

T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PEYZAJ MİMARLIĞI ANA BİLİM DALI



KENTSEL PEYZAJ PLANLAMADA ISI ADASI OLUŞUMUNUN
UZAKTAN ALGILAMA YÖNETİMİ İLE ANALİZİ; SAMSUN
ÖRNEĞİ

BURCU ÇEVİK DEĞERLİ

DOKTORA TEZİ

DOÇ. DR MEHMET ÇETİN

MART - 2023
KASTAMONU

TEZ ONAYI

Burcu ÇEVİK DEĞERLİ tarafından hazırlanan “**KENTSEL PEYZAJ PLANLAMADA ISI ADASI OLUŞUMUNUN UZAKTAN ALGILAMA YÖNETİMİ İLE ANALİZİ; SAMSUN ÖRNEĞİ**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **21.03.2023** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Doç. Dr. Mehmet ÇETİN Ondokuz Mayıs Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Sevgi ÖZTÜRK Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Hakan ŞEVİK Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Cengiz Yücedağ Burdur M. Akif Ersoy Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Nuray ÇİÇEK Çankırı Karatekin Üniversitesi	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü V.

Doç. Dr. Osman ÇİÇEK

.....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Burcu Çevik DEĞERLİ

İmza

ÖZET

DOKTORA TEZİ

KENTSEL PEYZAJ PLANLAMADA ISI ADASI OLUŞUMUNUN UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMİ İLE ANALİZİ; SAMSUN ÖRNEĞİ

BURCU ÇEVİK DEĞERLİ

**KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PEYZAJ MİMARLIĞI ANA BİLİM DALI**

DANIŞMAN: DOÇ. DR. MEHMET ÇETİN

Kentlerde nüfus artışı ile birlikte oluşan Kentsel Isı Adası etkisinin, kentin çevresel faktörlerine ve makro ölçekte iklim değişimine varan etkisinin, araştırılma gereği duyulmuştur. Bu amaçla Kentsel Isı Adası olgusu ile yakından ilişkili olan Arazi Yüzey Sıcaklığının çevresel faktörlerden, NDVI, NDBI, Albedo ve Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü değişimi ile ilişkisi uzaktan algılama yöntemi ile incelenmiştir. Landsat 8 OLI/TIRS ve Landsat 7 ETM+ uydu görüntülerinin ham verilerine, Arc Gis 10.2 ve Q Gis 3.16 yardımcı programlarından faydalanılarak algoritmalar uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda Samsun merkez ilçeleri, ilkadım ve Atakum ile kırsalda Bafra ve Ondokuzmayıs ilçelerini içine alan çalışma alanında 2000-2020 yılları arasında yeşil alan miktarı %14,1 oranında azalmıştır. Bu oranın yapılaşmış alanlarda %7,1, çıplak toprak alanlarda ise %7,33 artış olarak paylaşıldığı görülmüştür. Yeşil alanlardaki azalışın Arazi Yüzey Sıcaklığı değerine olan etkisine bakıldığında 2000 yılında maksimum Arazi Yüzey Sıcaklığı 41,75 °C iken, 2020 yılında 43,44 °C'ye çıktığı görülmektedir. Arazi Yüzey Sıcaklığındaki artışın yapılaşmış alan sınıfında olduğu görülmüştür. Çalışma alanı genelinde 20 yılda NDVI indeksi 0,05, NDBI indeksi 0,03'lük artış gösterirken, Albedo ise 0,01'lik azalış göstermiştir. Tüm bu bulguların KIA oluşumuna etkisi, UTFVI indeksinin hesaplanması ile nicel olarak tanımlanmıştır. UTFVI haritalarından yapılan alan analizleri sonucunda 20 yılda yok diliminde %84 azalış, Zayıf diliminde %104 artış, Orta dilimde %10 azalış, Güçlü diliminde %15 azalış, Daha güçlü diliminde %8 artış, En güçlü diliminde %179 oranında artış görülmektedir. En yoğun artış En güçlü diliminde olmakta ve Kentsel Isı Adası etkisini ortaya koymaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: Albedo, Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü, Arazi Yüzey Sıcaklığı, Kentsel Isı Adası, NDBI, NDVI, Uzaktan Algılama

Mart 2023, 104 Sayfa

ABSTRACT

PH.D THESIS

ANALYSIS OF HEAT ISLAND FORMATION IN URBAN LANDSCAPE PLANNING WITH REMOTE SENSING METHOD; A CASE STUDY OF SAMSUN

BURCU ÇEVİK DEĞERLİ

**KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF LANDSCAPE ARCHITECTURE**

SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. MEHMET ÇETİN

It was felt necessary to investigate the effect of the Urban Heat Island effect, which occurs with the population growth in the cities, on the environmental factors of the city and the macro-scale climate change. For this purpose, the relationship between Land Surface Temperature, which is closely related to the phenomenon of Urban Heat Island, and environmental factors such as NDVI, NDBI, Albedo, and Land Use/Land Cover change was investigated by remote sensing method. Algorithms were applied to the raw data of Landsat 8 OLI/TIRS and Landsat 7 ETM+ satellite images by using the Arc Gis 10.2 and Q Gis 3.16 utilities. As a result of the analyzes made, the amount of green space decreased by 14,1% between 2000 and 2020 in the study area, which includes the central districts of Samsun, İlkadım and Atakum, and the rural areas of Bafra and Ondokuz Mayıs. It has been observed that this rate is shared as 7,1% in built up areas and 7,33% in bare soil areas. Considering the effect of the decrease in green areas on the Land Surface Temperature value, in 2000 while maximum Land Surface Temperature is 41,75 °C, it is seen that in 2020 increased to 43,44 °C. It was observed that the increase in Land Surface Temperature was in the built-up area class. While the NDVI index increased by 0,05 and the NDBI index by 0,03 in 20 years across the study area, Albedo decreased by 0,01. The effect of all these findings on the formation of Urban Heat Island, it was defined quantitatively by calculation of the UTFVI index. As a result of the field analysis made from the UTFVI maps, in 20 years there is an 84% decrease in the None slice, a 104% increase in the Weak slice, a 10% decrease in the Middle slice, a 15% decrease in the Strong slice, an 8% increase in the Stronger slice, and an increase of 179% in the strongest slice. The most intense increase is in the strongest slice and reveals the Urban Heat Island effect.

KEYWORDS: Albedo, Land Surface Temperature, Land Use/Land Cover, NDBI, NDVI, Remote Sensing, Urban Heat Island

March 2023, 104 Page

TEŞEKKÜR

Doktora Tezi olarak hazırlanan bu çalışma sırasında bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mehmet ÇETİN'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tezin gelişiminde fikirleriyle bana yön veren değerli hocalarım Prof. Dr. Sevgi ÖZTÜRK, Doç. Dr. Hakan ŞEVİK'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez içeriğimde kullandığım uydu görüntülerinin teminini açık erişim olarak sağlayan NASA (National Aeronautics and Space Administration) Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi ve USGS (United States Geological Survey) ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu'na teşekkürlerimi sunarım. Uydu görüntülerinin işlenmesi aşamasında yardımcı program olarak kullandığım, açık erişim sağlayan Q Gis program üreticilerine teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak tüm eğitim hayatım boyunca beni destekleyen sevgili ailem ve canım oğlum Deniz Değerli'ye gösterdikleri sabır ve anlayış için çok teşekkür ederim.

BURCU ÇEVİK DEĞERLİ

Kastamonu, 2023

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	3
1.2 Kaynak Özetleri.....	4
1.2.1 Kentsel Isı Adası Oluşumuna İlişkin Ülkemizde Yapılan Çalışmalar....	5
1.2.2 KIA Oluşumuna İlişkin Dünyada Yapılan Çalışmalar	8
1.2.3 KIA Oluşumunu Etkileyen Parametrelerden, Albedo Analizi Yapılan Çalışmalar	11
2. KURAMSAL TEMELLER.....	14
2.1 Kentsel Isı Adası (KIA).....	14
2.2 Arazi Yüzey Sıcaklığı (AYS).....	16
2.2.1 Kentsel Sıcak Noktalar (KSN).....	18
2.3 Albedo	18
2.4 Yüzeylerin Optik Özellikleri	21
2.4.1 Albedo ile Yansıma İlişkisi.....	22
2.4.2 Albedo ile Yayma İlişkisi	22
2.5 Elektromanyetik Spektrum (EMS).....	23
2.6 Arazi Kullanımı / Arazi Örtüsü (AK/AÖ).....	24
2.6.1 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	25
2.6.2 NDBI (Normalized Difference Built-up Index).....	25
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	26
3.1 Çalışma Alanı	26
3.2 Kullanılan Veriler	28
3.2.1 Meteorolojik Veriler	28
3.2.2 Landsat Uydu Görüntüleri	29
3.2.3 Google Earth Görüntüleri	30
3.3 Kullanılan Programlar	31
3.4 Kullanılan Yöntemler	31
3.4.1 AK/AÖ Değişim Hesapları	33
3.4.2 AYS Hesaplar	35
3.4.3 NDVI Hesabı	37
3.4.4 NDBI Hesabı.....	38
3.4.5 Albedo Hesapları	38
3.4.6 UTFVI İndeksi ve KIA (UHI) Hesabı	39
4. BULGULAR	41
4.1 Görüntülerin Ön İşlemesi	41

4.2	AK/AÖ Haritalarının Oluşturulması	41
4.2.1	AK/ AÖ Haritalarının Doğrulaması.....	44
4.2.1.1	Örnek dosyası tasarımı	44
4.2.1.2	AK/AÖ haritalarının doğruluk istatistiği	45
4.2.2	2000-2010-2020 Arazi Değişim Analizi.....	46
4.2.2.1	2000-2020 AK/AÖ sınıflar arası geçiş değişimi.....	47
4.2.3	AK/AÖ Sınıflarının Yüzey Sıcaklıkları.....	50
4.3	AYS Haritalarının Oluşturulması	50
4.4	NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) Haritalarının Oluşturulması.....	54
4.5	NDBI Haritalarının Oluşturulması	56
4.6	AYS ile NDVI ve NDBI İndeksleri Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi	57
4.7	Albedo Haritalarının Oluşturulması	60
4.7.1	AYS ile Albedo Arasındaki İlişkinin İncelenmesi	62
4.8	Çalışma alanı için tanımlayıcı İstatiksel Veriler	64
4.9	KIA (UHI) Haritalarının Oluşturulması	65
4.9.1	KIA Olan ve Olmayan Bölgelerin Sıcaklıkları.....	67
4.10	UTFVI İndeks Haritalarının Oluşturulması.....	68
4.11	Kentsel Sıcak Noktaların (KSN) Tayini.....	70
5.	TARTIŞMA VE SONUÇLAR	72
6.	ÖNERİLER.....	78
	KAYNAKLAR	81
	EKLER.....	99
EK A.	2002/09/01-2016/09/01 Aylık Ortalama Yüzeysel Hava Sıcaklığı (C°) (Url-1, 2022).....	99
EK B	2002/06/01-2020/09/01 Aylık Ortalama Yüzeysel Albedo (Url-1, 2022).....	100
EK C.	2002/09/01-2020/09/01 Aylık Ortalama Arazi Yüzey Sıcaklığı (Url-1, 2022).....	101
EK D.	2002/06/01-2020/09/30 3 Saatlik Ortalama Yüzeysel Rüzgar Hızı(Url-1, 2022)	102
EK E.	01/06/2002-03/09/2020 Aylık Ortalama Yüzey Emisyon Haritası (Url-1, 2022).....	103
ÖZGEÇMİŞ.....		104

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Kentsel – kırsal sıcaklık farkı (Oke, 1987)	14
Şekil 2.2 Kentsel tabakalar (Yang vd., 2020)	16
Şekil 2.3 1951-1980 yılları arasındaki ortalama sıcaklığa göre değişim	17
Şekil 2.4 Farklı yüzeylerden yansımaya (Albedo) ve absorpsiyon (emme miktarı) (İstanbul Üni., 2021)	21
Şekil 2.5 Yansımaya – Albedo – Yayma (Overbey, 2021).....	23
Şekil 2.6 Elektromanyetik güneş spektrumu (Ondokuzmayıs Üni., 2021).....	24
Şekil 3.1 Çalışma alanı RGB (4,3,2) görüntüsü.....	27
Şekil 3.2 İş akış şeması	32
Şekil 3.3 AK/AÖ haritasındaki arazi sınıflarının spektral imzası.....	35
Şekil 3.4 AYS hesapları iş akış şeması	35
Şekil 4.1 a)2000 b)2010 c)2020 AK/AÖ Haritaları	43
Şekil 4.2 2000-2020 AK/AÖ sınıflar arasındaki geçiş Haritası	48
Şekil 4.3 a)2000 b)2010 c)2020 AYS haritaları	52
Şekil 4.4 Akarsu, yol, eğim, yükseklik haritaları	53
Şekil 4.5 a) 2000, b) 2020 NDVI haritaları.....	55
Şekil 4.6 a) 2000, b)2020 yılları NDBI haritası	56
Şekil 4.7 2000 yılı için a) NDVI b) NDBI ile AYS doğrusal regresyon grafikleri ...	58
Şekil 4.8 2020 yılı için a) NDVI b) NDBI ile AYS doğrusal regresyon grafikleri ...	59
Şekil 4.9 a) 2000, b) 2020 yılları Albedo haritası	60
Şekil 4.10 a) 2000, b) 2020 yılları için Albedo_AYS doğrusal regresyon grafiği	63
Şekil 4.11 a) 2000, b) 2020 yılları KIA haritaları ve yığın profil grafiği	66
Şekil 4.12 a) 2000 b)2020 yılı UTFVI indeksi dilim haritaları	69
Şekil 4.13 a)2000- b)2020 yılları KSN	71

TABLolar DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1 KIA tipleri ve temel özellikleri (EPA, 2008).....	15
Tablo 2.2 Yüzeylerin Albedo değerleri (Boğaziçi Üniversitesi, Erişim tarihi: 10.04.2020).....	19
Tablo 3.1 Çalışma alanı içindeki ilçelerin alan ve nüfus verileri (TÜİK, 2022)	28
Tablo 3.2 Çalışmada kullanılan meteoroloji verileri (S.M.G.M, 2022).....	28
Tablo 3.3 Kullanılan Landsat verileri	30
Tablo 3.4 UTFVI indeksi için ekolojik değerlendirme seviyeleri ve eşik değerleri (Yong vd., 2006)	40
Tablo 4.1 AK/AÖ haritalarının üretiminde kullanılan uydu görüntüleri	42
Tablo 4.2 Doğruluk hesabı için alınan örnek sayısı.....	44
Tablo 4.3 AK/AÖ haritalarının doğruluk istatistiği ve kappa sayısı	45
Tablo 4.4 Cohen Kappa katsayısı gücü.....	46
Tablo 4.5 2000-2010 AK/AÖ nicel değişimi ve geçiş matris oranları	46
Tablo 4.6 2010-2020 AK/AÖ nicel değişimi ve geçiş matris oranları	46
Tablo 4.7 2000-2020 Yılları arası arazi değişimi nicel verileri	47
Tablo 4.8 2000-2020 arazi sınıfları geçişi nicel verileri ve matris oranları	49
Tablo 4.9 Çalışma alanındaki arazi sınıflarının yüzey sıcaklıkları	50
Tablo 4.10 Arazi sınıflarına göre NDVI yaklaşık değerleri (Carlson ve Ripley, 1997).....	54
Tablo 4.11 AYS, NDBI ve NDVI doğrusal regresyon katsayıları ve R ² değerleri....	57
Tablo 4.12 Çalışma alanındaki arazi sınıflarının albedo değerleri	61
Tablo 4.13 AYS_Albedo doğrusal regresyon fonksiyonu ve R ² değeri	62
Tablo 4.14 2000 yılı çoklu doğrusal regresyon fonksiyonu.....	64
Tablo 4.15 2020 yılı çoklu doğrusal regresyon fonksiyonu.....	64
Tablo 4.16 Çalışma alanı tanımlayıcı istatistiksel veriler.....	65
Tablo 4.17 KIA olan-olmayan bölgelerin AYS'ları	67
Tablo 4.18 UTFVI indeks dilimlerindeki alan değişimi	68

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kisaltmalar

AK/AÖ	: Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü
A-KIA	: Atmosferik Kentsel Isı Adası
AYS	: Arazi Yüzey Sıcaklığı
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
EMS	: Elektromanyetik spectrum
EPA	: U.S. Environmental Protection Agency (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı)
ET	: Evapotranspirasyon
GIS	: Geographical Information Systems
KIA	: Kentsel Isı Adası
KSN	: Kentsel Sıcak Noktalar
LST	: Land Surface Temperature
NASA	: National Aeronautics and Space Administration (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)
NDBAL	: Normalized Difference Bareness Index (Normalize fark çıplaklık indeksi)
NDBI	: Normalized Difference Built-up Index (Normalize fark yapılaşmış alan indeksi)
NDISI	: Normalized Difference Impervious Index (Normalize fark geçirimsiz yüzey indeksi)
NDWI	: Normalized Difference Water Index (Normalize fark su indeksi)
NDVI	: Normalized Difference Vegetation Index (Normalize fark bitki örtüsü indeksi)
Ö-KIA	: Örtü tabakası Kentsel Isı Adası
RS	: Remote Sensing
UA	: Uzaktan Algılama
UHI	: Urban Heat Island
USGS	: United States Geological Survey (ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu)
UTFVI	: Urban Thermal Field Variance Index (Kentsel Termal Alan Varyans İndeksi)
Y-KIA	: Yüzeysel Kentsel Isı Adası

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun yarısından fazlası şehirlerde yaşamaktadır ve bu oranın 2050 yılına kadar %66'ya çıkması beklenmektedir (U.N., 2014). U.N. (2015) raporunda 3,5 milyar nüfus kırsal alanda yaşarken 2050 yılında 3,2 milyara gerileyeceğini belirtmiştir. Dünya nüfusundaki artışla birlikte insanların tabiat üzerindeki etkileri de artmaktadır. Oluşan ihtiyaç doğrultusunda kentsel alanlar mevcut orman alanları tahrip edilerek genişletilmeye başlanmıştır (Blanco-Canqui ve Lal, 2008; Yeh ve Huang, 2012). Kentleşme, araziye doğal veya kırsaldan kentsel ve sanayiye değiştirerek hareketlendiren, ulaşım ağı ve yerel fiziksel özelliklerle ilişkili faktörler tarafından şekillendirilerek farklı mekânsal desenler üreten karmaşık bir süreçtir (Antrop, 2000; Pickett vd., 2011; Forman, 2014). Kent nüfusunun hızla artması kentlerin iyi planlanmadan genişlemesine neden olur. Böylelikle kentlerdeki yüzey radyasyonu ve enerji dengelerindeki değişiklikler, kentleri artan iklim değişikliğinin etkilerine daha açık hale getirmektedir (Ünal vd., 2020). Artan kentleşme, ekolojik sistemi, biyoçeşitliliği bölgesel ölçekte iklimi ve sonuç olarak yaşam kalitesini ve insan sağlığını olumsuz şekilde etkilemektedir (Li vd., 2011). Tabiat üzerindeki insan eliyle gerçekleştirilen yıkımlar, kuraklıkla birlikte küresel ölçekte iklim krizini de beraberinde getirmiştir (Çelik, 2019). Nüfus artışı ile birlikte, bitkisel yüzeyden yoğun olarak inşa edilmiş geçirimsiz yüzeye dönüşüm, kentsel çevrenin kırsal çevresine kıyasla daha fazla ısınmasına sebep olmaktadır (EPA, 2008; Voogt ve Oke, 2003; Zhao vd., 2018).

Kentsel ortamın aşırı ısınması, insanların yaşam konforu ve enerji tüketimi üzerinde olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Kentler iklim değişikliğinin en çok hissedildiği alanlardır. Kentlerde geçirimsiz yüzeylerin artmasına karşılık bitki örtüsünün ve buharlaşma yüzeylerinin azalması, doğanın ekolojik yapısını, topoğrafyasını, atmosferik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Kent merkezlerinde sıcaklık, kırsal alanlar ve doğal yeşil alanlardan daha yüksek olarak gözlenir. Kentsel alanların etraftaki doğal tabiat alanlarından daha sıcak olması Kentsel Isı Adası (KIA) olarak tanımlanmıştır (Oke, 1982; Voogt ve Oke, 2003). EPA'ya (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı) göre, inşa edilen yüzeylerin güneşten gelen

radasyonu emdiği ve tuttuğu gelişmiş alanlarda KIA oluşumu görülmektedir (Molina ve Carrion, 2020). Kentsel ekolojik çevre ve şehirlerin genel yaşanabilirliği üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle KIA olgusu, kentsel iklim bilimi, kentsel ekoloji, şehir planlama ve kentsel coğrafya gibi birbiriyle ilişkili çeşitli alanlarda önemli bir araştırma odağı haline gelmiştir (Estoque, vd., 2017). Kent iklimi ile ilgili çalışmaların başlangıcı 19'uncu yüzyılın başlarına kadar gitse de konunun bilim dünyasında yoğun olarak çalışılması, insan hayatı üzerine etkisinin hissedilmeye başlamasıyla neredeyse bir yüzyıl sonra olmuştur. KIA tanımı ilk olarak, İngiltere'nin Londra kentinde 1818 yılında Luke Howard tarafından kullanılmıştır (Streutker, 2003). KIA geçmişten günümüze araştırılan önemli bir iklim olgusudur, örn. (Başar, 2008; Çiçek vd., 2013; Ferrari vd., 2020; Kim, 1992; Kim vd., 2018; Liu vd., 2020; Oke, 1982; Parsaee vd., 2019; Santamouris vd., 2015; Taha, 1997; Voogt, 2004; Yüksel ve Yılmaz, 2008; Zhao ve Fong, 2017).

