veya kent içerisindeki belirli noktaların çevrelerine göre daha fazla ısınmasına neden olmaktadır.

Bu tez çalışmasında, kentsel nüfusu giderek artan Eskişehir ilinin kent yerleşiminde ve yakın çevresinde AÖAK'daki değişimler tespit edilmiş, bu değişimlerin YYS ile ilişkisi incelenmiş ve çalışma alanında kentsel ısı adası (KIA) etkisinin görüldüğü alanlar belirlenmiştir. Çalışmada 1990, 2000, 2006, 2012 ve 2018 yıllarına ait CORINE arazi örtüsü verileri kullanılmış, aynı yılların yaz ve kış mevsimlerine ait Landsat uydu görüntüleriyle YYS ve NDVI analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlerde ve elde edilen bulgularda çalışma alanında en fazla alan kaplayan arazi sınıflarının sürekli sulanan arazi ve sulanmayan ekilebilir arazi olduğu tespit edilmiştir. Araştırma süresinin kapsamı boyunca (1990-2018) en fazla alansal değişim endüstri ve ticari üniteler ve sulanmayan ekilebilir arazide gerçekleşmiştir.

Çalışma alanında en yüksek YYS görülen alanlar kış mevsiminde sürekli sulanan araziler; yaz mevsiminde ise sulanmayan ekilebilir araziler, havaalanı ile sanayi ve ticari üniteler olarak tespit edilmiştir. YYS en düşük arazi sınıfları kış mevsiminde endüstri ve ticari üniteler ile sulanmayan ekilebilir araziler; yaz mevsiminde ise sürekli sulanan arazilerdir. Gerek kentsel yerleşim içinde gerek kentin yakın çevresinde bitki örtüsünün bulunduğu alanlarda yaz mevsiminde daha düşük, kış mevsiminde daha yüksek YYS gözlenmiştir.

Sonuç olarak, yapılan analizler ve edilen bulgular doğrultusunda Eskişehir kentsel alanının tamamı için KIA etkisi tespit edilmemiştir. Kış mevsiminde kentsel yerleşim alanında KIA etkisine rastlanmamış, yaz mevsiminde ise askeri ve sivil havaalanları ile Organize Sanayi Bölgesi'nde KIA etkisi görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Arazi Örtüsü ve Arazi Kullanımı, Kentsel Isı Adası, Uzaktan Algılama, Kent İklimi, Yer Yüzey Sıcaklığı.

ABSTRACT

SPATIAL AND TEMPORAL INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF LAND COVER AND LAND USE CHANGES ON URBAN HEAT ISLANDS: THE CASE OF ESKİŞEHİR CITY CENTRE

The rapid increase in urban population leads to the establishment of new residential areas within cities. The expansion of urban settlements, along with industrial and commercial facilities driven by various needs, results in changes to land cover, an increase in impermeable surfaces, a reduction in green spaces, and the drainage of wetlands. Anthropogenic changes in land cover (LC) within urban areas disrupt the temperature balance of cities, causing certain urban locations to heat up more than their surroundings.

In this thesis, changes in LC in the urban settlement and surrounding areas of Eskişehir, a city with a rapidly growing urban population, were identified, and their relationship with land surface temperature (LST) was examined. Furthermore, the areas exhibiting urban heat island (UHI) effects within the study area were determined. The study utilized CORINE land cover data from 1990, 2000, 2006, 2012, and 2018, and conducted LST and NDVI analyses using Landsat satellite imagery from the summer and winter seasons of the same years.

The analyses and findings revealed that the most extensive land classes in the study area were permanently irrigated land and non-irrigated arable land. Over the study period (1990–2018), the largest spatial changes were observed in industrial and commercial units and non-irrigated arable land.

In the study area, the highest LST values during winter were recorded in permanently irrigated lands, while during summer, they were observed in non-irrigated arable lands, the airport, and industrial and commercial units. The land classes with the lowest LST values were industrial and commercial units and non-irrigated arable lands in winter, and permanently irrigated lands in summer. Areas with vegetation, both within urban settlements and in their immediate surroundings, exhibited lower LST values during summer and higher values during winter.

In conclusion, the analyses and findings indicated that the UHI effect was not observed across the entirety of the Eskişehir urban area. While the UHI effect was not detected in urban settlement areas during winter, it was observed during summer in the military and civilian airports and the Organized Industrial Zone.

Keywords: Land Cover and Land Use, Urban Heat Island, Remote Sensing, Urban Climate, Land Surface Temperature.

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|---|-------|
| ÖNSÖZ..... | i |
| ÖZET..... | iii |
| ABSTRACT..... | iv |
| İÇİNDEKİLER..... | v |
| TABLolar LİSTESİ..... | vii |
| ŞEKİLLER LİSTESİ..... | ix |
| KISALTMALAR ve SİMGELER LİSTESİ..... | xii |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 1.1. Araştırma Soruları ve Hipotezler..... | 7 |
| 1.2. Bilimsel Katkı..... | 8 |
| 1.3. Kapsam ve Sınırlılıklar..... | 10 |
| 2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE..... | 12 |
| 2.1. Uzaktan Algılama (UA)..... | 12 |
| 2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)..... | 16 |
| 2.3. Yer Yüzey Sıcaklığı (YYS)..... | 17 |
| 2.4. Kent İklimi..... | 19 |
| 2.5. Kentsel Isı Adası (KIA)..... | 22 |
| 3. LİTERATÜR ÖZETİ..... | 26 |
| 4. ÇALIŞMA ALANI..... | 47 |
| 5. MATERYAL VE YÖNTEM..... | 50 |
| 5.1. Materyal..... | 50 |
| 5.2. Yöntem..... | 60 |
| 5.2.1. Yer Yüzey Sıcaklığının Hesaplanması..... | 61 |
| 5.2.2. Uydu Görüntülerinin Piksel Değerinin Radyans Değerine Dönüştürülmesi.. | 61 |

| | |
|--|------------|
| 5.2.3. Uydu Görüntülerinin Radyans Değerinin Parlaklık Sıcaklığına Dönüştürülmesi..... | 62 |
| 5.2.4. Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI) Hesaplama | 63 |
| 5.2.5. Bitki Örtüsü Oranının Hesaplanması (P _v – Proportional Vegetation) | 66 |
| 5.2.6. Yer Yüzey Yayınlılığı Değerinin Hesaplanması..... | 66 |
| 5.2.7. Yer Yüzey Sıcaklığı Hesaplanması ve Kentsel Isı Adasının Tespiti..... | 66 |
| 6. ESKİŞEHİR’İN GENEL FİZİKİ VE BEŞERİ COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ..... | 68 |
| 6.1.Eskişehir’in Fiziki Coğrafya Özellikleri | 68 |
| 6.1.1. Eskişehir’in Morfojenetik Özellikleri..... | 68 |
| 6.1.2. Eskişehir’in İklim Özellikleri..... | 71 |
| 6.1.2.1. Büyük Basınç Sistemleri ve Hava Kütleleri..... | 71 |
| 6.1.2.2. Basınç ve Rüzgârlar | 73 |
| 6.1.2.3. Sıcaklık | 77 |
| 6.1.2.4. Nemlilik ve Yağış..... | 78 |
| 6.1.2.5. İklim Tipi..... | 79 |
| 6.1.3. Toprak Özellikleri | 82 |
| 6.1.4. Bitki Örtüsü | 86 |
| 6.2. Eskişehir’in Beşerî Coğrafya Özellikleri..... | 87 |
| 6.2.1. Eskişehir’in Nüfus ve Yerleşme Özellikleri..... | 87 |
| 6.2.2. Eskişehir’in Sosyo-Ekonomik Faaliyetleri..... | 93 |
| 7.BULGULAR VE TARTIŞMA..... | 95 |
| 8. SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 138 |
| KAYNAKÇA..... | 142 |

TABLULAR LİSTESİ

| | Sayfa |
|--|-------|
| Tablo 2.1. Landsat Uydularına Ait Bant Özellikleri | 15 |
| Tablo 2.2. İklim Parametrelerinin Kentsel ve Kırsal Alan Karşılaştırmaları..... | 21 |
| Tablo 2.3. Malzeme Türü ve Işığın Yansıtma Oranları..... | 24 |
| Tablo 5.1. Çalışma Alanında Yer Alan Arazi Örtüsü/Kullanımı Kodları ve Sınıfları..... | 51 |
| Tablo 5.2. Çalışmada Kullanılan Uydu Görüntüleri ve Tarihleri..... | 57 |
| Tablo 5.3. Landsat 5 TM Uydusunun Bantları, Dalga Boyları ve Çözünürlükleri..... | 57 |
| Tablo 5.4. Landsat 7 ETM+ Uydusunun Bantları, Dalga Boyları ve Çözünürlükleri | 58 |
| Tablo 5.5. Landsat 8 OLI/TIRS Uydusunun Bantları, Dalga Boyları ve Çözünürlükleri | 59 |
| Tablo 5.6. Çalışmada Kullanılan Uydu Görüntülerinden YYS Elde Etmede Kullanılan K ₁ ve K ₂ Sabit Değerleri | 63 |
| Tablo 6.1. Türkiye’de Yaz ve Kış Mevsimlerinde Etkili Olan Hava Kütleleri..... | 73 |
| Tablo 6.2. Eskişehir’in Aylık (1927-2024) Ortalama Basınç Değerleri (Hpa) | 74 |
| Tablo 6.3. Eskişehir’in Aylık Hâkim Rüzgâr Yönü Yüzdeleri (%) | 75 |
| Tablo 6.4. Eskişehir’in (1991-2024) Aylık Ortalama Toplam Yağış Değerleri | 78 |
| Tablo 6.5. Erinç Yağış Etkinlik İndeksi ve İklim Sınıfları..... | 80 |
| Tablo 6.6. Eskişehir’in Thornthwaite İklim Sınıflandırmasına Göre Su Bilançosu | 80 |
| Tablo 6.7. Eskişehir’in Thornthwaite İklim Sınıflandırmasına Göre İklim Tipi..... | 81 |
| Tablo 6.8. Eskişehir İl Sınırı İçerisinde ve Çalışma Alanında Bulunan Toprak Grupları ve Türleri..... | 82 |
| Tablo 6.9. Eskişehir İl Sınırı İçerisinde ve Çalışma Alanında Bulunan Toprak Türleri, Kapladıkları Alanlar ve Yüzdeleri..... | 83 |
| Tablo 6.10. Eskişehir İl Sınırı İçerisinde ve Çalışma Alanında Bulunan Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıfları, Kapladıkları Alanlar ve Yüzdeleri..... | 85 |
| Tablo 7.1. Çalışma Alanında Kentsel Yerleşimlerin Yıllara Göre Kapladığı Alan..... | 95 |

| | |
|---|------------|
| Tablo 7.2. Çalışma Alanının Tüm Araştırma Yıllarına Ait CORINE Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıfları ve Kapladıkları Alan (Km ²)..... | 95 |
| Tablo 7.3. Çalışma Alanında Rasat Yıllarına Göre Minimum, Maksimum ve Ortalama Yer Yüzey Sıcaklıkları | 106 |
| Tablo 7.4. Farklı Arazi Tiplerinin Suyu Erişilebilirlik ve Nem Değişim Oranları | 114 |

ŞEKİLLER LİSTESİ

| | Sayfa |
|--|-------|
| Şekil 2.1. Küresel Yüzey Sıcaklığı Değişimi..... | 18 |
| Şekil 2.2. 1940'lardan Günümüze Küresel Yüzey Hava Sıcaklığı Anomalilerinin Aylara Göre Değişimi | 20 |
| Şekil 2.3. Farklı Yüzey Tiplerinin Dalga Boyuna Göre Yansıtma Oranları (Spektral Yansıma) | 23 |
| Şekil 4.1. Çalışma Alanının Lokasyon Haritası | 47 |
| Şekil 5.1. Bitkilerin Dalga Boylarına Göre Yansıma Oranları..... | 64 |
| Şekil 6.1. Eskişehir ve Çalışma Alanının Yükselti Haritası..... | 68 |
| Şekil 6.2. Eskişehir ve Çalışma Alanının Jeoloji Haritası..... | 70 |
| Şekil 6.3. Eskişehir'in Aylık Hâkim Rüzgâr Yönleri (%) | 76 |
| Şekil 6.4. Eskişehir Aylık Ortalama Rüzgâr Hızı (M/Sn) | 77 |
| Şekil 6.5. Eskişehir'in (1927-2024) Aylık Ortalama Maksimum Sıcaklık, Aylık Ortalama Sıcaklık ve Aylık Ortalama Minimum Sıcaklık Değerleri (°C)..... | 78 |
| Şekil 6.6. Eskişehir'in Aylık Ortalama Toplam Yağış (mm) ve Aylık Ortalama Nispi Nem Değerleri (%)..... | 79 |
| Şekil 6.7. Eskişehir'in Su Bilançosu Diyagramı..... | 81 |
| Şekil 6.8. Eskişehir ve Çalışma Alanının Büyük Toprak Grupları Haritası..... | 83 |
| Şekil 6.9. Eskişehir ve Çalışma Alanının Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıfları Haritası | 84 |
| Şekil 6.10. Eskişehir ve Çalışma Alanının Bitki Örtüsü Haritası | 87 |
| Şekil 6.11. Eskişehir'in 1927-2023 Yılları Arası Nüfus Miktarı ve Nüfus Artış Hızı | 92 |
| Şekil 7.1. Çalışma Alanının CORINE AÖAK Haritası..... | 96 |
| Şekil 7.2. CORINE Arazi Örtüsü Veri Setine Göre Çalışma Alanında Bulunan Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıflarının Yıllara Göre Değişimi (%)..... | 97 |
| Şekil 7.3. AÖAK Sınıflarının Çalışma Alanında Kapladıkları Alana Ait Oranlar | 99 |
| Şekil 7.4. CORINE'e Göre Çalışma Alanındaki Arazi Örtüsü ve Kullanımlarının Değişimleri (1990-2018 Arası) | 100 |

| | |
|---|------------|
| Şekil 7.5. Çalışma Alanının Yıllara Göre AÖAK Değişim Analizi | 103 |
| Şekil 7.6. Çalışma Alanının Yaz Mevsimi Maksimum, Minimum ve Ortalama YYS Değişimi | 107 |
| Şekil 7.7. Çalışma Alanının Kış Mevsimi Maksimum, Minimum ve Ortalama YYS Değişimi | 108 |
| Şekil 7.8. Çalışma Alanının Kış Mevsimi YYS Haritası | 110 |
| Şekil 7.9. Çalışma Alanının Yaz Mevsimi YYS Haritası | 117 |
| Şekil 7.10. Çalışma Alanında Arazi Örtüsünün Kış Mevsimi Yıllara Göre Minimum, Maksimum ve Ortalama Yer Yüzey Sıcaklıkları Değişimi I (°C) | 120 |
| Şekil 7.11. Çalışma Alanında Arazi Örtüsünün Yıllara Göre Kış Mevsimi Minimum, Maksimum ve Ortalama Yer Yüzey Sıcaklıkları Değişimi II (°C)..... | 121 |
| Şekil 7.12. Çalışma Alanında Arazi Örtüsünün Yıllara Göre Yaz Mevsimi Minimum, Maksimum ve Ortalama Yer Yüzey Sıcaklıkları Değişimi I (°C) | 123 |
| Şekil 7.13. Çalışma Alanında Arazi Örtüsünün Yıllara Göre Yaz Mevsimi Minimum, Maksimum ve Ortalama Yer Yüzey Sıcaklıkları Değişimi II (°C)..... | 124 |
| Şekil 7.14. Çalışma Alanının Yaz Mevsimi NDVI Haritası..... | 126 |
| Şekil 7.15. Çalışma Alanının Kış Mevsimi NDVI Haritası | 127 |
| Şekil 7.16. Çalışma Alanının Kış Mevsimi Modis NDVI Haritası | 128 |
| Şekil 7.17. Çalışma Alanının Yaz Mevsimi Modis NDVI Haritası..... | 129 |
| Şekil 7.18. Çalışma Alanı Kış Mevsimi Modis YYS Haritası | 130 |
| Şekil 7.19. Çalışma Alanı Yaz Mevsimi Modis YYS Haritası..... | 131 |
| Şekil 7.20. Çalışma Alanında 1990-2018 Yılları Arasında AÖAK'nın YYS Değişimi..... | 132 |

FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

Sayfa

- Foto7.1.** Kentin güneybatısında süreksiz kentsel alanın sulanmayan ekilebilir araziden pay aldığı gösteren bir fotoğraf. Önde konut alanı arkada tarım arazileri yer almaktadır. **133**
- Foto7.2.** Kentin farklı yerlerindeki peyzaj ve ağaçlandırma alanları..... **136**
- Foto7.3.** Kent merkezinde yoğun yapılaşmanın olduğu alandaki Porsuk Nehri..... **136**

KISALTMALAR ve SİMGELER LİSTESİ

AÖ: Arazi örtüsü

AK: Arazi kullanımı

AÖAK: Arazi örtüsü ve arazi kullanımı

YYS: Yer yüzey sıcaklığı

KIA: Kentsel ısı adası

CBS: Coğrafi Bilgi Sistemleri

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index (Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü)

DN: Digital Number (Sayısal Numara)

UA: Uzaktan Algılama

ha: Hektar alan

µm: mikrometre veya mikron

TM: Thematic Mapper (Tematik Haritalayıcı)

ETM+: Enhanced Thematic Mapper Plus (Gelişmiş Tematik Haritalayıcı +)

OLI: Operational Land Imager (Operasyonel Yer Görüntüleyici)

TIRS: Thermal Infrared Sensor (Termal Kızılötesi Sensör)

HRMSI: High Resolution Multispectral Stereo Imager (Yüksek Çözünürlüklü Çok Spektralli Stereo Görüntüleyici)

SLC: Scan Line Corrector (Tarama Hattı Düzeltici)

ITCZ: Intertropical Convergence Zone (Intertropikal Konverjans Zonu)

IUCN: The International Union for Conservation of Nature (Dünya ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği)

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun %55,3'ü kentlerde yaşamaktadır ve bu oranın 2030 yılında %60 civarında olacağı öngörülmektedir (United Nation, 2018). Dünya nüfusunun, dolayısıyla kentsel nüfusun artışı doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı arttırmaktadır. Artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak ve kentsel alanları genişletmek için tarım alanları, ormanlar, sulak alanlar tahrip edilmekte, kaynaklar gelişigüzel kullanılmaktadır. İnsanın doğa üzerindeki bu baskın rolü, taşkınları, çölleşmeyi, iklim değişikliği ve sebep olduğu diğer felaketleri de beraberinde getirmektedir.

Dünya üzerinde insanın var olduğu her yerde arazi, farklı sebeplerden dolayı değişime uğramaktadır. Kentleşme de arazi kullanım değişimlerine neden olan sebeplerden yalnızca biridir. Kentler bitki örtüsünün tahrip edildiği, geçirimsiz yüzeylerin yoğunlukta olduğu, drenajın büyük oranda değiştirildiği, enerji, su, bitki örtüsü, yer şekli ve doğal çevreyi oluşturan her bir parametrenin değişim ve dönüşümünün yaşandığı yerleşim birimleri olduğundan, kente dair süreçlerde, arazi örtüsünün değişiminde ve özellikle kent ikliminde karmaşık bir sistemin oluşmasını da beraberinde getirmektedir. Kentlerin çevrelerindeki kırsal alanlara göre bölgesel ve yerel ölçekte gösterdikleri iklimsel farklar ve atmosferik özelliklerin etkileri özellikle son yıllarda ilgili alanlarda çalışan araştırmacıların dikkatini çekmektedir (Duman Yüksel, 2005).

Arazi örtüsü (AÖ) ve arazi kullanımı (AK) birbiriyle karıştırılan veya birbirleri yerine kullanılan iki kavram olmasına rağmen ikisi de farklı anlamlara sahiptir. Arazi örtüsü, Dünya üzerindeki doğal ve antropojenik özellikleri tanımlamaktadır. Örneğin; ormanlar, sulak alanlar, otlaklar vb. gibi alanlar arazi örtüsüne dahil olmaktadır. Buna karşın arazi kullanımı, beşeri faktörler tarafından gerçekleştirilen faaliyetlerin sürdürüldüğü arazileri ve mülkün mevcut kullanımını ifade etmektedir. Örneğin; yerleşim alanları, fidanlıklar, kentsel yeşil alanlar vb. arazi kullanımına dahil olmaktadır (Fonji ve Taff, 2014). İster doğal faktörler sonucunda ortaya çıksın ister beşeri faaliyetlerden etkilensin AÖAK çevre bileşenlerinin en önemlileri arasında yer almaktadır. AÖAK, küresel çevre değişiminin en önemli bileşenlerinden birisidir. Özellikle insan faaliyetleri tarafından yönetilenler bu değişimde büyük paya sahiptir (Jensen, 2005). AÖAK'daki değişiklikler çoğunlukla biyoçeşitliliğin azalmasına hatta kaybına, çölleşmeye ve iklim değişikliği gibi olumsuz sonuçlara sebep olmasının yanı sıra atmosferdeki bileşenleri de etkilemektedir (Fonji ve Taff, 2014). AÖAK değişimi tespitinde farklı amaçlara ve çalışmanın ölçeğine bağlı olarak çeşitli yöntemler ve veriler kullanılmaktadır. Uzaktan algılama (UA), doğal/ yapay kaynakları haritalamak ve özelliklerini ortaya koymak için etkili olan yöntemlerden biridir (Welch vd. 2002; Çoban vd. 2010; Campbell ve Wayne, 2011; Kennedy

vd., 2012; Şenol, 2019). Uzaktan algılama çalışmalarında arazi örtüsü ve arazi kullanımı birlikte incelenmektedir. Arazi örtüsü uzaktan algılamayla direkt olarak tanımlanabilirken arazi kullanımı bazı durumlarda daha detaylı bilgi sahibi olmayı gerektirmektedir (Fonji ve Taff, 2014). Bu nedenle arazi kullanımı çalışmalarında uzaktan algılamayı destekleyici veri kaynaklarının kullanılması doğru bilgi edinmede önemli bir husustur. Uzaktan algılama ile hem arazi örtüsü hem arazi kullanımı verilerini sağlayan ve uluslararası literatürde de sıklıkla tercih edilen veri kaynaklarından birisi CORINE'dir. CORINE, Avrupa Çevre Ajansı tarafından üretilmiş 1/100.000 ölçeğe sahip arazi örtüsü ve arazi kullanımı veri setidir. Proje, Avrupa Birliği Komisyonu tarafından 1985 yılında başlatılmış ve 1990 yılından 2018 yılına kadar çevre bilgi sistemi oluşturularak Avrupa Birliği düzeyinde kabul edilmiştir (Örücü ve Arslan, 2020).

İklim, herhangi bir bölge veya alanda uzun süreli hava olayları ve atmosfer koşulları ile bunların ekstrem değerleri ve standart sapmalarını ifade etmektedir. Bir bölgenin ikliminden bahsederken o bölgenin sıcaklık, nem, yağış, rüzgâr ve diğer meteorolojik koşullarının ortalamasından ve karakteristik özelliklerinden söz edilmektedir. İklim, bir bölgedeki hava olaylarının uzun süreli eğilim ve varyasyonlarını ifade ettiği için iklim verileri uzun yıllar ölçülerek incelenmektedir. İklim, atmosfer, hidrosfer, litosfer, biyosfer ve buzullardan oluşan çok yönlü ve aktif sistemler bütünü olduğundan iklimi oluşturan her etmen, birden fazla faktörden etkilenmekte ve onları etkilemektedir. Antropojenik faktör olarak nitelendirilen insan etkisi, iklimi doğrudan etkilemektedir (Duman Yüksel, 2005). İklim değişikliği, bu uzun süreli hava olayları ve atmosfer koşullarındaki anlamlı değişiklikleri ifade etmektedir. Dünya'nın defalarca kez geçirmiş olduğu iklim değişiklikleri Güneş radyasyonundaki değişiklikler, volkanik aktiviteler, orbital parametrelerdeki değişimler gibi doğal nedenlerin yanı sıra sera gazı salımının artması, arazi örtüsünün kontrolsüz değişimi, endüstriyel faaliyetler gibi insan kaynaklı da olabilmektedir. İnsanın doğa üzerindeki egemenliği arttıkça küresel sıcaklıklar da artmaktadır. Küresel yüzey sıcaklığı 2011-2020 döneminde, 1850-1900 dönemine göre 1,1 °C daha yüksektir (IPCC, 2023). Bu artış karalarda, okyanuslardan ortalama 0,71 °C daha fazladır. Küresel yüzey sıcaklıkları 1970 yılından günümüze, önceki 50 yıllık periyodlara göre daha hızlı artmıştır. Sanayi Devrimi'nden sonra artan sera gazı emisyonları, sürdürülebilir olmayan enerji kullanımı, arazi kullanımı ve arazi kullanım değişikliği, yaşam tarzları, bölgeler-ülkeler-toplumlar ve bireyler arasında üretim ve tüketimden kaynaklanan eşitsizlikler küresel yüzey sıcaklıklarının artışına katkıda bulunmaktadır (IPCC,2023). Bu sebeplerle özellikle Sanayi Devrimi'nden sonra iklimde ve iklimi oluşturan parametrelerdeki hızlı değişim sebebiyle günümüzde iklim değişikliği oldukça önemli çevresel bir sorun olarak kabul edilmektedir.

Kent iklimi yalnızca günümüzde değil çok eski dönemlerde de ilgi çekici bir konu olarak araştırılmıştır. Vitruvius (İ.Ö 75-26), Roma kentlerinde planlamayı ve iklim koşullarını incelediği kitaplar yazmıştır. 17. Yüzyılın başlarına kadar kent iklimi konusunda incelenen olgu genelde kentin planlanması ve hava kirliliği üzerine olmuştur. KIA ve iklimdeki dengeler üzerine yapılan niteliksel çalışmalar 17. Yüzyıldan sonra başlamıştır. Bunun üzerinde Sanayi Devrimi'yle birlikte büyüyen kentler ve artan nüfusla kentlerin ve kentlerdeki iklimin belirgin değişimi etkili olmuştur (Duman Yüksel, 2005).

Dünya, oluştuğu günden bu yana pek çok kez ciddi iklim değişiklikleri yaşamış, bazen kitlesel yok oluşlar meydana gelmiş bazen de yeryüzündeki canlılar bu değişime adapte olarak yaşamlarını sürdürmüşlerdir. Ancak özellikle Sanayi Devrimi'nden sonra (18. Yüzyılın ortalarından itibaren) Dünya üzerinde antropojenik etki baskın duruma geçmiş, insan etkisi önce yerel sonra küresel boyutlara ulaşmıştır. Gerek nüfusun gerek sanayi faaliyetlerinin artması sonucu fosil yakıt kullanımı artmış, bu da fazla aerosol ve sera gazı oluşmasına sebep olmuştur. Bunun yanı sıra nüfusun ihtiyaçları doğrultusunda arazi kullanımı, tarım ve ormancılık faaliyetlerindeki süreçler ve doğal döngüler değişime uğramıştır. Arazi örtüsünü sürdürülebilir olmayan biçimde ve kontrolsüz değiştirmek, yeni yerleşim veya sanayi alanları açmak için mevcut olan tarım arazilerini yok etmek, tarım ve hayvancılık için ormanlık alanları tahrip etmek ya da sanayi ve çeşitli sebeplerle yine ormanları doğal dengeyi bozacak biçimde ortadan kaldırmak doğal çevredeki dengeyi bozan unsurlardandır. İklimle bağlantılı olan ve doğal dengeyi bozan her durum hava sıcaklığı ve YYS'nin artmasına sebep olmuştur. Örneğin; arazi kullanımının değişimi albedoyu, yüzey pürüzlülüğünü ve topografyayı etkilemiştir. Ayrıca arazi kullanımı, su buharı üzerindeki etkilerinden dolayı, sera gazlarının atmosfer ve litosfer arasındaki döngüsünü değiştirmiştir. (Duman Yüksel, 2005).

KIA etkisi, kentlerin çevresindeki kırsal alanlara göre daha yüksek YYS ve hava sıcaklığına sahip olmasını ifade etmektedir (Oke, 1973, 1982; Landsberg, 1981; Voogt ve Oke, 2003). Çevresindeki kırsal alanlara göre daha sıcak olan kentsel alanlar ilk olarak Howard tarafından Londra kenti için tanımlanmıştır (Howard, 1818). Kent ikliminin değişmesine neden olan faktörlerden birini kentleşme oluşturmaktadır. Kentlerde hava sıcaklığında artış, rüzgâr hızında azalma, yapılaşmanın etkisiyle sıcaklık gradyanlarının kent meltemlerine neden olması, nispi ve mutlak nemde görülen değişiklikler artan kentleşmenin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Çiçek ve Doğan, 2005). Bunun yanı sıra kent iklimini oluşturan etmenlerdeki değişim kent kanyonlarının neden olduğu uzun dalgalı radyasyonların azalmasına ve kanyonların geometrisinden dolayı albedodaki azalmaya neden olmaktadır (Landsberg, 1981;

Oke vd., 1991). Kentlerin doğal zemin yapısının bozulup asfalt ve çimento ile kaplanması, yeşil alanların dolayısıyla zemindeki nemin azalması, yüksek katlı binaların sebep olduğu kanyon etkisi sonucu KIA meydana gelmektedir (Chandler, 1965; Landsberg, 1981) ve bu etki genellikle pozitifdir. Hem gündüz hem gece görülen KIA, geceleri daha yoğun etkiye sahiptir. Kent ve kır arasında veya kentin içerisinde, KIA etkisinin görüldüğü alanla görülmediği alan arasındaki sıcaklık farkı açık ve sakın havalarda daha fazladır. Bulutlu ve rüzgarlı havalarda bu etki azalmaktadır. Kentin topografik özellikleri, radyasyon ve türbülans kaynaklı değişimler sıcaklık farklarının oluşmasında önemli etmenlerdir (Çiçek ve Doğan, 2005). Yalnızca kentle kır arasında değil kentin kendi içinde de AÖAK'nın değişmesiyle YYS ve KIA şiddeti değişmektedir. Çoğu zaman sanayi, kent yerleşimi ve ticaret alanlarının yoğun olduğu bölgeler (Liu vd., 2017; Zhang vd., 2017), havaalanı ve demiryolu kullanımındaki araziler KIA etkisinin görüldüğü alanlardır (Leconte vd., 2015). Ormanlar, su kütleleri, çayırlar ve kentsel yeşil alanlarda ise daha düşük sıcaklıklar görülmektedir (Şekertekin vd., 2016). Ancak bu durum gece-gündüz veya mevsimsel olarak değişebilmektedir. Kentleşme ve beraberinde getirdiği arazi değişimleri YYS'nin değişmesi için itici gücü oluşturmaktadır (Zhou vd., 2011; Chen vd., 2017; Yang vd., 2017; Guo vd., 2012; Jiang vd., 2015; Tayyebi vd., 2018; Fonsenka vd., 2019). Bu durum özellikle gelişmekte olan ülkelerde daha şiddetli bir eğilim göstermektedir. Örneğin; Hindistan'ın küçük ve orta ölçekli kentlerindeki plansız kentleşme zamanla kent alanlarındaki YYS'yi arttırmıştır (Das ve Das, 2020a; 2020b). Yapılan araştırmalarda bir milyon ve daha fazla nüfusa sahip kentlerin, çevresindeki kırsal alanlara göre yıllık ortalama sıcaklıklarının 1-3 °C daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Hatta bu sıcaklık farkı açık ve rüzgârsız gecelerde daha da artarak 12 °C'ye ulaşmaktadır (Thompson ve Perry, 1997). Dutta ve Das (2020), çalışmalarında YYS'nin, büyüyen kentsel yerleşimler sebebiyle 1990-2015 yılları arasında 1,73 °C arttığını tespit etmişlerdir (Dutta ve Das, 2020). KIA oluşumunda Güneş'ten gelen radyasyonun zemin ile ilişkisi önemli bir etkiye sahiptir. Kır ve kent arasında oluşan sıcaklık farkları ve KIA etkisi büyük oranda bu ilişkiye bağlıdır. Kır ve kentin zemin özelliklerinin farklı olması gelen radyasyona verdikleri tepkiyi de değiştirmektedir. Gelen radyasyonun geri yansıtılmasında bu zemin farkları etkili olmaktadır. Kentlerde yoğun olarak görülen geçirimsiz yüzeyler ve koyu renkli zeminler, Güneş'ten gelen enerjinin tutulmasına sebebiyet vermektedir (Gerçek ve Türkmenoğlu Bayraktar, 2014). Bunun yanı sıra kırsal alanlarda gelen enerji geri yansımada hiçbir engelleme takılmazken, kentlerde yapılaşmadan dolayı engellere takılmakta, enerji büyük oranda tutulmakta ve geri yansımada önemli gecikmelere neden olmaktadır (Güneş vd., 2021). Bu da kentlerin enerji bilançosunun değişmesine yol açarak, arazi örtüsündeki değişimlerle birlikte ısı ve enerjiyi hapseden bir yapıda olmasına sebep olmaktadır (Oke, 1981;

Oke, 2002). Kent dikey olarak geliştiğinde absorpsiyon oranı artmakta ve kent kanyonları oluşarak KIA etkisi büyümektedir (Yılmaz, 2015).

Kentsel alanda yükselen sıcaklıklar pek çok faktörü etkilemektedir. Bitki örtüsünün büyüme hızına etki etmesi (Melaas vd., 2016; Zipper vd., 2016), hava kirliliğine yol açması (Sarrat vd., 2006), enerji tüketimini arttırması (Santamouris, 2014; Santamouris vd., 2015) ve kentte yaşayanların sağlığına etki etmesi (Vandentorren vd., 2006; Tan vd., 2010; Dong vd., 2014) bunlardan bazılarıdır. KIA etkisinin en büyük sebebi AÖAK'daki değişimlerdir (Zhou vd., 2016; Estoque vd., 2017; Du vd., 2020; Wang vd., 2020; Zhou vd., 2021). Bunun yanı sıra kentlerdeki türbülans hareketlerinden, bulutluluk oranından ve rüzgar hızı gibi meteorolojik faktörlerden de etkilenmektedir (Morris vd., 2001). Son yıllarda özellikle kentsel arazi örtüsü değişimi ve KIA arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarda KIA'nın kentlerin gelişirken genişlemesi (Zhou vd., 2016) ve coğrafi konumları (Ramamurthy ve Sangobanwo, 2016) ile ilgili olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca KIA üzerinde sera gazları ile antropojenik etki olarak sayılan bina cephelerinin camdan yapılması, beton, zemin kaplama malzemesi, yollar, metal yüzeyler vb. gibi faktörler sıcaklığın artışına sebep olmaktadır (Ünal Çilek, 2022). Bu faktörler kentlerde yüzey enerji dengesini değiştirerek sıcaklık değişimine yol açmakta ve KIA etkisi oluşturarak kent ve kırsal arasında sıcaklık farklarına yol açmaktadır (Wemegah, 2020).

KIA her ne kadar kentlerin çevrelerine göre sıcak olduğu durumu ifade etse de durum her zaman böyle olmamaktadır. Yapılan çalışmalar göstermektedir ki özellikle kurak ve yarı kurak alanlarda kentler çevrelerine göre daha soğuk olabilmektedir (Lougeay vd. 1996; Nichol, 1996; Peña, 2009; Yılmaz, 2013). Kentlerin çevrelerine göre soğuk olma durumu mevsimsel olarak değişebilmekte özellikle kurak dönemde KIA etkisi artmaktadır (Cui ve de Foy, 2012). Diğer yandan KIA her durumda veya her mekanda olumsuz bir etkiye sahip değildir. Soğuk iklim bölgelerinde KIA enerji tüketimini azaltmakta (Sun ve Augenbroe, 2014), dış mekan konforunu iyileştirmekte, yollardaki olumsuz hava koşullarını azaltarak aynı zamanda tehlikelerin önüne geçmekte (Stewart ve Oke, 2012) ve soğuktan kaynaklanan ölümleri azaltmaktadır (Macintyre vd., 2021).

Arazi örtüsünün ve beraberinde kent ikliminin değişmesine yönelik yapılan çalışmalarda uzaktan algılama teknikleri sıklıkla kullanılmaktadır. Mevcut durumu görmenin yanı sıra geçmişe dönük bilginin elde edilebilmesi sebebiyle gerek AÖAK'de gerekse kent iklimini oluşturan parametrelerde alansal ve zamansal değişim analizleri gerçekleştirilmektedir. Uyduların sahip olduğu farklı spektral özelliklere sahip bantlar sayesinde farklı arazi örtüsünü algılanmakta ve termal bantlar sayesinde yer yüzeyine ait her birimin sıcaklık ölçümü

yapılmaktadır. Uydu görüntülerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri'ne (CBS) entegre edilmesiyle amaca yönelik uygulanacak istatistiki yöntemlerle farklı sorun veya hipotezlere yanıt bulunmaktadır. YYS, Dünya yüzeyinin radyasyona bağlı enerji bütçesinin belirlenmesinde rol oynayan önemli bir değişkendir (Hulley vd., 2019). YYS, uzun dalgalı yer radyasyonunu ve arazi-atmosfer arasındaki ısı dengesini sağlayarak kuraklık izleme, toprak nemi tahmini, evapotranspirasyon tahminleri ve modellemeler için önemli bir faktör olarak kullanılmaktadır (Anderson vd., 2011; Hain vd., 2011; Semmens vd., 2016). Aynı zamanda Dünya üzerindeki pek çok fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreç için belirleyici bir rol üstlenmektedir. Uzaktan algılama, YYS'nin lokal bir bölgeden küresel ölçeğe kadar tahminini ve yer-zaman ilişkisi içinde izlenmesinde kullanılan etkili bir araçtır (Wan ve Li, 1997; Agarwal vd., 2014; Yu vd., 2014; Zhou vd., 2019). YYS'nin artması, KIA oluşumu için en önemli sebeplerdendir (Ünsal ve Avcı, 2023).

YYS ve KIA'nın tespitinde uzaktan algılama teknolojisine bağlı olarak uydu görüntüleri ve termal algılayıcı bantlar sıklıkla kullanılmaktadır (Ogashawara ve Bastos, 2012). Dünya yüzeyi üzerinde pek çok uydu sürekli olarak Dünya'yı izlemekte ve küresel veri kaydı yapmaktadır. Uydulara bağlı termal algılayıcılar bu uydular tarafından algılanan verilerden yalnızca biridir. Küresel iklim değişikliği ve etkileri düşünüldüğünde sıcaklık analizleri için hem zamansal hem de mekânsal kayıt gerçekleştiren termal uzaktan algılama verileri önem kazanmaktadır. KIA tespitinde uzaktan algılamanın yanı sıra meteoroloji istasyonlarının verilerine dayanan çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Ancak meteoroloji istasyonu verileri, istasyonun istenilen konumda olmaması veya verilerdeki eksikliklerden dolayı daha yetersiz veriler sunmaktadır (Tsou vd., 2017). Uzaktan algılamada kullanılan uyduların termal bantlarının yüzey sıcaklıklarını ölçmesi KIA çalışmalarının daha hassas ölçümlerle yapılmasına olanak sağlamaktadır. KIA çalışmalarında termal bantların kullanıldığı ilk çalışma 1972 yılında Rao tarafından gerçekleştirilmiştir (Rao, 1972). Bu tarihten sonra YYS ve KIA çalışmalarında uydu görüntüleri ve termal bantlar sıklıkla kullanılmaktadır (Khorrami ve Gündüz, 2019). Uzaktan algılamada kullanılan termal bantlar, elektromanyetik spektrumun kızılötesi dalga boyunda algılama yaparak cisimden yayılan termal enerjiyi ölçmektedir (Şekertekin vd. 2018).

Türkiye'nin büyük kentlerinden biri olan Eskişehir'de AÖAK değiştikçe şüphesiz bundan kent iklimi de etkilenmektedir. Bu etkinin boyutu, yönü ve geleceği uydular ve termal bantlar aracılığıyla analiz edilmektedir. Uydulara bağlı olarak elde edilecek arazi ve termal bant verileri sayesinde Eskişehir'deki kent iklimi unsurlarından biri olan sıcaklık, daha özel boyutta ifade edilecek olunursa KIA hakkında yorum yapmak mümkün olmaktadır. Küresel iklim

değişikliğinin yerel temsilcilerinden biri olan kentlerde, uzaktan algılama teknolojisi aracılığıyla yapılacak analizler çevre politikalarına, küresel iklim değişikliği stratejilerine ve karar vericilerin önleyici uygulamalarına fayda sağlayacaktır. Dolayısıyla Eskişehir için AÖAK değişikliğinin KIA'ya olan etkilerinin analiz edilmesi ve sonuçlarının değerlendirilmesi de küresel çevre sorunlarını yerelde çözmeye yönelik atılacak uygun bir adımdır. Bu tezin amacı, Eskişehir kent merkezi ve yakın çevresinde AÖAK değişikliğini zamansal ve mekansal olarak tespit ederek bu değişikliğin YYS ve KIA üzerindeki etkisini belirlemektir. Artan kentsel nüfusun ihtiyaçları doğrultusunda değişen ve gelişen kent yapısıyla birlikte AÖAK şeklinin de değiştiği, bu durumun kent iklimini ve yüzey sıcaklıklarını etkilediği göz önünde bulundurulduğunda, Eskişehir kentinin gelecekteki sürdürülebilir arazi kullanım planlaması ve iklim dirençli kent tasarımı konularında öneride bulunmaktadır. Tez çalışmasında yapılan analizler ve elde edilen sonuçlar karar vericiler için yerel yönetim politikaları ve strateji geliştirmeye altlık oluşturacak nitelikler taşımaktadır.

1.1. Araştırma Soruları ve Hipotezler

Hızlı kentleşmenin bir getirisi olarak kentsel alanlarda AÖAK öngörülemez biçimde değişmektedir. Bu değişimin sonuçlarından birisi olarak gerek doğayı gerekse insanı olumsuz yönde etkileyen KIA olgusu ortaya çıkmaktadır. Kentsel ve kırsal alanlardaki zemin özelliklerinin farklılığı iklim açısından da farklılığı beraberinde getirmektedir. Arazideki bu değişimin kentsel alanlara ne derece etki ettiği ve bunun zaman içerisinde nasıl değiştiği başta küresel iklim değişikliği çalışmaları olmak üzere pek çok çalışma alanında önemli bir araştırma konusu haline gelmektedir.

Eskişehir kentsel nüfusu fazla ve sahip olduğu bazı çekiciliklerden dolayı göç alan bir ildir. Bu da zamanla AÖAK'da değişiklikleri beraberinde getirmektedir. Artan kentsel nüfusla birlikte kent içindeki yapıların yoğunluğu artmakta ve hava sirkülasyonu azalmaktadır. Bu durum Eskişehir kentinde kent iklimi açısından bir problem olarak görülmektedir. Arazi örtüsünü sürdürülebilir olmayan şekilde değiştirmek ve kullanımında olumsuz yönde bir değişime sebep olmak KIA etkisini de arttıracığından Eskişehir kenti için problem oluşturmaktadır. Tez konusu kapsamında aşağıdaki araştırma sorularına cevap aranmıştır:

- ✓ Eskişehir kent merkezi ve yakın çevresinde AÖAK'nın zamansal ve mekansal değişimi nasıldır?
- ✓ AÖAK'daki değişim en fazla ve en az hangi sınıflarda meydana gelmiştir?
- ✓ Eskişehir kent merkezi ve yakın çevresinde YYS'nin değişimi nasıldır? AÖAK ile ilişkisi nedir?

- ✓ Eskişehir kent merkezi ve yakın çevresinde KIA etkisi var mıdır? Varsa AÖAK ile arasındaki ilişki nedir?
- ✓ Kentin büyüme aksı, YYS'nin ve KIA'nın odağını değiştirmiş midir?
- ✓ Eskişehir kent merkezi ve çevresinde, sürdürülebilir arazi kullanımı ve iklim dirençli kent nasıl yaratılabilir?

Çalışma kapsamında araştırma sorularının farklı teknik ve istatistikler ile cevapları aranmış ve hipotezler test edilmiştir. Tezin ana hipotezi “Eskişehir kent merkezi ve yakın çevresinde AÖAK değişmekte, bu değişim YYS’yi ve KIA etkisini arttırmaktadır”dır. Bu ana hipotez çerçevesinde test edilen diğer hipotezler şunlardır.

- ✓ Eskişehir’de arazi örtüsündeki değişim yapay alanların arttığı bir boyutta gerçekleşmiştir.
- ✓ Çalışma alanında AÖAK’daki değişim en fazla tarım alanları ve yerleşim alanlarında; en az değişim ise ormanlık alanlarda olmuştur.
- ✓ Eskişehir kent merkezi ve çevresinde YYS artış eğilimi göstermektedir. Bu durumun ana nedeni büyüyen kentsel alandır.
- ✓ Kentin yıllar içinde gösterdiği büyüme, KIA’nın odağının değişmesine ve birden fazla odak noktası oluşumuna neden olmuştur.
- ✓ Çalışma alanında arazi kullanımında sürdürülebilirlik sağlanmazsa, KIA etkisi giderek büyüyecek ve birden fazla noktada ciddi etkilere sebep olacaktır.

1.2. Bilimsel Katkı

Literatürde önceki yıllarda sabit, mobil istasyon ve uydu görüntüleriyle yapılan pek çok YYS ve KIA etkisi çalışması bulunmaktadır. Bunun yanı sıra arazi örtüsü değişimlerinin de zamansal ve mekansal süreçlerini incelemeye yönelik çalışmalar (Fonji ve Taff, 2014; Jiang, 2015; Sun ve Chen, 2017; Çelik, 2019; Koday ve Kızıllan, 2019; Kaya vd., 2020; Öncü ve Arslan, 2020; Demir, 2021; Almashharawi, 2021; Önkol ve Menteşe, 2023) gerçekleştirilmiştir. Arazi örtüsündeki değişimin YYS ve KIA’ya olan etkilerinin incelendiği çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilmiştir (Duman Yüksel, 2005; Jusuf, 2007; Cai vd., 2011; Ogashawara ve Bastos, 2012; Xiong vd., 2012; Şekertekin vd., 2015; Uğur ve Polat, 2016; Singh vd., 2017; Xiao vd., 2018; Kaplan vd., 2018; Karakuş, 2019; Akkurt, 2020; Khamchiangta ve Dhakal, 2020; Siddiqui vd., 2021; Amorim vd., 2021; Ünal Çilek, 2022; Husain vd., 2023; Ünsal ve Avcı, 2023; Ay, 2024).

Kentleşme arttıkça, doğal alanların yarı doğal veya yapay alanlara dönüşmesi YYS’de ve KIA etkisinde artışa yol açmaktadır (Oke, 1973; Streutker, 2003b; Guo vd., 2012; Kaya vd.,

2012; Ogashawara ve Bastos, 2012; Xiong, 2012; Kuşçu Şimşek, 2013; Dengiz ve Demirağ Turan, 2014; Singh vd., 2017; Xiao vd., 2018; Çelik, 2019; Khorrani ve Gündüz, 2019; Tonyalıoğlu, 2019; Du vd., 2020; Akkurt, 2020; Polat, 2020; Akyürek, 2020; Monteiro vd. 2021; Guerri vd., 2021; Orhan, 2021; Çalhan ve Özelkan, 2022; Rahman vd., 2022). Kent içinde kentsel yeşil alanlar, kent dışında ise bitki örtüsü varlığı YYS üzerinde etkilidir. Yeşil alan ve bitki örtüsü azaldıkça YYS yükselmekte, bitki varlığı arttıkça YYS azalmaktadır. Bitki örtüsünün tespiti için kullanılan pek çok indisten en çok tercih edileni NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)'dir. NDVI ve YYS ilişkisinin incelendiği pek çok çalışmada NDVI- YYS korelasyonunun negatif olduğu tespit edilmiştir (Uysal ve Polat, 2015; Sun ve Chen, 2017; Ersoy Tonyalıoğlu, 2019; Kuşçu ve Şimşek, 2019; Çelik, 2019; Kesgin Atak ve Ersoy Tonyalıoğlu, 2020; Türkyılmaz vd., 2020; Khamchiangta ve Dhakal, 2020; Teppanosyan, 2021; Pashaei ve Aksoy, 2022; Morsy ve Hadi, 2022; Yücer, 2023).

AÖAK'da, yüzeylerin sahip olduğu farklı özelliklerden dolayı (pürüzlülük, albedo, renk, doku, özgül ısı kapasitesi, eğim dereceleri, su içerikleri vb.) YYS de farklılık göstermektedir. Yapılan çalışmalarda önemli arazi kullanım tiplerinden olan havaalanları ile sanayi ve ticari ünitelerde yüksek YYS tespit edilmiştir (Mindali vd., 2015; Kaplan vd., 2018; Silva vd., 2018; Taşdelen, 2019; Akyürek, 2020; Güneş vd., 2021; Ünal Çilek, 2022; Yücer, 2023; Şenlik ve Yılmaz, 2023). YYS'nin düşük olduğu arazi örtülerini su yüzeyleri, ormanlar, kentsel yeşil alanlar ve bazı çalışmalarda bilinenin aksine kent yerleşimleri; YYS yüksek alanları ise tarım alanları, yapay yüzeyler ve çıplak araziler teşkil etmektedir (Duman Yüksel, 2005; Cai vd., 2011; Yılmaz, 2013; Yılmaz vd., 2013; Yılmaz, 2015; Şekertekin vd., 2015; Aslan ve Koc-San, 2016; Aslan, 2016; Adıgüzel ve Kaya, 2017; Yamak vd., 2019; Şekertekin vd., 2019; Karakuş, 2019; Kesgin Atak ve Ersoy Tonyalıoğlu, 2020; Güneş vd., 2021; Ünal Çilek, 2022; Çalhan ve Özelkan, 2022; Kaçmaz ve Gürbüz, 2022; Ünsal ve Avcı, 2023; Ardahanlıoğlu, 2023; Husain vd., 2023; Ay, 2024).

YYS'ler yalnızca mekansal farklılıkları ile değil zamansal boyutuyla da incelenmektedir. Gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farklarının kent iklimi üzerinde etkili olduğu göz önüne alındığında kentlerde gece ve gündüz KIA tespiti ayrı bir araştırma alanını oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalarda özellikle nüfusu fazla kentlerde gece KIA etkisinin daha yoğun olarak yaşandığı görülmektedir (Çiçek ve Doğan, 2005; Jusuf vd., 2007; Sheng, vd., 2015; Yolneszadeh vd., 2015; Uğur ve Polat, 2016; Morabito vd., 2016; Yavaşlı, 2017; Şekertekin vd., 2018; Siddiqui vd., 2021; Monteiro, 2021; Amorim vd., 2021).

Kentsel alanlarda artan nüfus ve bu nüfusa bağlı ihtiyaçlar doğrultusunda arazi kullanımını değiştirmektedir. Eskişehir kent yerleşiminin bulunduğu alanda da farklı çekiciliklerden

dolayı nüfus artmakta, zamanla kentin dokusu ve alanı değişmektedir. Günümüzün en büyük problemlerinden biri olan küresel iklim değişikliğinde kentlerin büyük payı olduğu göz önüne alındığında kent arazilerindeki değişimin kent iklimi üzerinde de etkili olacağı çok açıktır. Eskişehir'in kentsel alanı ve yakın çevresinde daha önce AÖAK- YYS- KIA ilişkilerini detaylı olarak inceleyen ve bu ilişkileri zamansal ve mekansal değişim bağlamında ortaya koyan bir çalışmanın yapılmamış olması çalışmanın önemini ortaya koymaktadır. Bunun yanı sıra daha önce yapılmış benzer çalışmaların, çalışmanın yapıldığı dönemdeki mevcut durumu anlatıp değişim tespitine yer vermemesi, lokal alanlar için uygulanması ya da tam tersi, çalışma alanının büyük olup ayrıntılara yer vermemesi veya çalışmaların eski tarihli olması yapılan bu tez çalışmasının kapsayıcılığı konusunda da önemini artırmaktadır. Çalışmada Eskişehir kentsel alanı ve yakın çevresinde AÖAK'daki değişimin YYS ve KIA'ya olan etkisi incelenerek sonraki çalışmalara katkıda bulunmak ve coğrafi bakış açısıyla gerçekçi sonuçlara ulaşmak hedeflenmiştir. Tez çalışmasında seçilen konu, iklim değişikliği konusunda önem arz eden güncel konulardandır. Bu tez çalışmasıyla literatürde bulunan ilgili konulardaki boşlukların doldurulması planlanmaktadır.

1.3. Kapsam ve Sınırlılıklar

Bu tez çalışmasının kapsamı 1990, 2000, 2006, 2012 ve 2018 yıllarına ait CORINE arazi örtüsü veri setine bağlı AÖAK ile çalışma alanı sınırları içerisinde YYS ve KIA tespitini içermektedir. Tez çalışması çerçevesinde Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI/TIRS uydularından elde edilen uydu görüntüleri ve termal bantlar aracılığıyla analizler gerçekleştirildiğinden diğer uydulara veya çözünürlük farkına bağlı olarak gelişen değişimler çalışmanın kapsamı dışında kalmaktadır.

Uzaktan algılama teknolojileri, gerek AÖAK çalışmalarında gerekse termal bantlar aracılığıyla yüzey sıcaklıklarını hesaplamada sıklıkla kullanılmaktadır. Uydu görüntülerinin kullanıcılara sunmuş olduğu pek çok avantajın yanında bazı eksiklikleri mevcuttur. Çalışmada kullanılan Landsat uydularının bir noktadan 16 günde bir geçtiği göz önünde bulundurulduğunda tam olarak istenilen gün ve saatte görüntüye ulaşmak mümkün olmamaktadır. Çalışmayı sınırlandıran bir diğer etmen ise bulutluluk oranıdır. YYS'yi hesaplamak amacıyla termal bantların sağlamış olduğu görüntülerin doğru bir şekilde analiz edilebilmesi için çalışma alanının olabildiğince bulutsuz görüntüye sahip olması gerekmektedir.

Tez çalışmasında mevsimsel farkların incelenmesi için 1 adet yaz mevsimine, 1 adet kış mevsimine ait olmak üzere her araştırma yılı için 2'şer uydu görüntüsü kullanılmıştır. Kullanılan veri kaynaklarının sınırlılıkları içerisinde yaz mevsimini temsilen temmuz ayı, kış

mevsimini temsilen ocak ayı seçilmiştir. Seçilen aylar içinde mümkün olduğunca birbirine yakın tarihlerde ve bulutluluk oranı düşük görüntüler seçilmeye çalışılmıştır. Çalışma alanının konumundan dolayı kış mevsiminde bulutluluğu az olan görüntüyü bulmak zor olduğundan 1990 yılı kış mevsiminin görüntüsü şubat ayının ilk haftasından, 2000 yılının kış görüntüsü ise aralık ayının son haftasından alınmıştır.

2006 ve 2012 yıllarının hem yaz hem kış mevsimlerine ait elde edilen Landsat 7 ETM+ uydu görüntülerinde, SLC (Scan Line Corrector) OFF hatası ile karşılaşmıştır. SLC, Landsat 7 uydusunun görüntülerini alırken tarama çizgilerini düzeltmek için kullanılan bir mekanizmadır. Ancak 2003 yılında bu mekanizma arızalanmış ve düzeltme yapamaz duruma gelmiştir. Bu da uydu görüntüsünde bozulmalara ve eksik bölgelerin oluşmasına sebep olmaktadır. Bu sorun, kullanılacak uydu görüntülerinde enterpolasyon işlemi uygulanarak çözülmüş, eksik bölgeler komşu pikseller referans alınarak tamamlanmıştır. Böylece hatasız olan görüntülerde uygulanan tüm işlemler Landsat 7'nin 2006 ve 2012 görüntülerinde de uygulanabilir hale getirilmiştir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Tezin kavramsal çerçevesinin oluşturulduğu bu bölümde tez konusuyla ilgili teorik alt yapının açıklanması amaçlanmaktadır.

2.1. Uzaktan Algılama (UA)

Uzaktan algılamanın pek çok bilim dalı tarafından kullanılmasından dolayı birden fazla tanımı bulunmaktadır. Sesören (1999), uzaktan algılamayı yeryüzünden belirli yüksekliklere yerleştirilen ölçüm cihazlarıyla yeryüzündeki objeler hakkında bilgi edinme olarak tanımlarken; Örüklü (1988) elektromanyetik spektrumun mor ötesi ve mikro dalga ışınları arasındaki bölge aracılığıyla havadan veya uzaydan cisimleri algılamak, bilgi edinmek, kaydetmek ve incelemek olarak tanımlamaktadır. En geniş tanımıyla uzaktan algılama “herhangi bir nesne hakkında doğrudan temas olmadan bilgi edinme” yöntemidir (Swain ve Davis, 1978; Ayday, 2004). Mekan bilimlerinde uzaktan algılama ise “insansız hava araçları, uçaklar veya uydular aracılığıyla yeryüzü hakkında bilgi toplama, bu bilgileri işleme ve değerlendirme” olarak ifade edilmektedir. Edinilen bilgi elektromanyetik enerjinin algılanmasıyla doğrudan ilişkilidir (Yavaşlı, 2019). Uzaktan algılama, yeryüzündeki nesnelerin elektromanyetik radyasyona karşı yansıtma ve soğurma özelliklerini içeren bir prensibe sahiptir (Güneş ve Uyguçgil, 2022).

Fotoğraf makinesinin icadı, yeryüzü hakkında bilgi edinmenin en önemli adımlarından biri olduğundan uzaktan algılamanın başlangıcı olarak, Nicéphore Niépce'nin 1826 yılında çektiği ilk fotoğraf kabul edilmektedir. 1850'li yıllarda balonlar aracılığıyla yeryüzünün fotoğraflanması, 1900'lü yıllardan itibaren güvercinlere monte edilen kameralarla görüntü alınması, I. ve II. Dünya savaşları sırasında uçaklarla çekilen hava fotoğrafları, 1940'lı yıllarda kızılötesi filmlerin geliştirilerek askeri amaç ve bitki haritaları için kullanılması uzaktan algılamanın başlangıç sürecini ifade etmektedir (Sunar vd., 2018). Uzaktan algılama terim olarak ilk kez 1950'lerde ABD Deniz Araştırmaları Ofisi'nden Evelyn Pruitt tarafından kullanılmıştır (Al-doski vd., 2013). Daha sonra Almanların V-2 roketleri üzerine kamera yerleştirerek roketin yörüngeye hareketi esnasında çektiği fotoğraflar uzaydan alınan ilk fotoğraflar olarak önemli bir yere sahiptir. 1957'de SPUTNIK uydusu ile uydu üzerinden fotoğraflar, 1960 yılında gönderilen TIROS-1 meteoroloji uydusuyla da siyah-beyaz fotoğraflar elde edilmiştir. 1970'li yılların başında ABD, İç İşleri Bakanlığı ve NASA işbirliği ile ERTS (Earth Resources Technology Satellites) programını ortaya çıkarmıştır. 1972 yılında ERTS-1 uydusu üretilmiştir ve bu gelişme uydu tabanlı uzaktan algılamanın başlangıcı kabul edilmektedir. ERTS programı, 1975 yılında LANDSAT adını almış ve LANDSAT-2 uydusu

uzaya gönderilmiştir (Sunar vd., 2018; Yavaşlı, 2019). ERTS-1 uydusunun adı LANDSAT-1 olarak değiştirilmiştir (Işık Pekkan, 2018). Günümüzde LANDSAT uydularına ait programlar NASA ve USGS (Amerikan Jeoloji Servisi) tarafından ortak yürütülmektedir (Çelik, 2019). 1982 yılında SIR-A uydusunun uzaya gönderilmesi, ilk askeri olmayan radar sisteminin başlangıcı olmuştur (Sunar vd., 2018). Günümüzde hem Dünya'yı hem de diğer gezegenleri görüntülemek amacıyla pek çok uydu sistemi bulunmaktadır. Her geçen gün sayıları artan uyduların sağlamış olduğu uzaktan algılama görüntüleri coğrafya, jeoloji, biyoloji, hidroloji, ormancılık, arkeoloji, epidemiyoloji gibi birçok bilim dalı tarafından kullanılmaktadır.

Uzaktan algılamanın çalışma prensibi, Güneş'ten veya farklı bir enerji kaynağından yayılan enerjinin cisme çarpıp geri yansıtıldığındaki enerjisinin çeşitli algılayıcılar tarafından kaydedilmesi esasına dayanmaktadır. Uydudaki algılayıcıların yeryüzündeki bir nesneyi algılayabilmesi elektromanyetik enerji ve elektromanyetik spektruma bağlıdır. Elektromanyetik enerji, dalgalar halinde yayılan enerjiyi ifade etmektedir. Birbirini izleyen dalgaların tepe noktaları arasındaki mesafe olarak tanımlanan dalga boyu, nesnelerin enerjileriyle ters orantılıdır. Yani yüksek enerjiye sahip sıcak nesnelere kısa dalga boyunda, düşük enerjiye sahip soğuk nesnelere uzun dalga boyundadır (Türkeş, 2016; Yavaşlı, 2019). Elektromanyetik spektrum, elektromanyetik enerjinin dalga boylarına göre gruplandırılmış halidir. Düşük enerjili ve uzun dalga boylu radyo dalgalarından sırasıyla kızılötesi, görünür, mor ötesi, x ışınları ve gamma ışınlarına doğru spektrum değişmektedir. Radyo dalgalarından gamma ışınlarına doğru dalga boyu kısalmaktadır. Dünya üzerinde her cisim uzun veya kısa dalga boyunda bir enerjiye sahiptir. Uydularda yer alan sensörler cisimlerden yansıyan enerjiyi algılamakta ve kaydetmektedir. Her bir sensörün algıladığı ve kaydettiği dalga boyu aralığı farklılık göstermektedir ve bu aralığa spektral bant adı verilmektedir. Sensörlerin spektral bant aralıkları 0,1 µm- 100 µm arasında değişmektedir (Bahi vd., 2020). 1970'li yıllardan itibaren gelişen UA ve uydu teknolojileri sayesinde her spektral aralıktan veri temin etmek mümkün hale gelmiştir.

Güneş'ten yeryüzüne ulaşan elektromanyetik enerji, nesnelere emilme (absorbsiyon), yansıtılma (refleksiyon) ve geçme (transmisyon) olmak üzere üç şekilde etkileşimde bulunmaktadır. Güneş'ten gelen enerjinin yeryüzündeki bir nesneye çarpıp geri yansıma oranına "albedo" denilmektedir (Türkeş, 2016; Yavaşlı, 2019). Albedo oranı nesnelerin özelliğine göre değişiklik göstermektedir. Örneğin; kar ve bulutlarda albedo yüksek iken asfalt ve ormanla kaplı alanlarda düşüktür. Bunun yanı sıra albedo Güneş'ten gelen ışınların açısına ve ışının geldiği yüzeyin özelliğine göre değişmektedir. Güneş ışınının eğik geldiği ve düz veya

düze yakın zeminlerde yansıma daha fazladır. Güneş ışınının dik geldiği ve arızalı topografyalarda albedo oranı düşüktür (Türkeş, 2016; Yavaşlı, 2019).

Uzaktan algılama sistemleri, kullanılan enerjiye göre aktif ve pasif sistemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Algılama yapmak için herhangi bir enerjiye ihtiyaç duymayıp Güneş'ten gelen enerjinin nesneye çarpıp yansıdığı enerjiden faydalanan sistemler pasif sistemler olarak adlandırılmaktadır (Kayman, 2015). Örneğin LANDSAT 8 uydusunun OLI (Operational Land Imager) algılayıcısı pasif bir algılayıcıdır. Kendi enerjisini üretip, algılama yapmak için ürettiği enerjiyi kullanan sistemlere ise aktif sistemler adı verilmektedir. Bu özellikleriyle hem gece hem gündüz algılama yapabilirler. Örneğin; RADARSAT-2 uydusu aktif sistemli bir uydudur (Yavaşlı, 2019). Uzaktan algılamada görüntüler, elektromanyetik spektrumun farklı dalga boylarını kaydeden bantlar aracılığıyla elde edilmektedir. Algılayıcı birden fazla bantta kayıt yapıyorsa multispektral algılayıcı olarak isimlendirilir. Örneğin; LANDSAT 8'in OLI algılayıcısı 9 bantta, RASAT uydusu 4 bantta algılama yapmaktadır (Yavaşlı,2019).

Uzaktan algılamada bir diğer önemli kavram çözünürlüktür. Çözünürlük, görüntüdeki detayların ayırt edilebilme kapasitesi olarak tanımlanabilir. Uzaktan algılamada çözünürlük, mekansal (geometrik), spektral, radyometrik ve zamansal olmak üzere dört farklı şekildedir. Mekansal çözünürlük, her bir pikselin yeryüzünde temsil ettiği alandır. Yüksek mekansal çözünürlükte piksel boyutları küçük iken düşük mekansal çözünürlükte piksel boyutu büyüktür. Spektral çözünürlük, algılayıcının elektromanyetik spektrumda algılanan bant sayısını ifade etmektedir. Bant sayısı arttıkça spektral çözünürlük artmaktadır (Sunar, vd., 2018; Yavaşlı, 2019). Radyometrik çözünürlük algılayıcının, yeryüzünde algıladığı yansımanın hassasiyetidir. Radyometrik çözünürlük ne kadar fazla olursa yeryüzünden yansıyan enerji farklarını algılama o kadar hassas olmaktadır. Zamansal çözünürlük algılayıcının bir noktayı ne kadar sıklıkla görüntüleyebildiği anlamını taşımaktadır. Örneğin; LANDSAT 8 uydusunun 16 günde bir gerçekleştirdiği görüntüleme LANDSAT 8 uydusunun zamansal çözünürlüğünü ifade etmektedir. Uydunun kapasitesi, tarama genişliği ve uydunun yörüngesi zamansal çözünürlük üzerinde etkili olan faktörlerdir (Sunar vd., 2018; Yavaşlı, 2019).

YY5 ve KIA çalışmalarında kullanılacak uydulardaki algılayıcıların termal özelliğe sahip olması gerekmektedir. Termal banta sahip olmayan uydulardan yüzey sıcaklığı ile ilgili veri sağlanamamaktadır. Günümüzde termal banta sahip olan Landsat, Aster, Noaa/Avhrr, Modis ve Sentinel uyduları yüzey sıcaklığı çalışmalarında sıklıkla tercih edilen uydulardandır (Bhang ve Park, 2009; Imhoff vd., 2010). Her uydunun spektral bantlarının çözünürlüğü,

görüntü alma periyodu ve dalga boyları farklılık göstermektedir. Örneğin, tez çalışmasında kullanılan Landsat 8 OLI/TIRS uydusunun termal bandı 100 metre çözünürlükte görüntü almakta ancak kullanıcıya sunulurken görüntüler 30 metreye yeniden örneklenmektedir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1. Landsat Uydularına Ait Bant Özellikleri

| Uydu | Bant | Dalga boyu (µm) | Çözünürlük (metre) |
|--|--|-----------------|--------------------|
| Landsat 1-3 MSS (Multispektral Scanner) | Bant 4-Yeşil | 0,5-0,6 | 60 |
| | Bant 5-Kırmızı | 0,6-0,7 | 60 |
| | Bant 6-Yakın kızılötesi (NIR) | 0,7-0,8 | 60 |
| | Bant 7-Yakın kızılötesi (NIR) | 0,8-1,1 | 60 |
| Landsat 4-5 TM (Thematic Mapper) | Bant 1-Mavi | 0,45-0,52 | 30 |
| | Bant 2-Yeşil | 0,52-0,60 | 30 |
| | Bant 3-Kırmızı | 0,63-0,69 | 30 |
| | Bant 4-Yakın kızılötesi (NIR) | 0,76-0,90 | 30 |
| | Bant 5-Kısa dalgalı kızılötesi (SWIR) 1 | 1,55-1,75 | 30 |
| | Bant 6- Termal | 10,40-12,50 | 120 (30) |
| | Bant 7- Kısa dalgalı kızılötesi (SWIR) 2 | 2,08-2,35 | 30 |
| Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) | Bant 1- Mavi | 0,45-0,52 | 30 |
| | Bant 2- Yeşil | 0,52-0,60 | 30 |
| | Bant 3-Kırmızı | 0,63-0,69 | 30 |
| | Bant 4- Yakın kızılötesi | 0,77-0,90 | 30 |
| | Bant 5- Kısa dalgalı kızılötesi (SWIR) 1 | 1,55-1,75 | 30 |
| | Bant 6- Termal | 10,40-12,50 | 60(30) |
| | Bant 7- Kısa dalgalı kızılötesi (SWIR) 2 | 2,09-2,35 | 30 |
| | Bant 8- Pankromatik | ,52-,90 | 15 |
| Landsat 8 OLI/TIRS ve Landsat 9 OLI/TIRS | Bant 1-Kıyı aerosolü | 0,43-0,45 | 30 |
| | Bant 2-Mavi | 0,45-0,51 | 30 |
| | Bant 3-Yeşil | 0,53-0,59 | 30 |
| | Bant 4-Kırmızı | 0,64-0,67 | 30 |
| | Bant 5-Yakın kızılötesi (NIR) | 0,85-0,88 | 30 |
| | Bant 6- Kısa dalgalı kızılötesi (SWIR) 1 | 1,57-1,65 | 30 |
| | Bant 7-Kısa dalgalı kızılötesi (SWIR) 2 | 2,11-2,29 | 30 |
| | Bant 8-Pankromatik | 0,50-0,68 | 15 |
| | Bant 9-Sirüs | 1,36-1,38 | 30 |
| | Bant 10- Termal kızılötesi (TIRS) 1 | 10,6-11,19 | 100(30) |
| | Bant 11- Termal kızılötesi (TIRS) 2 | 11,50-12,51 | 100(30) |

Kaynak: (USGS, 2024)

Uyduların termal bantları aracılığıyla elde edilen termal görüntüler, direkt olarak YYS verisini vermemektedir. Her uydunun sahip olduğu meta data verisinde yer alan bilgiler ile bir dizi hesaplama yapılarak YYS elde edilmektedir. Söz konusu hesaplamaların yapılması, görüntülerin işlenmesi ve görselleştirilmesi için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılmaktadır. Bu sayede gerçekleştirilen çalışmanın amacına, ayrıntı düzeyine, incelenmek istenen sürece ve çalışmanın ölçeğine göre zamansal ve mekansal araştırmalar yapmak ve sonuca ulaşmak mümkün olmaktadır.

2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

CBS, farklı amaçlarla farklı disiplinler tarafından kullanıldığından tanımlamalarda da her disiplinin kendi bakış açısına göre farklılıklar oluşmaktadır. Ancak en genel tanımıyla CBS, mekansal ve mekansal olmayan verilerin toplanması, depolanması, analiz edilmesi, güncelleştirilmesi ve görüntülenmesini içeren bilgi sistemi olarak tanımlanmaktadır. Toplanması, depolanması ve analiz edilmesi insan eliyle mümkün olmayacak kadar çok sayıda veriyi işlemeye olanak tanıdığından multidisipliner çalışmalarda vazgeçilmez nitelik taşımaktadır (Işık Pekkan, 2018).

Tematik haritalara olan ihtiyaç, CBS'nin doğmasına sebep olmuştur. Pierre Charles Dupin'in 1819 yılında, bilgisayar kullanmadan özel tarama tekniğiyle cehalet ve eğitimsizliğin dağılımını gösterdiği haritası CBS'nin ilk adımlarındandır. Daha sonra 1855 yılında John Snow'un kolera salgınından ölenlerin evlerinin konumlarını işaretlediği haritayı üretmesi de CBS'nin yapı taşlarındadır (Uyguçgil, 2011). Dünya'da CBS uygulamalarına bilgisayarın dahil olması Kanada hükümetinin Roger Tomlinson'u doğal kaynak envanteri için görevlendirmesiyle başlamıştır. Tomlinson, 1963 yılında fazla miktardaki verinin depolanması için bilgisayar destekli bir sistemin oluşturulmasını önermiştir (ESRI, 2024). Böylece Kanada'da arazi kullanım yönetim planının başlatılmasıyla CBS'nin temelleri atılmıştır (Işık Pekkan, 2018).

1964 yılında Howard Fisher, Northwestern Üniversitesi'nde ilk bilgisayar haritalama yazılımlarından birini (SYMAP) geliştirmiştir. 1965'te Harvard Laboratuvarı'nı kurarak bilgisayar grafikleri işlerini burada sürdürmüştür. Haritalama yazılımlarının bir kısmı bu laboratuvarda oluşturulmuştur (ESRI, 2024). Harvard Laboratuvarı'nın bir üyesi olan Jack Dangermond ve eşi Laura 1969 yılında ESRI'yi (Çevre Sistemleri Araştırma Enstitüsü) kurmuşlar, haritalama ve mekansal analiz yöntemleri geliştirmeye devam etmişlerdir (ESRI, 2024). ESRI'nin kuruluşu CBS için bir dönüm noktası olmuştur. 1990'lı yıllarda teknolojinin gelişmesi, bilgisayar maliyetlerinin düşmesi ve daha kolay elde edilebilir olması CBS'nin

yaygınlaşmasını beraberinde getirmiştir. 2000'li yıllardan itibaren artık CBS, coğrafi veri ile ilgilenen her alanda kullanılmaya başlanmıştır (Uyguçgil, 2011).