Yapısal malzemeler; beton yüzey kaplamaları, çatı kaplamaları, asfalt ve kaldırım yollar, güneşten gelen ışığı doğal yüzeylere göre daha fazla emer. Hapsolan enerji sıcaklık olarak yayılır ve yayılım geceleri de devam eder (Santamouris, 2020). Yapısal malzemelerin termal, yansıtma ve ısıyı hapsedme gibi özellikleri, yüzeylerin güneş enerjisini emme, iletme ve yansıtma oranlarını belirlediğinden KIA oluşumunu doğrudan etkilemektedir (Heyer, 1992; Yüksel ve Yılmaz, 2008). Santamouris (2013)'e göre; çok yoğun yapıli mekanların genişlemesi sonucunda insan faaliyetlerindeki artış, KIA oluşumuna yol açan bir diğer etkidir. Bununla birlikte kentlerde geçirimsiz yüzeyler suyun hızla boşaltılmasına sebep olur ve Evapotranspirasyonu azaltır (Kim, 1992; Owen vd., 1998), bu durum ısı kaybını indirgediği için, KIA'nın oluşumuna katkı sağlar (Oke, 1987; Voogt ve Oke, 2003). Taha (1997)'ye göre, insan yaşamından kaynaklı (araçların egzozları, klimalardan çıkan sıcaklık salınımı vb.) etkenlerin KIA oluşumuna etkisinin yanı sıra, kent dokusu, kent formu, bina kaplama malzemeleri, zemin kaplama malzemelerinin albedo özellikleri KIA oluşumunda nispeten daha etkili olmaktadır.

KIA oluşumu, soğutma için tüketilen enerji miktarında artış, hava kirliliği, su sıkıntısı ve sağlık sorunları gibi olumsuzluklar ortaya çıkartmakta, bunun sonucunda macro ölçekte iklim değışikliklerine sebep olabilmektedir (Yang vd.,2011). KIA

etkisi belli dönemlerde yaşam konforu eşiğini aşabilmektedir. Örneğin nüfusu 1 milyondan fazla olan bir şehirde, ortalama yıllık sıcaklık değerleri kırsal ve kentsel alanlar arasında 1 °C ila 3 °C arasında değişebilir ve bu fark açık gökyüzü koşullarında 12 °C'ye ulaşabilir (Oke, 1982). Bu sebeplerden dolayı kent iklimini olumsuz etkileyen parametreleri ve planlama ilkelerini incelemek zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Literatür incelendiğinde, KIA' nın artan enerji tüketiminin yanı sıra hava- su kalitesi, bitki gelişimi ve sera gazı emisyonu üzerinde olumsuz etkileri (Moonen vd., 2012, Santamouris vd., 2001, Zhao ve Fong, 2017) olduğu belirtilmektedir. Bu sebeple kentin termal özelliklerinde olan değişimler kent konforunu olumsuz yönde etkileyerek kent sağlığı üzerinde tehditler oluşturmaktadır (Frumkin ve McMichael, 2008).

KIA hakkında yapılan çalışmalar incelendiğinde farklı bulgular olduğu görülmüştür. Örneğin, Oliveira vd., (2011) çalışmasında kentlerdeki yeşil alanların çevrelerindeki çıplak yüzeyler ile yapılaşmış alanlara göre daha düşük sıcaklığa sahip olduğunu belirtmekten başka bir çalışmada ise, yeşil örtünün konfigürasyonu ve kompozisyonunun yanı sıra kentsel yapının KIA'nı daha fazla etkilediği belirtilmiştir (Ghosh ve Das, 2018). Yukarıda belirtilen nedenlerden ötürü, KIA oluşumuna etki eden faktörler ile bunlar arasındaki ilişkilerin anlaşılması, sonucu iklim değişimine varacak kadar önemli olan bir konunun iyileştirilmesi bakımından kritik bir öneme sahiptir. Bu nedenle peyzaj planlama, kentlerde KIA etkisinin önlenmesi ve azaltılmasına yönelik çalışmalarda etkin rol oynadığı görülmektedir (Adiguzel vd., 2019; Connor vd., 2012; Dutta vd., 2019; Estoque vd., 2017; Li vd., 2011; Yao vd., 2019; Zhao ve Fong, 2017). Hızla artan kentsel nüfusun güvenliği ve konforu için, kentsel mikro iklimi iyileştirerek çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması, KIA etkisini hafifletmede temel ilkelerden biridir (Perera vd., 2021).

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı, özellikle 1998' den sonra kentleşmenin batıya doğru arttığı Samsun ili sahil kesimi ilçelerinde Yüzey Kentsel Isı Adası değişimini araştırarak, oluşumunu etkileyen parametreler açısından analiz etmektir. Landsat uydu görüntülerinin işlenmesi ile Yüzey Kentsel Isı Adası (YKIA) temel girdisi Arazi

Yüzey Sıcaklığı (AYS) hesaplanarak haritalanmıştır. Kentsel yüzey sıcaklıklarına etki eden indekslerden, bitki örtüsü, NDVI (Normalized Density Vegetation Index); yapılaşmış alanlar, NDBI (Normalized Difference Built-up Index) spektral indeksleri hesaplanmıştır. Çalışmanın özgün değeri, yüzeylerin yansıtım özelliği parametresine (Albedo) bağlı olarak KIA oluşumunun değerlendirilmesinin yanısıra Arazi kullanımı/Arazi örtüsü (AK/AÖ), NDVI, NDBI, indekslerinin etkisinin incelenmesidir. Elde edilen verilerden, AYS (bağımlı değişken); NDVI, NDBI, Albedo (bağımsız değişkenler) parametrelerinin etkileri pixel düzeyinde çoklu lineer regresyon analizi ile nicel olarak yorumlanmış ayrıca bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiler Pearson korelasyonu ile incelenmiştir.

Peyzaj yapıları, AK/AÖ'ne göre değişen AYS ile yakından ilişkilidir (Silva vd., 2018). Bu nedenle çalışma alanında AK/AÖ değişimleri, zamansal ve mekansal olarak ortaya konularak, YKIA arasındaki ilişkisi ısı görüntüleri ve çok spektrumlu görüntüler kullanarak belirlenmiştir. KIA etkisi ve dağılımını anlamak için termal verilere dayalı indeksler kullanılmıştır. Bu amaçla Kentsel Termal Alan Varyans indeksi (Urban Thermal Field Variance Index) (UTFVI) ve Kentsel Sıcak Nokta (KSN) analizi yapılmıştır. Belirlenen Kentsel Sıcak noktalar mekân özellikleri açısından incelenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen bulgular ile YKIA'na çok yönlü etkenlerin önceden tahmin edilebilmesi ve karar vericilere yerel ölçekte sahaya özgü azaltma stratejileri formüle etme konusunda yardımcı olması amaçlanmaktadır.

1.2 Kaynak Özetleri

1972'den buyana uzaktan algılama teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak, iklim değişikliği ile termal konfor koşullarının insanlar ve diğer canlılar aleyhine bozulması nedeniyle KIA oluşum sebepleri, tespiti ve etkisinin azaltılmasına ilişkin çalışmaların arttığı görülmektedir. Voogt ve Oke (2003) çalışmasında, Y-KIA konulu yayınları incelemesi sonucunda konunun üç ana tema altında toplandığını görmüştür. Bu üç ana tema şu şekilde açıklanmaktadır;

- Kentin termal özelliklerinin mekânsal dağılımını ve bu dağılımın kent yüzey karakteristikleri ile ilişkilendirilmesi.

- Yersel KIA ve atmosfer tabakasında oluşan ısı adaları arasındaki ilişkilerin incelenmesi. Bu çalışmalarda uzaktan algılama yöntemi ile yapılan analizler ile meteorolojik sabit istasyonlardan alınan ölçümler kombine edilerek yapılmıştır.
- Kentin iklim modelleri ile uzaktan algılama verilerinin eşleştirilmesi. Atmosferik model çıktıları ve uzaktan algılama tekniği ile elde edilen sıcaklıklar arasında istatistiksel analizler yapılmıştır.

Bu tez çalışması, bu üç ana temanın ilki olan kentin termal özelliklerinin mekânsal dağılımı ve bu dağılımın kent yüzey karakteristiklerinin niteliği ve değişimine bağlı olarak ilişkilerini uzaktan algılama yöntemi ile araştırılması temasını baz almaktadır. Literatür taraması sonucunda yapılan çalışmaların önemli bir kısmı aşağıda sunulmaktadır.

1.2.1 Kentsel Isı Adası Oluşumuna İlişkin Ülkemizde Yapılan Çalışmalar

YÖK Kütüphanesi, diğer kütüphaneler ve akademik platformlarda yapılan araştırmalarda 2008 ve sonrasında Türkiye’de yapılan şu çalışmalara ulaşılmıştır.

Yüksel ve Yılmaz (2008), çalışmasında 1985 ve 2002 yılları arasında oluşan yüzey sıcaklığı farklılıkları, kentsel ısı adası etkisinin ve arazi örtüsünün belirlenmesi için 1985, 1995 yıllarına ait Landsat-5 TM (termal bantlı) ve 2002 yılına ait Landsat-7 ETM uydu görüntüleri kullanılmış; farklı arazi örtüsüne ve farklı yüzey sıcaklığına sahip 3 alanda sabit meteorolojik ölçüm istasyonlarından alınan veriler ile yeşil alanlar, yapı yoğunluğu, ve meteorolojik parametreler (sıcaklık, nem) arasındaki ilişkiler ortaya konulmuştur.

Başar (2008) Yüksek Lisans tezinde ısı adalarının oluşumunu Landsat 5 TM uydusundan alınan görüntüler ve Devlet Meteoroloji Müdürlüklerinden sağlanan sıcaklık verileri ile incelemiştir. Görüntüler termal bantlar ve diğer bantlar için sınıflandırılmış ve birbiri ile ilişkilendirilmiştir.

Şimşek ve Şengezer (2012) çalışmasında İstanbul metropolünde bitki örtüsünün sıcaklık üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Uzaktan algılama yöntemi ile Y-KIA ve

NDVI değerleri belirlenmiş, sıcaklık bağımlı değişken, bitki örtüsü bağımsız değişken olmak üzere regresyon analizi yapılmıştır. Bu alışmada Geoeye-1 ve Worldview-2 yüksek znrlkl görüntüleri kullanılmıştır.

iek vd., (2013) alışmasında 2007-2011 yılları için tüm aylara bir görüntü düşecek şekilde analiz yapılmıştır. Landsat 7 2008 yılı temmuz ayı görüntüsünden şehir ve çevresine ait arazi sınıflandırması yapmış, arazi sınıflarının ortalama yüzey sıcaklıkları belirlenmiştir.

Gerçek ve Bayraktar (2014) alışmasında İzmit kentinde KIA etkisini Landsat 8 ETM+ ve MODIS uydu görüntülerinden faydalanılarak incelemiştir. AYS haritası, NDVI ve NDISI ile güneşlenme oranı ilişkilerini incelemiştir. Isı adalarının saptandığı bölgelerde ısının hapsolmasına neden olan kaplayıcı malzemelerin oranı ve kütlesi (geçirimsizlik indeksi) arttığı için yüzey sıcaklığının arttığını tespit etmiştir.

Sekertekin vd., (2015) alışmasında uydu görüntülerinden farklı yüzey kaplamalarının yüzey sıcaklığına etkisini araştırmak için Landsat 5 TM görüntülerine mono window algoritması uygulamıştır. Nemlilik ve hava sıcaklığı gibi meteorolojik veriler de algoritmada kullanılmıştır.

Ekinci (2016) Yüksek Lisans tezinde İstanbul Aksaray Meydanındaki mevcut ısı adası oluşumu ve tasarlanan projenin uygulanması sonucu oluşacak ısı adası oluşumunu, geometri, bitki örtüsü, albedo ve antropojenik ısı özellikleri açısından incelemiştir.

Dihkan vd., (2018) alışmasında Türkiye'de KIA yapısını, her biri Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde bulunan yedi ilde incelenmiştir. KIA etkisini karakterize etmek için Gauss tekniğı kullanılmıştır. Gündüz ve gece YKIA 1984'den 2011'e kadar olan yıllar için uzaktan algılama yöntemi ile analiz edilmiştir.

elik (2019) Doktora tezinde İstanbul metropolitan alanında gerçekleşen 1984-2017 yılları arasındaki AK/A değişimlerini belirlemiş ve bu değişimlerin yüzey sıcaklıkları ile ilişkisini incelemiştir. Çalışmada Landsat uydu algılayıcıları

tarafından sağlanan optic kızılötesi-görünür bantlar ile ısı bantlar kullanılmıştır. Çalışmada NDVI ve NDBI görüntüleri hesaplanmıştır. KIA etkisi UTFVI indeksi ile değerlendirilmiştir.

Tonyaoğlu (2019) çalışmasında Aydın ilinin, Efeler ve İncirliova ilçelerinin AYS, NDVI ve yapı yoğunluğu arasındaki ilişkiler incelenerek, kentsel termal çevre üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışmada Landsat 8 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Copernicus Arazi Gözlem Hizmetlerinin (Copernicus Land Monitoring Service-CLMS, 2018) 2006 ve 2015 yıllarına ait geçirimsizlik derecesi/yapı yoğunluğu (Imperviousness degree - IMD) haritalarından yararlanılmıştır.

Ünal vd., (2020) çalışmasında 1960-2012 yılları arasında İstanbul'un yıllık, aylık, mevsimlik meteorolojik verilerine (rüzgâr, bulutluluk ve nem) dayanarak KIA yoğunluğunu analiz etmiştir. Analizler sonucunda 10 yıllık süreçlerde gece KIA oluşumunda artış, gündüz KIA oluşumunda azalış tespit etmiştir. KIA etkisinin bulutluluk ve nem artışıyla azaldığını gözlemlemiştir.

Erdem vd. (2020) çalışmasında kentsel sokakların fiziksel biçimi ile KIA etkisi arasındaki bağıntıyı araştırmıştır. Bu sayede iklime dirençli kentsel gelişim sağlamak için planlama ve tasarım stratejileri geliştirmeyi amaçlamıştır. KIA etkisi Landsat 8 uydu görüntülerinin yüzey sıcaklığı verilerinden elde edilmiştir. Sonuç olarak, KIA etkisinin, sokak ağı merkeziliği ile pozitif kolerasyon, sokak ağı bağlantılılığı ile negatif kolerasyon gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Sekertekin ve Zadbagher (2021) çalışmasında AYS dağılımını ve KIA oluşumunu geçirimsiz yüzeyler doğrultusunda değerlendirerek, 2016 verilerinden 2021 in tahminlerini elde edecek simülasyon projesi hazırlamışlardır.

Kesikoglu vd. (2021) çalışmasında geçirimsiz yüzeyler, bitki örtüsü ve toprak alanlar ile AYS arasında regresyon analizleri yapmıştır. Yarı kurak iklim özelliği gösteren Kayseri ilinin 1987, 2000, 2013 yıllarına ait Landsat uydu görüntüleri üzerinde çalışılmıştır. Parametreler arasındaki ilişkileri daha iyi göstermek için, yaygın piksel

tabanlı ve klasik bölgesel tabanlı yaklaşımların yanı sıra, yoğunluk tabanlı bölgesel analiz yaklaşımı önerilmiştir.

Cilek M.U. ve Cilek A. (2021) çalışmasında Türkiye'nin Adana şehrinde sıcak ve kurak yaz dönemi için Yerel İklim Bölgesi (YİB) ile Arazi Yüzey Sıcaklığı arasındaki istatistiksel ilişkiyi sunmaktadır. YİB, bina yüksekliği, bina yüzey fraksiyonu, en-boy oranı, geçirgen ve geçirimsiz yüzey fraksiyonu dahil olmak üzere beş parametre kullanılarak sınıflandırılmıştır. Sonrasında her bir YİB için ortalama AYS, Landsat-8 ve ENVI-met'den elde edilmiştir.

Ülkemizde yapılmış olan çalışmalardan gördüğümüz kadarı ile KIA oluşumuna yönelik parametrelerden yüzey sıcaklığı, arazi örtüsü, geçirimsiz yüzey yoğunluğu, vejetasyon gibi parametrelere değinilmiş ve bunlar arasında ilişki kurulmuştur. KIA, kentin iklim yapısı, topoğrafyası, geometrisi açısından değerlendirilmiştir. Kentleşmenin zaman içinde KIA'na olumsuz etkisi vurgulanmıştır. Yöntem olarak uzaktan algılama kullanılmıştır. Yurt dışında indeksli yayınlara baktığımızda, KIA etkisini azaltmak için yüzey sıcaklığını doğrudan etkileyen bir diğer parametre olarak kentlerdeki yüzey materyallerinin albedo (yansıtma) özelliklerini konu alan çalışmalar görülmektedir. Çalışmamızda kentsel ısınmayı azaltma yöntemlerinden en önemlisi olan “Soğuk Döşemeler” yani “Albedo” su yüksek döşemeler yönünde ilerletmek için incelenen bazı çalışmalar aşağıda yer almaktadır.

1.2.2 KIA Oluşumuna İlişkin Dünyada Yapılan Çalışmalar

Taha (1997) kentsel iklim karakteristikleri, KIA nedenleri ve etkilerini incelemiştir. Yüzey albedosu, buharlaşma ve antropojenik ısınmanın, yüzeysel iklime etkisi tartışılmıştır. Sayısal simülasyonlar ve saha ölçümleri sonucu, artan albedo ve bitki örtüsünün yerdeki yüzey ve hava sıcaklıklarını azaltmada etkili olabileceği görülmüştür.

Yuan ve Bauer (2007) Kentsel ısı adası etkenlerinden NDVI ile geçirimsiz yüzey yüzdesi (% ISA) nin, yüzey sıcaklığına etkisini, Landsat uydu görüntüleri ile incelemiştir. Minnesota Metropolitan alanda iki şehir için, dört ayrı mevsimde Landsat TM ve geliştirilmiş ETM+ verilerinden analizler yapılmıştır. Temmuz 2002

Landsat TM görüntülerinin normalleştirilmiş spektral karışım analizi kullanılarak %7,95' lik standart hataya sahip geçirimsiz yüzey yüzdesi haritası oluşturulmuştur. Sonuç olarak, AYS ile NDBI arasında her mevsimde güçlü bir doğrusal ilişki olduğunu tespit ederken, AYS ve NDVI arasındaki ilişki daha az güçlü olduğu ve mevsime göre değiştiği kanısına varmışlardır.

Chen vd. (2006) Güney Çin'in Guangdong kentinde Pearl River Deltasında KIA oluşumu araştırmıştır. Çalışmada 1990-2000 yılları arasındaki Landsat TM ve ETM+ görüntülerinden parlaklık sıcaklığı ve arazi kullanım / örtü analizleri yapmıştır. KIA ve Arazi Örtüsü arasında sayısal değerlere dayanan ilişkiyi açıklamak için, NDVI, NDWI, NDBaI, NDBI parametrelerini kullanmıştır. İstatiksel kolerasyonlar açısından sıcaklık ve NDVI, NDWI parametreleri arasında negatif, sıcaklık ve NDBI, NDBaI arasında pozitif sonuçlar bulunmuştur.

Santamouris (2013) kentsel alanlarda kullanılan döşeme malzemelerinin, KIA oluşumuna etkilerinden bahsetmiştir. Analiz edilen döşemelerin termal performansını, termal ve optik parametrelere dayandırılarak incelemiştir. Yansıtıcı ve geçirgen / su tutucu kaplamaların sunumu yapılmıştır. Ulaşılan sonuçlara göre, serin döşemelerin çevrenin sıcaklığı ve KIA' nı azaltma yöntemi olarak büyük önem taşıdığını göstermiştir.

Du vd., (2016) çalışmasında KIA' nı meteorolojik koşullar, antropojenik ısı kaynakları, kentsel alanlar ile ilişkisini uydu görüntüleri, istatiksel veriler ve meteorolojik veriler yardımı ile hesaplamıştır. Çalışmasını, Yangtze Nehri Deltası Kentsel yığını içinde yapmıştır. Sonuç olarak yaz ayları KIA yoğunluğunun en fazla olduğu, sonbahar ikinci sırada yoğun olduğu, ilkbahar üçüncü sırada ve en az kış ayları olarak sıralandığını belirtmiştir. Ayrıca KIA yoğunluğu ile nüfus yoğunluğu arasında korelasyonu önemsiz bulmuştur. Enerji tüketimi, kentsel mekanlar ile KIA arasında pozitif yönde korelasyon bulmuştur. Bununla birlikte ortalama rüzgâr hızı ve ortalama yağış ile KIA arasında negatif korelasyon bulmuştur.

Estoque vd. (2017) çalışmasında Bangkok (Tayland), Jakarta (Endonezya) ve Manila (Filipinler) metropol alanlarındaki AYS ile geçirimsiz yüzey ve yeşil alanın bolluğu

ve mekânsal düzeni arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Analizi kolaylaştırmak için Landsat-8 OLI / TIRS verileri ve kentsel-kırsal gradyan, çoklu-çözünürlüklü grid tabanlı ve uzamsal metrik tabanlı teknikler dahil olmak üzere çeşitli jeo-uzamsal yaklaşımlar kullanılmıştır.

Li ve Zhou (2019) çalışmasında şehir içi yüzey KIA yoğunluğu ile kentsel yeşil alan mekânsal düzenine ait bir dizi değişken, kentsel morfoloji ve yüzey özelliklerinin kentsel-kırsal farkları arasındaki ilişkisini araştırmıştır. Kentsel yeşil alanların mekânsal desenini belirlemek için; yeşil alan yüzdesi, parça yoğunluğu, kenar yoğunluğu, ortalama parça şekli, en büyük parça indeksi ölçülmüştür. Kentsel-Kırsal yüzey karakteristik farkını ortaya koymak için; kentsel-kırsal albedo farkı, kentsel-kırsal düzeltilmiş gece ışığı parıltısı farkı, kentsel- kırsal gelişmiş (az, orta, çok) arazi farkı, kentsel-kırsal nüfus yoğunluğu farkı, kentsel kırsal yükseklik farkı değişkenleri ölçülmüştür. Bu değişkenler KIA yoğunluğu ile yakından ilişkili bulunmuştur.

Pomerantz (2018) çalışmasında Albedo artışlarının sağlayabileceği maksimum faydaları ölçmek için basit yöntemler önermiştir. Kaliforniya’da yer alan birçok sıcak iklim kentinde, kaldırımların albedo değerindeki 0,2 lik bir artışla, CO² emisyonlarının miktarını yılda m² başına 1 kg azalttığı görülmüştür. Ortaya çıkan maksimum güç azaltmalarının, şehrin temel gücünün %7’si kadarını azalttığını tahmin etmektedir. Karar mercilerinin hangi kentsel ısı adası azaltma tekniklerinin uygun maliyetli olduğunu dikkatlice seçmesi gerektiğini belirtmiştir.

Portela vd. (2020) çalışmasında farklı uzaktan algılama termal indekslerini ve bunların Güneydoğu Brezilya’da kentleşmiş ve sanayileşmiş bir şehirdeki etkilerini araştırmıştır. Landsat uydu görüntülerinin termal verilerini kullanmıştır. Çalışmanın sonucu olarak, kentsel ve endüstriyel alanlarda, yapılaşma, geçirimsiz yüzeyler, yetersiz yeşil alanlardan dolayı yüzey sıcaklığı daha yüksek çıkmaktadır. Endüstriyel alanlar ve otopark alanları yüzeysel kentsel ısı adasının olduğu alanlar olarak belirlenmiş ve bu noktalar kentin en sıcak noktaları olarak tanımlanmıştır.

Perera vd. (2021) çalışmasında, (a) termal sıcak noktaları belirlemek için Isı Endeksi değerleri oluşturarak dış mekân termal konforunu araştırmayı ve (b) ENVImet iklim

modeli kullanarak Sri Lanka'daki Colombo kentsel metropolünde KIA'nı hafifletmek için yeşil altyapı ortamlarını modellemeyi amaçlamıştır. Bu amaçla Colombo kent alanında 14 noktanın gündüz sıcaklığı ve nem değerleri ölçülerek kentin termal sıcak noktaları belirlenmiştir. ENVI-met programı ile mikro iklim simülasyon modeli oluşturmuştur.

Despini vd. (2021) çalışmasında KIA etkilerini indirmek amaçlı worldview 3 (WV3) uydu görüntülerini işleyerek, çeşitli arazi örtüsü ve albedo değerleri açısından değerlendirmiştir.

1.2.3 KIA Oluşumunu Etkileyen Parametrelerden, Albedo Analizi Yapılan Çalışmalar

Bu çalışmaların içinde uzaktan algılama yöntemi ile yapılan albedo analizi, yersel ölçümler ile yapılan albedo analizi veya her ikisini kullanarak KIA oluşumuna soğuk kaplamaların (Albedosu yüksek) etkisini araştıran çalışmalar bulunmaktadır.

Li vd. (2013) çalışmasında çift piranometreli ve otomatik veri toplama sistemine sahip albedometre ile farklı kaplama malzemeleri üzerinde albedo saha ölçümlerini yapmış ve kaplamaların albedo özelliklerini farklı mevsim ve iklim özelliklerine göre değerlendirmiştir. Farklı tasarımlara sahip asfalt, beton ve kilitli parke beton taş yüzey kaplama malzemeleri için albedo değerleri elde edilmiştir. Albedoları yüksek malzemelerin soğutma etkisi, güneş radyasyon yoğunluğu ile pozitif bir korelasyona sahip olduğu belirtilmiştir.

Baldinelli ve Bonafoni (2015a) çalışmasında Landsat 30 m çözünürlüklü uydu görüntülerinden faydalanarak geniş ölçekte albedo analizi yapmış, İtalya'nın Floransa kentinin iklim değerlendirmesine katkı sağlamıştır. Uydu verilerini, havadan kızılötesi termografi görüntüleriyle karşılaştırılarak, sıcaklık analizleri ile yüzey albedo değerlendirmesi yapmıştır.

Trlica vd. (2017) Boston, Massachusetts' in Metropolitan bölgesinde 30 m çözünürlüklü uzaktan algılama verileri kullanarak yaz aylarında kentsel albedo oluşumunu tanımlamıştır. 30 m mekânsal çözünürlükte çalışma alanı boyunca (açık

su alanları hariç) ortalama albedo değeri 0,152 bulunmuştur. Artan kentleşme ve sıcaklık ile; %29 ağaç gölgelik düşüşü, %27 geçirimsiz yüzey artışı, nüfus yoğunluğunun 11 den 386 km² çıkışı ile albedo değerinde-0,01 düşüşe neden olmuştur. Albedo ve kentsel arazi örtüsü karakteri arasındaki bağıntıları ortaya çıkarmış ve iklime dirençli planlama ve kentleşme ile gelecekteki işlevsel peyzaj değişiklikleri için deneysel bağlam sunmaktadır.

Ban-Weiss vd. (2015) çalışmasında, Long Beach, Los Angeles, San Francisco, San Diego, San Jose, Sacramento, Bakersfield olmak üzere yedi California şehrinde tek tek çatıların albedosunu üretmek için çok bantlı uydu görüntülerini kullanmıştır. 190 çatı kaplama ürününün güneş spektral yansımalarını laboratuvar ortamında ölçmüştür. Uzaktan algılanan yansılardan hesaplanan Albedo, her şehirdeki çatı albedosunun zemin ölçümlerine göre kalibre edilmiştir.

Bonafoni vd. (2017a) çalışmasında Temmuz ayında iki kentsel alanda (Orta İtalya'daki Perugia ve Aprilia şehirleri) Albedo- AYS ilişkisini farklı uydu ve hava sensörlerinden alınan verilerin karşılaştırılması ile incelemiştir. Aynı zamanda Perugia kentinde yer ölçümleri ile Albedo ölçümleri yapmıştır. Temmuz ayında 0,10 civarında albedo'ya sahip olan yüzeylerin, 60 °C yüzey sıcaklığı yarattığı görülmüştür. Albedo ile AYS arasında ters orantı olduğu saptanmıştır.

Baldinelli vd. (2017) çalışmasında uydu sensörleri tarafından sağlanan dar bant yansıtıcılarından geniş bant albedoyu tahmin eden algoritmalar önermiştir. Landsat 8 OLI yansımalarına uygulanan algoritmanın doğruluğu, farklı arazi örtüsü türlerine sahip test alanları seçilerek Orta İtalya'nın (Perugia) şehrinde, 2016 yaz aylarında yer ölçümleri yapılarak gerçekleştirilmiştir. Albedo değerlerinin günün saatinden önemli ölçüde etkilenmediği anlaşılmıştır (ölçümler öğle saatleri yakınlarında alınırsa varyasyon %7'den az çıkmıştır). Uydu gözlemlerinin, geniş alanları uzamsal çözünürlükle (30 m) izlemek için güçlü bir araç olduğu belirtilmiştir.

Alchapar (2020) çalışmasında kentsel sıcaklıkları ve enerji tüketimini azaltma stratejisi, kentsel ölçekte yüksek albedo ve yüksek emisyonlu soğuk malzemelerin yaygın şekilde uygulanması ile mümkün olduğunu belirtmektedir. Bu araştırmanın

amacı, Arjantin, Mendoza Metropolitan Bölgesi'ndeki farklı çatı kaplama malzemelerinin ayrımını yaparak, çatılarda albedo artışıyla ilişkili kentsel mikroklimatik koşullardaki değişimi belirlemektir. Bu sayede, kentsel çatıda albedo değerlerini düzenlemenin, KIA'nın enerji ve çevresel etkilerini ölçmek için verimli bir yöntem olduğunu göstermektedir.

Song vd. (2020) çalışmasında uydu tabanlı albedo kazanımlarını, kule üstünde yerleşik Albedometre ile doğrulama yöntemini kullanmıştır. Bu çalışmada, kule ölçümü albedo değeri, yeni bir yöntem kullanılarak kaba uydu çözünürlüklerine yükseltilmiştir. Yüksek çözünürlüklü yer gözlem uydularının (örneğin, Sentinel-2 ve Landsat-8) atmosfer üstü yansıtma ölçümlerinden yüzey yansımaları almak için bir atmosferik düzeltme yöntemi olan ve (Yin, vd., 2019) tarafından geliştirilen Sabit Sensör Atmosferik Düzeltme (SIAC) yöntemini uygulamıştır.

Ferrari vd. (2020) çalışmasında yansıtıcı ve geçirgen kaplamaların kentsel mikroklima üzerindeki etkisini bir kentsel mikroklima modeli aracılığıyla incelemiştir. Bu model, farklı kaplamaların ve meteorolojik koşulların (rüzgâr, güneş, yağmur) kentsel ortamlarda ısı ve nem emilimi ve depolanması üzerindeki etkisinin analizini sağlamaktadır. Sonuçlar, farklı zemin kaplamalarının termal özellikleri ve termal konfor açısından değerlendirilmiştir.

Bonafoni ve Sekertekin (2020) 10 m yüksek çözünürlüklü Sentinel-2 uydu görüntülerine uygulanan dar bant – geniş bant dönüştürmek için yeni bir algoritma üzerinde çalışmışlar. Yeni bir dar bant- geniş bant albedo katsayısı hesaplanmıştır. Doğruluğu yersel ölçümlerle ve literatürdeki bir diğer algoritma ile karşılaştırılmıştır.

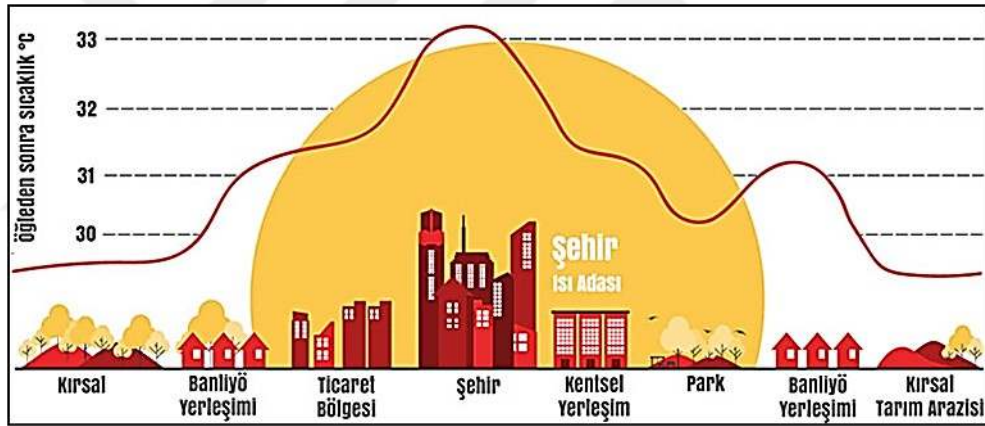
Binarti vd. (2020) çalışmasında kızılötesi kamera ile, sokak kanyonlarının dikey ve eğimli yüzeylerde yüzey sıcaklığı görüntüleri alınmıştır. Yatay ölçekte altı arazi örtüsü indeksi (AYS, albedo, termal yama, NDVI, NDBI, NDWI) ArcGIS'te bir görüntü işleme tekniği kullanarak türetilmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER

Bu bölümde tez konusunun belirlenmesinde etkin olan KIA kavramı tanımlanarak KIA tipleri, oluşumuna neden olan parametreler ve KIA oluşumunun iklim değişimine etkisi açıklanacaktır.

2.1 Kentsel Isı Adası (KIA)

"Isı adası" terimi, yakınlardaki kırsal alanlardan daha sıcak olan yerleşim alanlarını tanımlamaktadır. 1 milyon veya daha kalabalık bir şehrin ortalama hava sıcaklığı çevresinden 1 ila 3 ° C daha sıcak olabilir. Akşam hava sıcaklığı farkı 12 ° C'ye kadar çıkabilir (Oke, 1987).



Şekil 2.1 Kentsel – kırsal sıcaklık farkı (Oke, 1987)

İki çeşit KIA mevcuttur; yüzeysel kentsel ısı adası (Y-KIA) ve atmosferik kentsel ısı adası (A-KIA). Y-KIA, alanın yüzey sıcaklığına dayanarak ölçülmekteyken, A-KIA hava sıcaklığına bağlı olarak ölçülür ve sıklıkla örtü tabakalarının kentsel ısı adası(Ö-KIA) ve sınır tabakalarının kentsel ısı adası (S-KIA) olarak sınıflandırılır (Voogt ve Oke, 2003). Y-KIA özellikle, insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin yanı sıra hava kalitesi, yağış, sıcaklık, karbonu depolama, enerji dengesi vb. olumsuz etkilerinden dolayı politikacılar, sağlık yetkilileri, şehir plancıları, şehir yatırımcıları ve diğer farklı bilimsel topluluklar tarafından dikkat çekmektedir (Estoque vd. 2017; Zhang vd., 2017; Li, vd., 2017). Aşağıdaki tabloda Y-KIA ile A-KIA temel özellikleri gösterilmektedir (Tablo 2.1).

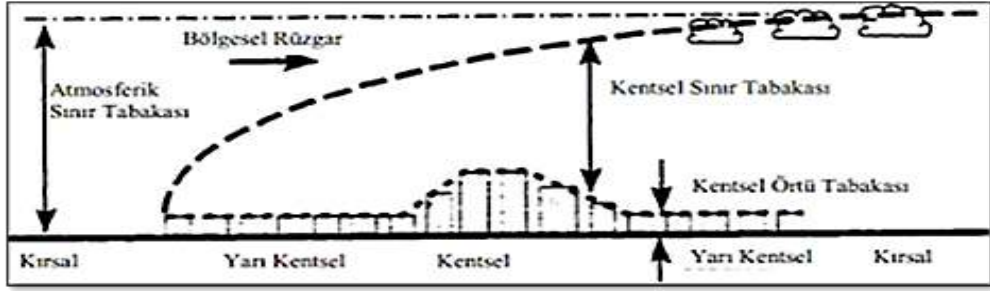
Tablo 2.1 KIA tipleri ve temel özellikleri (EPA, 2008)

Özellik	Y-KIA	A-KIA
<u>Zamansal değişim</u>	- Her zaman (Gece- Gündüz) - Yaz aylarında ve gündüz saatlerinde en yoğun	- Gündüz saatlerinde düşük yoğunlukta - Kış aylarında ve gece daha yoğun
<u>En yoğun olduğu durumlar</u>	Değişim yüksek: - Gündüz: 10-15 C° - Gece 5-10 C°	Değişim az: - Gündüz: 1-3 C° - Gece: 7-12 C°
<u>Belirleme yöntemi</u>	<u>Dolaylı ölçme teknikleri:</u> Uzaktan Algılama	<u>Doğrudan ölçme teknikleri:</u> - Mobil istasyonlar - Sabit meteoroloji
<u>Görselleştirme</u>	Isıl (Termal) görüntüler	- Sıcaklık grafikleri - İzoterm (eşsıcaklık) haritaları - Sıcaklık grafikleri

Atmosferik ısı adaları farklı yüzey tiplerine ve atmosferin farklı tabakalarına göre aşağıdaki gibi 2 alt kategoriye ayrılır.

- Kanopi Isı Adası (CLHI)
- Sınır Katmanı Isı Adası (BLHI)

Kanopi tabakası, kentsel atmosferin yeryüzünden ortalama bina yüksekliğine kadar olan kısmını ifade etmektedir. Dolayısıyla Kanopi tabakası ısı adaları kentsel bölgedeki binaların yüksekliklerinden ve geometrisinden etkilenir. Sınır katmanı ısı adası ise kanopi tabakasının üstünde, yaklaşık 1,5 km yüksekliğinde bir tabakadır (Oke, 1982). Yüzey ısı adaları gündüz, geçirimsiz yüzeylerin yaptığı ısıl yayınımdan dolayı daha yoğun iken Atmosferik ısı adaları, geceleri daha yoğundur (Roth vd., 1989) (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Kentsel tabakalar (Yang vd., 2020)

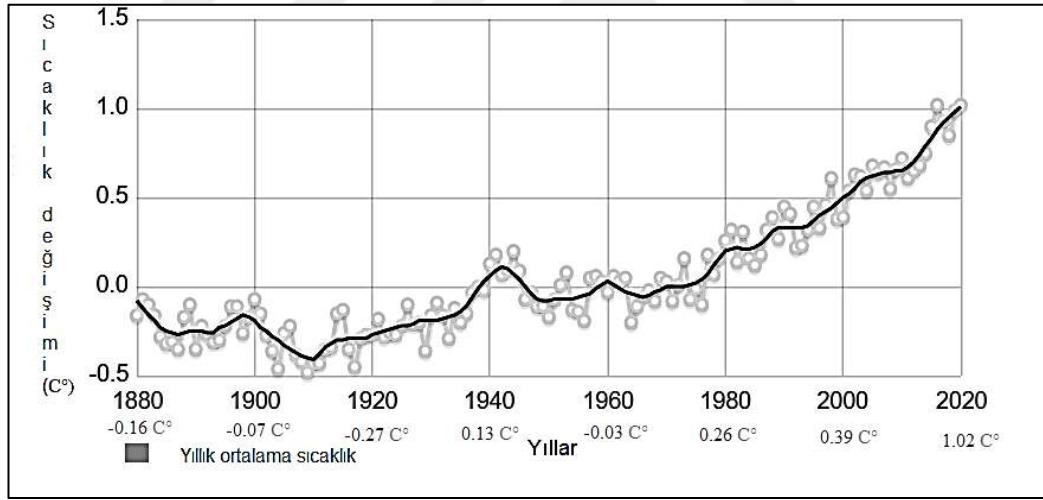
ÖT- KIA'nı doğrudan etkileyen Y-KIA'nın, Uzaktan Algılama (UA) gibi mekansal dağılımın modellenemediği yöntemlerle araştırılması etkili bir çözüm olarak önerilmektedir (Clinton ve Gong, 2013). Birçok KIA çalışması UA yöntemi ile yapılmış ve uydu görüntülerinin kullanılabilirliğini göstermiştir örn. (Akyürek, 2020; Başar, 2008; Clinton ve Gong, 2013; Connors vd., 2012; Çelik, 2019; Çiçek vd., 2013; Khorrami vd., 2019; Lemus-Canovas vd., 2020; Oğuz, 2015; Voogt ve Oke, 2003; Weng, 2001; Weng, 2009; Yılmaz, 2015; Yuan ve Bauer, 2007; Yüksel ve Yılmaz, 2008). Y-KIA gündüz ve gece bulunmaktadır, fakat güneşten gelen ısıma sayesinde gün boyunca daha güçlü olmaktadır. Yüzey sıcaklığı (YS), yüzey materyallerine göre değişkenlik gösterirken, hava sıcaklığı pek fazla uzamsal değişim göstermez (EPA, 2008). Bu yüzden YKIA oluşumunda yüzey materyallerinin ısıyı yansıtma özelliği (albedo) etkisi büyüktür.

2.2 Arazi Yüzey Sıcaklığı (AYS)

Küresel ısınma ve iklim değişikliği günümüzde göz ardı edilemeyecek iki olgudur. Bu iki olgunun küresel ölçekte yüzey sıcaklığındaki artış olarak yorumlandığı görülmektedir (Sekertekin, vd., 2016). Plansız ve hızlı kentleşme, kent peyzajını değiştirirken yüzey sıcaklığının artmasının en önemli nedenlerinden biridir. Kentlerde nüfus artışıyla birlikte yeşil alanlar beton yüzeylere dönüşmektedir. Yüzey özelliklerinin değişimi, gizli ve hissedilebilir ısı akışında değişikliklere neden olarak yüzey sıcaklığının yansırı ortam hava sıcaklığının değişimine neden olmaktadır. Kentsel alanlar, bitki örtüsü ve su kütlelerinin azalması ile çevresindeki kırsal alanlardan daha sıcak oldukça KIA gelişimine yol açmaktadır (Nimish, vd., 2020).

AYS, termal kızıl ötesi bandından türetilen, yüzey kentsel ısı adası çalışmalarında birincil ve önemli bir adımdır ve yüzey enerji akışı dinamiklerinin bir göstergesidir (Zhou vd., 2019). KIA etkisinin uzaktan algılanmış Arazi Yüzey Sıcaklıkları (AYS) ile ortaya koyulması, Y-KIA olarak tanımlanmaktadır. Y-KIA etkisini ortaya koymak amacıyla yapılan analizlerde AYS oldukça önemli bir parametredir (Cristóbal vd., 2009; Voogt ve Oke, 1998).

Bilim adamları, Dünya'nın mevcut iklimini daha iyi anlamak ve gelecekteki iklimi tahmin etmek için deneysel modeller kullanmaktadır. Bu modeller, dünya daha fazla fosil yakıt tükettikçe, sera gazı konsantrasyonlarının artmaya devam edeceğini ve bunun sonucunda Dünya'nın ortalama yüzey sıcaklığının artacağını öngörmektedir. (Riebeek, 2010) olası emisyon senaryolarını dikkate alarak, ortalama yüzey sıcaklıklarının yirmi birinci yüzyılın sonunda 2°C ila 6°C arasında artabileceğini öngörmüştür.



Şekil 2.3 1951-1980 yılları arasındaki ortalama sıcaklığa göre değişim

Bu grafik, küresel yüzey sıcaklığındaki 1951-1980 ortalama sıcaklıklarına göre değişimi göstermektedir. 1998 hariç en sıcak yılların on dokuzu 2000'den itibaren yaşanmıştır. Kayıtların başladığı 1880'den itibaren kaydedilen en sıcak yıl 2016'dır. Bu araştırma, İklimsel Araştırma Birimi ve Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi tarafından hazırlanan benzer analizlerle uyumludur (NASA, 2021).