Mekansal veya mekansal olmayan verilerin çok fazla olması, güncellenebilir olması, depolanması ve paylaşılması için çok büyük alanlara ihtiyaç duyulmasından dolayı CBS günümüzde sıkça kullanılan bir sistemdir. Geleneksel yöntemler ile CBS'nin sunduğu kolaylıkları sağlamak neredeyse imkansızdır. Bu nedenle CBS'nin geliştirilmesi ve daha yaygın kullanılması gerekmektedir (Çabuk vd., 2009).

2.3. Yer Yüzey Sıcaklığı (YYS)

Dünya'da sıcaklık meteoroloji istasyonları, ravinsonde cihazları, toprak ve deniz suyu termometreleri dışında uydular aracılığıyla da ölçülmektedir. İstasyonların yetersiz olduğu alanlarda sıcaklık verisi elde edebilme ve mekansal dağılışın daha yüksek çözünürlükte olması uydu görüntüsünden elde edilen sıcaklık verilerinin avantajlarından (Li vd., 2013). Ancak uydular aslında doğrudan sıcaklığı ölçmemektedir. Uyduların sağladığı veriler, çeşitli dalga boylarındaki radyans (ışınım) verileridir ve sıcaklık, radyansın bir fonksiyonu olduğundan çeşitli matematiksel işlemler ile dönüşümü gerçekleştirilerek sıcaklık hesaplanmaktadır (Yavaşlı, 2019).

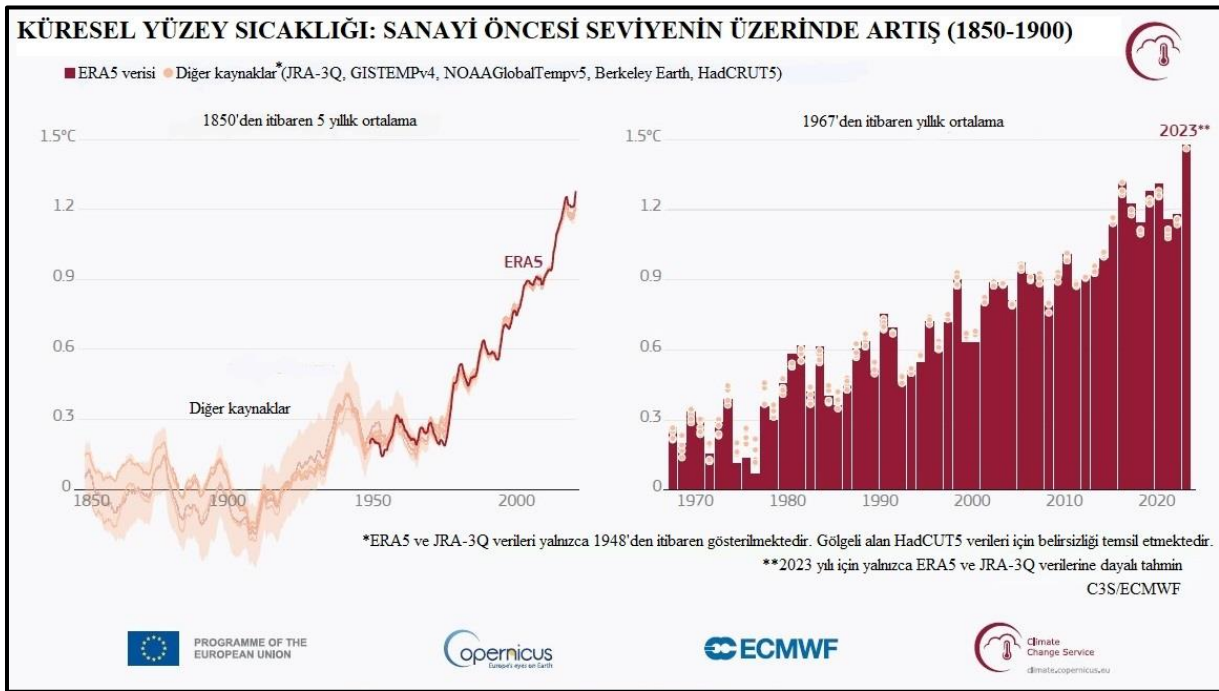
Uydular aracılığıyla radyans -dolayısıyla sıcaklık- ölçümlerine termal uzaktan algılama adı verilmektedir. Termal uzaktan algılama, uyduların algılama yaptığı elektromanyetik spektrumda orta kızılötesi (MWIR, 3-8 μm) ve uzun kızılötesi (LWIR, 8-15 μm) bölgedeki radyansa bağlıdır (Yavaşlı, 2019). Nesnelere yayılan enerjinin ölçüsü radyans sıcaklık olarak ifade edilmektedir. Buna aynı zamanda parlaklık sıcaklığı (brightness temperature) adı verilmektedir (Yavaşlı, 2019).

Yayım (emissivity- ϵ), bir yüzeyin elektromanyetik radyasyonu ne kadar iyi emdiğini ve yaydığını ifade eder. Bir başka ifadeyle nesnenin ısı yayma kapasitesidir. Yayım değerleri bir nesnenin radyans enerjisinin kara cismin radyans enerjisine oranlamasıyla hesaplanır ve her zaman 1'den küçüktür (Yavaşlı, 2019). Koyu renkli ve nem içeriği fazla olan nesnelere yüksek yayım değerine sahipken açık renkli nesnelere düşük yayım değerine sahiptir. Örneğin, kuru toprağın yayım değeri 0,92; nemli toprağın yayım değeri 0,95; karın yayım değeri 0,80'dir (Sunar vd., 2018).

YYS hava sıcaklığından farklı olarak zeminin sıcaklığını ifade etmektedir. Bir başka deyişle araziye dokunduğumuzda hissettiğimiz sıcaklıktır (Zhang vd. 2006; Ndossi ve Avdan, 2016). Uyduların termal algılayıcıları, spektrumda 10,5 ile 12,5 μm aralığındaki bölgede

algılama yapmakta ve YYS'yi ölçmektedir. Hava sıcaklığında görülen günümüze doğru artış eğilimi gibi YYS'de de özellikle 1940'lardan sonra artış eğilimi söz konusudur (Şekil 2.1.). Gerek yıllık ortalama gerekse 5 yıllık ortalamalara bakıldığında küresel YYS'de referans dönemi olarak kabul edilen Sanayi Devrimi'ndeki yüzey sıcaklıklarının en az 1,2 °C üzerinde artış gözlenmektedir (Şekil 2.1.)

Termal görüntüler, tek bantta gri tonlamalı olarak elde edilmektedir. Görüntüde görülen açık tonlar yüksek sıcaklıkları koyu tonlar düşük sıcaklıkları ifade etmektedir (Yavaşlı, 2019). Termal görüntülerde her piksel renk tonuna karşılık gelen bir kimliğe yani Digital Number (DN) değerine sahiptir. Bu değerler, görüntünün kaç bit olduğuna göre değişiklik göstermektedir. Örneğin, 8 bit olan LANDSAT görüntüleri için DN değerleri 0-255 arasında değişirken, 12 bit olan ASTER görüntüleri için 0- 4095 arasında değişmektedir (Yavaşlı, 2019). Ham görüntüden sıcaklık değerlerini elde edebilmek için DN değerleri radyans değerlerine dönüştürülmelidir. Sonrasında çeşitli algoritmalar kullanılarak YYS hesaplanmaktadır. En yaygın kullanılan algoritmalar, bölünmüş pencere (split-window) (Wan ve Dozier, 1996), sıcaklık/yayınrlık ayırma (temperature/emissivity separation) (Gillespie vd., 1998), tek pencere (mono-window) (Qin vd., 2001) ve tek kanal (single channel) (Jimenez-Munoz ve Sobrino, 2003)'dır.



Şekil 2.1. Küresel Yüzey Sıcaklığı Değişimi

Kaynak: (Copernicus Climate Change Service, 2024). (Soldaki grafik 1850'lerden itibaren 5 yıllık ortalama, sağdaki grafik 1967'den itibaren yıllık ortalama) ifade etmektedir)

Termal görüntüler başta klimatoloji çalışmaları olmak üzere jeolojik birimleri belirleme, askeri veya istihbarat çalışmalarında, toprak neminin belirlenmesinde, sıcak nokta (hot spot) tespitinde, tıbbi coğrafya, orman yangınları, kıyı bölgeleri ve hidroloji çalışmalarında kullanılmaktadır (Sunar vd. 2018). Klimatoloji çalışmalarında yer sıcaklığının konu olmasında kent iklimi ve KIA çalışmaları önde gelmektedir (Voogt ve Oke, 2003; Kaya vd., 2012). KIA çalışmaları hem meteoroloji istasyonları hem de uzaktan algılama kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Ancak meteoroloji istasyonlarının konumlarının her zaman istenilen yerde olmaması, rasatlardaki eksiklikler ve boşluklar gibi nedenlerden dolayı uzaktan algılama daha iyi sonuç vermektedir.

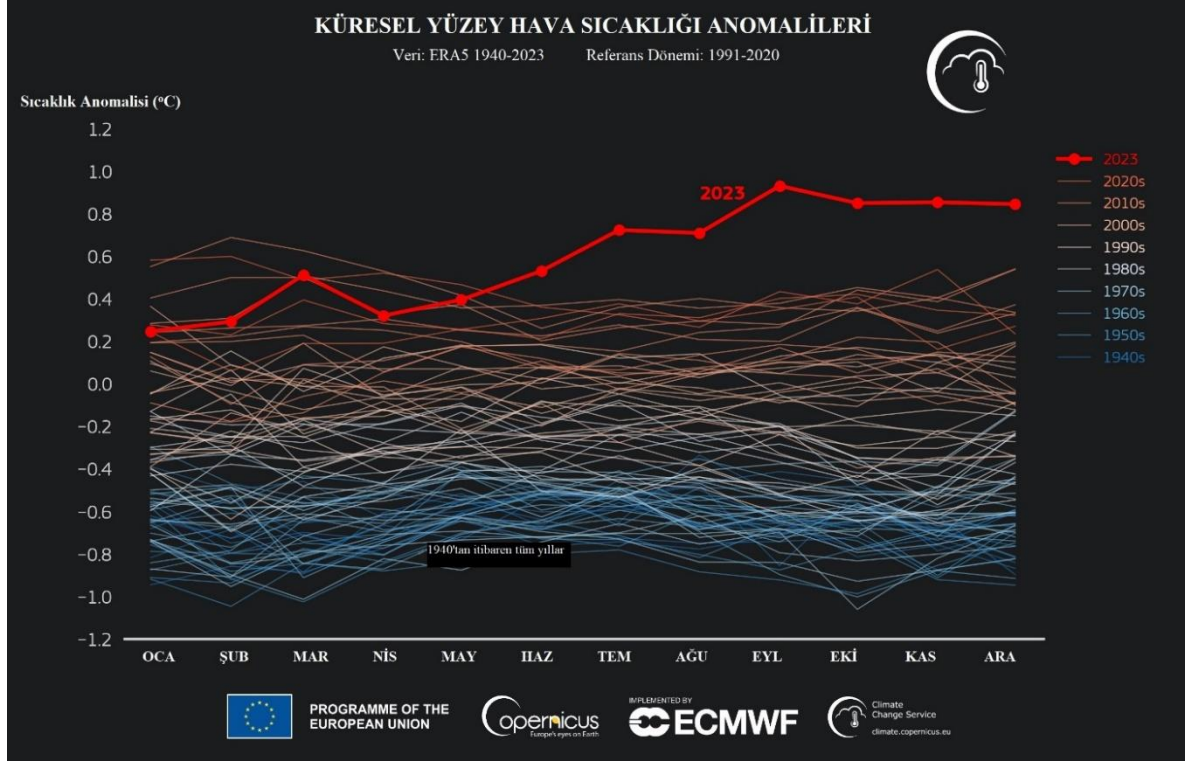
2.4. Kent İklimi

İnsanın doğa ile etkileşimindeki denge özellikle Sanayi Devrimi'nden sonra bozulmaya başlamış, antropojenik etkilerin baskın olduğu bir düzene dönüşmüştür. Kaynakların düzensiz ve aşırı kullanımı doğal sistemler üzerinde bozulmalara yol açmıştır. Atmosfer sisteminin bu bozulmalara maruz kalmasıyla küresel iklim değişikliği ortaya çıkmıştır. Dünya, tarihi boyunca pek çok kez iklim değişikliği yaşasa da antropojenik etkilerin arttığı dönemde -özellikle Sanayi Devrimi sonrası- ekstrem hava olaylarının sıklığı ve şiddeti de artmıştır. Yüzey hava sıcaklığı anomalilerinde de özellikle son 20 yılda ciddi değişimler görülmektedir (Şekil 2.2.). Sanayi Devrimi'ne kadar düzenli seyreden hava sıcaklığı, düzenli ölçümlerin başladığı 1850 yılından bu zamana 1,48 °C artmıştır (Copernicus Climate Change Service, 2024). Hava sıcaklığının artmasının en büyük nedenlerinden biri olan karbondioksit, günümüzden 150 yıl önce 260 ppm civarındayken, 2023-Aralık'ta 421,8 ppm'e ulaşmıştır (Pro-Oxygen, 2024). 15 Ocak 2024 tarihi ile atmosferdeki CO² seviyesi 422,3 ppm'dir (Pro-Oxygen, 2024). Karbondioksitin 500 ppm'i, sıcaklık artışının ise 2 °C'yi geçmesi durumunda Dünya, iklim konusunda geri dönülemez bir sürece girmiş olacaktır (Avrupa Birliği Türkiye Delegasyonu, 2010; Kuşçu Şimşek, 2013).

Kentler, küresel iklim değişikliğinde rol oynayan en önemli faktörlerden birisidir. Antropojenik etkenlerle, her geçen gün doğal sürecin çok üstünde artan sera gazları salımında kentler en büyük paya sahiptir (Kuşçu Şimşek, 2013). Kentlerdeki tüketim alışkanlıkları, ekonomik aktiviteler, sanayi tesisleri, altyapılar sera gazı salımını artırmaktadır. Bunun sonucunda nüfusun, yapılaşmanın ve sosyo-ekonomik faaliyetlerin yoğunlaştığı kentlerde ekstrem hava olayları görülmekte, iklime bağlı riskler artmaktadır (Nösberger ve Long, 2006).

Kent ikliminin inceleme konusu, atmosfer ve insan arasındaki karşılıklı etkileşimdir. Yani kentte yaşayan insanların atmosfere dolayısıyla iklime etkisini incelerken, kentteki insanların da yaşam konforu için ihtiyaç duydukları optimal iklim şartlarını araştırmaktadır.

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) kent iklimini, hava kirlenici emisyonlar ve ısı kirliliği etkisindeki yapılaşmış alanlar ile bölge iklimi arasındaki etkileşim sonucu oluşan yerel iklim olarak tanımlamaktadır (World Health Organization, 2004). Kentte yaşayan insanların termal konfor şartları, sıcaklık kaynaklı stres ve risklerin azaltılması, kentin havasını temiz tutma stratejileri kent ikliminin ana amaçlarındandır (Kuşçu Şimşek, 2013).



Şekil 2.2. 1940’lardan Günümüze Küresel Yüze Hava Sıcaklığı Anomalilerinin Aylara Göre Değişimi

Kaynak: (ERA5, Copernicus Climate Change Service, 2024). (Küresel yüze hava sıcaklığı, yerden ortalama 2 metre yükseklikteki sıcaklığı ifade etmektedir)

Her kent sahip olduğu konumla, nüfus dinamikleriyle, yerleşim özellikleriyle, kültürel tarihiyle, ekonomik faaliyetleri ve mimari özellikleriyle birbirinden farklıdır. Bu farklılık kent iklimini de etkilemektedir. Oke (2004), kentsel iklimi etkileyen dört bileşen üzerinde durmaktadır. Bunlar, kentsel yapı (binaların yüksekliği ve genişliği, aralarındaki mesafe, cadde ve sokak genişlikleri, cadde alanları), kentsel yüzey (yapılaşmış yapay alanlar, kaldırımlar, bitki alanları, çıplak toprak, su), kentsel yapı malzemeleri (yapılarda kullanılan malzemelerin inşaat veya doğal malzemeden oluşup oluşmaması), kentsel metabolizma (ısı, su ve insan faaliyetleri neticesinde kirlenme)’dir. Bu bileşenlerdeki değişimler ve birbirleriyle etkileşimleri kent iklimini dolayısıyla YYS’yi, KIA etkisini hatta insan sağlığını etkilemektedir.

Tablo 2.2. İklim Parametrelerinin Kentsel ve Kırsal Alan Karşılaştırmaları

| | Parametre | Kırsal alan ile karşılaştırıldığında kentsel alan; |
|----------------|-------------------------------------|--|
| Yağış | Toplam yağış | %5-10 daha fazla |
| | 3 mm ve üzerinde yağışlı gün sayısı | %10 daha fazla |
| Sıcaklık | Yıllık ortalama sıcaklık | 0,5-1°C daha yüksek |
| | Kış minimumu | 1-2°C daha yüksek |
| Nispi Nem | Yıllık ortalama | %6 daha az |
| | Kış ortalaması | %2 daha az |
| | Yaz ortalaması | %8 daha az |
| Rüzgâr hızı | Yıllık ortalama | %20-30 daha az |
| | Zemine yakın yerlerde | %10-20 daha az |
| Aydınlanma | Yaz mevsiminde | %5 daha az |
| | Kış mevsiminde | %15 daha az |
| Bulutluluk | Bulut | %5-10 daha fazla |
| | Kış mevsiminde | %100 daha fazla |
| | Yaz mevsiminde | %30 daha fazla |
| | Terselme | %60 daha fazla |
| Radyasyon | Yüzeğe gelen ışık miktarı | %15-20 daha az |
| | Kış mevsiminde ultraviyole ışınları | %30 daha az |
| | Yaz mevsiminde ultraviyole ışınları | %5 daha az |
| Kirlenme | Toz zerrecikleri | 10 kat fazla |
| | SO ₂ | 5 kat fazla |
| | CO ₂ | 10 kat fazla |
| | CO | 25 kat fazla |
| Görüş mesafesi | | %80-90 daha az |

Kaynak: (Krusche vd., 1982'den akt. Duman Yüksel, 2005)

Kır ve kent arasında oluşan iklim koşullarındaki değişim hem iklimi oluşturan parametreleri etkilemekte hem de bu parametrelerden etkilenmektedir. Dolayısıyla kentin sahip olduğu farklı özellikler, başta sıcaklık ve yağış olmak üzere Güneş radyasyonunda hatta görüş mesafesinde dahi kırlardan ayrılmasına sebep olmaktadır (Tablo 2.2). Örneğin kentlerde kırlara oranla toplam yağış %5-10; yıllık ortalama sıcaklık 0,5- 1 °C daha fazladır. Tüm kirleticilerin oranı kentlerde daha fazla iken, görüş mesafesi %80-%90 oranında daha azdır.

2.5. Kentsel Isı Adası (KIA)

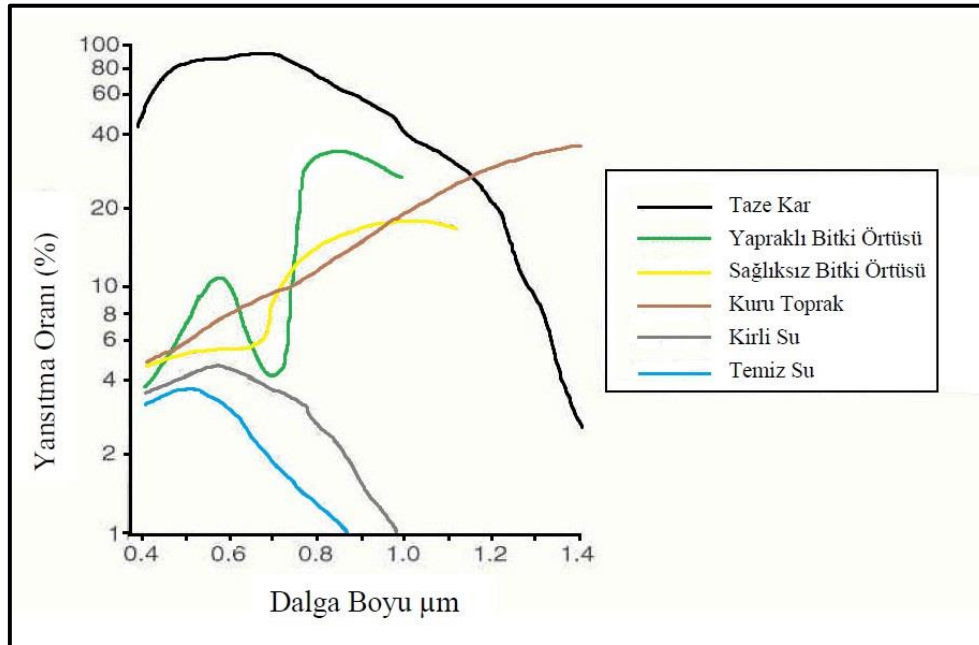
KIA, ilk kez İngiliz bir kimyager olan Luke Howard tarafından 1818 yılında Londra kenti için tanımlanmıştır (Oke, 1982; Voogt ve Oke, 2003). KIA, antropojenik etkilerin kent iklimine en iyi yansıdığı biçimdir ve kent veya kent içindeki belirli noktaların sıcaklığının çevresindeki kırsal alanlara göre daha yüksek olma durumunu ifade etmektedir. Bu farkın en önemli sebeplerinden birisi kentteki arazi örtüsü değişimidir (Streutker, 2003a). İdeal koşullarda kent-kır arasındaki sıcaklık farkı 1000 kişilik nüfusa sahip bir kent için 2,5 °C iken, 1 milyon nüfusa sahip bir kent için 12 °C'ye çıkmaktadır (World Health Organization, 2004). Atina'da yapılan çalışmada kent ile kır arasında 5 °C-15 °C (Santamouris, 2001), Houston'da 10 °C (Sabnis, 2011), Hong Kong'ta 6 °C (Nicho, 2005) sıcaklık farkı tespit edilmiştir.

KIA, örtü tabakası ısı adası (Canopy layer heat island-CLHI), sınır tabakası ısı adası (Boundary layer heat island- BLHI) ve yüzey ısı adası (Surface heat island- SHİ) (Voogt ve Oke, 2003; Voogt, 2004) olmak üzere üç tipe ayrılmaktadır. Üçünün birbirinden farkı sıcaklığın ölçüldüğü konumdur ve bu çalışmada yüzey ısı adası dikkate alınarak incelemeler gerçekleştirilmiştir.

Kentle kır arasında sıcaklık farkına sebep olup KIA oluşumuna katkı sağlayan pek çok faktör bulunmaktadır. Kentin büyüklüğü ve nüfus bu faktörlerin başında gelmektedir. Nüfus arttıkça ihtiyaçları da artmakta ve arazi örtüsü değişimini, konut yoğunluğunu, trafik problemini vb. beraberinde getirmektedir. Kentteki yapıların yoğunluğu ve kapladığı alan, yapılar arasındaki mesafe, cadde-sokak genişlikleri, yapıların yükseklikleri kent iklimini dolayısıyla KIA'yı da etkilemektedir. Kentte nüfusun ve yapıların yoğunluğu arttıkça yapıların yükseklikleri de artmakta, aralarındaki mesafe ve gök görüş oranı azalmaktadır (Duman Yüksel, 2005; Kuşçu Şimşek, 2013). Kent geometrisinin bir etkisi olarak ortaya çıkan bu durum kent içindeki kısa dalga ve uzun dalga boylarındaki ışınların yoğunluklarını etkilemektedir (Canan, 2017). Kentsel dokunun yoğun olduğu alanlarda birbiriyle yakın veya bitişik bulunan binalar gökyüzünü görebilme açıklığını azaltmaktadır. Bu nedenle kentin içinde gündüz depolanan ısı gece uygun açıklık bulup atmosfere kaçamadığından kentin içinde oyalanmakta ve atmosfere

yayılması gecikmektedir (Unger, 2009). Isının kent içerisinde hapsolması, kentlerde gece sıcaklıklarının artmasına ve kentin soğumak için fırsat bulamamasına neden olmaktadır (Debbage, 2013). Bunun sonucunda KIA etkisi ortaya çıkmaktadır.

KIA'yı etkileyen bir diğer faktör kentte kullanılan yüzey malzemeleridir. Kırla kent arasında malzemelerin özgül ısıları ve termal özellikleri bakımından farklılık oluşmaktadır (Tablo 2.3). Örneğin, nemli toprağın özgül ısısı betondan ve asfalttan yaklaşık %50 daha fazladır (Oke, 1982). Kentlerde kullanılan malzemelerin rengi ve yüzeyi enerji dengesinde etkili olmaktadır (Stone, 2001). Açık renkli parlak yüzeyler Güneş ışınlarını daha fazla yansıtıkları için kolay ısınmamakta, koyu renkli mat ve pürüzlü yüzeyler ise gelen ışınları absorbe ettikleri için ısınmaktadırlar. Yansıtma oranlarının yanı sıra yüzeylerin uyduların algıladığı dalga boyları da farklılık göstermektedir (Şekil 2.2.). Kentlerde kullanılan malzemenin rengi yansıtma ve soğurma üzerinde etkili iken malzemenin türü ısıyı iletme kapasitesi ve ısının depolanmasında etkilidir (Krusche vd., 1982). Kentler, bitki örtüsünün tahrip edilip yerine yapay ve geçirimsiz yüzeylerin artırıldığı alanlardır. Bu durum bitkilerin terleme yoluyla gerçekleştirdikleri ısı kaybını azaltmaktadır. Ayrıca geçirimsiz yüzeylerin yoğun olduğu kentlerde, su çok kısa sürede drene olduğundan evapotranspirasyon yoluyla ısı kaybı engellenmektedir (Duman Yüksel, 2005).



Şekil 2.3. Farklı Yüzey Tiplerinin Dalga Boyuna Göre Yansıtma Oranları (Spektral Yansıtma)

Kaynak: (Gibson, 2000)

Tablo 2.3. Malzeme Türü ve IşığI Yansıtma Oranları

| Yüzeyin cinsi | Yansıtma Oranı (%) |
|-----------------|--------------------|
| Taze Kar | 70-90 |
| Eski Kar | 40-60 |
| Kaya | 12-15 |
| Kum-çöl | 13-30 |
| Kuru toprak | 8-14 |
| Nemli toprak | 8-9 |
| Çayır | 10-37 |
| Orman (karışık) | 5 |
| Çam ormanı | 10 |
| Deniz suyu | 2-70 |
| İnsan derisi | 35 |

Kaynak: (Heyer, 1992; Duman Yüksel, 2005)

KIA etkisinin oluşmasını ve şiddetini etkileyen bir diğer faktör kanyon etkisidir. Kent merkezlerinde, yüksek katlı yapılaşmaların cadde ve sokakların iki yanında yer alması kanyona benzer bir görüntü oluşturmaktadır. Kent kanyonlarında kısa dalga boylu radyasyon, yüksek binaların yüzeylerinden dolayı absorbe edilmektedir (Streutker, 2003a). Kentlerdeki yüksek yapılar, yer yüzeyine yakın seviyelerde rüzgar hızının azalmasına neden olmaktadır. Rüzgar hızı azaldığında zeminden atmosferik konveksiyon yoluyla gerçekleşen ısı kaybı da azalmaktadır. Kentsel yapıların yüksekliği ve rüzgar yönüne göre konumları, cadde ve sokakların yönü ve genişliği kentlerde rüzgar hızı üzerinde etkili olmaktadır (Duman Yüksel, 2005).

Kentler, sahip oldukları nüfusla bağlantılı olarak kırsal alanlara göre daha fazla kirliliğe sahiptir. Sanayi tesisleri, enerji tüketiminin atmosfere yaptığı salımlar ve trafikteki araçların egzozlarından çıkan kirleticiler başta olmak üzere kentlerde daha fazla aerosol oluşmaktadır. Aerosollerin kentlerdeki ısınmayla ilişkisi ısıyı tutma kapasiteleriyle ilgilidir.

Aerosoller, kısa dalgalı radyasyonu absorbe eder ve yeniden yansıtır. Böylece yüzeylerin radyasyon yoluyla soğuması gerçekleşmez ve yalancı sera etkisi oluşur (Streutker, 2003a).

Kentteki yeşil alanlar kent ikliminin iyileştirilmesi ve KIA etkisinin azaltılması için önemli rol oynamaktadır. Ağaçların havayı serinletmesi, kirleticileri ve gürültüyü absorbe etmesi, bağıl nemi arttırması, oksijen üretmesi, sera etkisini hafifletmesi ve enerji tasarrufu sağlaması bakımından pek çok avantajı bulunmaktadır. Bitkiler ısıyı absorbe edip buharlaşma yoluyla ortamdan uzaklaştırmaktadır (Sabnis, 2011). Nitekim kentlerde YYS'lerin uzaktan algılama ile tespitinde kent içindeki parkların ve bitkilendirilmiş alanların sıcaklığı azaltma etkisi üzerinde durulmakta, (Herrington vd. 1972; Herrington, 1977; Oke, 1989; Jauregui, 1991; Barradas, 1991; Spronken-Smith ve Oke, 1998; Wong ve Yu, 2005; Barış, 2005; Zhou vd., 2014; Zhao vd., 2014) yeşil alanlardaki %10'luk artışın YYS'de 0,86 °C'lik düşüş sağlayacağı düşünülmektedir (Li vd., 2012).

Ağaçlar kentteki sıcaklığı azaltmasının yanı sıra hava kalitesini iyileştiren bir etkiye de sahiptir. Havada asılı haldeki partiküller kentlerde ısının dağılmasını önleyerek hapsolmasına neden olmaktadır. Ağaçların bu partikülleri %10-15 arasında azalttığı tespit edilmiştir (Kuşçu Şimşek, 2013). Almanya'nın Frankfurt kentinde ağaçsız bir caddede her 1 litrede 10.000-20.000 toz parçası tespit edilirken ağaçlı bir caddede 3.000 toz parçacığı tespit edilmiştir (Sabnis, 2011). Ancak KIA etkisini azaltma çabalarında her yeşil alan aynı etkiye sahip değildir. Örneğin; çimler ağaçların görevini yerine getiremezler. Betonla kaplı alanların çime dönüştürülmesi olumlu bir adım olsa da ağaçlık alanların çime dönüştürülmesi iklim açısından olumsuzdur bir durumdur (Akbari, 2002).

KIA etkisinde kentsel yüzeyler ve albedo etkisi, kentteki nesnelere yansıtma gücünü belirlemesinden dolayı önem arz etmektedir. Açık renkli yüzeylerin albedo oranı yüksek olduğu için Güneş ışığını yansıtırlar ve bu nedenle soğutucu etki göstermektedirler. Koyu renkli yüzeyler ise tam tersi ısıyı absorbe ettiğinden ısınmakta ve çevrelerini de ısıtmaktadır (Akbari vd. 1990; Rosenfeld ve Romm, 1996). Yüksek sıcaklıklara sahip bölgelerde binaların dışının beyaz renkte boyanması soğutucu etki yaratmak adına bir örnek teşkil etmektedir.

3. LİTERATÜR ÖZETİ

Oke (1973), KIA ile kent büyüklüğü arasında ilişkiyi tespit etmeyi amaçladığı çalışmasında Kanada'nın Quebec eyaletindeki St. Lawrence Lowland bölgesinde nüfusları 2 milyon ile 1000 arasında değişen 10 yerleşim yerini çalışma alanı olarak seçmiştir. Bu yerleşim yerlerinde mobil ölçümler yaparak veri elde etmiş ve logaritmik regresyon ile aralarındaki ilişkiyi tespit etmiştir. Çalışmanın sonucunda KIA etkisinin kent nüfusu ile doğru orantılı olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca rüzgâr hızı arttıkça KIA etkisinin azaldığı ve kent büyüklüğü arttıkça etkinin de arttığı tespit edilmiştir. Etki hızının büyük şehirlerde daha yavaş olduğu ifade edilmiştir.

Owen vd. (1998), kentsel alanların iklim üzerindeki etkisini uzaktan algılama ile tespit etmeyi amaçladığı çalışmalarında ABD'ye bağlı Pennsylvania eyaletinin Centre County bölgesinde bulunan State College kasabasını içine alan 1000 km²'lik bir alan belirlemişlerdir. Çalışmada AVRHH aracılığı ile hesaplanan bitki örtüsü indeksi ve Landsat 5 TM uydusuna ait 1985-1994 yılları arasındaki uydu verilerini kullanmışlardır. İklim etkisini tespit edebilmek için fraksiyonel bitki örtüsü (Fr) ve yüzey neminin kullanılabilirliği (MO) indekslerinden faydalanmışlardır. Bu indekslerin kent iklimi araştırmalarında kullanılabilir nitelikte olduğunu ifade edilmiştir. Bitki örtüsü (Fr) oranındaki azalma ile kentteki mikro iklim arasında anlamlı ilişki tespit edilirken yüzey nemi (MO) ile ilişkinin belirsiz olduğunu ortaya konulmuştur.

Qin vd. (2001), çalışma alanı olarak İsrail-Mısır bölgesindeki kum tepelerini seçmiş ve Landsat TM verilerinden yüzey sıcaklığı elde etmek için kullanılan Mono-window algoritmasının geliştirilip kullanılmasını amaçlamışlardır. Landsat TM6 ve mono-window algoritmasının kullanıldığı çalışmada algoritmanın zemin yayınlığı (emisivite) hatalarında oldukça duyarsız olduğu ancak atmosferik geçirgenlik hatalarına duyarlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Streutker (2003b), çalışmasında 1987-1999 yılları arasında Houston-Teksas'ta KIA'yı tespit etmeyi amaçlamış, bunun için NOAA-9/AVHRR ve NOAA-14/AVHRR uydularını kullanmıştır. KIA'yı split-window algoritması ile hesaplamıştır. Çalışmanın sonucunda, 1987-1999 yılları arasında YYS'lerin derece ve alan olarak artış gösterdiğini, KIA etkisinin nüfusla doğru orantılı olarak arttığını ifade etmiştir.

Duman Yüksel (2005), Ankara kenti özelinde yaptığı çalışmada kentleşmenin yüzey sıcaklığı, hava sıcaklığı ve nem üzerindeki etkisini araştırmış ve kentsel gelişim-AÖAK değişikliği ile KIA oluşumu arasındaki ilişkiyi tespit etmeye çalışmıştır. Çalışmada 1/25000 ve

1/100000 ölçekli topografya haritaları, 1985-1995 yıllarına ait Landsat 5 TM, 2002 yılına ait Landsat 7 ETM+ ve Ankara kentine ait hava fotoğrafları kullanılmıştır. Gözlem ve analizler sonucunda yaz aylarında KIA etkisi olduğu tespit edilmiş, ormanlık alanlarda YYS'nin düşük, çıplak zemin ve asfaltla kaplı yüzeylerde YYS'nin yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çiçek ve Doğan (2005), Ankara kentinde KIA tespiti yaparak, KIA'nın dağılışını ve büyüklüğünü saptamayı amaçladığı çalışmada kentte bulunan 7 istasyonda yarım saatte bir ölçüm yaparak, bu istasyonların sağladığı sıcaklık, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü verilerinden yararlanılmışlardır. Çalışmanın sonucunda maksimum ısı adası 9°C olarak tespit edilmiştir. KIA etkisinin geceleri en üst seviyeye ulaştığını, gece yarısından sonra kentlerin kırlara göre daha hızlı soğuduğunu ve rüzgârın KIA etkisi üzerinde etkili olduğunu vurgulamışlardır. Gece KIA genliğinin $7,7^{\circ}\text{C}$ olduğu belirtilmiştir.

Jusuf vd. (2007), Singapur'da yüzey sıcaklıklarına en çok etki eden arazi türlerini belirlemek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmada Landsat 7 ETM+ uydu görüntüleri kullanılmış, DN değeriyle YYS hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda gündüz YYS en yüksek sanayi tesislerinde sonrasında ticari üniteler ve havaalanlarında tespit edilmiştir. Gece ise sırasıyla en yüksek ticari ünitelerde, konut parklarında, sanayi tesislerinde ve havaalanlarında ölçülmüştür.

Cai vd. (2011), Pekin'de 2002-2006 yılları arasında KIA etkisinin zamansal ve mekânsal değişkenliğinin izlendiği çalışmada 2003, 2004 ve 2006 yılları için ASTER, 2002 ve 2005 yılları için Landsat 5 TM uydu görüntülerinden yararlanılmış ve tek kanal yöntemi ile YYS tespiti yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda en yüksek KIA'ya sahip alanların sanayi bölgesi, yüksek yapı binaların olduğu alanlar, yollar, ulaşım ve yoğun yerleşim alanları olduğu ifade edilmiştir. Yeşil alanlar ve su kütlelerinde KIA etkisinin görülmediği vurgulanmıştır. Cai vd., KIA etkisinin kentleşmeyle orantılı olmadığını ifade etmişlerdir. Pekin'de kış mevsimi dışında şehir merkezinde yüksek KIA etkisinin yaşandığı görülürken kış aylarında kent merkezinin çevresine göre daha soğuk olduğu gözlenmiştir.

Şahin vd. (2011), çalışmalarında İzmir kentinin YYS'yi uydu görüntüleri aracılığıyla tespit etmeyi amaçlamışlardır. NOAA (Ulusal Okyanus ve Atmosfer Yönetimi) / AVHRR uydusunun 1998, 1999, 2000, 2001, 2002 yıllarının her ayından olmak üzere toplam 60 adet uydu görüntüsü, Split-Window, Price, Becker-Li, Ulivieri vd. algoritmaları kullanılmıştır. YYS'lerin gerçek yer verisiyle korelasyonunda Price 0,9764, Becker-Li 0,9794, Ulivieri 0,9728 sonuçlarına ulaşılmıştır. İzmir ili için en doğru algoritmanın Becker-Li olduğu belirlenmiştir.

Ogashawara ve Bastos (2012), yaptıkları çalışmada arazi örtüsündeki değişiklikleri nicel olarak inceleyerek bu değişikliklerin yüzey ısı adalarının şiddeti ve mekânsal desenlerine olan etkisini araştırmayı amaçlamışlardır. Çalışma alanı olarak San Jose dış Campos (Brezilya)'u seçmişlerdir. 1986, 2001 ve 2010 yıllarının ağustos aylarından 1'er adet Landsat 5 TM uydu görüntüsü kullanmışlar, arazi örtüsü için hibrit denetimli sınıflandırma yapısını uygulamışlar, NDVI, NDBI ve NDWI indekslerinden faydalanmışlardır. Sonuç olarak kentsel alan genişledikçe yüzey ısı adalarının karmaşık desenden KIA'ya dönüştüğünü, kentin %10'unda yüksek YYS (>23°C) görüldüğünü ifade etmişlerdir.

Guo vd. (2012), uzaktan algılama görüntülerini kullanarak farklı kentleşme derecelerinin YYS üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmada, Pekin'de Xicheng, Haidian ve Shijingshan bölgelerini araştırma alanı olarak seçmişlerdir. Arazi örtüsü sınıflandırması için ALOS görüntüleri, YYS tespiti için Landsat 5 TM görüntüleri kullanılmıştır. DN değerleriyle birlikte tek pencere, tek kanal ve Artis-Carnahan algoritmaları kullanılarak YYS hesaplanmıştır. Xicheng'in 0,91, Haidian'ın 0,72, Shijingshan'ın 0,55 kentleşme indeksine sahip olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak kentleşme arttıkça YYS'nin arttığı ancak YYS ve kentleşme arasında doğrusal model kullanarak basitçe sonuca ulaşamayacağı, daha kesin sonuçlar için karmaşık işlemler gerektiği vurgulanmıştır.

Kaya vd. (2012), İstanbul'da kentsel büyüme ve KIA arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında 1987, 1997 ve 2007 yıllarına ait Landsat 5 TM uydu görüntüleri ve meteoroloji istasyonu verilerini kullanmışlardır. Çalışma neticesinde kent içinde yerleşimin büyüdüğünü, kentsel dokunun yoğun olduğu sahalarda yüzey sıcaklıklarının da arttığını tespit etmişlerdir. Bu durumun sebebi olarak 30 yılda meydana gelen plansız ve kontrolsüz kentleşmenin olduğu vurgulanmıştır.

Xiong vd. (2012), arazi kullanımının farklı bölgelerdeki (kent-kır) mekânsal ve zamansal değişimini incelemeyi hedefleyen çalışmalarında 1990, 2000, 2005 ve 2009 yıllarına ait Landsat 5 TM ve Landsat 7 ETM+ uydu görüntülerini kullanmışlardır. Arazi örtüsünü belirlemede kontrollü sınıflandırmadan, NDVI ve NDBI indekslerinden faydalanmış, DN değerinden YYS'yi hesaplamışlardır. Çalışmanın neticesinde 1990-2009 yılları arası Guangzhou'da kentleşmenin, KIA etkisini artırdığı ortaya konulmuştur. Yüksek sıcaklık anomalilerinin yapılaşmış alanlarda, yoğun nüfuslu alanlarda ve sanayi alanlarında olduğu belirlenmiştir. Kent merkeziyle banliyö arasında 0,49 °C- 1,16 °C'lik fark tespit edilmiştir. YYS'nin NDVI ile ters, NDBI ile doğru orantılı olduğu tespit edilmiştir. KIA'nın zamansal ve mekânsal değişikliğinin, hızlı kentleşme sonucu yüzey özelliklerinin değişimine, bitki

örtüsünün azalmasına, yapılaşmış alanların, antropojenik ısı kaynaklarının ve sanayi faaliyetlerinin artmasına bağlı olduğu tespit edilmiştir.

Kuşçu Şimşek (2013), çalışmasında İstanbul metropolitan alanında yaz dönemi sıcaklık değişimi ile yerleşme dokusu arasındaki ilişkiyi ortaya koymayı ve KIA etkisini tespit ederek bu alandaki doku-arazi kullanımı ve topografya özelliklerini belirlemeyi amaçlamıştır. Bu amaca yönelik Landsat 5 TM uydusunun 2007 haziran ayı görüntüsünü kullanmış, NDVI, rakım ve kıydan uzaklık, taban alanı katsayısı, kanyon geometrisi verisi, albedo verisi ve eğim verilerinden yararlanmıştır. Pearson korelasyonu, regresyon analizi ve kümelenme analizi ile ilişkileri tespit etme yoluna gitmiştir. Çalışmanın sonucuna göre ısı adalarının Esenler, Bağcılar, Küçük Çekmece, Güngören, Zeytinburnu'nun yoğun yapılaşmış bölgelerinde; Maltepe ve Kartal'ın E5 üstü bölgelerinde ve kısmen Üsküdar bölgesinde kümelendiğini ifade etmiştir. Seyrek yerleşim dokusu ile yoğun yerleşim dokusu arasında 2 °C fark olduğunu tespit etmiştir.

Yılmaz (2013), Ankara kentinde 1984-2010 yılları arasında KIA'nın alansal değişimini, sıcaklık dağılışının niteliğini ve niceliğini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmasında meteoroloji istasyonlarına ait verileri, mobil istasyonla şehrin farklı yerlerinde yaptığı ölçümleri ve uydu görüntülerini kullanmıştır. Veriler arasında korelasyon ile sonuca ulaşmış, Ankara'da sabah saatlerinde negatif yüzey ısı adası oluştuğunu belirtmiştir. Bu durumun kent çevresindeki kırsal alanlara ait yüzeylerin özgül ısısının şehre göre düşük olması sebebiyle gündüzleri daha hızlı ısınmasından, dolayısıyla şehrin daha soğukmuş gibi görünmesinden kaynaklandığını ifade etmiştir. Ankara ve çevresinde yıl genelinde en yüksek yüzey sıcaklıkları mera, kuru tarım alanları ile sanayi ve ticari ünitelerde olduğu tespit edilmiştir. Su yüzeyleri, park ve bahçelerin çevresine göre düşük yer yüzeyi sıcaklığına sahip olduğu gözlenmiştir. Yılmaz, park ve bahçelerin kışın kentten daha sıcak yazın ise daha soğuk olduğunu belirtmiştir.

Çiçek vd. (2013), çalışmalarında Ankara ve çevresinin 2007-2011 yılları arasında YYS'nin yıl içindeki değişimini analiz etmişlerdir. Landsat 7 ETM+ görüntülerini kullandıkları çalışmada kontrollü sınıflandırma ile arazi örtüsü tespiti yapmış, DN değerinden hesapladıkları YYS'ye ek olarak meteoroloji istasyonlarına ait verileri kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda uydu görüntüsünün alındığı sabah saatlerinde kentte negatif KIA tespit edilmiştir. Mera ve kuru tarım arazileri çalışma alanının en yüksek YYS'ye sahip alanları olarak belirlenmiştir. Kentsel alan yüzey sıcaklığının düşük olduğu bölge olarak tespit edilmiştir. Kentsel yeşil alanların kış aylarında kentten daha sıcak, yaz aylarında ise kentten daha serin olduğu gözlenmiştir.

Dengiz ve Turan (2014), Samsun ilinin İlk adım ve Atakum ilçelerinde uzaktan algılama ve CBS teknikleri kullanarak arazi kullanımının zamansal ve mekânsal değişimini

incelemişlerdir. 2005 ve 2011 yıllarına ait ASTER görüntülerini kullandıkları çalışmalarında kontrollü sınıflandırma ile arazi sınıflandırması yapmışlar, GPS ile çalışma alanında 220 örneklem noktası seçerek doğrulama işlemi gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda I., II. ve III. sınıf arazilerde amaç dışı kullanımın ve şehirleşmenin yüksek olduğunu ifade etmişler; tarım arazilerinde alansal olarak azalma, tarım dışı arazilerde ise alansal artış tespit etmişlerdir.

Fonji ve Taff (2014), coğrafi ve demografik faktörlerin arazi örtüsü ve arazi kullanımına etkisini araştırdıkları çalışmalarında Letonya'yı örnek alan olarak seçmişlerdir. 1992 ve 2007 yıllarına ait resmi nüfus verilerini ve Landsat uydu görüntülerini kullanmışlardır. En büyük değişimin ormanda olduğunu onu tarım arazilerinin takip ettiğini belirtmişler, en az değişimin ise kent/banliyö alanlarında görüldüğünü saptamışlardır. Arazi kullanımının büyük oranda nüfusa bağlı olduğu ancak değişimin yönünün incelenen alanın ölçeğine bağlı olarak değişebileceğini vurgulamışlardır.

Yılmaz (2015), Adana ve çevresinde yüzey ısı adası oluşumu ve karakteristiğini belirlemeyi amaçladığı çalışmasında 2014-2015 yıllarındaki Landsat uydu görüntülerini ve uydu görüntüsü tarihine ait meteoroloji tarafından ölçülen hava sıcaklığı verilerini kullanmıştır. Arazi örtüsünü tespit edebilmek için kontrollü sınıflandırma uygulamış, arazi örtüsü-NDVI ve yüzey sıcaklığı arasında korelasyon analizi gerçekleştirmiştir. Ulaştığı sonuçlarda 3 farklı durum tespit etmiştir. Bunlar; 1- Kış dönemi görülen negatif yüzey ısı adasıdır. Negatif yüzey ısı adasında kent soğuk çevresi sıcaktır. 2- Yaz döneminde kentsel alan güney ve kuzeyine göre daha sıcak ancak doğu ve batısıyla benzer özelliktedir. 3- Geçiş mevsimlerinde görülen kentsel alanın çok belirgin olmayan negatif KIA durumudur. Bu sonuçların yanı sıra Yılmaz, çalışma alanında en düşük YYS'yi su yüzeyleri ve ormanda, en yüksek YYS'yi ise kışın sulmuş tarım alanları yazın ise meralarda tespit etmiştir.

Şekertekin vd. (2015), Zonguldak'ta YYS ile arazi örtüsü arasındaki ilişkiyi tespit etmeyi amaçladıkları çalışmalarında Landsat 5 TM, Geosy ve Worldview-2 uydularından faydalanmışlardır. Geosy ve Worldview uyduları arazi örtüsü ve YYS arasındaki ilişki için kullanılmıştır. Ayrıca tek pencere algoritmasıyla sonuca ulaşmıştır. Buna göre açık alan ve betonarme yapılar yüksek YYS derecesine sahip alanlar olarak tespit edilmiştir. Ayrıca çalışma alanında kumsalın da yüksek YYS verdiği gözlenmiştir. Bitki örtüsü ve orman kaplı alanlarda en düşük YYS tespit edilmiştir. Bitki örtüsü olan alan ile kent arasında 5 °C fark olduğu belirlenmiştir.

Mindali vd. (2015), Tel Aviv'in yüzey sıcaklığını değerlendirmeyi amaçladıkları çalışmada Landsat ve Modis uydularının 2000-2010 yılları arasındaki verilerini ve NDVI

indisini kullanmışlardır. DN değerinden hesaplanan YYS'ye göre sanayi ve ticari alanlarında en yüksek, yeşil alanlarda en düşük değerler tespit edilmiştir. Yeşil konut alanları, küçük-orta kamu parklarına kıyasla daha düşük YYS'ye sahip olarak belirlenmiştir. Metropollerde küçük ve orta ölçekli kamu parkları YYS için soğutucu etki yapmamakta, onun yerine yeşil konutlar ve kentin genelini yeşillendirme faaliyetlerinin daha etkili olduğu belirtilmiştir.

Sheng vd. (2015), çalışmalarında Çin'in Hangzhou kentindeki arazi örtülerinin KIA'ya etkilerini araştırmayı amaçlamışlardır. 2011 yılında yaptıkları analizlerde atmosferik KIA için 1,5 metre yükseklikte 00.00-10.00-14.00 ve 18.00 saatlerinde ölçülen hava sıcaklığı verilerini; yüzey KIA için Çevresel ve Afet İzleme Tahmini Uydusu B (HJ-1B)'nu kullanmışlardır. Pearson korelasyon analizi ile arazi örtüsüyle KIA ilişkisini tespit etmişlerdir. Çalışmaya göre YYS'nin ve gece hava sıcaklığının, geçirimsiz yüzey ve bitki örtüsü miktarına duyarlı olduğu, arazi örtüsü türlerinin 10.00'da yer yüzey ve hava sıcaklığı ile önemli ölçüde korelasyonunun bulunmadığı ancak gece önemli korelasyona sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Jiang vd. (2015), Indianapolis'te (ABD) 2001-2006 yılları arasında YYS, NDVI, bitki örtüsü ve toprak nemi arasındaki ilişkiyi araştırmayı amaçlamışlardır. 2001 ve 2006 yıllarına ait Landsat 5 TM uydusuna ait veriler kullanılmış, NLCD'den arazi örtüsü değişiklik verileri ve geçirgenlik yüzdesi elde edilmiştir. Çalışmanın neticesinde tarımsal alandan konut alanına değişen araziye kıyasla, ormanlık alandan ticari alana değişen alanda bitki örtüsünde %48, YYS'de %71, toprak neminde %15 değişim tespit edilmiştir. Bu durumda ormandan ticari alana doğru gerçekleşen değişimde YYS, toprak nemi ve bitki örtüsündeki değişimin çok daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Youneszhadeh vd. (2015), çalışmalarında Hollanda'da arazi kullanım değişikliğinin YYS'ye etkisini araştırmayı amaçlamışlardır. Veri olarak 2003, 2006 ve 2008 yıllarına ait Modis Terra MOD11A2 verisi ve ulusal arazi kullanım haritası kullanılmıştır. 2003-2008 yılları arasında en yüksek YYS artışına (0,75 °C) sahip alanı Zuid-Holland eyaleti teşkil etmiştir. İç su alanlarında ve açık deniz bölgelerinde YYS'deki artış gece olduğu belirlenmiştir. Farklı arazi kullanım türlerinin YYS üzerinde etkili olduğu vurgulanmıştır.

Uysal ve Polat (2015), Afyon'da 1987-2011 yılları arasında YYS ile biyofiziksel parametreler (NDVI, NDBI, NDWI) arasındaki ilişkiyi araştırmışlar ve Landsat 5 TM görüntülerini kullanmışlardır. Çalışmanın neticesinde minimum ve maksimum sıcaklık değerlerinin yaklaşık olarak 1 °C azaldığını tespit etmişlerdir. Kentsel alan ve çevresinde 1987-2011 yılları arasında ortalama YYS 1,7 °C azalmıştır. NDVI ve NDWI birbiriyle uyumlu, YYS ile negatif korelasyon belirlenmiştir. Beklenen KIA etkisi yerine ısı boşlukları tespit edilmiştir.

Bu ısı boşluklarının nedeni, çalışma alanında bulunan yaklaşık 200 metre yüksekliğindeki tepeler, sabah saatlerindeki görüntülerde bu tepelerin gölgelerinin kent üzerine düşmesi ve kırsaldaki jeotermal kaynaklar olarak belirtilmiştir.

Morabito vd. (2016), YYS'nin yıllık ve mevsimsel değişikliklerini nicel olarak ortaya koymayı hedefledikleri çalışmalarında Milano, Roma, Bologna ve Floransa'yı inceleme alanı olarak seçmişlerdir. YYS'yi tespit etmek için MODIS MOD11A2 uydularının 2001-2013 yılları arasındaki verilerini kullanmışlar, istatistiki hesaplamalar (R programlama), doğrusal regresyon ve bağımlı-bağımsız değişkenler ile YYS'ye ait haritaları oluşturmuşlardır. En yüksek YYS farklarını gündüz 3 °C, gece 2 °C'den yüksek olarak tespit etmişlerdir. YYS farklarının serin-soğuk mevsimde daha düşük olduğunu, geceleri ise en yüksek seviyeye ulaştığını ifade etmişlerdir. Maksimum YYS 2,1 °C ile Roma'da gözlenmiştir.

Uğur ve Polat (2016), Şanlıurfa'nın 1998-2014 yılları arasında YYS ve arazi kullanımı arasındaki ilişkiyi tespit etmek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmada 1998 ve 2006 yılları için Landsat 5 TM, 2014 yılı için Landsat 8 OLI/TIRS uydularını kullanmışlar ve DN değerinden YYS'yi hesaplamışlardır. En yüksek YYS tarım topraklarında ardından kentsel alanda tespit edilmiştir. Bu durum üzerinde uydu görüntülerinin alındığı saat etkili olmuştur. YYS'de kentsel alan ile sıcaklık arasında pozitif, bitki örtüsüyle negatif korelasyon görülmüştür. Çalışma alanının güneydoğusunun Atatürk Barajı'ndan güneydoğuya devam eden sulama kanalı nedeniyle daima çevresinden daha soğuk olduğu tespit edilmiştir. 1998-2014 yılları arasında kentsel alan 2 katına çıkmıştır. Buna bağlı olarak YYS de artış eğiliminde olduğunu göstermiştir.

Aslan ve Koç San (2016), uydu görüntüleri kullanılarak KIA etkisinin belirlenmesini ve YYS ile AÖAK ilişkisinin tespit edilmesini Antalya ili özelinde incelemişlerdir. 2001-2014 yılları arasındaki Landsat'a ait termal görüntüleri kullanmışlar, Random Forest (RF) ile arazi örtüsü sınıflandırması gerçekleştirmişlerdir. Bunlara ek olarak Sayısal Yükseklik Modeli, gece ışıkları verisi ve NDVI kullanılmıştır. YYS'nin doğrulanması için MODIS verilerinden yararlanılmıştır. Çalışma sonucunda kentsel, endüstriyel, sera, bitki örtüsü, sulu tarım ve kuru tarım alanlarının arttığı, çıplak arazi ve kaya alanlarının azaldığı sonucuna ulaşmışlardır. Antalya özelinde YYS 2001-2014 yılları arasında ortalama 2,5 °C artmıştır. Çıplak arazide en fazla 4,96 °C, endüstriyel alanda 4,45 °C, kentsel alanda 3,62 °C, sera alanlarında 3,49 °C, sulu tarım alanlarında 3,45 °C artış tespit edilmiştir. En düşük artış 1,62 °C ile bitki örtüsüyle kaplı alanda görülmüştür. KIA etkisi 2001-2014 yılları arasında 1,2 °C olarak saptanmıştır.

Aslan (2016), Burdur, Isparta ve Antalya illerinden oluşan Batı Akdeniz illerinin merkez ilçelerinde 2001-2014 yılları arasında arazi örtüsü değişiminin YYS ile ilişkisini araştırmış, bu amaçla Landsat uydusuna ait verileri kullanmıştır. Landsat uydusunun termal bantlarından YYS'yi tespit etmiş, NDVI ve DMSP indekslerini kullanmıştır. Arazi örtüsü sınıflandırmasını OLS gece ışıkları ve Random Forest ile gerçekleştirmiştir. Elde ettiği bulgulara göre en düşük YYS su ve bitki alanlarında, en yüksek YYS çıplak arazi, kentsel alan, sanayi alanları ve kuru tarım arazilerinde tespit edilmiştir. Antalya'da KIA'nın rasat süresince 2 °C arttığı belirlenmiştir. Antalya'da KIA etkisi yaz mevsiminde en yüksek, kış mevsiminde ise en düşük olarak tespit edilmiştir. Isparta'da KIA etkisi 0,6 °C azalmış, Burdur'da değişmemiştir. Isparta ve Burdur'da KIA yaz mevsiminde daha etkili iken kış mevsiminde negatif değerler belirlenmiştir. Antalya'da en yüksek YYS kuru tarım alanlarında, çıplak arazide ve kentsel alanda tespit edilirken Isparta ve Burdur'da en yüksek çıplak arazide tespit edilmiştir. En düşük YYS'nin su kütlelerinde olduğu ifade edilmiştir.

Özkök vd. (2017), Çorlu, Çerkezköy, Ergene ve Kapaklı ilçelerinde YYS'deki değişimin kentsel gelişim ve planlama üzerindeki etkisini ele aldıkları çalışmada MODIS Terra MOD11A2 uydu görüntüsünün 2000 ve 2012'ye ait günlük verilerini kullanmışlardır. Arazi örtüsü verileri CORINE veri setinden sağlanmış ve uydu görüntülerinin DN değerlerinden YYS hesaplanmıştır. Elde ettikleri bulgularda kentsel yerleşim alanında sıcaklık değişiminin 34 °C - 39 °C olduğunu, en yüksek değişimin tarım alanlarında tespit edildiğini ve 40 °C -46 °C arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Singh vd. (2017), Lucknow şehrinde arazi kullanımının YYS üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla yaptıkları çalışmada, 2002-2014 yılları arasını incelemiş ve Landsat uydularından yararlanmışlardır. Mono-window uygulamasıyla YYS'yi tespit etmiş, NDVI ve NTFVI indeksini kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda 2002-2014 yılları arasında 0,75 °C YYS tespit etmişlerdir. Kentin merkezinin çevresinden daha sıcak olduğunu, yoğun yapılaşmış alanlarda YYS'nin en yüksek, su ve bitki örtüsüyle kaplı alanlarda en düşük değerde olduğunu ifade etmişlerdir.

Alkan vd. (2017), yeşil alanların kent iklimi ve kentsel ısınma üzerindeki etkisini göstermeyi amaçladıkları çalışmalarında Batman ilini örnek alan olarak seçmişlerdir. Landsat 4-5 TM, Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntülerinden yararlanarak, görüntülerin DN değerlerinden YYS'yi hesaplamışlardır. Arazi kullanım değişikliğinin kent iklimi -özellikle sıcaklık- üzerinde belirgin etkisinin olduğu, yeşil alan ve ağaçların olduğu alanlarda YYS'nin diğer alanlardan daha düşük olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Sun ve Chen (2017), peyzaj değişimindeki hâkim bileşenleri ortaya koymak ve yeşil alanlardaki değişimin YYS üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla yaptıkları çalışmada örnek alan olarak Pekin'i seçmişler ve 2002-2012 yılları arasındaki değişimi incelemişlerdir. Peyzaj tipleri için Quickbird ve IKONOS; YYS tespiti için Landsat 5 TM uyduları kullanılmış, DN değerinden parlaklık sıcaklığı ve daha sonra YYS hesaplanmıştır. Yeşil alanlardaki artışın yönü geçirimsiz arazi ve çıplak araziden orman ve çim alanlarına, yeşil alanlardaki azalış ise orman ve çim alanlardan geçirimsiz yüzeylere doğru değişmiştir. Yeşil alanların genişlediği bölgelerde YYS'de küçük düşüşler (-1,1 °C- -0,67 °C), yeşil alanların daraldığı bölgelerde YYS'de büyük artışlar (1,64 °C- 2,21 °C) tespit edilmiştir. Ancak yeşil alanların sıcaklığı düşürmek için ele alınması gereken tek kriter olmadığı vurgulanmıştır.

Yavaşlı (2017), İzmir'in YYS ve KIA'nın zamansal ve mekânsal değerlendirilmesini amaçladığı çalışmasında 2000-2015 arası YYS için MODIS Terra ve Aqua uydularından yararlanmıştır. KIA'nın şiddeti ve eğilimi için Mann-Kendall testi kullanılmıştır. Çalışmada tüm mevsimlerde gündüz KIA etkisinin yüksek olduğu, kış ve bahar mevsimlerinde hem kentsel hem kentsel olmayan alanlarda gece sıcaklıklarında artış eğilimi tespit edilmiştir. Yaz mevsimi gündüz YYS'de azalma eğilimi olduğu ortaya konulmuş, KIA'nın şiddetinde anlamlı bir eğilim bulunamamıştır. Bu da kentsel ve kentsel olmayan alanların ısınma ve soğumada benzer şekilde davranmalarının muhtemel olduğunu kanıtlamıştır.

Xiao vd. (2018), farklı iklim tiplerine sahip şehirlerde YYS'nin değişimini ortaya koymayı amaçladıkları çalışmada Viyana ve Madrid kentlerini araştırma alanı olarak seçmişlerdir. 2013 yılına ait Landsat 8 OLI/TIRS görüntüleri ve kent atlasından 27 arazi örtüsü sınıfı elde etmişler daha sonra bu sınıfları 7 ana gruba indirgemişlerdir. Edinilen bulgulara göre yaz mevsiminde Viyana'nın kentsel alanda yüksek, çevresindeki kırsal alanda düşük YYS tespit edilmiştir. Viyana'da kentleşme ile YYS arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Madrid kentsel alanı çevresindeki kırsal alandan daha serin olduğu belirlenmiştir. Buna göre YYS'nin yerel iklim özellikleri ve arazi örtüsüyle birlikte incelenmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Silva vd. (2018), çalışmalarında Brezilya'da (Paço do Lumiar'da) arazi kullanımı ve KIA etkisinin ilişkisini araştırmayı amaçlamışlardır. 1988, 1999, 2010 ve 2014 yıllarına ait Landsat görüntülerinin kullanıldığı çalışma, meteoroloji istasyonundan elde edilen sıcaklık verisi ile desteklenmiş, YYS uydu görüntülerinin DN değerleri aracılığıyla hesaplanmıştır. KIA etkisinin büyüklüğü ile enerji tüketiminin yoğun olduğu yerler ve kentsel alan arasında pozitif korelasyon belirlenmiştir. Şehrin doğusunda yoğun yerleşimin ve ticari bölgelerin bulunduğu

alandaki sıcak noktalar tespit edilmiştir. En yüksek YYS 2014 yılında, en düşük YYS ise 1988 yılında olduğu belirtilmiştir.

Şekertekin vd. (2018), Ceyhan ilçesinde gece-gündüz YYS'yi tespit etmek ve yüzey ısı adası analizi gerçekleştirmek amacıyla yaptıkları çalışmada 3 Temmuz 2013 tarihine ait ASTER-Terra uydu görüntüsünü kullanmışlardır. Mono-window (tek pencere) analizi ile YYS'yi tespit edip Adana iline ait AÖAK verilerinden yararlanmışlardır. Çalışma neticesinde nadasa bırakılan toprakta gündüz en yüksek YYS'nin ölçüldüğü (ardından kentsel alan gelmektedir), geceleri ise en yüksek sıcaklığın kentsel alanda olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Kaplan vd. (2018), KIA etkisinin araştırılmasını hedefledikleri çalışmalarında Eskişehir'i örnek alan olarak seçmişlerdir. Çalışmada 4 Eylül 2017 tarihli Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüsünü kullanmışlar, NDVI ve NDBI indeksleriyle YYS hesabı ve YYS-arazi örtüsü arasında korelasyon analizi gerçekleştirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlarda Eskişehir'in farklı bölgelerinde KIA tespit etmişlerdir. Kent içinde birkaç lokal noktada KIA tespit etmiş olsalar da en büyük etki Organize Sanayi Bölgesi ve havaalanında görülmüştür.

Khorrani ve Gündüz (2019), İstanbul kentinde YYS tespiti, KIA etkisi ve KIA'ya neden olan faktörlerin analizi amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmada 2017 yılına ait Landsat 8 OLI/TIRS görüntülerini ve sayısal yükseklik modelini kullanmışlardır. YYS'yi DN değerine bağlı olarak hesaplamışlar, NDVI değerleri ile mekânsal korelasyon analizi gerçekleştirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlarda İstanbul kentinde YYS'nin yaz aylarında 21 °C -45 °C arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca ısı adası yoğunluğunun en fazla Esenler, Bağcılar, Bayrampaşa ve Güngören olmak üzere ilin orta ve güney kesimlerinde yoğun olduğunu belirtmişlerdir.

Ersoy Tonyalıoğlu (2019), çalışmasında YYS, NDVI ve yapı yoğunluğu arasındaki ilişkinin Aydın Efeler ve İncirliova ilçeleri özelinde incelenmesini amaçlamıştır. Çalışmada veri olarak Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS görüntüleri ile geçirimsizlik derecesi/yapı yoğunluğu haritaları kullanılmıştır. Uydu görüntülerindeki DN değerinden YYS hesaplanmış, YYS-NDVI ve IMD (geçirimsizlik derecesi/yapı yoğunluğu) arasında korelasyon analizi yapılmıştır. Ersoy Tonyalıoğlu çalışmasında yapı yoğunluğunda artış, bitki örtüsünde azalma, YYS'de 2005-2015 yılları arasında 3,63 °C artış olduğunu ifade etmiştir. YYS ile IMD arasında pozitif, YYS ile NDVI arasında negatif korelasyon tespit etmiştir.

Ödül ve Kuşçu Şimşek (2019), Ümraniye'de fiziksel çevre değişiminin mikro iklime etkisinin gösterilmesini amaçladığı çalışmasında 2002-2018 yılları için Landsat 5 TM ve

Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntülerini kullanmıştır. Bunun yanı sıra Google Earth görüntüleri, Quickbird Ortoready görüntüleri, Ümraniye ilçesi 2018 yılı yapı verisi çalışmanın diğer verilerini oluşturmuştur. DN değerinden elde ettiği YYS ve arazi verileri arasında bivariate korelasyon analizi gerçekleştirmiştir. Elde ettiği bulgularda ormanlık alanın azalmasının çalışma alanında sıcaklıkların artmasına neden olduğunu ifade etmiştir. İnşaat alanlarında, inşaatın başlama aşamasında zemin ısınma eğilimindeyken inşaat ilerleyip kat yüksekliği arttıkça soğuma eğilimi gözlenmiştir. Gökdelenler gölge etkisi yarattığından soğuma tespit edilmiştir. Beton yüzeylerin artış gösterdiği alanlarda ısınma da artmıştır.

Yamak vd. (2019), Bursa ilini örnek alan olarak seçtikleri çalışmalarında kentsel büyümeyle birlikte YYS'nin zamansal değişimi ve KIA etkisinin tespitini amaçlamışlardır. 1988, 1998 ve 2008 yıllarına ait Landsat 5 TM, 2018 yılına ait Landsat 8 OLI/TIRS görüntülerini kullanarak kontrollü sınıflandırma ile arazi örtüsü ve arazi kullanımını tespit etmişlerdir. DN değerleri aracılığıyla YYS'yi hesaplamışlar, NDVI ve NDBI indekslerinden faydalanmışlardır. Elde ettikleri bulgularda sanayi, çıplak zemin ve betonarme alanlarda yüksek YYS'nin; bitki örtüsüyle kaplı, ormanlık ve sulak alanlarda ise düşük YYS'nin olduğunu belirtmişlerdir.

Çelik (2019)'in, İstanbul metropolitan alanında gerçekleşen AÖAK'daki değişimleri zamansal ve mekânsal olarak inceleyip, termal bantlar aracılığıyla yüzey ısı adalarını tespit ederek bu adaların kentsel büyüme ile ilişkisini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada MODIS, ravinsonde ve Landsat verilerini kullanmıştır. Piksellerin DN değerlerini kullanarak tek kanal (single-channel), piksel tabanlı sınıflama, NDVI, spektral karışım analizi ve aritmetik bant işlemleri yöntemleriyle sonuca ulaşmıştır. Ulaştığı sonuçlara göre, piksel tabanlı sınıflandırmasını CORINE 1. seviye verileriyle doğrulamış ve 1984-2017 arasında kentsel alanın büyüüp orman alanlarının küçüldüğünü belirtmiştir. Lineer spektral karışım analizine göre aynı yıllarda yapay yüzeylerde artış tespit etmiştir. Kentsel ısı alanı değişim endeksine (UTFVI) göre ise ısı alanı değişiminin arttığını, ısı alanlarının yapay yüzeyler ve yarı doğal alanlarda yüksek, orman ve tarım alanlarında düşük olduğunu belirtmiştir.

Koday ve Kızılkın (2019), Ünye ilçesinin arazi kullanım ve arazi örtüsündeki değişimi belirledikleri çalışmada, 1985-2000 ve 2017 yıllarına ait Landsat görüntüleri üzerinden NDVI analizini gerçekleştirmiş ve AÖAK değişimini tespit etmişlerdir. 1985-2017 yılları arasında yerleşme ve tarım alanlarının alansal olarak büyüdüğü buna karşılık orman alanları azaldığı sonucuna ulaşmışlardır.

Şekertekin ve Marangoz (2019), Zonguldak ilinde AÖAK ile YYS arasındaki ilişkiyi araştırmışlar ve bu amaca yönelik 24 Mayıs 2017 tarihli Landsat 8 OLI/TIRS görüntüsünü kullanmışlardır. YYS tespiti için mono-window algoritmasından yararlanmışlar ve NDVI hesaplaması yapmışlardır. Açık yüzeyler ve yerleşim alanlarının, orman ve bitki örtüsüyle kaplı alanlara göre daha yüksek YYS'ye sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Karakuş (2019) 1989-2015 yılları arasında Sivas kent merkezinde YYS, NDVI ve AÖAK arasındaki ilişkinin belirlenmesine yönelik yaptığı çalışmada Landsat 4 TM, Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntülerini kullanmıştır. Uyduların sağladığı DN değerlerine ek olarak 1/25000 ölçekli topografya paftalarından, hava fotoğraflarından, GPS ile alınan nokta verilerden yararlanarak YYS'yi hesaplamış ve kontrollü sınıflandırma yapmıştır. Çalışmanın sonucunda kentsel alanının ve tarım arazilerinin alansal olarak büyüdüğünü, çorak arazinin ise küçüldüğünü tespit etmiştir. En yüksek YYS çıplak arazi ve kentsel yerleşim merkezinde ölçülmüştür.

Taşdelen (2019) çalışmasında Kocaeli ilinde farklı arazi kullanımlarına bağlı olarak YYS değişimini incelemeyi amaçlamaktadır. Veri olarak Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI/TIRS, MODIS Terra MOD11A2, MODIS Terra MOD11C3 ve meteoroloji verilerini kullanmış, DN değerinden YYS hesaplaması yapmıştır. Kullanılan veriler 1994, 2000, 2005, 2010 ve 2017 yıllarına aittir. Çalışma neticesinde en yüksek YYS sanayi alanında tespit edilmiştir. Sanayi alanlarını sırasıyla kentsel alan, tarım alanı, yeşil alan ve su alanları izlemiştir. Taşdelen, yaptığı korelasyon analizinde hava sıcaklığı ile YYS arasında pozitif korelasyon olduğunu ifade etmiştir.

Akkurt (2020) çalışmasında Eskişehir il sınırı içerisinde 1990-2018 yılları arasında AÖAK'daki değişimleri tespit etmeyi ve bu değişimlerin YYS ile ilişkisini incelemeyi amaçlamıştır. Arazi örtüsü için CORINE, 1990 yılı için Landsat 5 TM, 2018 yılı için Landsat 8 OLI/TIRS verilerini kullanmıştır. Yalnızca iki yılı baz aldığı çalışmada DN değerlerinden YYS hesaplaması yapmıştır. CORINE ikinci düzey arazi sınıflandırmasına göre gerçekleştirdiği çalışmada 1990-2000 yılları arasında yapay alanların, tarım alanlarının ve sulak alanların arttığını; orman ve yarı doğal alanların azaldığını vurgulamıştır. 2000-2006 yılları arasında yapay alanlar ve sulak alanların arttığı; tarımsal alanların, orman ve yarı doğal alanların azaldığı tespit edilmiştir. 2006-2012 yılları ile 2012-2018 yılları arasında yapay alanlar, sulak alanlar ve su yapıları artış göstermiştir. 1990 ve 2018 yıllarının YYS'si karşılaştırıldığında yapay alanlara dönüşen bölgelerin YYS'nin arttığı; orman ve yarı doğal alanlar, sulak alanlar ve su yapılarına dönüşen alanlarda YYS'nin azaldığı ifade edilmiştir.