2.2.1 Kentsel Sıcak Noktalar (KSN)

Kentsel sıcak noktalar (KSN), kentsel termal özellikler açısından aşırılık gösteren insan ürünü faaliyetler tarafından KIA alanlarında ortaya çıkan noktalardır (Chen vd., 2006; Coutts vd., 2016; Ren vd., 2016). Isı indeksi (II), çevresel ısı kaynaklarının riskini değerlendirmek için iyi bir göstergedir ve yüksek II nedeniyle ısı çarpmalarına, ısı dalgalarına ve güneş yanıklarına karşı en savunmasız yerler termal sıcak noktalar olarak adlandırılır (Alahmer vd., 2011; Anderson vd., 2013).

2.3 Albedo

EPA, (2008), yansıtılabilirlik ya da Albedo kavramını, yüzeylerin güneş enerjisini yansıtma kapasites olarak ifade etmektedir. Gün boyunca güneşten gelen ısıyı soğurarak (absorbsiyon) yansıtmayan materyaller, gece bünyelerinde biriktirdikleri ısıyı dışarı salarak gece gündüz arasındaki sıcaklık farkını (KIA oluşumunu) desteklemektedir. Yüzey albedosu, AYS üzerinde en etkili parametrelerden birini temsil eder, bu nedenle KIA oluşumuna etki eden AYS'ni azaltmak için etkili bir araç olarak önerilmiştir (Baldinelli ve Bonafoni, 2015a; Trlica, vd., 2017). Albedo, yani gelen güneş ışınımının yüzeyden yansıyana oranı, kentsel iklimi arazi örtüsü ve arazi kullanımına bağlayan yüzey parametrelerinden biridir ve KIA oluşumunda en etkili parametrelerden birini temsil eder (Baldinelli vd., 2017). Yüzey albedosu, yüzey enerji bütçesi çalışmalarında jeofizik parametrelerin kontrolünü sağlayan anahtarlardan biridir ve zamansal ve mekânsal varyasyonu, küresel iklim değişikliği ve bölgesel hava sistemi ile yakından ilişkilidir (Qu vd., 2015).

Cisimlerin albedoları o cisimlerin yüzey alanına, dokusuna ve rengine bağlı olarak değişir. Beyaz görünen bir cisim, yüksek bir albedoya sahip olup ona çarpan ışığın çoğunu yansıtırken, koyu renkte görünen bir cisim, düşük bir albedosu olduğundan çarpan ışığın çoğunu emer (Boğaziçi Üni., 2020). Yapısal malzemelerin termal ışıma, yansıtma ve ısı kapasitesi gibi özellikleri, yüzeylerin güneş enerjisini yansıtma ve soğurma oranlarını belirlediğinden KIA gelişimini doğrudan etkilemektedir (Heyer, 1992). Albedo değerleri 0 ile 1 aralığında değişmektedir. Değerin 0,0 olması yüzeyin tüm güneş radyasyonu emdiğini, 1,0 ikense yüzeyin güneş radyasyonunun

tamamını yansıttığını ifade etmektedir (EPA, 2020). Albedo değeri 1'e yaklaştıkça yüzeyin yansıtma özelliği artarak kentsel ısı adası oluşumuna etkisi azalmaktadır. Malzemelerin albedo değerleri renklerine bağlı olarak değişmektedir çünkü güneş enerjisinin büyük bir kısmı görünür dalga boyunda yer almaktadır. Açık renkli yüzeyler, koyu renkli yüzeylere göre güneş enerjisini daha fazla yansıtmaktadır (Krusche, 1982).

Tablo 2.2 Yüzeylerin Albedo değerleri (Boğaziçi Üniversitesi, Erişim tarihi: 10.04.2020)

Yüzeyler	Albedo Değeri
Deniz (açıya göre değişken)	0,05-0,25
Bataklık	0,10
Karışık Orman	0,10
İğne Yapraklı Orman	0,10
Fundalık	0,15
Şehir	0,15
Çayır	0,20
Karışık Arazi	0,20
Çalılık	0,20
Kum	0,20
Çöl	0,30
Kirli Kar (Eski Kar)	0,45-0,90
Bulut	0,60-0,90
Temiz Kar	0,80-0,90

KIA temel olarak, albedo (yüzey yansıtıcılığı), yayma kuvveti (emissivite), termal hareketsizlik ve şehirleşme sırasında buharlaşma gibi yüzey karakteristik değişikliklerinden ve antropojenik ısı salınımından kaynaklanır (Du vd., 2016; Estoqu vd., 2017; Ferrari vd., 2020; Guo vd., 2020; Myint vd., 2013; Oke, 1982; Rizwan vd., 2008; Yan vd., 2020; Yin vd., 2018).

Kaldırımlar veya çatılar gibi kentsel ortamlarda kullanılan insan yapımı malzemeler güneş enerjisini daha az yansıtma eğilimindeyken ağaçlara, bitki örtüsüne ve diğer doğal yüzeylere kıyasla güneş ısını daha fazla emer ve yayar. Çoğu zaman, ısı adaları gün boyunca inşa edilir ve kentsel malzemelerden ısının yavaş salınması nedeniyle gün batımından sonra daha belirgin hale gelir (EPA, 2008; Wuebbles vd., 2017).

KIA etkisini azaltmak için iki fiziksel ilkeye dayanan iki ana strateji vardır:

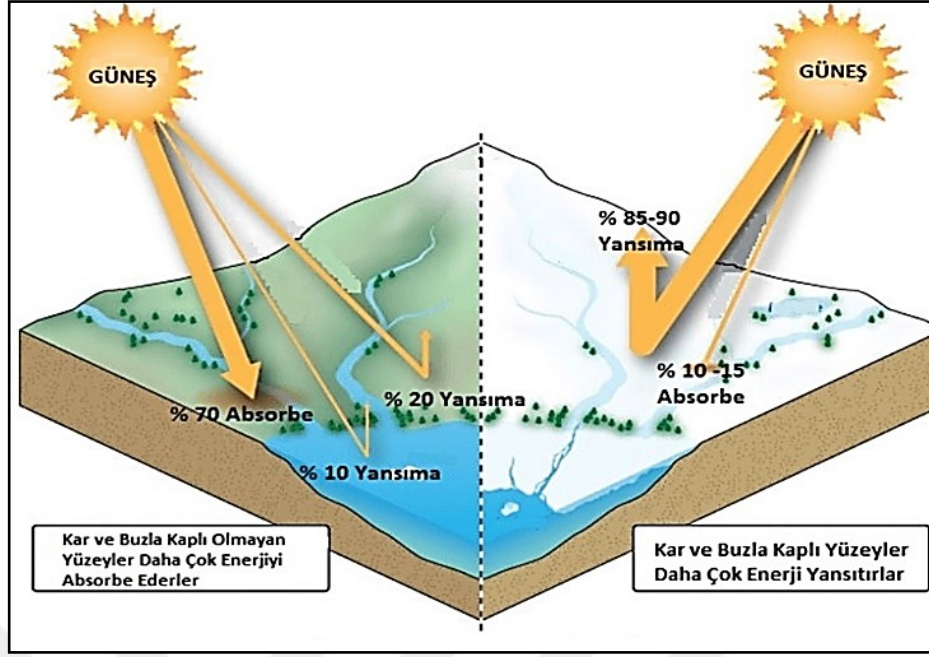
1. Kentsel ortamda güneş emilimini azaltmak, yansımayı arttırmak
2. Yeşillik ve su kullanarak evapotranspirasyonu (buharlaşma) arttırmak (Salvati vd., 2020).

Mevcut kentlerimizin kaplama malzemelerinde güneş emilimini azaltan seçimler yapmak mümkünken, planlama aşamasında büyük ve bütün geometriye sahip yeşil ve su alanları ayırarak ısınmayı azaltmak sürdürülebilir kentler yaratmak açısından önemlidir.

Kentsel ısı adalarını, yani çevresine kıyasla daha yüksek sıcaklık derecelerinin soğutma enerjisi tüketimi üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmanın basit ve etkili bir yolu, çatılar, sokaklar, kaldırımlar, okul bahçeleri ve otoparkların açıkta kalan yüzeyleri gibi büyük kentsel yüzeylerde yüksek albedolu malzemeler kullanmaktır.

Yüksek albedolu materyaller, bina yüzeyinden alınan ısı etkisini doğrudan azaltarak soğutma enerjisi gereksinimini azaltır (direk etki), ayrıca binanın çevresindeki kentsel hava sıcaklığını düşürmektedir (dolaylı etki) (Taha vd., 1992).

Lawrence Berkeley Laboratuvarı'nda kentsel albedo'yu artırarak Amerikan şehirlerindeki gündüz yaz sıcaklıklarını düşürmenin olası yolları üzerine çalışılmaktadır. Sacramento, CA için ön analiz ve bilgisayar simülasyonları, genel kentsel albedoyu 0,25' ten, 0,40'a çıkarmanın, yüksek soğutma talebini %40'a kadar azaltacağını göstermektedir (Taha vd., 1988).



Şekil 2.4 Farklı yüzeylerden yansımaya (Albedo) ve absorpsiyon (emme miktarı) (İstanbul Üni., 2021)

2.4 Yüzeylerin Optik Özellikleri

Yeryüzünün ve atmosferin ısınmasını sağlayan güneş ışınları yeryüzüne farklı dalga boyları ve açılarda ulaşmaktadır (Şekil 2.4). Güneşten farklı dalga boyları ile atmosfere ulaşan güneş ışınlarının tamamı atmosferi geçemez, bir kısmı, özellikle kısa dalga boyunda olanları atmosferin üst tabakalarında tutulur ya da uzaya geri yansıtılır. Yeryüzüne ulaşan güneş radyasyonu cisimlerin farklı özelliklerine göre değişim yaşarlar. Bazı cisimler güneş ışığını kırar veya yansıtırken bazıları geçirir, bazıları ise geçirmez, yansıtmaz, kırmaz ve emerler (absorbe ederler). Sonrasında emdikleri bu enerjiyi uzun ya da termal dalga boyunda etrafa yayarak KIA oluşumunu yaratırlar (İstanbul Üni., 2021).

Bu çalışmada, Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI/TIRS uyduları tarafından elde edilen optik görünür-kızılötesi bantlar ile ısı bantları kullanılmıştır. Y-KIA ile Yüzey Albedosu arasında ilişki araştırma konusudur. Y-KIA oluşumunda yüzey kaplama malzemelerinin optik özellikleri (Yansımaya, Yayma, Emme) yüzeyin ısınmasında temel etkindir. Bu nedenle Albedo ile yüzey optik özellikleri arasında ilişki incelenmiştir.

2.4.1 Albedo ile Yansımaya İlişkisi

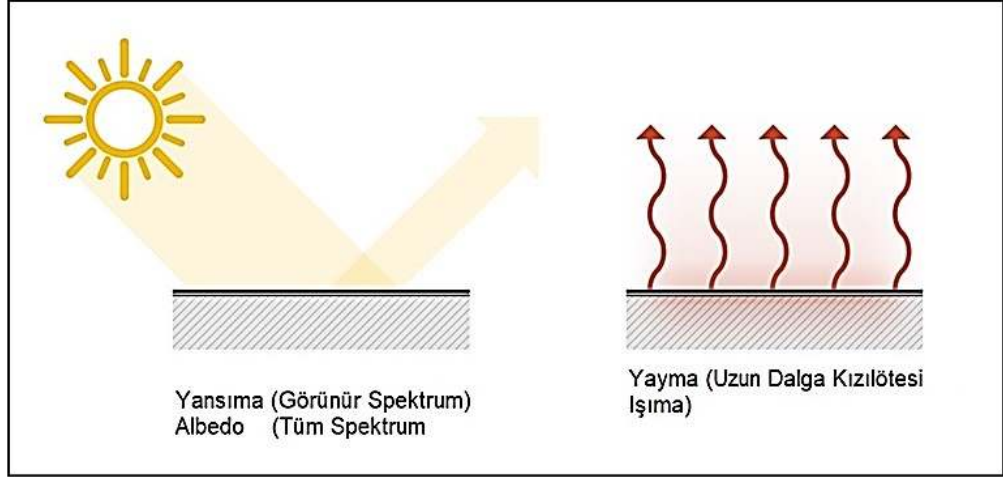
Uydu tabanlı Albedo ölçümü, yüzey yansımaya bağlıdır (Lin vd., 2021) fakat yüzey geniş bant albedosu, aynı zamanda atmosferik koşullara da bağlı olduklarından, yüzey yansıtma özelliklerinin tek ölçüsü değildir (Liang, 2001). Bu nedenle "Kentsel Albedo" kavramı, kentsel geometrinin ve malzemelerin optik özelliklerinin kentsel alanlarda kısa dalga radyasyonunu gökyüzüne yansıtma yeteneği olarak düşünülmektedir (Salvati vd., 2020).

Bir yüzeye çarpan güneş radyasyonunun yansıtılacağını, emileceğini ya da iletileceğini düşününce, bu üç olgunun birleşimi %100'e eşit olacaktır (yaymaya bakılmaksızın). Yansıtma, yansıyan ışığın gelen ışığa oranıdır. Malzeme özellikleri haricinde ışık geliş açısı da yansımaya etkilemektedir. Yansıtma özellikle ışık ile, yani güneş elektromanyetik radyasyon spektrumunun görünür kısmı ile ilgilidir. Albedo ise, yalnızca spektrumun görünür kısmını değil, genel güneş radyasyonu yansımalarını ifade eder. Albedo'ya güneş yansımaları demek doğru olacaktır (Overbey 2021).

2.4.2 Albedo ile Yayma İlişkisi

Malzemelerin albedo ve emisivitesi (yayma kuvveti) birbirinden bağımsız olarak değişir ve mikro iklim değişikliklerini ve enerji tasarruflarını değerlendirmek için her iki miktar hakkında bilgi sahibi olmak gerekmektedir. Düşük emisyon (yayım) değerleri, yüksek albedonun bina ve kentsel yüzeyler üzerindeki olumlu etkilerine karşı koyabilir.

Sıcak iklimlerde KIA etkisini azaltarak soğutma enerjisinden tasarruf etmek için ideal kombinasyon, yüksek albedo ve yüksek emisyon sağlayan malzemeler ve planlama olmalıdır. Emissivite (yayma), uzun dalga radyasyonu için yüzeyin özelliği iken, albedo ise tüm güneş spektrumunu kapsamaktadır (Taha vd., 1992).



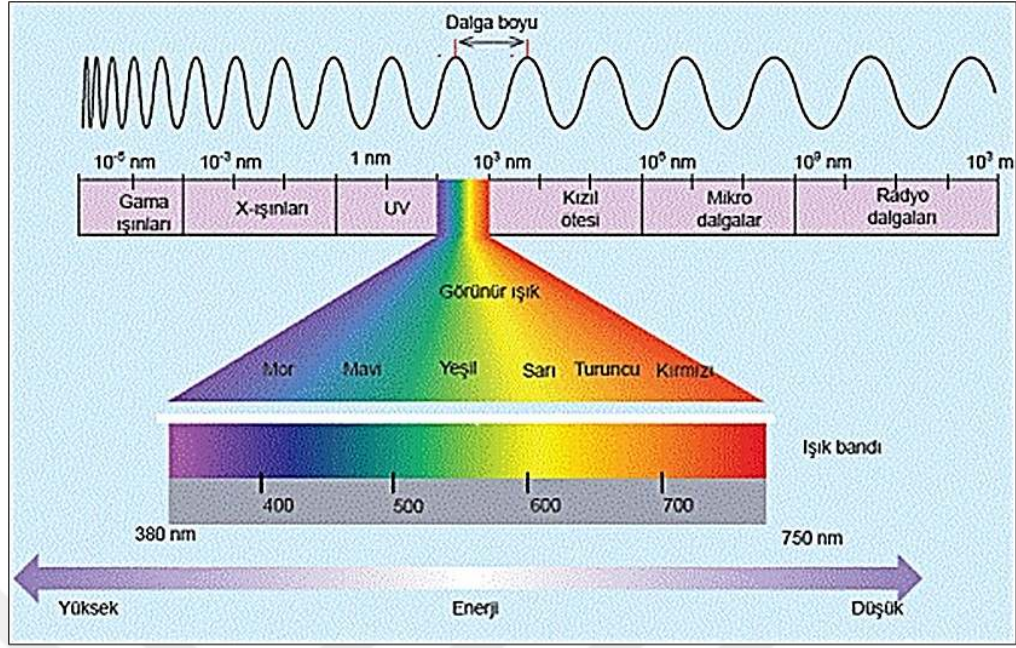
Şekil 2.5 Yansıma – Albedo – Yayma (Overbey, 2021)

2.5 Elektromanyetik Spektrum (EMS)

Uzaktan algılamada elde edilen enerjinin cinsi EMS içinde tanımlanabilir. EMS 0'dan, sonsuza kadar değerlere sahip dalga boylarındaki elektro manyetik yayılımı kaplayan spektrumdur.

EMS aslında süreklidir ancak çalışmalarda kolaylık sağlayabilmesi için belirli bölümlere ayrılmıştır ve bu bölümler arasında kesin bir sınır yoktur. Spektrum boyunca dalga boyunu ölçmede kullanılan birim mikrometre = mikron (μm), her mikron 1 metrenin milyonda biri kadardır (10^{-6}).

Elektromanyetik spektrumun bölümleri şu şekilde isimlendirilir. 0,4 ile 0,7 μm arası görünür bölge (mavi, yeşil, kırmızı) olup, insan gözüne duyarlıdır ve dalga boyu aralığı çok küçüktür. Mavi renk 0,4-0,5 μm , yeşil renk 0,5-0,6 μm ve kırmızı renk 0,6-0,7 μm dur. Morötesi (ultraviyole) görülebilen spektral bölgenin en kısa dalga boyu tarafındadır. İnfrared ve aşağısı genellikle 15 μm dalgaboyu ve bu dalga boyundan ötesinde dalga boyu yerine frekanslarla anılırlar (Ondokuzmayıs Üni., 2021).



Şekil 2.6 Elektromanyetik güneş spektrumu (Ondokuzmayıs Üni., 2021)

2.6 Arazi Kullanımı / Arazi Örtüsü (AK/AÖ)

Kentsel alan, farklı peyzaj özelliklerinin veya arazi kullanımının bir mozağıdır (ör; geçirimsiz yüzeyler, yeşil alanlar, yerleşim alanları, ekim biçim alanları vb.) ve farklı termal özelliklere sahiptir (Wu, 2014; Zhou vd., 2017). Kentleşmenin artışı ile birlikte arazi kullanımı olumsuz yönde gelişmektedir. Tarım arazileri, ormanlar ve sulak alanlar yok edilmekte ve ormanlar tarım arazisine dönüştürülmektedir (Blanco-Canqui ve Lal, 2008). Doğal peyzajın kentsel yerleşimlere dönüşmesi, çevresine kıyasla kent merkezlerinde sıcaklık artışına yol açmıştır (Ranagalage vd., 2018).

Günümüzde artan yapı ve kaplamalı yüzeylerin bir ürünü olan geçirimsiz yüzeyler ile azalan tarım arazileri ve ormanların birleşmesi şehirlerde çevre kirliliği, sel ve heyelan gibi çevre sorunlarına neden olmuştur (Fernando vd., 2012). Su kaynaklarını ve bitki varlığını içinde barındıran toprağın değişimi, toprakla birlikte meydana gelen yaşamsal döngülerin de bozulmasına neden olur. Doğal kaynaklar ve ekosistemler arasında hassas bir denge vardır. Yanlış arazi kullanımı ekolojik dengenin bozulmasına neden olarak, iklim değişikliğinin sebeplerinden biri haline gelmektedir.

AYS'daki zamansal değişkenlikler ve kentsel alanlardaki arazi örtüsü değişikliği ile ilişkisi, bölgesel iklim değişikliğini incelemek için önemlidir (Van Nguyen vd.,

2015). AYS ve KIA kavramı, heterojen kentsel alandaki değişen AK/AÖ modelini yorumlamak için kullanılır (Guha vd., 2020). Bitki örtüsü indeksi (NDVI), yapı indeksi (NDBI), çıplaklık indeksi (NDBaI), su indeksi (NDWI) gibi bazı normalize edilmiş fark AK/AÖ indeksleri, kentsel alanların değişen çevresel durumunun üzerindeki etkilerini tahmin etmek için AYS ile ilgili çalışmalarda görülmektedir örn. (Amiri vd., 2009; Çelik, 2019; Kuang vd., 2015; Li vd., 2011; Peng vd., 2016; Song vd., 2014). Bu çalışmada kentsel termal özellikler AYS ile AK/AÖ indeksleri olan NDVI ve NDBI arasındaki ilişki araştırılarak analiz edilmiştir.

2.6.1 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

A NDVI indeksi, kentleşmenin yeşil alanlara olan baskısını ortaya koyan en önemli veridir (Du vd., 2019). Bitki örtüsünün yarattığı soğutma etkisi; gölgeleme, albedo yüksekliği ve güneş enerjisini tüketen buharlaşma-terleme nedeniyle oluşur (Grimmond ve Oke, 1991; Imhoff vd., 2010; Jenerette vd., 2016). -1 ile +1 arasında değişir, burada büyük pozitif değerler bitki örtüsünü, küçük pozitif değerler yerleşim alanı veya çıplak toprakları, negatif ve negatife yakın değerler su kütlelerini belirtir (Ranagalage vd., 2018). Bitki örtüsü bolluğu, fenolojisi ve sağlık hakkında bilgi sağlar (Pal ve Ziaul, 2017).

2.6.2 NDBI (Normalized Difference Built-up Index)

NDBI, kentsel iklimi anlamak için sıklıkla kullanılan ana göstergelerden biridir (Ranagalage vd., 2017). -1 ile +1 arasında değişir, burada büyük pozitif değer yerleşim alanını, küçük pozitif değer çıplak toprakları ve negatif değer su kütlelerini ve bitki örtüsünü belirtir (Ranagalage vd., 2018). Geçirimsizliğin varlığı ve kapsamı hakkında bilgi sağlamaktadır (Pal ve Ziaul, 2017).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Çalışma Alanı

A Samsun ili, 40° 50' - 41° 51' kuzey enlemleri, 34° 25' ve 37° 08' doğu boylamları arasında konumlanmıştır. Yaklaşık 9725 km²'lik bir alana sahip olup, 17 ilçeden oluşmaktadır (MSBHGM 2021). TÜİK' den alınan 2020 verilerine göre Samsun nüfusu 1.356.079 dur. Samsun nüfus bakımından Türkiye'nin 16. büyük ili olup Karadeniz Bölgesi nüfusunun %17'sini, Türkiye nüfusunun ise %1,6'sını oluşturmaktadır (TÜİK 2021).

Karadeniz sahil şeridinin orta bölümünde Yeşilırmak ve Kızılırmak Nehirlerinin Karadeniz'e döküldükleri deltalar arasında yer almaktadır. Kuzeyinde Karadeniz'in yer aldığı ilimizin komşuları; doğusunda Ordu, batısında Sinop, güneyinde Tokat ve Amasya, güneybatısında ise Çorum illeridir. Samsun ili yeryüzü şekilleri bakımından üç ayrı özellik gösterir. Birincisi güneyindeki dağlık kesim, ikincisi; dağlık kesimle kıyı şeridi arasında kalan yaylalar, üçüncüsü; yaylalarla Karadeniz arasındaki kıyı ovalarıdır. Kızılırmak ve Yeşilırmak nehirlerinin delta alanlarında oluşmuş kıyılarında, yurdumuzun tarımsal potansiyeli en yüksek ovalarından Bafra ve Çarşamba Ovaları yer almaktadır (S.B.B., 2022).

Samsun ilinin 1991-2020 mevsim normallerine göre ortalama en yüksek sıcaklık 28,2 C° ile ağustos ayı, ortalama en düşük sıcaklık, 4,1 C° ile şubat ayı olarak hesaplanmıştır. Yaz aylarında ortalama güneşlenme süresi, haziran 8,3 sa., temmuz 9,0 sa., ağustos 8,5 sa. olarak hesaplanmıştır. Aylık toplam ortalama yağış miktarı, haziran 51,6 mm, temmuz 38,9 mm, ağustos 47,2 mm dir. Samsun, Karadeniz kıyısındaki en eski yerleşmelerden biridir. Bu nedenle, özellikle kıyı alanları antik dönemden beri insan müdahalelerine maruz kalmıştır. Samsun, geçtiğimiz 50 yıl içinde kentleşme, nüfus artışı ve sosyo-ekonomik gelişmeler nedeniyle kıyı alanları üzerinde yoğunlaşan yerleşim baskısı sonucunda köklü değişikliklere uğramıştır (Ç.Ş.ve.İ.D.B 2021). Samsunda 1998' den sonra kentsel yerleşim alanı %96,32 oranında artarak, yaklaşık 32 km² büyümüş, bu büyüme genellikle tarım alanlarına

Çalışma alanı, Samsun merkez ilçesi İlkadım ve ani ve yoğun kentleşme yayılımı nedeniyle Atakum ilçeleri ile kırsal nitelikte verimli toprakları ile Bafra ve 19 Mayıs ilçelerini kapsamaktadır.

Tablo 3.1 Çalışma alanı içindeki ilçelerin alan ve nüfus verileri (TÜİK, 2022)

İdari Birim	Alan (km ²)	Nüfus (2021 TÜİK verilerine göre)
İlkadım	155	340.421
Atakum	351	238.702
19 Mayıs	363	26.366
Bafra	1503	142.341

3.2 Kullanılan Veriler

Çalışmada kullanılan veriler, elde edilme yöntemleri ve kullanım alanlarına göre iki gruba ayrılmaktadır.

- i. Çok Spektrumlu Optik Uydu Görüntüleri
 - Görünür ve kızıl ötesi bantlar
 - Termal bantlar
- ii. Meteorolojik Veriler

3.2.1 Meteorolojik Veriler

Tablo 3.2 Çalışmada kullanılan meteoroloji verileri (S.M.G.M, 2022)

	Ağustos Ayı Ort. Hava Sıcak. (°C)		Ağustos Ayı Ort. Yağış (kg/m ²)		Ağustos Ayı Ort. Rüzgâr Hızı (m/sn)	
İst. No.	Bafra İstasyonu (17.622)	Samsun Böl.İst. (17.030)	Bafra İstasyonu (17.622)	Samsun Böl. İst. (17.030)	Bafra İstasyonu (17.622)	Samsun Böl. İst. (17.030)
2000	23,1	23,8			1,8	2,5
2010	25,7	26,8	19,4	4,4	2,0	1,8
2020	23,3	24,3	26,4	21,0	1,9	2,2

Samsun Meteoroloji Genel Müdürlüğünden (S.M.G.M.) alınan 2000, 2010, 2020 yıllarına ait, çalışma alanı içinde bulunan 17.030 (Samsun Bölge İstasyonu) ile 17.622 (Bafra İstasyonu) numaralı istasyonlardan alınan Ağustos ayı ortalama

sıcaklık, toplam yağış ve rüzgar hızı verileri kullanılmıştır. Uydu görüntülerinden alınan verilerin tarihlerine uygunluk göz önünde bulundurularak Ağustos ayı ortalama verileri kullanılmıştır. Kullanılan Meteoroloji verileri Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

3.2.2 Landsat Uydu Görüntüleri

Landsat, Amerikan Jeoloji Servisi (USGS) ve Amerikan Havacılık ve Uzay Ajansı (NASA) tarafından sağlanan, Dünya yüzeyinin gözlenmesi için uydu verileri sağlayan bir uydu programıdır.

Landsat uydu verileri, haritacılık, planlama, jeoloji ve tarım gibi doğa bilimleri alanlarında çalışan araştırmacılar için önemli bir kaynaktır (Çelik, 2019). Veriler USGS Earth Explorer sitesine üye olarak ücretsiz indirilmiştir (USGS, 2020).

Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri 2000, 2010, 2020 yaz aylarına ait, Landsat 7 ETM+ (Collection 1, level 1), Landsat 8 OLI/TIRS (Collection 1, Level 1) uydu verileridir (Tablo 3.3). Landsat görüntülerine atmosferik ve radyometrik düzeltmeler yapılmıştır. 31 Mayıs 2003’te Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper (ETM) sensöründe Scan Line Corrector (SLC) hatası oluşmuştur.

O zamandan beri tüm Landsat ETM görüntülerinin her sahnenin her iki tarafında kama şeklinde boşluklar oluşmuştur ve bu da yaklaşık %22 veri kaybına neden olmuştur (Yale Üni., 2020). 2010 yılı için indirilen görüntülerde bu hataları düzeltmek için gaps mask dosyası hazır bulunmaktadır. Gap fill uygulaması ile görüntüler düzeltilmiştir. Bulutluluk oranı %10 dan az olacak şekilde filtrelenerek görüntüler seçilmiştir.

Tablo 3.3 Kullanılan Landsat verileri

Uydu	WRS-2 Satır/Stn	Veri Tarihi	ID	Bantlar/ Dalga boyu Spektral aralık (µm)	Çöz. (m)
Landsat 7 ETM+	175/31	31.07.2000	LE07- L1TP- 175031	Bant1/ 0,450-0,515 Mavi	30
				Bant2/ 0,525-0,605 Yeşil	30
				Bant3/ 0,630-0,690 Kırmızı	30
Landsat 7 ETM+	175/31	12.08.2010	LE07- L1TP- 175031	Bant4/ 0,750-0,900 Yakın Kızılötesi (NIR)	30
				Bant5/ 1,55-1,75 Kısa d. Kızılötesi (NIR)	30
				Bant6/ 10,4-12,5 Termal	60
				Bant7/ 1,09-2,35 Orta Kızılötesi	30
				Pankromatik 0,520-0,900	15
Landsat 8 OLI/TIRS	175/31	31.08.2020	LC08- L1TP- 175031	Bant1/ 0,43-0,45 Kıyı (Coastal Aerosol)	30
				Bant2/ 0,45-0,51 Mavi	30
				Bant3/ 0,53-0,59 Yeşil	30
				Bant4/ 0,64-0,67 Kırmızı	30
				Bant5/ 0,85-0,88 Yakın Kızılötesi (NIR)	30
				Bant6/ 1,57-1,65 Kısa d. Kızılötesi (SWIR1)	30
				Bant7/ 2,11-2,29 Kısa d. Kızılötesi (SWIR2)	30
				Bant8/ 0,50-0,68 Pankromatik	15
				Bant9/ 1,36-1,38 Sırrus	30
				Bant10/ 10,6-11,19 Uzun d. kızılötesi) TIRS1	100
				Bant11/ 11,5-12,51 Uzun d. kızılötesi) TIRS 2	100

3.2.3 Google Earth Görüntüleri

A Çalışmada kullanılan AÖ/AK haritalarının doğrulanması için oluşturulan haritalarda alınan noktalar, Google Earth görüntüleri üstüne koordinatlarından faydalanarak taşınmıştır. Doğrulama aşamasında bu görüntüler kullanılmıştır. Yeryüzü sıcaklık haritalarından elde edilen sıcak noktalar, Google Earth üzerine taşınarak bu noktalarda Arazi kullanımı hakkında ek bilgi elde edilmiştir.

3.3 Kullanılan Programlar

Çalışmada Q Gis 3.16.3 (açık erişim) programı kullanılmıştır. Açık Erişim imkânı sağlayan bu program uydu görüntülerinin işlenmesi için kullanılan algoritmalar ‘Raster Calculator’ aracı sayesinde uygulanmıştır. Atmosferik düzeltme için kullanılan algoritma yine program içinde sağlanmaktadır. Ayrıca coğrafi bilgi sistemleri eğitim alanında uzun süredir kullanılan Arc Gis 10.5 programından yararlanılmıştır.

3.4 Kullanılan Yöntemler

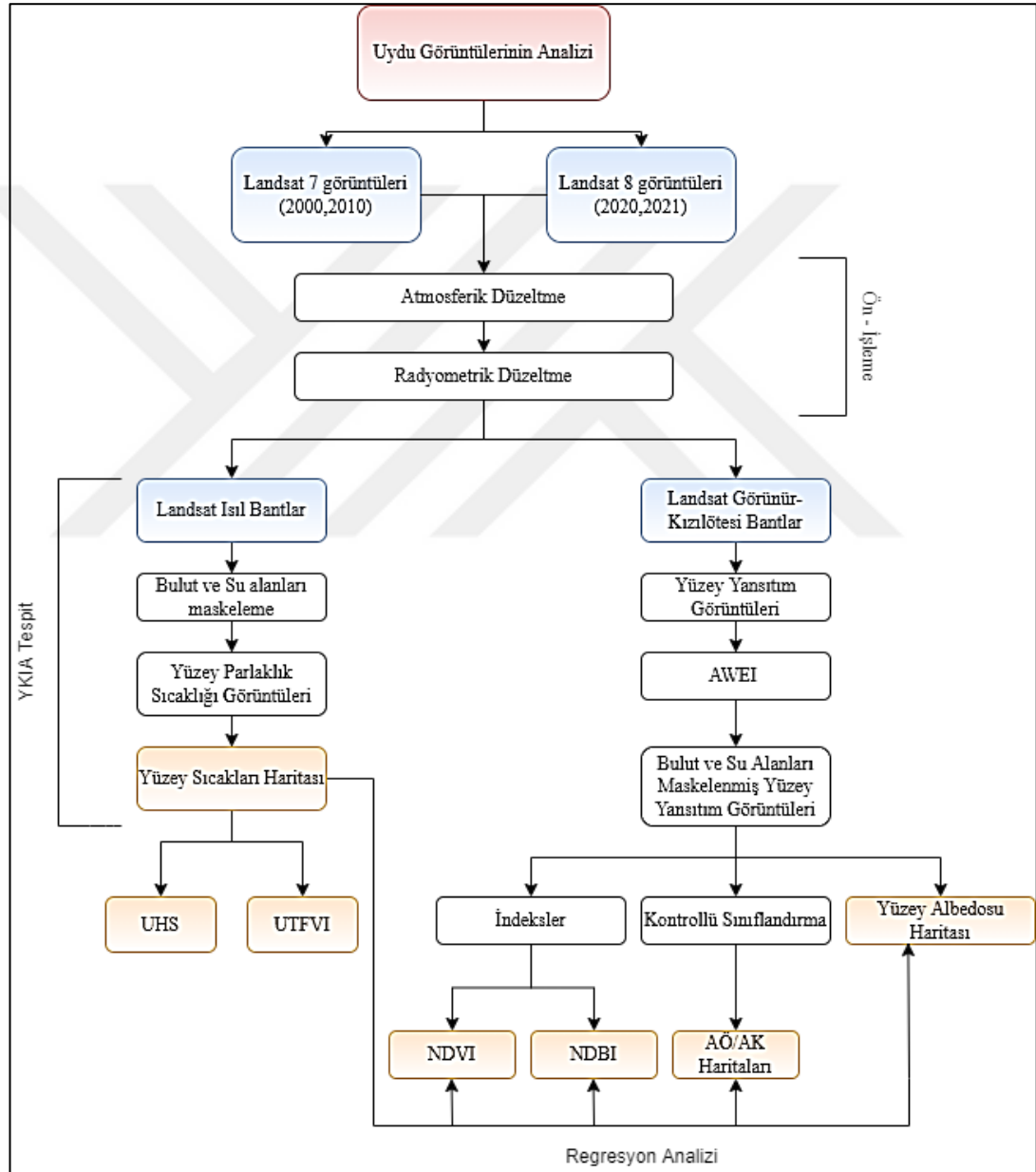
Kullanılan parametreler ve sonuca ulaşmak için uygulanan yöntemler Y-KIA’ na etkisi göz önünde bulundurularak literatür taramasına uygun değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, 2000, 2010 ve 2020 yılları için çok tarihli Landsat uydu görüntüleri, yaklaşık 20 yıllık dönemdeki AYS değişimlerini AK/AÖ, NDVI, NDBI, Albedo indekslerine bağlı olarak incelenmiştir. AYS bağlı olarak UTFVI indeksi hesaplanmış ve KSN (Kentsel Sıcak Noktalar) belirlenmiştir. Bu amaçla toplanan 31.07.2000, 12.08.2010, 31.08.2020 tarihlerindeki uydu görüntüleri bulutsuz ve pusuz oldukları için seçim kriterlerine uygun bulunmuştur.

Çalışmada kullanılan Landsat verileri USGS (2020) Earth Explorer sitesinden ücretsiz olarak elde edilmiştir. Görüntüler radyometrik kalibrasyon ve geometrik düzeltme yapıldıktan sonra kullanılmıştır. Tüm Landsat verileri UTM uydu sistemine göre koordinatlandırılmıştır.

Çalışmamızda uzaktan algılama yöntemi kullanılarak belirlenen parametrelerin Y-KIA’na etkisi araştırılmıştır. Uzaktan algılama teknolojisi, farklı platformlardan ve sensörlerden elde edilen veriler ile Dünya gözleminin önemli bir kaynağıdır ve geleneksel yöntemlere kıyasla ucuz, doğru (araştırma tasarımına bağlı olarak) ve hızlı sonuçlarla büyük ölçekte çalışmaya yardımcı olur.

Termal uzaktan algılama, öncelikle Elektromanyetik (EM) spektrumun Termal Kızılötesi (TIR) bölgesinde elde edilen verilerin alınması, işlenmesi ve yorumlanması ile ilgilenen uzaktan algılama dallarından biridir (Prakash, 2000).

Termal uzaktan algılama, öncelikle yüzey sıcaklığını tahmin etmek için yerden yayılan radyasyonu yakalar. Bunun haricinde, yüzey emisyonu, toprak nemi ve evapotranspirasyon, TIR verilerinden tahmin edilen diğer önemli biyofiziksel parametrelerdir. Bu parametreler kara-atmosfer arasındaki enerji akışlarını yönettiğinden, Dünya'nın davranışını anlamak ve doğru değerlendirilmesini sağlamak için önemlidir (Sekertekin ve Bonafoni, 2020).



Şekil 3.2 İş akış şeması

3.4.1 AK/AÖ Değişim Hesapları

AK/AÖ modellemesinin ayrıntılı süreci, veri toplama, ön işleme, AK/AÖ sınıflandırması, sınıflandırma sonrası analiz, uzamsal değişkenleri modelleme, doğrulama gibi farklı aşamaları kapsar (MohanRajan vd., 2020). Çalışmamızda uydu görüntülerinin sınıflandırılması için Maximum Likelihood Classier (MLC) Maksimum Olabilirlik Sınıflandırıcı algoritması kullanılmıştır. MLC tekniği, doğru eğitim verileri/yerleri oluşturulduğunda literatürde en verimli ve yaygın sınıflandırma yöntemi olduğu için tercih edilmiştir (Benediktsson vd., 1990; Paola ve Schowengerdt, 1995). Olasılıkları ve yansıma değerlerinin değişkenliğini ölçmek için ortalama değerleri ve sınıfların Dijital Numaralarının (DN) varyansını tahmin etmekte eğitim setlerinden yararlanır (Lee ve Song, 2004). Sınıflandırmanın doğruluğu RGB bant kombinasyonları uygulanmış görüntüden, Google Earth görüntüsünden alınan imzalar veya arazi üzerinde alınan noktaların doğrulanmasıyla olmaktadır. İmza setleri, görüntü üzerinde nispeten homojen görünen, her bir AK/AÖ tipini gösteren bölgelerdir. İmza setleri ne kadar çok belirlenirse o kadar iyi sonuçlar alınabilir.

Tanımlayıcı istatistik özellikleri (her spektral bant için ortalama değerler ve DN varyansları spektral imzalar yardımıyla belirlenir. (Congedo, 2016)'da açıklandığı gibi Spektral imzalar, görüntü piksellerini etiketlemek için Sınıflandırma Algoritmaları tarafından kullanılır. Farklı malzemeler, yapı ve çıplak toprak gibi benzer spektral imzalara sahip olabilir (özellikle multispektral görüntüler dikkate alındığında). Sınıflandırma için kullanılan spektral imzalar çok benzerse, algoritma bu imzaları doğru şekilde ayırt edemediğinden pikseller yanlış sınıflandırılabilir. Bu nedenle, kaldırılması gereken benzer spektral imzaları bulmak için imzaların Spektral Mesafesi değerlendirilmiştir. MLC yöntemi için toplanan spektral imzalar ancak Maksimum Olabilirlik için oldukça etkin olan Jeffries-Matusita Mesafe değeri ölçülerek (değerin 2' ye yakın olması imzaların farklı olduğunu gösterir) imzaların birbirinden farklı olduğu kontrol edilmiştir (Şekil 3.3).