Polat (2020), çalışmasında Mardin ili özelinde YYS'nin uzun yıllardaki eğilimi ve AÖAK ile ilişkisini ortaya koymayı amaçlamıştır. 1990-2019 yılları arasında eylül ayına ait Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uydularını kullanmış, DN değerinden YYS hesabı yapmış, NDVI ile arazi örtüsü bulgularını desteklemiştir. Çalışmanın sonucunda 29 yıllık dönemde Mardin'de YYS'nin arttığını ifade etmiştir ancak bu durumun genel sıcaklık artış eğilimiyle ilgili olup olmadığı tespit edilememiştir. Çalışma alanının kuzeydoğu bölgesinde bile artışın görülmesi eğilimin mevsimsel olmadığını, küresel iklim değişikliği ile ilişkili olabileceğini ortaya koymuştur.

Akyürek (2020), çalışmasında Kocaeli ilinde 2015-2019 yılları arasında YYS'nin zamansal değişiminin çevresel etkilerini ve rüzgâr-YYS ilişkisini incelemiştir. Landsat 8 OLI/TIRS uydusunu kullanmış, DN değerinden YYS'yi tespit etmiştir. Ayrıca Düzeltilmiş Toprak Bitki İndeksi (SAVI) ve NDBI indeksleriyle çalışmasını geliştirmiştir. Çalışma sonucunda en yüksek YYS'nin sanayi tesisi ve kentsel alanda olduğunu tespit etmiş, rüzgâr ile YYS arasında anlamlı bir ilişki bulamamıştır. Akyürek, çalışma alanındaki arazi örtülerinin YYS'leri en yüksekten en düşüğe; sanayi tesisleri, kentsel alan, yeşil alan ve su kütleleri olarak sıralamıştır.

Mercan (2020), çalışmasında Muş ilinde 1990-2019 yılları arasında YYS'nin mekânsal ve zamansal değişimini ortaya koymuştur. 1990 ve 2019 yılları arasında temmuz ve ağustos aylarına ait Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS görüntülerinin DN değerleri aracılığıyla YYS'yi ve NDVI değerleri hesaplanmış, 29 yıllık süreçte Muş ilinde YYS'nin 0,3 °C arttığı sonucuna ulaşmıştır. Özellikle 1995-2011 yılları arasında YYS'de düşüş eğilimi olduğunu, 2000-2019 yılları arasında sıcaklık artış oranının belirgin şekilde yükseldiğini ifade etmiştir.

Özbilge (2020), KIA ve yüzey ısı adası arasındaki farkları kavramsal olarak ortaya koymayı ve iki kavramı İstanbul örneğinde incelediği çalışmasında Landsat 8 OLI/ TIRS ve MODIS uydularını kullanmıştır. Yüzey sıcaklıklarının sadece kentsel alanlarda değil kent dışı alanlarda da artıp azaldığını tespit etmiştir. Bu durumun KIA tespitlerinde yüzey ısı adası etkilerini kolaylaştırdığını ve KIA çalışmalarında hava sıcaklığının teyit edici bir veri olarak kullanılmasının daha doğru sonuçlar elde etmede elverişli olduğunu vurgulamıştır.

Kesgin Atak ve Ersoy Tonyaloğlu (2020), tarafından gerçekleştirilen çalışmada 1990 ve 2017 yılları arasında Aydın'da AÖAK, NDVI ve YYS'deki değişimleri tespit etmek amaçlanmıştır. 1990 yılı için Landsat 5 TM, 2017 yılı için Landsat 7 ETM+ uydularına ait toplamda 10 görüntü kullanılmış, arazi örtüsü için ayrıca CORINE'den yararlanılmıştır. Çalışma sonucunda YYS ile NDVI arasında negatif ilişki tespit edilmiştir. 2017 yılında yerleşim

alanlarında YYS azalmıştır. Bunun nedeninin kent içi ağaçlandırma olduğu vurgulanmıştır. Su alanları ve bitki yüzeylerinde YYS'nin azaldığı tespit edilmiştir.

Örücü ve Arslan (2020), çalışmalarında Kızıldağ Milli Parkı ve Beyşehir gölünde AÖAK'daki değişimi ortaya koymayı amaçlamışlardır. Bu amaca yönelik 1990, 2000 ve 2018 yılına ait Landsat uydu görüntülerini ve ortofotoları kullanmışlar, CORINE verileri ile QGIS'te kesişim ve kategorik sınıflandırma yapmışlardır. Ulaştıkları sonuçlarda orman alanlarının artıp tarım, mera ve yerleşim alanlarının azaldığını belirtmişlerdir.

Kaya vd. (2020), çalışmalarında Samsun ili Vezirköprü ilçesinin AÖAK'nın sınıflandırmasını yapmayı ve CORINE verileriyle karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Bu çalışmada Landsat 8 OLI/TIRS, Sentinel 2B-15 ve TRIPLESAT uydularına ait görüntüler ile CORINE 1. ve 2. seviye AÖAK verileri kullanılmıştır. Kontrollü sınıflandırma işlemi ile arazi örtüsü/ kullanımı özellikleri tespit edilmiştir. Doğruluk analizi hata matrisi ile yapılmış ve %80'in üstünde doğruluğa ulaşılmıştır. Tüm uydu görüntülerinin CORINE ile doğrulanmasında %80'in üzerinde doğruluk payı tespit edilmiş olup AÖAK'nın belirlenmesinde Landsat, Sentinel ve TRIPLESAT uydularının kullanılmasının güvenli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Türkyılmaz vd. (2020), çalışmalarında Landsat uydularıyla elde edilen YYS değerlerinin, hava sıcaklığını temsil etme derecesini ölçmeyi hedeflemiştir. Çalışma alanı olarak seçilen Çanakkale'ye ait 1984-2019 arası (2002, 2006, 2012, 2017 hariç) her temmuz ayında alınan toplam 66 adet Landsat görüntüsü kullanılmıştır. Bu verilerin yanı sıra Çanakkale'de bulunan 12 meteoroloji istasyonunun 2 metre seviyesindeki hava sıcaklığı verileri temin edilmiştir. Artis-Carnahan denklemi ile tek kanal yöntemlerinden radyoaktif transfer denklemi, tek kanal denklemi ve tek pencere denklemi kullanılmıştır. YYS ve hava sıcaklığı arasındaki ilişki regresyon-korelasyon analizi ve kök ortalama (RMSE) ile hesaplanmıştır. Sonuç olarak Artis-Carnahan yönteminin çalışma alanı için en başarılı yöntem olduğu tespit edilmiştir. Yüksek kentleşmenin olduğu heterojen bölgelerin tüm yöntemlerin başarısını azalttığı saptanmıştır. NDVI ve YYS arasında negatif korelasyon olduğu belirtilmiştir.

Khamchiangta ve Dhakal (2020), çalışmalarında AÖAK değişiminin YYS üzerindeki etkilerini ve NDVI- AÖAK arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla Bangkok şehrinin 1991-2016 arasındaki değişimini ele almışlardır. 1991, 1997, 2005 ve 2016 yıllarına ait Landsat 5 TM ve Landsat 7 ETM+ uydu görüntüleri kullanılmıştır. Kontrollü sınıflandırma ile arazi örtüsü tespit edilmiş Pearson korelasyon analiziyle YYS ve arazi örtüsü ilişkisi ortaya konulmuştur. 1991-2016 yılları arasında yapılaşmış alan %30'dan %50'e yükselmiştir. YYS'de artış eğilimi

gözlenmiştir. Çalışma dönemi boyunca NDVI değeri yüksek yerlerde YYS’de azalma tespit edilmiştir. YYS ile NDVI arası negatif korelasyon görülmüştür. KIA yoğunluğu 1991’de 11,9 °C, 2016 yılında 16,2 °C olarak ölçülmüş, yaklaşık 5 °C artış tespit edilmiştir. Yüksek bina yoğunluğunun olduğu bitki örtüsüz, geniş beton kaplama alanlarda sıcak noktalar görülmüştür.

Du vd. (2020), Şangay’da yüzey ısı adası ve arazi kullanımı arasındaki ilişkiyi incelemeyi amaçladıkları çalışmada, 2000-2015 yılları arasını incelemiştir. Veri olarak Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri ve 10 adet meteoroloji istasyonuna ait veriler kullanılmıştır. 15 yılda Şangay’da KIA’nın hem yoğunluk hem alan olarak arttığı sonucuna ulaşmışlardır. Yıllara göre ortalama YYS sırasıyla en yüksekten en düşüğe yapılaşmış alan, boş arazi, yeşil alan, tarım arazisi ve sulak alanda tespit edilmiştir. Yapılaşmış alan KIA etkisini en fazla artıran arazi örtüsü iken sulak alan ve yeşil alan bu etkiyi azalttığı vurgulanmıştır.

Soydan (2020) çalışmasında, Niğde’de geçirimsiz yüzeyler ile YYS arasındaki ilişkiyi incelemeyi amaçlamıştır. 1989, 1999, 2009 ve 2019 yıllarına ait Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI/TIRS görüntülerinin kullanıldığı çalışmada DN değerinden YYS hesaplanmış, kontrollü sınıflandırma ile arazi örtüsü belirlenmiştir. Ayrıca NDVI ve NDWI indekslerinin sonuçları da çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışma sonunda 30 yılda yeşil alan arttığı tespit edilmiştir. Bu durumda YYS’nin azalması beklenirken araştırma sürecinde YYS de artış göstermiştir. Geçirimsiz yüzeylerin YYS değerlerinin, yeşil alanlara göre 5-10 °C daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Geçirimsiz yüzeyler KIA etkisini artırırken, yeşil alanlar soğutma etkisi yapmıştır.

Güneş vd. (2021), çalışmalarında Eskişehir kent merkezindeki 3 üniversiteye ait 5 kampüsün YYS haritalarını oluşturup yeşil alanların ve yapı unsurlarının KIA’ya etkilerini araştırmayı amaçlamışlardır. Bu amaca yönelik 2020 yılına ait Landsat 8 OLI/TIRS görüntüsü üzerinden DN değeri aracılığıyla YYS’yi hesaplamışlardır. Sonuç olarak Eskişehir Teknik Üniversitesi 2 Eylül Kampüsü ile Osmangazi Üniversitesi Meşelik Kampüsü’nün çevresinden daha yüksek; Osmangazi Üniversitesi Bademlik Kampüsü, Eskişehir Teknik Üniversitesi Porsuk Meslek Yüksek Okulu ve Anadolu Üniversitesi Yunus Emre Kampüsü’nün çevresinden daha düşük YYS’ye sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Guerri vd. (2021), çalışmalarında İtalya’nın Toskana bölgesindeki Floransa metropolünde sıcak ve serin noktaları belirlemeyi ve bunların yeşil alanlar, kentsel yüzeyler ve şehir morfolojisiyle ilişkisini incelemeyi amaçlamışlardır. Araştırma dönemi olarak 2015-2019 arası seçilmiştir. Çalışmada Landsat 8 OLI/TIRS verileri kullanılmış, DN değerinden YYS

hesaplanmıştır. Getis-Ord Gi istatistiği ile sıcak ve soğuk noktaların tespiti yapılmış, NDVI ve genel baskınlık indeksi kullanılmıştır. Çalışmanın neticesinde sıcak ve serin noktalar arasında sıcaklık farkı ortalama 10 °C olarak tespit edilmiştir. En sıcak ve en soğuk nokta arasında 15 °C fark bulunmuştur. Isınma etkilerinin daha çok morfoloji, kentsel yüzeyler, demografi ile ilgili, soğuma etkilerinin ise bitki örtüsü ve su kütleleriyle ilgili olduğu belirlenmiştir.

Tepanosyan (2021), Erivan'da arazi örtüsü, yüzey ısı adası ve çevresel faktörler arasındaki ilişkiyi incelemeyi amaçladığı çalışmasında Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI/TIRS uydularının 1989, 2000, 2010, 2018 yıllarına ait görüntülerini ve UTFVI indeksini kullanmış, makine öğrenmesiyle verilerini analiz etmiştir. Edinilen bulgulara göre YYS'yi etkileyen en önemli faktörlerin yeşil alan ve yoğun yapılaşmış alanlar olduğu gözlenmiştir. Arazi örtüsü analizinde yeşil alanların azaldığını, yapılaşmış alanların arttığını tespit etmiştir. UTFVI indeksine göre, yapılaşmanın olmadığı, insan kaynaklı ısı salımının gerçekleşmediği ve yeşil alana sahip yerlerde düşük KIA etkisiyle karşılaşmıştır.

Orhan (2021), kentleşmenin YYS üzerindeki etkisini araştırdığı çalışmada Mersin ilini incelemiştir. Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uydularının 1990, 1999, 2007, 2011 ve 2018 yıllarına ait görüntülerini ve CORINE'in 1990 ile 2018 verilerini kullanmıştır. YYS uydu görüntülerindeki DN değerlerinden hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda 1990'dan 2018'e YYS'de artış tespit edilmiştir. Yerleşim alanı ve sanayi alanları araştırma süresince 2 katından fazla büyümüştür. Yeşil alanların hemen hemen tamamı bina, yol, marina, AVM gibi yapay alanlara dönüşmüştür. Kentleşmenin yoğun olduğu sahil şeridinde YYS artışının fazla olduğu, 1990 yılından 2018 yılına ortalama sıcaklıklarda 6 °C ısınma gerçekleştiği, ısınmada en belirgin yerin Mersin marina ve çevresi olduğu vurgulanmıştır. Bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda YYS ortalama 2,5 °C daha düşük olarak bulunmuştur. En yüksek YYS'ye sahip alanlar yeşil alandan beton zemine dönüştürülen bölgeler olarak gözlenmiştir.

Monteiro vd. (2021), metropol alanda kuru mevsimde KIA etkisinin gece ve gündüz gösterdiği özelliği analiz etmeyi amaçladıkları çalışmalarında Brezilya'yı çalışma alanı olarak seçmiş ve 2000-2006 yılları arasındaki değişimi incelemişlerdir. Veri olarak Modis uydusuna ait verileri kullanmış, ortalama albedo ve NDVI indeksinden faydalanmışlardır. Çalışmanın sonucunda Manaus'ta KIA etkisi en yüksek gündüz yoğun kentsel alan ve tropikal yağmur ormanlarına yakın yerde; Curitiba'da en yüksek gece, beton ve asfalt gibi malzemenin yoğun olduğu kalabalık yapılaşma alanlarında tespit edilmiştir.

Almashharawi (2021), Gazze şeridinde kentin büyüme sürecinin ve eğilimlerinin belirlenip yeni yerleşim yeri için tahminin yapıldığı ve kentsel evrim özelliklerinin analizini

gerçekleştirildiği çalışmasında arazi özelliklerini belirleyebilmek amacıyla 1/25000 ölçekli topografya haritasından, Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntülerinden, hava fotoğraflarından yararlanmıştır. Kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma ile arazi örtüsü tiplerini tespit etmiştir. Sonuç olarak 2000-2020 yılları arasında çıplak arazide %37 azalış, aynı yıl aralığında yapılaşmış alanda %20 (%17'den %37'ye) artış gözlemlenmiştir.

Siddiqui vd. (2021), çalışmalarında Hint şehirlerinde kentsel yüzey ısı adası etkisi ve nedenlerini araştırmışlar, kentsel yüzey ısı adası etkisinin gece/gündüz, mevsimsel, yıllık değişim ve eğilimlerini incelemiştir. Çalışma alanı olarak üç Hint şehirini (Lucknow, Kolkata ve Pune) seçmişlerdir. Çalışmada veri olarak MODIS'in 2001-2018 arasındaki verileri kullanılmıştır. Değişim ve eğilimler için aerosol optik derinlik (AOD), NDVI, Mann Kendall, mevsimsel Kendall, Theil-Sen tahmincisinden yararlanılmışlardır. Çalışma sonucunda gece vakitlerinin YYS ve KIA etkisini incelemek için daha uygun olduğunu tespit etmişlerdir. Tüm şehirlerde ortalama gündüz ve gece YYS'de pozitif eğilim tespit edilirken bir tek Pune'da gündüz kentsel soğuma gözlenmiştir. Bu durumun aerosol yükündeki ve bitki örtüsündeki artıştan kaynaklandığı düşünülmektedir. Tüm şehirlerde gece yüzey KIA etkisinin pozitif olduğu ve yıllık yüzey KIA'nın 1,34 °C-2,07 °C arasında değiştiği ifade edilmiştir. Kolkata ve Pune'da yüzey KIA artış eğiliminde Lucknow'da azalış eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun nedeni olarak, kentsel olmayan alandaki YYS artış hızının kentsel alandakinden daha hızlı olması olarak ifade edilmiştir.

Amorim vd. (2021), Brezilya'nın Presidente Prudente ve Fransa'nın Rennes şehirlerini inceleme alanı olarak seçtikleri çalışmalarında, gece ve gündüz atmosferik ve yüzey ısı adalarının yoğunluklarını karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Bu amaç doğrultusunda Landsat 8 OLI/TIRS uydusunu veri olarak kullanmış, NDVI analizi gerçekleştirmiş ve Pearson korelasyon testi uygulamışlardır. Buna göre atmosferik ve yüzey ısı adalarının aynı özelliklere sahip olmadığı, ısı adalarının sadece günün belli bir saatine göre değil bölgenin iklimine, meteorolojik durumuna, konumuna ve arazi kullanımına bağlı olarak değişebildikleri sonucuna ulaşmışlardır. Rennes'te daha serin ve nemli koşullar hâkim olduğundan gündüz yüzey ısı adalarının daha düşük sıcaklığa sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Gündüz sanayi bölgelerinde gece ise nemli alanlarda yüksek YYS tespit edilmiştir.

Demir (2021), çalışmalarında Kars'ta arazi örtüsü ve arazi kullanımındaki değişimi tespit etmeyi, bu değişim üzerinde etkili olan doğal ve beşerî faktörlerin belirlenmesini ve bu bilgiler doğrultusunda arazi kullanımında projeksiyonlar geliştirmeyi amaçlamışlardır. CORINE ait 1990, 2000 ve 2018 verileri kullanılmış, ArcGIS ve İdrisi yazılımlarıyla değişim

analizi gerçekleştirilmiş ve MLP (Multi Layer Perception) tekniği ile projeksiyon geliştirilmiştir. Bu analizler sonucunda en fazla oransal değişiklik yapay yüzeylerde tespit edilmiştir. Analizlerde en fazla değişim tarım arazileri, orman ve yarı doğal alanlarda saptanmıştır. Arazi üzerinde beşerî müdahalelerin baskın etkisi olduğu vurgulanmıştır. Gerçekleştirilen projeksiyona göre 2040 yılında en fazla değişimin tarım alanlarında olacağı öngörülmüştür.

Morsy ve Hadi (2022), Dakahlia-Mısır'da AÖAK'nın YYS üzerindeki etkisini NDVI, NDBI ve NDWI kullanarak belirlemişlerdir. 2019 yılına ait Landsat 8 OLI/TIRS uydusunun DN değerinden YYS'yi tespit edip NDVI, NDBI ve NDWI ile korelasyon analizine tabi tutmuşlardır. Sonuç olarak, NDVI ve NDWI ile YYS arasında negatif korelasyon, NDBI ile YYS arasında pozitif korelasyon tespit etmişlerdir. Yapılaşmanın yüksek olduğu alanlarda YYS'nin yüksek, bitki ve su varlığının olduğu alanlarda düşük olduğunu ifade etmişlerdir.

Kaçmaz ve Gürbüz (2022), Aksaray ilinde 1990-2018 yılları arasında AÖAK'daki değişimin YYS'ye etkisini zamansal olarak incelemiştir. Veri olarak Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI/TIRS, CORINE, MODIS MOD11A1, meteoroloji istasyonundan elde edilen toprak sıcaklığı verisini kullanmışlardır. Uydu görüntülerindeki DN değerlerinden YYS hesaplamışlar ve Pearson korelasyonu ile YYS ile arazi örtüsü arasındaki ilişkiyi saptamışlardır. Buna göre tarım alanlarının, yapay alanların ve çıplak zeminlerin yüksek YYS'ye sahip olduğu, ormanlık ve sulak alanların ise YYS'nin düşük olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Ünal Çilek (2022), çalışmasında Adana kentinde farklı mevsimsel dönemlerde (Aralık-Şubat ve Haziran-Ağustos) arazi kullanımı ile YYS arasındaki ilişkiyi sayısal olarak ortaya koymayı amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri ve arazi örtüsü için kentsel atlas kullanılmıştır. Termal bantların DN değerlerinden YYS hesaplaması yapılmış, kentsel yüzey ısı adasını sigmoid aktivasyonu ile ölçülmüştür. Çalışma sonucunda en yüksek YYS'nin sırasıyla havaalanı, endüstriyel ve ticari birimler, maden ocakları ve boşaltım sahalarında olduğu tespit edilmiştir. En düşük YYS ise sırasıyla su yüzeyleri, ormanlar ve kentsel yeşil alanlarda ölçülmüştür. Kentsel yüzey ısı adası etkisi endüstri alanları, karayolları, havaalanı gibi geçirimsiz yüzeylerde en yüksek; yüksek katlı yerleşim bölgelerinde en düşük olduğu tespit edilmiştir.

Pashaei ve Aksoy (2022), İstanbul ilinin Pendik ilçesinde 1986-2021 yılları arasında arazi örtüsünde görülen değişimin YYS'ye etkisini tespit etmek amacıyla yaptıkları çalışmalarında Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntülerinden ve NDVI, NDBI, NDWI, DBSI indekslerinden yararlanmışlardır. Elde ettikleri sonuçlardan yola çıkarak

NDBI'in kuru çıplak toprak ile yerleşim alanında ayırım yapamadığını, YYS ile NDBI arasında pozitif ancak zayıf ilişki bulunduğunu, YYS ile NDVI arasında orta düzeyde pozitif ilişkinin bulunduğunu, NDWI ile YYS arasında orta düzeyde negatif ilişkinin bulunduğunu ve YYS ile DBSI arasında orta düzeyde pozitif ilişkinin bulunduğunu belirtmişlerdir.

Çalhan ve Özelkan (2022), kentleşmenin YYS üzerindeki etkisinin zamansal ve mekânsal olarak değişimini ortaya koymayı hedefledikleri çalışmalarında örnek alan olarak Denizli'yi seçmişlerdir. Bu amaçla 1984, 1994, 2004, 2014, 2021 yıllarının ağustos ayına ait Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uydularının DN değerleri ile Artis-Carnahan denkleminde yararlanarak YYS'yi hesaplamışlardır. Çalışma alanında 1984-2021 yılları arasında 4,45 °C sıcaklık artışı tespit etmişlerdir. YYS-NDBI arasında pozitif, YYS-NDVI arasında negatif korelasyon olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bunun yanı sıra yeşil alanların olduğu bölgede YYS'nin düşük, yapılaşmış alan ve çıplak arazide YYS'nin yüksek olduğunu, arazi kullanım değişiminin sıcaklık artışında etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Rahman vd. (2022), Bangladeş'in büyük ilçelerinde kış döneminde KIA yoğunluğunu zamansal ve mekânsal olarak analiz etmeyi amaçladıkları çalışmalarında Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS görüntülerini kullanarak YYS ve arazi örtüsü tespiti gerçekleştirmişlerdir. Arazi örtüsünü çıplak arazi, yapılaşmış alan, bitki örtüsü ve su kütlesi olmak üzere 4 sınıfa ayırmışlardır. Çalışma neticesinde Rajshani ve Rangpur ilçeleri dışında tüm ilçelerde birden fazla KIA tespit edilmiştir. Tüm ilçelerde kentsel alan ve çıplak arazinin artışıyla birlikte daha yüksek sıcaklığa sahip KIA'ları meydana gelmiştir.

Şenlik ve Yılmaz (2023), İzmir ve Manisa'nın yüzey sıcaklığı eğilimlerini ve arazi örtüsü- YYS ilişkisini belirlemeyi amaçladıkları çalışmalarında MODIS Terra ve MODIS Aqua uydularına ait verileri kullanmış, arazi örtüsüne ait verileri CORINE'den temin etmişlerdir. Sıcaklık eğilimleri Mann-Kendall analiziyle gerçekleştirilmiştir. Yüzey sıcaklığını denizellik-karasallığın, arazi örtüsünün ve yükseltinin etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. Karasallığın yüksek olduğu yerde yüzey sıcaklığının da yüksek olduğunu tespit etmiş, yükselti ile yüzey sıcaklığı arasında negatif korelasyon saptamışlardır. En düşük yüzey sıcaklıkları su yüzeyleri ve ormanda; en yüksek yüzey sıcaklıkları ise tarım alanları, sanayi ve ticari üniteler ile kentsel alanda ölçülmüştür. Yaz mevsiminde sanayi ve ticari alanlarda en yüksek yüzey sıcaklığı olduğunu ifade etmişlerdir. İzmir kent merkezindeki yüzey sıcaklığı artışındaki eğilim hem gece hem gündüz gözlenirken, Manisa kent merkezinde sadece gece gözlenmiştir.

Yücer (2023), kentsel alanlarda albedo, YYS ve NDVI değerlerindeki değişimi tespit edip aralarındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla Safranbolu kentinde çalışma gerçekleştirmiştir.

Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI/TIRS verileri kullanılmış, Artis-Carnahan algoritması ile YYS, bant oranlamasıyla NDVI ve atmosferik yansıtım değerleri ile albedo değerleri hesaplanmıştır. Çalışma neticesinde YYS ve NDVI arasında negatif yönlü ilişki, yapılaşmanın ve sanayinin olduğu alanda yüksek YYS tespit edilmiştir. Ayrıca albedo ile NDVI arasında negatif, albedo ile YYS arasında pozitif ilişki saptanmıştır.

Husain vd. (2023), çalışmalarında AÖAK'nın YYS üzerindeki etkisinin zamansal ve mekânsal değişimini araştırmayı, NDSI (Normalize Fark Kar İndeksi) ve NDVI arasındaki ilişkiyi incelemeyi amaçlamışlardır. Araştırma bölgesi olarak Hindistan'ın seyrek nüfuslu Lahaul ve Spiti bölgelerini seçmişlerdir. Çalışmada veri olarak 1990, 2015 ve 2020 yıllarının eylül ayına ait Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri, arazi örtüsü için ASTER-Dem verileri kullanılmıştır. NDVI ve NDSI indeksleri uygulanmış Mann-Kendall korelasyon analizi yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda 30 yılda yoğun bitki örtüsü, seyrek bitki örtüsü, kar örtüsü, su kütlesi ve çıplak arazinin ortalama yüzey sıcaklığını artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Tüm arazi örtülerinde en duyarlı olanın kar örtüsü olduğu belirlenmiştir. YYS arttıkça bitki büyüme hızının arttığı tespit edilmiştir.

Ardahanlıoğlu (2023), Kayaköy/Hisarönü (Fethiye) ve yakın çevresinde arazi örtüsü ve arazi kullanımı ile YYS arasındaki ilişkinin tespit edilmesi amacıyla gerçekleştirdiği çalışmada 2018 yılı temmuz ayına ait Landsat 8 OLI/TIRS görüntülerini kullanmış ve arazi örtüsü için CORINE'den faydalanmıştır. Doğu-batı ve kuzey-güney yönlerinde kesitler olarak arazi örtüsü ve YYS değişimini ortaya koymuştur. Çalışmanın sonucuna göre en yüksek sıcaklıklar sulanmayan ekilebilir arazilerde tespit edilmiştir. Sulanmayan ekilebilir arazileri, en yüksek sıcaklıkların görüldüğü arazi örtüsü olarak karışık tarım alanları takip etmiştir.

Önkol ve Menteşe (2023), Sakarya'nın Pamukova ilçesinde 1984-2022 yılları arasında arazi kullanım değişimini uzaktan algılama ve CBS ile araştırmayı hedefledikleri çalışmalarında Landsat 5 TM (1984) ve Landsat 8 OLI/TIRS (2022) uydularına ait görüntülerle kontrollü sınıflandırma işlemi gerçekleştirmişler ve NDVI analizi yapmışlardır. Çalışmada, 1984-2022 yılları arasında orman ve tarım alanlarının küçülmüş, çayırılık, fundalık, bozkır ve bitki değişim alanı gibi yarı doğal alanlar ile yapay alanların büyümüş olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Ünsal ve Avcı (2023), Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin kentlerindeki YYS'deki değişimlerin arazi örtüsü ile ilişkisini incelemek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmada Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uydularından faydalanmışlardır. Bunun yanı sıra arazi örtüsünü tespit edebilmek için CORINE, Kent Atlası ve Open Street Map verilerini kullanmışlardır. DN

değerlerinden YYS elde etmişler ve ArcGIS'te YYS-arazi örtüsü ilişkisini saptamışlardır. Buldukları sonuçlara göre Diyarbakır ve Şanlıurfa'da kentsel yoğunluk arttıkça ortalama YYS'nin düştüğü gözlenmiştir. Üç kentte de 1990 yılı kent sınırının genel olarak YYS fark ortalamasının üstünde kaldığını tespit etmişlerdir.

Ay (2024), YYS'nin zaman içindeki değişimini belirlemek amacıyla gerçekleştirdiği çalışmada, AÖAK ile YYS arasındaki değişimi tespit etmeyi amaçlamıştır. AÖAK'nın YYS üzerindeki etkileri belirlemek amacıyla İzmir ilini örnek alan olarak seçmiş, 1990-2018 yılları arasını incelemiştir. Çalışmada Landsat 5 TM, Landsat 7 TM+, ve Landsat 8 OLI/TIRS görüntüleri, meteoroloji istasyonunun günlük hava sıcaklığı verileri kullanılmış, NDVI, NDWI, NDBI indisleri ve Pearson korelasyon analizi ile arazi örtüsü ve YYS ilişkisi tespit edilmiştir. Maksimum sıcaklık 2012 yılında 48,2 °C, minimum sıcaklık 2006 yılında 15,7 °C olarak ölçülmüştür. Yılların ortalama YYS değeri 30,9 °C ile 32,8 °C arasında değişmiştir. AÖAK'da en fazla değişim kentsel dokuda meydana gelmiştir. Kentsel dokudan sonra sanayi, ticaret ve ulaşım birimleri, heterojen tarım alanları gelmiştir. 1990-2018 yılları arası en düşük YYS su alanları ve ormanlarda en yüksek YYS sırasıyla meralar, tarım arazisi, sanayi ve ticari birimler, maden ve inşaat alanları, kentsel dokuda tespit edilmiştir. En düşük ise su alanları ve ormanlarda görülmüştür. YYS'de, NDBI ve albedo ile pozitif korelasyon, NDVI ile negatif korelasyon olduğu ifade edilmiştir. YYS'de 7 °C değişim tespit edilmiştir.

dönemine ait birimler bulunmaktadır. Eskişehir'in kuzeyinde Paleozoik-Mesozoik kristalize kayalar (Ardos, 1995), güneyinde ise Neojen göl depoları yer almaktadır (Ertin, 1994). Çalışma alanının -bugünkü kent yerleşiminin- yer aldığı bölge tektonik hareketlere maruz kalmış ve jeolojik dönemde bir Neojen gölü haline gelmiştir (Esen vd., 1975).

Eskişehir ilinin en önemli su kaynağını Porsuk Nehri ve Sakarya Nehri oluşturmaktadır. Çalışma alanı içerisinde yalnızca Porsuk Nehri yer almaktadır. Sakarya Nehri ilin güneyinde bulunan Çifteler ilçesinin Sakaryabaşı mevkiinden doğmaktadır. Porsuk Nehri, Sakarya Nehri'nin en önemli kollarından olup il sınırlarına ve çalışma alanına güneybatıdan giriş yapmakta, doğu ve kuzeydoğu yönünde akış göstererek Sakarya Nehri'ne katılmaktadır. Toplamda 448 km uzunluğundaki Porsuk Nehri'nin 225 km'si Eskişehir il sınırları içinde kalmaktadır (Akkurt, 2020).

Eskişehir ili konumu, sahip olduğu coğrafi şartlar (yeryüzü şekilleri, yükseltileri vb.) ve denize uzaklığı sebebiyle karasal iklim özelliği göstermektedir. Eskişehir ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 11,0 °C olup, en sıcak aylar temmuz (21,9 °C) ve ağustos (21,9); en soğuk aylar ocak (-0,1 °C) ve şubat (1,6 °C) aylarıdır. Ortalama en yüksek sıcaklık ağustos ayında (30,0 °C), ortalama en düşük sıcaklık ise ocak (-4,0 °C) ayında görülmektedir. Yıllık ortalama güneşlenme süresi 6,6 saattir. Yılın ortalama 72,6 günü yağışlı geçmekte ve yıllık toplam yağış miktarı ortalaması 355,9 mm'dir. Aylık en fazla yağış nisan ayında (44,1 mm) düşmektedir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2024a). Kışları sert, yazları sıcak geçen Eskişehir'de gece ile gündüz arasında sıcaklık farkı fazladır (Akkurt, 2020). Aydeniz iklim sınıflandırmasına göre kurak, De Martonne iklim sınıflandırmasına göre çalışma alanının bulunduğu bölge yarı kurak, Eskişehir'in geri kalan alanları yarı kurak-nemli, Erinç iklim sınıflandırmasına göre çalışma alanı da dahil ilin büyük bir kısmı yarı kurak, Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre il yarı kurak ve yarı kurak-az nemli sınıfına dahil olmakla birlikte çalışma alanı yarı kurak özelliklerin görüldüğü bölgede kalmaktadır (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2024b). Köppen iklim sınıflandırmasına göre yarı kurak soğuk step iklimi, Köppen-Trewartha iklim sınıflandırmasına göre karasal ılıman iklim özellikleri hakimdir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2024b).

Eskişehir'in bitki örtüsünün genel görünümünü Anadolu stepleri, Kuzey Anadolu ve Batı Anadolu ormanları teşkil etmektedir. Eskişehir, Orta Anadolu'nun karakteristik bitki örtüsünün özelliklerini taşımaktadır. İlin %26,3'ü ormanlarla kaplıdır. Kuru ormanlarında en fazla karaçam (%78) bulunmakta olup onu sırayla sarıçam (%9) ve kızılçam (%6) takip

etmektedir. Geriye kalan bataklık ormanlarıdır ve tamamı meşe türlerinden oluşmaktadır (T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2024b).

Eskişehir sanayisinin %13.15'ini "başka yerde sınıflandırılmamış makine ekipman imalatı" oluşturmaktadır ve bu ilin sanayisinde payı en yüksek sektördür. Sanayi işletmelerinin sektörel dağılımında %12,31 ile "gıda ürünleri imalatı" ikinci sırada, %11,38 ile "fabrikasyon metal ürünleri imalatı" üçüncü sırada yer almaktadır. İlde "kömür ve linyit çıkartılması", "ham petrol ve doğal gaz çıkarımı" ve "tütün ürünleri imalatı" olmak üzere üç adet faaliyeti olmayan sektör bulunmaktadır (ÇED ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü, 2023).

5. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma alanının AÖAK'daki değişimlerinin KIA'ya olan etkilerini araştırabilmek amacıyla farklı veriler ve veri setleri kullanılmıştır. Çalışma alanını belirlerken kentsel yerleşim sınırını içine alacak şekilde bir dikdörtgen oluşturulmuş, yapılan tüm analizler ve yorumlar bu çerçevede baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Tüm veriler ArcGIS 10.8 yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada kullanılan sayısal veriler UTM, WGS 1984, 36N koordinat sistemindedir.

5.1. Materyal

Çalışma alanında AÖAK'yı belirleyebilmek amacıyla CORINE (Coordination of Information on the Environment- Çevresel Bilginin Koordinasyonu) arazi örtüsü veri setinin 1990, 2000, 2006, 2012 ve 2018 yıllarına ait 1/100.000 ölçekli raster verileri kullanılmaktadır. CORINE AÖAK sınıflandırma sistemi, Avrupa Çevre Ajansı (European Environment Agency-EEA) tarafından 1985 yılında geliştirilen (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024a) uydu görüntülerinden elde edilen verileri bilgisayar destekli görsel yorumlama ile üreten AÖAK veri setidir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024b). CORINE, 1985 yılından 1990 yılına kadar Avrupa Birliği Komisyonu tarafından yürütülmüş, daha sonra Dobris Konferansı'nda (1991) Orta ve Doğu Avrupa ülkeleri için de uygulanmasına karar verilmiş ve 13 ülkede CORINE veri tabanı oluşturulmuştur (Çivi vd., 2009). CORINE projesi oluşturulurken dört amaca hizmet etmesi planlanmıştır. Bunları, Avrupa Birliği ülkelerinin öncelikli konularına göre çevre durumu bilgilerini toplamak, uluslararası düzeyde bilgilerin toplanması ve standartlaştırılıp uygun hale getirilmesi, arazi bilgilerinin tutarlılığının ve uyumluluğunun sağlanması, Avrupa Çevre Ajansı kriterlerine bağlı AÖAK haritalarının oluşturulması teşkil etmektedir. CORINE veri seti kapsamında haritaların ölçeği 1/100000, haritalanacak en küçük birim 25 ha olarak belirlenmiştir. Görüntüler her ne kadar uydu görüntüleri üzerinden sağlansa da verilerin doğruluğu, güvenilirliği ve düzeltmeleri için 1/25000 ölçekli topografya haritalarından, toprak haritalarından, Devlet Su İşleri'nden temin edilen sulanan alanları gösteren verilerden ve Orman Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan meşcere verilerinden faydalanılmaktadır (Çivi vd., 2009). CORINE AÖAK veri seti, ayrıntı bakımından 3 seviyede veri sunmaktadır. 1. seviyede 5, 2. seviyede 15 ve 3. seviyede 44 adet AÖAK sınıfı bulunmaktadır. Bunun yanı sıra ülkeler, ihtiyaçları doğrultusunda yeni sınıflar oluşturmaktadır. (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024b). Bu tez çalışmasında CORINE arazi örtüsü/ kullanımı veri setinin 3. düzey verileri kullanılmıştır. Çalışma alanında bulunan arazi sınıfları ve açıklamaları Tablo 5.1'de gösterilmektedir.

Tablo 5.1. Çalışma Alanında Yer Alan Arazi Örtüsü/Kullanımı Kodları ve Sınıfları

| 1. Seviye | 2. Seviye | 3. Seviye Sınıfları |
|--------------------------------|--|---|
| 1. Yapay Bölgeler | 1.1. Kent Yapısı | 1.1.1. Sürekli Kent Yapısı 1.1.2. Kesikli/Süresiz Kent Yapısı |
| | 1.2. Endüstri, Ticaret ve Ulaşım Birimleri | 1.2.1. Sanayi ve Ticari Birimler 1.2.2. Karayolları, Demiryolları ve İlgili Alanlar 1.2.4. Havaalanları |
| | 1.3. Maden Ocağı, Boşaltım ve İnşaat Sahaları | 1.3.1. Maden Çıkarım Sahaları 1.3.2. Boşaltım Sahaları 1.3.3. İnşaat Sahaları |
| | 1.4. Yapay, Tarımsal Olmayan Yeşil Alanlar | 1.4.1. Kentsel Yeşil Alanlar 1.4.2. Spor ve Eğlence Alanları |
| | 2. Tarımsal Alanlar | 2.1. Ekilebilir Alan |
| 2.3. Meralar | | 2.3.1. Mera Alanları |
| 2.4. Karışık Tarımsal Alanlar | | 2.4.2. Karışık Tarım Alanları 2.4.3. Doğal Bitki Örtüsü ile Birlikte Bulunan Tarım Alanları |
| 3. Orman ve Yarı Doğal Alanlar | | 3.1. Ormanlar |
| | 3.2. Maki ve Otsu Bitkiler | 3.2.1. Doğal Çayırliklar 3.2.3. Sklerofil Bitki Örtüsü 3.2.4. Bitki Değişim Alanları |
| | 3.3. Bitki Örtüsü ile Kaplı Olmayan veya Az Miktarda Bitki Örtüsü ile Kaplı Açık Alanlar | 3.3.2. Çıplak Kayalıklar 3.3.3. Seyrek Bitkili Alanlar |
| | 5. Su Yapıları | 5.1. Karasal/İç Sular |

Tablo 5.1’de verilen ve çalışma alanında bulunan 3. Seviye CORINE AÖAK sınıflarının açıklamaları aşağıda maddeler halinde verilmektedir:

- **1.1.1. Sürekli Kent Yapısı:** Arazinin %80’inden fazlasının binalar, yollar, yapay ve geçirimsiz yüzeyler tarafından kaplı olduğu alanları ifade etmektedir. Sık dokulu, yoğun ve homojen yapılaşmanın hâkim olduğu kent merkezleri ve banliyöler, kamu hizmetine ayrılmış ve yerel idareler tarafından kullanılan ticari/endüstri amaçlı yapılar, otoparklar ve asfalt-beton yüzeyler, ulaşım ağları, küçük kent meydanları, yayalara ait alanlar ve bahçeler, poligon alanı en fazla %20 olan kentsel yeşil alanlar, üzerinde bitki bulunan veya bulunmayan 25 ha’dan küçük mezarlıklar bu sınıfa dahil olmaktadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024c).

- 1.1.2. Kesikli/ Süreksiz Kent Yapısı: Arazinin büyük bir bölümünün yapılarla kaplı olduğu ancak yapay yüzeylere ek olarak çıplak toprak ve bitki örtüsünün de dağılık olarak bulunduğu alanlardır. Yüzeyin %30-%80'i geçirimsizdir. Uydu görüntüsünden bakıldığında müstakil ve bahçeli evlerin varlığı bu sınıfı karakterize etmektedir. Ancak bitişik ve yoğun yapılaşma ile arada küçük yeşil alanlar bulunuyorsa bu alan sürekli kentsel yapıya dahil olmaktadır. Süreksiz kent yapısı sınıfı müstakil evleri, müstakil bahçeli banliyö konutlarını, küçük meydanları, yeşil alanı, otoparkı ve eğlence tesisleriyle bütün olan büyük konut sitelerini, ulaşım ağını kapsamaktadır. Bunun yanı sıra süreksiz kent yapısı içinde bulunmak şartıyla 25 ha'dan küçük spor alanları, 25 ha'dan küçük eğitim, sağlık, imalat ve market binaları, 25 ha'dan küçük kamu tesisleri, 25 ha'dan küçük mezarlıklar, altyapısı ve yolları uydudan izlenebilen ve şehre bağlı tatil evleri, küçük köyler bu sınıfa dahil olmaktadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024c).
- 1.2.1. Sanayi ve Ticari Birimler: Bitki örtüsü bulunmayan, bina ve yeşil alandan oluşan yapay yüzeyli arazi sınıfını ifade etmektedir. Ar-Ge birimleri, adliyeler, itfaiyeler, ceza-infaz kurumları, bakım evleri, haralar, kooperatif ve çiftlikler, sergi ve fuar alanları, nükleer santralleri, askeri yerleşkeler, atık su arıtma tesisleri, büyük trafolar, hastaneler, büyük sergi ve AVM'ler, üniversiteler, okullar, otoparklar, atıl veya faal durumdaki sanayi tesisleri ve yan ürün faaliyetlerinin yürütüldüğü yapılar, barajlar, 25 ha'dan büyük olmak koşuluyla hidroelektrik santralleri, telekomünikasyon ağları bu sınıfa dahil olmaktadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024c).
- 1.2.2. Karayolları, Demiryolları ve İlgili Alanlar: Minimum genişliği 100 metre olan otoyollar, demiryolları ve bunlarla ilgili yapıları (istasyon, gar, otogar, yeşil alan vb.) ifade etmektedir. Ayrıca karayollarındaki dinlenme tesisleri, servis alanları, otopark alanları ve depolar, ulaşım ağlarına yönelik yönetim ve bakım alanları, 25 ha'dan büyük kavşaklar, tramvay ağları, funiküler ve teleferik ağları da bu sınıfa dahil olan birimlerdir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024c).
- 1.2.4. Havaalanları: Apron, pist ve ilişkili binaların dahil olduğu havaalanlarını kapsayan alanlardır. Sivil ve askeri havaalanlarının beton ve çim yüzeyli kalkış ve iniş pistleri, spor amaçlı kullanılan havaalanlarının asfalt veya beton olmayan apron ve pistleri, hangarlar, sivil havacılık okulları, havaalanının tampon bölgesinde yer alan fundalık ve makilik alanlar havaalanları sınıfı içerisinde değerlendirilmektedir. Ancak tarımsal ilaçlama ve spor amaçlı kullanılan küçük havaalanları bu sınıfa dahil edilmemektedir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024c).

- 1.3.1. Maden Çıkarım Sahaları: Taş ocakları, maden sahaları, 25 ha'dan küçük suyla kaplı çakıl kuyuları (nehir yataklarından çıkarılan çakıllar dahil değildir), maden altyapı ve binaları, madenlere ait ulaşım ağları ve konaklama tesisleri, açık ocaklar, kaya tuzu ocakları, sahil kumullarındaki kum ocakları, karasal/iç tuzlalar, petrol kuyuları, doğal gaz çıkarımı yapılan sahaları ifade etmektedir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024c).
- 1.3.2. Boşaltım Sahaları: Evsel, Sanayi ve madeni atıkların boşaltım sahaları, atık su boşaltım alanları, su ve diğer kimyasal süreçlere ait arıtma havuzları, istinat duvarları ile korunan alanlar, boşaltım sahalarının tampon bölgesindeki şerit halinde bulunan bitki örtüsü alanları, boşaltım sahalarına ait yollar, otoparklar, depolar ve alt yapı alanları, yeşillendirilmemiş cüruf yığınları boşaltım sahaları sınıfına dahil olmaktadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024c).
- 1.3.3. İnşaat Sahaları: Temel kazıları, toprak işleri gibi inşaat faaliyeti devam eden alanları ifade etmektedir. İnşaat halindeki kamu ve endüstri alanları, karayolu ve demiryolu inşaatları, inşaat halindeki barajlar bu sınıfa dahil olmakta, 25 ha'dan büyük ve inşaatı tamamlanmış bölümler hariç tutulmaktadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024c).
- 1.4.1. Kentsel Yeşil Alanlar: Kentlerdeki parklar, büyük bir bölümü bitki örtüsüyle kaplı mezarlıklar, müstakil bahçeler, yerleşim yerlerindeki çiçek veya çimle kaplı alanlar, süs bahçeleri, süresiz kent yapısına dahil olan veya kentle bağlantısı bulunup kent çeperinde yer alan botanik bahçeler/parklar, hayvanat bahçeleri, kent meydanları, kent içindeki yeşil alanlar, kent içinde bulunan mezarlıklar, kentsel alandaki korular bu sınıf içinde değerlendirilmektedir. Kent bahçeleri, kent alanı dışında bulunan bitki örtüsü yoğun mezarlıklar, kentsel alan içinde yer alan ancak yeşil olmayan mezarlıklar bu sınıfın dışında kalmaktadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024c).
- 1.4.2. Spor ve Eğlence Alanları: Kamp-spor-eğlence alanları, golf sahaları, yarış pistleri vb. alanlardır. Eğer bir park alanı kentsel yapılarla çevrelenmediyse bu sınıfa dahil olmaktadır. Bunun yanı sıra stadyum ve ilişkili alanlar, yüzme havuzları, tenis kortları, bisiklet parkurları ve olimpiyat stadyumları, spor amaçlı kullanılan atış poligonları, kentsel alan dışında kalan bitki örtüsü yoğun mezarlıklar, geçici konaklama için kullanılan kır evleri, hayvanat ve botanik bahçeleri, arkeolojik kazı alanları, kayak mekanları (pistler hariç), kent çeperinde yer alan park ve ormanlar, asfaltla kaplı olmayan spor amaçlı kullanılan açık hava alanlarını nitelemektedir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024c).

- 2.1.1. Sulanmayan Ekilebilir Alanlar: Tahıllar, baklagiller, yem ürünleri, kök ürünler (toprak altı), çiçek ve meyve ağaçları, açık arazi veya serada olması fark etmeksizin sebzeler, tıbbi ve aromatik bitkiler, nadasa bırakılmış tarlalar bu sınıfa dahil edilmektedir. Ancak kalıcı meralar bu sınıfın dışındadır. Bunların yanı sıra kuşkonmaz ve yabani hindiba (radika) gibi çok yıllık bitkiler, su altındaki ürünler (çeltik vb.), çilek gibi yarı kalıcı ekinler, endüstriyel bitkiler (tekstil veya yağ bitkileri gibi), tütün, baharat bitkileri, şeker kamışı, dönüşümlü ekilen çiçekler, lavanta gibi endüstriyel çiçekler, fidanlıklar, dağınık veya şerit halindeki bitki örtüsü, uydu görüntüsünde sulama kanallarının görüldüğü sulu tarım yapılan terk edilmiş tarlalar sulanmayan ekilebilir alanlar sınıfında değerlendirilmektedir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024c).
- 2.1.2. Sürekli Sulanan Alanlar: Su kanalları, drenaj ağı veya ek sulama tesisleri gibi kalıcı bir alt yapısı bulunan, sürekli ve periyodik olarak sulanan sulu tarım arazilerini ifade etmektedir. Bu alanlarda yetiştirilen ürünlerin çoğu su temini olmadan üretilmemektedir. Ara sıra sulama yapılan sulu tarım arazileri bu sınıfa dahil edilmemektedir. Uydu görüntüsündeki nemli toprağın spektral yansıma özellikleri veya sulama sisteminin olup olmamasına göre tespit edilen yakın zamanda terk edilmiş sulama sistemleri, kalıcı alt yapısı bulunan ekili çayırlar bu sınıf içinde değerlendirilmektedir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024c).
- 2.3.1. Mera Alanları: Çimen dokusunun sık olduğu, çiçek kompozisyonunun bulunduğu, buğdaygillerin yoğun görüldüğü ve dönüşümlü sistemin bulunmadığı alanlardır. Saman hasat edilse de temelde otlak amaçlıdır. Geçici ve dönüşümlü olmayan yapay meralar, tarlanın sürülmesinden 5 yıl sonra kalıcı hale gelmektedir. Önemli miktarda doğal bitki örtüsü barındırmaktadır. Terk edilmiş ekilebilir araziler 3 yıl sonra mera olarak kullanılmaktadır. Büyük çoğunluğu çimle kaplı nemli çayırlar ile seyrek ağaç ve fundalıklardan oluşan meralar bu sınıfa dahil olmaktadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024c).
- 2.4.2. Karışık Tarım Alanları: Kalıcı ekinlerin bulunduğu ancak meyve ağaçları, taneli meyve üretimi, bağlar ve zeytinliklerin de yer aldığı parseller, 25 ha'dan küçük süreksiz kentsel alan içinde gübreleme yapılmamış alanlar, evlerin seyrek dokuda olduğu karışık tarım desenine sahip araziler, kentsel altyapı ve ulaşım ağının bulunmadığı yazlık yerleşim alanlarını ifade eden sınıftır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024c).
- 2.4.3. Doğal Bitki Örtüsü ile Birlikte Bulunan Tarım Alanları: Doğal bitki örtüsünün içinde tarım yapılan ve büyük çoğunluğu doğal bitki örtüsüne sahip alanlarda tek tük

bulunan tarla vasıflı alanlardır. 20 ha'dan küçük ekilebilir parsellerin, 25 ha'dan küçük meyve bahçeleri ve bağların, orman vasfını yitirmiş ağaç gruplarının, çiftlik evlerinin, mantar üretimi için şeritler halinde dizilmiş ağaçların dahil olduğu arazi sınıfıdır.

- 3.1.2. İğne Yapraklı Ormanlar: %75'ten fazlasının iğne yapraklı türlerden oluştuğu ağaçlar ile bunların altındaki maki ve çalılıkların dahil olduğu sınıftır. Tüm yıl yeşil kalmayan melez çamlardan, genç iğne yapraklılardan, *juniperus oxycedrus* (katran ardıcı) *juniperus phoenicea* (Finike ardıcı) türlerinin baskın olduğu ağacimsi türlerden oluşan ormanlar, Noel çamı ekili alanlar, orman alanındaki çıplak noktalar ve çayırlar bu sınıf tarafından nitelenmektedir. Bodur iğne yapraklılar, sklerofil bitkiler, taç örtü görünümüne iğne yapraklı oranının %30'dan az olduğu alanlar, orman fidanlıkları ve kökten kesim yapılmış alanlar dahil olmamaktadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024c).
- 3.2.1. Doğal Çayırlıklar: Sert ve engebeli yüzeylerde yer alan verimi düşük çayırları temsil etmektedir. Genellikle kayalık ve fundalık alanlarda bulunmaktadır. Otsu bitkilerin yüksekliği en fazla 150 cm'dir ve yüzeyin en az %50'sini kaplamaktadır. Tuzla çayırları, sazlık, devedikeni, ısırgan vb. bitki alanlarının %25'inden fazlasını kaplayan meralar, Alpin çayırları, otluk askeri eğitim alanları, yıllık verimi 1500 birim saman/ha'dan az olan çayırlar, yüksek kalker türü içeren toprak üzerinde yetişen karstik çayırlar, üzerinde %25'ten az oranda çıplak kaya bulunan çayırlar doğal çayırılık olarak nitelendirilmektedir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024c).
- 3.2.3. Sklerofil Bitki Örtüsü: Sürekli yeşil çalı görünümüne bitki örtüsünü nitelemektedir. Makilik ve fundalıklar bu sınıfa dahildir. Çöl harici kurak alanlardaki bitki örtüsü ve çalılıklar, bodur serviler, sık ve yerden yüksekte duran ağaç görünümüne defneye benzer bitki türleri, sütleğen, palmye türü küçük ağaçlar sklerofil bitki örtüsü olarak nitelendirilen arazilere aittir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024c).
- 3.2.4. Bitki Değişim Alanları: Çalı formlu otsu bitkilerin yer yer ağaçlarla beraber bulunduğu doğal orman gelişim sahalarını ifade etmektedir. Orman gençleştirme ve kesim alanları dahildir. Geniş yapraklı ormanların gelişimi öncesi ve sonrasında ağaca benzer odunsu bitkilerin oluşturduğu meşelikler, alanın %30'undan fazlasında ağaç bulunan tarım arazileri, yanmış ancak uydu görüntüsünde siyah görünmeyen yanmış orman alanları, ağaç popülasyonunun %50'sinden fazlasının doğal afetler sonucu yok olduğu ormanlar, alanının %50'sinden fazlasının çam, fundalık vb. türlerle kaplandığı bataklıklar, terk edilen meyve bahçeleri, orman içindeki fidanlıklar ve genç korular, 25

ha'dan küçük orman alanı içeren çayırliklar bu sınıfa dahil olmaktadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024c).

- **3.3.2. Çıplak Kayalıklar:** Dağ eteklerindeki taş yığınları, falez, yeryüzeyine çıkmış anakayayı, kayalık alanları, üzerinde bitki örtüsü olmayan terk edilmiş maden ocaklarını, üzerinde çok nadir bitki örtüsü bulunan %90'ı kayalık alanları, kireçtaşlarının çözünmesi sonucu oluşan çukur yüzeye sahip kayaçları, volkanik kayaçları ifade etmektedir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024c).
- **3.3.3. Seyrek Bitki Alanları:** Yüksek rakımda bulunan dağınık, odunsu ve yarı odunsu bitki türüne sahip step, tundra ve verimsiz topraklı alanlardır. Yüzeydeki bitki örtüsü %10-%50 arasındadır. Çöl altı stepleri, kireçtaşı veya lapyta alanları, askeri alanlardaki çıplak toprak, karstik alanlar ve dik yamaçlarda stabil olmayan taş ve kayalıkları ifade etmektedir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024c).
- **5.1.2. Su Kütleleri:** Doğal ya da yapay su kütleleri, düşük debili sulak alanlarda oluşan bitki toplulukları, göllerdeki adalar, tatlı su balık çiftlikleri, mevsimsel balık göletleri bu sınıfa dahil olmaktadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024c).

Çalışmada, YYS'yi hesaplamak, NDVI analizlerini yapmak ve KIA etkisini tespit etmek amacıyla Landsat uyduları kullanılmaktadır. Landsat, ilk olarak 1970'li yılların başında ERTS (Earth Resources Technology Satellite) adıyla Amerika Birleşik Devletleri ve NASA iş birliği ile ortaya çıkan yer gözlem uydu sistemi programıdır. Programın 1972 yılında uzaya fırlattığı ilk uydu olan ERTS-1'in ismi 1975 yılında Landsat 1 olarak değiştirilmiştir (Short, 1982). Landsat 6 hariç her uydu başarılı bir şekilde yörüngeye oturtulmuştur ve 1972 yılından günümüze kadar yeryüzü hakkında bantlarının nitelikleri ölçüsünde bilgi vermektedir. Günümüzde aktif olarak veri sağlamaya devam eden uydular, Landsat 8 OLI/TIRS ve Landsat 9 OLI-2/TIRS-2 uydularıdır.

Çalışmada 1990 ve 2000 yılları için Landsat 5 TM, 2006 ve 2012 yılları için Landsat 7 ETM+, 2018 yılı için Landsat 8 OLI/TIRS uydularının yaz ve kış mevsimlerine ait ikişer adet uydu görüntüleri kullanılmaktadır (Tablo 5.2). Uydu görüntülerinin tamamı United States Geological Survey (USGS- Amerika Yerbilimleri Araştırma Kurumu)'in resmi internet sitesinden elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan tüm uydu görüntüleri Collection 2- Level 1 düzeyindeki görüntülerdir. Collection 2- Level 1 verilerinin seçilme nedeni, veri kalitesi ve işlemenin daha gelişmiş ve iyileştirilmiş olması, sensörün algıladığı görüntü üzerindeki geometrik ve radyometrik düzeltmelerin daha gelişmiş şekilde yapılması ve böylece kullanılacak verideki hata oranının en aza indirilmesidir (USGS, 2023a). Bu doğrultuda

yeryüzüne ait özellikler ve değişimler daha detaylı incelenip analiz edilebilmekte, atmosferik düzeltme ve yansıtma özelliklerinin iyileştirilmesiyle yapılan analizlerde daha kesin sonuçlar elde edilmektedir. Uydudan veya algılayıcı ile yeryüzü arasındaki mesafeden kaynaklanan hataların en aza indirilmesi için Collection 2 düzeyindeki verilerin seçilmesinin yanı sıra görüntüdeki bulutluluk oranı da önem teşkil etmektedir. Çalışma alanında kullanılan uydu görüntülerinde bu husus göz önünde bulundurularak kış mevsimini temsilen ocak, yaz mevsimini temsilen temmuz ayından görüntüler seçilmiştir. Ancak 1990 ve 2000 yıllarının kış mevsimlerinde ocak ayına ait çalışmaya uygun bulutsuz görüntü elde edilemediğinden 1990 yılında şubat ayından, 2000 yılında ise aralık ayından görüntüler alınmıştır.

Tablo 5.2. Çalışmada Kullanılan Uydu Görüntüleri ve Tarihleri

| Yıl | Uydu | Kış | Yaz |
|------|--------------------|-----------|-----------|
| 1990 | Landsat 5 TM | 7 Şubat | 24 Temmuz |
| 2000 | Landsat 5 TM | 10 Aralık | 19 Temmuz |
| 2006 | Landsat 7 ETM+ | 17 Ocak | 12 Temmuz |
| 2012 | Landsat 7 ETM+ | 2 Ocak | 12 Temmuz |
| 2018 | Landsat 8 OLI/TIRS | 26 Ocak | 5 Temmuz |

1990 ve 2000 yıllarının yaz ve kış mevsimlerinde kullanılan Landsat 5 TM (Thematic Mapper) uydusu mavi, yeşil, kırmızı, yakın kızılötesi, kısa dalgalı kızılötesi 1 ve kısa dalgalı kızılötesi 2 olmak üzere 6 multispektral bant ile 1 adet termal bant olmak üzere toplamda 7 banda sahiptir. Termal bant olan 6. bant haricindeki tüm bantlar 30 metre çözünürlüktedir. 6. bandın çözünürlüğü 120 metre olup 30 metreye yeniden örneklendirilmiştir (Tablo 5.3) (Malkan 2000; Çalhan ve Özelkan, 2022; USGS, 2023b).

Tablo 5.3. Landsat 5 TM Uydusunun Bantları, Dalga Boyları ve Çözünürlükleri

Kaynak: (USGS, 2023b)

| Landsat 5 TM | Dalga Boyu (mikron) | Çözünürlük (metre) |
|--|---------------------|--------------------|
| Bant 1- Mavi | 0,45-0,52 | 30 |
| Bant 2- Yeşil | 0,52-0,60 | 30 |
| Bant 3- Kırmızı | 0,63-0,69 | 30 |
| Bant 4- Yakın Kızılötesi (NIR) | 0,76-0,90 | 30 |
| Bant 5- Kısa dalgalı Kızılötesi (SWIR) 1 | 1,55-1,75 | 30 |
| Bant 6- Termal | 10,40-12,50 | 120 (30) |
| Bant 7- Kısa dalgalı Kızılötesi (SWIR) 2 | 2,08-2,35 | 30 |

Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus), 8 banda sahiptir. Landsat 5 TM'den farklı olarak 15 metre çözünürlüğe sahip pankromatik bant eklenmiştir. 1. ve 5. bantlar

arası 30 metre çözünürlüğe sahiptir. Termal bant olan 6. bandın çözünürlüğü görüntü alındığında 60 metredir ancak 30 metreye yeniden örneklenmiştir ve HRMSI (High Resolution Multispectral Stereo Imager) algılayıcısına sahiptir (Akgöz, 2009). Kısa dalgalı kızılötesi olan 7. bant 30, pankromatik olan 8. bant 15 metre mekânsal çözünürlüğe sahiptir (Tablo 5.4) (USGS, 2023b).

Tablo 5.4. Landsat 7 ETM+ Uydusunun Bantları, Dalga Boyları ve Çözünürlükleri

Kaynak: (USGS, 2023b)

| Landsat 7 ETM+ | Dalga Boyu (mikron) | Çözünürlük (metre) |
|--|---------------------|--------------------|
| Bant 1- Mavi | 0,45-0,52 | 30 |
| Bant 2- Yeşil | 0,52-0,60 | 30 |
| Bant 3- Kırmızı | 0,63-0,69 | 30 |
| Bant 4- Yakın Kızılötesi (NIR) | 0,77-0,90 | 30 |
| Bant 5- Kısa dalgalı Kızılötesi (SWIR) 1 | 1,55-1,75 | 30 |
| Bant 6- Termal | 10,40-12,50 | 60 (30) |
| Bant 7- Kısa dalgalı Kızılötesi (SWIR) 2 | 2,09-2,35 | 30 |
| Bant 8- Pankromatik | 0,50-0,90 | 15 |

Landsat 8 OLI/TIRS uydusunun 11 bandı bulunmaktadır (Tablo 5.5). Landsat 5 TM ve Landsat 7 ETM+ uydularından farklı olarak Landsat 8 OLI/TIRS uydusunun 1. bandında su kaynakları ve kıyı bölgelerinin daha hassas algılanması amacıyla tasarlanan kıyı/aerosol, 9. bandında sirüs bulutlarının tespiti için tasarlanan sirüs algılayıcıları (Yıldız, 2016; Işık Pekkan, 2018), 10. ve 11. bantlarda termal algılayıcılar bulunmaktadır (Çalhan ve Özelkan, 2022). Bunun yanı sıra Landsat 8, OLI ve TIRS olmak üzere iki farklı algılayıcıya sahiptir. OLI (Operational Land Imager-Operasyonel Arazi Görüntüleyici), geniş bir elektromanyetik spektrumda ve çoklu bantlarda, yüksek çözünürlüklü görüntüler elde etmek için kullanılmaktadır. TIRS (Thermal Infrared Sensor-Termal Kızılötesi Sensör), termal bir sensördür ve yüzey sıcaklığını ölçmek için kullanılmaktadır (USGS, 2023b).

Çalışmada Landsat ile tespit edilen YYS ve NDVI değerlerinin yüksek ve düşük olduğu alanları doğrulamak amacıyla Modis görüntüleri kullanılmıştır. Modis' e ait görüntüler tez çalışmasında yalnızca alansal dağılışın teyidi için kullanılmış ikincil veriler olmakla birlikte çalışmanın esas verilerini Landsat uydu görüntüleri oluşturmaktadır. Landsat ve Modis arasındaki çözünürlük farkından dolayı minimum ve maksimum değerler birebir aynı olmamaktadır. Çünkü uydu görüntülerinde bir noktanın YYS'yi tespit ederken bir piksele denk gelen alanın ortalama sıcaklık değeri alınmaktadır. Bu değer Landsat uyduları için 100x100 metre alana ait çözünürlüğün ortalaması iken Modis uyduları için 1000x1000 metrelik bir alanın

ortalamasıdır. Bu sebeple çözünürlük düştükçe hassasiyet de azalacağından NDVI ve YYS değerleri için birebir örtüşme beklenemez. Nitekim bu çalışmada da Modis, en düşük ve en yüksek NDVI ve YYS değerine sahip arazilerin tespiti için doğrulama niteliğinde kullanılmıştır. NDVI analizi için Modis/Aqua MYD13Q1 uydusu, YYS için Modis/Terra MOD11A2 uydusu kullanılmıştır. Her iki uyduda da analizler gerçekleştirildikten sonra çalışma alanına göre kesilmiş ve ortak lejant için yeniden düzenlenmiştir.

Tablo 5.5. Landsat 8 OLI/TIRS Uydusunun Bantları, Dalga Boyları ve Çözünürlükleri

| Landsat 8 OLI/TIRS | Dalga Boyu (mikron) | Çözünürlük (metre) |
|--|---------------------|--------------------|
| Bant 1- Kıyı Aerosolü | 0,43-0,45 | 30 |
| Bant 2- Mavi | 0,45-0,51 | 30 |
| Bant 3- Yeşil | 0,53-0,59 | 30 |
| Bant 4- Kırmızı | 0,64-0,67 | 30 |
| Bant 5- Yakın Kızılötesi (NIR) | 0,85-0,88 | 30 |
| Bant 6- Kısa Dalgalı Kızılötesi (SWIR)1 | 1,57-1,65 | 30 |
| Bant 7- Kısa dalgalı Kızılötesi (SWIR) 2 | 2,11-2,29 | 30 |
| Bant 8- Pankromatik | 0,50-0,68 | 15 |
| Bant 9- Sirüs | 1,36-1,38 | 30 |
| Bant 10- Termal Kızılötesi (TIRS) 1 | 10,6-11,19 | 100 |
| Bant 11- Termal Kızılötesi (TIRS) 2 | 11,50-12,51 | 100 |

Kaynak: (Barsi Vd., 2014; USGS, 2023b)

Bu tez çalışmasında YYS ve arazi örtüsü değişimini tespit etmek için kullanılan verilerin dışında, çalışma alanının genel fiziki ve beşerî özelliklerinin açıklandığı bölümde topografya, jeoloji, bitki örtüsü ve toprak haritalarından yararlanılmıştır. Çalışma alanının yükselti haritası, Harita Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 1/25000 ölçekli topografya paftaları kullanılarak hazırlanmıştır. Sayısal halde bulunan jeoloji haritası, çalışmanın amacına uygun olarak sadeleştirilmiş ve jeolojik birimler/zamanlar gruplandırılmıştır. Bitki örtüsü haritası, Eskişehir Orman Bölge Müdürlüğü'nden meşcere haritası olarak sayısal şekilde temin edilmiş, gerekli düzenlemeler ve sadeleştirilmeler yapılarak çalışmada kullanılabilir hale getirilmiştir. Büyük toprak grubu ve arazi kullanım kabiliyetine ilişkin toprak verileri sayısal formatta gruplandırmalar gerçekleştirilerek kullanılmıştır. İklimle ait tüm veriler Eskişehir Meteoroloji 3. Bölge Müdürlüğü'nden Excel formatında temin edilmiş, düzenlenerek kullanıma uygun hale getirilmiştir. Çalışma alanı içerisinde rasat yılı en uzun (1927- 2024) istasyon Eskişehir Bölge istasyonu olduğu için çalışma alanının iklim özelliklerini ortaya koymak adına bu istasyonun verileri kullanılmıştır. Çalışma alanının iklim özelliklerine ilişkin hazırlanan tüm tablo ve

grafikler Eskişehir Bölge istasyonunun verilerine dayanmaktadır. Tez çalışmasında kullanılan nüfus verileri TÜİK'in resmî sitesinden yıl ve il ölçeğinde temin edilmiştir.

5.2. Yöntem

Tez çalışmasında, çalışma alanını sınırlandırmak amacıyla kentsel yerleşimi kapsayacak şekilde bir dikdörtgen alan belirlenmiştir. Bu sayede yapılan analizlerde hem kentsel alanın hem de yakın çevresindeki kent dışı birimlerin (tarımsal alan, otlak, orman vd.) değişimini izlemek mümkün olmaktadır. Bu işlemin ardından kentsel yerleşimdeki büyümeyi tespit etmek ve kentsel yerleşimi görsel olarak izleyebilmek amacıyla araştırma yıllarına (1990, 2000, 2006, 2012, 2018) ait uydu görüntülerinden elde edilen kompozit görüntüler üzerinden kentsel yerleşim sınırları çizilmiş, CORINE veri setindeki sınırlar ile karşılaştırılmıştır.

Çalışma alanında AÖAK'daki değişimleri tespit etmek amacıyla CORINE AÖAK veri setinin 3. düzey sınıflandırması kullanılmış ve çalışma alanına göre düzenlenmiştir. Öncelikle arazi sınıflandırmasında bulunmayan Porsuk Nehri, uydu görüntüleri aracılığıyla sayısallaştırılmış ve sınırları çalışma alanına göre uyarlanan CORINE veri setine eklenmiştir. Böylece eksik olan bir arazi örtüsü kullanılacak veri setine eklenerek daha doğru bir sınıflandırma yapılması sağlanırken bir yandan da ilin en önemli su kaynağı olan Porsuk Nehri'nin YYS üzerindeki etkisini görmek mümkün olmaktadır. Çalışma alanında AÖAK sınıflarını daha ayrıntılı görebilmek amacıyla 3. düzeydeki sınıflandırma üzerinde herhangi bir gruplandırma işlemi yapılmamıştır. Bazı arazi sınıfları bir önceki yılda bulunmamasına rağmen bir sonraki yılda sınıflandırmaya dahil olmaktadır. Örneğin; çalışma alanında 1990 yılında 18, 2018 yılında 21 sınıf bulunmaktadır. Tüm yıllarda standartlaştırmayı sağlamak için her yılda ortak olan 1990 yılına ait sınıflar kullanılmış, farklı olan sınıflar sonradan lejanta eklenmiştir. AÖAK haritalarının hazırlanmasında CORINE'in kendi kullandığı RGB kodlarıyla renklendirmeler yapılmıştır.

Landsat 7 ETM+ uydusunun 2006 ve 2012 yılları için kullanılan görüntülerinde SLC (Scan Line Corrector) OFF hatası ile karşılaşılmaktadır. SLC, Landsat 7 uydusunun görüntülerini alırken tarama çizgilerini düzeltmek için kullanılan bir mekanizmadır. Ancak 2003 yılında bu mekanizma arızalanmış ve düzeltme yapamaz duruma gelmiştir. Bu da uydu görüntüsünde bozulmalara ve eksik bölgelerin oluşmasına sebep olmaktadır. 2006 ve 2012 yıllarına ait Landsat 7 uydu görüntülerindeki SLC OFF hatasını düzeltebilmek için QGIS programının "fill no data" algoritması kullanılmıştır. Fill no data, coğrafi bilgi sistemlerinde kullanılan ve raster verileri işlerken eksik veya boş hücrelerdeki değerleri doldurmaya yarayan bir algoritmadır. Algoritmanın temel çalışma prensibi, komşu piksel verilerini baz alarak eksik

piksellerin değerlerini hesaplama üzerine kurulmuştur. Bir diğer ifadeyle fill no data algoritması bir enterpolasyon işlemidir. Bu enterpolasyon işlemini uygularken “maksimum mesafe” parametresi kullanılmış ve 50 metre olarak belirlenmiştir. Maksimum mesafe, eksik pikselleri tamamlamak için kullanılacak diğer piksellerin ne kadar uzaklıkta olacağını belirlemektedir. Maksimum mesafe ne kadar büyük olursa o kadar uzaktaki pikseller dikkate alınmaktadır. Bu da doldurulan piksellerin orijinalliğini ve doğruluğunu azaltmaktadır. Maksimum mesafe parametresi ne kadar küçük olursa, o kadar yakındaki pikseller dikkate alınarak hesaplama yapılmaktadır. Maksimum mesafe parametresinin büyük ya da küçük olması veri setinin özelliklerine, çalışmanın amacına, doğru sonuç elde etme hedefine ve doldurulacak alanın büyüklüğüne göre değişiklik göstermektedir. 2006 ve 2012 yıllarının uydu görüntülerinde uygulanan enterpolasyon işleminden sonra görüntüler düzeltilmiş, böylece hatasız olan görüntülerde uygulanan tüm işlemler Landsat 7'nin 2006 ve 2012 görüntülerinde de uygulanabilir hale getirilmiştir.

5.2.1. Yer Yüzey Sıcaklığının Hesaplanması

YYs, KIA etkisinin belirlenmesi ve atmosfer ile yer yüzeyi arasındaki ilişkinin tespiti için önemli bir parametredir (Dickinson, 1994; Zhou vd., 2011; Mallick vd., 2013). Yer yüzeyinin değişen yansıtım karakteri, doğal veya yapay alanların termal özelliklerini belirlemektedir (Ünal Çilek, 2022). Uydulardaki sensörler tarafından algılanan bu yansıtım değerleri, bir dizi hesaplamalar neticesinde YYs'yi tespit etmede kullanılmaktadır. Çalışmada kullanılan Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri için farklı hesaplamalar yapılmaktadır. Landsat 5 ve Landsat 7 uydularının hesaplamaları aynı işlemlere tabi tutulurken Landsat 8 için farklı işlemler uygulanarak YYs hesaplanmaktadır.

5.2.2. Uydu Görüntülerinin Piksel Değerinin Radyans Değerine Dönüştürülmesi

Landsat 5 TM ve Landsat 7 ETM+ uydularından YYs elde etmek için bu uyduların termal bantları olan 6. bant kullanılmaktadır. Termal banttaki değerler herhangi sayısal bir anlam ifade etmedikleri için öncelikle piksel değerlerinin spektral radyans değerine dönüştürülmesi gerekmektedir. Bunun için (5.1.) kullanılmaktadır (Chander ve Markham, 2003; Yuan ve Bouer 2006; Chander ve Groeneveld, 2009; Şekertekin, 2016; Şener, 2016; Anandababu vd., 2018; Polat, 2020; Roy vd., 2020).

$$L\lambda = \frac{L_{max} - L_{min}}{Q_{calmax} - Q_{calmin}} * (Q_{cal} - Q_{calmin}) + L_{min} \quad (5.1)$$

5.1’de $L\lambda$ spektral radyans değerini $\text{watt}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu\text{m})$ cinsinden, Q_{cal} termal bandın piksel değerini, Q_{calmax} termal bandın maksimum piksel değerini, Q_{calmin} termal bandın minimum piksel değerini, L_{min} Q_{calmin} ’a göre ölçeklendirilen spektral radyans değerini, L_{max} Q_{calmax} ’a göre ölçeklendirilmiş spektral radyans değerini ifade etmektedir. Eşitlikte kullanılan tüm değerler uydu görüntüsünün metaverisinden elde edilmektedir.

Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüsünden elde edilecek YYS değerleri için uydunun termal bandı olan 10. bant kullanılmaktadır. Ayrıca bölüm 5.2.4’te ayrıntılı olarak ele alınan NDVI hesaplaması da Landsat 8’in YYS verisi işlemlerine dahil olmaktadır. İlk aşamada termal banttaki piksel değerlerinin (DN-Digital Number) spektral radyans veya bir başka ifade ile atmosfer st (TOA) spektral parlaklık değerlerine dönüştürülmesi gerekmektedir (5.2) (Yuan ve Bauer 2006; Zhang vd., 2006; Chander ve Groeneveld, 2009; Barsi vd., 2014; Yılmaz, 2015; şener, 2016; Akyürek, 2020; Roy vd., 2020; Güneş vd., 2021; Kaçmaz ve Gürbüz, 2022).

$$TOA(L) = M_L * Q_{\text{cal}} + A_L \quad (5.2)$$

5.2’de L $\text{watt}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu\text{m})$ cinsinden atmosfer st (TOA) spektral parlaklık (spektral radyans) değerini, M_L termal bandın parlaklık çarpının yeniden ölçeklendirme faktörünü, Q_{cal} uydu görüntüsünün DN değerini ve A_L termal banda özgü radyans çarpımsal ölçeklendirme faktörünü ifade etmektedir (Chander ve Markham, 2003; Kumar ve Shektar, 2015; Karakuş, 2019).

5.2.3. Uydu Görüntülerinin Radyans Değerinin Parlaklık Sıcaklığına Dönüştürülmesi

Spektral radyans değeri elde edildikten sonra parlaklık sıcaklığı (Brightness temperature) değerleri hesaplanmaktadır. Bu değerler, Dünya’yı bir kara cisim olarak kabul eden spektral parlaklık değeri ve uydunun metaverisinden elde edilen K_1 ve K_2 sabit değerleri kullanılarak hesaplanmaktadır (5.3) (Chander ve Markham, 2003; Yuan ve Bauer, 2006; Coll vd., 2010; Orhan vd., 2014; Giannini vd., 2015; Yılmaz, 2015; Avdan ve Jovanovska Kaplan, 2016; şener, 2016; Akyürek, 2020; Polat, 2020; Roy vd., 2020).

$$BT = \left(\frac{K_1}{\ln\left(\frac{K_1}{L} + 1\right)} \right) - 273,15 \quad (5.3)$$

5.3’te BT parlaklık sıcaklığını, L TOA spektral parlaklığı, K_1 Landsat 8 OLI/TIRS metaverisinden elde edilen ve sabit değer olan $774,8853 \text{ watt}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu\text{m})$ termal kalibrasyon sabitini, K_2 yine metaveriden elde edilen $1321,0789$ (Kelvin) termal kalibrasyon sabitini (Salih

vd, 2018) (Tablo 5.6), -273,15 ise Kelvin cinsinden çıkacak değeri Celcius'a dönüştürme sayısını ifade etmektedir. Yani bu hesaplama sonrası çıkan parlaklık sıcaklığı değeri °C cinsindedir. Landsat 5 TM için K_1 sabiti 607,76 watt/(m²*sr*µm), K_2 sabiti 1260,56 watt/(m²*sr*µm)'dir. Landsat 7 ETM+ için K_1 sabiti 666,09 watt/(m²*sr*µm), K_2 sabiti 1282,71 watt/(m²*sr*µm)'dir (Tablo 5.6)

Tablo 5.6. Çalışmada Kullanılan Uydu Görüntülerinden YYS Elde Etmede Kullanılan K_1 ve K_2 Sabit Değerleri

| | K_1 watt/(m ² *sr*µm) | K_2 watt/(m ² *sr*µm) |
|--------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Landsat 5 TM | 607,76 | 1260,56 |
| Landsat 7 ETM+ | 666,09 | 1282,71 |
| Landsat 8 OLI/TIRS | 774,8853 | 1321,0789 |

5.2 ve 5.3'te yer yüzeyini bir kara cisim olarak kabul edip, bu doğrultuda hesaplama yaptığından gerçek yüzey sıcaklığını ifade etmemektedir. Bu nedenle arazi örtüsünün dikkate alındığı yer yüzey yayınlılığı hesabının yapılması gerekmektedir. Yer yüzey yayınlılığı (ϵ), yer yüzeyinden gelen ışınımın siyah cismin ışınımına oranı olarak ifade edilmektedir (Çelik, 2013). Yer yüzeyinin sahip olduğu heterojen özelliklerden dolayı yüzeyin nemi, pürüzlülüğü, cinsi gibi faktörler yayınlılık değerlerini etkilemektedir (Stathopoulou ve Cartalis, 2007; Salih vd., 2018; Türkyılmaz vd., 2020). Bazı durumlarda albedo ve yayınlılık kavram olarak birbiriyle karıştırılmaktadır ancak albedo bir yüzeyin ışığı yansıtma özelliğini ifade ederken, yayınlılık o yüzeyin ışık yayma yeteneğini belirtmektedir. Uydu sensörleri Dünya'yı bir siyah cisim olarak kabul ederek termal verileri kaydetmektedir. Ancak Dünya üzerinde direkt olarak siyah cisim özelliği gösteren bir yüzey bulunmadığından YYS hesaplamalarında hassas bir analiz yapabilmek için yayınlılık hesaplamaları oldukça önemlidir (Taymuş, 2009). Yayınlılık hesaplamasının formülünde bir girdi olarak kullanıldığından, öncelikle Tucker (1979) tarafından geliştirilen NDVI değerlerinin (5.4 ve 5.5) ve Carlson ve Ripley (1997) tarafından geliştirilen bitki örtüsü oranının (P_v) (5.6) hesaplanması gerekmektedir.

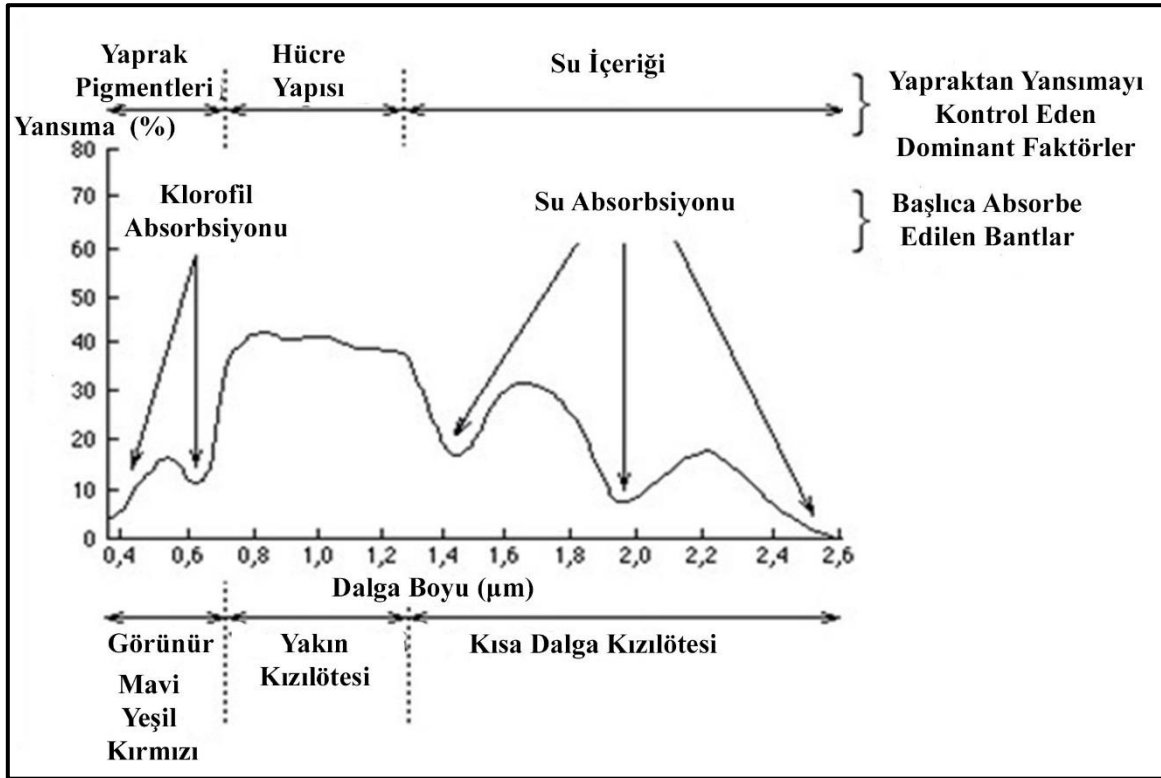
5.2.4. Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI) Hesaplama

Bitki örtüsü farklı dalga boylarındaki ışınları yaprak ve yüzey genişliklerine, bünyelerindeki su miktarına, diğer bitkiler arasındaki konumlarına ve hücre yapılarına göre absorbe etmekte veya yansıtılmaktadır (Işık Pekkan, 2018). Bitkiler 0,4-0,7 µm dalga boyundaki ışınları absorbe etmektedir. Kızılötesi ışınların büyük bir bölümü bitkiler tarafından yansıtılmakta çok az bir kısmı absorbe edilmektedir (Duran, 2007). Bitkilerin kendine özgü bu

özellikleri onların uydular tarafından kolay algılanmasına ve incelenmesine olanak sağlamaktadır.

Bitki örtüsünün yansıtım özellikleri 3 ayrı spektral bölgeye göre değişiklik göstermektedir (Şekil 5.1). Fotosentez için bitkiye gelen ışın, bitkide bulunan klorofil, beta karoten ve ksantofil gibi pigmentler tarafından absorbe edilmektedir. Klorofilden dolayı yeşil bölgede yutulma daha az olduğundan bitkiler canlı yeşil olarak görünmektedir (Sunar, 2011).

Yakın kızılötesi bölgede absorpsiyon az, yansıtım fazladır. Yakın kızılötesi bölgede bitkideki yansıtımı etkileyen en önemli faktör bitkinin iç yapısıdır. Görünür bölgede bitkiler birbirlerine yakın özellikler gösterse de yaprakların iç yapısındaki değişiklikler yakın kızılötesi bölgede daha hassas bir şekilde algılanmaktadır (Duran,2007).



Şekil 5.1. Bitkilerin Dalga Boylarına Göre Yansıtım Oranları

Kaynak: (Netcad, 2024)

Kısa dalgalı kızılötesi bölgede bitkilerin yansıtım özellikleri su içeriğine bağlı olarak değişmektedir. Su içeriği, yaprak kalınlığı ile doğru, yansıtım ile ters orantılıdır. Yani bitkinin içindeki su miktarı arttıkça yaprak kalınlığı artmakta ancak yansıtım azalmakta; su miktarı azaldıkça yaprak kalınlığı da azalmakta ve yansıtım artmaktadır. Bu durumda kısa dalgalı kızılötesi bölgede su içeriği fazla olan bitkilerin yansıtımı az, su içeriği az olan bitkilerin yansıtım oranı fazla olduğu sonucuna ulaşılmaktadır (Sunar, 2011). Bitkilerin gelen ışınları

farklı oranlarda yansıtma karakterleri YYS hesaplama gibi bant özelliklerine dayalı işlemlerde yayınlığı belirleyebilmek için önem taşımaktadır.

Uydu görüntüleri üzerinden YYS hesaplamak için yapılacak işlemlerde bitki örtüsü oranı ve yayınlığı belirleyebilmek amacıyla öncelikle NDVI değerlerinin bulunması gerekmektedir (5.4 ve 5.5).

$$NDVI = \frac{(Bant\ 5 - Bant\ 4)}{(Bant\ 5 + Bant\ 4)} \quad (5.4)$$

$$NDVI = \frac{(Bant\ 4 - Bant\ 3)}{(Bant\ 4 + Bant\ 3)} \quad (5.5)$$

5.4. Landsat 8 OLI/TIRS uydusu için, 5.5. ise Landsat 5 TM ve Landsat 7 ETM+ uydusu için NDVI hesaplama formülleridir. Landsat 5 TM ve Landsat 7 ETM+ için kırmızı bant olan 3. bandın ve yakın kızılötesi bant olan 4. bandın oranlaması; Landsat 8 OLI/TIRS için kırmızı bant olan 4. bant ile yakın kızılötesi bant olan 5. bandın oranlanması gerekmektedir.

NDVI, uydu görüntülerinin kırmızı ve yakın kızılötesi bantları kullanılarak hesaplanan bir bitki örtüsü dağılım ve yoğunluğu indisidir (Tucker, 1979; Reynolds vd., 2008; Johansen ve Tømmervik, 2014; Aygün vd., 2016). Yeryüzündeki fotosentetik açıdan aktif biyokütlenin miktarını belirlediği için mevcut bitki örtüsünü ve bitki örtüsünün değişimini tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır (Gandhi vd., 2015; Aygün vd., 2016). İndiste değerler +1 ile -1 arasında değişmektedir (Rouse vd., 1973; Tucker, 1979; Liellesand ve Kiefer, 1987; Türkyılmaz vd., 2020). Yeşil bitki örtüsünün yoğun olarak bulunduğu alanlarda değerler +1'e yaklaşırken, bitki örtüsünden yoksun su, kar, bulut gibi yüzeylerde -1'e yakındır. Sağlıksız bitki örtüsünün bulunduğu veya çıplak yüzeyler sifira yakın değerler göstermektedir (Hatfield, 1984; Silleos vd., 2006; Yuan ve Bauer, 2006; Balázs vd., 2009; Gündoğdu ve Bantchina, 2018). Arazinin özelliğine ve bitki yoğunluğuna göre literatürde NDVI değerleri 3 gruba ayrılmaktadır. NDVI değerlerinin 0,2'den küçük olduğu alanlar kayaç veya kuru toprak, NDVI değerlerinin 0,2-0,5 arasında olduğu alanlar toprak-kayaç ve bitki örtüsünün karışık olduğu alanlar, NDVI değerinin 0,5'ten büyük olduğu alanlar ise sağlıklı ve yoğun bitki örtüsünün olduğu alanlar olarak nitelendirilmektedir (Sobrino vd., 2004; Balázs vd., 2009).

5.2.5. Bitki Örtüsü Oranının Hesaplanması (P_v – Proportional Vegetation)

Hesaplanan NDVI değerlerinden sonra, YYS'yi hesaplayabilmek için 5.6'da bulunan bitki örtüsü oranının hesaplanması gerekmektedir. Bitki örtüsü oranı, bir önceki basamakta hesaplanan NDVI değerleri ile gerçekleştirilmektedir.

$$P_v = \left(\frac{(NDVI - NDVI_{min})}{(NDVI_{max} - NDVI_{min})} \right)^2 \quad (5.6)$$

5.6'da P_v Proportional Vegetation yani bitki örtüsü oranını, NDVI hesaplanan NDVI sonucunu, $NDVI_{min}$ hesaplanan NDVI çıktısındaki en küçük değeri, $NDVI_{max}$ hesaplanan NDVI çıktısındaki en büyük değeri ifade etmektedir.

5.2.6. Yer Yüzey Yayırlığı Değerinin Hesaplanması

NDVI ve P_v değerinin hesaplanmasından sonra 5.7'deki formül aracılığıyla yer yüzey yayırlığı değeri hesaplanmaktadır.

$$\varepsilon = 0,004 * P_v + 0,986 \quad (5.7)$$

5.7'deki “ ε ” yer yüzey yayırlığını diğer adıyla emisivity değerini ifade etmektedir. 0,004 sabit bir değer olup, P_v 5.6.'da hesaplanan bitki örtüsü oranı, 0,986 değeri düzeltme kat sayısıdır.

5.2.7. Yer Yüzey Sıcaklığı Hesaplanması ve Kentsel Isı Adasının Tespiti

Gerekli dönüşüm ve hesaplamalardan YYS'nin hesaplanması için 5.8 kullanılmaktadır (Zhang vd., 2006; Sobrino vd., 2008; Matuzko ve Yakubailik, 2018; Polat, 2020).

$$YYS = \left(\frac{BT}{\left(1 + \left(0,00115 * \frac{BT}{14388} \right) * Ln(\varepsilon) \right)} \right) \quad (5.8)$$

5.8'de BT parlaklık sıcaklığı değerini, 0,00115 termal bandın dalga boyunu, 14388 Planck sabitinin ışık hızıyla çarpımının Boltzmann sabitine oranını, $Ln(\varepsilon)$ yayırlık değerini ifade etmektedir. Önceki işlem basamaklarında tek tek hesaplanan değerlerin 5.8'de bulunan formüle yerleştirilmesiyle YYS hesaplanmaktadır.

Çalışma alanında YYS'nin hesaplanmasından sonra KIA etkisinin yoğun olarak gözlemlendiği noktaların tespiti yapılmıştır. Bu amaçla çalışma alanının tamamındaki her bir

piksele birer tane olmak üzere toplam 35312 adet nokta atanmıştır. Tüm noktaların AÖAK tipi, her araştırma yılının yaz ve kış mevsimlerindeki YYS değerleri ve yine her araştırma yılındaki NDVI değerleri hesaplanmıştır. Böylece çalışma sahasında piksel hassasiyetinde, çalışma yıllarının yaz ve kış mevsimlerinde en yüksek YYS değerini veren alanların tespiti sağlanmıştır. KIA etkisi YYS'yle doğrudan ilişkili olduğundan YYS'nin maksimum ve minimum değerleri, KIA etkisi için de önem teşkil etmektedir. Piksel hassasiyetinde gerçekleştirilen bu KIA etkisi tespiti işleminde, ısı adası etkisinin yüksek olduğu konumları kesin olarak noktasal bir şekilde ifade etmek mümkün olmaktadır.

Çalışma alanına atanmış 35312 noktanın her bir tanesinin sıcaklık değeri ve AÖAK'si bilindiğinden, yıllar arasında değişim analizi yapılırken KIA etkisinin arazi örtüsünün değişimi sebebiyle veya farklı sebeplerle oluşup oluşmadığının tespiti açısından da kullanılan yöntem elverişli olmaktadır. KIA etkisinin yüksek olduğu alanlarda arazi örtüsü değişimini tespit edebilmek için araştırma yılları arasında değişim analizi işlemleri uygulanmıştır. Böylece kent içinde veya dışında ısı adası etkisinin yoğun olarak görüldüğü alanlardaki arazi değişiminin hangi sınıflar arasında olduğu da ortaya konulmuştur.

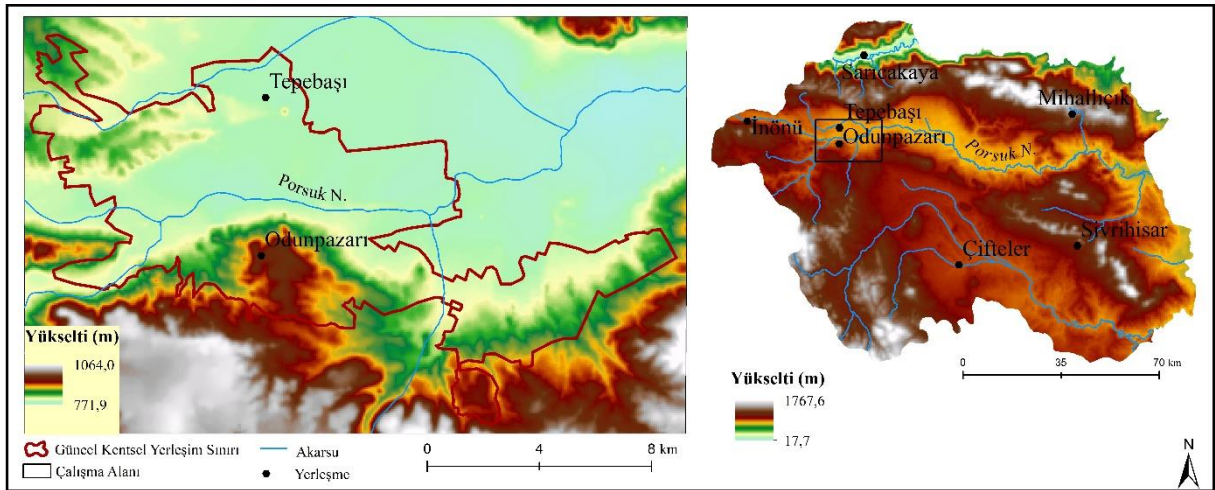
Çalışma alanında 1990, 2000, 2006, 2012 ve 2018 (YYS için 2023 de dahil) yıllarına ait AÖAK, NDVI ve YYS analizleri gerçekleştirildikten sonra haritalarda standart bir düzenin sağlanması ve mevsimsel farkların daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla ortak lejant oluşturulmuştur. Bu amaçla, NDVI ve YYS verilerinde minimum ve maksimum değerler belirlenerek tüm haritaların değer ve renk dağılımlarının standart minimum-maksimum değerler arasında olması sağlanmıştır. Her araştırma yılının kendi minimum ve maksimum değerini kullanmak yerine ortak lejant kullanımının tercih edilmesiyle hem yıllar arasında hem de mevsimler arasında değişimin şiddeti ve yönü daha anlaşılır olması sağlanmıştır.

6. ESKİŞEHİR'İN GENEL FİZİKİ VE BEŞERİ COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ

6.1.Eskişehir'in Fiziki Coğrafya Özellikleri

6.1.1. Eskişehir'in Morfojenetik Özellikleri

Eskişehir, İç Anadolu Bölgesi'nin kuzeybatısında Yukarı Sakarya Bölümü'nde ve ortalama 847 metre rakımda yer almaktadır (Albek, 1991; Güven, 2006). Coğrafi konumu itibarıyla İç Anadolu ve Marmara Bölgesi'ne ulaşan yolların merkezi konumundadır (Tunçdilek, 1986). Eskişehir kent yerleşiminin kurulduğu ova tektonik bir depresyondur (Ertin, 1994). Ovası, kuzeyde doğu-batı uzanışa sahip Sündiken Dağları, güneyde Neojen platoları, Sarısu ve Porsuk Nehirleri, batıda Oklubalı ve Çukurhisar (Çukurhisar ve Oklubalı'nın olduğu boğaz Eskişehir Ovası'nı İnönü Ovası'ndan ayırmaktadır), doğuda Çavlum sınırlandırmaktadır. Eskişehir'in en önemli yükselteleri Tilkilik Tepesi (1371 m), İstihkam Tepesi (1274 m), Yağmurbaba Tepesi (1523 m) ve Tekke Tepe (1302 m)'dir (Balta, 2005).



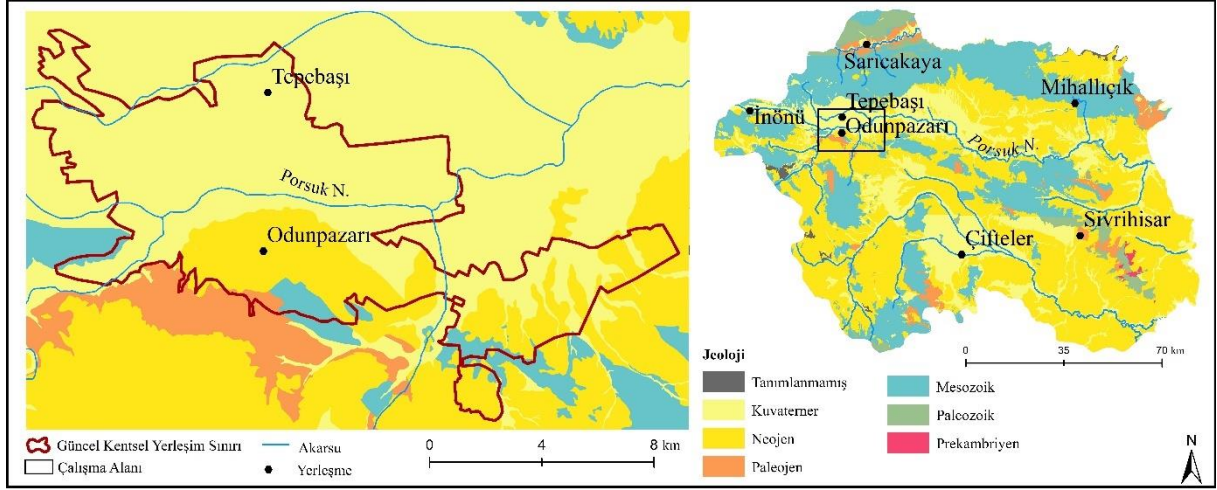
Şekil 6.1. Eskişehir ve Çalışma Alanının Yükselti Haritası

Eskişehir Ovası'nın kuzeyinin hemen hemen tamamı (Bozdağ ve Sündiken Dağları'nın güneyi) Paleozoik- Mesozoik yaşlı kristalize kayalardan (Ardos, 1995), güneyi ise Neojen göl depolarından oluşmaktadır (Ertin, 1994). Kristalize kayaların büyük çoğunluğunu mikaşistler, kloritşistler, fillatlar, glakofanşistler ve kalkşistler oluşturmaktadır. Eskişehir Ovası'nın kuzeybatısında, İnönü Ovası'nın kuzeyinde (İnönü Ovası çalışma alanı sınırları dışındadır.) Neojen yaşlı filiş ve kalkerler geniş yer kaplamaktadır (Ocakoglu, 2005). Ovanın kuzeydoğusunda ise ofiyolitler bulunmakta, ofiyolitler üzerinde yer yer Neojen formasyonları yer almaktadır. Neojen formasyonlar, Eskişehir Ovası'nın güneyinde bulunan volkanitler (bazalt, gabro ve tüfitler) tarafından yarılmış ve üstlerini örtmüş haldedir (Ardos, 1995). Bunları çalışma alanının güneybatısı, güneyi ve güneydoğusunda görmek mümkündür. Bölgedeki

volkanizma nedeninin Nümülitik ve Neojen'de meydana gelen hareketlilik olduğu düşünülmektedir (Ardos, 1995).

Eskişehir ili ve çalışma alanındaki jeolojik özellikler zamansal olarak gruplandırıldığında temelde 6 zamana (Prekambriyen, Paleozoik, Mesozoik, Paleojen, Neojen ve Kuvaterner) ait litolojiler bulunmaktadır. Prekambriyen dönemine ait gnays ve mikaşistler, Eskişehir'in güneydoğusunda lokal bir alanda bulunmaktadır (Şekil 6.2). Eskişehir ilinde Paleozoik döneme ait litolojik birimler şist, mermer, çakıltaşı, meta kumtaşı, gnays, kuvarsit şist ve kireçtaşlarından oluşmaktadır. Çalışma alanında Prekambriyen ve Paleozoik' e ait litolojilere rastlanmamaktadır. Eskişehir'de Mesozoik döneme ait melanaj, riylit, killi kireçtaşı, kumtaşı, çakıltaşı, peridotit, serpantin, ofiyolitik kaya, bazalt, gabro, kuvarsit şist, şist, metabazik kaya, çörtlü kireçtaşı, granodiyorit ve granit bulunmaktadır. Mesozoik birimler Eskişehir'de kuzeyde Sündiken Dağları'nda, kent merkezinin doğu ve güneydoğusunda ve güneyde geniş alanlarda görülmektedir (Şekil 6.2). Çalışma alanında ise güneyde kuzeybatı-güneydoğu yönüyle yayılış göstermektedir. Tersiyer döneme ait birimler Paleojen ve Neojen olarak ayrı ayrı ele alınmıştır. Paleojen döneme ait karbonatlı kil, kumtaşı, çamurtaşı, kireçtaşı, andezit, trakiandezit, çakıltaşı, bazalt, piroklastik kaya, granit ve granodiyorit kuzeybatıda vadi tabanında ve kentin çeşitli yerlerinde lokal olarak ve çalışma alanının güneybatısında Neojen birimlerin arasında rastlanmaktadır. Neojen döneme ait birimleri bazalt, aglomera, kumtaşı, çamurtaşı, kireçtaşı, killi kireçtaşı, tuf, andezit, trakit, piroklastik kaya, trakiandezit, volkanit, çökel kaya ve şeyl temsil etmektedir. Neojen döneme ait litolojiler gerek Eskişehir genelinde gerek çalışma alanında geniş bir yayılışa sahiptir (Şekil 6.2). Kuvaterner döneme ait olan alüvyon, kum, çakıl, kumtaşı, çakıltaşı litolojileri çalışma alanının batısı, kuzeyi ve doğusunda geniş bir alanda görülmekle birlikte Eskişehir ilinde akarsu vadileri boyunca rastlanmaktadır (Şekil 6.2).

Nümülitik dönemde (~23- 2,6 myö) bugünkü kent yerleşiminin (çalışma alanının) bulunduğu bölge tektonik hareketlerle çökmüş ve bölge bir Neojen gölü haline gelmiştir. Çökme Eskişehir Ovası'nın batısında daha fazladır. Nitekim çalışma alanının kuzeybatısında Muttalıp, Zincirlikuyu ve Söğütönü mahalleleri civarında ve İnönü Ovası'na açılan boğazda yer alan Çukurhisar mahallesi civarında 350-400 metre derinliğe inildiğinde temel araziye rastlanmamıştır (Esen vd., 1975).



Şekil 6.2. Eskişehir ve Çalışma Alanının Jeoloji Haritası

Ardos (1995)'a göre Eskişehir Ovası'nı oluşturan alüvyonları iki gruba ayırmak mümkündür. Birinci gruba flüvyal taraçalar olarak kendini gösteren eski alüvyonlar, ikinci gruba ise ova tabanında yer alan esas alüvyonlar oluşturmaktadır (Ardos, 1995). Eski alüvyonlar ovanın kuzey ve batı kesimlerinde taraçalar şeklinde göze çarparken yeni alüvyonlar Porsuk Nehri yatağında görülmektedir. Taraçaların büyük bir kısmı Paleozoik yaşlı kayalardan ve çapraz tabakalanma gösteren volkanit çakıllarından oluşmaktadır. Yeni alüvyonlar ise çakıl, kum, kil, silt, kumlu kil ve siltli kilden meydana gelmektedir (Ardos, 1995). Eskişehir Ovası'nın merkezi kesiminde yeni alüvyonların kalınlığı 90 metreyi bulmaktadır (Esen vd., 1975).

Bölgenin uzun yıllar boyunca geçirmiş olduğu jeolojik-jeomorfolojik değişim Eskişehir Ovası'nda hafif tepelik alanların, platoların ve fayların ortaya çıkmasına yol açmıştır (Ertin, 1994). Bugünkü kent yerleşimi (çalışma alanını oluşturan alan), Porsuk Nehri'nin taşıdığı yeni alüvyonlar (çakıl, kil, kum, silt, siltli kil ve kumlu kilden meydana gelen alüvyon taban) üzerinde kurulmuştur. Eskişehir Ovası'nın oluşumu sırasındaki tektonik hareketler neticesinde büyük çoğunluğu doğu- batı yönünde uzanan "Eskişehir fayı" adı verilen (Şengör vd., 1985; Barka vd., 1995; Altunel ve Barka, 1998; Koçyiğit, 2000) faylar meydana gelmiştir. Kent merkezinde de küçüklü büyüklü çok sayıda doğu-güneybatı yönünde uzanan faylar bulunmakta ancak üzeri alüvyonlarla kaplı olduğundan jeofizik yöntemlerle tespit edilmektedir. Çalışma alanının batısında bulunan İnönü Ovası'ndaki faylar topografyada özellikle fay diklikleriyle daha belirgindir. Bu alanda kuzeydeki blok çökmüş, güneydeki yükselmiştir ve fay dikliği üzerinde asılı flüvyal vadiler bulunmaktadır (Ardos, 1995). Jeofizik yöntemler haricinde kent merkezinde çok sayıda sıcak su kaynağının bulunması, fayların varlığını kanıtlar niteliktedir (Ertin, 1994). İnönü Ovası'ndaki fay dikliklerinin belirgin olması, asılı vadilerin bulunması, Eskişehir ovasında bulunan sıcak su kaynakları ve her iki bölgenin de sismik açıdan aktif olması

(Tunçdilek, 1985) bu bölgedeki fayların genç olduğunun ve bir kısmının yeniden harekete geçmiş olduğunun kanıtıdır (Ardos, 1995).

Eskişehir'in en önemli su kaynaklarını Çifteler ilçesinin "Sakarya başı" mevkiinden doğan Sakarya Nehri ve onun bir kolu olan Porsuk Nehri oluşturmaktadır. Sakarya Nehri'nin toplam uzunluğu 842 km olup bunun 400 kilometresi Eskişehir il sınırlarında bulunmaktadır. Ortalama debisi $98,57 \text{ m}^3/\text{sn}$ olan Sakarya Nehri sulama ve enerji amaçlı kullanılmaktadır (Çed ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü, 2023). Porsuk Nehri ise Murat Dağı eteklerinden doğup Kütahya'yı geçtikten sonra kuzeydoğuya doğru akışına devam ederek Eskişehir'in güneybatısından il sınırlarına girmektedir. Porsuk Nehri'nin toplam uzunluğu 448 km olup il içindeki uzunluğu 225 km'dir. İlde içme suyu ve sulama amacıyla kullanılan Porsuk Nehri'nin ortalama debisi $5,34 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir (Çed ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü, 2023). Eskişehir Ovası'nı kat ettikten sonra Alpu, Beylikova, Sarıköy doğrultusunda akarak Beylikköprü civarında ana nehir olan Sakarya'ya katılmaktadır. Porsuk Nehri'nin en önemli kollarını Sarısu Deresi, Murat Çayı, Porsuk Dere, Kınık Dere, Kokar Çayı, Değirmen Dere, Uludere, Çat Dere, Kargın Deresi, Felent Çayı, Musaözü Deresi, Sarısungur Deresi, Kuduzlu Dere, Pürtek Dere, Mihallıçık Deresi ve Muttalip Dere oluşturmaktadır (Öztürk, 2007). Sulama amaçlı yapılan Yukarıkartal, Kanlıpınar, Çukurhisar, Keskin, Sarısungur, Emirceoğlu (Borabey) göletleri Eskişehir'in en önemli göletleridir (Balta, 2005; Çiçek vd., 2017).

6.1.2. Eskişehir'in İklim Özellikleri

Çalışmada Eskişehir il geneli ve çalışma alanının iklim özelliklerini ortaya koymak amacıyla Eskişehir Bölge istasyonuna ait 1927-2024 yılları arasındaki meteorolojik veriler kullanılmıştır. Rasat süresi içerisinde eksik yıllar olmasına rağmen en uzun veri sağlayan ve çalışma alanının içinde yer alan istasyon olması sebebiyle Eskişehir Bölge istasyonu tercih edilmiştir.

6.1.2.1. Büyük Basınç Sistemleri ve Hava Kütleleri

Türkiye, bulunduğu konum itibarıyla Akdeniz havzasında etkili olan büyük basınç sistemleri ve hava kütlelerinden etkilenmektedir. Çalışma alanı Orta Anadolu'nun kuzeybatısında yer alması sebebiyle Akdeniz havzasında etkili olan basınç sistemleri ve hava kütleleri burada da etkisini göstermektedir.

Türkiye'de dolayısıyla çalışma alanında yaz mevsiminde Basra termik siklonu ve Azor dinamik antisiklonu etkili olmaktadır. Yaz aylarında Basra Körfezi'nin aşırı ısınması sonucu oluşan Basra termik siklonu, samyeli rüzgârları ile Mezopotamya'dan Türkiye'ye

sokulmaktadır. ITCZ (İntertropikal Konvenjans Zonu)'nin mevsimsel hareketleri sebebiyle yaz aylarında Basra Körfezi'ne yaklaşması, bu siklonun etki alanını genişletmektedir (Erlat, 2003). Basra siklonunun etkili olduğu günlerde hava kuru-sıcak bir özellikte olmakta ve buharlaşma artmaktadır. Azor antisiklonunun konumu yaz mevsiminde kuzey ve doğuya doğru kaymaktadır. Aynı dönemde güney Asya üzerinde etkili olan Muson siklonuna doğru gerçekleşen dolaşım ile Türkiye genellikle kuzey ve kuzeydoğudan yaz poyrazı adı verilen hava akımı etkisindedir (Türkeş, 2016).

Kış mevsiminde ITCZ'nin ve basınç sistemlerinin yer değiştirmesiyle Türkiye, Sibirya termik antisiklonu ve İzlanda dinamik siklonunun etkisi altına girmektedir. Sibirya üzerinde aşırı soğumadan dolayı termik özellik kazanan Sibirya antisiklonu, Baykal Gölü'nden başlayıp Kafkas dağları üzerinden Doğu Avrupa'ya ulaşmaktadır. Türkiye bu basıncın etkisindeyken rüzgârlar doğu ve kuzeydoğudan esmektedir. Etki alanı genişlediğinde Balkanlar üzerinden Türkiye'yi etkilemektedir. Sibirya antisiklonu Balkanlara kadar uzandığında Azor antisiklonu ile birleşerek İzlanda siklonunun etkisini yok etmektedir. Bu durumda Türkiye'de sakin, uzun ve oldukça soğuk kış koşulları yaşanmaktadır. Nem miktarı oldukça düşüktür ve basıncın etkili olduğu günlerde "kuru ayaz" denilen hava koşulları hâkim olmaktadır (Erol, 2004; Türkeş, 2016). İzlanda siklonunun Türkiye'ye etkisi genellikle batı ve kuzeybatıdan olmaktadır. İzlanda siklonunun etkili olduğu günlerde rüzgârın yönü farklılık göstermektedir. Kuzeybatı, batı ve güneybatı yönlü rüzgârlar hissedilmektedir. Rüzgârlar güneybatı yönünden estiğinde sıcaklığı artırıcı, kuzeybatıdan estiğinde sıcaklığı azaltıcı etkiye sahip ve özellikle Karadeniz bölgesinde cephe ve orografik yağışlara neden olmaktadır. İzlanda siklonuna bağlı hava akımı Akdeniz üzerinden geldiğinde Türkiye'nin güneybatısına ılık hava ve yağış getirmektedir (Erol, 2004; Türkeş, 2016).

Özetle; Türkiye'yi etkileyen büyük basınç sistemlerinin yıl boyunca konumları, özellikleri ve hareketleri bölge üzerinde farklı hava kütlelerinin ve koşullarının etkili olmasına neden olmaktadır (Tablo 6.1). Serin-soğuk dönemde etkili olan hava kütleleri polar-subpolar kaynaklı, ılık-sıcak dönemde etkili olan hava kütleleri ise tropikal ve subtropikal kaynaklıdır (Erlat, 2003). Ancak unutmamak gerekir ki herhangi bir bölgenin sahip olduğu yerel şartlar, hava koşulları üzerinde farklılıklara yol açmaktadır. Genel hava koşullarından büyük farklarla ayrılmasa da dönemselsel veya lokal ölçekte ayrı özelliklere sahip hava koşulları izlenebilmektedir.

Tablo 6.1.Türkiye’de Yaz ve Kış Mevsimlerinde Etkili Olan Hava Kütleleri

| | KIŞ MEVSİMİ | YAZ MEVSİMİ |
|---|--|---|
| Maritim polar (mP) hava kütlesi | Atlantik’ten doğup batı ve kuzeybatı yönlü hava akımlarıyla Karadeniz ve Türkiye’ye ulaşmaktadır. Hava kütlelerinin kaynak bölgesi nemli ve soğuktur. | Yazın tüm sistemlerin kuzeye kaymasıyla mP hava kütlesi Karadeniz havzasında etkili olmaktadır. Nemli- soğuk karakteri kuzeye dönük yamaçlarda kümüls bulutlarına ve sağanak yağmurlara sebep olmaktadır. |
| Kontinental polar (cP) hava kütlesi | Sibiryaya ve Aral-Hazar havzasından doğup kuzey, kuzeydoğu, doğu ve güneydoğu yönündeki akımlarla Türkiye’yi etkilemektedir. Kuru ve soğuk özelliğindedir. | Yaz mevsiminde Doğu Avrupa’dan kaynaklanan cP hava kütlesi kuzey ve kuzeydoğu yönüyle Türkiye’ye girmektedir. Kuru ve soğuk hava taşımaktadır. |
| Akdeniz hava kütlesi | Akdeniz havzasında uzun bir süre kaldığından sıcaklığı yükselmekte ve nem içeriği artmaktadır. Türkiye’nin batı ve güney kıyılarında kuvvetli ve uzun süreli orografik yağışlara sebep olmaktadır. | - |
| Maritim tropikal (mT) hava kütlesi | Azor adaları ve güneyindeki okyanustan kaynaklanıp batı ve güneybatı yönündeki hava akımlarıyla Türkiye’ye ulaşmaktadır. Nemli ve sıcak bir karaktere sahiptir. | Tüm sistemlerle birlikte yaz mevsiminde Azor antisiklonunun da kuzeye kayması sebebiyle mT hava kütleleri batı ve kuzeybatı yönünden Türkiye’yi etkilemektedir. Normalde nemli-sıcak karakterdedir ancak Karadeniz havzasına kuzeyden ulaştığında sıcak ve kurak özellik kazanır. |
| Kontinental tropikal (cT) hava kütlesi | Kuzey Afrika ve Büyük Sahra çöllerinden doğmakta ve Türkiye’yi güneybatı, güney ve güneydoğu yönlü akımlarla etkilemektedir. Çok kuru ve çok sıcak karakterdedir. | Muson siklonunun dolaşım hareketiyle doğu ve güneydoğu yönlü hava akımlarıyla Türkiye’ye ulaşmaktadır. Çok kuru ve çok sıcak karakterde olmasına rağmen Akdeniz üzerinden geldiğinde nem içeriği artmaktadır. |

Kaynak: (Türkeş, 2016)

6.1.2.2. Basınç ve Rüzgârlar

Eskişehir il geneli ve çalışma alanı olarak seçilen kentsel yerleşim merkezi yıl boyunca farklı bölgelerden kaynaklanan, farklı güzergaha sahip ve farklı özellikteki hava kütlelerinin etkisi altında kalmaktadır. Basınç ve rüzgârlar da hava kütlelerine bağlı olarak planeter ve yerel koşullar altında farklılık göstermektedir.

Eskişehir'in aylık ve yıllık ortalama basınç değerleri incelendiğinde basınç değerlerinin çok yüksek olmadığı dikkati çekmektedir (Tablo 6.2). Yıllık ortalama basınç değeri 926,7 hPa olan çalışma alanında en yüksek basınç değeri şubat ayında ortalama 930,0 hPa olarak tespit edilmiştir. En düşük basınç değeri ise aylık ortalama 922,6 hPa ile temmuz ayındadır. Basıncın yıl içerisindeki değişimi incelendiğinde kış aylarında basınç değerlerinin yükseldiği yaz aylarında ise düştüğü görülmektedir. Aylık ortalama nispi nem oranı da yaz kış aylarında daha yüksekken şubat ayından itibaren düşmekte eylül ayı itibariyle yeniden yükselmektedir (Tablo 6.2).

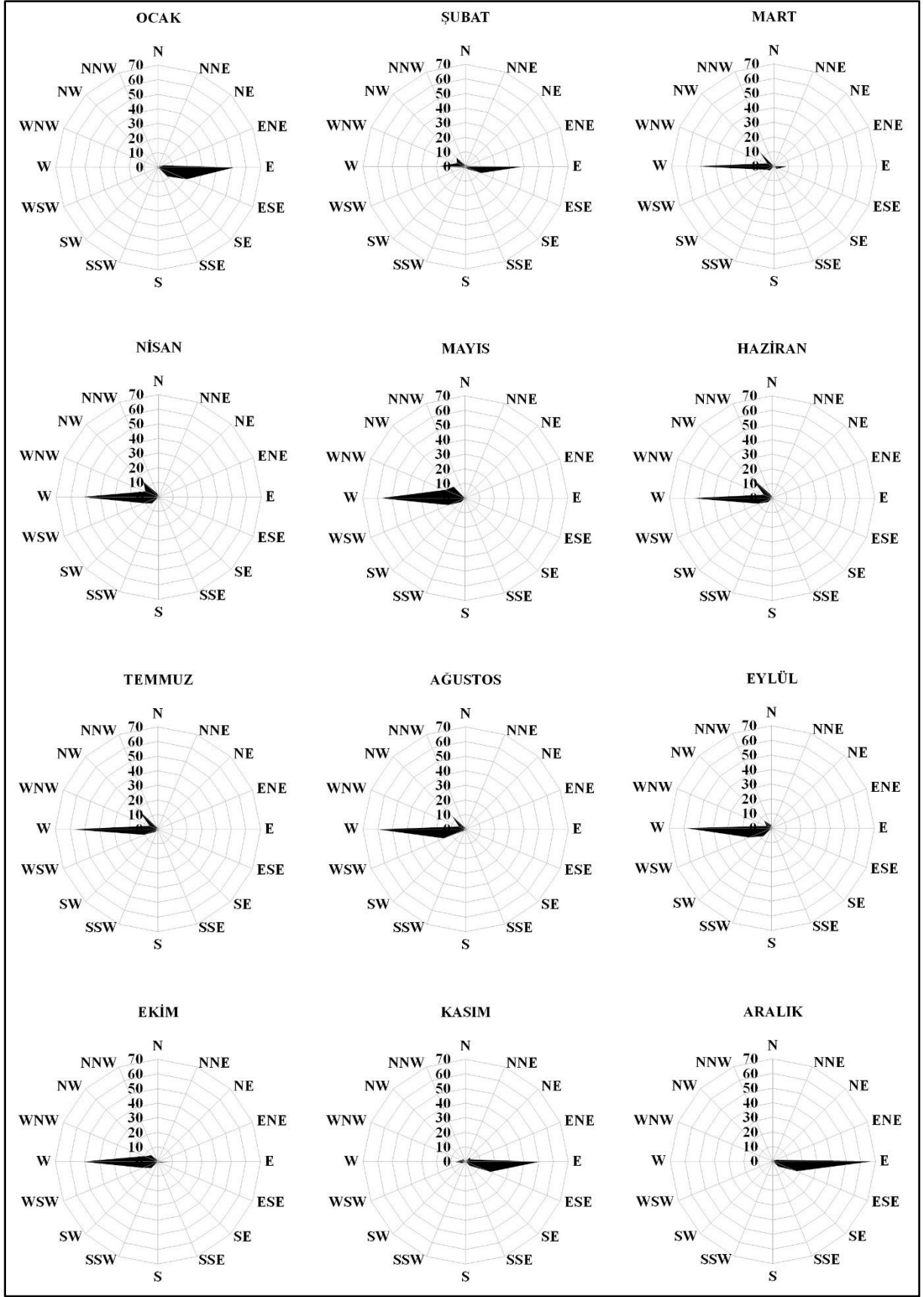
Tablo 6.2. Eskişehir'in Aylık (1927-2024) Ortalama Basınç Değerleri (Hpa)

| | O | Ş | M | N | M | H | T | A | E | E | K | A | Yıllık ort. |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| Basınç | 928,9 | 930,0 | 926,2 | 925,7 | 925,1 | 924,8 | 922,6 | 923,8 | 927,0 | 928,7 | 928,9 | 928,9 | 926,7 |
| Nispi Nem (%) | 82,2 | 77,4 | 70,5 | 64,0 | 62,9 | 60,3 | 55,4 | 55,7 | 60,0 | 67,5 | 75,1 | 82,0 | 67,8 |

Çalışma alanında yıl içerisinde görülen rüzgâr özellikleri, hem bu alanda etkili olan büyük basınç sistemleri ve sirkülasyon koşullarından hem de yerel topografik özelliklerinden etkilenmektedir. Söz konusu özellikler, Eskişehir ve çalışma alanındaki egemen rüzgâr yönü ve hızları üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Şekil 6.3 incelendiğinde çalışma alanında hâkim rüzgâr yönünün kasım, aralık, ocak ve şubat aylarında doğu, yılın geri kalanında ise batı olduğu görülmektedir. Yıl genelinde hâkim rüzgâr yönünün batı olduğu, bunu yine batı sektörlü rüzgârların (batı-güneybatı, batı-kuzeybatı) takip ettiği söylenebilmektedir (Tablo 6.3). Özellikle yaz aylarında artan batı sektörlü rüzgârların nedeni, bu dönemde Eskişehir ve çalışma alanını etkisi altına alan batı ve kuzey yönlü hava kütleleridir. Eskişehir yaz aylarında Basra termik siklonu ve Azor dinamik antisiklonu etkisi altındadır ve bu iki büyük basınç merkezi arasındaki hava dolaşımının etkisiyle kuzey ve batı yönlü rüzgârlar etkin hale gelmektedir. Kış mevsiminde ise Sibiryâ termik antisiklonu ile İzlanda dinamik siklonu çalışma alanını etkilemektedir. İki büyük basınç merkezinin etkili olduğu dönemlerde doğu ve kuzeydoğu yönlü rüzgârlar hakimiyetini artırmaktadır. Sibiryâ termik antisiklonu etki alanını büyüttüğünde Azor antisiklonu ile birleşmektedir ve bu etkiyle rüzgârlar batı, kuzeybatı veya güneybatı yönüyle esmeye başlamaktadır. Bu etki çalışma alanında şubat ayında hafif olarak hissedilmekte; kasım, aralık ve ocak aylarında Sibiryâ antisiklonu ile İzlanda siklonu arasındaki hava akımlarının etkisi net olarak görülmektedir (Şekil 6.3).

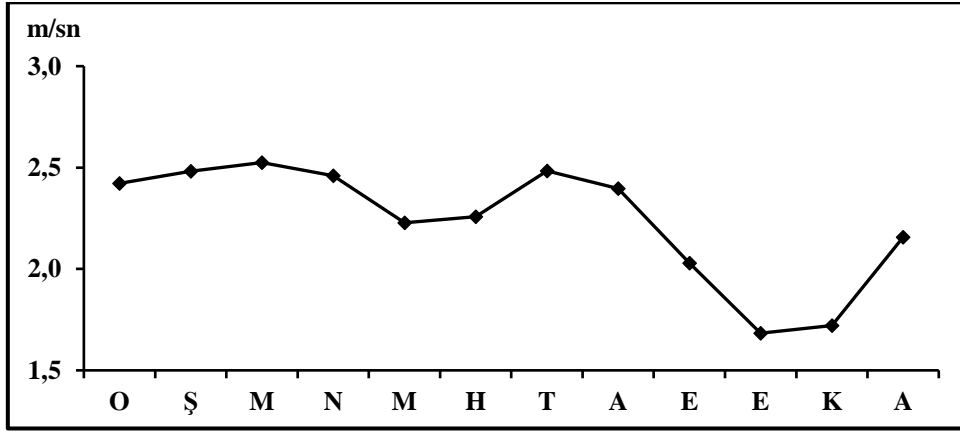
Tablo 6.3. Eskişehir'in Aylık Hâkim Rüzgâr Yönü Yüzdeleri (%)

| Ay/lar | N | NNE | NE | ENE | E | ESE | SE | SSE | S | SSW | SW | WSW | W | WNW | NW | NNW |
|--------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|
| O | 0,00 | 0,00 | 1,23 | 3,70 | 51,85 | 20,99 | 8,64 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,23 | 0,00 | 11,11 | 0,00 | 1,23 | 0,00 |
| Ş | 1,27 | 1,27 | 1,27 | 1,27 | 39,24 | 11,39 | 2,53 | 1,27 | 1,27 | 0,00 | 2,53 | 1,27 | 18,99 | 6,33 | 8,86 | 1,27 |
| M | 0,00 | 1,27 | 0,00 | 0,00 | 8,86 | 3,80 | 2,53 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,80 | 6,33 | 54,43 | 5,06 | 13,92 | 0,00 |
| N | 1,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,17 | 11,11 | 53,09 | 9,88 | 14,81 | 2,47 |
| M | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,70 | 12,35 | 58,02 | 14,81 | 11,11 | 0,00 |
| H | 1,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,70 | 9,88 | 55,56 | 6,17 | 20,99 | 2,47 |
| T | 1,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,47 | 9,88 | 59,26 | 6,17 | 19,75 | 1,23 |
| A | 2,47 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,23 | 16,05 | 60,49 | 4,94 | 13,58 | 1,23 |
| E | 2,56 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,69 | 16,67 | 58,97 | 3,85 | 7,69 | 2,56 |
| E | 0,00 | 1,23 | 0,00 | 0,00 | 11,11 | 1,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,17 | 11,11 | 51,85 | 9,88 | 6,17 | 1,23 |
| K | 3,90 | 0,00 | 3,90 | 3,90 | 50,65 | 18,18 | 3,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,60 | 7,79 | 2,60 | 2,60 | 0,00 |
| A | 1,27 | 0,00 | 1,27 | 2,53 | 68,35 | 17,72 | 5,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,53 | 0,00 | 1,27 | 0,00 |



Şekil 6.3. Eskişehir'in Aylık Hâkim Rüzgâr Yönleri (%)

Eskişehir’de aylık ortalama rüzgâr hızı 1,68 m/sn ile 2,52 m/sn arasında değişmektedir (Şekil 6.4). Yıllık ortalama rüzgâr hızı 2,24 m/sn’dir ve Beaufort ölçeğine göre “hafif rüzgâr” sınıfında yer almaktadır (NOAA, 2024). Rüzgâr hızının minimum ve maksimum değerleri bahar aylarında ölçülmekte, sonbahar mevsiminde rüzgâr hızı en düşük, ilkbahar mevsiminde ise en yüksek seviyesine ulaşmaktadır. En hızlı rüzgârın estiği ay 2,52 m/sn ile mart ayı iken en hafif rüzgârın estiği ay 1,68 m/sn ile ekim ayıdır.



Şekil 6.4. Eskişehir Aylık Ortalama Rüzgâr Hızı (m/sn)

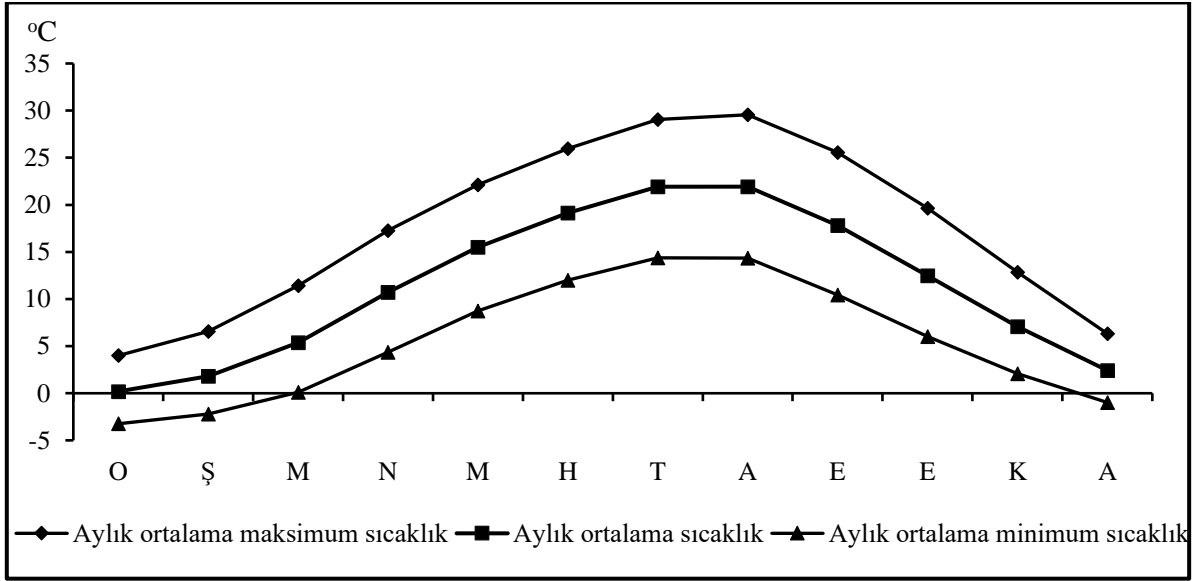
6.1.2.3. Sıcaklık

Eskişehir Bölge İstasyonu’nun 1927-2024 yılları arasındaki verilerine göre Eskişehir’in yıllık ortalama sıcaklığı 11,4 °C’dir (Şekil 6.5). Sıcaklığın yıl içerisindeki genel seyri incelendiğinde en sıcak ayın, aylık ortalama 21,9 °C ile temmuz ve ağustos ayları; en soğuk ayın ise aylık ortalama 0,2 °C ile ocak ayı olduğu dikkati çekmektedir. Sıcaklık ağustos ayına kadar yükselmekte ve eylül ayından itibaren sıcaklıklar düşmektedir. Karasal iklimin özellikleri görülen Eskişehir’de mevsimler arasındaki sıcaklık farkı yüksektir.

Eskişehir’in yıllık ortalama maksimum sıcaklığı 17,5 °C’dir. Aylık ortalama maksimum sıcaklıklarda ilk sırada 29,6 °C ile ağustos ayı, ikinci sırada 29,1 °C ile temmuz ayı yer almaktadır. Aylık ortalama maksimum sıcaklıklarda en soğuk ay 4,0 °C ile ocak ayıdır (Şekil 6.5).

Eskişehir Bölge meteoroloji istasyonunun 1927-2024 yılı arasındaki rasatlarına göre Eskişehir’in yıllık ortalama minimum sıcaklığı 5,5 °C’dir. Sıcaklıklar kış aylarında sıfırın altına düşmektedir ve Eskişehir’de ortalama minimum sıcaklığı en düşük ay -3,2 °C ile ocak ayıdır (Şekil 6.5). Ortalama en yüksek minimum sıcaklık 14,4 °C ile temmuz ayındadır. Minimum sıcaklıklar, Eskişehir’de genel sıcaklık değişiminin yıl içerisindeki seyrine uygun olarak ocak

ayından temmuz-ağustos aylarına kadar yükselmekte eylül ayı itibariyle düşüşe geçmektedir. Sıcaklığın sıfırın altına düştüğü aylarda yağışlar kar şeklinde görülmektedir.



Şekil 6.5. Eskişehir'in (1927-2024) Aylık Ortalama Maksimum Sıcaklık, Aylık Ortalama Sıcaklık ve Aylık Ortalama Minimum Sıcaklık Değerleri (°C)

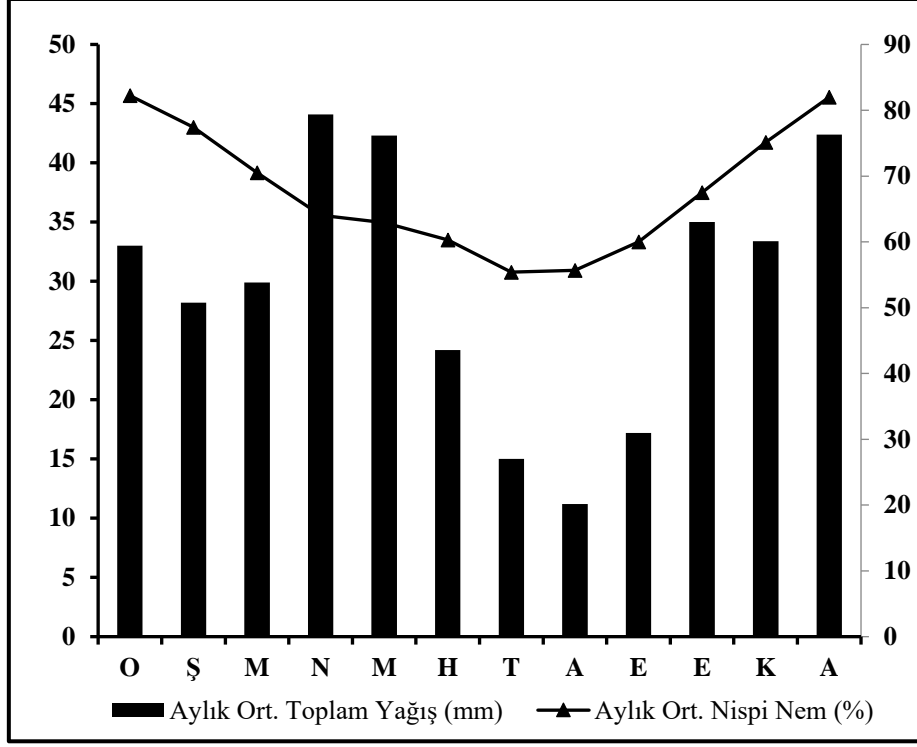
6.1.2.4. Nemlilik ve Yağış

Eskişehir'in yıllık ortalama toplam yağış miktarı 355,9 mm'dir. Yıl içerisinde en fazla yağış ilkbahar mevsiminde (%32,7), en az yağış ise yaz mevsiminde (%14,1) görülmektedir. Yağışın aylık dağılımında en yağışlı ayın 44,1 mm ile nisan ayı olduğu dikkati çekmektedir. Eskişehir'de nisan ayından sonra en yağışlı aylar sırasıyla aralık (42,4 mm), mayıs (42,3 mm) ve ocak (33,0 mm)'dir. Ekim ayından itibaren görülen yağış artışı mayıs ayına kadar devam etmekte ve eylül sonuna kadar azalma eğilimi göstermektedir. En az yağış alan aylar ağustos (11,2 mm), temmuz (15,0 mm) ve eylül (17,2 mm) aylarıdır (Tablo 6.4).

Tablo 6.4. Eskişehir'in (1991-2024) Aylık Ortalama Toplam Yağış Değerleri

| | O | Ş | M | N | M | H | T | A | E | E | K | A | Yıllık |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| Yağış (mm) | 33,0 | 28,2 | 29,9 | 44,1 | 42,3 | 24,2 | 15,0 | 11,2 | 17,2 | 35,0 | 33,4 | 42,4 | 355,9 |

Eskişehir'de yıllık ortalama nispi nem %67,8'dir. Nispi nemin yıl içindeki dağılışına göre en yüksek neme sahip aylar ocak (%82,2) ve aralık (%82); en düşük nispi neme sahip aylar ise temmuz (%55,4) ve ağustos (%55,7)'dur. Nispi nem ağustos ayından itibaren artmakta ve mayıs sonundan itibaren azalmaktadır (Şekil 6.6).



Şekil 6.6. Eskişehir'in Aylık Ortalama Toplam Yağış (mm) ve Aylık Ortalama Nispi Nem Değerleri (%)

6.1.2.5. İklim Tipi

Eskişehir ve çalışma alanı olan kent merkezinin iklim özellikleri, coğrafi konumundan ve fiziki coğrafya faktörlerinden (yüksekti, dağların uzanış doğrultusu, denizellik-karasallık vb.) etkilenmektedir. Bu etkiler altında iklim tipini belirlemek için çeşitli parametreleri dikkate alan farklı sınıflandırma yöntemleri geliştirilmiştir. Bu tez çalışmasında, Erinç ve Thornthwaite iklim sınıflandırmalarından yararlanılarak Eskişehir'in iklim tipi belirlenmiştir.

Erinç iklim sınıflandırmasında yağış ve yıllık ortalama maksimum sıcaklık dikkate alınmaktadır. Evapotranspirasyonun neden olduğu kuraklığı etkilediği için maksimum sıcaklıklar ve yağış ilişkisi ile iklim tipi belirlenmektedir. İndis, yıllık toplam yağışın, yıllık ortalama maksimum sıcaklığa oranlanmasıyla hesaplanmaktadır (6.1) (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2024)

$$Im = \frac{P}{T_{om}} \quad (6.1)$$

Im: Erinç yağış etkinlik indisi

P: Yıllık toplam yağış (mm)

T_{om}: Yıllık ortalama maksimum sıcaklık (°C)

Bu indise göre Eskişehir'in yağış etkinliğine bağlı iklim tipi "yarı kurak" sınıfında yer almaktadır. (6.2) (Tablo 6.5).

$$Im = \frac{355,9}{17,5} = 20,3 \quad (6.2)$$

Tablo 6.5. Erinç Yağış Etkinlik İndeksi ve İklim Sınıfları

| Im | İklim Sınıfı |
|---------|--------------|
| < 8 | Tam Kurak |
| 8 – 15 | Kurak |
| 15 – 23 | Yarı Kurak |
| 23 – 40 | Yarı Nemli |
| 40 – 55 | Nemli |
| 55 > | Çok nemli |

Kaynak: (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2024)

İklim tipini belirlemede yaygın olarak kullanılan yöntemlerden birisi Thornthwaite iklim sınıflandırmasıdır. Bu sınıflandırmanın temelinde yağış-buharlaşma ve sıcaklık-buharlaşma ilişkisi bulunmaktadır. Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre yağışın buharlaşmadan fazla olduğu yerlerde toprak suya doymuştur ve iklimi nemli olarak nitelendirilmektedir. Ancak yağışın buharlaşmadan az olduğu yerlerde ise su açığı vardır ve iklimi kurak olarak nitelendirilmektedir.

Tablo 6.6. Eskişehir'in Thornthwaite İklim Sınıflandırmasına Göre Su Bilançosu

| Aylar | O | Ş | M | N | M | H | T | A | E | E | K | A | Yıllık |
|-------------------------|------|------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|------|--------|
| Aylık Ortalama Sıcaklık | 0,2 | 1,8 | 5,4 | 10,7 | 15,5 | 19,1 | 21,9 | 21,9 | 17,8 | 12,5 | 7,1 | 2,4 | 11,36 |
| Sıcaklık İndisi | 0,01 | 0,21 | 1,12 | 3,16 | 5,55 | 7,61 | 9,36 | 9,36 | 6,84 | 4 | 1,7 | 0,33 | 49,25 |
| Düzeltilmemiş PE | 0,28 | 4,46 | 17,98 | 42,8 | 68,48 | 89,25 | 106,16 | 106,16 | 81,62 | 52,13 | 25,44 | 6,43 | |
| PE Düzeltme Katsayısı | 0,85 | 0,84 | 1,03 | 1,11 | 1,23 | 1,24 | 1,26 | 1,18 | 1,04 | 0,96 | 0,84 | 0,82 | |
| Düzeltilmiş PE | 0,24 | 3,75 | 18,52 | 47,51 | 84,23 | 110,67 | 133,76 | 125,27 | 84,88 | 50,04 | 21,37 | 5,27 | 685,51 |
| Aylık Toplam Yağış | 33,0 | 28,2 | 29,9 | 44,1 | 42,3 | 24,2 | 15,0 | 11,2 | 17,2 | 35,0 | 33,4 | 42,4 | 355,9 |

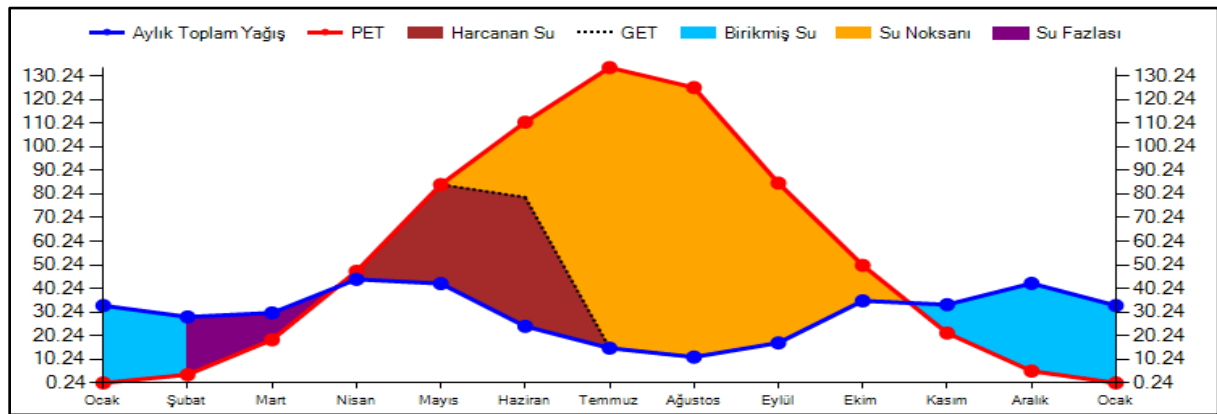
Tablo 6.6.’nın devamı

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Birikmiş Suyun Aylık Değişimi | 32,76 | 18,08 | 0 | -3,41 | 41,93 | -54,66 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12,03 | 37,13 | |
| Birikmiş Su | 81,92 | 100 | 100 | 96,59 | 54,66 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12,03 | 49,16 | |
| Gerçek Evapotranspirasyon | 0,24 | 3,75 | 18,52 | 47,51 | 84,23 | 78,86 | 15 | 11,2 | 17,2 | 35 | 21,37 | 5,27 | 338,15 |
| Su Noksanı | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 31,81 | 118,76 | 114,07 | 67,68 | 15,04 | 0 | 0 | 347,36 |
| Su Fazlası | 0 | 6,37 | 11,38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17,75 |
| Yüzeysel Akış | 0 | 3,185 | 8,875 | 5,69 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17,75 |
| Nemlilik Oranı | 136,5 | 6,52 | 0,61 | -0,07 | -0,5 | -0,78 | -0,89 | -0,91 | -0,8 | -0,3 | 0,56 | 7,05 | |

Tablo 6.7. Eskişehir’in Thornthwaite İklim Sınıflandırmasına Göre İklim Tipi

| | Sembol | Açıklama | İndis |
|---------------------------|--------|---|--------|
| Yağış Etkinliği İndisi | D | Yarı kurak | -27,81 |
| Sıcaklık Etkinliği İndisi | B'1 | Mezotermal (Orta Sıcaklıktaki İklimler) | 685,51 |
| Nemlilik&Kuraklık İndisi | d | Su fazlası olmayan veya pek az olan | 2,59 |
| PE'nin Üç Yaz Ayına Oranı | b'3' | Denizel etkili | 59,93 |

Thornthwaite'a iklim sınıflandırmasına göre çalışma alanında kasım ayından itibaren yağışlar potansiyel evapotranspirasyondan fazladır. Mart ayından itibaren bu durum tersine dönmektedir. Ancak kasım-mart arasındaki yağışlar mayıs ayına kadar su noksanının görülmemesini sağlamaktadır. Yılın 5 ayı (haziran-ekim) su noksanının yaşandığı dönemdir. Su fazlası ise birikmiş su ile birlikte yalnızca şubat ve mart aylarında görülmektedir (Şekil 6.7). Yağış-sıcaklık ilişkisi ve nemlilik özellikleri doğrultusunda çalışma alanı, Thornthwaite'a göre yarı kurak iklim sınıfına dahil olmaktadır.