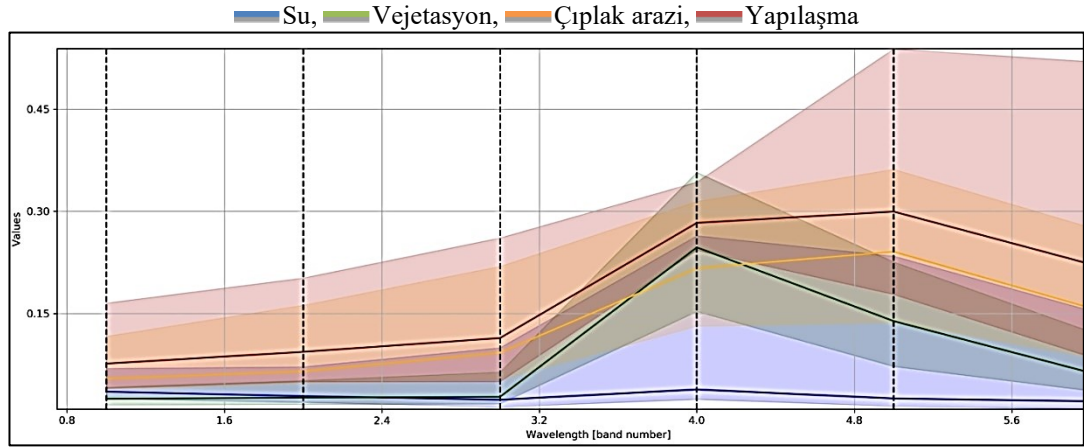
Kontrollü sınıflandırma tipik olarak bir dizi adımı (i) eğitim alanlarının tanımı, (ii) spektral imza toplama ve (iii) görüntü sınıflandırmasını kapsamaktadır (Alqadhi vd.,

2021). MLC algoritması Luca Congedo (Congedo, 2021) tarafından geliştirilen yarı otomatik sınıflandırma eklentisi kullanılarak QGIS'de R programlama dili içinde uygulanmaktadır. Maksimum olabilirlik sınıflandırma algoritması, parametrik denetimli bir sınıflandırıcıdır. Bilinmeyen ölçüm vektörü x 'in ağırlıklı mesafesini veya D olasılığını hesaplamak için kullanılan algoritma, Bayes denklemine dayanmaktadır (Jamali, 2019) (Denklem 1).

$$D = \ln(ac) - [0.5 \ln(covc) - [0.5x - Mc] T(covc - 1) (x - Mc)] \quad (1)$$

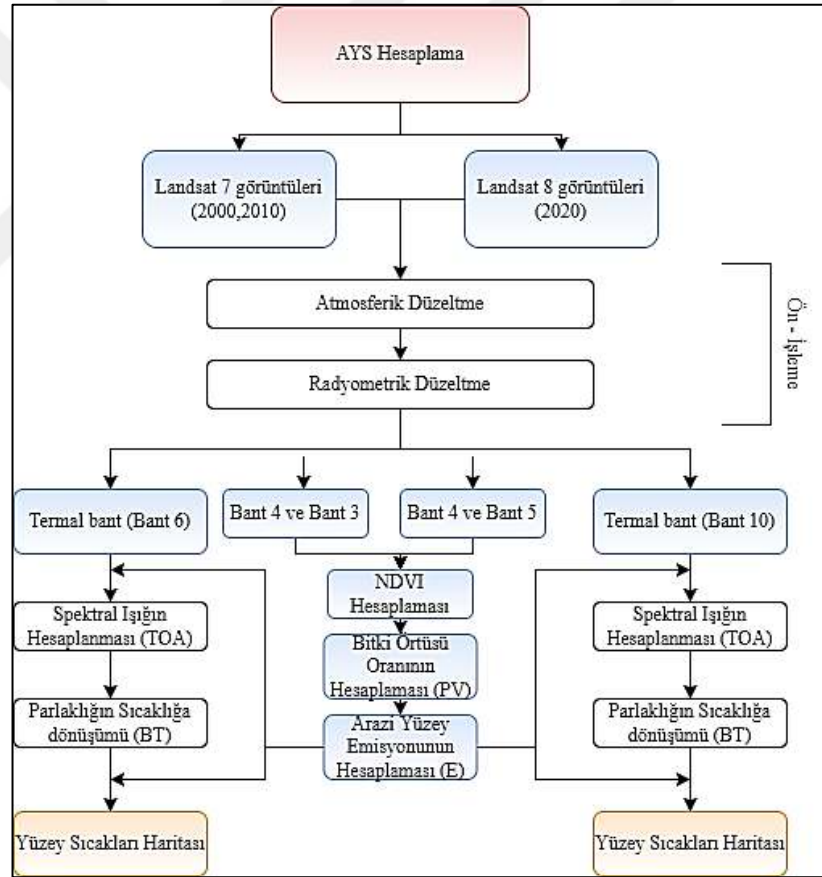
Bu çalışmada 2000, 2010, 2020 yılları yaz ayları için AK/AÖ haritaları üretmek için kullanılan original uydu veri bantları (LANDSAT) ile MLC kontrollü sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. 2000 ve 2010 yılları için Landsat 7 ETM+'nın üç görünür bandı (mavi, yeşil, kırmızı), iki yakın kızılötesi (NIR), bir orta kızılötesi bantları kullanılmıştır. 2020 yılı için Landsat 8'in görünür bantları (mavi, yeşil, kırmızı ve kıyı), bir yakın kızılötesi (NIR) ve iki kısa dalga kızılötesi (SWIR) bandı kullanılmıştır. Yaz ayları seçilmesinin nedeni vejetasyon ve çıplak toprak alanların kolay ayırt edilebilmesidir.

Daha sonra, AK/AÖ haritaları çapraz sınıflandırma yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. AK/AÖ 2000-2020 değişimi, sınıflandırılmış harita öznitelikleri kullanılarak gözlemlenmiştir. Bölgeyi kilometrekare olarak gösteren bir tablo oluşturulmuş ve her AK/AÖ sınıfı için alan (km^2) ve veri setindeki değişim yüzdesi hesaplanmıştır. İstatistiksel olarak, doğruluk değerlendirmesi için AK/AÖ haritalarından ve alan verilerinden (imza dosyası) elde edilen karışıklık matrisi kullanılmıştır (Jensen, 1986). AK/AÖ sınıflarının doğruluğu kappa istatistik katsayısı ile belirlenmiştir (Tablo 4.3). Çalışma alanı içindeki sınıflar (i) Su (Irmak, Göl, Deniz), (ii) Yapılaşma (Kent, Yollar), (iii) Vejetasyon (Orman, Tarla, Delta, (iv) Çıplak arazi (Toprak) olarak belirlenmiştir (Congedo, 2016).



Şekil 3.3 AK/AÖ haritasındaki arazi sınıflarının spektral imzası

3.4.2 AYS Hesaplar



Şekil 3.4 AYS hesapları iş akışı şeması

TIR verilerinden AYS alımı, atmosferik etkilere, sensör parametrelerine, yani spektral aralık ve görüş açısına ve emisyon ve geometri gibi yüzey parametrelerine bağlıdır (Sekertekin ve Bonafoni, 2020). Sıcaklık görüntülerini hesaplamak için

Landsat 8 TIRS algılayıcısının ısı bandı olan 10. Bant ile Landsat 7 ETM+ algılayıcısının ısı bandı 6. Bant ve kullanılmıştır (USGS, 2021). Kullanılan Landsat verilerinin bantlarına ait detaylı bilgi Tablo 3.3' de verilmiştir.

Q Gis programında, hesaplamalar bölümünde aritmetik işlemler uygulanmıştır. Sekertekin ve Bonafoni (2020), çalışmasında Landsat 5, 7, 8 verilerini kullanarak AYS hesaplamalarında kullanılan farklı algoritmaları karşılaştırmıştır. Çalışmaya göre, MWA (Mono Window Algorithm) (Qin vd., 2001) ve SCA (Single Channel Algorithm) (Jimenez-Munoz vd., 2009) tüm Landsat 5, 7, 8 verilerine uygulanabilirken, SWA (Split Window Algorithm) (Mao vd., 2005; Yu vd., 2014) en az iki TIR bandı gerektirdiğinden sadece Landsat 8 OLI/TIRS verilerine uygulanabilir olduğu belirtilmiştir. TIRS bantları, yüzey sıcaklığı alma algoritmalarının kullanımına izin verecek şekilde tasarlanmış olsa da bu bantla ilişkili kalibrasyon belirsizliği olması nedeniyle TIRS verilerinin nicel analizinde kullanıcıların bant 11 verilerine güvenmekten kaçınmaları önerilmektedir (Guha vd., 2018).

Çalışma alanı için LST Landsat 7 ETM+ band 6 ve Landsat 8 TIRS bant 10 aşağıdaki denklemler ile kullanılmıştır (Artis ve Carnahan, 1982). Yüzey sıcaklığı verisi üç aşamalı olarak hesaplanacaktır (Denklem 2,3,4,5,6,7).

1. TOA (Top of Atmosphere) Atmosfer üstü spektral ışımasının hesaplanması

$$TOA(L) = M L * Q_{cal} + A L \quad (2)$$

ML = Banda özgü çarpımsal yeniden ölçeklendirme faktörü meta veri dosyasından elde edilmiştir (MTL). (RADIANCE_MULT_BAND_x, burada bant numarasıdır).

Q cal = termal bant değeri

AL = Banda özgü toplamsal yeniden ölçeklendirme faktörü meta veri dosyasından elde edilmiştir (RADIANCE_ADD_BAND_x, burada x bant numarasıdır).

2. TOA'dan Parlaklık Sıcaklığına (BT) dönüştürme

$$BT = (K_2 / (\ln(K_1 / L) + 1)) - 273,15 \quad (3)$$

K1 = Meta verilerden banda özgü termal dönüşüm sabiti
(K1_CONSTANT_BAND_x, burada x termal bant numarasıdır).

K2 = Meta verilerden banda özgü termal dönüşüm sabiti
(K2_CONSTANT_BAND_x, burada x termal bant numarasıdır).

L = TOA

3. NDVI hesaplama

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (4)$$

4. Bitki örtüsü Pv oranı hesaplama

$$P_v = ((NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{maks} - NDVI_{min}))^2 \quad (5)$$

Yüzey emisyonu ϵ , NDVI eşikleri yöntemi kullanılarak tahmin edildi (Sobrino vd., 2001). Her pikselin fraksiyonel bitki örtüsü, P_v , denklem 6 kullanılarak NDVI'dan belirlendi (Carlson ve Ripley, 1997).

5. Emisivite hesaplama (ϵ) (Sobrino vd., 2001)

$$\epsilon = 0.004 * P_v + 0.986 \quad (6)$$

6. Arazi Yüzey Sıcaklığını Hesaplama (Artis ve Carnahan, 1982).

$$AYS = (BT / (1 + (W * BT / 14388) * \ln(\epsilon))) \quad (7)$$

W= Yayılan parlaklığın dalgaboyu

Not: BT hesabı yaparken 273,15 çıkararak Kelvin den Santigrada çevrilmiştir. Bu yüzden sonuç Santigrat cinsinden bulunmuştur.

3.4.3 NDVI Hesabı

Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI) (Carlson ve Ripley, 1997), bitki örtüsünü ayırmak için en sık kullanılan indekstir. Ayrıca AYS'nın türetilmesinde de kullanılır ve AYS ile negatif bir korelasyon gösterir (Guha vd., 2020).

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (8)$$

Red = kırmızı bant

NIR = yakın kızılötesi bant

Red = Band 4 (Landsat 8 OLI) ve Band 3 (Landsat 7 ETM +).

NIR = Band 5 (Landsat 8 OLI) ve Band 4 (Landsat 7 ETM +).

SWIR = Band 6 (Landsat 8 OLI) ve Band 5 (Landsat 7 ETM +).

3.4.4 NDBI Hesabı

Yerleşim alanını tespit etmek için bu çalışmada normalleştirilmiş fark yapılaşma indeksi (NDBI) (Zha vd., 2003) uygulanmıştır (Guha vd., 2020). Normalleştirilmiş Fark Yapılaşma İndeksi (NDBI), üretilen yerleşim alanlarını vurgulamak için NIR ve SWIR bantlarını kullanır. Atmosferik etkilerin yanı sıra arazi aydınlatma farklılıklarının etkilerini azaltmak için belli bir orantıya dayalıdır (ESRİ, 2022).

Yerleşim alanlarının haritalanması için tasarlanmış olan NDBI indeksi (Normalize Edilmiş Yerleşim Alanı İndeksi) şu şekilde hesaplanmaktadır (Denklem 9).

$$NDBI = (SWIR - NIR) / (SWIR + NIR) \quad (9)$$

SWIR = kısa dalga-kızılötesi

NIR = yakın-kızılötesi

3.4.5 Albedo Hesapları

Yüzey albedosundaki değişiklikler, Landsat verilerinin 30 m çözünürlüğü kullanılarak gözlemlenebilen kentsel peyzajdaki değişimle yakından bağlantılıdır. Bu sayede kentsel alanlardaki artan antropojenik talepler nedeniyle arazi örtüsü dönüşüm etkilerinin yüzey albedo değişiklikleri kullanılarak incelenebildiği görülmektedir (Guo vd., 2022). Çalışma alanımız kentselden kırsal ilçelere doğru genişlediği için arazi değişimine bağlı olarak albedo ve yüzey radyasyon değişimi üzerindeki etkisini araştırmak iklim değişimi açısından önem taşımaktadır.

Albedo genel anlamda yüzey yansıtması (Reflektans) olarak bilinmektedir. Fakat yüzey yansıtma (Reflektans) yalnızca spektrumun görünür kısmını kapsamaktadır, Albedo ise genel güneş radyasyonu tamamının yansımısını ifade eder (Overbey, 2021).

(Trlica vd., 2017) çalışmasındaki sonuçlara göre, yoğun yapılaşmış ilçeler az yapılaşmış ilçelerden 0,035'e kadar düşük albedo göstermektedir ve gündüz AYS 12,6 C° daha yüksek bulunmuştur.

Çok bantlı optik uydu verilerine dayanan Albedo alımları, 0,38 ila 2,5 nm dalga boyu aralığı göz önüne alındığında kısa dalga geniş bant dönüşümü ile hesaplanmaktadır (Liang, 2001; Liang vd., 2003). Liang (2001), çeşitli uydu sensörlerinden albedo hesaplamak için bir dizi algoritma geliştirmiştir. Albedo hesaplamasının temel girdi verisi, dijital sayılardan Atmosferin Tepesi (TOA) yansımaya dönüştürülmüş bir Landsat görüntüsü olacaktır (Yale Üni., 2020). Yüzey Albedo değeri, Landsat görüntüsünden görünür bandlar, yakın kızılötesi bant ve SWIR 1 ve SWIR 2'nin DN (Dijital numaralar) değerlerinden hesaplanmıştır. DN değerleri, 0-1 aralığında kullanılarak TOA değerine yeniden ölçeklendirilmiştir. Q Gis raster calculator kullanarak ilgili bandlara algoritma uygulanmıştır (Denklem 10).

$$\text{Albedo} = ((0.356 * \text{blue}) + (0.130 * \text{red}) + (0.373 * \text{nir}) + (0.085 * \text{swir}) + (0.072 * \text{swir2} - 0.018)) / (1.016) \quad (10)$$

3.4.6 UTFVI İndeksi ve KIA (UHI) Hesabı

Çalışmada KIA'larının oluşumunu ve etkilerini incelemek amacıyla, ısı bantlarından elde edilen KIA değişim indeksi, Urban Thermal Field Variance Index (UTFVI) kullanılmıştır. UTFVI indeksi (Yong vd., 2006) tarafından geliştirilmiştir ve Denklem 11 'deki gibi hesaplanmaktadır. UTFVI, AYS haritalarından alınan ortalama yüzey sıcaklıkları ile hesaplanmıştır. (Denklem 11: (Moisa ve Gameda, 2022); Denklem 12: (Kafy vd., 2021))

$$\text{UTFVI} = (\text{TS} - \text{TM}) / \text{TS} \quad (11)$$

$$UHI(KIA)=(TS- TM) / SD \quad (12)$$

TS, AYS haritalarından hesaplanan yeryüzü sıcaklıklarını TM ise ortalama yeryüzü sıcaklık değerini ifade etmektedir. Yong vd. (2006) çalışmasında UTFVI 6 adet değerlendirme seviyesine sahiptir. Bu seviyeler aşağıdaki tabloda belirtilmiştir (Tablo 3.4).

Tablo 3.4 UTFVI indeksi için ekolojik değerlendirme seviyeleri ve eşik değerleri (Yong vd., 2006)

Kentsel Isı Adası Etkisi	UTFVI Eşik Değeri
Yok	$0 <$
Zayıf	0,000–0,005
Orta Seviye	0,005–0,010
Güçlü	0,015–0,015
Daha Güçlü	0,015–0,020
Çok Güçlü	$>0,020$

4. BULGULAR

Bu tez çalışmasında özellikle 1998' den sonra kentsel yerleşim alanı %96,32 oranında artarak, yaklaşık 32 km² büyümüş olan Samsun ili için KIA oluşumu ve nedenleri birçok parametre gözetilerek araştırılmıştır. Yöntem bölümünde açıklanan parametreler (AK/AÖ, AYS, NDVI, NDBI, Albedo, UTFVI) ile KIA arasındaki ilişkiler uydu verileri optik ve ısıt görüntüleri kullanılarak belirlenmiştir. Karar vericiler için mekânsal KIA oluşumunun analizini yapabilmelerine ve ileride yapılacak olan çalışmalar için altlıklar oluşturulmasına katkı sağlanması planlanmıştır.

4.1 Görüntülerin Ön İşlemesi

Çalışmada kullanılan Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 TIRS algılayıcılarına ait ısıt bantlardan alınan parlaklık (DN) değerlerinin, fiziksel büyüklük (radyans) değerlerine dönüşümü denklem 13 kullanılarak yapılmıştır.

$$L\lambda = (L_{\text{Max}\lambda} - L_{\text{Min}\lambda} / Q_{\text{CalMax}} - Q_{\text{CalMin}}) \times (DN - Q_{\text{CalMin}}) + L_{\text{Min}\lambda} \quad (13)$$

Denklem 13'de $L\lambda$, spektral radyans değerini, Q_{CalMax} bant için maximum DN değerini, Q_{CalMin} bant için minimum DN değerini, $L_{\text{Max}\lambda}$ ve $L_{\text{Min}\lambda}$ sırasıyla spektral radyans maximum değerini (Q_{CalMax} değerine ölçeklendirilmiş) ve spektral radyans minimum değerini (Q_{CalMin} değerine ölçeklendirilmiş) ifade etmektedir. Çalışmada kullanılan ısıt bantlara ait kalibrasyon parametreleri uydu görüntülerine ait metafile (mtl.) dosyasından elde edilmiştir.

4.2 AK/AÖ Haritalarının Oluşturulması

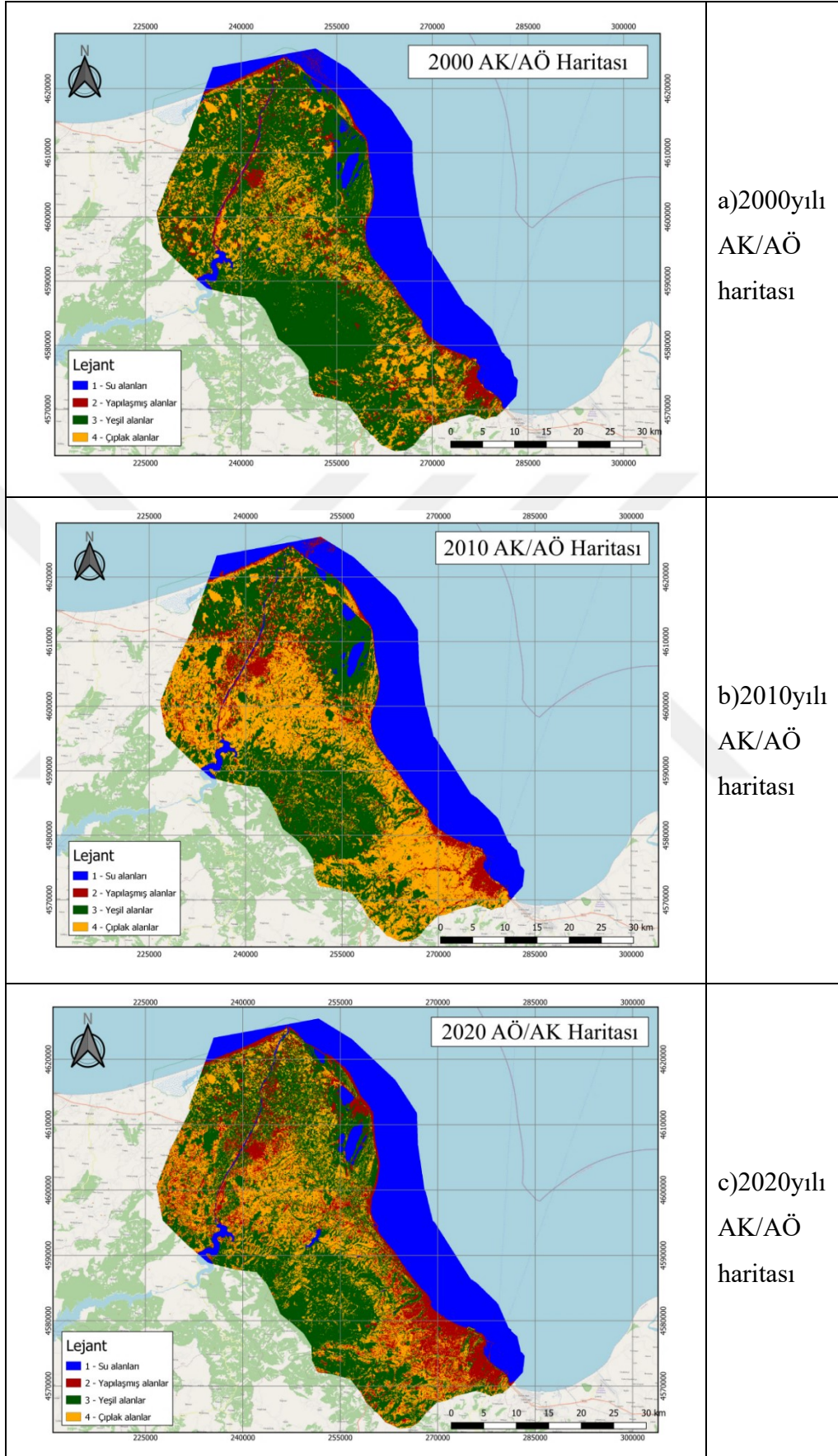
Bu çalışmada 2000, 2010 ve 2020 yılları için LU/LC haritaları üreten orijinal uydu veri bantları (LANDSAT) ile MLC kontrollü sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, AK/AÖ haritaları çapraz sınıflandırma yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. AK/AÖ haritalarından 2000-2010, 2010-2020 değişimi, sınıflandırılmış harita öznitelikleri kullanılarak gözlemlenmiştir. Bölgeyi

kilometrekare olarak gösteren bir tablo oluşturulmuş ve her AK/AÖ sınıfı için alan (km²) ve veri setindeki değişim yüzdesi hesaplanmıştır. İstatistiksel olarak, doğruluk değerlendirmesi için AK/AÖ haritalarından ve alan verilerinden (örnek dosyası) elde edilen karışıklık matrisi kullanılmıştır (Jensen, 1986). AK/AÖ sınıflarının doğruluğu kappa istatistik katsayısı ile belirlenmiştir (Tablo 4.3).

Çalışma alanı içindeki sınıflar (i) Su alanları (Akarsu, Göl, Deniz), (ii) Yapılaşmış alanlar (Kent merkezleri, Yollar, Otoparklar), (iii) Yeşil alanlar (Orman, Tarım alanları, Çim alanlar, Delta) (iv) Çıplak alanlar (Açık toprak, Kayalık alanlar) olarak belirlenmiştir (Congedo, 2016). Tablo 4.1’de AK/AÖ haritalarının üretiminde kullanılan uydu görüntüleri ve bant özellikleri belirtilmiştir. Şekil 4.1’de üretilen AK/AÖ haritaları gösterilmektedir.

Tablo 4.1 AK/AÖ haritalarının üretiminde kullanılan uydu görüntüleri

Uydu	WRS-2 Satır/ Sütun	Veri Tarihi	ID	Bantlar/Dalga boyu Spektral aralık (µm)	Çöz (m)
Landsat7 ETM+	175/31	31.07.2000	LE07- L1TP- 175031	Bant 1/0,450-0,515 Mavi	30
				Bant 2/0,525-0,605 Yeşil	30
				Bant 3/0,630-0,690 Kırmızı	30
				Bant 4/0,750-0,900 Yakın Kızılötesi	30
		12.08.2010	LE07- L1TP- 175031	Bant 5/1,55-1,75 Kırsadalga Kızılötesi	30
				Bant 7/1,09-2,35 Kırsadalga Kızılötesi	30
Landsat8 OLI/TIRS	175/31	31.08.2020	LC08- L2SP- 175031	Bant 1/0,43-0,45 Mavi (Coastal Aerosol)	15
				Bant 2/0,45-0,51 Mavi	30
				Bant 3/0,53-0,59 Mavi	30
				Bant4/0,64-0,67 Kırmızı	30
				Bant 5/0,85-0,88 Yakın Kızılötesi (NIR)	30
				Bant 6/1,57-1,65 Kısa dalga Kızılötesi (SWIR1)	30
				Bant 7/2,11-2,29 Kısa dalga Kızılötesi (SWIR2)	30



Şekil 4.1 a)2000 b)2010 c)2020 AK/AÖ Haritaları

4.2.1 AK/ AÖ Haritalarının Doğrulaması

Herhangi bir uydu verisinden oluşturulan bir AK/AÖ haritası için doğruluk değerlendirmesi çok önemlidir. Sınıflandırılmış AK/AÖ haritasını doğrulamak için bir saha araştırması yapılmıştır. Genellikle, doğruluk değerlendirmesi, bir dizi örnek alan için harita bilgilerini referans verileriyle (yani zemin kontrol noktaları ile) karşılaştıran bir tablo olan bir hata matrisinin hesaplanmasıyla gerçekleştirilir (Congalton ve Green, 2019). Zemin kontrol noktaları (ZKN), AK/AÖ 'nün tüm önemli özelliklerini kapsayacak şekilde seçilmiştir ve pikselin benzer spektral imzası nedeniyle başka bir sınıfa karışmasını önlemek amacıyla seçilmiştir. ZKN, RGB naturel bant görüntüsünden, Google Satallite görüntüsünden doğrulukları kontrol edilmiştir. ZKN'nın tamamından oluşan bir örnek dosya yapılandırılmıştır. İstatistiksel olarak, kullanıcı hatası, ihmal hatası ve genel doğruluk değerlendirilmesi için uygun örnekleme stratejisi benimsenmiştir (Rosenfield ve Fitzpatrick-Lins, 1986; Stehman, 1996).

4.2.1.1 Örnek dosyası tasarımı

Temel olarak, ana gereksinim, her sınıf için yeterli sayıda örnek sağlamaktır. Örnek sayısı (N) olarak hesaplanmaktadır (Olofsson vd., 2014) (Denklem 14).

$$N=(\sum_{i=1}^c(W_i*Si)/So)^2 \quad (14)$$

W_i = sınıfın haritalanmış alan oranı i ;

S_i = tabakanın standart sapması i ;

So = genel doğruluğun beklenen standart sapması;

c = toplam sınıf sayısı;

Doğrulama için alınan örnek sayısı aşağıdaki tablo 4.2' de belirtilmiştir.

Tablo 4.2 Doğruluk hesabı için alınan örnek sayısı

AK/AÖ sınıfları	2000	2010	2020
1 (Su alanları)	23	29	26
2 (Yapılaşmış alanlar)	15	21	22
3 (Yeşil alanlar)	35	35	33
4 (Çıplak alanlar)	20	34	27
Toplan örnek nokta sayısı	94	119	108

4.2.1.2 AK/AÖ haritalarının doğruluk istatistiği

Haritaların doğruluk istatistiği cohen kappa katsayısı ile bulunmuştur. İki gözlemciye ait veriler arasındaki uyumu belirlemek için kullanılır. (Cohen, 1960) tarafından geliştirilmiştir. Örnek alınan noktalardan elde edilen veriler sonucunda oluşturulan AK/AÖ haritalarının doğruluk istatistiği ve kappa katsayısı tablo 4.3’de gösterilmektedir. Cohen ‘in kappa uyumunun gücü tablo 4.4’de verilmektedir.

Tablo 4.3 AK/AÖ haritalarının doğruluk istatistiği ve kappa sayısı

	2000 Pro. accu. User accu.	2010 Pro.accu. User accu.	2020 Pro.accu. User accu.
Su alanları	100,00 100,00	100,00 100,00	100,00 100,00
Yapılaşmış al.	100,00 46,66	87,01 61,90	81,72 27,27
Yeşil al.	98,75 85,71	83,25 100,00	88,12 100,00
Çıplak al.	61,83 100,00	96,56 85,29	70,35 85,18
Genel doğ.	88,45	91,29	85,16
Kappa Kat.	0,82	0,87	0,79

Kappa katsayısı hesaplaması Denklem 15’de gösterilmektedir.

$$K = \frac{GUO - BUO}{1 - BUO} \quad (15)$$

GUO (Gözlenen uyum oranı): Her iki gözlemcinin benzer puanlar vermesi.

BUO (Beklenen uyum oranı): Satır toplamaları ile sütun toplamalarının çarpımlarının toplam değerlendirme sayısına bölünmesiyle elde edilen toplamaların tekrar toplam değerlendirme sayısına oranıdır.

Tablo 4.4 Cohen Kappa katsayısı gücü

Kappa	Uyumun gücü
< 0,4	Zayıf
0,41 - 0,60	Orta
0,61 - 0,80	İyi
0,81 - 1,00	Çok iyi

4.2.2 2000-2010-2020 Arazi Değişim Analizi

Analizin ilk adımı, arazi kullanımı değişim eğilimlerinin her bir AK/AÖ kategorisinin maruz kaldığı kazanç ve kayıplar açısından değerlendirildiği değişim oranlarını içermektedir. AK/AÖ kazançları ve kayıpları 2000-2010, 2010-2020 zaman periyodu için incelenmiştir. Tablo 4.5 ve 4.6'da her iki zaman periyodundaki değişim alanları km² olarak ve yüzde olarak verilmiştir. Geçiş matrisi, bir arazi kullanımından/örtüsünden diğerine değişen piksel oranlarını göstermektedir.

Tablo 4.5 2000-2010 AK/AÖ nicel değişimi ve geçiş matris oranları

No.	Sınıf adı	2000	2010	Δ	2000%	2010%	Δ %
1	Su	462,16 km ²	459,00 km ²	-3,16 km ²	23,71	23,55	-0,16
2	Yapılaşmış	159,16 km ²	201,37 km ²	42,21 km ²	8,16	10,33	2,16
3	Yeşil alan	980,05 km ²	655,81 km ²	-324,24 km ²	50,29	33,65	-16,64
4	Çıplak alan	347,19 km ²	632,38 km ²	285,19 km ²	17,81	32,45	14,63
Geçiş Matrisi							
	1	2	3	4			
1	0,974559	0,012442	0,012424	0,000574			
2	0,035021	0,373413	0,168249	0,423317			
3	0,00283	0,11201	0,58286	0,3023			
4	0,000731	0,076067	0,149933	0,773269			

Tablo 4.6 2010-2020 AK/AÖ nicel değişimi ve geçiş matris oranları

No.	Sınıf adı	2010	2020	Δ	2010%	2020%	Δ %
1	Su	459,00 km ²	455,43 km ²	-3,58 km ²	23,55	23,37	-0,18
2	Yapılaşmış	201,37 km ²	297,69 km ²	96,32 km ²	10,33	15,27	4,94
3	Yeşil alan	655,81 km ²	705,30 km ²	49,49 km ²	33,65	36,19	2,53
4	Çıplak alan	632,38 km ²	490,14 km ²	-142,24 km ²	32,45	25,15	-7,29

Tablo 4.6 devamı...

			GeçişMatrisi	
	1	2	3	4
1	0,966394	0,0292	0,003386	0,00102
2	0,021628	0,416247	0,333298	0,228828
3	0,010234	0,06347	0,733272	0,193024
4	0,001237	0,251187	0,246286	0,50129

4.2.2.1 2000-2020 AK/AÖ sınıflar arası geçiş değişimi

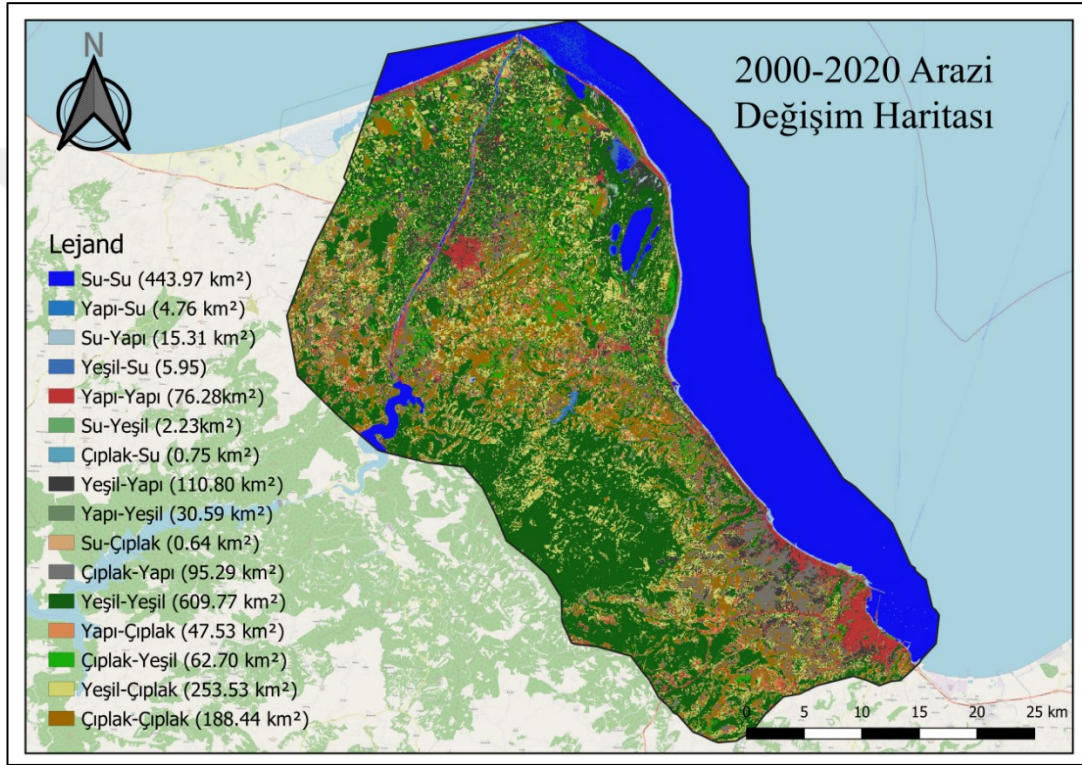
AK/AÖ sınıflarının 2000-2020 zaman periyotları içinde arazi sınıfları arasındaki niceliksel değişim ve geçiş matrisi Tablo 4.7’de gösterilmektedir. 2000 yılında bölgedeki doğal yeşil alan yoğunluğu ve yıllar içindeki değişimi Şekil 4.1’de gözlemlenebilmektedir. 20 yılda bölgenin belirlenen çalışma alanı sınırı içindeki su kütlesi (Akarsu, Göl, Deniz) %0,34 oranında azalmış, yapılaşmış alan (Binalar, Yollar, Otopark) %7,10 oranında artmış, yeşil alanlar (Orman, Ekili alan, Çim, Delta) %14,1 oranında azalmış, çıplak alanlar (Toprak, Kayalık alanlar) %7,33 oranında artmış olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 20 yıllık süreçte (2000-2020) Samsun İlkadım, Atakum, 19 Mayıs, Bafra kent merkezleri ve kıyı şeridini içine alan çalışma alanında, su kütlesindeki azalış kıyı şeridi dolgu alanı olarak yapılaşmış alanlara dönüşümü göstermektedir. Şekil 4.2’ ye bakıldığında su alanlarından yapıya (açık mavi alanlar) dönüşüm 20 yılda 15,31 km² değişim göstermiştir.

Tablo 4.7 2000-2020 Yılları arası arazi değişimi nicel verileri

2000-2020 AK/AÖ Değişimi							
Sınıf İstatistiği							
	Class color	2000	2020	Δ	2000%	2020%	Δ %
1	Su	462,16 km ²	455,43 km ²	-6,73 km ²	23,71	23,37	-0,34
2	Yapılaşmış	159,16 km ²	297,69 km ²	138,54 km ²	8,16	15,27	7,10
3	Yeşil alan	980,05 km ²	705,30 km ²	-274,75 km ²	50,29	36,19	-14,1
4	Çıplak alan	347,19 km ²	490,14 km ²	142,95 km ²	17,81	25,15	7,33

Tablo 4.7 devamı...

Geçiş Matrisi				
	1	2	3	4
1	0,96064	0,033146	0,004833	0,001381
2	0,029892	0,479261	0,192231	0,298616
3	0,006073	0,113058	0,622179	0,258691
4	0,002157	0,274467	0,180607	0,542769



Şekil 4.2 2000-2020 AK/AÖ sınıflar arasındaki geçiş Haritası

Nicel değerlere bakıldığında, haritada siyah renkle temsil edilen yeşil alandan yapılaşmaya dönüşüm 110,80 km² ile dikkat çekmektedir. Diğer dikkat çeken dönüşüm değeri çılak alandan yapılaşmış alana 95,29 km² olduğu görülmüştür. Bu alanlar haritada gri renk ile temsil edilmektedir.

En yoğun Atakum güney doğu tarafında dönüşüm yaşanmıştır. 20 yılda yeşil alandan çılak alana dönüşüm 253,53 km² iken Çılak alandan yeşil alana dönüşüm 62,70 km² dir. Çılak alandan yeşil Alana dönüşüm (haritada açık yeşil ile temsil ediliyor)

kırsal ilçelerimizde (Bafra, 19 Mayıs) görülmektedir. Her sınıfın değişim görülmeyen alan miktarı haritada ek bilgi olarak verilmiştir.

Tablo 4.8 2000-2020 arazi sınıfları geçişi nicel verileri ve matris oranları

Sınıflar	2020	2000	Pixel sayısı	Alan km ²
Yapı-Su	1	2	5.286	4,76
Yeşil-Su	1	3	6.613	5,95
Çıplak-Su	1	4	832	0,75
Su-Yapı	2	1	17.021	15,31
Yeşil-Yapı	2	3	123.114	110,80
Çıplak-Yapı	2	4	105.880	95,29
Su-Yeşil	3	1	2.482	2,23
Yapı-Yeşil	3	2	33.994	30,59
Çıplak-Yeşil	3	4	69.672	62,70
Su-Çıplak	4	1	709	0,64
Yapı-Çıplak	4	2	52.807	47,53
Yeşil-Çıplak	4	3	281.700	253,53
AK/AÖ Matrisi m ²				
Yeni sınıf				
Referans sınıf	Referans sınıf	Referans sınıf	Referans sınıf	Referans sınıf
1	1	1	1	1
2	2	2	2	2
3	3	3	3	3
4	4	4	4	4
Total	Total	Total	Total	Total

1- Su alanları, 2- Yapılaşmış alanlar, 3- Yeşil alanlar, 4- Çıplak alanlar

Şekil 4.1’de görüldüğü üzere dönüşüm önce 2000 yılındaki yeşil alanların 2010 yılında çıplak toprak alanlara dönüşümü ile başlayıp, 2020 yılına gelindiğinde çıplak alanların yapılaşmaya dönüşümü şeklinde devam etmiştir. Atakum kent merkezinin güney yönünde yayılımı dönüşüm yönüne örnek olarak gösterilebilmektedir.

4.2.3 AK/AÖ Sınıflarının Yüzey Sıcaklıkları

Çalışma alanı için Şekil 4.1 ve Şekil 4.3'deki haritalar kullanılarak her bir arazi sınıfına ait yüzey sıcaklıkları max, min, ortalama değerleri ile standart saplamaları hesaplanmış Tablo 4.9'da gösterilmiştir.

Çıkan sonuçlara göre, Su ve yeşil alanların, hem 2000 hem de 2020 yıllarında en düşük sıcaklığı gösterdiği görülmektedir. Öte yandan, hem 2000 hem de 2020 için en yüksek sıcaklık gösteren yapılaşmış alanlar ve açık arazilerdir. Tüm arazi sınıflarında 2000'den 2020'ye mak. sıcaklıklar artış gösterirken, ort. sıcaklıklara bakıldığında sadece yapılaşmış alanlarda artış görülmüştür.

Tablo 4.9 Çalışma alanındaki arazi sınıflarının yüzey sıcaklıkları

31/07/2000				
AYS (C°)				
	Min	Max	Mean	StD
Su	19,97	32,11	22,89	0,7
Yapılaşmış alan	19,68	41,51	31,44	2,85
Yeşil alan	19,09	40,02	29,26	2,56
Çıplak alan	24,52	41,75	33,05	1,89
31/08/2020				
AYS (C°)				
	Min	Max	Mean	StD
Su	18,16	32,33	21,62	0,84
Yapılaşmış alan	19,17	43,44	32,04	3,75
Yeşil alan	19,55	40,49	27,43	2,74
Çıplak alan	19,69	43,23	31,84	3,93

4.3 AYS Haritalarının Oluşturulması

AYS, arazi ve atmosfer arasındaki etkileşimi yarattığı için KIA oluşumu açısından önemli bir parametredir. Landsat verilerinden elde edilen AYS görüntüleri, termal

bantlarından sağlanan yüksek uzamsal çözünürlük sayesinde çalışma alanının termal çevresini araştırmak için kullanılmıştır. AYY (Arazi yüzey yayıcılığı) AYS'nı etkileyen önemli bir etkidir.

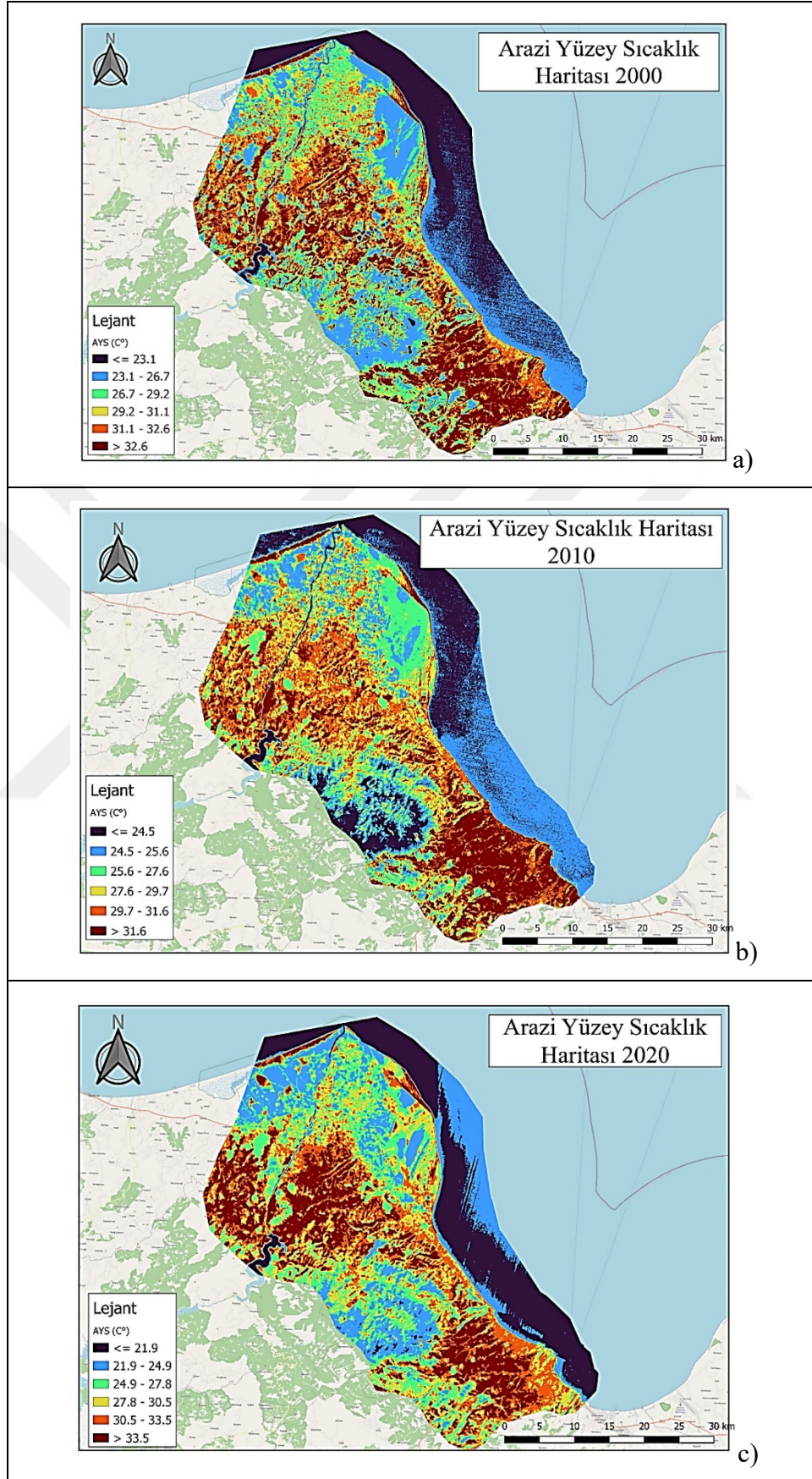
Literatür göz önüne alındığında, gece AYY görüntülerinin olmaması nedeniyle AYS'nı elde etmek için gündüz Landsat verileri kullanılmıştır. (Sekertekin ve Bonafoni, 2020) çalışmasında belirttiği gibi, Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) tabanlı AYY alma yöntemleri doğruluğu yüksek ve Landsat verileri için uygulanması kolaydır.