**Şekil 6.7. Eskişehir'in Su Bilançosu Diyagramı**

6.1.3. Toprak Özellikleri

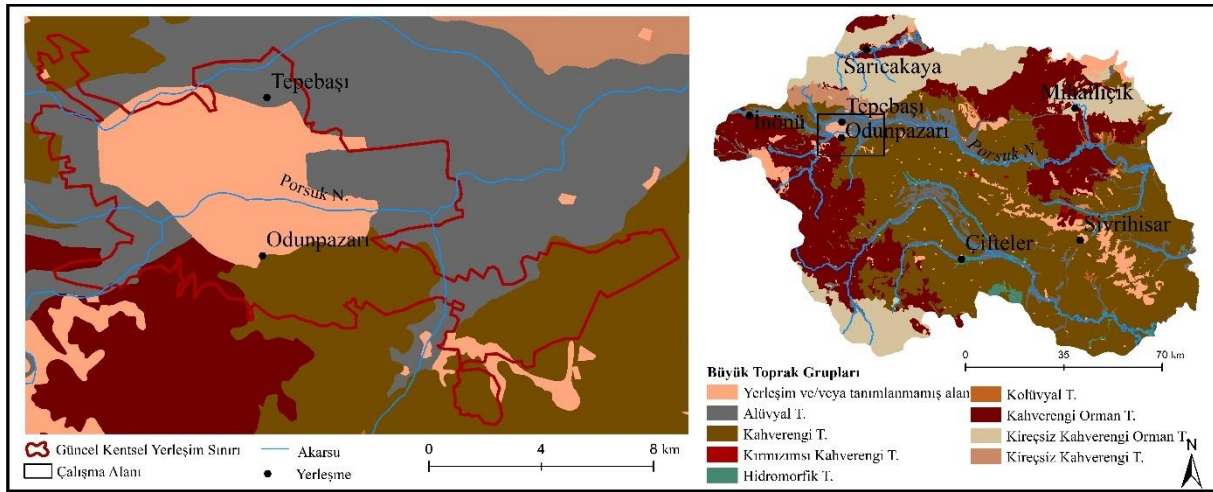
Eskişehir'in sahip olduğu fiziki coğrafya özellikleri, toprak çeşitliği üzerinde de etkili olmaktadır. İl genelinde 8 farklı tipte büyük toprak grubu yer almaktadır. Toprak sınıflandırması "Eski Amerikan Toprak Sınıflandırma Sistemi" ne göre (Baldwin vd., 1938) yapılmıştır. Bu sınıflandırma sistemine göre topraklar "zonal", "intrazonal" ve "azonal" olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Zonal topraklar, toprak profilinin iyi geliştiği, iklim ve vejetasyon etkisiyle karakterize olmuş, genellikle düz veya düze yakın zeminlerdeki drenajın etkisiyle oluşan topraklardır. İntrazonal toprakların oluşmasında yer şekilleri ve ana kaya etkilidir ancak toprak profili tam gelişmemiştir. Azonal topraklar rüzgâr, akarsu ve buzullar gibi dış kuvvetler tarafından taşınıp biriktirilen toprak tipini ifade etmektedir. Taşınan toprak olarak da bilinen azonal topraklarda horizonlaşma görülmemektedir (Atalay, 1989).

Eskişehir ili genelinde zonal, intrazonal ve azonal gruplara ait toplam 8 adet toprak tipi (alüvyal topraklar, kahverengi topraklar, kırmızımsı kahverengi topraklar, hidromorfik topraklar, kolüvyal toprak, kahverengi orman toprağı, kireçsiz kahverengi orman toprağı ve kireçsiz kahverengi topraklar) bulunmaktadır (Şekil 6.8) (Tablo 6.8). Eskişehir'de en fazla alana sahip toprak tipi %45,38 ile kahverengi topraklardır. Kahverengi toprakları sırasıyla %23,21 ile kahverengi orman toprakları ve %15,06 ile kireçsiz kahverengi orman toprağı takip etmektedir (Eskişehir İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2023). Kahverengi topraklar il genelinde doğudan batıya geniş bir yayılışa sahiptir. Batıda İnönü Ovası'ndan itibaren Eskişehir Ovası ve güneydoğuya doğru Mahmudiye, Çifteler, Sivrihisar ve Günyüzü'nün neredeyse tamamında kahverengi topraklar hakimdir. Kahverengi orman toprağı, Eskişehir'de batı ve kuzeydoğuda geniş yer kaplamaktadır (Şekil 6.8). Yayılış gösterdiği alan bakımından üçüncü sırada yer alan kireçsiz kahverengi orman toprağı, Eskişehir ilinde kuzey ve kuzeydoğuda Bozdağ ve Sündiken Dağları'nda ve güneyde görülmektedir.

Tablo 6.8. Eskişehir İl Sınırı İçerisinde ve Çalışma Alanında Bulunan Toprak Grupları ve Türleri

| ZONAL T. | İNTRAZONAL T. | AZONAL T. |
|------------------------------|----------------|-------------|
| Kahverengi T. | Hidromorfik T. | Alüvyal T. |
| Kırmızımsı Kahverengi T. | | Kolüvyal T. |
| Kahverengi Orman T. | | |
| Kireçsiz Kahverengi Orman T. | | |
| Kireçsiz Kahverengi T. | | |

Çalışma alanında zonal ve azonal gruplara ait toplamda 5 adet toprak tipine rastlanmaktadır. Bunlar alüvyal topraklar, kahverengi topraklar, kolüvyal topraklar, kahverengi orman toprakları ve kireçsiz kahverengi topraklardır (Şekil 6.8). Çalışma alanı içerisinde en fazla alan kaplayan toprak tipi %39,82 ile alüvyal topraklardır. Alüvyal topraklar, kent yerleşimi de dahil çalışma alanının batısında, kuzeyinde ve doğusunda geniş alan kaplamaktadır. Kahverengi topraklar (%29,66) ve kahverengi orman toprağı (%12,52) en fazla alan kaplayan diğer toprak tiplerini teşkil etmektedir (Tablo 6.9). Çalışma alanının güneydoğusu ve kuzeybatısı kahverengi toprakların yayılış gösterdiği sahadır. Özellikle yeni yerleşmelerin oluşmaya başladığı alanlar ve organize sanayi bölgesi çevresi kahverengi toprakların görüldüğü yerlerdir. Kahverengi orman toprağı, çalışma alanının güneybatısında kent ormanı ve çevresinde yayılış göstermektedir (Şekil 6.8).

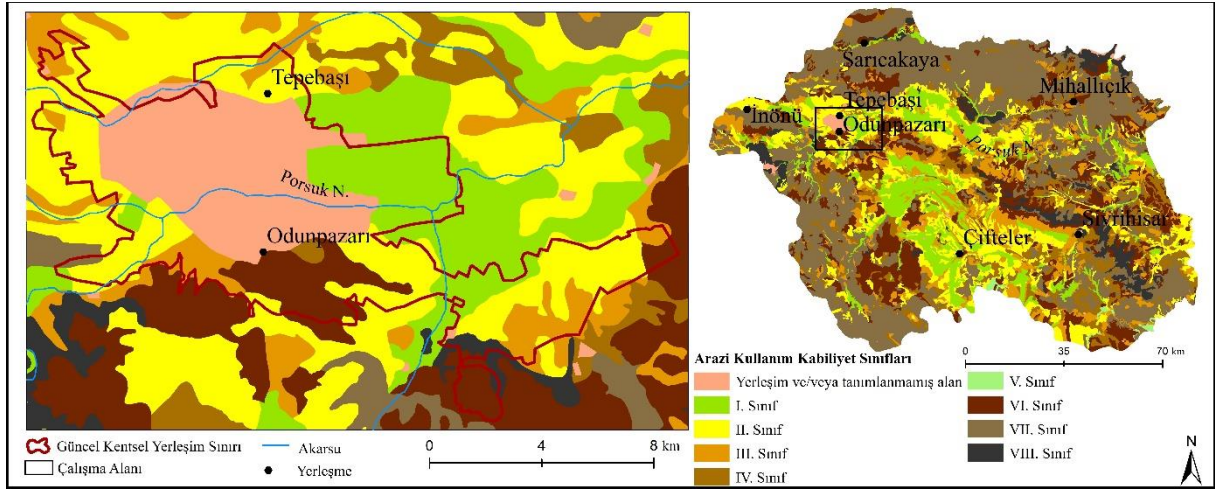


Şekil 6.8. Eskişehir ve Çalışma Alanının Büyük Toprak Grupları Haritası

Tablo 6.9. Eskişehir İl Sınırı İçerisinde ve Çalışma Alanında Bulunan Toprak Türleri, Kapladıkları Alanlar ve Yüzdeleri

| | Eskişehir il geneli | | Çalışma alanı | |
|------------------------------|---------------------|-------|-----------------|-------|
| | Km ² | % | Km ² | % |
| Alüvyal T. | 1194,5 | 8,24 | 140,38 | 39,82 |
| Kahverengi T. | 6579,65 | 45,38 | 104,57 | 29,66 |
| Kırmızımsı kahverengi T. | 24,77 | 0,17 | - | - |
| Hidromorfik T. | 131,61 | 0,91 | - | - |
| Kolüvyal T. | 62,99 | 0,43 | 0,02 | 0,01 |
| Kahverengi Orman T. | 3365,13 | 23,21 | 44,15 | 12,52 |
| Kireçsiz Kahverengi Orman T. | 2182,68 | 15,06 | - | - |
| Kireçsiz Kahverengi T. | 203,69 | 1,40 | 10,72 | 3,04 |
| Yerleşim yeri/tanımlanmamış | 752,86 | 5,19 | 52,68 | 14,94 |

Toprağın sahip olduğu fiziksel ve kimyasal özellikler, kullanım kabiliyeti üzerinde etkili olmaktadır. Üzerinde erozyona sebebiyet vermeden en kolay ve en ekonomik şekilde tarım yapılan I. sınıf araziler ile tarıma hiçbir şekilde elverişli olmayan, orman veya otlak olarak kullanılmayan, ancak doğal yaşam için uygun ortam sağlayan ve insanların rekreatif amaçlarla kullanabileceği VIII. sınıf arasında değişen bu toprak kullanım özellikleri “arazi kullanım kabiliyeti” olarak ifade edilmektedir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024d).



Şekil 6.9. Eskişehir ve Çalışma Alanının Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıfları Haritası

I. sınıf araziler intansif ve ekstansif tarım yöntemlerinin uygulanabildiği, düz veya düze yakın, drenajı iyi, derin ve verimli topraklardır. II. sınıf araziler özel teknikler kullanılarak işlemeye elverişli topraklardır. Hafif meyilli, orta derecede derin ve ara sıra taşkınlara uğrayabilen II. sınıf araziler orta derecede erozyona maruz kalmaktadır. III. sınıf arazilerde uygun zirai metotlar kullanıldığı takdirde orta derecede iyi sayılabilecek tarım gerçekleştirilebilir. Toprak eğimli, fazla ıslak, kumlu ve çakıllı olduğundan III. sınıf arazilerde verimlilik düşüktür. IV. sınıf araziler tarımın yapılamadığı ve arazinin mera olarak kullanılmasının daha uygun olduğu topraklardır. Nadiren tarla bitkileri yetiştirilse de kötü drenaj, eğimli arazi ve diğer olumsuzluklar sebebiyle verimlilikleri düşüktür. V. sınıf araziler ürün yetiştirmenin uygun olmadığı, çayır ve orman için kullanılabilen topraklardır. Çünkü bu arazilerin taşlı ve ıslak olması kültive edilmesini engellemektedir. VI. sınıf araziler bazı tedbirler ve yöntemlerle ormanlık veya çayır olarak kullanılabilir. Şiddetli erozyona maruz kalan VI. sınıf araziler ya çok kuru ya da aşırı derecede ıslaktır. VII. sınıf araziler taşlı, arızalı, eğimi fazla, erozyona fazla uğramış kuru, bataklık veya diğer elverişsiz toprakları ifade etmektedir. Çayır veya orman olarak kullanılması için çok fazla özen ve çaba gösterilmesi gerekmektedir. VIII. sınıf araziler kültive edilemeyen, çayır ve ormanlık olarak da

kullanılmayan yalnızca doğal hayat için uygun ortamı sağlayan topraklardır. Bataklık, çöl, fazla arızalı ve taşlık toprakları ifade etmektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024d).

Eskişehir ili toprakları, arazi kullanım kabiliyeti (AKK) özellikleri açısından değerlendirildiğinde I-VIII. sınıf arası bütün kullanım kabiliyetine sahip araziler görülmektedir. Bu sınıflar arasında en fazla alana sahip olan VII. sınıf (%35,46) arazilerdir (Tablo 6.10). Ardından %14,40 ile VI. sınıf; %13,66 ile II. sınıf araziler gelmektedir. VII. sınıf kullanım kabiliyetine sahip araziler, Eskişehir'in doğusundan batısına, kuzeyinden güneyine geniş bir yayılışa sahiptir (Şekil 6.9). VI. sınıf araziler Eskişehir genelinde dağınık bir yayılış göstermekle birlikte en yoğun bulunduğu yer ilin güneybatısıdır. II. sınıf araziler ise en yoğun ovalarda görülmekle birlikte kent merkezinden güneydoğuya doğru yayılışa sahiptir (Şekil 6.9).

Tablo 6.10. Eskişehir İl Sınırı İçerisinde ve Çalışma Alanında Bulunan Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıfları, Kapladıkları Alanlar ve Yüzdeleri

| | Eskişehir il geneli | | Çalışma alanı | |
|-----------------------------|---------------------|-------|-----------------|-------|
| | Km ² | % | Km ² | % |
| I | 1389,25 | 9,58 | 58,56 | 16,61 |
| II | 1980,93 | 13,66 | 115,15 | 32,66 |
| III | 1563,1 | 10,78 | 33,49 | 9,50 |
| IV | 1527,32 | 10,53 | 21,84 | 6,20 |
| V | 54,79 | 0,38 | - | - |
| VI | 2088,3 | 14,40 | 55,88 | 15,85 |
| VII | 5141,35 | 35,46 | 14,93 | 4,24 |
| VIII | 592,96 | 4,09 | 11,14 | 3,16 |
| Yerleşim yeri/tanımlanmamış | 159,9 | 1,10 | 41,54 | 11,78 |

Çalışma alanında V. sınıf arazi kullanım kabiliyetine sahip toprak dışında diğer tüm sınıflara ait toprak bulunmaktadır. II. sınıf arazi kullanım kabiliyetine sahip topraklar çalışma alanında en fazla paya (%32,66) sahip iken, bu arazileri %16,61'lik payla I. sınıf, %15,85'lik payla VI. sınıf kullanım kabiliyetine sahip topraklar takip etmektedir (Tablo 6.10). Çalışma alanında kent merkezi ve çevresinde I. ve II. sınıf arazi kullanım kabiliyetine sahip topraklar yoğun olarak görülmektedir. Şekil 6.9'daki haritaya göre kent merkezi AKK sınıflarına dahil edilmese de çevresindeki arazilerin varlığından ve büyük toprak grubu özelliklerinden bu alanın da I. ve II. sınıf arazilere dahil olabileceği muhtemeldir. Çalışma alanında I. ve II. sınıf kullanım kabiliyetine sahip arazilerin yerleşme, ticari ve sanayi alanları olarak kullanılıyor olması araziye doğru kullanma ve sürdürülebilirlik konusunda bir tehdit oluşturmaktadır. III. sınıf araziler çalışma alanında oldukça parçalı bir dağılım sergilemekte ve çoğunlukla II. sınıf kullanım kabiliyetine sahip arazilerle iç içe bulunmaktadır. Benzer parçalı dağılım durumunu IV. sınıf kullanım kabiliyetinde de görmek mümkündür. Çalışma alanının güney ve güneydoğusu VI.

sınıf arazi kullanım kabiliyetine sahip toprakların yayılış gösterdiği sahalardır. VII. sınıf kullanım kabiliyetine sahip topraklar çalışma alanının güneydoğusunda batısında ve kuzeydoğusunda lokal bir alanda bulunurken VIII. sınıf kullanım kabiliyetine sahip topraklar güneybatıda ve güneyde sınırlı bir alanda yayılış göstermektedir (Şekil 6.9).

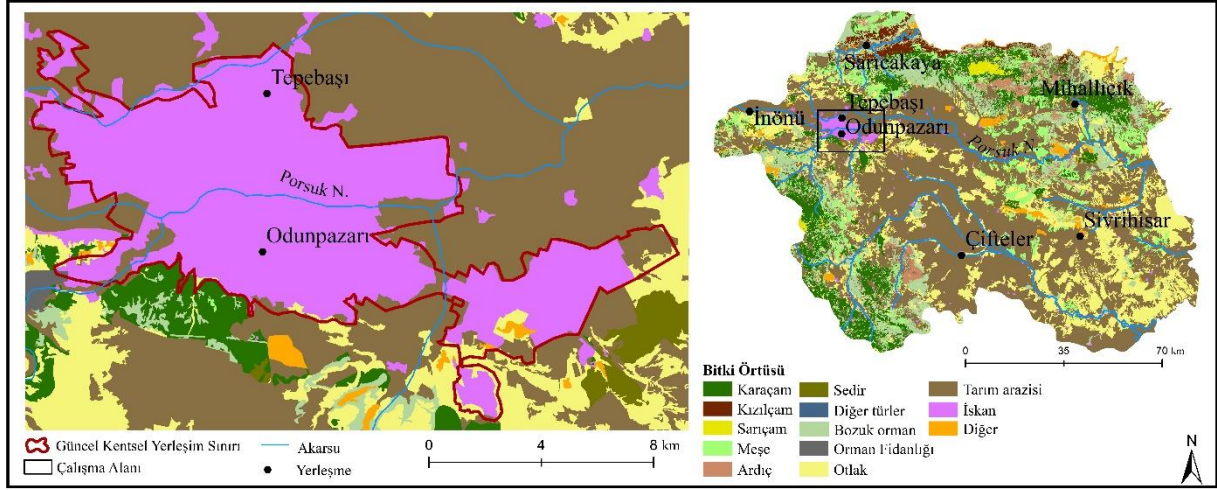
6.1.4. Bitki Örtüsü

Eskişehir ilinin genel jeomorfolojik özellikleri, toprak tipleri ve iklim koşulları bitki örtüsünde çeşitliliği de beraberinde getirmektedir. Karadeniz, Batı Anadolu ve İç Anadolu arasında köprü konumunda olan Eskişehir'in bitki örtüsü de bu bölgelerin özelliklerini taşımaktadır. İlin genel bitki örtüsü bozkır olmasına rağmen Avrupa-Sibirya, İran-Turan ve Akdeniz olmak üzere 3 farklı fitocoğrafyaya ait bitki örtüsü türü ve çeşitliliğine rastlanmaktadır (Arı vd., 2013). Sündiken dağlarının Eskişehir Ovası'na dönük yamaçlarında meşe (*Quercus*) türleri baskın olmakla birlikte 1300 metre civarlarında karaçam (*Pinus nigra*) hakimdir (Güven, 2006).

Eskişehir ilinde toplam 221 adet endemik bitki bulunmakta olup, bunların 30 tanesi lokal endemiktir. IUCN (The International Union for Conservation of Nature- Dünya Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği)'in EN (tehlikede), CR (kritik) ve VU (duyarlı) sınıflarında yer alan bitki türlerinin bazıları *Verbascum eskisehirensis*, *Hesperis kotschyi*, *Hypericum sechmenii*, *Achillea gypsicola*, *Onosma atila-ocakii*, *Aethionema dumanii*, *Muscari sivrihisardaghlarensis*, *Hesperis turkmendaghensis*, *Achillea ketenoglui*, *Gypsophila osmangaziensis*, *Sideritis gulendamiae*, *Klasea yunus-emreii*, *Convolvulus phrygius* 'dur (Çed ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü, 2023).

Eskişehir'in toplam orman varlığı 4720 km²'dir (Çed ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü, 2023). Şekil 6.10'daki haritada Eskişehir ve çalışma alanının bitki örtüsü özellikleri olabildiğince sade bir şekilde ifade edilmek istendiği için, bitki örtüsü türlerinde gruplama uygulanmıştır. Karışık ormanlarda hâkim tür olarak görülen tür esas alınmış ve ana tür grubuna dahil edilmiştir. "Diğer türler" olarak ifade edilen sınıfta ceviz, gürgen, fıstıkçamı ve kayınla karışık sarıçam bulunmaktadır. Bozuk orman sınıfı, daha önce orman olup yanmış, üzerindeki ağaç varlığı boşaltılmış bozuk sahaları ifade etmektedir. Lejantta bulunan "diğer" sınıfı, ağaçlandırma için açılmış hazır sahaları, daha önce ağaçlandırma yapılmış ancak başarısız olunmuş sahaları, su kütlelerini, orman depolarını ve mezarlık gibi bitki örtüsünün karakterini belirleme açısından çok önemli olmayan birimleri temsil etmektedir (Şekil 6.10). Eskişehir'de ormanlık alanlar kuzeyde Sündiken dağlarında (özellikle sarıçam ve karaçam), güneybatıda Türkmen dağlarının yüksek kesimlerinde (karaçam) (Çelik, 1994), güneyde Seyitgazi ve Han

ilçelerinde daha çok meşe türü olarak (Çed ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü, 2023) görülmektedir. Ormanlarda iğne yapraklı tür olarak karaçam, sarıçam, kızılçam (kuzeybatıda Sarıcakaya mikroklima alanında) ve ardıç türleri yaygınken geniş yapraklı türlerde çoğunlukla meşe ve meşe ile karışık yer yer kayın bulunmaktadır (Şekil 6.10). Dere içlerinde genellikle söğüt, fındık ve gürgen doğal olarak yetişmekte, ağaçlandırma sahalarında karaçam ve sedir karışık olarak yer almaktadır (Şekil 6.10).



Şekil 6.10. Eskişehir ve Çalışma Alanının Bitki Örtüsü Haritası

Çalışma alanının büyük bir kısmı tarım arazisi ve yerleşim yerinden oluşmaktadır (Şekil 6.10). Orman sahaları daha çok güneybatıda karaçam ile meşe türleri ve güneydoğuda sedir olarak kendini göstermektedir. Bunun yanı sıra kent yerleşiminin güneybatısında karaçam türünün hâkim olduğu kent ormanı bulunmaktadır. Orman alanlarının dışında güneybatıda, güneyde, güneydoğuda ve kuzeydoğuda otlaklar yer almaktadır (Şekil 6.10).

6.2. Eskişehir'in Beşerî Coğrafya Özellikleri

6.2.1. Eskişehir'in Nüfus ve Yerleşme Özellikleri

Farklı disiplinler tarafından farklı şekillerde algılanan ve kullanılan kentin birden fazla anlamı bulunmaktadır. En basit ve dar tanımıyla kent, içinde yaşayan insanların büyük çoğunluğunun tarım dışı faaliyetlerde çalıştığı ve tarımsal etkinliklerin olmadığı yerleşim alanı olarak ifade edilmektedir (Türk Dil Kurumu Sözlüğü, 2024). Diğer bir tanımlamaya göre toplumsal olarak birbirine benzeyen insanların oluşturduğu, çevresine göre büyük ve nüfusu kalabalık, sedanter yerleşim birimleridir (Wirth, 1938). Kentler, insanların yaşadıkları alanları kendi ihtiyaçları doğrultusunda değiştirdikleri, birçok sosyal ve kültürel aktivitenin gerçekleştirildiği büyük ve karmaşık yerleşim birimleridir (İlgar, 2008). Kent tanımlarında

ortak olarak nüfusun nispeten fazla ve yoğun olduğu, iş bölümünün ve uzmanlaşmanın gerçekleştiği, demografik yapının heterojen olduğu vurgusu dikkati çekmektedir (Keleş, 2002).

Günümüzde gerek bulunduğu konum itibariyle gerek verimli bir ova ve Porsuk Nehri gibi bir su kaynağına sahip (Doğru, 2005) gerekse sanayi ve eğitim alanında ön plana çıkan kimliği ile nüfusu artan ve kentsel yerleşimi büyüyen Eskişehir, Paleolitik çağdan itibaren yerleşim için seçilen bir alan olmuştur. Eskişehir'in ilk yerleşim yerinin, kent merkezine 3 kilometre uzaklıkta bulunan, antik çağdaki adıyla "Dorylaion", halk arasında "Şarhöyük" olarak bilinen bölgede olduğu bilinmektedir (Doğru, 2005). Eskişehir'in doğu ve batıyı birleştiren konumda olması M.Ö. 1200'lerde Friglerin burayı yerleşme için seçmelerinde etkili olmuş ve Dorylaion bir Frig kenti olmuştur (Güneş ve Yakut, 2007). Sonrasında kent Perslerin, Greklerin ve Bizanslıların hakimiyeti altına girmiştir (Eskişehir İl Yıllığı, 1967; İlgar, 2008). Genel olarak önceki dönemdeki özelliklerini Bizanslılar döneminde de sürdürmeye devam eden kentte Hristiyanlığın yayılması sosyal yapıda değişimlere yol açmıştır (İlgar, 2008). Anadolu'da Selçukluların hakimiyetinin başlamasıyla Selçukluların yerleştiği bölgelerden biri olan Eskişehir, Osmanlı döneminde Sultan önü Sancağı'nın merkezi konumuna gelmiştir (İlgar, 2008). Ancak 16. Yüzyılın ikinci yarısından 19. Yüzyılın ortalarına kadar kent eski önemini yitirmiş, bakımsız bir kent haline gelmiştir. 19. Yüzyılın ikinci yarısından itibaren lületaşı ve diğer ticari potansiyeli sayesinde değişim gerçekleşmiştir (Güneş ve Yakut, 2007).

Osmanlı İmparatorluğu döneminde, imparatorluğun kuruluş yerine yakınlığı sebebiyle başlarda ilgi gören Eskişehir kenti duraklama ve gerileme dönemlerinde önemini kaybetmiş, iki küçük mahallenin bulunduğu ve daha çok termal kaynaklarla bilinen tarıma dayalı yerleşim yeri haline gelmiştir (Ertin, 1994). 1877-1878 Osmanlı-Rus savaşından sonra kente gelen göçmenlerle birlikte kent kalabalıklaşmış ve gelişmiştir. O dönemde Eskişehir (Sultan önü) nüfusunun 19.000 kişi olduğu bilinmektedir (Eskişehir İl Yıllığı, 1967).

19. yüzyıla kadar bir kasaba görünümünde olan kentte, 1925 yılında yangın çıkmış ve kentin büyük bir bölümü bu yangında hasar görmüştür. Günümüzde kentin yoğun yerleşim ve ticaret merkezlerinin bulunduğu İstiklal, Hoşnudiye ve Arifiye mahalleleri, çıkan yangının temizlenip yeni yerleşim yerlerinin kurulduğu mahallelerdir (Albek, 1991).

Anadolu'da kurulan ilk demiryollarının yapılış amacı Avrupa devletlerinin hammadde ve pazar ihtiyacını gidermektir. Bu nedenle demiryolu güzergahı belirlenirken bu amaca uygun olması ön planda tutulmuştur. Eskişehir geniş hinterlandı, deniz kenarında bir kent olmamasına rağmen bulunduğu konum itibariyle demiryolu için çekici bir kent olmuştur (Efe, 1998). Kentte demiryolunun inşa edilmesi (1894), Eskişehir'in ciddi anlamda gelişme göstermesini ve kentsel

görünümünün değişmesini sağlamıştır (Baysal, 2006). Demiryolu sayesinde yeni mahalleler kurulmuş ve yeni ekonomik faaliyetler ortaya çıkmıştır. Buna bağlı olarak kentin nüfusu artarak 1920 yılında 25 bin kişiye ulaşmıştır (Eskişehir İl Yıllığı, 1967). Daha önce Bursa'ya bağlı olan kent 1925 yılında il haline gelmiştir (Örs Demir, 2008). Demiryolunun varlığı Eskişehir'i idari, ekonomik, sosyal ve kültürel açıdan değiştirmiş, kasabadan kente dönüştürmüştür. İşçi sınıfı ortaya çıkmış, çevre kasabalardan gelen göçlerle pek çok otel, lokanta, mağaza açılarak esnaf sayısında da artış meydana gelmiştir (Tunçdilek, 1954). Kentin pazar olanakları artmış bu da tarımsal üretimdeki artışı da beraberinde getirerek sermaye ve ticarete gelişmeyi sağlamıştır (Güneş ve Yakut, 2007).

1923-1950 Dönemi

Cumhuriyet sonrası dönemde kentin sanayi ve ticari birimlerinin artış göstermesiyle hem kentin çehresi değişerek gelişmiş hem de nüfusu artmıştır. 1933 yılına kadar daha çok tarımın ön planda olduğu Eskişehir, 1933'ten sonra sanayinin gelişme gösterdiği ve nüfusun hızla arttığı bir kent haline dönüşmüştür (İnankul, 1985). 1923-1950 döneminde kentin ilk yerleşim yeri olan Odunpazarı'nda önemli değişiklikler görülmezken, kent yerleşimi kuzeye yani Eskişehir Ovası'na doğru ilerlemiştir (Örs Demir, 2008).

1923-1950 arası dönemde kent yerleşimi konut alanları, iş alanları ve sanayi alanlarının oluşturduğu bir dairede sınırlı gelişim gösteren toplu bir yerleşim biçimindedir. Nüfus artışı ve sanayileşmenin getirmiş olduğu konut artışı, zamanla verimli tarım alanlarının yerleşim amacıyla kullanılmasına yol açmıştır (İlgar, 2008). Bunun yanı sıra bu dönemde sanayi tesisleri mevcut konut alanlarının uzağına kurulmasına rağmen yeni konut alanları sanayi tesislerine nispeten yakın alanlarda oluşmuş ve sanayi fonksiyonu yerleşim alanlarının gelişimi üzerinde etkili olmuştur (Ertin, 1994).

1950-1960 Dönemi

1950'li yıllardan sonra Eskişehir'de kentleşme hareketleri hız kazanmıştır. Aslında, 1950'li yıllar ülke genelinde kentleşmenin arttığı bir dönemdir. II. Dünya Savaşı'na girmediği halde savaştan etkilenen Türkiye'de yerleşme ve nüfus alanındaki en büyük etki kırdan kente göçün artış göstermesidir. Dönemin kentleşme anlamında en büyük eksikliklerinden birisi planlı bir kentleşmenin olmamasıdır. Kentlere artan göçler ve plansızlıkla birlikte plansız kentleşme gelişmiştir. Konut ihtiyaçları karşılanamamış bu da kentlerde düzensizlik ve karmaşaya neden olmuştur. Ülke genelinde görülen bu problemler Eskişehir kentinde de yaşanmıştır. Gerek yurtiçinden gerek yurtdışından gelen göçlerle birlikte kentin yerleşme

biçimi değişmiş, kentin toplu yerleşim şekli dağınık ve birkaç farklı noktaya sıçrayan bir özellik göstermiştir. Göçmenlerin kente kazandırdıkları, kentte toplumsal ve ekonomik olarak gelişmeyi sağlamıştır (Gürcüoğlu, 1996). Nüfus artmaya devam ettikçe yeni yerleşim yerlerine ihtiyaç duyulmuş bu da yerleşim alanının genişlemesine yol açmıştır. Gelen nüfusun çoğunun fabrikalarda çalışması sebebiyle yerleşim yeri olarak işe yakınlık gözetilmiş, sanayi tesislerinin yakınları yerleşim yeri olarak seçilmiştir. Bu durumda sanayi yalnızca kentin ekonomisinde değil nüfus ve yerleşme hareketlerinde de etkili olmuştur (İlgar, 2008).

1958 yılında kurulan Yüksek İktisat Okulu, 1959'da İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi ve nihayetinde 1981 yılında ismi Anadolu Üniversitesi (1967 yılında günümüzdeki yerine taşınmıştır) olan yüksek öğretim kurumu (Işık ve Şanlıer, 1988; Örs Demir, 2008) sayesinde kentin nüfus artışı ve yerleşme paterninde eğitim faktörü de etkili olmaya başlamıştır.

1960-1980 Dönemi

1960-1980 döneminde Eskişehir'de kentsel yerleşim günümüze benzer bir alansal gelişim göstermiştir. Bu durum üzerinde nüfus artışının yanı sıra ulaşım faktörü de etkilidir. 1980'lerde ulaşımın etkisi ön plana geçmiş, aynı dönemde Bilecik- Ankara çevre yolunun yapılması nüfusun şehrin kuzey bölümüne yerleşmesini de beraberinde getirmiştir. Ayrıca Eskişehir kent merkezini ilçelere ve çevredeki diğer illere bağlayan karayolları, çevrelerinde yerleşimlerin oluşması bakımından belirleyici olmuştur. Bu dönemde Organize Sanayi Bölgesi'nin kente uzak ve askeri alana yakın olması sebebiyle yerleşim üzerinde belirgin etkisi bulunmamaktadır (Ertin, 1994; İlgar, 2008).

Önceki dönemlerde (1950-1960) kentteki mahalleler daha dağınık ve kopuk özellik gösterirken 1970'lerden sonra mahalleler arası boşluklar dolmuştur. Ancak yine de kent içinde ve çevresinde tarım alanları geniş yer kapladığından mahallelerin bütünleşmesini yer yer kesintiye uğratmıştır (Ertin, 1994).

1960'ların ortalarına kadar yerleşmelerde yatay yapılaşmanın olduğu dikkati çekmektedir. Boş alanların fazla olması sebebiyle yer konusunda sıkıntının yaşanmaması çok katlı konutlardan ziyade tek katlı yapılaşmaya uygun ortam sağlamıştır. Ancak 1965'ten sonra boş alanlar giderek apartmanlarla dolmaya başlamıştır. Günümüzde Akarbaşı ve Kırmızıtoprak mahallelerinin olduğu kesimde meyve bahçeleri içerisindeki 1-2 katlı müstakil konutların yerini kooperatif ve şahıslar tarafından yapılan 3-4 katlı apartmanlar almaya başlamıştır. Bu apartmanlar sayesinde Vişnelik mahallesi kurulmuş, kent alansal olarak batı-güneybatı yönünde büyümesini sürdürmüştür. Özetle, 1960-1980 döneminde kent çevresindeki boş

alanlarda yatay, kentin daha iç kesimlerinde dikey yapılaşma ön plana geçmiştir (Koca, 2004). Yerleşme dokusundaki bu değişim büyük oranda nüfus artışıyla ilgilidir. Doğal nüfus artışının yanı sıra kente bu dönemde çevre il, ilçe ve köyler ile yurtdışından gelenler nüfusun artışına katkı sağlamıştır. Kentin hızlı nüfus artışına hazırlıksız olması kenar semtlerde gecekondulaşmayı beraberinde getirmiştir. Gecekondulaşmanın önüne geçebilmek amacıyla Tepebaşı bölgesi ‘gecekondu önleme bölgesi’ olarak ilan edilmiş ve kooperatif blokları oluşturulmuştur. Sonrasında bölge planlı yerleşme alanı olarak gelişim göstermiş ve Uluönder mahallesi adını almıştır. Sümer mahallesi, 1960-1980 döneminde kentin alansal büyümesini sağlayan kooperatif kökenli olarak kurulmuş bir diğer mahalledir. Bu mahalle sayesinde kent, Porsuk Nehri'nin güney kıyısı boyunca güneybatıya doğru yayılma göstermiştir (Ertin, 1994).

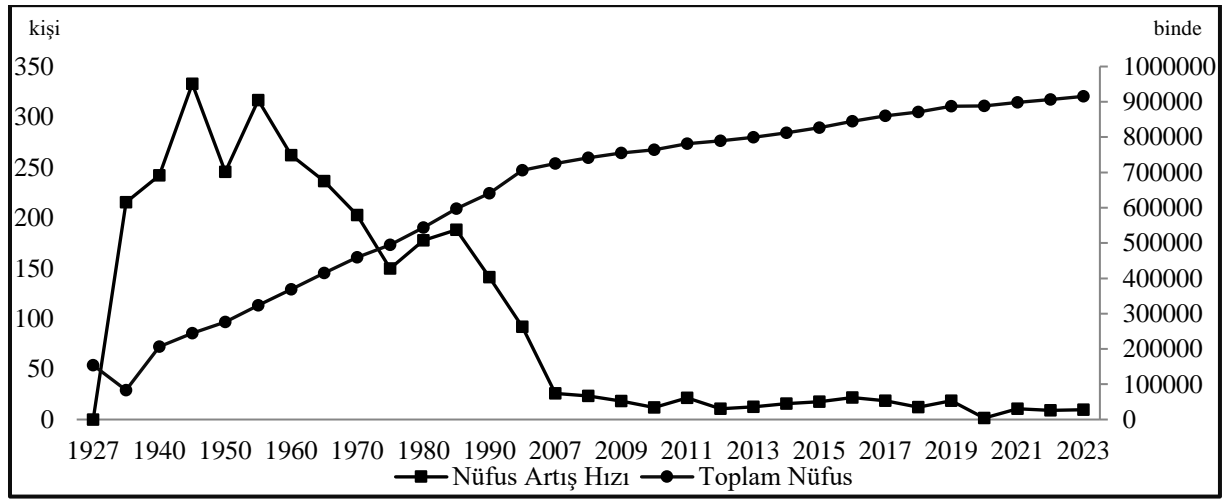
1960-1980 yılları arasındaki dönemde, nüfusun artışıyla birlikte konut alanları da yayılma göstermiş ve hâkim arazi kullanım türü olarak kentteki varlığını devam ettirmiştir. Ticari birimler konutlar arasındaki alanda ve daha çok kentin merkezinde yoğunlaşmaktadır. Bu dönemde tarım alanları daha çok kentin dış çeperinde henüz yerleşim alanına dönüşmemiş bölgelerde bulunmaktadır. 1960-1980 döneminde Organize Sanayi Bölgesi ile kentteki sanayi tesisleri planlı bir gelişme göstererek belirli bir alanda yoğunlaşmışlardır (Ertin, 1994).

1980-1990 Dönemi

1980-1990 döneminde kentsel yerleşime Zincirlikuyu mahallesi dışında yeni bir mahalle eklenmemiştir. Bu mahalle ileride kentin gelişme göstereceği yeni alanların da belirleyicisi olmuştur. Günümüzde Aşağı Söğütönü mahallesi (o dönemde köydür) ve Zincirlikuyu mahallesi bu dönemde kentin kuzeybatı yönünde gelişme göstermesini sağlamışlardır. 1990'lı yıllara yaklaştıkça kentte kooperatifler aracılığıyla konut artışı meydana gelmiş ve özellikle kentin batı-güneybatı kesiminde yeni yerleşim alanları açılmıştır. Yine aynı dönemde kentin güneyinde belirli meslek grupları için yapılan kooperatif evleri kentin büyüme yönünü belirlemiştir. Kentin kenar mahallelerinde plansız yerleşme ve gecekondulaşma hakimdir (Ertin, 1994).

1980-1990 döneminin yerleşim paterninin oluşmasında Anadolu Üniversitesi'nin önemli etkisi vardır. Üniversitenin kuzeyde bulunan Yunus Emre kampüsü ve güneydeki Meşelik kampüsü (günümüzdeki Osmangazi Üniversitesi), kentin yerleşim alanını hacim ve alan olarak büyümesini beraberinde getirmiştir. Nüfus artışı önemli boyutlarda olmamasına rağmen konutlardaki artış özellikle toplu konut ve kredilendirmede yeni yasalarının etkili olmasıyla ilişkilidir (Ertin, 1994).

1990'lı yıllarda kentte sanayinin gelişmesi ve 1990 yılının sonlarında yerel yönetimin değişmesi kentsel yapının da değişmesini sağlamıştır. Özellikle kent içindeki pek çok yolun trafiğe kapatılması ve ulaşımda hafif raylı sisteme geçilmesi kent içi düzeni belirleyen en önemli faktörlerdendir. Bunun yanı sıra Porsuk Çayı'nın ıslah edilmesi ve kentin bütüncül olarak tasarlanıp kentsel yeşil alanların artırılması, kentte yerleşim ve imar düzeni üzerinde etkili olmuştur (İlgar, 2008). Bu dönemde kentin yerleşim düzeni, günümüzdeki düzene ulaşmış, merkezde yoğunlaşma yerine çevredeki alanlar arasındaki boşluklar dolmuştur (Ulu, 2005). Önemli ticaret alanları tek katlı yapılardan yüksek katlı yapılara dönüştürülmüş, kent içinde kalan ve soruna yol açan otobüs terminali merkezden uzak bir alana taşınmıştır (Tatal ve Üstün, 1999).



Şekil 6.11. Eskişehir'in 1927-2023 Yılları Arası Nüfus Miktarı ve Nüfus Artış Hızı

Eskişehir'in nüfusu, miktar olarak 1935 yılından itibaren sürekli artış, artış hızı olarak ise azalış eğilimi göstermektedir (Şekil 6.11). Türkiye'nin genel nüfus hareketliliğine uyumlu olarak nüfus miktarında ve artış hızında belirgin artış ve azalışların olduğu dönemler dikkati çekmektedir. Örneğin; 1945-1950 dönemi nüfus artış hızında belirgin azalışın olduğu ve sonrasında 1950-1955 arasında tekrar artış eğilimi gösterdiği dönemdir. Söz konusu yıllar Türkiye'de sanayileşmenin hız kazandığı aynı zamanda köyden kente veya az gelişmiş şehirlerden daha gelişmiş şehirlere göçlerin gerçekleştiği yıllardır. Eskişehir'de de bu gelişimin etkilerini görmek mümkündür. Bunun yanı sıra II. Dünya Savaşı'nın etkilerinin ortadan kalkması da bu durum üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Eskişehir'de 1985-2007 yılları arasında nüfus artış hızında belirgin bir düşüş söz konusu olmakla birlikte 2007 yılından itibaren artış hızı düşük ancak stabil bir düzeyde devam etmektedir. 2020 yılında nüfus artış hızında bir düşüş gözlenmektedir. Nüfus artış hızındaki bu azalmanın 2019 yılında ortaya çıkan

ve Türkiye’de ilk vakanın 11 Mart 2020 tarihinde görüldüğü Covid-19 pandemisiyle ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

6.2.2. Eskişehir’in Sosyo-Ekonomik Faaliyetleri

Eskişehir’de sanayileşmenin temeli, 1894 yılında Berlin-Bağdat demiryolunun yapımı sırasında kurulan Cer (döküm) atölyeleri sayesinde atılmıştır (Gürcüoğlu, 1996). 1928 yılında devletleştirilen Cer atölyeleri 1958 yılında “Eskişehir Demiryolu Fabrikası” adını almıştır. 1961 yılında ilk yerli lokomotif olan “Karakurt” ve ilk Türk otomobili olan “Devrim” üretilmiştir. 1970 yılında “Eskişehir Lokomotif ve Motor Sanayii Müessesesi”, 1986 yılında yarı özel şirket haline gelen “Türkiye Lokomotif ve Motor Sanayii A.Ş (TÜLOMSAŞ)” adını alan Cer atölyesi, 2 Haziran 2020 tarihinden itibaren “Türkiye Raylı Sistem Araçları A.Ş (TÜRASAŞ) ismiyle büyük ölçekli işletme olarak faaliyetlerine devam etmektedir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020).

Eskişehir’de kurulan “Tayyare Bakım Atölyesi” Cumhuriyet döneminde kamu kaynağı ile kurulmuş ilk büyük ölçekli işletme özelliğini taşımaktadır. Günümüzde 1. Hava İkmal Bakım Merkezi olarak faaliyetlerine devam etmektedir. Kamu kaynaklarıyla Eskişehir’de kurulan diğer sanayi kuruluşları Eskişehir Şeker Fabrikası (1933), Eskişehir Şeker Makine Fabrikası (1933) ve Eti Bor İşletmesi (1981)’dir. Şeker fabrikası ve Eti Bor İşletmesi günümüzde faaliyetlerine devam etmektedir. Kentte kamu desteğiyle kurulan sanayiler, ildeki sanayileşmenin temelini oluşturarak sonraki yıllarda yatırımların artmasını ve sanayileşmenin hız kazanmasını sağlamışlardır (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020).

Eskişehir’in kamu kaynaklarıyla başlayan sanayileşme süreci, zamanla özel yatırımcılar için de çekici hale gelmiştir. 1956 yılında Sümerbank tarafından kurulan “Eskişehir Basma Fabrikası” 1996 yılında özelleştirilmiştir. İldeki özel sektörün kurduğu ilk orta ölçekli işletme olan “Yasin Çakır Un Sanayi ve Ticaret A.Ş (1960)” ilk büyük ölçekli özel sanayi olan “Eti Bisküvi Fabrikası (1961)” ilin özel sektör girişimlerinin başında gelmektedir. Eti’nin ildeki büyük ölçekli sanayi faaliyetleri yan sanayilerin de eklenmesiyle devam etmekte ilde büyük istihdam sağlamaktadır (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020).

Eskişehir’de 1968 yılında Eskişehir Sanayi Odası’nın, 1973 yılında Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi’nin kurulmasıyla kentte düzenli ve planlı sanayileşme adımları atılmıştır. 1975 yılında Arçelik A.Ş’nin kurulmasıyla ildeki dayanıklı tüketim malları sanayisi ve yan kolları faaliyet göstermeye başlamıştır. F-16 uçaklarının motor montajları ve bakımlarını yapmak amacıyla 1985 yılında kurulan “TUSAŞ Motor Sanayii A.Ş”, 1998 yılında helikopter parçaları

üretmeye başlayan Alp Havacılık A.Ş., ilin havacılık sanayisinde gelişmesi adına atılmış önemli bir adımlardır (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020).

İl sanayisinin sektörel dağılımında ilk sırada %13,74 ile “başka yerde sınıflandırılmamış makine ve ekipman imalatı” yer almaktadır. İkinci sırada %11,98 ile “gıda ürünlerinin imalatı”, üçüncü sırada %11,81 ile “elektrik, gaz, buhar ve havalandırma sistemi üretim ve dağıtım” bulunmaktadır. İlin sanayi sektörlerinde “ham petrol ve doğal gaz çıkarımı” ile “tütün ürünleri imalatı” na ilişkin faaliyet gösteren işletme bulunmamaktadır (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020).

Eskişehir’in sanayi yapısında iki tip üretimin ön plana çıktığı görülmektedir. Bunlardan ilki, seri ve kitlesel üretim yapan orta ve yüksek ölçekli firmalar, ikincisi ise teknoloji ve inovasyonun ön planda olduğu katma değeri yüksek ancak hacim olarak az üretim yapan firmalardır. İlin dış ticaret yapısında beyaz eşya, havacılık- savunma ve metal eşya sektörleri hakimdir (Eskişehir Sanayi Odası, 2023).

Eskişehir bir Anadolu kenti olmasına rağmen, diğer Anadolu kentlerinin tipik Türk-İslam sentezindeki gelişiminden farklı bir kentleşme yapısına sahiptir. Söz konusu kentlerde gelişim cami veya külliye etrafında şekillenirken, Eskişehir’de Porsuk Nehri ve demiryolu hattının ön planda olduğu bir kentsel gelişim söz konusudur (Örs Demir, 2008).

7.BULGULAR VE TARTIŞMA

Antropojenik etkiler, AÖAK'daki faaliyetlerin değişimi, çeşitliliği ve artan ihtiyaçlar, arazi örtüsünün değişimini hızlandırmakta ve bozulmalara neden olmaktadır (Alevkayalı ve Tağlı, 2018). Değişen AÖAK çevresel birçok bileşeni etkilemekte, kentler ve kent iklimi etkilenen bileşenlerin başında gelmektedir. Başka bir ifadeyle KIA'nın en önemli sebeplerinden birisi AÖAK'nın değişmesidir. Bu nedenle Eskişehir kent merkezinde KIA etkisinin araştırıldığı bu çalışmada, öncelikle AÖAK'daki değişim ele alınmıştır.

Tablo 7.1. Çalışma Alanında Kentsel Yerleşimlerin Yıllara Göre Kapladığı Alan

| 1990 | 2000 | 2006 | 2012 | 2018 | 2022 |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 43 km ² | 66 km ² | 70 km ² | 91 km ² | 100 km ² | 113 km ² |

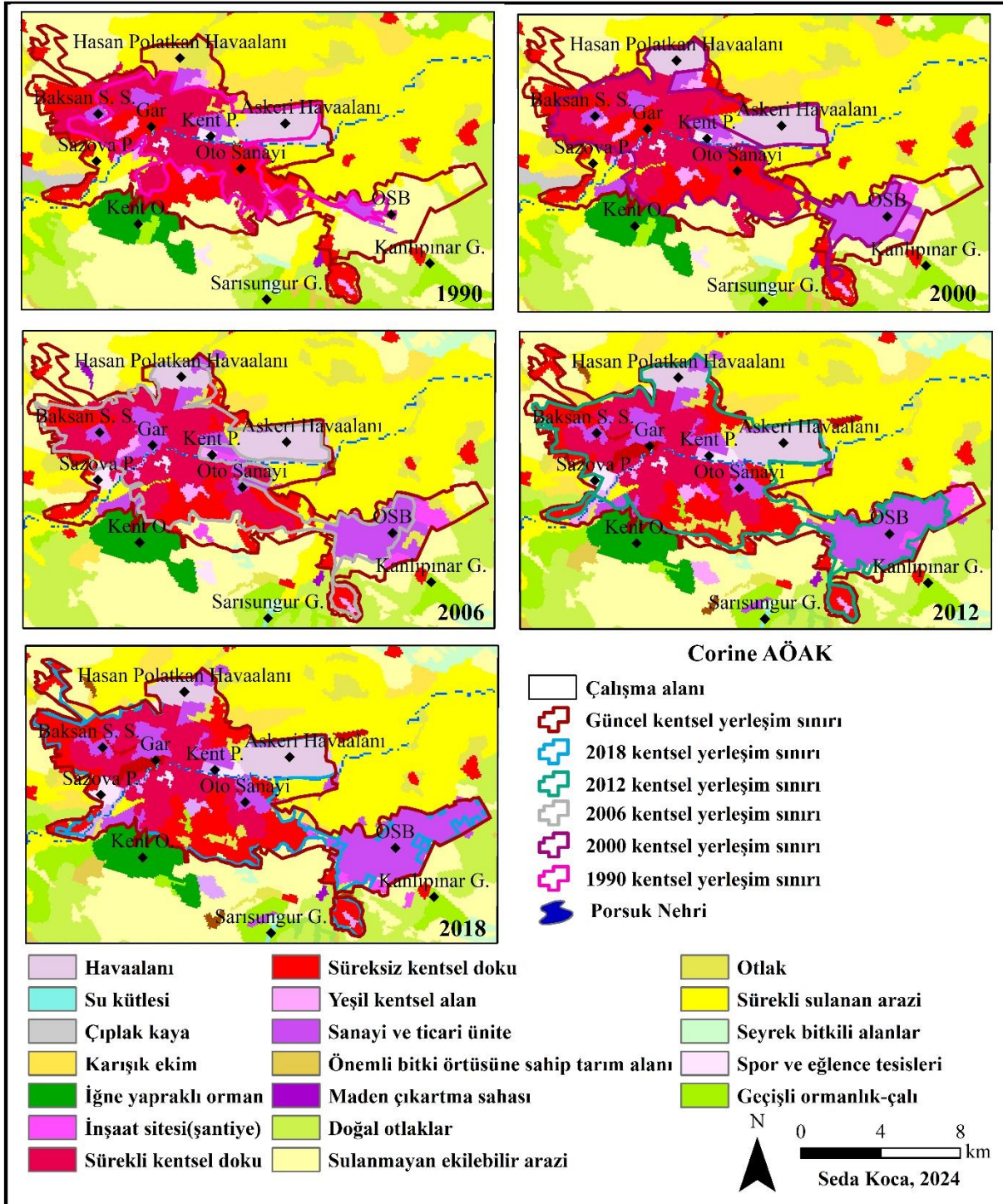
Analiz ve uygulamalara ilk olarak çalışma alanının belirlenmesi ve her araştırma yılı için kentsel yerleşim sınırlarının tespit edilmesi ile başlanmıştır. Çalışma alanı 353 km² alana sahiptir. Kentsel yerleşimin kapladığı alan 1990 yılında 43 km², 2000 yılında 66 km², 2006 yılında 70 km², 2012 yılında 91 km², 2018 yılında 100 km² ve 2022 yılında 113 km²'dir (Tablo 7.1). Yapılan alan hesaplamalarıyla çalışma alanında kentsel yerleşimin kapladığı alanın 1990 yılından 2022 yılına kadar %262,7 arttığı tespit edilmiştir.

Tablo 7.2. Çalışma Alanının Tüm Araştırma Yıllarına Ait CORINE Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıfları ve Kapladıkları Alan (Km²)

| km ² | 1990 | 2000 | 2006 | 2012 | 2018 |
|---|--------|--------|-------|-------|-------|
| Akarsu ve baraj | 1,56 | 1,56 | 1,79 | 4,40 | 4,40 |
| Sürekli kentsel alan | 29,55 | 31,32 | 28,61 | 23,57 | 23,57 |
| Süreksiz kentsel alan | 23,62 | 25,81 | 23,13 | 26,04 | 28,48 |
| Endüstri ve ticari üniteler | 6,98 | 15,47 | 21,67 | 27,56 | 30,98 |
| Havaalanı | 8,27 | 12,30 | 11,62 | 11,91 | 11,91 |
| Maden çıkarım sahası | 0,26 | 0,26 | 0,62 | 0,26 | 0,26 |
| İnşaat siteleri | 0,50 | 0,77 | 3,15 | 2,83 | 1,40 |
| Kentsel yeşil alan | 2,80 | 3,60 | 2,27 | 3,56 | 3,56 |
| Spor ve eğlence tesisleri | 1,25 | 1,25 | 2,62 | 2,63 | 2,76 |
| Sulanmayan ekilebilir arazi | 87,40 | 78,15 | 78,88 | 69,68 | 66,76 |
| Sürekli sulanan arazi | 102,34 | 100,62 | 99,49 | 91,54 | 91,18 |
| Mera | 12,02 | 9,60 | 12,49 | 11,79 | 10,63 |
| Karışık ekim | 14,62 | 10,46 | 7,13 | 13,14 | 13,14 |
| Önemli bitki örtüsüne sahip tarım alanı | 1,56 | 1,56 | 0,17 | 1,83 | 1,83 |
| İğne yapraklı orman | 9,24 | 9,24 | 10,24 | 10,21 | 10,21 |
| Doğal otlak | 30,58 | 30,58 | 34,65 | 30,26 | 29,47 |
| Geçişli ormanlık-çalı | 16,55 | 16,55 | 7,89 | 13,78 | 13,73 |
| Seyrek bitkili alan | 1,14 | 1,14 | 5,74 | 5,55 | 5,71 |

Çalışmada AÖAK'nın KIA'ya etkisini araştırmak amacıyla CORINE arazi örtüsünün sağlamış olduğu veriler analiz edilmiştir. Buna göre çalışma alanında 1990, 2000 ve 2006 yıllarının her birinde 18; 2012 ve 2018 yıllarında 21 tane arazi örtüsü ve kullanım sınıfı tespit edilmiştir. Ancak AÖAK'daki zamansal değişimi anlamsal olarak tespit edebilmek için tüm

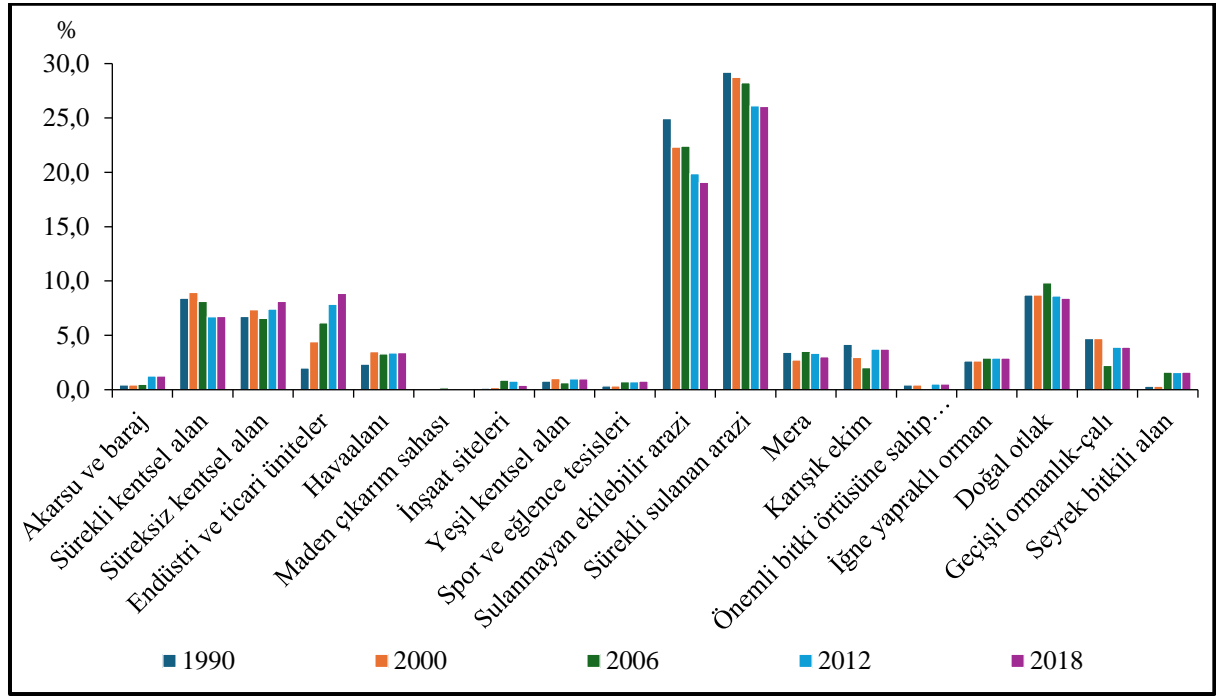
yıllarda ortak olan 18 adet arazi sınıfı dikkate alınmıştır. Bu sınıflar içerisinde en fazla alana sahip olanlar tüm yıllarda sürekli sulanan arazi ve sulanmayan ekilebilir arazidir (Tablo 7.2), (Şekil 7.1).



Şekil 7.1. Çalışma Alanının CORINE AÖAK Haritası

Sürekli sulanan tarım alanları, çalışma alanının kuzeydoğusunda geniş alan kaplamaktadır. Bunun yanı sıra batıda ve güney batıda Porsuk Nehri'nin çevresinde dağılım

göstermektedir. Çalışma alanında 1990 yılında 102,34 km² alan kaplayan sürekli sulanan arazilerin alanı giderek küçülerek 2000 yılında 100,62 km², 2006 yılında 99,49 km², 2012 yılında 91,54 km² ve 2018 yılında 91,18 km² alan kaplamaktadır (Tablo 7.2). Bu değişim en belirgin olarak 1990-2018 yılları arasında kentsel yerleşimin güneydoğu kesiminde görülmektedir. 1990 yılında sürekli sulanan tarım arazilerinin büyük kısmı nüfusun artması, kentin büyümesi ve ihtiyaçlarının değişmesi sebebiyle 2018 yılında endüstri ve ticari ünitelerin olduğu alana dönüşmekte, bir kısmı kuru tarımın yapıldığı arazi olarak kullanılmaktadır (Şekil 7.1).



Şekil 7.2. CORINE Arazi Örtüsü Veri Setine Göre Çalışma Alanında Bulunan Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıflarının Yıllara Göre Değişimi (%)

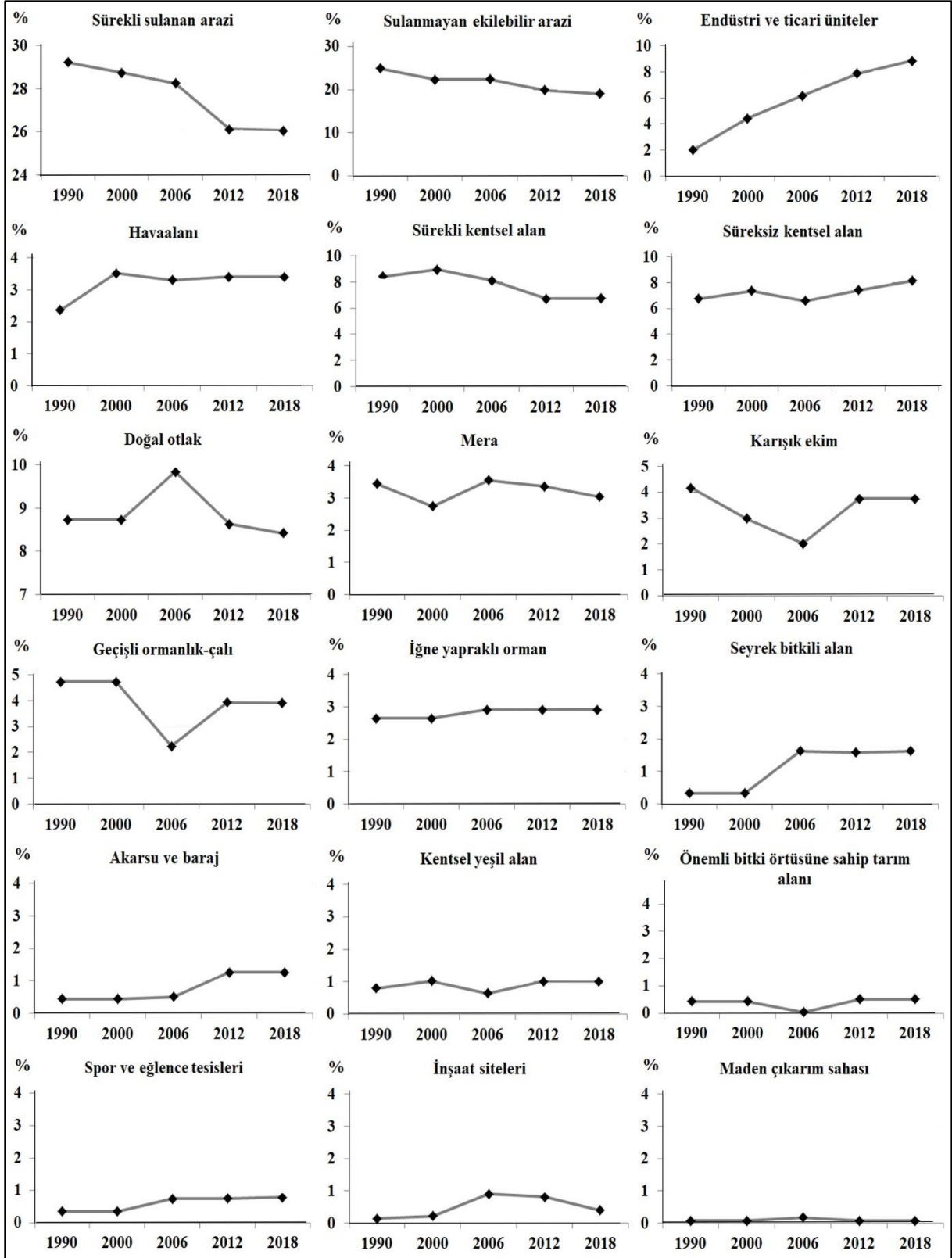
Çalışma alanında, alansal olarak en büyük paya sahip ikinci AÖAK, sulanmayan ekilebilir arazilere aittir. Gerek sulanan gerek sulanmayan arazilerin oluşturduğu tarım alanları, çalışma alanında 1990-2018 yılları arasındaki süreçte alansal olarak küçülmüşlerdir. Buna karşın endüstri ve ticari üniteler ile sürekli kentsel alanlar büyüme eğilimindedir. Özellikle çalışma alanının ve kent yerleşiminin güneydoğusunda kalan alandaki tarım arazilerinin zamansal değişimde endüstri ve ticari üniteler için kullanıldığını görmek mümkündür (Şekil 7.1). Kentin güneyinde ve batısında yer alan sürekli sulanan ve sulanmayan ekilebilir arazilerin, sürekli kentsel alana dönüşmesi oldukça belirgindir. Özellikle 2012 ve 2018 yıllarında çalışma alanında sürekli kentsel alanın sürekli kentsel alandan daha fazla alan kaplaması yeni açılan yerleşim yerleriyle ilgilidir. Kent yerleşiminin yıllar içinde özellikle güneye ve kuzeybatıya doğru genişlemesi buralarda yer alan tarım alanlarının yok edilmesine ve seyrek dokulu yeni

yerleşim alanlarının oluşmasına, konutlarla tarım alanlarının birlikte kullanımına neden olmuştur.

Çalışma alanında bulunan AÖAK sınıflarının tüm alana oranı yıllara göre değişmektedir. Bu tez çalışmasında gerek yüzey pürüzlülüğündeki değişimi net olarak yansıttığı için gerekse çalışma alanında en fazla alan kaplayan sınıflar oldukları için tarım arazileri, havaalanı, endüstri ve ticari üniteler ile kentsel alan üzerinde özellikle durulmaktadır. Sürekli sulanan arazi ve sulanmayan ekilebilir arazinin çalışma alanındaki payı zaman içerisinde azalmaktadır (Şekil 7.2). 1990 yılında sürekli sulanan arazinin toplam alandaki payı %29 civarındayken 2018 yılında bu oran %26 civarına düşmektedir. Benzer şekilde sulanmayan ekilebilir arazi 1990 yılında %25'lik bir paya sahipken 2018 yılında payı %20'lere gerilemektedir. Buna karşın çalışma alanında endüstri ve ticari ünitelerin payı devamlı bir artış eğilimi göstermektedir. Gerek kentin doğusunda yer alan Organize Sanayi Bölgesi'nin gerek güneybatıda yer alan Baksan sanayi sitesinin sürekli olarak büyümesi ve gelişmesi endüstri ve ticari ünitelerin de toplam alandaki paylarını artırmaktadır. Endüstri ve ticari üniteler alansal olarak büyürken ihtiyaç duydukları alanı sürekli sulanan ve sulanmayan ekilebilir araziden kazanmaktadır (Şekil 7.1).

Rasat süresi içerisinde genel anlamda alansal olarak büyüyen bir diğer AÖAK sınıfı havaalanıdır. 1990 yılından önce mevcut askeri havaalanının yanı sıra 1989 yılında hizmete açılan sivil havaalanının (Eskişehir Teknik Üniversitesi, 2024) pist ve apron alanlarını genişletmesiyle çalışma alanında havaalanının kapladığı alanın oranı artmış, 2000 yılından sonra büyüme eğilimi ortadan kalkmıştır. Alansal değişiminde 2000 yılından sonra büyük bir fark görülmemesine rağmen YYS ve KIA etkisinde havaalanı yüzey özelliklerinden dolayı önem teşkil etmektedir.

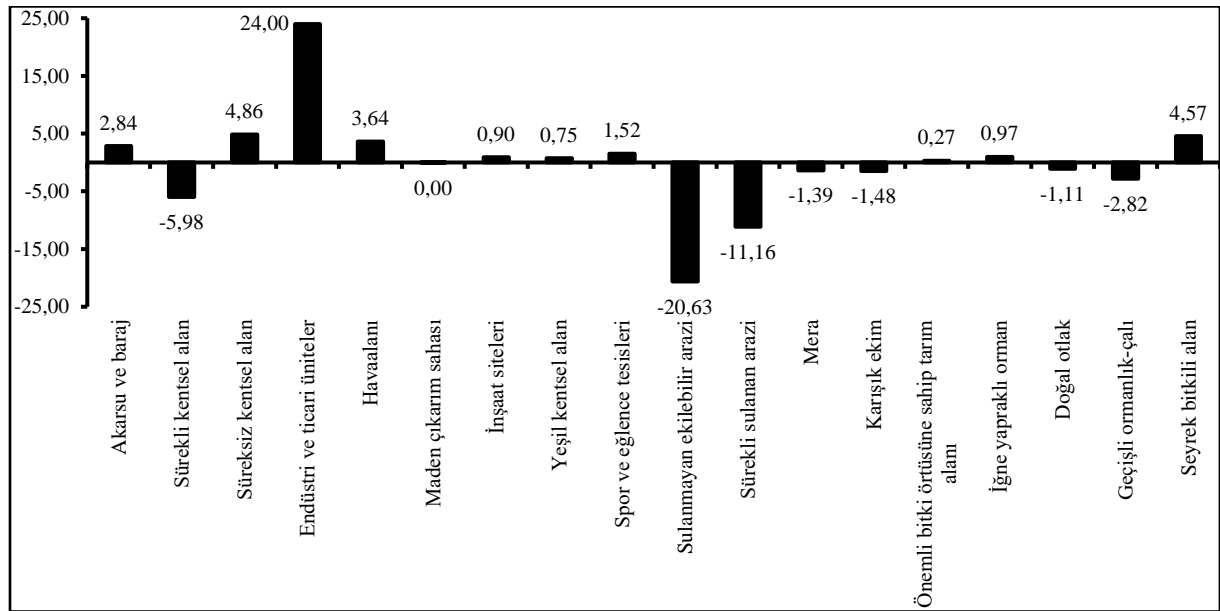
Sürekli ve süreksiz kentsel alanın çalışma alanı içerisindeki alansal dağılım oranları değişkenlik göstermektedir. Sürekli kentsel alan 2000-2012 döneminde oran olarak azalmış ancak 2012-2018 döneminde yeniden artışa geçmiştir. Süreksiz kentsel alanda ise 2000-2006 yılları arası oransal olarak bir azalma görülmesine rağmen genel değişimde artış eğilimi gözlenmektedir. Süreksiz kentsel alanın artış sebebinin, artan nüfus ve ihtiyaçlar doğrultusunda kentin büyümesi ve kent çeperinin genişlemesi olduğu düşünülmektedir.



Şekil 7.3. AÖAK Sınıflarının Çalışma Alanında Kapladıkları Alana Ait Oranlar (%)

CORINE arazi örtüsüne ait veriler doğrultusunda 1990, 2000, 2006, 2012 ve 2018 yılları arasındaki AÖAK'deki değişimler tespit edilmiştir. Rasat yılları arasında AÖAK'deki değişimler Şekil 7.3'te ve Şekil 7.4'te verilmektedir. 1990-2000 yılları arasında kent

yerleşiminin kuzeyinde ve kuzeydoğusuna uzanan alanda otlak ve karışık ekim sahaları havaalanı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu durum üzerinde 1989 yılında hizmete açılan ve 2000 yılına kadar bugünkü alanına yakın duruma getirilen Eskişehir Hasan Polatkan havalimanının arazi kullanımı etkili olmaktadır. Çalışma alanının doğu ve güneydoğusunda yer alan Organize Sanayi Bölgesi'nin alansal hacmi 1990 yılında daha dar iken 2000 yılında sulanmayan ekilebilir araziden pay kazanarak genişlemektedir. Kentsel yerleşim sınırının kuzeydoğusunda yer alan askeri havaalanının güneyi sürekli sulanan arazi iken endüstri ve ticari ünitelere ayrılmaktadır. Kent ormanının kuzeyindeki sürekli sulanan arazi ve sulanmayan ekilebilir arazi sürekli kentsel doku olarak kullanılmaktadır. Organize Sanayi Bölgesi'nin batısındaki değişimde otlaktan sürekli kentsel dokuya; endüstri ve ticari ünitelerden sürekli kentsel dokuya değişim gözlenmektedir (Şekil 7.1, Şekil 7.4).



Şekil 7.4. CORINE'e Göre Çalışma Alanındaki Arazi Örtüsü ve Kullanımlarının Değişimleri (1990-2018 Arası)

Çalışma alanında bulunan AÖAK sınıflarında 1990-2018 yılı arasındaki değişimde en dikkat çekici sınıfları endüstri ve ticari üniteler, sulanmayan ekilebilir arazi ve sürekli sulanan arazi teşkil etmektedir (Şekil 7.4). 28 yıllık süreçte endüstri ve ticari üniteler alansal olarak büyürken sulanan ve sulanmayan ekilebilir arazilerden oluşan tarım alanları alansal olarak küçülmüştür. Gerek arazi kullanımı haritalarında gerek YYS haritalarında endüstri ve ticari ünitelerdeki bu değişim gözle görülmektedir. 24 km² 'lik artış ile tüm arazi kullanımı sınıflarında ilk sırada yer alan endüstri ve ticari ünitelerin bu değişiminde Organize Sanayi Bölgesi'nin sürekli genişlemesi büyük oranda etkilidir. 1990-2018 yılları arasındaki araştırma döneminde sürekli kent yapısı alansal olarak küçülürken, süreksiz kent yapısı alansal olarak

büyümektedir. Bu durum üzerinde yeni yerleşim yerlerinin açılması ve yerleşime açılan yerlerin mevcut kentin çeperinde mera ve tarım alanlarının olduğu bölgede yer alması etkilidir. Tarım alanları ve meralardaki alansal küçülme, yapay alanlara dönüşmekten kaynaklanmaktadır.

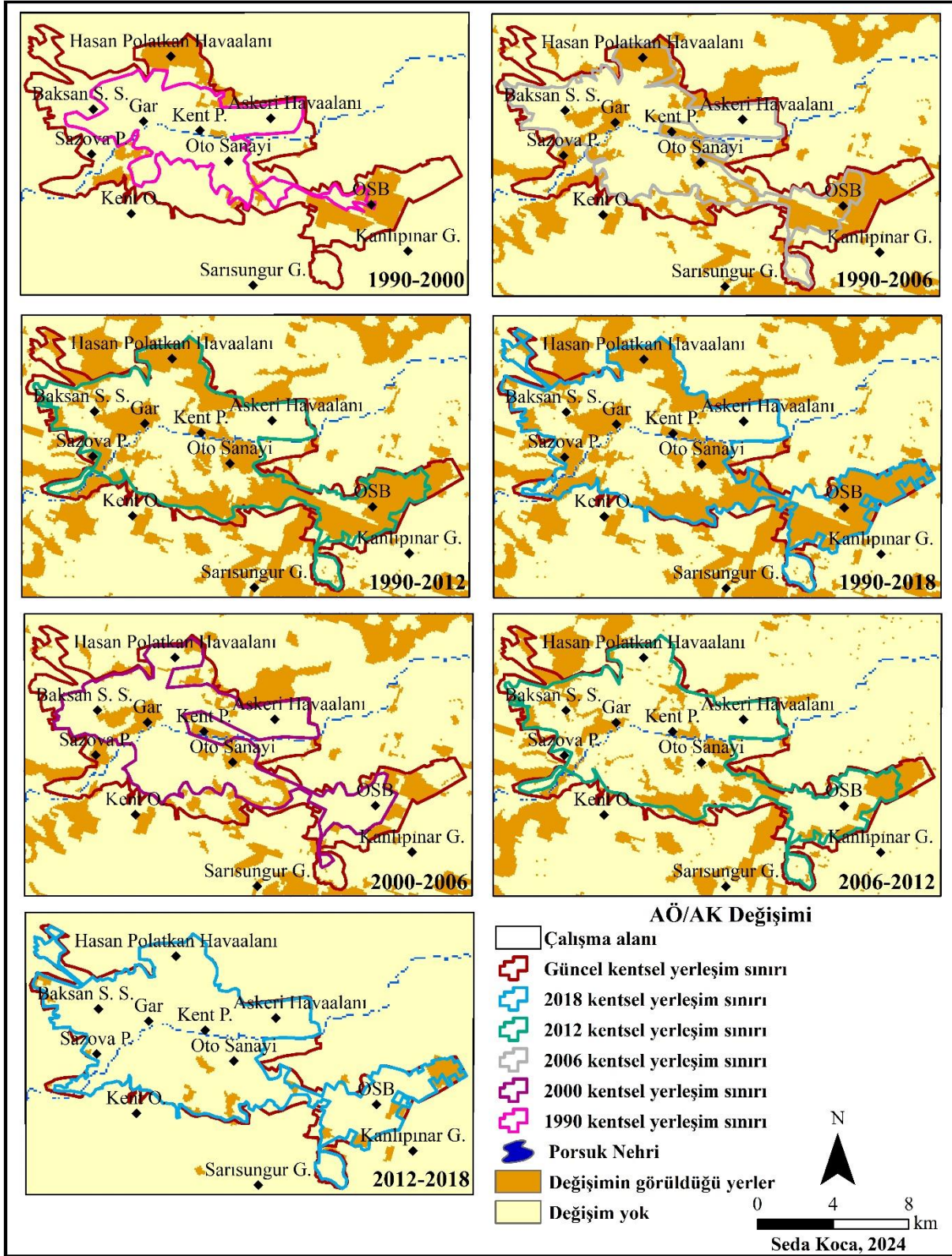
1990-2006 arasındaki AÖAK'deki en büyük değişim, havaalanı ve çalışma alanının kuzeydoğusu, batıda Sazova Parkı'nın batısı, doğuda Organize Sanayi Bölgesi ve kent içinde sürekli-süreksiz kentsel alanların arazilerinde görülmektedir (Şekil 7.5). Havaalanının bulunduğu bölge karışık ekim ve otlak sınıfından havaalanı sınıfına geçmektedir. Çalışma alanının kuzeydoğusu karışık ekim sınıfından sulanmayan ekilebilir araziye; geçişli orman-çalı alanları seyrek bitkili alana; sürekli sulanan arazi karışık ekime ayrılmaktadır. Batıda çıplak kaya sınıfında olan bölge sulanmayan ekilebilir arazi için kullanılmaktadır. Organize Sanayi Bölgesi sürekli sulanan ve sulanmayan ekilebilir araziden pay kazanmaktadır. Kentsel yerleşim içinde 1990 yılında süreksiz kentsel alan olarak kullanılan arazilerin bir kısmı 2006 yılında endüstri ve ticari ünite olarak, bir kısmı sürekli kentsel alan olarak kullanılmaktadır. Kentsel yerleşimde sürekli ve süreksiz kentsel yerleşim alanlarının yeri değişmekte, süreksiz kentsel alan olan yerlerin bir bölümünde kentleşme hızlandığından sürekli kentsel dokuya dönüşmekte, bir kısım yeni yerleşim yeri olarak kurulmaya başlayan alanlar süreksiz kentsel alan olarak kullanılmaktadır.

1990-2012 yılları arasındaki AÖAK'deki farklar bir önceki döneme göre artmaktadır. Organize Sanayi Bölgesi'nin, çalışma alanının kuzeydoğusunun, Hasan Polatkan havaalanının bulunduğu bölgede, iğne yapraklı ormanda, batıdaki çıplak arazide, kuzeybatıda sulanmayan ekilebilir arazide, yerleşim alanında değişim dikkati çekmektedir. Bunun yanı sıra kentsel yerleşim sınırı içindeki değişim ve değişim yönü batı ve güneydoğu yönündedir.

1990-2018 yılları arasındaki farkta havaalanının bulunduğu bölge 1990 yılında karışık ekim alanı ve otlak olarak kullanılırken 2018 yılında havaalanı ve endüstri ve ticari ünite olarak kullanılmaktadır (Şekil 7.5, Şekil 7.1). Havaalanının güneydoğusunda yer alan karışık ekim alanları süreksiz kentsel alana dönüşmektedir. Çalışma alanının kuzeydoğusundaki otlakların bir kısmı sürekli sulanan arazi olarak; karışık ekim sahaları sulanmayan ekilebilir arazi olarak; geçişli orman-çalı seyrek bitkili alan olarak kullanılmaktadır. Organize Sanayi Bölgesi'nin bulunduğu alan 1990 yılında büyük oranda sulanmayan ekilebilir arazi iken 2018 yılında bu alan, sürekli sulanan arazi, doğal otlak ve büyük bir kısmı endüstri ve ticari ünite olarak kullanılmaktadır. Sulanmayan ekilebilir arazilerin bir kısmı Organize Sanayi Bölgesi çevresinde inşaat sitesinin kullanımına ayrılmaktadır. Çalışma alanının güneyinde sulanmayan ekilebilir arazi sürekli kentsel alana; sürekli kentsel alanın bir kısmı süreksiz kentsel alana;

otlaklar seyrek bitkili alana ve sulanmayan ekilebilir arazinin bir kısmı iğne yapraklı ormana dönüşmektedir. Çalışma alanının güneybatısında sürekli sulanan araziden geçişli ormanlık-çalı ve yer yer doğal otlak sınıfına gerçekleşen değişim gözlenmektedir. Çalışma alanının batısında yer alan ve 1990 yılında çıplak kaya sınıfında bulunan alan, 2018 yılında doğal otlak; sürekli sulanan arazi endüstri ve ticari ünite ile inşaat sitesi olarak kullanılmaktadır. Kentsel yerleşimin kuzeybatısında sulanmayan ekilebilir arazide kayıp, süresiz kentsel alanda kazanç dikkati çekmektedir. Kentsel yerleşim sınırları içerisinde 1990 yılında süresiz kentsel alan olarak kullanılan bölge 2018’de endüstri ve ticari ünite olarak kullanılmakta, Baksan sanayi sitesi alanını genişletmektedir. Kentsel yerleşimin güney kesiminde sulanmayan ekilebilir arazi süresiz kentsel alana dönüşmektedir. Askeri havaalanının güneybatısında bulunan süresiz kentsel alan endüstri ve ticari üniteler tarafından kullanılmaktadır.

2000-2006 yılları arasındaki değişimde çalışma alanının kuzeydoğusunda yer alan karışık ekim sahalarının sulanmayan ekilebilir arazi; sulanmayan ekilebilir arazinin küçük bir kısmının seyrek bitkili alan; geçişli orman-çalının seyrek bitkili alan; sürekli sulanan arazinin bir kısmının karışık ekim alanı olarak kullanıldığı dikkati çekmektedir. Kentsel yerleşim sınırının kuzeydoğusunda yer alan askeri havaalanının kuzeyindeki karışık ekim sahası 2006 yılında sürekli sulanan arazi olarak kullanılmaktadır. Çalışma alanının batısında yer alan ve 2000 yılında çıplak kaya sınıfında olan alan 2006 yılında sulanmayan ekilebilir araziye dönüşmektedir. Organize Sanayi Bölgesi’nin doğusundaki sürekli sulanan ve sulanmayan ekilebilir arazilerde alansal kayıp, endüstri ve ticari üniteler ile inşaat sitelerinde kazanç olduğu gözlenmektedir. İnşaat siteleri Organize Sanayi Bölgesi’nin içindeki yeni açılan endüstri ünitelerinden kaynaklanmaktadır. Söz konusu bölgede yer alan doğal otlakların bir kısmı 2006 yılında sulanmayan ekilebilir arazi olarak kullanılmaktadır. Organize Sanayi Bölgesi’nin güneyinde doğal otlak ile birlikte bulunan süresiz kentsel alan genişlemektedir. Kent ormanının içinde yer alan geçişli ormanlık- çalı sınıfı 2006 yılında iğne yapraklı orman sınıfına dahil olmaktadır. Kent merkezinde yer alan süresiz kentsel doku 2006 yılında endüstri ve ticari ünite olarak kullanılmaktadır. Askeri havaalanının güneyinde bulunan ve kentsel yerleşim sınırı içinde yer alan süresiz kentsel alanın kullanım tipi değişerek endüstri ve ticari ünite olarak kullanılmaya başlanmaktadır. Çalışma alanının güneybatı köşesinde doğal otlaklar geçişli ormanlık- çalı ve sürekli sulanan araziden pay kazanarak kuzeybatıya doğru genişlemektedir.



Şekil 7.5. Çalışma Alanının Yıllara Göre AÖAK Değişim Analizi

Çalışma alanının kuzeybatısında yer alan ve 2006 yılında sulanmayan ekilebilir arazi olarak kullanılan alan, 2012 yılında süresiz kentsel alan olarak kullanılmaktadır. Bu arazi sınırının çevresindeki sulanmayan ekilebilir araziler, 2012 yılında sürekli sulanan arazi ve

karışık ekim için ayrılmaktadır. Yine yakın çevredeki maden sahası çöplük alan olarak değişime uğramaktadır. Çalışma alanının kuzeyinde bulunan otlaklarda alansal olarak azalma gözlenirken bu alandaki otlaklar yerini sürekli sulanan araziye bırakmaktadır. Askeri havaalanının doğusundaki otlakların 2012 yılında kara ve demir yollarına ait araziler için ayrıldığı dikkati çekmektedir. Doğuda, Organize Sanayi Bölgesi'nin kuzeyi ve doğusunda sürekli sulanan arazi, sulanmayan ekilebilir arazi ve doğal otlaklar, endüstri ve ticari ünite olarak kullanılmaya başlanmakta bir kısmı da inşaat sitesi sınıfında yer almaktadır. Organize Sanayi Bölgesi'nin batısındaki süresiz kentsel alan karışık ekim yapılan alana dönüşmektedir. Organize Sanayi Bölgesi'nin güney ve güneydoğu sınırı boyunca yer alan sulanmayan ekilebilir arazi ve inşaat siteleri 2012 yılında endüstri ve ticari ünitelerin kullanımına ayrılmaktadır. Organize Sanayi Bölgesi'nin güneybatısında sürekli sulanan arazi, sulanmayan ekilebilir arazi olarak kullanımına devam etmektedir. Çalışma alanının güneyinde doğal otlakta alansal kayıp yaşanırken geçişli ormanlık-çalıda kazanç yaşanmaktadır. Geçişli ormanlık-çalının bir kısmının sklerofil bitki örtüsüne sahip alan olduğu dikkati çekmektedir. Kentsel yerleşim sınırının güneyinde, sulanmayan ekilebilir arazinin içinde 2012 yılında çöplük alan olarak kullanılan arazi sınıfı yer almaktadır. Kent ormanının doğusunda yer alan spor ve eğlence tesisi, 2012 yılında kentsel yeşil alan olarak kullanılmaktadır. Kent ormanının güney sınırında bulunan sulanmayan ekilebilir arazi, 2012 yılında geçişli ormanlık-çalı sınıfına dahil olmaktadır. Çalışma alanının güneybatısında doğal otlak olan alan geçişli ormanlık-çalı; sürekli sulanan arazi ise sulanmayan ekilebilir arazi ve geçişli ormanlık-çalı sınıfı olarak kullanılmaktadır. Çalışma alanının batısında yer alan sürekli sulanan araziden kentsel yeşil alana doğru bir kazanım söz konusudur. Bu çevrede yer alan sulanmayan ekilebilir arazi sınıfından kayıp yaşanırken doğal otlaktan kazanım olduğu dikkati çekmektedir. Kentsel yerleşim sınırı içerisinde kent merkezinde yer alan endüstri ve ticari ünitelerin batısındaki kentsel yeşil alan, sürekli kentsel alana dönüşmektedir. Kent yerleşiminin güneyinde sulanmayan ekilebilir arazinin kullanımı 2012 yılında otlak ve süresiz kentsel alan olarak değişmektedir. Bu değişim 2006-2012 yılları arasında kentsel yerleşim sınırının değişmesiyle paralellik göstermektedir. Kentsel yerleşimin batısında sürekli sulanan araziden sürekli kentsel alana değişim gözlenmektedir. Kent yerleşiminin çeperindeki kentsel alanda artış görülmektedir. Kentsel yerleşim sınırı içinde endüstri ve ticari ünitelerde alansal büyüme dikkati çekmektedir ve bu alansal büyüme genelde süresiz kentsel dokudan pay kazanarak gerçekleşmektedir.

2012-2018 yılları arasında AÖAK farkları incelendiğinde kentsel yerleşimin kuzeybatı ucunda yerleşimin alansal olarak büyüdüğü, büyüme yönünün kuzeybatı olduğu ve sulanmayan

ekilebilir araziden pay kazanarak süreksiz kentsel dokunun alanını artırdığı dikkati çekmektedir. Kent ormanının kuzeybatısında kalan geçişli ormanlık-çalı sınıfının bir bölümünün süreksiz kentsel doku olarak kullanılması bir başka değişim alanıdır. Kentsel yerleşim sınırının içinde ve kentin güneyinde, kent ormanının kuzeydoğusunda yer alan inşaat siteleri süreksiz kentsel alan; otlak süreksiz kentsel alana dönüşmektedir. Organize Sanayi Bölgesi'nde 2012 yılında inşaat sitesi sınıfında bulunan alanlar endüstri ve ticari ünite olarak kullanılmakta ve sulanmayan ekilebilir arazi sınıfında inşaat siteleri yer almaktadır.

Tüm araştırma yılları göz önüne alındığında en belirgin AÖAK değişimleri endüstri ve ticari üniteler ile sürekli-süreksiz kentsel alanlarda görülmektedir. Endüstri ve ticari üniteler alansal büyüklüklerini artırmakta ve özellikle Organize Sanayi Bölgesi sürekli sulanan ve sulanmayan ekilebilir araziden pay alarak büyümeye devam etmektedir. Çalışma alanında sürekli kentsel alan ile süreksiz kentsel alanın kapladıkları alan ve yüzdeleri denge halindedir. Ancak AÖAK'nın değişiminde süreksiz kentsel dokunun ön planda olduğu dikkat çekmektedir. Yeni oluşturulan yerleşim yerleri ilk aşamada seyrek dokuda olduğundan süreksiz kentsel alan sınıfına dahil olmaktadır. Zamanla konutların artması ve yapılar arasında boşlukların doldurulmasıyla sürekli kentsel dokuya dönüşmekte veya konut alanlarının özelliğine göre süreksiz kentsel alan sınıfında kalmaya devam etmektedir. AÖAK'nın değişiminde süreksiz kentsel dokunun kent çeperindeki arazilerden pay alarak büyümesi temelde kentsel yerleşim alanının büyüdüğünü kanıtlamaktadır. Artan nüfusla birlikte konut ihtiyacının da artması ve/veya kentin farklı yerleşim merkezlerine ihtiyaç duyması sebebiyle kent kuzeybatı, güneybatı ve güneydoğu yönünde büyüme göstermektedir. Kentin kuzey yönde belirgin büyüme göstermemesinin sebebinin topografya ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Kuzeyde Sündiken Dağları'nın varlığı yerleşimin bu yönde büyümesini sınırlamaktadır.

Çalışma alanında YYS'yi belirlemeye yönelik veriler, CORINE arazi örtüsü verileri ile uyum sağlaması amacıyla 1990, 2000, 2006, 2012 ve 2018 yıllarına ait Landsat uydularından elde edilmiştir. Ancak CORINE arazi örtüsü verilerinde 2023 yılı olmamasına rağmen YYS'de güncel durumu yansıtmak ve yorumlamak adına 2023 yılının da yaz ve kış mevsimlerine ait YYS analizi gerçekleştirilmiştir. Tüm yıllarda yaz ve kış mevsimindeki YYS'de tek lejant kullanılmış, yıllar arasındaki değişimin standartlaştırılıp yorumlanması sağlanarak anlaşılabilirliği artırılmıştır. Bu şekilde hem yıllar arasında hem de mevsimsel farklılıklarda YYS'nin mekânsal değişimi ortaya konulduğundan farklar daha net anlaşılmaktadır. Yapılan analizler ve hesaplamalar sonucunda çalışma alanında YYS'nin -27,5 °C ile 48,9 °C arasında değiştiği tespit edilmiştir. En düşük YYS 2006 yılının kış mevsiminde, en yüksek YYS ise 2012

yılıının yaz mevsiminde görülmektedir. Kış mevsiminde en yüksek YYS 11,5 °C (2006 ve 2012 yıllarında), en düşük YYS ise -27,5 °C’ dir (2006 yılında). 1990 yılı YYS -13,3 °C ile 8,9 °C arasında, 2000 yılında -14,6 °C ile 10,4 °C arasında, 2006 yılında -27,5 °C ile 11,5 °C arasında, 2012 yılında -22,0 °C ile 11,5 °C arasında, 2018 yılında -12,1 °C ile 6,5 °C arasında ve 2023 yılında -4,2 °C ile 10,5 °C arasında değişmektedir (Tablo 7.3). Kış mevsimi YYS’nin yıllara göre genliklerinde en fazla genlik 39 °C ile 2006 yılında görülmektedir. 2006 yılına kadar YYS genlikleri artmakta, 2006 yılından sonra azalmaktadır. 1990 yılında genlik 22,2 °C; 2000 yılında 25 °C; 2006 yılında 39 °C; 2012 yılında 33,5 °C; 2018 yılında 18,6 °C; 2023 yılında 14,7 °C’ dir.

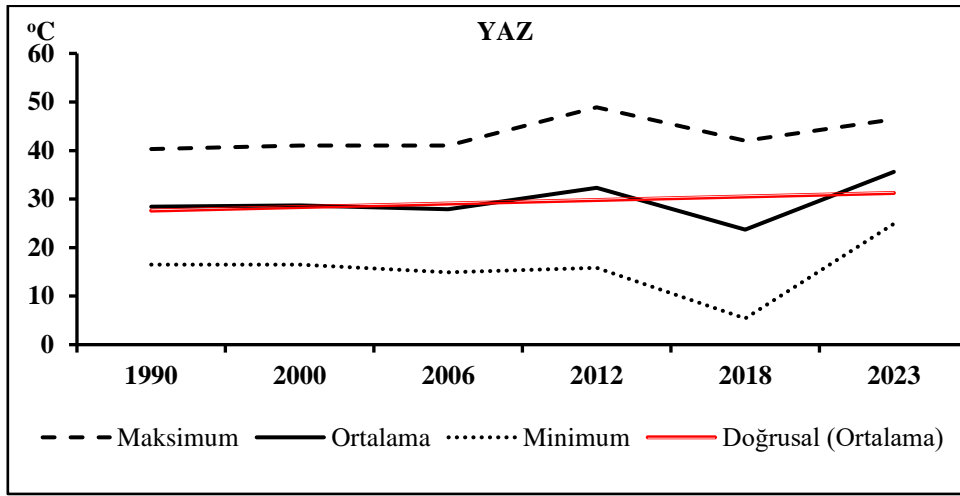
Yaz mevsiminde en yüksek YYS 48,9 °C (2012 yılında), en düşük YYS 5,4 °C’ dir (2018 yılında). 1990 yılında YYS 16,5 °C ile 40,3 °C arasında, 2000 yılında 16,5 °C ile 41,0 °C arasında, 2006 yılında 14,9 °C ile 41,0 °C arasında, 2012 yılında 15,8 °C ile 48,9 °C arasında, 2018 yılında 5,4 °C ile 42,0 °C arasında ve 2023 yılında 24,9 °C ile 46,4 °C arasında değişmektedir. Bu hesaplamalar doğrultusunda yaz mevsiminde 1990 yılı ortalama YYS 28,4 °C, 2000 yılı 28,7 °C, 2006 yılı 27,9 °C, 2012 yılı 32,3 °C, 2018 yılı 23,7 °C ve 2023 yılı 35,6 °C olarak ortaya konmaktadır. Kış mevsiminde yıllara göre (1990, 2000, 2006, 2012, 2018, 2023) YYS değişimi sırasıyla -2,2 °C, -2,1 °C, -8 °C, -5,2 °C, -2,8 °C ve 3,15 °C olarak tespit edilmektedir (Tablo 7.3). Yaz mevsimi YYS’nin yıllar arasındaki genlikleri incelendiğinde en fazla genliğin 36,6 °C ile 2018 yılında olduğu dikkati çekmektedir. 1990 yılında genlik 23,8 °C; 2000 yılında 24,5 °C; 2006 yılında 26,1 °C; 2012 yılında 33,1 °C; 2018 yılında 36,6 °C; 2023 yılında 21,5 °C’ dir. 2018 yılına artış gösteren yaz mevsimi YYS genliği 2023 yılında azalmaktadır.

Tablo 7.3. Çalışma Alanında Rasat Yıllarına Göre Minimum, Maksimum ve Ortalama Yer Yüzey Sıcaklıkları

| Yaz | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| °C | 1990 | 2000 | 2006 | 2012 | 2018 | 2023 |
| Minimum | 16,5 | 16,5 | 14,9 | 15,8 | 5,4 | 24,9 |
| Maksimum | 40,3 | 41,0 | 41,0 | 48,9 | 42,0 | 46,4 |
| Ortalama | 28,4 | 28,7 | 27,9 | 32,3 | 23,7 | 35,6 |
| Kış | | | | | | |
| °C | 1990 | 2000 | 2006 | 2012 | 2018 | 2023 |
| Minimum | -13,3 | -14,6 | -27,5 | -22,0 | -12,1 | -4,2 |
| Maksimum | 8,9 | 10,4 | 11,5 | 11,5 | 6,5 | 10,5 |
| Ortalama | -2,2 | -2,1 | -8 | -5,2 | -2,8 | 3,15 |

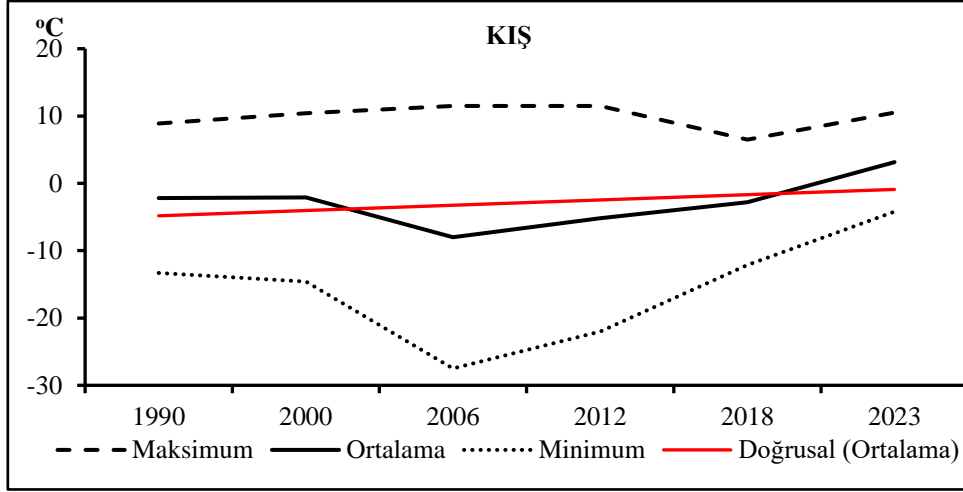
1990-2023 yılları arasındaki yaz mevsimine ait rasatlarda 2018 yılında bir düşüş görülmesine rağmen çalışma alanında YYS yıllar içerisinde artış göstermektedir (Şekil 7.6). Nitekim ortalama sıcaklıklarda 6,1 °C artış söz konusudur. 2018 yılı Türkiye’de 1971 yılından sonra görülen 2. en sıcak yıl olmasına ve 2018 yılı yaz mevsimi sıcaklığının normal sıcaklığın

1,2 °C üstünde gerçekleşmesine rağmen (T. C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2019) YYS bu değişimi direkt olarak yansıtmamaktadır. Bu durumun nedeninin, hava sıcaklığı ve YYS'nin birbirinden farklı olması sebebiyle ölçüm yöntemlerinin, etkilendikleri faktörlerin farklı olması ve zeminin ısınma-soğuma özelliklerinden dolayı hava sıcaklığını direkt olarak yansıtamayıp, etkiyi gecikmeli olarak gösterdiği düşünülmektedir. 2018 yılındaki azalmaya rağmen, 1990-2023 yılları arasında çalışma alanında yaz mevsimi ortalama YYS artış eğilimi göstermektedir. Şekil 7.6'da kırmızı yatay çizgi ile ifade edilen doğrusal eğilim çizgisi bu durumu istatistiki olarak ortaya koymaktadır.



Şekil 7.6. Çalışma Alanının Yaz Mevsimi Maksimum, Minimum ve Ortalama YYS Değişimi

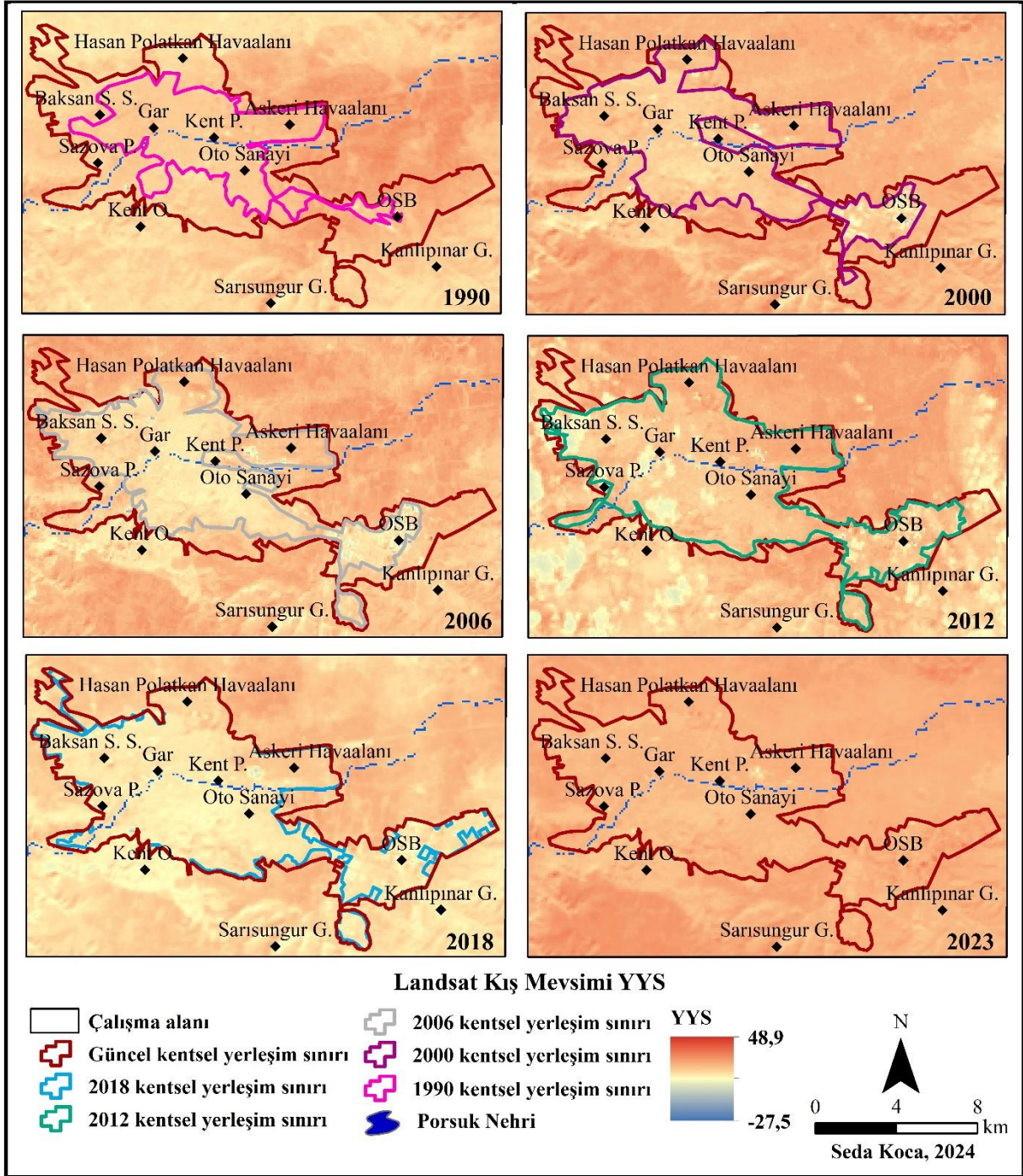
Çalışma alanının kış mevsimi ortalama YYS'de 2006 yılında azalma, diğer tüm yıllarda artış tespit edilmiştir (Şekil 7.7). 1990-2023 yılları arasında kış mevsimi ortalama YYS'de 0,9 °C'lik artış söz konusudur. Karasal iklimlerde özellikle kış mevsimi YYS'nin artması anlam ifade etmektedir. Yaz mevsiminde gerek hava gerek zemin oldukça sıcaktır. Ancak kış mevsiminde zeminin soğuyup mevsimler arası enerji dengesinin sağlanması beklenmektedir. Kış mevsimi YYS'nin artması zeminin yeterince soğumadığı bu nedenle enerjinin depolandığı anlamına gelmektedir. Nitekim çalışma alanında doğrusal eğilim çizgisi incelendiğinde kış mevsimi YYS'de artış eğilimi olduğu dikkati çekmektedir. Yıllar arasında ortalama YYS farkı yaz mevsimi kadar yüksek değildir ancak artış eğilimi yaz mevsiminden daha belirgin olarak gerçekleşmektedir. Doğrusal eğilimdeki bu değişim çalışma alanında YYS'deki artışı temsil etmektedir.



Şekil 7.7. Çalışma Alanının Kış Mevsimi Maksimum, Minimum ve Ortalama YYS Değişimi

Çalışma alanında kış mevsiminde en yüksek YYS'nin görüldüğü alanlar kentsel yerleşim sınırının dışında kalan ve özellikle sürekli sulanan tarım arazilerinin olduğu bölgelerdir. En düşük YYS'ye sahip alanlar ise endüstri ve ticari üniteler ile sulanmayan ekilebilir arazilerdir (Şekil 7.8). 1990 yılında en yüksek YYS'ye sahip alan çalışma alanının kuzeydoğusu, kentsel yerleşimin doğusunda kalan bölge, kentsel yerleşimin güneydoğusunda yer alan ve Organize Sanayi Bölgesi'nden güneybatıya doğru uzanan küçük bir alan ile batıda doğu-batı doğrultuda bulunan bölgedir. Söz konusu alanların arazi örtüleri incelendiğinde en geniş yüksek YYS'ye sahip alanın sürekli sulanan tarım arazilerine ait olduğu görülmektedir. Bu alan kentsel yerleşim sınırının doğusunda kalan bölgeye tekabül etmektedir. Sürekli sulanan tarım arazilerinin içinde yer alan küçük yerleşim yerlerinin çevresinden daha düşük YYS'ye sahip olduğu görülmektedir. Benzer duruma, alanın daha kuzeyinde yer alan karışık ekim ve geçişli ormanlık-çalının güneyinde de rastlanmaktadır. Kuzeydoğuda bulunan geçişli ormanlık-çalının yer aldığı arazilerde yüksek YYS tespit edilirken güneyinde nispeten daha düşük YYS ölçülmektedir. Kentsel yerleşim sınırının güneydoğusundan çalışma alanının güneyine uzanan bölgede çevresine göre yüksek YYS görülmektedir. Bu alanın arazi örtüsü incelendiğinde sürekli sulanan alana tekabül ettiği dikkati çekmektedir. Sürekli sulanan arazinin güneyinde yer alan geçişli ormanlık-çalı sınıfındaki arazi de YYS'nin çevresine göre yüksek seyrettiği alandır. Bu bölgede sürekli sulanan arazi ve geçişli orman-çalı birbirinin devamı niteliğinde bir özellik göstererek YYS'nin yüksek seyrettiği alanlar olarak tespit edilmektedir. Çalışma alanının batısında, genel hattıyla doğu-batı yönünde uzanan ve YYS'nin çevresine göre yüksek olduğu bir alan mevcuttur. Bu alan 1990 yılındaki AÖAK'ye göre geçişli ormanlık-çalının bulunduğu bölgeye denk gelmektedir. Bitki örtüsünün varlığı mevsimler arası sıcaklık değişiminde dengeleyici bir unsurdur. Bu nedenle çalışma alanında bitki örtüsünün bulunduğu alanlarda kış

mevsiminde zemin aşırı soğumaya maruz kalmamaktadır. Yüzeylerin özgül ısılarına bağlı olarak ısınma ve soğuma özelliklerini söz konusu bölgede net bir şekilde görmek mümkündür. Çalışma alanının batısındaki YYS'nin yüksek olduğu bölge geçişli ormanlık-çalı arazi örtüsüne sahipken hemen kuzeyindeki çıplak kayada YYS aniden düşmektedir. Kentsel yerleşim sınırı içerisinde YYS yüksek alan olarak ilk dikkati çeken yer askeri havaalanının olduğu bölgedir (Şekil 7.8). Kentsel yerleşimin doğusunda kalan bu alan çevresine göre daha yüksek YYS'ye sahiptir. Söz konusu bölgenin batısında kalan ve Porsuk Nehri'ne tekabül eden alan kentsel yerleşim içerisinde YYS'ye sahip birkaç lokal alandan bir tanesidir. Diğer alanlar ise kentin batısında kalan sürekli ve süreksiz kentsel yerleşime sahip araziye denk gelen küçük alanlardır. 1990 yılında günümüzdeki ismi ile Hasan Polatkan Havaalanı henüz tam anlamıyla kurulmamış olduğundan dolayı YYS üzerindeki etkisi de net belli olmamaktadır. YYS'nin yüksek olduğu yerlerin yanı sıra düşük olduğu yerler de önem teşkil etmektedir. 1990 yılı kış mevsiminde YYS'nin en düşük olduğu alanlar kentsel yerleşim sınırının batısında ve hemen dışında kalan lokal bir nokta, Organize Sanayi Bölgesi ve çalışma alanının kuzeybatısında ve büyük çoğunluğu sulanmayan ekilebilir araziye ait olan bölgedir. Organize Sanayi Bölgesi'nde yeni kurulmaya başlayan endüstri tesislerinin çatı özellikleri kış mevsiminde YYS'nin düşük seyretmesine neden olmaktadır. Düz ve açık renkte olan çatılar gelen güneş enerjisini absorbe etmeyip yansıtıklarından dolayı sıcaklık birikimi gerçekleşmemektedir. Organize Sanayi Bölgesi'nin güneybatısında, kentsel yerleşim sınırı dışında kalan küçük alan sulanmayan ekilebilir araziye aittir. Çalışma alanının kuzeybatısı, Organize Sanayi Bölgesi'nin güneydoğusu, askeri havaalanının batısı gibi bu alan da sulanmayan ekilebilir arazinin zemin özelliklerinden dolayı en düşük YYS'ye sahip alan olarak tespit edilmektedir. Zeminin nemli olup olmaması YYS üzerinde büyük öneme sahiptir. Kış mevsiminde sulanmayan ekilebilir arazinin kuru zemine sahip olması hızlı ısınıp, hızlı soğuma özelliğini de beraberinde getirmektedir. Bunun yanı sıra bu arazilerde tarımsal ürünün varlığı-yokluğu, ürünün sık veya seyrek dokuda olması hatta rengi dahi YYS üzerinde etkilidir. Sulanmayan ekilebilir arazide bu mevsimde ürünün olmaması YYS 'nin düşük olmasına sebep olmaktadır.



Şekil 7.8. Çalışma Alanının Kış Mevsimi YYS Haritası (°C)

2000 yılı kış mevsiminde çalışma alanının YYS dağılışı genel olarak değerlendirildiğinde kentsel yerleşimin çevresine göre daha düşük YYS'ye sahip olduğu görülmektedir. Bu durum çalışma alanında kış mevsiminde tüm yıllarda rastlanan ortak bir durumdur. 2000 yılı kış mevsiminde kentsel yerleşim sınırı dışında kalan alanlarda çalışma alanının kuzeydoğusu ve güneybatısı en yüksek YYS'ye sahip alanlar olarak tespit edilmektedir. Kuzeydoğuda yüksek YYS'nin görüldüğü alanlar 1990 yılına benzer olarak sürekli sulanan tarım arazileri ve geçişli ormanlık-çalı sınıfında yer alan alanlardır. Çalışma

alanının güneybatısında yer alan yüksek YYS'ye sahip alan sulanmayan ekilebilir araziye tekabül etmektedir. Bu alanda yüksek YYS tarım arazileri üzerinde ürün varlığı ile ilişkilendirilebilir. 1990 yılında da görüldüğü gibi çalışma alanının batısında doğu-batı doğrultusunda uzanan nispeten YYS yüksek alan geçişli ormanlık-çalı sınıfına aittir. Kentsel yerleşim sınırı içerisinde YYS yüksek alanlar askeri ve sivil havaalanları, Organize Sanayi Bölgesi'nde henüz endüstri tesislerine dönüşmemiş ekilebilir araziler ile kentsel yerleşimin batısında kalan ve kentsel yeşil alana ait olan arazilerdir. 2000 yılı kış döneminde YYS 'nin düşük olduğu alanlar büyük çoğunlukla kentsel yerleşim sınırı içerisinde yer almaktadır. Minimum YYS'nin en yoğun ve en düşük olduğu yerler Organize Sanayi Bölgesi'nin bulunduğu alana tekabül etmektedir. Bu alan içerisindeki endüstri tesislerinin fiziki yapılarının mevcut durum üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Nitekim Organize Sanayi Bölgesi dışında kent yerleşimi içinde yer alan diğer küçük endüstri tesislerinin bulunduğu alanlarda da çevresine göre düşük YYS olduğu tespit edilmektedir. Bu alanlara örnek olarak kentin batısında yüksek YYS veren kentsel yeşil alanların çevresindeki düşük YYS'ye sahip alanlar verilebilir. Baksan sanayi sitesine denk gelen bu alanlar kış mevsiminde çevrelerine göre daha düşük YYS'ye sahiptir. Askeri havaalanı içerisinde yer alan lokal alanda da düşük YYS tespit edilmektedir. Pist dışında kalan bu bölge idari ve askeri binaların olduğu alana tekabül etmektedir. Endüstri tesislerine benzer çatı özelliklerine sahip olduğundan YYS karakterinde de benzer özellikler göstermektedir. Hasan Polatkan havaalanının güneyi ve kentsel yerleşim sınırının batı sınırındaki lokal alanlar da düşük YYS'ye sahip, endüstri ve ticari üniteye ait AÖAK'nin bulunduğu alanlardır.

2012 yılı kış mevsimi YYS'nin genel itibarıyla çalışma alanının kuzeyinde daha yüksek, kentsel yerleşim de dahil güneyinde daha düşük olduğu dikkati çekmektedir. Çalışma alanının kuzey, kuzeydoğu ve doğusunda bulunan sulanabilen ekilebilir arazi, karışık ekim alanları, seyrek bitki örtüsüne sahip alan en yüksek YYS'nin tespit edildiği bölgedir. Aynı zamanda bu alanlar yüksek YYS'nin mekânsal dağılışı olarak en büyük alan kapladığı sahadır. Çalışma alanının batısında sürekli sulanan ve sulanmayan ekilebilir araziler ile meranın karışık olarak bulunduğu bölge, yüksek YYS veren başka bir alandır. Bu alanın kuzeyinde bulunan sulanmayan ekilebilir arazi, nispeten daha düşük YYS'ye sahiptir. 2012 yılında çalışma alanının güneyinde yeni yapılmış olan Sarıungur Göleti'nin varlığı YYS üzerinde etkisi göstermektedir. Organize Sanayi Bölgesi'nin güneybatısında, çalışma alanının güneyinde yer alan Sarıungur Göleti YYS'nin çevresine göre yüksek olduğu bir alandır. Kentsel yerleşim sınırı içerisinde yüksek YYS başta havaalanları olmak üzere Organize Sanayi Bölgesi'nde birkaç lokal alan ve

kentin kuzeyinde, doğusunda ve batısında küçük alanlarda tespit edilmektedir. Bu alanların tamamı endüstri ve ticari üniteler içerisinde yer alan henüz endüstri tesisi kurulmamış arazilerdir. Kent yerleşiminin batısında bulunan yüksek YYS'ye sahip alan Baksan sanayi sitesi yakınında bulunan kentsel yeşil alanın olduğu alana tekabül etmektedir. Önceki yıllarla kıyaslandığında kent içerisindeki ortalama YYS artış göstermektedir. YYS'nin düşük olduğu alanlar incelendiğinde genel olarak çalışma alanının güneyi dikkati çekmektedir. Güneybatı ve güneydoğuda geçişli ormanlık-çalı ve mera alanlarının birlikte bulunduğu araziler ile sulanmayan ekilebilir arazilerin bir kısmı çevresine göre düşük YYS'ye sahiptir. CORINE arazi örtüsüne göre bu alanlar geçişli ormanlık-çalı veya mera alanı olarak gözükmekte ancak uydu görüntüleri detaylı incelendiğinde arazi sınıfları içerisinde alanları değişmekle birlikte üzerinde bitki olmayan kısımlar tespit edilmektedir. Çıplak arazinin yansıma değerinin, üzerinde bitki bulunan alandan farklı olması bu bölgelerde düşük YYS'nin görülmesine neden olmaktadır. Üzerinde bitki veya ekili bir ürün bulunan arazinin YYS kış mevsiminde daha yüksek iken ekilmeyen veya bitki bulunmayan arazininki daha düşüktür. CORINE arazi örtüsü verisine göre bu alanlar mera, geçişli ormanlık-çalı veya sulanmayan ekilebilir arazi olmasına karşın arazi içinde küçük farklılıklar oluşmaktadır. Çünkü CORINE arazi örtüsü verilerinde herhangi bir AÖAK'nın ayrı bir sınıf oluşturabilmesi için 25 ha'dan büyük olması gerekmektedir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024e). Söz konusu arazilerin alanı 25 ha'dan küçük olduğu için genel arazi örtüsüne dahil edilmektedir. Kentsel yerleşim sınırı içerisinde Organize Sanayi Bölgesi'nde, havaalanlarının hangar ve idari bina gibi yapı donatılarında, kuzeybatıda süreksiz kentsel alanda ve Kent park ile Baksan sanayi sitesi arasında, Eskişehir tren garının bulunduğu alanda çevresine göre düşük YYS tespit edilmektedir. Benzer şekilde askeri havaalanının doğusunda kentsel yerleşim sınırının hemen dışında kalan ve çevresine göre düşük YYS'ye sahip alan da demiryolu ile bağlantılı bir lojistik merkezine aittir. Demiryolları tesislerinin birden fazla çelik rayların birleşme noktası olması, yapılarında genellikle açık renkli malzeme kullanılması ve çevrelerinin açık, sık dokulu yapılaşmadan uzak olmaları gibi nedenlerle YYS'si düşüktür.

2018 yılı kış mevsiminde diğer yıllardaki gibi en yüksek YYS sürekli sulanan ekilebilir arazi üzerinde tespit edilmektedir. Çalışma alanının kuzeybatısında sürekli sulanan araziler ile birlikte bulunan sulanmayan ekilebilir araziler, batıdaki sulanmayan ekilebilir araziler, güneybatıda yer alan geçişli ormanlık-çalı ve doğal otlaklar, güneyde bulunan Sarısuçuk Göleti, Organize Sanayi Bölgesi'nin batısında bulunan sulanmayan ekilebilir arazi ve kuzey ve kuzeybatısında bulunan sürekli sulanan araziler kent yerleşimi dışında kalan yüksek YYS'ye

sahip alanlardır (Şekil 7.8). Kent yerleşimi içerisinde ise havaalanları en yüksek YYS'ye sahip arazi kullanım tipi olarak tespit edilmektedir. Lokal olarak ise askeri havaalanının batısında yer alan Kent park, Baksan sanayi sitesinin güneyindeki kentsel yeşil alan, Porsuk Nehri'nin kuzey ve güneyinde bulunan Sazova Parkı ile Kanlıkavak Parkı YYS'nin çevresine göre yüksek olduğu alanlardır. Kentsel yeşil alanların kent içerisindeki önemi, çevresine göre farklı özellik gösteren YYS ile somut bir şekilde ortaya konulmaktadır. 2018 yılında kentsel yerleşim içerisinde YYS birkaç bölge dışında düşüktür. Nitekim 2018 yılı kış mevsimi maksimum YYS'nin en düşük olduğu yıldır (Şekil 7.7). Diğer yıllarda da görülen Organize Sanayi Bölgesi içindeki parseller arasındaki sıcaklık farkları bu yılda da devam etmektedir.

2023 yılı kış mevsimi, çalışma alanında ortalama YYS'nin en yüksek olduğu kıştır (Şekil 7.7). Bu tez çalışmasında başlangıç yılı olarak kabul edilen 1990 yılı kış mevsimi ile kıyaslandığında ortalama YYS'de 5,35 °C artışın olduğu tespit edilmektedir (Tablo 7.3). 2023 yılı kış mevsiminde sürekli sulanan araziler ile güneybatıda bulunan sulanmayan ekilebilir arazi, geçişli ormanlık-çalı, doğal otlak ve tarım alanları ile karışık bitki örtüsünün bulunduğu bölge yüksek YYS'ye sahiptir (Şekil 7.8). 2023 yılına ait CORINE arazi örtüsü verisi bulunmadığından, YYS'nin AÖAK ile ilişkileri 2018 yılına ait CORINE verisi, Google Earth görüntüleri ve arazi gözlemleri aracılığıyla ortaya konulmaktadır. Kentsel yerleşimde yüksek YYS askeri ve sivil havaalanları ile kentsel yeşil alanlar üzerinde tespit edilmektedir. Çevresine göre düşük YYS'ye sahip alanlar diğer yıllarla uyumlu olarak en belirgin şekilde Organize Sanayi Bölgesi'ndeki lokal noktalar, askeri havaalanının batısında bulunan ve askeriye ait binaların olduğu alan, Hasan Polatkan havaalanının güneyinde havaalanına ait idari binaların yer aldığı alandır.

Yaz mevsimi YYS, KIA hakkında fikir vermesi açısından oldukça önemlidir. KIA hakkında çıkarım yapabilmek için yaz mevsimi YYS'yi iyi analiz etmek gerekmektedir. Çünkü kentsel alanlarda, KIA etkisi, kurak ve sıcak mevsimlerde maksimum seviyededir (Cui & de Foy, 2012). Çalışma alanında YYS'nin yüksek olduğu alanlar genel itibariyle güneyde geniş yer kaplamaktadır. 1990 yılı yaz mevsiminde YYS yüksek alanlar kuzeydoğuda sulanmayan ekilebilir araziler, askeri havaalanının kuzey ve doğusunda bulunan karışık ekim sahaları, kuzeybatıda sulanmayan ekilebilir araziler, güneybatıda geçişli ormanlık-çalı ve doğal otlakların birlikte bulunduğu alan, güneyde sulanmayan ekilebilir araziler ve çevresi, güneydoğuda sulanmayan ekilebilir arazi, doğal otlak ve geçişli ormanlık-çalı arazilerinin olduğu bölge ve bu arazilerin kuzeye doğru olan uzantısıdır. Kentsel yerleşim içinde askeri havaalanı, Hasan Polatkan havaalanının pist bölgesi, Baksan sanayi sitesi, Baksan sanayi

sitesinin güneybatısı ve Kent parkın kuzeyinde bulunan endüstri ve ticari üniteler, oto sanayi ve Organize Sanayi Bölgesi yüksek YYS'nin görüldüğü alanlardır (Şekil 7.9). Çalışma alanında en düşük YYS kuzeydoğuda sürekli sulanan arazilerde görülmektedir. Bunun sebebi bu arazilerin sulu tarım yapıldığından zeminin nemli olması ve buharlaşmanın artmasıdır. Buharlaşmanın artması zemindeki sıcaklığın azalmasını beraberinde getirmektedir. Çünkü su buharlaşırken bir miktar enerji verir ve gizli ısı denilen bu enerji, su içeren zeminin de enerjisini azaltmaktadır. Aynı zamanda bu alanlarda buharlaşmanın etkisiyle alçak basınç oluşmakta ve hava hareketleri hızlanmaktadır. Buharlaşma arttıkça hava hareketleri de artmakta ve zemini soğutmaktadır. Sürekli sulanan tarım arazilerinin hemen yanındaki havaalanlarında YYS'nin yüksek çıkması arazi özelliklerinin YYS'yi kısa mesafelerde ciddi şekilde değiştirdiğinin kanıtıdır. Havaalanları açık yüzeylerdir ve özellikle pistlerin kaplama malzemesinden dolayı buharlaşma minimum düzeyde olduğundan sıcaklık devamlı birikmekte ve yüzey ısınmaya devam etmektedir. Birkaç kilometre uzaklıktaki sulu tarım alanlarında ise zeminin nemli olmasıyla buharlaşmanın artarak zemini soğutması, aynı zamanda bu araziler üzerindeki tarımsal ürün varlığı yüzeyin soğumasını sağlamaktadır. Zeminin içerdiği su oranı sahip olduğu gizli ısıyı da etkilemektedir ve su arazilerde dengeleyici bir unsurdur. İçerdiği su miktarı az olan arazilerde ısınma-soğuma daha şiddetli, suyu fazla olan arazilerde daha dengelidir (Tablo 7.3). Kentsel yerleşim içinde bu dönemde YYS'si düşük diğer alanlar kentsel yeşil alan ile spor ve eğlence tesislerinin olduğu bölgelerdedir.

Tablo 7.4. Farklı Arazi Tiplerinin Suyu Erişilebilirlik ve Nem Değişim Oranları

| Yüzey | Toprak Suyuna Erişilebilirlik | Nem değişim derinlik oranı |
|---------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Su | 0,98 | 100 |
| Kum | 0,02 | 0,026 |
| Karışık Arazi | 0,05 | 0,138 |
| Çalılık | 0,07 | 0,081 |
| Karışık Orman | 0,07 | 0,121 |
| İğne Yapraklı Orman | 0,07 | 0,161 |
| Kent | 0,01 | 0,968 |

Kaynak: (Schlunzen & Katzfey, 2003)

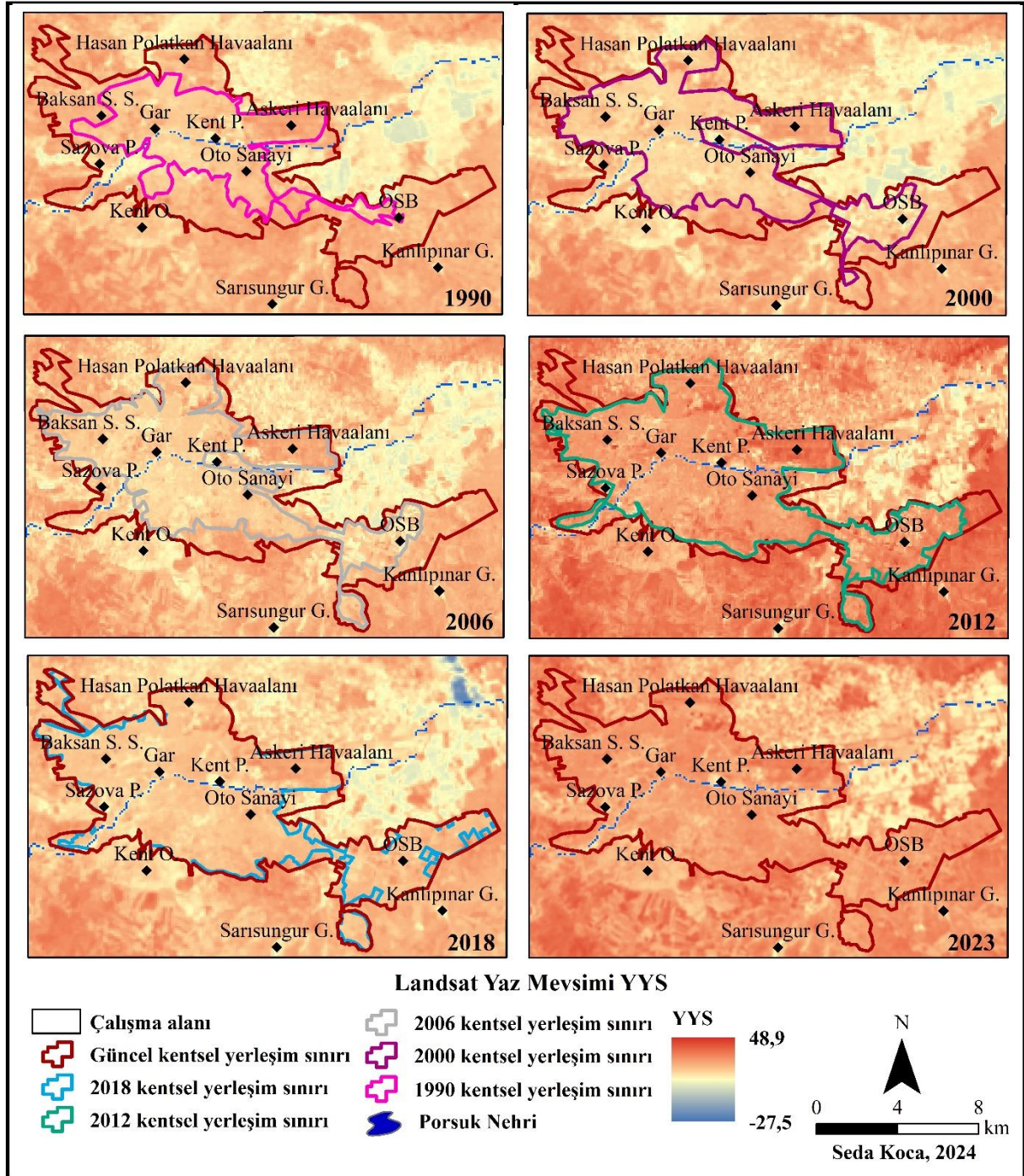
2000 yılı yaz mevsiminde YYS yüksek alanlar kuzeybatıda sulanmayan ekilebilir araziler, batıda sulanmayan ekilebilir arazi ve çıplak kaya, güneybatıda geçişli ormanlık-çalı ve sulanmayan ekilebilir araziler, güneyde ve güneydoğuda sulanmayan ekilebilir arazi, geçişli ormanlık-çalı ve doğal otlakların olduğu alan, doğuda doğal otlak ve sulanmayan ekilebilir arazi, kuzeydoğuda geçişli ormanlık-çalı ve sulanmayan ekilebilir arazinin olduğu alanlardır. Çalışma alanının doğusunda, Organize Sanayi Bölgesi'nin kuzeyinde YYS'nin düşük olduğu alanın içinde yüksek YYS'ye sahip lokal bir alan tespit edilmektedir. Burası kırsal bir

yerleşimin etrafındaki çıplak arazilere denk gelmektedir. Özetle, kent yerleşiminin sınırları dışında sulanmayan ekilebilir arazinin olduğu yerler yaz mevsiminde yüksek YYS'ye sahip alanlar olarak tespit edilmektedir. Bunun sebebi kuru toprağın özgül ısısıdır. Gelen Güneş ışınlarını alan sulanmayan ekilebilir arazi yüzeyleri kuru olduklarından buharlaşma ile enerji verememekte ve aldıkları enerji arazide kalmaktadır. Bunun yanında bir de üzerinde tarımsal ürün bulunmuyorsa zemini soğutucu bir etki söz konusu olmamaktadır. Kentsel yerleşim içerisinde havaalanları yüksek YYS'ye sahip alanlar olarak dikkat çekmektedir. Bu alanlar dışında Baksan sanayi sitesi, tren garı, oto sanayi ve Organize Sanayi Bölgesi'nin içindeki lokal alanlardır. Aslında Organize Sanayi Bölgesi'nde YYS yüksek ve düşük alanlar birlikte bulunmaktadır. Bunun sebebi endüstri tesisleri arasında tarımsal arazi niteliğinde boş alanların bulunmasıdır. Buna ek olarak endüstri tesislerinin çatı özellikleri de YYS üzerinde etkili olmaktadır. Koyu renkli çatılar gelen Güneş ışığı absorbe edip tutarken açık renkli ve düz çatılar Güneş ışığını yansıtıklarından ısı birikmesi gerçekleşmemektedir. Bu durum albedo etkisiyle açıklanmaktadır. Albedo, yer yüzeyindeki farklı zeminlerin elektromanyetik radyasyonu yansıtma kapasitesi olarak ifade edilmektedir. Her yüzeyin alanına, rengine, pürüzlülük gibi doku özelliklerine bağlı olarak albedo değerleri farklılık göstermektedir. Açık renkli yüzeylerin albedo kapasiteleri yüksek olduğundan gelen enerjinin çoğunu yansıtılmaktadır. Koyu renkli yüzeyler ise düşük albedo değerlerinden dolayı enerjinin büyük bir kısmını absorbe etmektedir. Bu sebeple bir yüzeyin albedo değeriyle yüzey sıcaklığı ters orantılıdır; albedo arttıkça yüzey sıcaklığı düşmektedir. Albedosu düşük yüzeylerin yüzey sıcaklığı yüksek olduğundan kentsel alanlarda daha fazla radyasyon enerjisi yaymakta ve KIA'yı artırıcı etki göstermektedir (Yılmaz ve Öztürk, 2023). 2000 yılı yaz mevsiminde YYS'si düşük alanlar bir önceki dönemle benzerlik göstermektedir. Sürekli sulanan araziler ve kentsel yeşil alanlara ek olarak kent ormanının etkisi bu dönemde belirgin olarak görülmektedir. Bitki örtüsünün bulunduğu alanlarda YYS düşüktür. Nitekim kent ormanının olduğu alanın çevresine göre düşük YYS'ye sahip olması bunu kanıtlar niteliktedir. Porsuk Nehri'nin çevresi de bu dönemde nispeten düşük YYS'ye sahip alanlardandır. Su kütlelerinin YYS'yi düşürücü etkisi sürekli, sulanan arazilerin olduğu bölgede daha fazla artmaktadır.

Çalışma alanında 2006 yaz mevsiminde sulanmayan ekilebilir arazilerin olduğu alanlar ile sürekli sulanan arazilerin yüzey sıcaklık farkları bariz bir şekilde ayrılmaktadır. Özellikle çalışma alanının kuzeydoğusu, kuzeybatısı ve güneybatısındaki sulanmayan ekilebilir araziler 2006 yaz dönemi için en yüksek YYS'nin tespit edildiği alanlardır. Çalışma alanının doğusunda kuzeyinde ve kuzeybatısında sürekli sulanan arazilerin yayılım gösterdiği alanlarda YYS

çevrelerine göre düşüktür. Batıda bulunan sürekli sulanan arazi düşük YYS'ye sahipken, hemen kuzeyinde bulunan kuru tarımın yapıldığı arazi yüksek YYS'ye sahiptir. Benzer durum söz konusu alanın güneyinde yer alan sulu tarım arazileri ile mera ve kuru tarım arazilerinin birlikte bulunduğu alanda da gözlenmektedir. Sulu tarım yapılan araziler ve kent ormanı daha düşük YYS'ye sahipken bu alanın doğusunda yer alan sulanmayan ekilebilir arazilerin YYS'si yüksektir. Kentsel yerleşim sınırı içerisinde havaalanlarının bina dışında kalan açık yüzeyleri, Organize Sanayi Bölgesi, kent içerisindeki oto sanayi, kentin kuzeybatısında bulunan Baksan sanayi sitesi, tren garı ve çevresi yüksek YYS'ye sahiptir. Kentsel yeşil alanlar, Porsuk Nehri ve çevresi nispeten daha düşük YYS'ye sahiptir. Sürekli ve süreksiz kentsel alan içerisindeki bazı bölgeler de çevresine göre düşük YYS değerlerini vermektedir. Kent ormanının hemen kuzeybatısında dönemin kentsel sınırında bulunan alan buna örnek teşkil etmektedir. Süreksiz kentsel dokuya sahip bu alanda, yerleşim birimleri site içerisinde, oldukça mesafeli ve yeşil alanı fazla alanlardan oluşmaktadır. Gerek hava sirkülasyonunun sağlanması gerekse binaların çok yüksek katlı olmayıp birbiriyle aralarında mesafe bulunması KIA etkisi yaratmasının önüne geçmektedir.

2012 yılı yaz mevsimi YYS'nin dağılışı ve arazi örtüsü ilişkileri diğer yıllardan farklı özellik göstermemektedir. Ancak YYS düşük ve yüksek alanlar arasındaki belirginlik artmaktadır. Çevrelerine göre daha yüksek YYS'ye sahip alanlar sulanmayan ekilebilir araziler ile uyumluluk göstermektedir. Bunun yanı sıra havaalanı gibi açık yüzeyler, Organize Sanayi Bölgesi, kent içinde kalan Baksan ve oto sanayi gibi endüstri tesisleri, demiryollarına ait alanlar yüksek YYS'ye sahiptir (Şekil 7.9). Çalışma alanında yer alan üniversite kampüsleri çevresine göre daha düşük yüzey sıcaklığına sahip olmaları ile bu dönemde daha belirgin hale gelmektedir. Baksan sanayi sitesinin doğusunda, Hasan Polatkan havaalanının güneybatısında, kentsel yerleşim sınırının güneyinde yer alan çevresine göre düşük yüzey sıcaklığına sahip alan Anadolu Üniversitesi kampüsüne; Sazova Parkı'nın güneydoğusunda, Porsuk Nehri'nin hemen kenarında yer alan ve çevresine göre düşük YYS sahip alan ise Osmangazi Üniversitesi kampüsüne aittir. Kampüs içi yolların geniş olması, ağaçlandırmanın ve bitki varlığının fazla olması sebebiyle çalışma alanında kampüsler çevrelerine göre daha düşük YYS'ye sahiptir. Aslında 2012 yılında Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü olan ancak günümüzdeki adıyla Eskişehir Teknik Üniversitesi (ESTÜ)'nin kampüsü için aynı durum söz konusudur. Hasan Polatkan havaalanının kuzeydoğusunda kentsel yerleşim sınırıyla bitişik bir konumda olan ESTÜ çevresine göre düşük YYS'ye sahiptir ancak alanın küçük olması, haritaların ölçekleri ve ortak lejant kullanılması sebebiyle diğer iki kampüs kadar belirgin değildir.



Şekil 7.9. Çalışma Alanının Yaz Mevsimi YYS Haritası (°C)

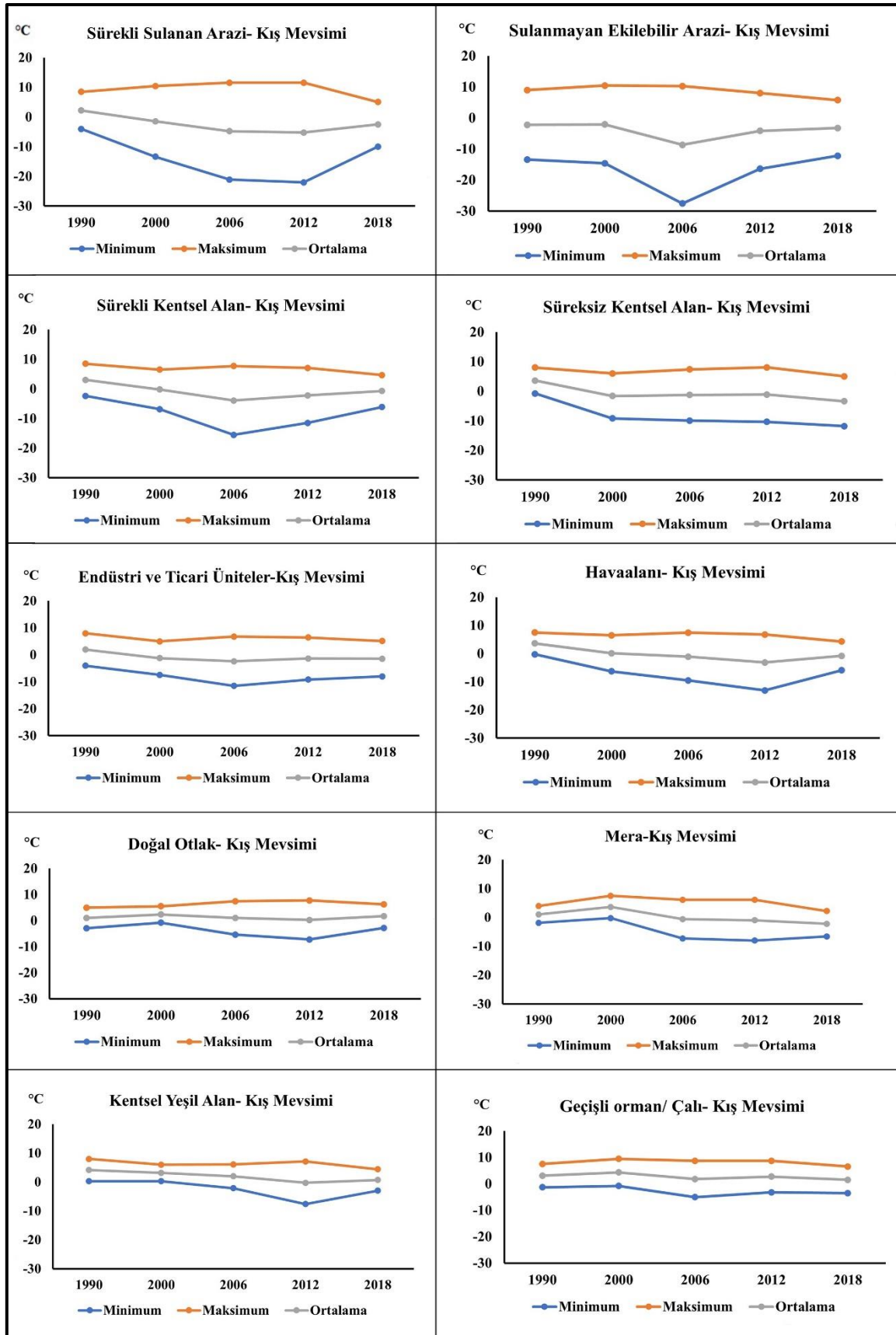
2018 yılı yaz mevsimi, çalışma alanında YYS bakımından en düşük ortalamaya sahip yaz mevsimidir (Tablo 7.6). Diğer yıllarla uyumlu olarak 2018 yılında da sürekli sulanan araziler en düşük YYS'ye sahip alanlardır (Şekil 7.9). Çalışma alanının kuzeydoğusunda, Porsuk Nehri'nin kuzeyinde herhangi bir AÖAK değişmemesine rağmen çevresine göre oldukça düşük YYS'ye sahip alan tespit edilmemektedir. CORINE verilerine göre bu alan bir önceki dönemde (2012 yılı) olduğu gibi sürekli sulanan arazi, seyrek bitkili alan ve sulanmayan

ekilebilir arazinin olduğu alana tekabül etmektedir. Ancak Google Earth aracılığıyla daha detaylı incelendiğinde bu alandaki tarım arazilerinde görüntünün alındığı tarihte tarımsal ürün varlığı tespit edilmektedir. Özellikle sürekli sulanan arazide buharlaşma etkisinin yanı sıra tarımsal ürün varlığı YYS'yi azaltan bir etkiye sahiptir. Bölgedeki YYS'nin çevresine göre oldukça düşük olmasının, söz konusu nedenlere bağlı olduğu düşünülmektedir. Kent ormanı, Sarıungur Göleti ve Kanlıpınar Göleti YYS'nin kent dışında düşük olduğu alanları teşkil etmektedir. Kent yerleşimi içinde ise havaalanları ve Organize Sanayi Bölgesi yüksek YYS ile dikkat çekmektedir. Bunun yanı sıra kuzeybatıda Baksan sanayi sitesi ve kentin güneydoğusunda oto sanayi lokal alanlardaki yüksek YYS'ye sahiptir. Bunun yanı sıra kentsel yeşil alanlar, üniversite kampüsleri ve Porsuk Nehri çevresi düşük YYS'nin ölçüldüğü alanlardır.

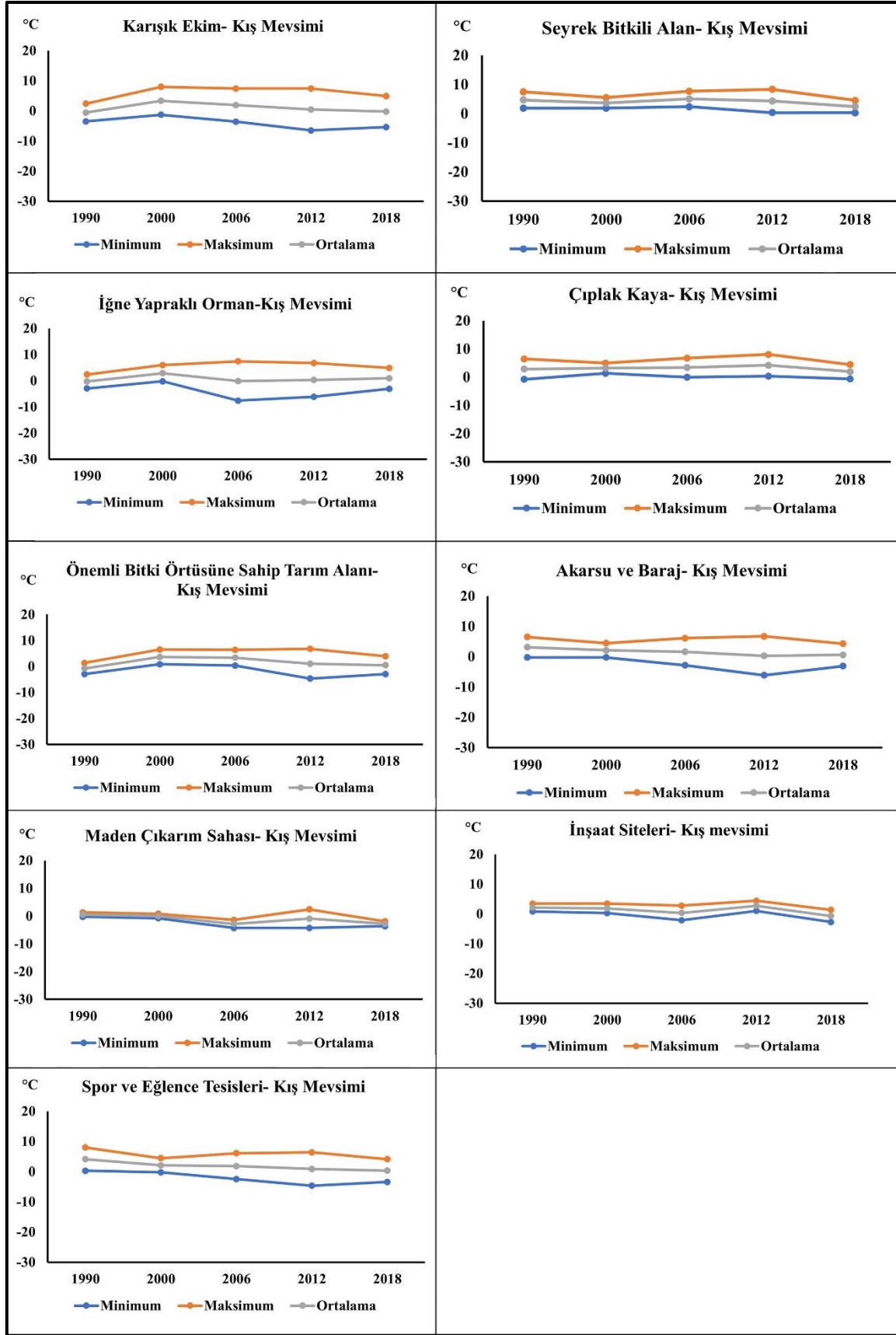
Çalışma alanında, tüm araştırma yıllarında 2023 yılı yaz mevsimi en yüksek ortalama YYS'ye sahip yılı teşkil etmektedir. Tez çalışmasında başlangıç yılı olarak kabul edilen 1990 yılı karşılaştırma yapıldığında 1990-2023 döneminde ortalama YYS'nin 7,2 °C artış gösterdiği dikkati çekmektedir (Tablo 7.3). Çalışma alanında kuzeybatıda yer alan sulanmayan ekilebilir arazi, kuzeydoğuda yer alan seyrek bitkili alan ve sulanmayan ekilebilir arazi, askeri havaalanının kuzeydoğusunda ve sürekli sulanan arazilerin içinde bulunan mera alanı, Organize Sanayi Bölgesi'nin kuzeyinde, Porsuk Nehri'nin güneyinde ve sürekli sulanan araziler içinde bulunan mera alanı, doğu ve güneydoğuda yer alan doğal otlaklar, güneyde sulanmayan ekilebilir araziler ile karışık bulunan seyrek bitkili alan ve geçişli ormanlık-çalı arazileri, güneybatıda yer alan geçişli ormanlık-çalı, doğal otlak ve sulanmayan ekilebilir arazinin karışık halde olduğu alan yüksek YYS'ye sahiptir (Şekil 7.9). Kent yerleşiminin dışında kent ormanı, sürekli sulanan arazi, güneyde ve güneydoğuda yer alan Sarıungur ve Kanlıpınar Göletleri düşük YYS'ye sahip alanlardır. Kentsel yerleşim içinde Organize Sanayi Bölgesi, Baksan sanayi sitesi, Eskişehir tren garının yüksek YYS'sine karşın Kent park, Sazova parkı, Porsuk Nehri ve çevresi, üniversite kampüsleri YYS'nin düşük olduğu alanlardır.

Çalışma alanında, AÖAK sınıflarının yaz ve kış mevsiminde sahip oldukları minimum, maksimum ve ortalama YYS farklılık göstermektedir (Şekil 7.10, Şekil 7.11). Sürekli sulanan tarım arazilerinde kış mevsimi ortalama YYS, 2006 yılına kadar azalış, 2006 yılından sonra artış göstermektedir. Söz konusu arazi sınıfının minimum sıcaklıkları 2012 yılından sonra artış gösterirken, maksimum sıcaklıklar 2012 yılından sonra azalma eğilimindedir. Minimum ve maksimum sıcaklıklar arasındaki farkın azalması durumu sulanmayan ekilebilir araziler için de geçerlidir. Kış mevsiminde ortalama YYS 2006 yılına kadar azalma, 2006 yılından sonra artış

gösteren sulanmayan ekilebilir arazilerde maksimum sıcaklık 2006 yılından sonra azalış, minimum sıcaklık 2006 yılından sonra artış eğilimindedir. Nitekim çalışma alanının genel YYS değişimi incelendiğinde, tüm çalışma alanında YYS, 2006 yılından sonra artış eğilimi göstermektedir. Sürekli kentsel alanda minimum YYS artarken, maksimum YYS azalmaktadır. Ancak süreksiz kentsel alanlarda 2000 yılından sonra minimum YYS'de azalış dikkati çekmektedir. Ortalama YYS, 2000 yılından sonra stabil bir seyir izlerken maksimum YYS, 2012 yılına kadar artmakta 2012-2018 arası azalma göstermektedir. YYS'de genel fikir vermesi açısından ortalama değerler önemlidir ancak minimum sıcaklıkların değişimi, herhangi bir arazi örtüsünün YYS değişimini daha belirgin olarak ortaya koymaktadır. YYS açısından çalışma alanında önemli bir yere sahip arazi örtülerinden biri olan endüstri ve ticari ünitelerde kış mevsimi ortalama YYS, 2012 yılından sonra artış göstermektedir. Endüstri ve ticari ünitelerde maksimum YYS 2006 yılından sonra azalma eğilimi gösterirken, minimum YYS 2006 yılından sonra artış eğilimindedir. Ortalama YYS'de görülen belli belirsiz artışa rağmen minimum YYS'de görülen belirgin değişim, arazi örtüsünde yıldan yıla meydana gelen farklılıkların YYS üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Havaalanı olarak kullanılan arazide, ortalama YYS 2012 yılına kadar azalma, 2012 yılından sonra artış göstermektedir. Havaalanının alansal büyümesi 1990, özellikle 2000 yılından sonra olmaktadır. Bu yıllar arasında havaalanında kış mevsimi YYS azalma eğilimindedir. Zeminin hızlı ısınıp soğumasından dolayı kış mevsiminde ortalama YYS azalma gösterse de havaalanı, çevresine göre daha yüksek YYS'ye sahip alan olma özelliğini korumaktadır.

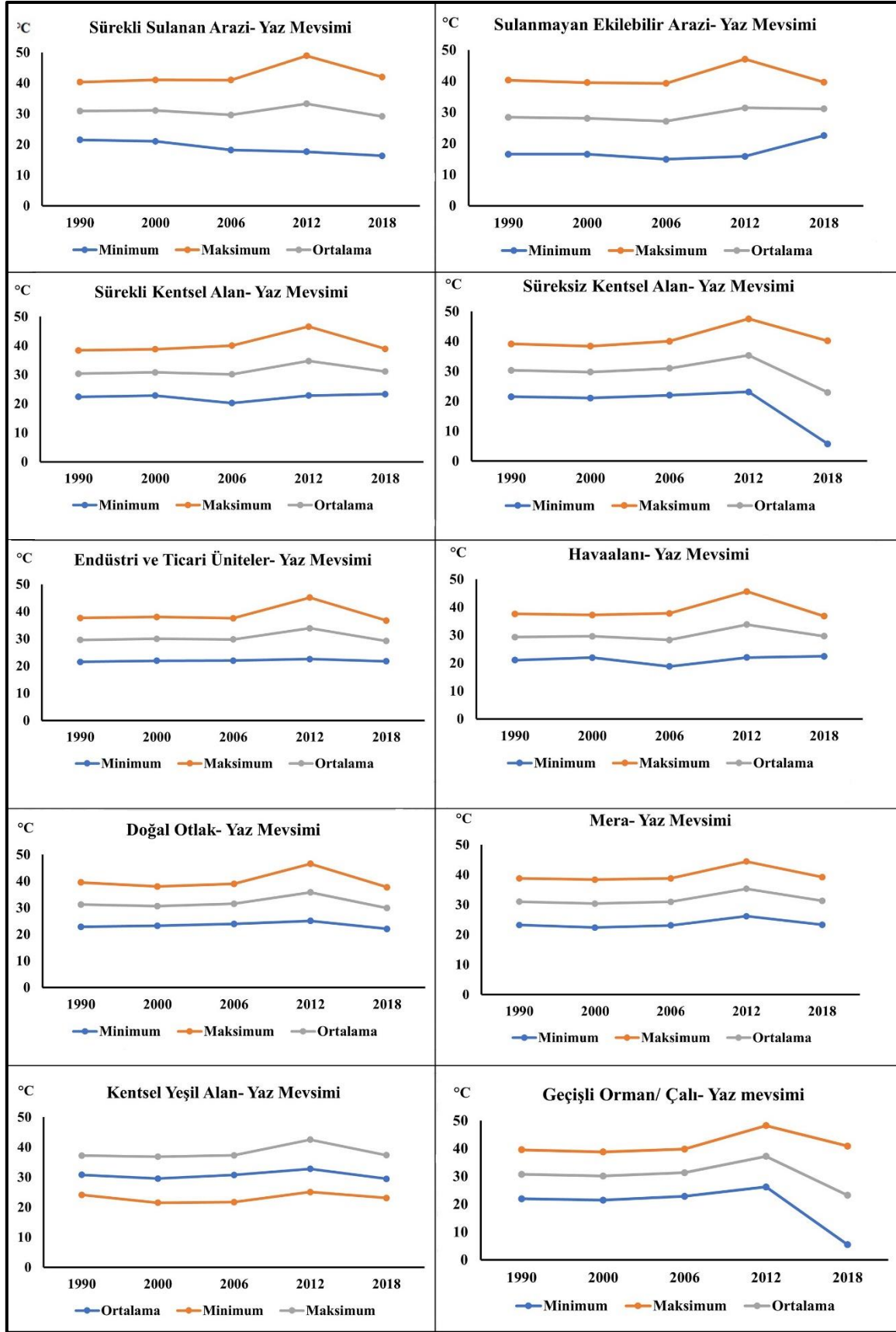


Şekil 7.10. Çalışma Alanında Arazi Örtüsünün Kış Mevsimi Yıllara Göre Minimum, Maksimum ve Ortalama Yer Yüzey Sıcaklıkları Değişimi I (°C)

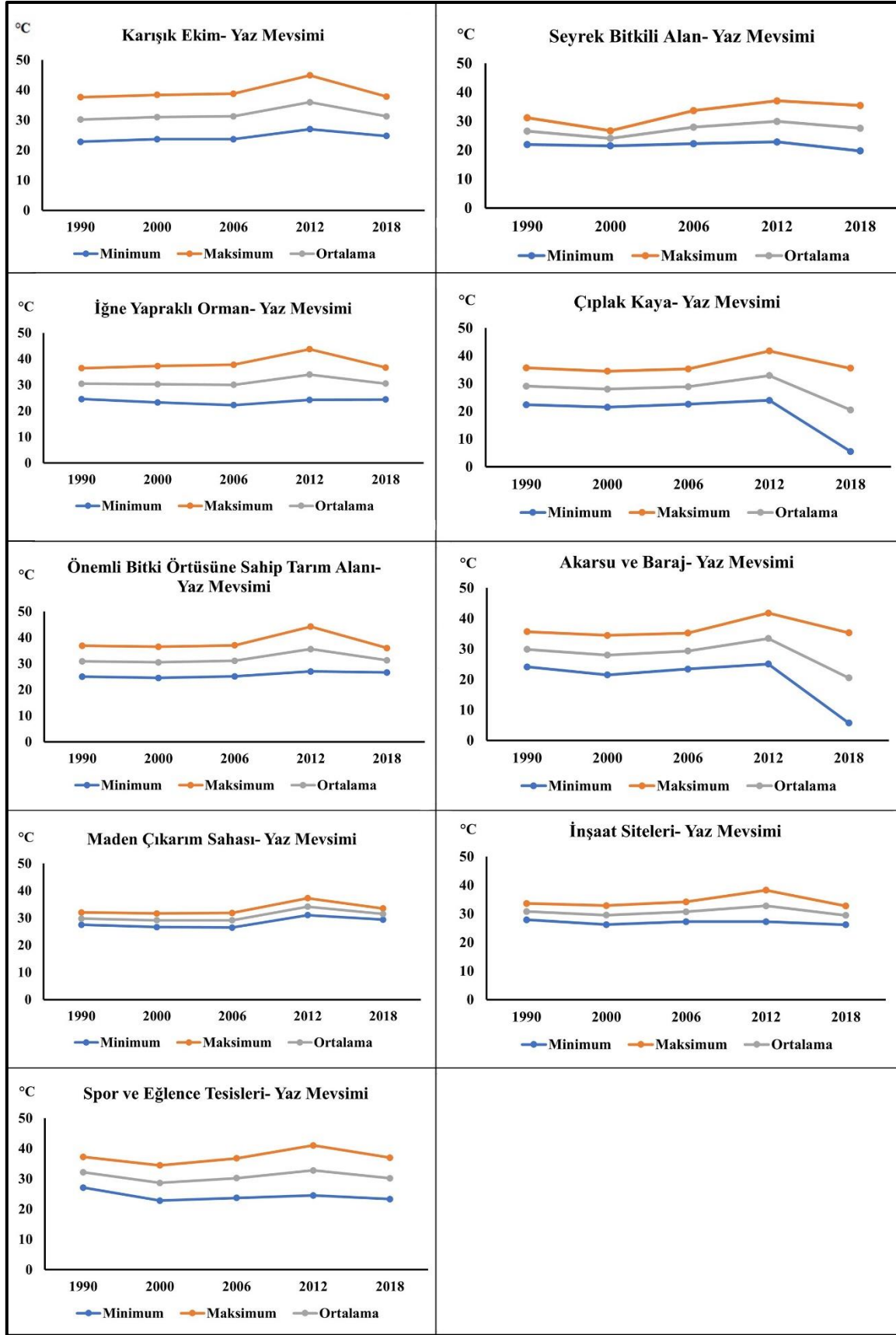


Şekil 7.11. Çalışma Alanında Arazi Örtüsünün Yıllara Göre Kış Mevsimi Minimum, Maksimum ve Ortalama Yer Yüze Y sıcaklıkları Değişimi II (°C)

Çalışma alanında, AÖAK sınıflarının minimum, maksimum ve ortalama YYS değişiminde 2012 yılı önem teşkil etmektedir. Gerek çalışma alanında kapladığı alan bakımından gerek YYS'ye etkisi bakımından önemli yere sahip arazi örtülerinde (tarım alanları, endüstri ve ticari üniteler, havaalanı, kentsel alan) 2012 yılı belirgin değişimin yaşandığı yıldır (Şekil 7.11, Şekil 7.12). Ancak bölgesel ve küresel iklim özellikleri incelendiğinde çalışma alanı için 2012 yılının farklı bir özelliği bulunmamaktadır. Söz konusu arazi kullanımlarında farklı bir politika da mevcut olmadığından 2012 yılındaki değişimin uydu görüntüsünün alındığı tarih ve saat ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Bu durumda incelenen 1990-2018 yılları arasındaki dönemde genel eğilim, AÖAK'daki değişimin YYS üzerinde etkili olup olmadığı konusunda fikir edinmek açısından önem teşkil etmektedir. Sürekli sulanan arazide yaz mevsiminde YYS 2006 yılına kadar düşüş, 2006-2012 yılları arası ani bir yükseliş, 2012-2018 arasında yeniden 2006 yılına yakın değerler gözlenmektedir. Söz konusu arazi kullanımının maksimum sıcaklıklarında, ortalama sıcaklığa paralel durum söz konusu iken minimum YYS 1990-2018 yılları arasında azalma eğilimi göstermektedir (Şekil 7.11). Sulanmayan ekilebilir arazide ortalama YYS, 2006 yılından sonra yükselmekte, 2012-2018 arası durağan bir seyir izlemektedir. Maksimum YYS, 2012 yılında ani bir artış, 2012-2018 arasında aynı oranda azalış göstermektedir. Minimum YYS ise 2012 yılından sonra artmaktadır. Yaz mevsiminde sürekli kentsel alanın yıl bazlı değişimi incelendiğinde ortalama, minimum ve maksimum YYS'de artış eğilimi gözlenmekle birlikte 2006-2012 yılları arasındaki değişim belirgindir. Süreksiz kentsel alanda 2012 yılına kadar gözlenen artış eğilimi 2012 yılından sonra ani bir düşüşle son bulmaktadır. Bu durum üzerinde 2012 yılında yürürlüğe giren "Büyükşehir Yasası" ile birlikte kentsel alan çeperinde yeni yerleşim yerlerinin açılmasının etkili olduğu düşünülmektedir. Tarım toprakları ile karışık bir halde bulunan yeni yerleşim alanları, tarımsal arazilerin sulama yapılması sebebiyle buharlaşmadan kaynaklı sıcaklık kaybından etkilenmektedir. Bu da süreksiz kentsel alanların sahip olduğu ortalama sıcaklığı düşürmektedir. Çalışma alanında endüstri ve ticari ünitelere ait arazi, ortalama en yüksek yüzey sıcaklıklarının ölçüldüğü arazi sınıflarından biri olmasına karşın yıl bazındaki YYS değişimi belirgin ölçüde değildir. 2012 yılında ortalama ve maksimum YYS artmış olsa da genel eğilim sabit ilerlemektedir. Havaalanına ait arazi kullanımında minimum, maksimum ve ortalama sıcaklıklarda artış gözlenmektedir. Özellikle 2000 yılı ve sonrasında alansal olarak dikkate değer bir değişim yaşamayan havaalanına ait arazide, açık yüzeyin ve Güneş'ten gelen enerjiyi absorbe edecek malzemenin varlığı yaz mevsiminde YYS artışına sebep olmaktadır.



Şekil 7.12. Çalışma Alanında Arazi Örtüsünün Yıllara Göre Yaz Mevsimi Minimum, Maksimum ve Ortalama Yer Yüzey Sıcaklıkları Değişimi I (°C)

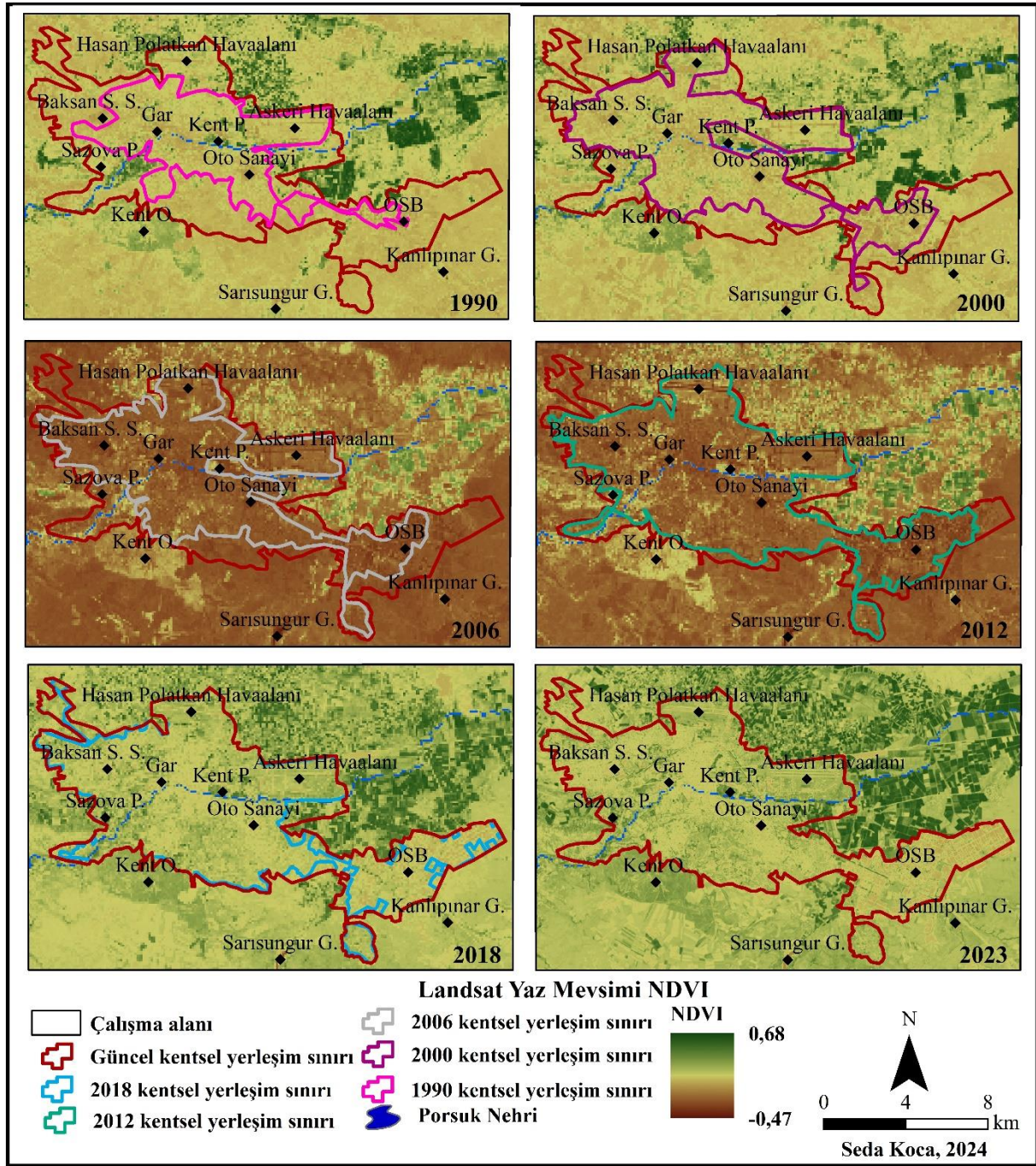


Şekil 7.13. Çalışma Alanında Arazi Örtüsünün Yıllara Göre Yaz Mevsimi Minimum, Maksimum ve Ortalama Yer Yüzey Sıcaklıkları Değişimi II (°C)

Bitkinin varlığını, sağlıklı olup olmasını ve yoğunluğunu ölçen NDVI analizine göre çalışma alanında yaz mevsimi NDVI değerleri -0,47 ile 0,68 arasında değişmektedir (Şekil 7.14). Yaz mevsimi en yüksek NDVI değeri 2000 yılında, en düşük NDVI değeri ise 2006 yılında tespit edilmektedir. NDVI değerleri yaz mevsiminde 1990 yılında -0,25 ile 0,68; 2000 yılında -0,21 ile 0,68; 2006 yılında -0,47 ile 0,51; 2012 yılında -0,46 ile 0,59; 2018 yılında -0,22 ile 0,62; 2023 yılında -0,10 ile 0,66 arasında değişmektedir. 1990 ve 2000 yıllarında çalışma alanında NDVI değerlerinin yüksek olduğu alanlar sürekli sulanan araziler, kentsel yeşil alanlar ve kent ormanıdır. En düşük NDVI değerleri, sürekli ve süreksiz kentsel alanlar, endüstri ve ticari üniteler, havaalanları, sulanmayan ekilebilir araziler ve su kütlelerinde tespit edilmektedir. 2006 ve 2012 yıllarında en düşük ve en yüksek NDVI değerlerinin görüldüğü alanlarda değişim olmaz iken ortak lejanttaki renklendirme ve söz konusu yıllarda araştırma döneminin en düşük NDVI değerlerinin görülmesinden dolayı haritalarda kahverengi yoğunluktadır. 1990 yılından 2023 yılına kadar sürekli sulanan arazilerdeki sağlıklı bitki varlığında alansal olarak büyüme tespit edilmektedir. Yıllar arasında sağlıklı bitkinin yansıma değerlerini veren alanlarda farklılıklar görülmektedir. Örneğin; 1990 yılında koyu yeşil ile temsil edilen Organize Sanayi Bölgesi'nin kuzeybatısındaki sürekli sulanan arazi, 2000 yılında daha açık yeşildir. Bunun sebebi uydu görüntüsünün alındığı tarihte tarım arazilerinin üzerinde ürünün bulunup bulunmamasıyla ilgilidir. Ürünün olduğu sulu tarım parselleri bitkideki klorofilin yansıma özelliğinden dolayı yüksek NDVI değerleri verirken, hasat edilen, ürünün henüz büyümediği veya hiç ürünün bulunmadığı tarım arazileri düşük NDVI değerlerine sahiptir. Çalışma alanında bir diğer dikkat çeken husus kentsel yerleşim sınırı ile NDVI değeri yüksek alanlar arasındaki ilişkidir. Kentsel yerleşim büyüdükçe ve sınırı genişledikçe NDVI değeri yüksek alanlar da kentsel yerleşim sınırıyla uyumlu olarak kentin dışına kaymaktadır. Bu durum sürekli sulanan arazilerden kazanılan ve yerleşim amacıyla kullanılan alanların varlığıyla ilişkilidir. Kenti, tarım arazilerinden pay alarak büyütme, tarım arazilerinde artık ürünün bulunmadığı dolayısıyla klorofilin yüksek yansıma özelliği gösteremeyeceği ve NDVI değerlerinin de kent dışındaki tarım alanlarında yüksek olduğu anlamını taşımaktadır.

NDVI değerleri, YYS ile ters orantılıdır. Başka bir ifadeyle, NDVI değeri arttıkça YYS azalmaktadır. Nitekim çalışma alanında yaz mevsiminde en düşük YYS sürekli sulanan araziler, kent ormanı ve kentsel yeşil alanlarda tespit edilmektedir. Söz konusu alanlar aynı mevsimde NDVI değerlerinin en yüksek olduğu alanları teşkil etmektedir. Kış mevsiminde ise en yüksek YYS havaalanları, endüstri ve ticari üniteler, sulanmayan ekilebilir araziler, sürekli ve süreksiz

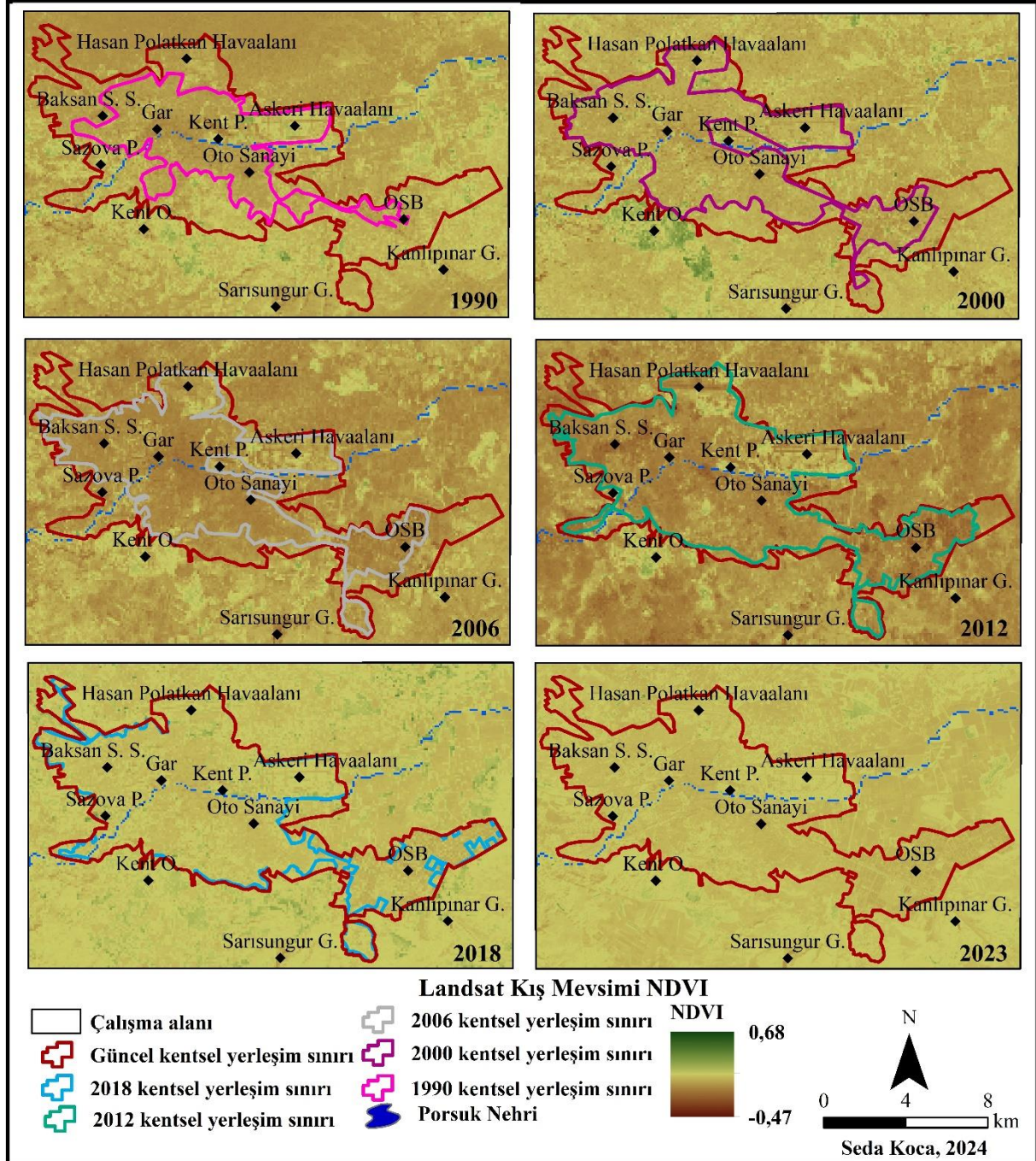
kentsel alanların bir kısmında görülmekte ve bu alanlar NDVI değerlerinin en düşük olduğu alanları oluşturmaktadır.



Şekil 7.14. Çalışma Alanının Yaz Mevsimi NDVI Haritası

Çalışma alanında kış mevsimi NDVI değerleri -0,27 ile 0,49 arasında değişmektedir (Şekil 7.15). Kış mevsimi NDVI değerlerinin 1990 yılında -0,20 ile 0,39 arasında; 2000 yılında -0,26 ile 0,49 arasında; 2006 yılında -0,26 ile 0,37 arasında; 2012 yılında -0,27 ile 0,33 arasında; 2018 yılında -0,05 ile 0,42 arasında ve 2023 yılında -0,08 ile 0,42 arasında değiştiği tespit edilmektedir. Analiz değerlerinden ve haritadan anlaşılacağı üzere kış mevsiminde sağlıklı

olarak nitelendirilecek (NDVI > 0,5) bitki varlığından söz edilmemektedir. Mevsimsel olarak yeşil yapraklı bitkilerin büyüme, gelişme ve çiçeklenme dönemi olmadığından kış mevsiminde yeşil kalabilen bitkiler NDVI değerlerinin yüksek olmasını sağlamaktadır.

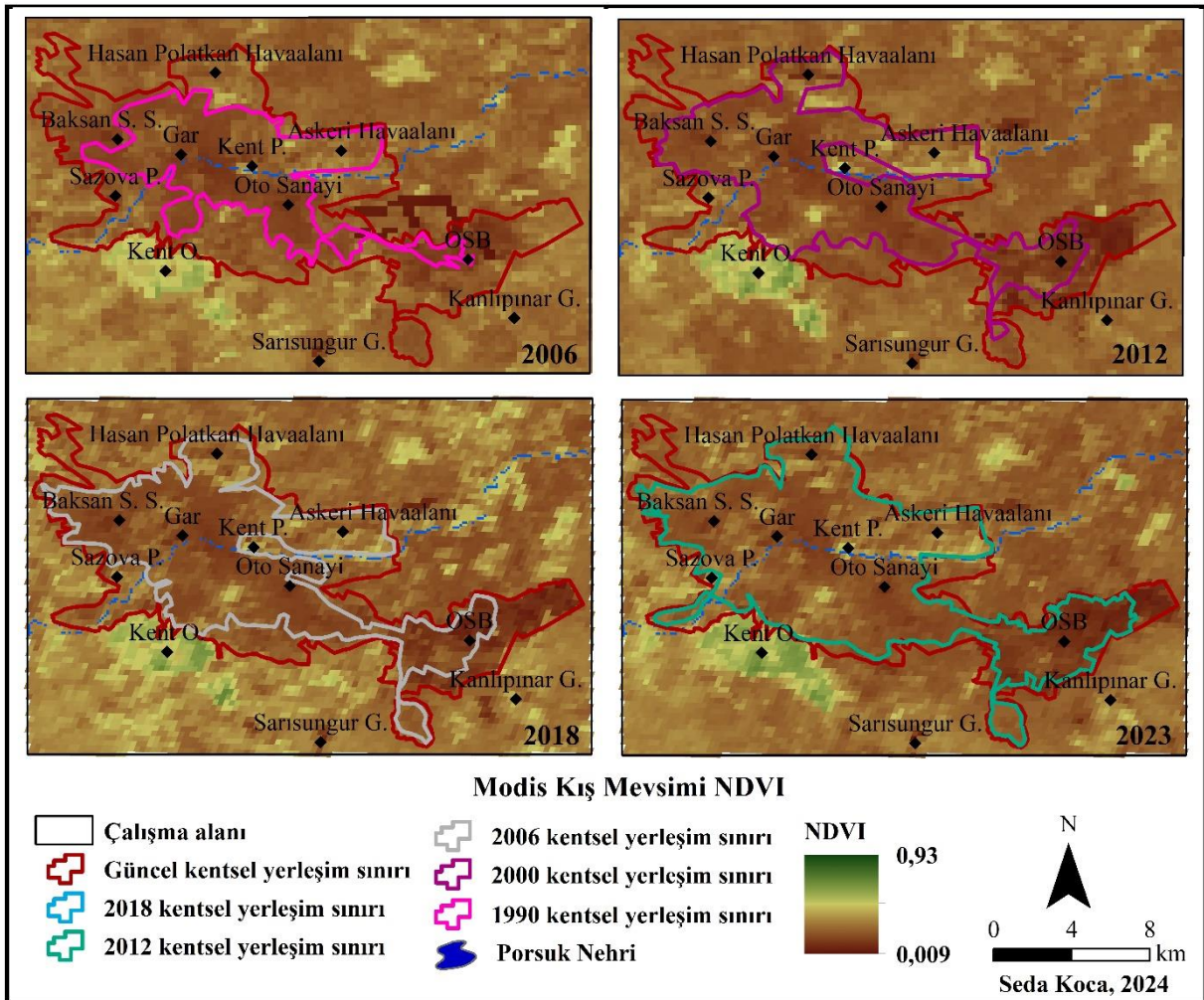


Şekil 7.15. Çalışma Alanının Kış Mevsimi NDVI Haritası

Tüm yıllarda kent ormanı, sulanmayan ekilebilir arazilerin belirli noktaları, meralar, doğal otlaklar ve sklerofil bitki örtüsüyle kaplı araziler çevrelerine göre daha yüksek NDVI değerine sahip alanları teşkil etmektedir. Kent ormanı sahip olduğu ağaç formasyonundan dolayı, sulanmayan ekilebilir arazilerin bazı parsellerinde tarımsal ürün bulunmasından dolayı,

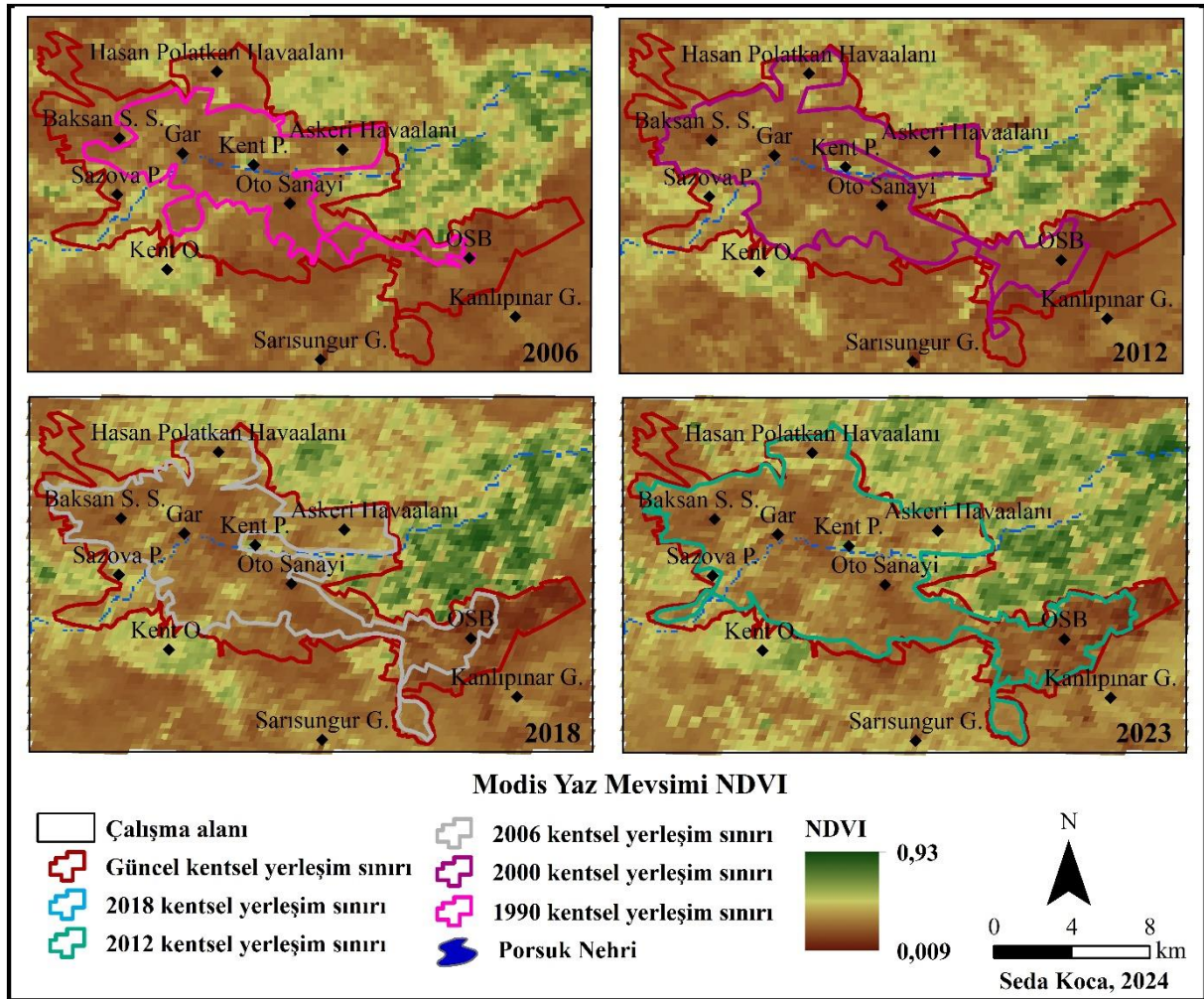
meralar ve doğal otlaklar dört mevsim yeşil kalma özelliğinden dolayı, sklerofil bitki örtüsü ise daimî yeşil kalan bitkilerden oluştuğundan dolayı kış mevsiminde nispeten yüksek NDVI değerlerine sahiptir.

Çalışma alanında YYS'nin ve NDVI değerlerinin düşük ve yüksek olduğu alanların dağılımını doğrulamak amacıyla Landsat verilerine ek olarak Modis görüntüleri kullanılmıştır. Modis Aqua uydusu 2002 yılında fırlatıldığından çalışma alanında 2006 yılından itibaren olan veriler kullanılmıştır. Modis Aqua MY13Q1 verilerine göre çalışma alanında kış mevsimi NDVI değerleri 0,009-0,69 arasında değişmektedir. En yüksek NDVI değerine sahip alanlar kent ormanı ve yer yer sürekli sulanan arazi içindeki lokal noktalardır (Şekil 7.16). Organize Sanayi Bölgesi ve kent içindeki endüstri alanları (Baksan ve oto sanayi) en düşük NDVI değerine sahip alanları teşkil etmektedir.



Şekil 7.16. Çalışma Alanının Kış Mevsimi Modis NDVI Haritası

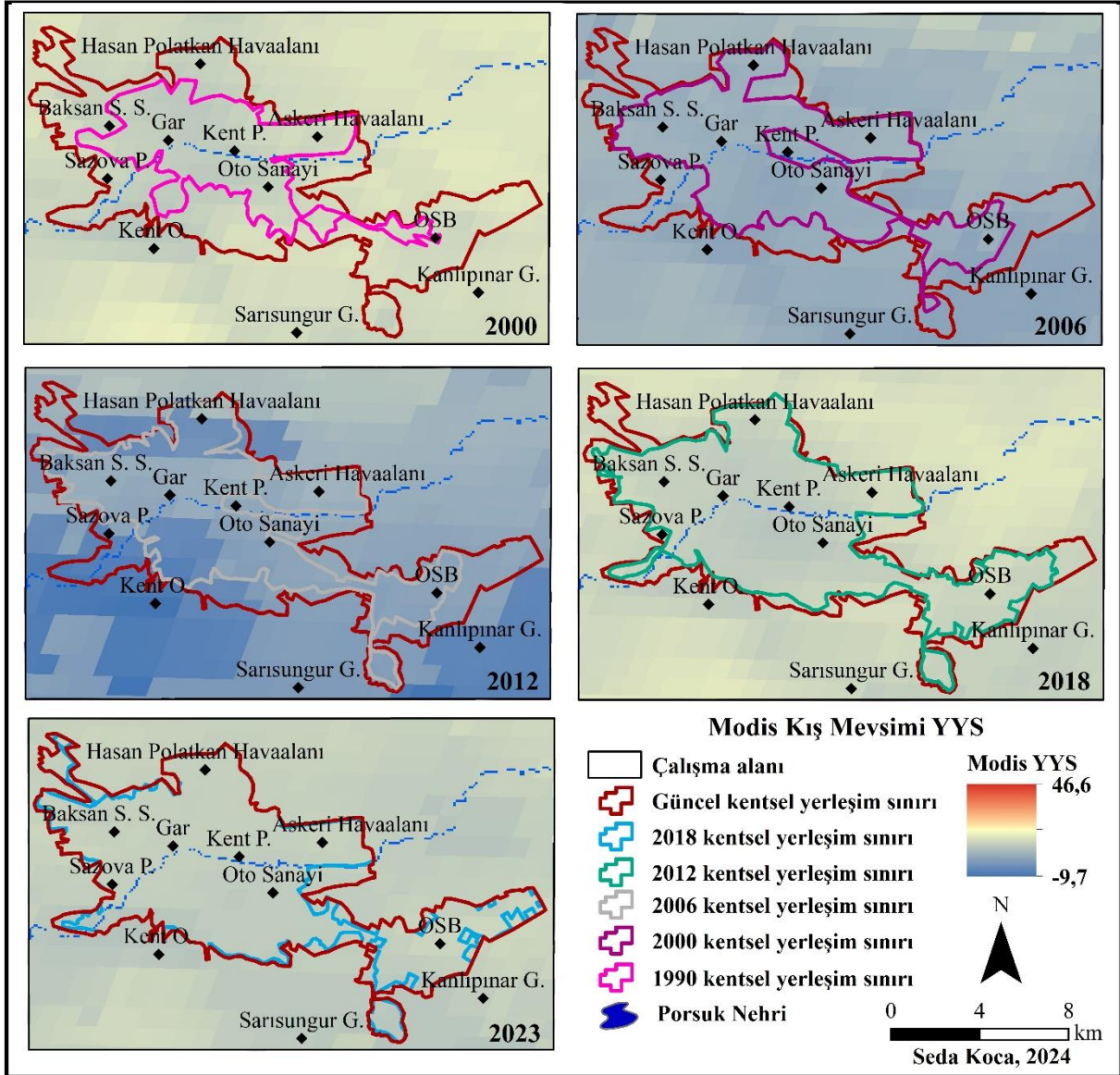
Çalışma alanında yaz mevsimi NDVI değerleri 0,06 ile 0,93 arasında değişmektedir. En yüksek NDVI değerine sahip alanlar kent ormanının yanı sıra sürekli sulanan tarım arazileridir (Şekil 7.17). Görüntünün alındığı tarihte üzerinde tarımsal ürününü bulunması, sürekli sulanan tarım arazilerinde NDVI'ın yüksek çıkmasına sebep olmaktadır. Bunun yanı sıra Kent park ve Sazova parkı gibi kentsel yeşil alanlar yaz mevsiminde NDVI değerinin çevrelere göre yüksek olduğu diğer bölgelerdir. Yaz mevsiminde çalışma alanında NDVI değeri en düşük alanlar kış mevsiminde olduğu gibi Organize Sanayi Bölgesi ve kent içindeki endüstri tesisleridir. Gerek yaz mevsimi gerek kış mevsimi Modis verilerine dayalı NDVI analizi sonuçları Landsat uydularından elde edilen sonuçlarla uyumaktadır. Her iki uydunun da sağlamış olduğu veriler çözünürlük farkına rağmen alansal dağılış olarak uyumluluk göstermektedir.



Şekil 7.17. Çalışma Alanının Yaz Mevsimi Modis NDVI Haritası

Çalışma alanında Modis verileriyle YYS doğrulaması için Modis Terra Mod11A2 uydusu kullanılmıştır. Terra uydusu 1999 yılında fırlatıldığından çalışma alanında en yakın rasat yılı olan 2000 yılından itibaren veri temin edilmiştir. Bu verilerin doğrultusunda çalışma

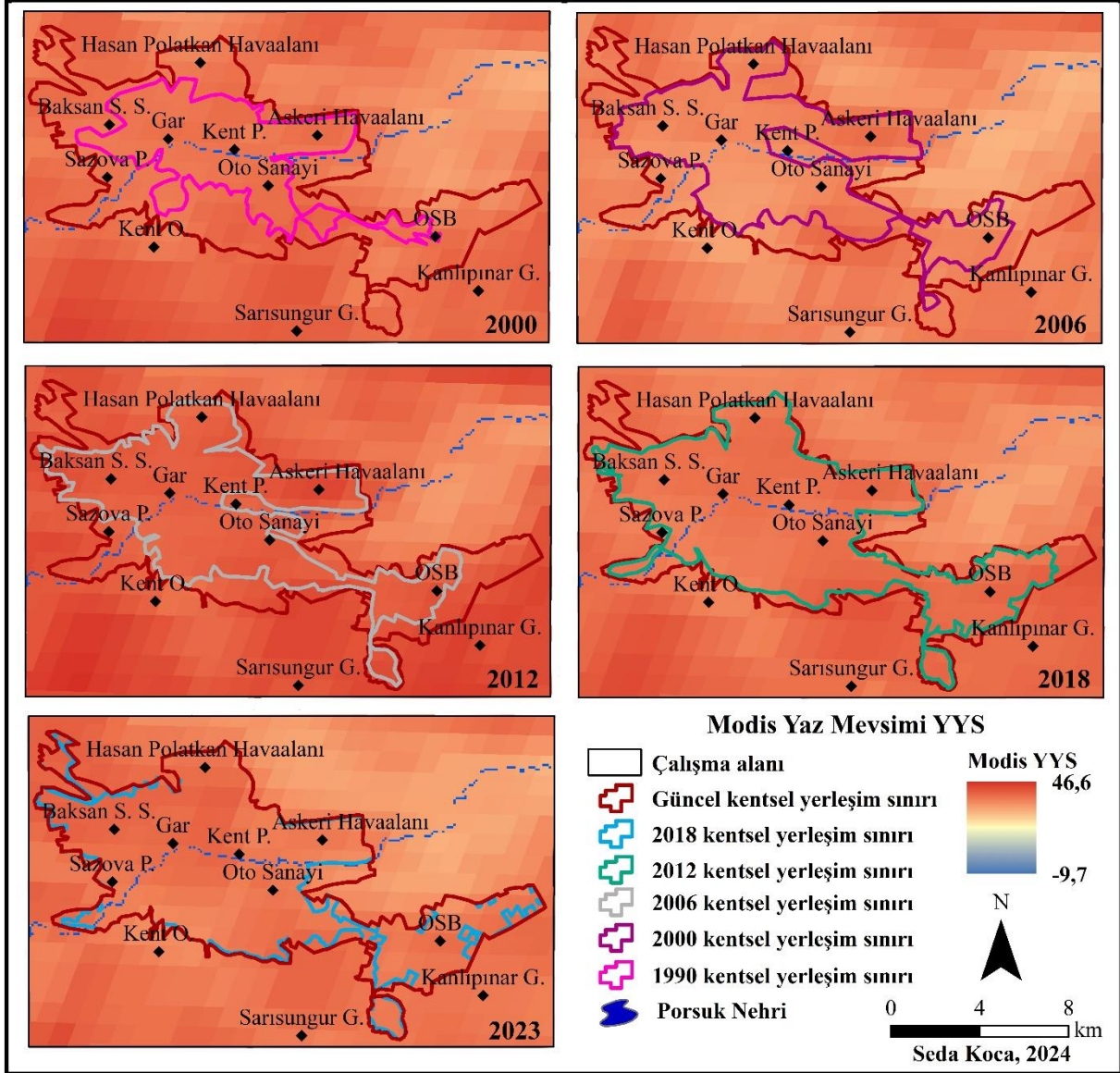
alanında kış mevsimi YYS $-9,8^{\circ}\text{C}$ ile $10,7^{\circ}\text{C}$ arasında değişmektedir. Kış mevsiminde YYS'nin en düşük olduğu alanlar kentsel yerleşimin bulunduğu alanlardır (Şekil 7.18). 2012 yılında kent içi haricinde doğu ve güneydoğuda yer alan otlak ve kuru tarım alanları da düşük YYS'ye sahiptir.



Şekil 7.18. Çalışma Alanı Kış Mevsimi Modis YYS Haritası ($^{\circ}\text{C}$)

Çalışma alanında yaz mevsimi YYS $31,3^{\circ}\text{C}$ ile $46,6^{\circ}\text{C}$ arasında değişmektedir. En yüksek YYS, kentsel yerleşim sınırı içerisinde havaalanlarında tespit edilmiştir (Şekil 7.19). Askeri ve sivil havaalanları çevresine göre daha yüksek YYS'ye sahip alanları teşkil etmektedir. Bunun yanı sıra Organize Sanayi Bölgesi ve kent içerisindeki lokal noktalar (bu alanlar küçük endüstri tesislerine denk gelmektedir) YYS bakımından çevrelerinden daha sıcaktır. YYS'si en düşük alanlar ise kent ormanı ve sürekli sulanan arazilere tekabül etmektedir. YYS'nin çalışma

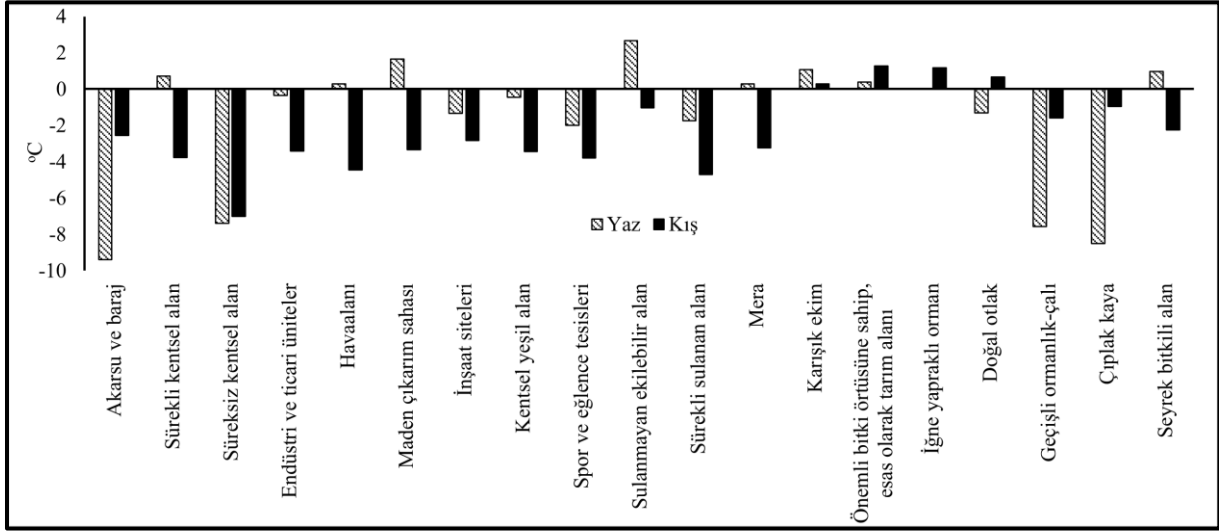
alanındaki dağılışı hem kış mevsiminde hem de yaz mevsiminde Landsat'tan elde edilen verilerle yapılan analizlerle uyumluluk göstermektedir. Mekânsal dağılışı Landsat ve Modis uydularında aynı sonuçları vermektedir ancak mekânsal çözünürlük farkından dolayı minimum ve maksimum YYS değerleri de farklılık göstermektedir.



Şekil 7.19. Çalışma Alanı Yaz Mevsimi Modis YYS Haritası (°C)

Çalışma alanında 1990-2018 yılları arasında kullanım farklılığına bağlı olarak AÖAK sınıflarının yüzey sıcaklıkları değişim göstermektedir. 28 yıllık süreç içerisinde yıl bazında bazı arazi örtülerinin YYS'si artmış, bazılarınıninki azalmıştır. Bazı AÖAK'larda mevsimsel artış-azalışlar mevcuttur. Çalışma alanında yaz mevsiminde en büyük değişim akarsu ve baraj sınıfında, en az değişim ise iğne yapraklı orman sınıfında gerçekleşmiştir. Yaz mevsiminde YYS azalan AÖAK sınıfları; akarsu ve baraj, süreksiz kentsel alan, endüstri ve ticari üniteler, inşaat siteleri, kentsel yeşil alan, spor ve eğlence tesisleri, sürekli sulanan alan, doğal otlak,

geçişli ormanlık-çalı, çıplak kayadır. Yaz mevsiminde YYS artan AÖAK sınıfları; sürekli kentsel alan, havaalanı, maden çıkarım sahası, sulanmayan ekilebilir arazi, mera, karışık ekim, önemli bitki örtüsüne sahip tarım alanları, iğne yapraklı orman ve seyrek bitkili alandır. Ancak unutmamak gerekir ki, Şekil 7.20'deki analiz yalnızca 1990 ve 2018 yıllarını kapsamakta, araştırma sürecindeki genel seyri ortaya koymaktadır. Her araştırma yılının AÖAK'ya bağlı olarak değişen YYS, Şekil 7.10, Şekil 7.11, Şekil 7.12 ve Şekil 7.13'te yer almaktadır.



Şekil 7.20. Çalışma Alanında 1990-2018 Yılları Arasında AÖAK'nın YYS Değişimi (°C)

Şekil 7.20'de 0'ın altındaki negatif değerler YYS'de azalmayı, 0'ın üstündeki pozitif değerler YYS'de artışı temsil etmektedir. Örneğin; akarsu ve baraj sınıfının yaz mevsiminde yaklaşık -10 °C değeri, bu sınıfın 1990-2018 yılları arasındaki ortalama YYS'de 10 °C azalmayı ifade etmektedir. Çalışma alanında 1990-2018 yılları arasındaki araziye bağlı YYS değişimi kış mevsiminde en fazla süreksiz kentsel alanda, en az ise karışık ekim alanlarında gerçekleşmiştir. Kış mevsiminde AÖAK sınıflarının çoğunda YYS azalmaktadır. Akarsu ve baraj, sürekli kentsel alan, süreksiz kentsel alan, endüstri ve ticari üniteler, havaalanı, maden çıkarım sahası, inşaat siteleri, kentsel yeşil alan, spor ve eğlence tesisleri, sulanmayan ekilebilir arazi, sürekli sulanan arazi, geçişli ormanlık-çalı, çıplak kaya, seyrek bitkili alan YYS azalan sınıfları teşkil ederken; karışık ekim, önemli bitki örtüsüne sahip tarım alanı, iğne yapraklı orman ve doğal otlakta YYS artmaktadır.

Araştırma süresi boyunca (1990-2018) CORINE arazi örtüsü verilerine göre çalışma alanında en fazla alana sahip AÖAK sınıfları sürekli sulanan arazi, sulanmayan ekilebilir arazi, sürekli kentsel alan, süreksiz kentsel alan, endüstri ve ticari üniteler ile doğal otlaklardır. 1990 yılından 2018 yılına kadar alansal olarak en fazla artış endüstri ve ticari üniteler ile süreksiz kentsel alanda; en fazla azalış ise sulanmayan ekilebilir araziler ile sürekli sulanan arazilerde

gerçekleşmektedir. Tez çalışmasında elde edilen AÖAK bulguları çalışma alanında daha önce yapılan çalışmalarda (Akkurt, 2020) tespit edilen AÖAK ile uyumluluk göstermektedir. Kentin güneydoğusunda bulunan Organize Sanayi Bölgesi'nin giderek alanını büyütmesi, çevresinde bulunan sürekli sulanan tarım alanlarının kaybına sebep olmaktadır. Çalışma alanının yeni yerleşim yerlerinin kurulması önceden tarım arazisi olarak kullanılan alanların yerleşim için kullanılmasını beraberinde getirmektedir. Kentin kuzeybatısındaki süreksiz kentsel alan bunun en güzel örneğidir. 1990 yılından 2018 yılına kadar kent, kuzeybatı-güneydoğu yönlü büyümeye devam etmektedir. Güneydoğudaki büyümenin en büyük sebebi Organize Sanayi Bölgesi iken, kuzeybatıda yeni konut alanları açılmakta ve bu alanlar için çevredeki sulanmayan ekilebilir araziler kullanılmaktadır (Foto 1.).



Foto7.1. Kentin güneybatısında süreksiz kentsel alanın sulanmayan ekilebilir araziden pay aldığını gösteren bir fotoğraf. Önde konut alanı arkada tarım arazileri yer almaktadır.

Çalışma alanında kış mevsimi en yüksek YYS, sürekli sulanan arazide tespit edilmektedir. Bu durum üzerinde birden fazla faktör etkili olmaktadır. Sürekli sulanan arazide toprak nemli bir yapıdadır. Nemli toprağın içerdiği su, ısıyı tutma özelliğine sahiptir ve gelen Güneş enerjisini emerek enerji dengesinin sağlanmaktadır. Bu sebeple sürekli sulanan araziler çevrelerine göre daha yüksek YYS'ye sahiptir. Diğer önemli faktör, buharlaşmadır. Sürekli sulanan arazinin nemli olması, buharlaşmanın sürekli devam etmesini sağlamaktadır. Buharlaşma sırasında açığa çıkan ısıyla birlikte yüzeyin ani soğuması engellenmekte ve yüzey sıcaklığı korunmaktadır. Bunun yanı sıra sürekli sulanan arazide toprağın nemli olması renginin daha koyu görünmesine sebep olmaktadır. Koyu renkli yüzeyler, açık renkli yüzeylere göre Güneş ışığını daha fazla absorbe etmektedir. Özellikle gündüz saatlerinde gelen Güneş ışınları, koyu renkli nemli yüzeyler tarafından tutulmakta ve gün boyu zeminin çevresine göre daha sıcak kalmasını sağlamaktadır. Sürekli sulanan arazilerde bulunan bitki varlığı da YYS üzerinde etkilidir. Üzerinde ekili tarımsal ürünün büyüme döneminde olduğu veya henüz hasat edilmemiş alanlarda bitkinin sıcaklığı dengeleyici özelliğinden dolayı kış mevsiminde daha sıcak yaz mevsiminde daha serin YYS tespit edilmektedir. Nitekim önceki çalışmalarda da

NDVI ile YYS arasında negatif korelasyon tespit edilmiştir (Türkyılmaz vd., 2020; Kesgin Atak ve Ersoy Tonyalıoğlu, 2020). Kış mevsiminde en düşük YYS, endüstri ve ticari üniteler ile sulanmayan ekilebilir arazidedir. Kışın sulanmayan ekilebilir arazide toprak nemi düşmekte ve ısıyı tutma kapasitesi azalmaktadır. Bu sebeple kuru toprak hızlı soğuduğundan çevresinden daha düşük YYS'ye sahip olmasına neden olmaktadır. Ayrıca kış döneminde sulanmayan ekilebilir arazilerde tarımsal ürün bulunmadığından toprak üzerinde ısıyı absorbe edip yüzeyi ısıtacak bir faktör de bulunmamaktadır. Bu nedenlerden dolayı kış mevsiminde sulanmayan ekilebilir araziler çevrelerinden daha düşük YYS'ye sahiptir. Endüstri ve ticari ünitelerin bulunduğu alan ve yapısal özellikleri, kış mevsiminde çevrelerinden daha düşük yüzey sıcaklıklarına sahip olmalarını beraberinde getirmektedir. Endüstri bölgelerinde ve tesislerinde büyük oranda beton, asfalt ve metal kullanılmaktadır. Bu malzemeler özellikle geceleri ısı kaybını artırabilir. Bunun yanı sıra düz ve açık renkli çatıya sahip olan tesislerde gelen Güneş ışığı daha fazla yansıdığından enerji birikimi gerçekleşmemekte ve yüzey ısınmamaktadır. Endüstri ve ticari ünitelerin bulunduğu alanlarda yeşil alan ve bitki örtüsünün azlığı da çevrelerine göre daha düşük YYS'ye sahip olmalarına neden olmaktadır. Kış mevsiminde kentsel alan çevresine göre daha düşük YYS'ye sahiptir. Kentsel alan içerisinde askeri ve sivil havaalanı, Organize Sanayi Bölgesi'ndeki henüz endüstri tesislerine dönüşmemiş ekilebilir alanlar, kentsel yeşil alanlar çevresine göre daha yüksek YYS'ye sahip alanlar olarak tespit edilmektedir. Kentin, çevresindeki kırsal alana göre daha sıcak olma durumunu ifade eden KIA, her bölge ve her kent için geçerli olmamaktadır. Örneğin; İstanbul (Kuşçu Şimşek, 2013) ve Viyana (Xiao vd., 2018) metropol kentlerin yoğun yapılaşmış bölgelerinde KIA etkisi gözlemlenirken çalışma alanında olduğu gibi kentlerin çevrelerinden daha soğuk olduğu ve tarım arazilerinin kentten daha yüksek YYS'ye sahip olduğu alanlar da mevcuttur (Özkök vd., 2017; Kaçmaz ve Gürbüz, 2022; Şenlik ve Yılmaz, 2023).

Çalışma alanında yaz mevsimi YYS dağılışı en yüksek YYS'ye sahip alanlar sulanmayan ekilebilir araziler ile karışık ekimin yapıldığı alanlara tekabül etmektedir. Sulanmayan ekilebilir araziler daha önce de belirtildiği üzere su içermediğinden toprakta ısıyı dengeleyecek bir unsur bulunmamaktadır. Bu nedenle yaz mevsiminde Güneş'ten gelen radyasyonu aldıklarında hızlı ısınma özelliğine sahiptir. Bunun yanında bir de buharlaşma olmadığından ısınan yüzeyin enerjisini aktarabileceği ortam oluşmadığı için sıcaklık birikimi gerçekleşmekte ve sulanmayan ekilebilir araziler yaz mevsiminde çevrelerinden daha yüksek YYS'ye sahip olmaktadır. Kentsel yerleşim içinde ise askeri ve sivil havaalanları, Baksan sanayi sitesi, Organize Sanayi Bölgesi çevresine göre daha yüksek yüzey sıcaklığına sahiptir.

Farklı çalışma alanlarında benzer sonuçların ortaya çıktığı daha önceki çalışmalarda da rastlanan bir durumdur. Literatürde en yüksek YYS'nin havaalanları ve sanayi tesislerinde olduğu pek çok çalışma bulunmaktadır (Jusuf vd, 2007; Cai vd., 2011; Mindali vd., 2015; Yamak vd., 2019; Amorim vd., 2021; Ünal Çilek, 2022; Yücer, 2023). Yaz döneminde sürekli sulanan arazi, çalışma alanında en düşük YYS'ye sahip arazi sınıfıdır. Bu durumun en büyük nedeni sürekli sulanan arazide gerçekleşen buharlaşmadır.

Yapılan analizler ve elde edilen sonuçlar neticesinde çalışma alanının kentsel yerleşiminin tamamında KIA etkisi görülmemektedir. Kış mevsiminde şehir negatif KIA etkisine sahiptir. Yani kent çevresinden daha düşük YYS'ye sahiptir. Özellikle kurak ve yarı kurak iklime sahip alanlarda kış mevsiminde kentin çevresinden soğuk olma durumuna farklı çalışmalarda da rastlanmaktadır (Yılmaz, 2015). Pozitif KIA etkisi ise çalışma alanının kurak mevsiminde yani yaz aylarında daha belirgindir. Kentsel yerleşim sınırı içerisinde KIA etkisi özellikle yaz mevsiminde askeri ve sivil havaalanı, Organize Sanayi Bölgesi, Baksan sanayi sitesinde tespit edilmiştir. Gerek çalışma alanında gerek farklı alanlarda yapılan çalışmalarda benzer sonuçları görmek mümkündür (Çiçek vd., 2013; Yılmaz, 2013; Arslan, 2016; Kaplan vd., 2018; Güneş vd., 2021). Hatta kentsel yoğunluk arttıkça ortalama YYS'nin düştüğü örnekler de mevcuttur (Ünsal ve Avcı, 2023).

Çalışma alanında yüksek YYS ve KIA etkisinin kentin bina yoğunluğunun olduğu alanlarda değil de havaalanı, sanayi bölgesi gibi belirli alanlarda ve kent dışındaki tarım arazilerinde görülmesinin birden fazla sebebinin olabileceği düşünülmektedir. Öncelikle daha önceki çalışmalarda kurak ve yarı kurak iklime sahip alanlarda kentlerin çevrelerine göre daha soğuk olabileceği belirtilmiştir (Lougeay vd., 1996; Nichol, 1996; Peña, 2009; Yılmaz, 2013). Bu kentlerin çevrelerindeki kırsal alandan daha soğuk olma durumu mevsimsel olarak farklılık göstermekte, özellikle kurak mevsimde kent içerisinde KIA etkisi artmaktadır (Cui ve de Foy, 2012). Çalışma alanı kurak ve yarı kurak iklim özelliklerine sahip olduğundan benzer iklim tipindeki alanlarda görülen, kış mevsiminde çevresindeki kırsal alandan soğuk, yaz mevsiminde ise çevresinden nispeten daha sıcak ancak tüm kentte görülmeyen KIA etkisi, Eskişehir kenti için de geçerlidir. Bunun yanı sıra çalışma alanının sahip olduğu iklim özelliklerinden dolayı gece ve gündüz sıcaklıkları arasındaki fark fazladır. Gündüz yükselen hava sıcaklıkları gece belirgin ölçüde düşmekte, kent soğumak için yeterli koşula sahip olmaktadır. Bu nedenle ısı birikimi gerçekleşmediğinden kent içerisinde yüksek KIA etkisinden söz etmek mümkün değildir. Ancak gece-gündüz arasındaki bu değişimin net etkisi ancak gece YYS çalışması yapılarak ortaya konulabilir. Eskişehir kenti çevresindeki çorak bozkır topraklarına göre yeşil

bir alandır. Bitki varlığının sıcaklığı düzenleyici etkisinden dolayı kent içi YYS çok yükselmektedir. Ayrıca Eskişehir kenti, kentsel yeşil alanı fazla olan, neredeyse her sokağında ve caddesinde ağaçlandırmanın bulunduğu peyzaja sahiptir (Foto 2.). Bu durumun kent içerisinde yüksek YYS ve KIA etkisini önlediği düşünülmektedir.



Foto7.2. Kentin farklı yerlerindeki peyzaj ve ağaçlandırma alanları

Su kütlelerinin KIA etkisini azalttığı önceki bölümlerde belirtilmiştir. Eskişehir kentini baştan başa kat eden Porsuk Nehri'nin varlığı YYS ve KIA üzerinde etkilidir. Özellikle yoğun yapılaşmanın görüldüğü alanlarda Porsuk Nehri ve çevresindeki bitki varlığının, YYS'yi düşürdüğü ve KIA etkisini azalttığı düşünülmektedir (Foto 3).

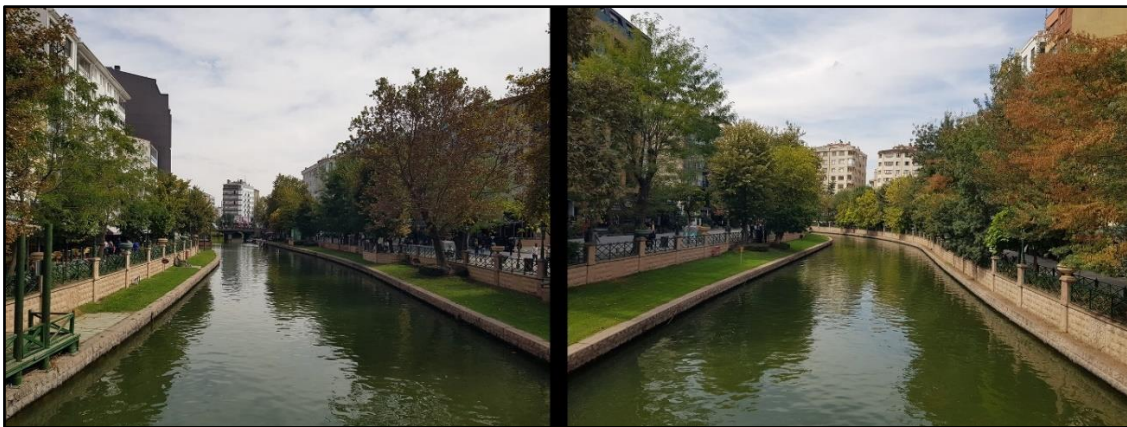


Foto7.3. Kent merkezinde yoğun yapılaşmanın olduğu alandaki Porsuk Nehri

Çalışma alanında KIA etkisinin yoğun olarak hissedilmemesinin ve yapılaşmanın olduğu alanlarda yüksek YYS değerlerinin olmamasının bir diğer sebebi olarak imar planlarının olduğu düşünülmektedir. Eskişehir kentinde konut alanlarında 4-5 kata imar izni verilmektedir. Daha yüksek katlı binalar kentin daha geniş caddelerinde yer almaktadır ve çoğu eski dönem yapılarıdır. Yüksek katlı yapılardan ziyade az katlı ve yatay mimariye daha yakın bir düzen kentte hava sirkülasyonunu sağlamak ve ısı birikiminin önüne geçmektedir. Yapılar az katlı olduğunda zemine ulaşan Güneş radyasyonu dağılma imkânı bulmakta, zemin soğumak için uygun koşullara sahip olmaktadır.

1990-2018 yılları arasında AÖAK'daki değişimin YYS ve KIA'ya etkisinin araştırıldığı bu çalışmada yoğun kentsel alanda belirgin KIA etkisi tespit edilememiş, en yüksek sıcaklıklar kış mevsiminde sürekli sulanan arazilerde; yaz mevsiminde havaalanlarında ve Organize Sanayi Bölgesi'nde, sulanmayan ekilebilir arazide ölçülmüştür. Çalışma alanında kullanılan uydu görüntülerinin alındığı zaman dilimi gündüz saatleri olduğundan bu sonuçlara ulaşmak, literatürde de benzer örnekleri görüldüğü üzere mümkündür. Yapılan bu tez çalışmasının ve ortaya konulan sonuçların, karar vericiler için sürdürülebilir kent iklimi politikaları belirlemede yol gösterici olması beklenmektedir.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kentler, sahip oldukları çekicilikler nedeniyle nüfusu giderek artan yerleşim birimleridir. Nüfusun artması, başta barınma ihtiyacı sebebiyle konut ihtiyacını artırmakta, gerek sosyo-kültürel gerek ekonomik anlamda pek çok ihtiyacın ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Bu ihtiyaçları karşılamak amacıyla doğal kaynaklar üzerindeki baskı artmakta ve arazi kullanımını farklılaşmaktadır. AÖAK'nın ihtiyaçlar doğrultusunda değişimi bir dizi sorunu beraberinde getirmektedir. Özellikle kentsel alanlarda bilinçsizce değiştirilen arazi yapıları kent iklimini etkilemekte, çoğu zaman geri dönüşü olmayan sonuçlara sebep olmaktadır. Küresel iklim değişimini etkileyen ve ondan etkilenen en önemli alanlardan biri olan kentlerdeki iklim değişimi atmosferik süreçlerden, hidrolojik döngüye, ekolojik düzenin bozulmasından insan sağlığına kadar geniş çaplı etkiye sahiptir. Bu nedenle bu tez çalışmasında Eskişehir kent yerleşimi ve yakın çevresinde AÖAK'nın KIA'ya olan etkisinin araştırılması amaçlanmaktadır. Tezin ana hipotezi “Eskişehir kent merkezi ve yakın çevresinde AÖAK değişmekte, bu değişim YYS'yi ve KIA etkisini artırmaktadır”dır. Ana hipotez çerçevesinde araştırılan diğer hipotezler:

H1: Eskişehir'de arazi örtüsündeki değişim yapay alanların arttığı bir boyutta gerçekleşmiştir.

H2: Çalışma alanında AÖAK'daki değişim en fazla tarım alanları ve yerleşim alanlarında; en az değişim ise ormanlık alanlarda olmuştur.

H3: Eskişehir kent merkezi ve çevresinde YYS artış eğilimi göstermektedir. Bu durumun ana nedeni büyüyen kentsel alandır.

H4: Kentin yıllar içinde gösterdiği büyüme, KIA'nın odağının değişmesine ve birden fazla odak noktası oluşumuna neden olmuştur.

H5: Çalışma alanında arazi kullanımında sürdürülebilirlik sağlanmazsa, KIA etkisi giderek büyüyecek ve birden fazla noktada ciddi etkilere sebep olacaktır.

Bu hipotezler çalışmada farklı veriler ve yöntemler kullanılarak test edilmiş ve sonuca ulaşılmıştır.

H1'in test edilmesinde CORINE arazi örtüsüne ait veriler ve 3. düzey sınıflandırma kullanılmıştır. Buna göre yapay alanlar sınıfında sürekli kentsel alan, süreksiz kentsel alan, endüstri ve ticari üniteler, havaalanı, maden çıkarım sahası, inşaat siteleri, kentsel yeşil alan ve spor ve eğlence tesisleri yer almaktadır. Araştırma dönemi boyunca (1990-2018) bir tek sürekli

kentsel alan sınıfında alansal küçülme meydana gelmiş, maden çıkarım sahaları sabit kalmış, diğer tüm sınıfların alanı büyümüştür. Bu durumda KIA için önemli arazi sınıflarından olan endüstri ve ticari üniteler, havaalanları, süreksiz kentsel alan ve kentsel yeşil alanların büyüdüğü söylenebilmektedir.

H2’de çalışma alanında en fazla değişimin tarım alanları ve yerleşim alanlarında; en az değişim ise ormanlık alanlarda olduğu ön görülmüş ancak yapılan testlerde değişimin bu yönde olmadığı tespit edilmiştir. Çalışma alanında 1990-2018 yılları arasında en fazla alansal değişim endüstri ve ticari ünitelerde gerçekleşmekte, sonrasında sırasıyla sulanmayan ekilebilir arazi ile sürekli sulanan arazi gelmektedir. En az değişim ise maden çıkarım sahaları ile önemli bitki örtüsüne sahip tarım alanlarında tespit edilmektedir.

H3’e yönelik yapılan testlerde YYS’de artış tespit edilmiştir ancak bu her arazi örtüsü için ve her mevsim için geçerli değildir. Örneğin; sürekli kentsel alanın yaz mevsiminde ortalama YYS artarken, kış mevsiminde azalmaktadır. Süreksiz kentsel alanın hem yaz hem kış mevsiminde ortalama YYS’inde düşüş gözlenmektedir. Endüstri ve ticari ünitelerin yaz mevsimi yüzey sıcaklığında araştırma yılları içerisinde önce artış sonra azalış meydana gelmektedir ve 1990-2018 yılları arasında yaz mevsimi YYS değişimi önemli ölçüde değildir. Kış mevsiminde ise ortalama YYS’de azalma gözlenmektedir. Havaalanı sınıfında yaz mevsiminde YYS değeri artmakta, kış mevsiminde azalmaktadır. Kentsel yeşil alanlarda hem yaz hem kış mevsiminde ortalama YYS azalmaktadır. Sulanmayan ekilebilir arazide ortalama yaz YYS artmış, kış YYS azalmıştır. Sürekli sulanan arazide ise hem yaz hem kış mevsimi ortalama YYS’si azalmaktadır. Bu durumda Eskişehir kent merkezi ve çevresinde artış gösteren YYS, her arazi sınıfı için geçerli değildir ve YYS’de artış yalnızca süreksiz kentsel alanda yaz mevsiminde tespit edilmektedir.

H4’te ileri sürülen kentsel alanın gösterdiği büyümenin KIA’nın odağının değişmesine ve birden fazla odak noktasının oluşmasına dair ileri sürülen hipotez test edildiğinde büyük oranda hipotezle paralel sonuçlara ulaşılmaktadır. KIA’nın odak noktası çok fazla değişmemekte ancak gerek kentsel sınır içerisinde gerek çalışma alanının genelinde birden fazla KIA etkisinin görüldüğü odak noktası meydana gelmektedir. Özellikle 1990 yılında havaalanları ve endüstri bölgeleri kentle bu kadar iç içe değilken bu alanların yüksek YYS’si KIA oluşturma bakımından risk taşımamaktadır. Ancak zamanla büyüyen kentsel alanla birlikte söz konusu bölgelerin çevresindeki AÖAK değişimi, havaalanları ve endüstri bölgelerindeki yüzey sıcaklıklarının hem nicelik hem de alansal olarak artışına neden olmaktadır.

H5: Çalışma alanında arazi kullanımındaki sürdürülebilirlik yalnızca KIA etkisi için değil, kent ve kıra ait tüm süreçler için önem teşkil etmektedir. Bu tez çalışması özelinde düşünüldüğünde özellikle tarım arazilerinin endüstri ve ticari üniteler gibi yapay zeminlere dönüşmesi arazi kullanımında sürdürülebilirlikten oldukça uzak bir politikadır. Bu durum ilerleyen zamanda sadece YYS ve KIA etkisini artırmakla kalmayıp, başta tarım faaliyetleri ve tarımsal ürün kalitesi ile ilgili pek çok unsuru olumsuz etkileyecektir. Benzer şekilde tarım arazilerinin yerleşim alanına dönüştürülmesi de aynı sonuçlara neden olacaktır. Ancak kentsel yeşil alanların çalışma alanında fazla olması KIA'yı önlemek adına atılan doğru adımlardan birisidir. Gerek kent ormanının kentsel yerleşim ile birlikte bulunması, gerek cadde ve sokaklardaki peyzajın düzenli ve ağaç formunda olması gerekse kentte çok sayıda yeşil alanın bulunması kentsel yerleşim içinde KIA'yı azaltmaktadır.

Bu tez çalışmasında yapılan analizler sonucunda Eskişehir kentinde yoğun yapılaşmanın olduğu alanlarda ciddi tehdit oluşturabilecek düzeyde KIA etkisine rastlanmamıştır. Ancak bu ilerleyen yıllarda da kent iklimi için tehdit oluşturmayacağı anlamına gelmemektedir. Ekolojik dengeyi bozacak veya sürdürülebilir arazi kullanımından uzak politikalar kent iklimini etkileyecek ve KIA etkisini artıracaktır. Bu nedenle KIA etkisini azaltmak ve önlemek adına birtakım önlemlerin alınması gerekmektedir.

Eskişehir kenti için kent iklimi açısından risk olsun veya olmasın atılabilecek ilk adım kent iklimine dair duyarlılık haritası oluşturmaktır. Dijital ve belirli aralıklarla güncellenen, CBS ve UA destekli haritalarla birlikte kentte mikroklima alanları dahil ayrıntılı haritalama gerçekleştirilmeli, risk taşıyan alanlardan taşımayan alanlara kadar müdahale ölçekleri belirlenmelidir. Risk altında olan alanların nedenleri ve çözüm seçenekleri incelenmeli, gerekli politikalar uygulanmalıdır. Bu politikalar kent dinamiklerine uygun, çevreci ve sürdürülebilir uygulamalar olmalıdır. Örneğin; riskli alanlarda zemin kaplama malzemelerinin açık renkli olması, çatı bahçeleri, yeşil çatı ve yeşil duvar uygulamaları, ağaçlandırma ve bitkiyle kaplı alanlar gibi uygulamalar tek başına yeterli olmasa da KIA etkisini azaltmada atılacak etkili adımlardandır. Kent iklimi ve KIA, kent ve imar planlarından etkilenmektedir. Bu sebeple kent içi düzenlemelerde imar planlarının hem yerleşme hem de kent iklimi açısından elverişli olması, bunun gerekli mevzuatlar ve imar planlarıyla desteklenmesi gerekmektedir. Yapılaşma düzenlerinin hava sirkülasyonunu engellemeyecek şekilde olması, rüzgarın kent içinde serbestçe dolaşabilmesi açısından önem teşkil etmektedir. Hava sirkülasyonu ve rüzgar akımlarının engellenmemesi kent içi havayı serinleteceğinden KIA etkisini azaltmaktadır. Bunun yanı sıra binaların kat yüksekliğinin az olması, bina aralarında boşluk bırakılması ve bu

boşlukların bitkilendirme faaliyetleri ile değerlendirilmesi atılacak önemli adımlardandır. Eskişehir kentinde uygulanan mevcut imar planıyla sokak içlerinde yüksek katlı binalara rastlanmamakta, yüksek katlı binalar, ticarethaneler ve işyerleri caddelerde yer almaktadır. İmar planlarında kent içi ulaşım sistemleri de ayrıntılı planlamalıdır. Taşıt trafiğinden kaynaklı egzoz ve ısı yayılması kentte hem ısınmaya hem kirliliğe yol açmaktadır. Bu nedenle yapılaşmanın yoğun, cadde ve sokak genişliklerinin dar olduğu alanlarda yayalaştırma veya temiz enerji kaynaklı toplu taşıma politikaları izlenerek kent iklimi adına olumlu adımlar atılabilir. Kentteki mevcut yeşil alanlar korunmalı, riskli veya yapılaşmanın daha yoğun olduğu alanlarda yeşil alan varlığı artırılmalıdır. Özellikle ağaç formundaki bitkiler tercih edilmelidir. Kent içinde cephe olarak geniş yer kaplayan AVM, hastane, plaza, otel, otopark gibi yapıların dış cephelerinde açık renkli, sıcaklığı hapsedmeyen, ayna ve cam gibi yüksek yansıtıcı özelliğe sahip olmayan malzeme kullanılmalı, enerji tüketimleri sürdürülebilir kent iklimine uygun olarak yeniden düzenlenmelidir.

Elde edilen bulgular, açıklanan strateji ve öneriler doğrultusunda Eskişehir kentsel yerleşim bölgesinde KIA etkisini önlemek adına yapılacak çalışmalar ve uygulamalar ilgili karar vericiler tarafından önemle üzerinde durulması gereken konulardandır. Oluşturulan politika ve çalışmalarda birden fazla disiplinden uzman kişilerin bulunması gerekmektedir. Çünkü kent, bir sistemler bütünüdür. Bu sistemin her parçası farklı bakış açısıyla kent iklimini değerlendirmeli, uzmanlıkları ölçüsünde sürdürülebilir kararlar ortaya koymalıdır. Kentte yaşamının yalnızca barınma ve ulaşımdan ibaret olmadığı göz önünde bulundurulmalı, kent ekolojisini korumaya yönelik adımlar atılmalıdır. Plansız kentleşmenin gerçekleştiği veya mevcut planların yetersiz olduğu yaklaşımlardan uzaklaşılmalı hem kentin sağlığını hem de kentte yaşayan nüfusun yaşam kalitesini yükseltecek uygulamalar benimsenmelidir.

KAYNAKÇA

Agarwal, R., Sharma, U., & Taxak, A. (2014). Remote Sensing Based Assessment of Urban Heat Island Phenomenon in Nagpur Metropolitan Area. *International Journal of Computers and Technology*, 4(11), 1069-1074.

Akbari, H. (2002). Shade Trees Reduce Building Energy Use and CO² Emissions from Power Plants. *Environmental Pollution*, 116, 119-126.

Akbari, H., Rosenfeld, A. H. & Taha, H. (1990). *Summer Heat Island, Urban Trees and White Surfaces*. Energy Analysis Program, Center of Building Science Division Lawrence Berkeley National Laboratory, Report No: LBL-28308

Akgöz, R. (2009). *Madra Dağı ve Çevresindeki Orman Ağaç Türleri ve Sıklık Derecelerinin Coğrafi Dağılışının Uzaktan Algılama Teknikleri ile Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya (Türkiye Coğrafyası) Anabilim Dalı, Ankara.

Akkurt, A. (2020). *Arazi Örtüsü/Kullanım Değişimlerinin Yer Yüzey Sıcaklığına Olan Etkisinin Araştırılması (Eskişehir İli Örneği)*. (Yüksek Lisans Tezi). Eskişehir Teknik Üniversitesi Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Eskişehir.

Akyürek, Ö. (2020). Termal Uzaktan Algılama Görüntüleri ile Yüzey Sıcaklıklarının Belirlenmesi: Kocaeli Örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 6 (2), 377-390.

Albek, S. (1991). Dorylaion'dan Eskişehir'e. Eskişehir Anadolu Üniversitesi Basımevi.

Al-doski, J., Mansor, S. & Shafri, H. Z. M. (2013). Change Detectinon Process and Techniques. *Civil and Environmental Research*, 3 (10), 37-46.

Alevkayalı, Ç. & Tağıl, Ş. (2018). Ortak Malların Trajedisi Üzerine Teoriler: Gediz Deltası'nda Arazi Kullanımı-Örtüsü Değişimi. *SDÜ Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 43, 120-142.

Alkan, A., Adıgüzel, F., Kaya, E. (2017). Batman Kentinde Kentsel Isınmanın Azaltılmasında Yeşil Alanların Önemi. *Coğrafya Dergisi*, 34, 62-76

Almashharawi, A. A. S. (2021). Modeling Land Use/Land Cover Change Using Remote Sensing and Geographic Information Systems: A Case Study of Gaza Strip, Palestine, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Altunel, E., & Barka, A. (1998). Eskişehir Fay Zonu'nun İnönü-Sultandere Arasındaki Neotektonik Aktivitesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 41-52.

Amorim, M. C. C. T., Dubreuil, V., Amorim, A. T. (2021). Day and Night Surface and Atmospheric Heat Island in a Continental and Temperate Tropical Environment. *Urban Climate*, 38.

Anandababu D., Puruhothaman B. M. & Babu S.S. (2018). Estimation of Land Surface Temperature Using Landsat 8 Data. *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology*, 4(2), 177- 186.

Anderson, M. C., Kustas, W. P., Norman, J. M., Hain, C. R., Mecikalski, J. R., Schultz, L., Gonzalez-Dugo, M. P., Cammalleri, C., D'Urso, G., Pimstein, A. & Gao, F. (2011). Mapping Daily Evapotranspiration at Field to Continental Scales Using Geostationary and Polar Orbiting Satellite Imagery. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 15, 223–239.

Ardahanhoğlu, Z. R. (2023). Kayaköy-Hisarönü (Fethiye) ve Yakın Çevresinde Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü ile Arazi Yüzey Sıcaklığının Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma, *International Academic Social Resources Journal*, 8(54), 4013-4022. e-ISSN: 2636-7637.

Ardos, M. (1995). *Türkiye Ovalarının Jeomorfolojisi* (Cilt 2). İstanbul: Çantay Kitabevi.

Arı, S., Ocak, A., & Öztürk, D. (2013). Büyükyayla (Eskişehir) Florasına Katkılar. *AKÜ Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13, 15-24.

Aslan, N. (2016). *Landsat Uydu Görüntülerinden Kentsel Isı Adalarının Belirlenmesi: Batı Akdeniz Bölgesi Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi). Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı, Antalya.

Aslan, N. & Koç San, D. (2016). Analysis of Relationship Between Urban Heat Island Effect and Land Use/Cover Type Using Landsat 7 ETM+ and Landsat 8 OLI Images. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXIII ISPRS Congress, Prague- Czech Republic*, s. 821-828

Atalay, İ. (1989). *Toprak Coğrafyası*. İzmir: Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları No:8.

Avdan, U. & Jovanovska Kaplan, G. (2016). Algorithm for Automated Mapping of Land Surface Temperature Using LANDSAT 8 Satellite Data. *Journal of Sensors*, 1(8). <https://doi.org/10.1155/2016/1480307>.

Avrupa Birliği Türkiye Delegasyonu, (2010). *AB Öncülüğünde İklim Değişikliği ile Mücadele*, ISBN: 978-92-79-15515-4, Lüksemburg.

Ay, F. (2024). *Assessment of Spatial/Temporal Variability of Urban Heat Island Effect: A Case Study in The Central Districts of İzmir.* (Yüksek Lisans Tezi), İzmir Yüksek Teknoloji Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Ayday, C. (2004). Uzaktan Algılama (UCS 501) Ders Notları, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Eskişehir.

Aygün, C., Sever, A. L., Kara, İ., Erdoğan, İ. & Atalay, A. K. (2016). Eskişehir Meralarında Otlatmanın Planlamasında NDVI Verilerinin Kullanılması. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25 (1), 69-77.

Bahi, H., Mastouri, H., & Radoine, H. (2020). Review of Methods for Retrieving Urban Heat Island. *Materials Today: Proceedings*, 27, 3004-3009. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.03.272>

Balázs, B., Unger, J., Gál, T., Sümeghy, Z., Geiger, J. & Szegedi S. (2009). Simulation of the Mean Urban Heat Island Using 2d Surface Parameters: Empirical Modelling, Verification and Extension, *RMetS Meteorological Applications Meteorol. Appl.* 16, 275-287.

Baldwin, M., Kellogg, C., & Thorp, J. (1938). *Soil Classification*. 1938 içinde, Soils and Men, Washington, DC: U.S. Department of Agriculture U.S. Govt. Printing Office, s. 979-1001.

Balta, E. (2005). *Eskişehir'in Çevre Sorunları.* (Doktora Tezi). Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya (Fiziki Coğrafya) Anabilim Dalı.

Barış, M. E. (2005). *Kent Planlaması, Kent Ekosistemleri ve Ağaçlar.* Planlama TMMOB Şehir Plancıları Odası Yayını, 2005 (4), 156-163, ISSN 1300-7319.

Barka, A., Reilinger, R., Şaroğlu, F., & Şengör, A. M. (1995). The Isparta Angle: Its Importance in the Neotectonics of the Eastern Mediterranean Region. Ö. E. Pişkin (Dü.), International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region, *Proceedings*, s. 3-17.

Barradas, V. L. (1991). Air Temperature and Humidity and Human Comfort Index of Some City Parks of Mexico City. *International Journal of Biometeorology*, 35, 24-28.

Barsi, J., Schott, J., Hook, S., Raqueno, N., Markham, B. & Radocinski, R. (2014). Landsat-8 Thermal Infrared Sensor (TIRS) Vicarious Radiometric Calibration. *Remote Sensing*, 6(11), 11607- 11626.

- Baysal, D.** (2006). *Eskişehir Kentsel Yerleşim Alanının Farklı Yıllara Ait Fiziksel Değişiminin Uzaktan Algılama Yöntemi ile Değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı.
- Bhang, K. J., & Park, S. S.** (2009). Evaluation of The Surface Temperature Variation With Surface Settings on The Urban Heat Island in Seoul, Korea, Using Landsat 7 ETM+ and SPOT. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 6(4), 708-712.
- Cai, G., Du, M. & Xue, Y.** (2011). Monitoring of Urban Heat Island Effect in Beijing Combining ASTER and TM Data. *International Journal of Remote Sensing*, 32 (5), 1213-1232.
- Campbell, J. B. & Wynne, R. H.** (2011). *Introduction to Remote Sensing*. Guilford Press.
- Canan, F.** (2017). Kent Geometrisine Bağlı Olarak Kentsel Isı Adası Etkisinin Belirlenmesi: Konya Örneği. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32 (3), 69-80.
- Carlson, T. & Ripley, D. A.** (1997). On the Relation Between NDVI, Fractional Vegetation Cover, and Leaf Area Index. *Remote Sensing of Environment*, 62(3), 241-252.
- Chander, G. & Groeneveld, D. P.** (2009). Intra-annual NDVI Validation of the Landsat 5 TM Radiometric Calibration. *International Journal of Remote Sensing*, 30(6), 1621-1628. doi: 10.1080/01431160802524545.
- Chander, G. & Markham, B.** (2003). Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(11), 2674-2677.
- Chandler, T. J.** (1965). *London Weather*. Hutchinson, London
- Chen, Y. C., Chiu, H. W., Su, Y. F., Wu, Y. C. & Cheng, K. S.** (2017). Does Urbanization Increase Diurnal Land Surface Temperature Variation? Evidence and Implications. *Landsc. Urban Plan.* 157, 247–258.
- Coll, C., Galve, J. M., Sánchez, J. M. & Caselles, V.** (2010). Validation of Landsat-7/ETM+ Thermal-band Calibration and Atmospheric Correction With Ground-based Measurements. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions*, 48(1), 547–555.
- Copernicus Climate Change Service** (2024). *The 2023 Annual Climate Summary, Global Climate Highlights 2023*. [Erişim: 17.01.2024, <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2023>].

Cui, Y. Y., & de Foy, B. (2012). Seasonal Variations of the Urban Heat Island at the Surface and the Near-Surface and Reductions due to Urban Vegetation in Mexico City. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 51(5), 855-868. doi:10.1175/JAMC-D-11-0104.1

Çabuk, S. N., Işık, Ö., Çabuk, A., Ersoy, M. (2009). GIS Aided Design Within The Concept of Design With Nature: The Role of Landscape Architect, *4th International Urban Design Congress*, İstanbul, DOI10.13140/2.1.4599.8408.

Çalhan, E. & Özelkan, E. (2022). Şehirleşmenin Yer Yüzeyi Sıcaklıklarına Etkisinin İncelenmesi: Denizli İli Kent Merkezi Örneği. *Journal of Research in Atmospheric Science*, 4 (1), 20-30.

ÇED ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü, (2023). *Eskişehir İli 2022 Yılı Çevre Durum Raporu*. Türkiye Cumhuriyeti Eskişehir Valiliği Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, Eskişehir.

Çelik B. (2013). *Yeryüzü Sıcaklıklarının Uzaktan Algılama Tekniği ile Belirlenmesi: Tek-Kanal Yöntemi*. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 335869.

Çelik, B. (2019). *Arazi Örtüsü Değişimlerinin Kentsel Isı Adalarına Olan Etkilerinin Zamansal ve Mekânsal Olarak Araştırılması*. (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Çelik, N. (1994). Eskişehir Yakın Çevresinin Vejetasyonu ve Odunsu Bitkileri. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Çiçek, A., Uysal, E., Köse, E., & Tokatlı, C. (2017). Eskişehir'de Yer Alan Bazı Sulama Göletlerinin Su Kalitesinin Değerlendirilmesi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6 (Özel sayı), 440-446. doi:DOI: 10.17100/nevbiltek.319890

Çiçek, İ., Yılmaz, E., Türkoğlu, N. & Çalışkan, O. (2013). Ankara Şehrinde Yüzey Sıcaklıklarının Arazi Örtüsüne Göre Mevsimsel Değişimi. *International Journal of Human Sciences*. 10(1), 621-640.

Çiçek,İ. & Doğan, U. (2005). Ankara'da Şehir Isı Adasının İncelenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 3 (1), 57-72.

Çivi, A., Akgündüz, E., Kalaycı, K., İnan, Ç., Sarıca E. & Toru, E. (2009). *Corine (Coordination of information on the environment) Projesi*. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 02-06 Kasım 2009, İzmir, s. 1-10,

Çoban, H. O., Koç, A. & Eker, M. (2010). Investigation on Changes in Complex Vegetation Coverage Using Multi-Temporal Landsat Data of Western Black Sea Region-A Case Study. *Journal of Environmental Biology*, 31(1/2), 169-178.

Das, M. & Das, A. (2020a). Assessing the Relationship Between Local Climatic Zones (Lczs) And Land Surface Temperature (LST) –A Case Study of Sriniketan-Santiniketan Planning Area (SSPA), West Bengal, India. *Urban Climate* 32, 100591. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100591>.

Das, M., Das, A. & Mandal, S. (2020b). Outdoor Thermal Comfort in Different Settings of a Tropical Planning Region of Eastern India By Adopting Lczs Approach: A Case Study on Sriniketan-Santiniketan Planning Area (SSPA). *Sustainable Cities and Society*, 102433. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102433>

Debbage, N. (2013). Sky-View Factor Estimation: A Case Study of Athens, Georgia. *Geographical Bulletin-Gamma Theta Upsilon*, 54(1), 49-57.

Demir, M. (2021). CORINE Sistemine Göre Kars İlinde Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı, Değişimi ve Projeksiyonu. *Coğrafya Dergisi*, (43), 93-110.

Dengiz, O ve Demirağ Turan, İ. (2014). Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknikleri Kullanılarak Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı Zamansal Değişimin Belirlenmesi: Samsun Merkez İlçesi Örneği (1984-2011). *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 1, 78-90.

Dickinson, R. E. (1994). *Satellite Systems and Models For Future Climate Change*. In: H Enderson Sellers, A. (Ed.), *Future Climates Of The World: A Modelling Perspective*. Elsevier, World Survey of Climatology., 2716.

Doğru, H. (2005). *XVI. Yüzyılda Eskişehir ve Sultanönü Sancağı*. Ankara: AFA Yayınları.

Dong, W., Liu, Z., Zhang, L., Tang, Q., Liao, H. & Li, X. (2014). Assessing Heat Health Risk for Sustainability in Beijing's Urban Heat Island. *Sustainability* 6, 7334–7357.

Du, H., Zhou, F., Li, C., Cai, W., Jiang, H. & Cai, Y. (2020). Analysis of The Impact of Land Use on Spatiotemporal Patterns of Surface Urban Heat Island in Rapid Urbanization, A Case Study Of Shanghai, China. *Sustainability* 12, 1171.

Duman Yüksel, Ü. (2005). Ankara Kentinde Kentsel Isı Adası Etkilerinin Yaz Aylarında Uzaktan Algılama ve Meteorolojik Gözlemlere Dayalı Olarak Saptanması ve Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma. (Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Ankara.

Duran, C. (2007). Uzaktan Algılama Teknikleri ile Bitki Örtüsü Analizi, *Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Müdürlüğü DOA Dergisi*, 3, 45-67.

Dutta, I. & Das, A. (2020). Exploring the Spatio-temporal Pattern of Regional Heat Island (RHI) in an Urban Agglomeration of Secondary Cities in Eastern India. *Urban Climate* 34, 100679. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100679>.

Efe, A. (1998). *Eskişehir Demiryolu*. (Yüksek Lisans Tezi). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Erlat, E. (2003). *İzmir'in Hava Tipleri Klimatolojisi*. Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları, No:121, İzmir

Erol, O. (2004). *Genel Klimatoloji*. Çantay Kitabevi, İstanbul

Ersoy Tonyaloğlu, E. (2019). Kentleşmenin Kentsel Termal Çevre Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi, Efeler ve İncirliova (Aydın) Örneği. *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 1-13.

Ertin, G. (1994). *Eskişehir Kentinde Yerleşmenin Evrimi* (Cilt no: 773). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.

Esen, E., Yakal, M., Gökçen, M., Mumcu, N., Türkman, M., Dirik, M., & Atalay, E. (1975). *DSİ-Eskişehir ve Önü ovaları hidrojeolojik etüt raporu*.

Eskişehir İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. (2023). *T.C Kültür ve Turizm Bakanlığı. T.C Kültür ve Turizm Bakanlığı-İklim ve Bitki Örtüsü*: [Erişim: 11.11.2023, <https://eskisehir.ktb.gov.tr/TR-111593/iklim-ve-bitki-ortusu.html#:~:text=İlimizde%20582.505%20hektar%20işlenen%20tarım,kalkersiz%20kahve rengi%20orman%20toprakları%20bulunmaktadır>)

Eskişehir İl Yıllığı. (1967). Ankara: Türk Matbaacılık Sanayi.

Eskişehir Sanayi Odası. (2023). *Ekonomik Durum ve Beklenti Raporu*. Eskişehir: Eskişehir Sanayi Odası.

Eskişehir Teknik Üniversitesi. (2024). Eskişehir Teknik Üniversitesi Hasan Polatkan Havalimanı. *Havalimanı Tarihçesi*: [Erişim: 17.01.2024, <https://hph.eskisehir.edu.tr/tr/Icerik/Detay/havalimani-tarihcesi>]

ESRI. (2024). *History of GIS*. [Erişim: 17.01.2024, <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/history-of-gis>].

- Estoque, R. C., Murayama, Y., Myint, S. W.** (2017). Effects Of Landscape Composition and Pattern on Land Surface Temperature: An Urban Heat Island Study in The Megacities Of Southeast Asia. *Sci. Total Environ.* 577, 349–359.
- Fonji, S. F. & Taff, G. N.** (2014). Using Satellite Data to Monitor Land-Use Land-Cover Change in North-Eastern Latvia. *Springer Plus*, 3 (61). doi:10.1186/2193-1801-3-61
- Fonseka, H. P. U., Zhang, H., Sun, Y., Su, H., Lin, H. & Lin, Y.** (2019). Urbanization and Its Impacts on Land Surface Temperature in Colombo Metropolitan Area, Sri Lanka, From 1988 to 2016. *Rem. Sens.* 11 (8), 957.
- Gandhi, G.M., Parthiban, S., Thummalu, N., Christy, A.** (2015). NDVI: Vegetation change detection using remote sensing and gis – a case study of Vellore District. *Procedia Comput Sci.* 57, 1199–1210.
- Gerçek, D., Türkmenoğlu Bayraktar, N.** (2014). Kentsel Isı Adası Etkisinin Uzaktan Algılama ile Tespiti ve Değerlendirilmesi: İzmit Kenti Örneği. 5. *Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu* (UZAL-CBS 2014), İzmit.
- Giannini, M. B., Belfiore, O. R., Parenta, C., Santamaria, R.** (2015). Land Surface Temperature From Landsat 5 Tm Images: Comparison Of Different Methods Using Airborne Thermal Data. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 8(3), 83-90.
- Gibson, P. J.** (2000). *Introductory Remote Sensing- Principles and Concepts*. Routledge
- Gillespie, A., Rokugawa, S., Matsunaga, T., Cothorn, J. S., Hook, S., Kahle, A. B.** (1998). A Temperature and Emissivity Separation Algorithm for Advanced Spaceborn Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Images. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 36 (4), 1113-1126.
- Guerri, G., Crisci, A., Messeri, A., Congedo, L., Munafò, M., Morabito, M.** (2021). Thermal Summer Diurnal Hot-Spot Analysis: The Role of Local Urban Features Layers. *Remote Sens.*, 13, 538. <https://doi.org/10.3390/rs13030538>.
- Guo, Z., Wang, S. D., Cheng, M.M., Shu, Y.** (2012). Assess The Effect Of Different Degrees Of Urbanization on Land Surface Temperature Using Remote Sensing Images. *Procedia Environmental Sciences*, 13, 935-942.
- Gündoğdu, K. S. & Bantchina, B. B.** (2018). Landsat Uydu Görüntülerinden NDVI Değer Dağılımının Parsel Bazlı Değerlendirilmesi: Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Çiftlik Arazisi Örneği. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(2), 45-53.

- Güneş, C. & Uyguçgil, H.** (2022). Sakarya Nehri'nin İnhisar (Bilecik) Çevresindeki 6 yıllık Arazi Kullanım değişiminin Uzaktan Algılama Tabanlı İncelenmesi. *Turkish Journal of Remote Sensing and GIS*. 3(2), 112-125.
- Güneş, C., Pekkan, E. & Tün, M.** (2021). Eskişehir Kent Merkezinde Yer Alan Üniversite Kampüslerindeki Kentsel Isı Adası Etkilerinin Landsat-8 Uydu Görüntüleri Üzerinden Araştırılması. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4(1), 22-32.
- Güneş, İ., & Yakut, K.** (2007). *Osmanlı'dan Cumhuriyet'e Eskişehir (1840-1923)*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Gürcüoğlu, M. F.** (1996). *Eskişehir: Etam Matbaa Tesisleri*, Eskişehir.
- Güven, S.** (2006). Coğrafya ile İletişim İlişkilerine Eskişehir Örneği. (Yüksek Lisans Tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, Afyon.
- Hain, C. R., Crow, W. T., Mecikalski, J. R., Anderson, M. C., Holmes, T.** (2011). An Intercomparison Of Available Soil Moisture Estimates From Thermal Infrared and Passive Microwave Remote Sensing and Land Surface Modeling. *J.Geophys. Res. Atmos.* 116.
- Hatfield, J., Asrar, G. & Kanemasu, E. T.** (1984). Intercepted Photosynthetically Active Radiation Estimated by Spectral Reflectance. *Remote Sensing of Environment*, 14(1-3), 65-75.
- Herrington, L.P.**, (1977). The Role of Urban Forests in Reducing Urban Energy Consumption. *Proceedings of the Society of American Foresters Conference*, Washington, D.C., 60-66.
- Herrington, L. P., Bertolin, G. E. ve Leonard R. E.**, (1972). Microclimate of a Suburban Park. *Proceedings of the Conference on the Urban Environment*, A.M.S., Boston, 43-44.
- Heyer, W.** (1992). *Witterung und Klima*. Bauverlag GMBH, 274, Stuttgart.
- Howard, L.** (1818). *The Climate of London: Deduced from Meteorological Observations, Made at Different Places in the Neighbourhood of the Metropolis* (Vol. 1). W. Phillips, George Yard, Lombard Street, sold also by J. and A. Arch, Cornhill; Baldwin, Cradock, and Joy, and W. Bent, Paternoster Row; and J. Hatchard, Picadilly.
- Hulley, G. C., Ghent, D., Göttsche, F. M., Guillevic, P. C., Mildrexler, D. J., Coll, C.** (2019). Taking the Temperature of the Earth Steps Towards Integrated Understanding of Variability and Change. (Ed. Glynn C. Hulley & Darren Ghent). *Land Surface Temperature* (Chapter 3), Elsevier, s. 57-127.

Husain, M. A., Kumar, P. & Gönençgil, B. (2023). Assessment of Spatio-temporal Land Use/Cover Change and Its Effect on Land Surface Temperature in Lahaul and Spiti, India. *Land*, 12.

Imhoff, M. L., Zhang, P., Wolfe, R. E., & Bounoua, L. (2010). Remote Sensing of The Urban Heat Island Effect Across Biomes in The Continental USA. *Remote Sensing of Environment*, 114(3), 504-513.

IPCC (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

Işık Pekkan, Ö. (2018). *NDVI Değerleri Değişim Analizi: Karaburun Yarımadası, İzmir Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi). Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Eskişehir.

Işık, C., & Şanlier, K. (1988). *Sosyo-ekonomik Gelişmede Eskişehir: Nereden Nereye?* Eskişehir Ticaret Odası Yayın No:2, Eskişehir.

İlgar, E. (2008). *Kent Kimliği ve Kentsel Değişimin Kent Kimliği Boyutu: Eskişehir Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi). Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı. Eskişehir.

İnankul, Ş. (1985). *Türkiye’de Kentleşme-Sanayileşme Sürecinde Kent Merkezinin Gelişme Süreci Örnekleme Eskişehir Kent Merkezi*. (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Jauregui, E. (1991). Influence of a Large Urban Park on Temperature and Convective Precipitation in a Tropical City, *Energy and Buildings*, 15 (16), 457-463.

Jensen J. R. (2005). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. Pearson Education, Inc., New Jersey

Jiang, Y., Fu, P. & Weng, Q. (2015). Assessing The Impacts of Urbanization-Associated Land Use/Cover Change on Land Surface Temperature and Surface Moisture: A Case Study in the Midwestern United States. *Remote Sensing*, 7 (4), 4880–4898.

Jiménez-Muñoz, J. C. & Sobrino, J. A. (2003). A Generalized Single-Channel Method for Retrieving Land Surface Temperature From Remote Sensing Data. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 108 (D22).

- Johansen, B., Tømmervik, H.** (2014). The Relationship Between Phytomass, NDVI and Vegetation Communities on Svalbard. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 27, 20–30.
- Jusuf, S. K., Wong, N. H., Hagen, E., Anggoro, R., Hong, Y.** (2007). The Influence Of Land Use on The Urban Heat Island in Singapore. *Habitat International*, 31, 232-242.
- Kaçmaz, G., & Gürbüz, E.** (2022). Arazi Örtüsü Değişiminin Arazi Yüzey Sıcaklığına Etkisinin Uzaktan Algılama ve CBS Entegrasyonu ile Belirlenmesi: Aksaray İli Örneği. *Harita Dergisi*, 88 (167), 38-54.
- Kaplan, G., Yiğit Avdan, Z. & Avdan, U.** (2018). Urban Heat Island Analysis-Eskişehir, Turkey. *ISUEP2018 Uluslararası Kentleşme ve Çevre Sorunları Sempozyumu: Değişim/Dönüşüm/Özgünlük*, 28-30 Haziran 2018, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, s. 458-463.
- Karakuş, C. B.** (2019). The Impact of Land Use/Land Cover (LULC) Changes on Land Surface Temperature in Sivas City Center and its Surroundings and Assessment of Urban Heat Island. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 55, 669-684.
- Kaya, N. S., Demirağ Turan, İ., Dengiz, O. & Saygın, F.** (2020). Farklı Konumsal Çözünürlüğe Sahip Uydu Görüntüleri Kullanılarak CORINE Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Sınıflarının Belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 7(2), 207-218.
- Kaya, S., Başar, U. G., Karaca, M. & Şeker, D. Z.** (2012). Assessment of Urban Heat Islands Using Remotely Sensed Data. *Ekoloji*, 21 (84), 107-113.
- Kayman, Ö.** (2015). *Spektral İndekslerin Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıflandırmasına Etkisi: İstanbul Beylikdüzü İlçesi, Arazi Kullanımı Değişimi*, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Keleş, R.** (2002). *Kentleşme Politikası*. Ankara: İmge Kitapevi.
- Kennedy, R., Yang, Z., Braaten, J., Neldon, P. & Cohen, W.** (2012). Monitoring Landscape Dynamics of National Parks in The Western United States. *Remote Sensing of Protected Lands*, 57-94.
- Kesgin Atak, B. & Ersoy Tonyalıoğlu, E.** (2020). Alan Kullanım/Arazi Örtüsü ve Bitki Örtüsündeki Değişimin Arazi Yüzey Sıcaklığına Etkisinin Değerlendirilmesi: Aydın İli Örneği. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 21 (4), 489-497.

- Khamchiangta, D. & Dhakal, S.** (2020). Time Series Analysis of Land Use And Land Cover Changes Related to Urban Heat Island Intensity: Case Of Bangkok Metropolitan Area in Thailand. *Journal of Urban Management*, 9, 383-395.
- Khorrani, B. & Gündüz, O.** (2019). Uzaktan Algılama ve CBS'nin Yüzey Sıcaklığı ve Kentsel Isı Adası Tespit Analizinde Uygulanması. *Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu (UZALMET)*, Antalya.
- Koca, G.** (2004). Planlı Dönemde Eskişehir'de Yaşanan Kentsel Gelişme ve Planlama Sorunları. *I. Uluslararası Düünden Bugüne Eskişehir Sempozyumu*, Eskişehir, s. 485-499.
- Koçyiğit, A.** (2000). Orta Anadolu'nun Genel Neotektonik Özellikleri ve Depremselliği. *Haymana-Tuzgözü-Ulukışla Basenleri Uygulamalı Çalışma (WORKSHOP)*, 1-26. TPJD Özel Sayı.
- Koday, S. & Kızılkın, Y.** (2019). Çok Zamanlı Landsat Uydu Görüntülerinin LULC ve NDVI Analizleri ile Ünye İlçesinde Arazi Kullanımı Değişimlerinin Belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23 (3), 1301-1312.
- Krusche, P., Althaus, D., Gabriel, I. & Krusche, M. W.** (1982). Ökologisches Bauen. Umweltsbundesamt, *Bauverlag GMBH*. Wiesbaden und Berlin.
- Kumar, D. & Shekhar, S.** (2015). Statistical Analysis of Land Surface Temperature–Vegetation Indexes Relationship Through Thermal Remote Sensing. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 121, 39–44
- Kuşçu Şimşek, Ç.** (2013). İstanbul'da Kentsel İklim Üzerine Antropojenik Etkiler: Kent Isı Adalarının İncelenmesi. Doktora Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, İstanbul.
- Landsberg, H.E.** (1981). *The Urban Climate*, Academic Press, New York.
- Leconte, P., Bouyer, J. Claverie., R. & Petrissans, M.** (2015). Using Local Climate Zone Scheme for UHI Assessment: Evaluation of the Method Using Mobile Measurements. *Building and Environment*, 83, 39-49. doi:10.1016/j.buildenv.2014.05.005
- Li, X. M., Zhou, W. Q., Ouyang, Z. Y., Xu, W. H. & Zheng, H.** (2012). Spatial Pattern of Green Space Affects Land Surface Temperature: Evidence From The Heavily Urbanized Beijing Metropolitan Area, China. *Landsc. Ecol.* 27, 887–898.

- Li, Z. L., Tang, B. H., Wu, H., Ren, H., Yan, G., Wan, Z., Trigo, I. F. & Sobrino, J. A.** (2013). Satellite-Derived Land Surface Temperature: Current Status and Perspectives. *Remote Sensing of Environment*, 131, 14-37.
- Lillesand T. M. & Kiefer, R. W.** (1987). *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley and Sons: New York; 705.
- Liu, L., Lin, Y., Wang, L., Wang, D., TShui, T. & Chen, X.** (2017). Analysis of Local-Scale Urban Heat Island Characteristics Using An Integrated Method of Mobile Measurement and GIS-Based Spatial Interpolation. *Building and Environment*, 117, 191-207. doi: 10.1016/j.buildenv.2017.03.013
- Lougeay, R., Brazel, A., & Hubble, M.** (1996). Monitoring Intraurban Temperature Patterns and Associated Land Cover in Phoenix, Arizona Using Landsat Thermal Data. *Geocarto International*, 11(4), 79-90. doi:10.1080/10106049609354564
- Macintyre, H. L., Heaviside, C., Cai, X., & Phalkey, R.** (2021). The Winter Urban Heat Island: Impacts on Cold-Related Mortality in A Highly Urbanized European Region For Present And Future Climate. *Environment International*, 154, Article 106530. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106530>
- Malkan, İ., E.** (2000). *Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Köyceğiz Bölgesindeki Sığla Ormanlarının Değişim Analizi*. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Mallick, J., Rahman, A. & Singh, C. K.** (2013). Modeling Urban Heat Islands in Heterogeneous Land Surface and Its Correlation with Impervious Surface Area By Using Night Time ASTER Satellite Data in Highly Urbanizing City, Delhi India. *Adv. Space Res.* 52 (4), 639- 655. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2013.04.025>.
- Matuzko A. K. & Yakubailik O. E.** (2018). Urban Heat Island Effects Over Krasnoyarsk Obtained on The Basis Of Landsat 8 Remote Sensing Data. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 211 (1), IOP Publishing.
- Melaas, E.K., Wang, J.A., Miller, D.L. & Friedl, M.A.** (2016). Interactions Between Urban Vegetation and Surface Urban Heat Islands: A Case Study in The Boston Metropolitan Region. *Environ. Res. Lett.* 11, 054020.
- Mercan, Ç.** (2020). Yer Yüzey Sıcaklığının Termal Uzaktan Algılama Görüntüleri ile Araştırılması: Muş İli Örneği. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2 (2), 42-49.

- Meteoroloji Genel Müdürlüğü.** (2024). *Erinç İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye İklimi*. [Erişim: 17.02.2024, https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari/erinc.pdf]
- Mindali, O. R., Michael, Y., Helman, D. & Lensky, I. M.** (2015). The Role Of Local Land Use on The Urban Heat Island Effect of Tel Aviv As Assessed From Satellite. *Remote Sensing. Applied Geography*, 56, 145-153.
- Monteiro, F. F., Gonçalves, W. A., Andrade, L. M. B., Villavicencio, L. M. M. & Silva, C. M. S.** (2021). Assessment of Urban Heat Islands in Brazil Based On MODIS Remote Sensing Data. *Urban Climate*, 35.
- Morabito, M., Crisci, A., Messeri, A., Orlandini, S., Raschi, A., Maracchi, G. & Munafó, M.** (2016). The Impact of Built-Up Surface on Land Surface Temperatures in Italian Urban Areas. *Science of the Total Environment*, 551-552, 317-326.
- Morris, C. J. G., Simmonds, I. & Plummer, N.** (2001). Quantification Of The Influences Of Wind And Cloud On The Nocturnal Urban Heat Island Of A Large City. *J. Appl. Meteorol.*, 40 (2), 169-182.
- Morsy, S. & Hadi, M.** (2022). Impact of Land Use/Land Cover On Land Surface Temperature And Its Relationship with Spectral Indices in Dakahlia Governorate, Egypt. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 7 (3), 272-282.
- Ndossi, M. I. & Avdan, U.** (2016). Açık Kaynak Kod Teknolojisi Kullanılarak Yer Yüzey Sıcaklığının Belirlenmesinde Yeni Bir Eklentinin Geliştirilmesi. *Uzaktan Algılama- CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2016)*, 5-7 Ekim 2016, Adana, s. 1135-1141.
- Netcad,** (2024). *Bitkisel İndis*. [Erişim: 21.02.2024, <https://wiki.netcad.com.tr/display/HELP/Bitkisel+Indis>].
- Nicho, J.** (2005). Remote Sensing of Urban Heat Islands by Day and Night. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 71(5), 613-621.
- Nichol, J. E.** (1996). High-Resolution Surface Temperature Patterns Related to Urban Morphology in a Tropical City: A Satellite-Based Study. *Journal of Applied Meteorology*, 35(1), 135-146. doi:10.1175/1520-0450(1996)035<0135:HRSTPR>2.0.CO;2
- NOAA.** (2024). *Beaufort Wind Scale*. [Erişim: 07.02.2024, <https://www.weather.gov/mfl/beaufort>]

Nösberger, J. & Long, S.P. (2006). Managed Ecosystems and CO² Case Studies, Processes, and Perspectives, *Ecological Studies, 187*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006.

Ocakoğlu, F. (2005). *Eskişehir Bölgesinin Neotektonik Dönemdeki Tektono-Stratigrafik ve Sedimentolojik Gelişimi*. Eskişehir: Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu.

Ogashawara, I. & Bastos, V. S. B. (2012). A Quantitative Approach for Analyzing The Relationship Between Urban Heat Island and Land Cover. *Remote Sensing, 4*, 3596-3618. doi:10.3390/rs4113596.

Oke, T. R. (1973). City Size and The Urban Heat Island. *Atmos. Environ. 7* (8), 769–779. [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(73\)90140-6](https://doi.org/10.1016/0004-6981(73)90140-6), 1967.

Oke, T. R. (1981). Canyon Geometry and The Nocturnal Urban Heat Island: Comparison of Scale Model and Field Observations. *Journal of Climatology, 1*(3), 237-254. doi:10.1002/joc.3370010304

Oke, T. R. (1982). The Energetic Basis of The Urban Heat Island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 108* (455), 1–24. <https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>

Oke, T. R. (1989). The Micrometeorology of the Urban Forest, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B* (324), 335-349.

Oke, T. R. (2002). *Boundary Layer Climates* (Secon Edition ed.), Routledge.

Oke, T. R. (2004). *Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Sites*, IOM Report No. 81, WMO/TD No. 1250, Geneva, <http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-81/IOM-81-UrbanMetObs.pdf>

Oke, T. R., Johnson, G. T., Steyn, D. G. & Watson, I. D. (1991) Simulation of Surface Urban Heat Islands Under “Ideal” Conditions at Night Part 2: Diagnosis of Causation. *Boundary-Layer Meteorology 56*, 339-358.

Orhan, O. (2021). Mersin İlindeki Kentsel Büyümenin Yer Yüzey Sıcaklığı Üzerine Etkisinin Araştırılması. *Geomatik 6* (1), 69-76.

Orhan, O., Ekercin, S. & Dadaser Celik, F. (2014). Use of Landsat Land Surface Temperature and Vegetation Indices for Monitoring Drought in The Salt Lake Basin Area, Turkey. *The Scientific World Journal, 2014*. DOI: 10.1155/2014/142939

Owen, T. W., Carlson, T. N. & Gillies, R. R. (1998). An Assessment of Satellite Remotely-Sensed Land Cover Parameters in Quantitatively Describing The Climatic Effect of Urbanization. *Int. J. Remote Sensing*, 19 (9), 1663-1681.

Ödül, H. & Kuşçu Şimşek, Ç. (2019). Kentsel Alanda İklimsel Değişimin İncelenmesi: Ümraniye Örneği. *TMMOB 6. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 23-25 Ekim 2019, Ankara.

Önkol, C. & Menteşe, S. (2023). Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknikleri Kullanarak Arazi Kullanımının Zamansal Değişiminin Belirlenmesi: Pamukova (Sakarya) Örneği (1984-2022). *Ege Coğrafya Dergisi*, 32(2), 343-359.

Örs Demir, G. (2008). *Kentsel Dış Mekân Kullanımlarının Değişim ve Dönüşüm Bağlamında İncelenmesi: Eskişehir Kent Merkezi*. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.

Örücü, Ö. K. & Arslan, E. S. (2020). Analysis of The Border Change in Beyşehir Lake and Kızıldağ National Parks in Terms of Land Cover and Land Use. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 41, 292-318.

Örüklü, E. (1988). *Uzaktan Algılama*. Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları Sayı:198,

Özbilge, M. K. (2020). *Şehir Isı Adası ile Yüzey Isı Adası Kavramları Arasındaki Farklar ve İstanbul Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul.

Özkök, M. K., Tok, E., Gündoğdu, H. M. & Demir, G. (2017). Arazi Yüzey Sıcaklığı Farklılaşmalarının Kentsel Gelişim ve Planlama Süreçleri Açısından Uzaktan Algılama Verileri ile Değerlendirilmesi: Çorlu/Çerkezköy/Ergene/Kapaklı Alt Bölgesi Örneği. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5, 69-79.

Öztürk, R. (2007). *Porsuk Çayı Çevre Sorunları ve Bunların Çözümlemesinde Havza Yönetimi Önerileri*. (Yüksek Lisans Tezi). Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Pashaei, M. H. & Aksoy, T. (2022). Arazi Örtüsünün Mekânsal ve Zamansal Olarak Değişiminin Yer Yüzey Sıcaklığına Olan Etkisinin Uzaktan Algılama Yöntemi ile Belirlenmesi, İstanbul Pendik İlçesi Örnekleme. *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies*, 5 (2), 1-22.

- Peña, M. A.** (2009). Examination of the Land Surface Temperature Response for Santiago, Chile. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 75(10), 1191-1200. doi:10.14358/PERS.75.10.1191
- Polat, N.** (2020). Mardin İlinde Uzun Yıllar Yer Yüzeý Sıcaklığı Değişiminin İncelenmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2 (1), 10-15.
- Pro-Oxygen.** (2024). *Daily Co2*. [Erişim: 17.01.2024, <https://www.co2.earth/daily-co2>].
- Qin, Z., Karnieli, A. & Berliner, P.** (2001). A Mono-Window Algorithm for Retrieving Land Surface Temperature From Landsat TM Daha and Its Application To The Israel-Egypt Border Region. *International Journal of Remote Sensing*, 22 (18), 3719-3746.
- Rahman, M. N., Rony, M. R. H., Jannat, E. A., Chandra Pal, S., Islam, M. S., Alam, E. & Islam, A. R. M. T.** (2022). Impact of Urbanization on Urban Heat Island Intensity in Major Districts of Bangladesh Using Remote Sensing and Geo-Spatial Tools. *Climate*, 10.
- Ramamurthy, P. & Sangobanwo, M.** (2016). Inter-Annual Variability in Urban Heat Island Intensity Over 10 Major Cities in The United States. *Sustain. Cities Soc.* 26, 65–75.
- Rao, P. K.** (1972). Remote Sensing of Urban " Heat Island" From an Environmental Satellite. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 53(7), 647-648.
- Raynolds, M. K., Comiso, J. C., Walker, D. A. & Verbyla, D.** (2008). Relationship Between Satellite-Derived Land Surface Temperatures, Arctic Vegetation Types and NDVI. *Remote Sens. Environ.* 112, 1884–1894.
- Rosenfeld, A. H. & Romm, J. J.** (1996). Policies to Reduce Heat Islands: Magnitudes of Benefits and Incentives to Achieve Them, *from the Proceedings of the 1996 LBL-38679 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, Pacific Grove CA., 9:177.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Deering, D. W., Schell, J. A., & Harlan, J. C.** (1973). *Monitoring the Vernal Advancement and Retrogradation (Green Wave Effect) of Natural Vegetation*. Goddard Space Flight Center Greenbelt, Maryland.
- Roy, S., Pandit, S., Eva, E. E., Bagmar, M. S. H., Papia, M., Banik, L., Dube, T., Rahman, F. & Razi, M.A.** (2020). Examining The Nexus Between Land Surface Temperature and Urban Growth in Chattogram Metropolitan Area of Bangladesh Using Long Term Landsat Series Data. *Urban Climate*, 2(2020), 1-22.

Sabnis, G. M. (2011). *Green Building with Concrete Sustainable Design and Construction*. CRC Press, Pages 175-226, eBook ISBN: 978-1-4398-1297-6.

Salih M, Jasim O, Hassoon K & Abdalkadhum A. (2018). Land Surface Temperature Retrieval from LANDSAT-8 Thermal Infrared Sensor Data and Validation with Infrared Thermometer Camera. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (4.20) 608-612.

Santamouris, M. (2001). *Energy and Climate in the Urban Built Environment*, James&James (Science Publishers). ISBN 1-873936-90-7.

Santamouris, M. (2014) On The Energy Impact of Urban Heat Island and Global Warming on Buildings, *Energy Build.* 82, 100–113, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.022>.

Santamouris, M., Cartalis, C. & Synnefa, A. (2015). Local Urban Warming, Possible Impacts and A Resilience Plan to Climate Change For The Historical Center of Athens, Greece. *Sustainable Cities and Society* 19, 281–291. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.02.001>

Sarrat, C., Lemonsu, A., Masson, V. & Guedalia, D. (2006). Impact of Urban Heat Island on Regional Atmospheric Pollution. *Atmos. Environ.* 40, 1743–1758

Schlünzen, K. H., & Katzfey, J. (2003). Relevance of Sub-Grid-Scale-Land Use Effects for Mesoscale Models. *Tellus A*, 55(3), 232-246.

Semmens, K. A., Anderson, M. C., Kustas, W. P., Gao, F., Alfieri, J. G., McKee, L., Prueger, J. H., Hain, C. R., Cammalleri, C., Yang, Y., Xia, T., Sanchez, L., Alsina, M. M. & Velez, M. (2016). Monitoring Daily Evapotranspiration Over Two California Vineyards Using Landsat 8 in A Multi-Sensor Data Fusion Approach. *Remote Sens. Environ.* 185, 155–170.

Sesören, A. (1999). *Uzaktan Algılamada Temel Kavramlar*. Mart Matbaacılık, İstanbul.

Sheng, L., Lu, D. & Huang, J. (2015). Impacts of Land-Cover Types on An Urban Heat Island in Hangzhou, China. *International Journal of Remote Sensing*, 36 (6), 1584-1603, DOI: 10.1080/01431161.2015.1019016

Short, N. M. (1982). *The LANDSAT Tutorial Workbook: Basics of Satellite Remote Sensing*. NASA Reference Publication 1078. NASA. hdl:2060/19830002188.

Siddiqui, A., Kushwaha, G., Nikam, B., Srivastav, S. K., Shelar, A. & Kumar, P. (2021). Analysing The Day/Night Seasonal and Annual Changes And Trends in Land Surface Temperature and Surface Urban Heat Island Intensity (SUHII) For Indian Cities. *Sustainable Cities and Society*, 75

- Silleos, N. G., Alexandridis, T. K., Gitas, I. Z. & Perakis, K.** (2006). Vegetation Indices: Advances Made in Biomass Estimation and Vegetation Monitoring in The Last 30 Years. *Geocarto Int.* 21(4), 21–28.
- Silva, J. S., Silva, R. M. & Santos, C. A. G.** (2018). Spatiotemporal Impact of Land Use/Land Cover Changes on Urban Heat Islands: A Case Study of Paço Do Lumiar, Brazil. *Building and Environment*, 136, 279-292.
- Singh, P., Kikon, N. & Verma, P.** (2017). Impact of Land Use Change and Urbanization on Urban Heat Island in Lucknow City, Central India. A Remote Sensing Based Estimate. *Sustainable Cities and Society*, 32, 100-114.
- Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., Guillem, Sòria, M., Luis Guanter, R., Moreno J., Plaza, A., & Martínez., P.** (2008). Land Surface Emissivity Retrieval From Different VNIR and TIR Sensors. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 46(2), 316-327.
- Sobrino, J. A., Jiménez Muñoz, J. C. & Paolini, L.** (2004). Land Surface Temperature Retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing Environment*, 90 (4), 434 440.
- Soydan, O.** (2020). Effects of Landscape Composition And Patterns on Land Surface Temperature: Urban Heat Island Case Study For Niğde, Turkey. *Urban Climate*, 34.
- Spronken-Smith, R. A. & Oke T. R.** (1998). The Thermal Regime of Urban Parks in Two Cities with Different Summer Climates. *International Journal of Remote Sensing*, 19(11), 2085-2104.
- Stathopoulou, M., & Cartalis, C.** (2007). Daytime Urban Heat Islands from Landsat ETM+ and CORINE Land Cover Data: An Application to Major Cities in Greece, *Solar Energy*, 81(3), 358-368.
- Stewart, I. D. & Oke, T. R.** (2012). Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12), 1879–1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>
- Stone, B. Jr.** (2001). *A Remote Sensing Analysis of Residential Land Use, Forest Canopy Distribution and Surface Heat Island Formation in the Atlanta Metropolitan Region*. Georgia Institute of Technology, Department of City and Regional Planning, Atlanta.
- Streutker, D.R.** (2003a). *A Study of the Urban Heat Island of Houston-Texas*. (PhD Thesis), Rice University Department of Physics and Astronomy, Houston, Texas

Streutker, D. R. (2003b). Satellite-Measured Growth of The Urban Heat Island Of Houston, Texas. *Remote Sensing of Environment*, 85, 282-289.

Sun, R. & Chen, L. (2012). Effects of Green Space Dynamics on Urban Heat Islands: Mitigation And Diversification. *Ecosystem Services*, 23, 38-46.

Sun, Y. & Augenbroe, G. (2014). Urban Heat Island Effect on Energy Application Studies Of Office Buildings. *Energy and Buildings*, 77, 171–179. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.03.055>

Sunar, F. (2011). *Uzaktan Algılamada Temel Kavramlar*, F. Sunar (Editör), Uzaktan Algılamada içinde, Anadolu Üniversitesi Açık öğretim Fakültesi Yayınları, Eskişehir, s. 14-16.

Sunar, F., Özkan, C. & Osmanoğlu, B. (2018). *Uzaktan Algılama*. T.C. Anadolu Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 2320. Açıköğretim Fakültesi Yayın No: 1317, Eskişehir.

Swain, P. H. & Davis, S. M. (1978). *Remote Sensing: The Quantitative Approach*. McGraw-Hill International Book Company, Taylor & Franchois Group, NewYork.

Şahin, M., Yıldız, B. Y., Şenkal, O., Peştemalçı, V. (2011). Uydu Verileri Kullanılarak İzmir Şehir Merkezinin Yer Yüzey Sıcaklığının Tahmini. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(1), 36-45.

Şekertekin, A. & Marangoz, A. M. (2019). Zonguldak Metropolitan Alanındaki Arazi Kullanımı Arazi Örtüsünün Yer Yüzey Sıcaklığına Etkisi. *Geomatik Dergisi*, 4 (2), 101-111.

Şekertekin, A., Çiçekli S. Y. & Arslan, N. (2018). Gece ve Gündüz Yer Yüzey Sıcaklığı Görüntüleri ile Yüzey Isı Adası Analizi. *VII. UZAKTAN ALGILAMA-CBS SEMPOZYUMU (UZAL-CBS 2018)*, 18-21 Eylül 2018, Eskişehir.

Şekertekin, A., Kutoğlu, S. H. & Kaya, S. (2016). Evaluation of Spatio-Temporal Variability in Land Surface Temperature: A Case Study Of Zonguldak, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188 (1), 1-15. doi: 10.1007/s10661-015-5032-2

Şekertekin, A., Kutoğlu, Ş. H., Kaya, Ş. & Marangoz, A. M. (2015). Uydu Verileri ile Arazi Örtüsündeki Yer Yüzey Sıcaklığı Değişimlerinin Analizi: Zonguldak Örneği, Türkiye. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 25-28 Mart 2015, Ankara.

Şener, E. (2016). Burdur Gölü Yüzey Sıcaklığı Mevsimsel Değişiminin Landsat 8 Uydu görüntüleri kullanılarak belirlenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 4 (2), 67-73.

Şengör, A., Görür, N. & Şaroğlu, F. (1985). *Strike-Slip Faulting and Related Basin Formation in Zones of Tectonic Escape: Turkey As A Case Study*. E. K. Christie-Blick (Dü.) içinde, Strike-slip deformation, basin formation and sedimentation, Society of Economics Paleontologist and Mineralogist, s. 227-264.

Şenlik, Y. F. & Yılmaz, E. (2023). Modis Verilerine Göre İzmir ve Manisa Şehirleri ve Çevresinde Yüzey Sıcaklık Dağılışı ve Eğilimleri. *Ege Coğrafya Dergisi*, 32 (1),51-68.

Şenol, E. (2019). Harşit Çayı Deltası'nda (Giresun) Arazi Kullanımının Zamansal Değişimi (1947- 2017). *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 39, 328-348.

T. C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2019). *2018 yılı iklim değerlendirmesi*. Ankara: Araştırma Dairesi Başkanlığı.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, (2024a). *Resmi İstatistikler*. [Erişim: 27.01.2024, <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=ESKISEHIR>].

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, (2024b). *İklim Sınıflandırması Eskişehir*. [Erişim: 27.01.2024, <https://mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=ESKISEHIR>].

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı. (2024a). *Coğrafya Yapısı*, [Erişim: 23.01.2024, <https://eskisehir.ktb.gov.tr/TR-70841/cografya-yapisi.html>].

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı. (2024b). *Bitki örtüsü*. [Erişim: 28.01.2024, <https://eskisehir.ktb.gov.tr/TR-111593/iklim-ve-bitki-ortusu.html>].

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2020). *Eskişehir İl Sanayi Durum Raporu-2020*. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Eskişehir Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, (2024a). *CORINE nedir?* [Erişim: 12. 02. 2024, <https://corine.tarimorman.gov.tr/corineportal/nedir.html>].

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, (2024b). *Arazi Örtüsü İstatistikleri*. [Erişim: 12.02.2024, <https://corine.tarimorman.gov.tr/corineportal/files/metaveri.pdf>].

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, (2024c). *Arazi Örtüsü Sınıfları*. [Erişim: 14.02.2024, <https://corine.tarimorman.gov.tr/corineportal/araziortususiniflari.html>].

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2024e). *Corine portal*. [Erişim: 23.09.2024, <https://corine.tarimorman.gov.tr/corineportal/files/metaveri.pdf>].

Tan, J., Zheng, Y., Tang, X., Guo, C., Li, L., Song, G., Zhen, X., Yuan, D., Kalkstein, A.J., Li, F. & Chen, H. (2010). The Urban Heat Island and Its Impact on Heatwaves And Human Health in Shanghai. *Int. J. Biometeorol.* 54, 75–84.

T. C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2024d). *Toprak ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı*. Erişim: 23.09.2024, https://www.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Mevzuat/Talimatlar/ToprakAraziSiniflamasiStandartlariTeknikTalimativeIlgiliMevzuat_yeni.pdf]

Taşdelen, Ö. (2019). *Yer Yüzey Sıcaklık Haritalarının Yerel ve Ülke Ölçeğinde Zamansal ve Mekânsal Olarak Uzaktan Algılama ile Tespiti*. (Yüksek Lisans Tezi), Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Jeoinformasyon Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli.

Taymuş, N. (2009). *NOAA-AVHRR Uydu Verileri Kullanılarak Çukurova Bölgesinin Yayınrlık Değerlerinin Bulunması*. (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı, Adana.

Tayyebi, A., Shafizadeh-Moghadam, H. & Tayyebi, A. H. (2018). Analyzing Long-Term Spatio-Temporal Patterns of Land Surface Temperature in Response To Rapid Urbanization in The Mega-City Of Tehran. *Land Use Pol.* 71, 459–469.

Tepanosyan, G., Muradyan, V., Hovsepyan, A., Pinigin, G., Medvedev, A. & Asmaryan, S. (2021). Studying Spatial-Temporal Changes and Relationship of Land Cover and Surface Urban Heat Island Derived Through Remote Sensing in Yerevan, Armenia. *Building and Environment*, 187.

Thompson, R. D. & Perry, A. H. (1997). *Applied Climatology: Principles and Practice*. Routledge.

Tsou, J., Zhuang, J., Li, Y., & Zhang, Y. (2017). Urban Heat Island Assessment Using The Landsat 8 Data: A Case Study in Shenzhen and Hong Kong. *Urban Science*, 1(1), 10

Tucker C. J. (1979). Red and Photographic İnfrared Linear Combinations Monitoring Vegetation. *Journal of Remote Sensing Environment*, 8(2), 127-150. doi:10.1016/0034-4257(79)90013-0.

Tunçdilek, N. (1954). Eskişehir Bölgesinde Yerleşme Tarihine Toplu Bir Bakış. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası*, 15(4), 302.

- Tunçdilek, N.** (1985). *Türkiye'de Relief Şekilleri ve Arazi Kullanımı*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü.
- Tunçdilek, N.** (1986). *Türkiye'de Yerleşmenin Evrimi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Total, O., & Üstün, B.** (1999). Bir Anadolu Şehrinde Yüzyıllık Mimarlık. *Arredamento Mimarlık*, 02(1999), 88-90.
- Türk Dil Kurumu Sözlüğü.** (2024). *Kent*. <http://www.tdk.gov.tr> adresinden alındı
- Türkeş, M.** (2016). *Genel Klimatoloji-Atmosfer, Hava ve İklimin Temelleri*. Kriter Yayınevi, İstanbul. ISBN: 978-605-9336-28-4
- Türkyılmaz, M., Özelkan, E. & Karaman, M.** (2020). Termal Uydu Görüntülerinden Üretilen Yer Yüzeyi Sıcaklığı ile Hava Sıcaklığı İlişkisinin Değerlendirilmesi. *Europa Journal of Science and Technology*, 20, 932-948.
- Uğur, M. A. & Polat, N.** (2016). An Investigation of The Relationship Between Land Surface Temperature (LST) and Land Use/Cover in Şanlıurfa Province, Turkey. *International Scientific Conference on Applied Sciences*, 27-30 September, Antalya/Turkey.
- Ulu, A.** (2005). Kent Yönetiminde Kentsel Altyapı Politikalarının Önemi. *4.Kentsel Altyapı Ulusal Sempozyumu*. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası.
- Unger, J.** (2009). Connection Between Urban Heat Island and Sky View Factor Approximated by a Software Tool on a 3D Urban Database. *International Journal of Environment and Pollution*, 36 (1-3), 59-80.
- United Nations.** (2018). *The World's Cities in 2018*. Department of Economic and Social Affairs, Population Division Data Booklet (ST/ESA/ SER.A/417) [Erişim: 31.08.2023, https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/files/documents/2020/Jan/un_2018_worldcities_databooklet.pdf].
- USGS.** (2023a). *Landsat Collection 2 Level-1 Data*. [Erişim: 26.11.2023, <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-collection-2-level-1-data>].
- USGS.** (2023b). *What are the band designations for the Landsat satellites?*. [Erişim: 25.11.2023, <https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites>].
- USGS.** (2024). *What are the band designations for the Landsat satellites*. USGS: <https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites> adresinden alındı

- Uyguçgil, H.** (2011). *Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Tarihçesi*. A. Çabuk (Editör), Coğrafi Bilgi Sistemlerine Giriş, Eskişehir, Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi Yayınları, s. 134-136.
- Uysal, M. & Polat, N.** (2015). An Investigation of The Relationship Between Land Surface Temperatures and Biophysical Indices Retrieved From Landsat TM in Afyonkarahisar (Turkey). *Tehnički Vjesnik*, 22, 177-181.
- Ünal Çilek, M.** (2022). Kentsel Yüzey Isı Adalarının Belirlenmesinde Yer Yüzey Sıcaklık Verilerinin Kullanımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 33, 213-222.
- Ünsal, Ö. & Avcı, V.** (2023). Yer Yüzeyi Sıcaklıkları ile Kentsel Arazi Kullanımı Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi: Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin Örneği. *Türk Uzaktan Algılama ve CBS Dergisi*, 4 (2), 125-150.
- Vandentorren, S., Bretin, P., Zeghnoun, A., Mandereau Bruno, L., Croisier, A., Cochet, C., Riberon, J., Siberan, I., Declercq, B. & Ledrans, M.** (2006). August 2003 Heat Wave in France: Risk Factors for Death of Elderly People Living At Home. *Eur. J. Pub. Health* 16, 583–591
- Voogt, J. A., & Oke, T. R.** (2003). Thermal Remote Sensing of Urban Climates. *Remote Sensing of Environment*, 86 (3), 370-384. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00079-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00079-8).
- Voogt, J.A.** (2004). *Urban Heat Island: Hotter Cities*. Action Bioscience, North Port.
- Wan, Z., & Dozier, J.** (1996). A Generalized Split-Window Algorithm for Retrieving Land-Surface Temperature From Space. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 34 (4), 875.
- Wan, Z., & Li, Z. L.** (1997). A Physics-Based Algorithm for Retrieving Land-Surface Emissivity and Temperature From Eos/Modis Data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing: A Publication of the IEEE Geoscience and Remote Sensing Society*, 35(4), 980–996.
- Wang, W., Yao, X., & Shu, J.** (2020). Air Advection Induced Differences Between Canopy and Surface Heat Islands. *Science of the Total Environment*, 725, Article 138120. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138120>.

- Welch, R., Madden, M. & Jordan, T.** (2002). Photogrammetric and GIS Techniques For The Development of Vegetation Databases of Mountainous Areas: Great Smoky Mountains National Park. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 57(1-2), 53-68.
- Wemegah, C.** (2020). *Systematic Assessment of Urban Heat Island (UHI) Warming in Greater Accra Region*. Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Ghana.
- Wirth, L.** (1938). Urbanism as A Way Of Life. *American Journal of Sociology*, 44, 1-24.
- Wong, N. H. & Yu, C.** (2005). Study of Green Areas and Urban Heat Island in a Tropical City, *Elsevier, Habitat International* 29, 547-558.
- World Health Organization (WHO)**, (2004). Urban Bioclimatology, Heat-Waves: Risks and Responses. *Health and Global Environmental Change Series*, (2), WHO Regional Office for Europe, Denmark.
- Xiao, H., Kopecka, M., Guo, S., Guan, Y., Cai, D., Zhang, C., Zhang, X. & Yao, W.** (2018). Responses of Urban Land Surface Temperature on Land Cover: A Comparative Study of Vienna and Madrid. *Sustainability*, 10, 260.
- Xiong, Y., Huang, S., Chen, F., Ye, H., Wang, C. & Zhu, C.** (2012). The Impact of Rapid Urbanization on The Thermal Environment: A Remote Sensing Study of Guangzhou, South China. *Remote Sensing*, 4, 2033-2056.
- Yamak, B., Yağcı, Z., Bilgilioğlu, B. & Çömert, R.** (2019). Kentleşmenin Arazi Yüzey Sıcaklığına Etkisinin Araştırılması Bursa İli Örneği. *Türkiye Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB) X. Teknik Sempozyumu*, Aksaray, Türkiye, s. 23-32.
- Yang, J., Sun, J., Ge, Q. & Li, X.** (2017). Assessing The Impacts of Urbanization-Associated Green Space on Urban Land Surface Temperature: A Case Study of Dalian, China. *Urban For Urban Green*. 22, 1–10.
- Yavaşlı, D. D.** (2017). Spatio-Temporal Trends of Urban Heat Island and Surface Temperature in İzmir, Turkey. *American Journal of Remote Sensing*, 5(3), 24-29.
- Yavaşlı, D. D.** (2019). *Uzaktan Algılamada Temel Kavramlar*. Yavaşlı, D.D. & Ölgen, M. K. (Ed.). Coğrafya’da Uzaktan Algılama, 1. Baskı, Kriter Yayınevi, s. 1-28.

Yıldız, S. (2016). *Körfez İlçesinde (Kocaeli) Arazi Örtüsü Değişimlerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama ile Analizi (1987-2015)*, (Yüksek Lisans Tezi), Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Yılmaz, D. & Öztürk, S. (2023). Kentsel Isı Adası Etkisinin Sistematik Bir İncelemesi: Kentsel Form, Peyzaj ve Planlama Stratejileri. *Çevre, Şehir ve İklim Dergisi*. 2 (4), 302-323.

Yılmaz, E. (2013). *Ankara Şehrinde Isı Adası Oluşumu*. (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Yılmaz, E. (2015). Landsat Görüntüleri ile Adana Yüzey Isı Adası. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 13 (2), 115-138.

Youneszadeh, S., Amiri, N. & Pilesjo, P. (2015). The effect of land use change on land surface temperature in the Netherlands. The International Archives of the Photogrammetry. Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-1/W5, 2015 International Conference on Sensors & Models in Remote Sensing & Photogrammetry, 23–25 Nov 2015, Kish Island, Iran, s. 745-748.

Yu, X., Guo, X. & Wu, Z. (2014). Land Surface Temperature Retrieval From Landsat 8 TIRS—Comparison Between Radiative Transfer Equation-Based Method, Split Window Algorithm and Single Channel Method. *Rem. Sens.* 6 (10), 9829–9852. <https://doi.org/10.3390/rs6109829>

Yuan, F. & Bauer, M. E. (2006). Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*. 106(3), 375-386.

Yücer, E. (2023). Albedo, Yer Yüzey Sıcaklığı ve NDVI Arasındaki İlişkinin Landsat-7 ve Landsat-8 Uydu Verileri Kullanılarak İncelenmesi: Safranbolu Örneği. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26 (1), 177-190.

Zhang Y., Murray, A. T. & Turner, B. I. (2017). Optimizing Green Space Locations To Reduce Daytime and Nighttime Urban Heat Island Effects in Phoenix, Arizona. *Landscape and Urban Planning*, 165, 162-171. doi: 10.1016/j.landurbplan.2017.04.009

Zhang, J. Q., Wang, Y. P. & Li, Y. (2006). A C++ Program For Retrieving Land Surface Temperature From The Data Of Landsat TM/ETM+ Band6. *Computers & Geosciences*, 32(10), 1796-1805.

Zhao, L., Lee, X., Smith, R., Oleson, K. (2014). Strong Contributions Of Local Background Climate To Urban Heat Islands. *Nature*, 511, 216-219.

- Zhou, D., Xiao, J., Bonafoni, S., Berger, C., Deilami, K., Zhou, Y., Frohling, S., Yao, R., Qiao, Z., & Sobrino, J. A.** (2019). Satellite Remote Sensing of Surface Urban Heat Islands: Progress, Challenges, and Perspectives. *Remote Sensing*, *11*(1), 1–36. <https://doi.org/10.3390/rs11010048>.
- Zhou, D., Zhao, S., Liu, S., Zhang, L. & Zhu, C.** (2014). Surface Urban Heat Island in China's 32 Major Cities: Spatial Patterns and Drivers. *Remote Sens. Environ.* *152*, 51–61.
- Zhou, W., Huang, G., & Cadenasso, M. L.** (2011). Does Spatial Configuration Matter? Understanding The Effects of Land Cover Pattern on Land Surface Temperature in Urban Landscapes. *Landscape and Urban Planning*, *102*(1), 54–63. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.03.009>
- Zhou, W., Pickett, S. T. A. & McPhearson, T.** (2021). Conceptual Frameworks Facilitate Integration For Transdisciplinary Urban Science. *Urban Sustainability*, *1*.
- Zhou, W., Pickett, S. T. A. & Cadenasso, M. L.** (2016). Shifting Concepts Of Urban Spatial Heterogeneity and Their Implications For Sustainability. *Land. Ecol.* *32*, 15–30
- Zipper, S. C., Schatz, J., Singh, A., Kucharik, C. J., Townsend, P. A., & Loheide, S. P.** (2016). Urban Heat Island Impacts on Plant Phenology: Intra-Urban Variability and Response to Land Cover. *Environmental Research Letters*, *11*(5). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/5/054023>.