Bu çalışmada Spektral indeksler (NDVI, NDBI) hesaplanmış ve AYS, tek kanal algoritması SCA (Single Chanel Algorithm) ile hesaplanmıştır. NDVI verileri ile AYS arasında negatif korelasyon, NDBI ile AYS arasında pozitif korelasyon mevcuttur (Alademomi vd., 2022; Guha vd., 2018).

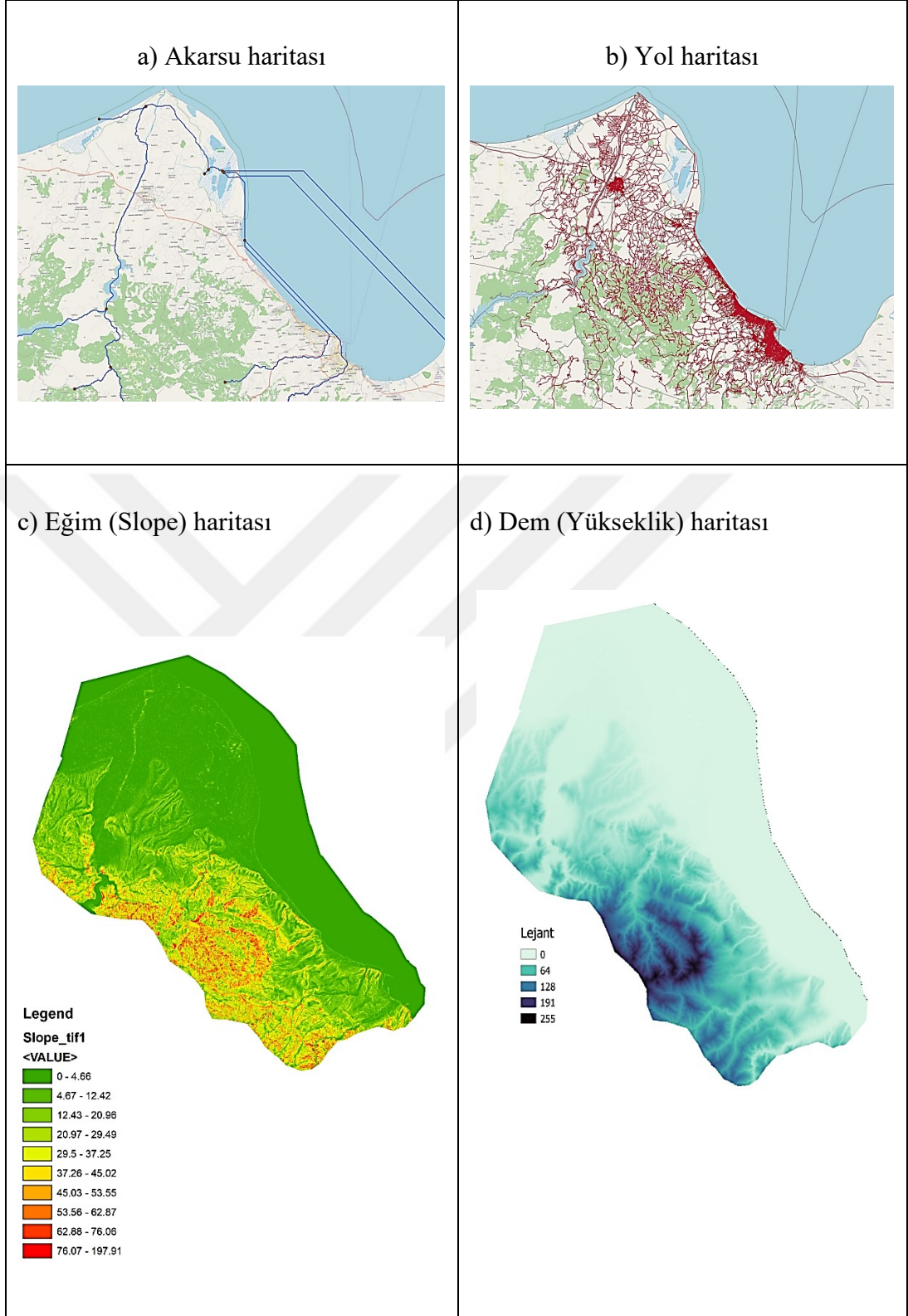
AYS haritalarını elde etmek için, 31/07/2000 ve 12/08/2010 tarihleri için Landsat 7 ETM+ görüntülerinden bant 6, 31/08/2020 için Landsat 8 TIRS bant 10 kullanılarak Denklem 2,3,4,5,6,7 de belirtildiği gibi hesaplanarak haritalanmıştır (Şekil 4.3).

AYS ile diğer alan özellikleri arasında bağıntı kurabilmek için yardımcı ek veriler, Dem haritası, Akarsu Ağı haritası, Yol haritası, Eğim haritası oluşturulmuştur. USGS kaynağından elde edilen yükseklik bilgisi için Aster Global Dem kullanılmıştır (Şekil 4.4). Landsat görüntülerine uygun hale getirmek için 30 m çözünürlüğe örneklendirilmiştir.

AYS haritaları incelendiğinde, 2010 yılında en yüksek yüzey sıcaklığı 32,6'dan büyük bir değerken, 2020 yılında 33,5 den büyük bir değerdir. Kentsel ilçelerimiz İlkadım ve Atakum merkez çevrelerinde ve Kırsal ilçemiz Bafra merkez çevresinde 20 yılda sıcaklık yayılımının artmış olduğu haritalardan gözlenmiştir.



Şekil 4.3 a)2000 b)2010 c)2020 AYS haritaları



Şekil 4.4 a) Akarsu, b) yol, c) eğim, d) yükseklik haritaları

4.4 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) Haritalarının Oluşturulması

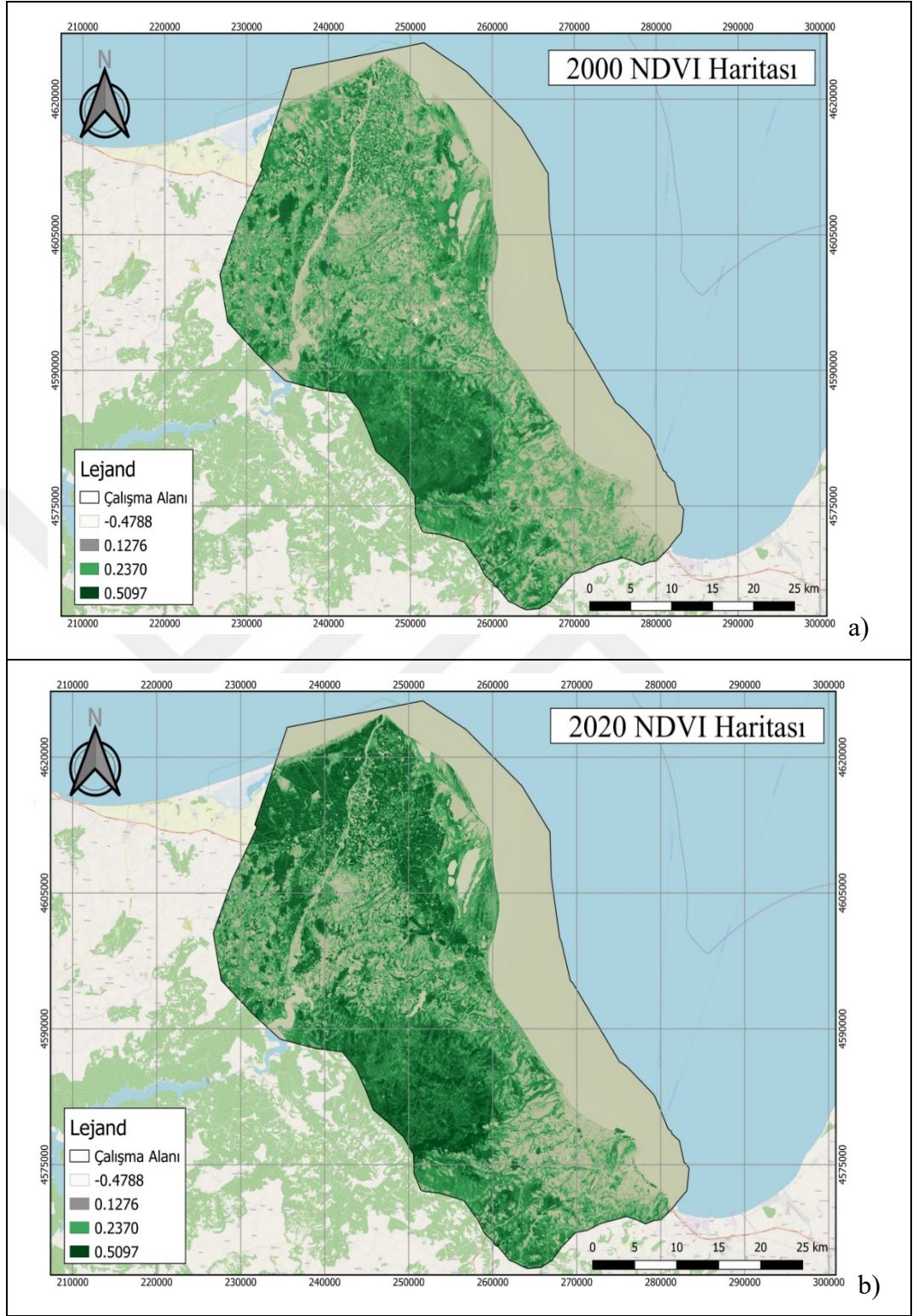
Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), yakın-kızılötesi (bitki örtüsünün güçlü bir şekilde yansıttığı) ve kırmızı ışık (bitkinin emdiği) arasındaki farkı ölçerek bitki örtüsünü niceliklendirir. NDVI her zaman -1 ile +1 arasında değerler alır. Örneğin, negatif değerlerin su olması kuvvetle muhtemeldir. Öte yandan, +1'e yakın bir NDVI değeriniz varsa, yoğun yeşil yapraklar olma olasılığı yüksektir. Ancak NDVI sıfıra yakın olduğunda bu yapılaşmış alan demektir (Yue vd., 2007). Çalışma alanımız için NDVI indeksi Denklem 8'de belirtildiği gibi hesaplanarak haritalanmıştır.

Tablo 4.10 Arazi sınıflarına göre NDVI yaklaşık değerleri (Carlson ve Ripley, 1997)

Sınıf	NDVI
Su	-0,28 - 0,015
Yapılaşmış alan	0,015 - 0,14
Çıplak arazi (Kayalık, Toprak, Kumsal, Kar...)	0,14 - 0,18
Çalı ve Otlak	0,18 - 0,27
Seyrek bitki örtüsü	0,27 - 0,36
Yoğun bitki örtüsü	0,36 - 0,74

Şekil 4.5' deki haritalar incelendiğinde Bafra ovasındaki tarım arazileri 2020 yılına gelindiğinde daha koyu yeşil (NDVI değeri yüksek) yani verimli hale geldiği görülmektedir. Bununla birlikte ilçe merkezleri ve çevresinde çıplak arazi ve yapılaşmış alanlar varlığını artırarak sürdürmektedir.

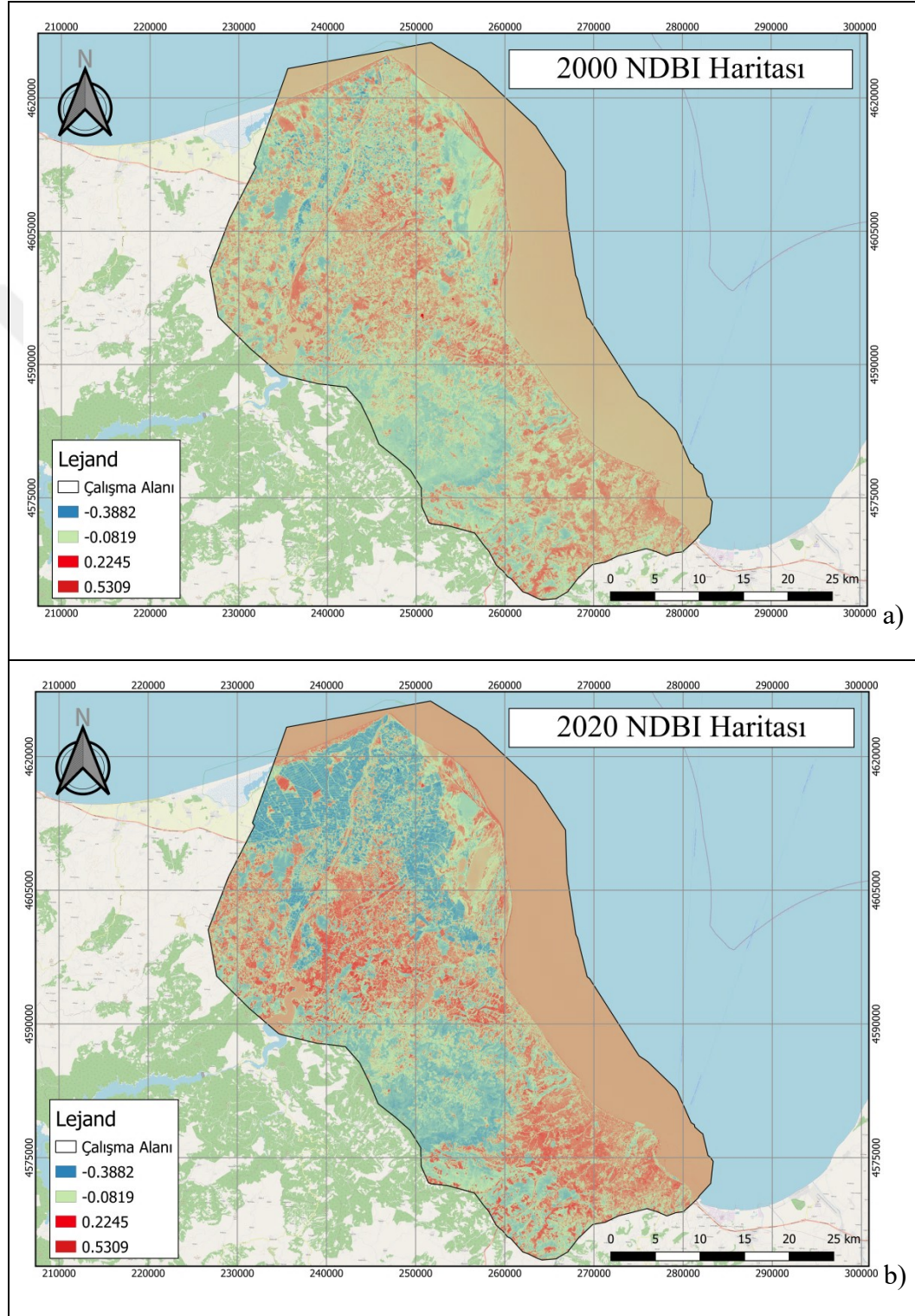
İki spektral indeks olan NDVI ve NDBI birlikte değerlendirilerek daha doğru AK/AÖ haritaları elde dileyebilir. Örneğin NDVI > 0,2 ve NDBI < 0 yeşil alan varlığını ortaya çıkarabilir. Benzer şekilde NDVI < 0 ve NDBI < 0 su alanlarını ortaya çıkarabilmektedir. $0 < \text{NDVI} < 0,2$ ve $\text{NDBI} > 0,1$ birlikte yapılaşmış alanları ortaya çıkarmakta kullanılabilir. Bu eşik değerler atmosfer şartlarına göre değişebilmektedir (Guha vd., 2018).



Şekil 4.5 a) 2000, b) 2020 NDVI haritaları

4.5 NDBI Haritalarının Oluşturulması

Yapılaşmış alanları ortaya çıkarmak için NDBI (Zha vd., 2003) indeks verileri hesaplanmış ve haritalanmıştır.



Şekil 4.6 a) 2000, b)2020 yılları NDBI haritası

4.6 AYS ile NDVI ve NDBI İndeksleri Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi

Çalışma alanı için Uydu görüntülerinden elde edilen NDBI, NDVI indeksleri ile AYS arasındaki ilişkileri incelemek amacıyla CBS ortamında farklı arazi sınıflarına denk gelecek şekilde rastgele dağılmış 788 nokta belirlenerek nokta sayısal değerleri alınmıştır. Bu örnekleme işlemi ile elde edilen nokta değerleri arasında doğrusal regresyon analizi gerçekleştirilmiş ve regresyon katsayıları hesaplanmıştır.

Tablo 4.11 AYS, NDBI ve NDVI doğrusal regresyon katsayıları ve R² değerleri

31.07.2000 AYS			31.08.2020 AYS	
	Regresyon Fonk.	R ²	Regresyon Fonk.	R ²
NDVI	$y=-22,846x+36,087$	0,66	$y=-30,85x+38,938$	0,76
NDBI	$y=31,29x+32,437$	0,72	$y=-30,85x+38,938$	0,79

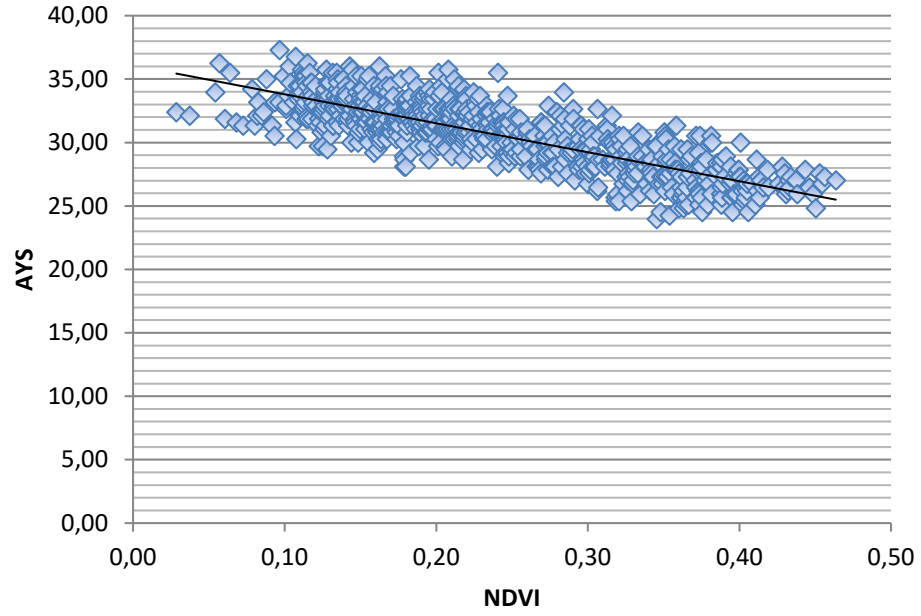
AYS ile NDVI ve NDBI arasındaki regresyon literatüre uygun ve anlamlı bulunmuştur. 2000' den 2020'ye kadar geçen 20 yıllık süreçte hem NDVI hem de NDBI ile AYS arasındaki regresyon katsayısı artış göstermiştir.

Her iki yıl için çalışma alanının tamamında AYS ile NDBI arasında, NDVI ile olan regresyondan daha güçlü regresyon katsayısı bulunmuştur. AYS ile NDVI arasında daha az güçlü regresyon vardır.

AYS ile NDVI ve NDBI arasındaki dağılım grafikleri şekil 4.7 ve şekil 4.8 de gösterilmektedir. Şekil 4.7a'da x 2000 yıl için hesaplanan NDVI değerini, Şekil 4.7b'de ise x 2000 yıl için hesaplanan NDBI değerini, y ise AYS değerlerini temsil etmektedir.

2000 AYS_NDVI Regresyonu

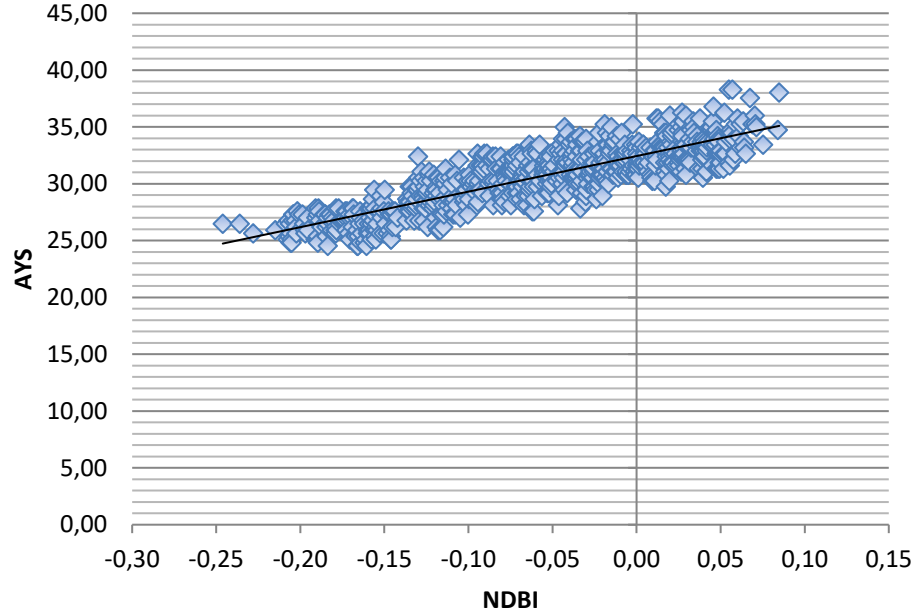
$$\text{AYS} = -22.846\text{NDVI} + 36.087$$
$$R^2 = 0.6629$$



a)

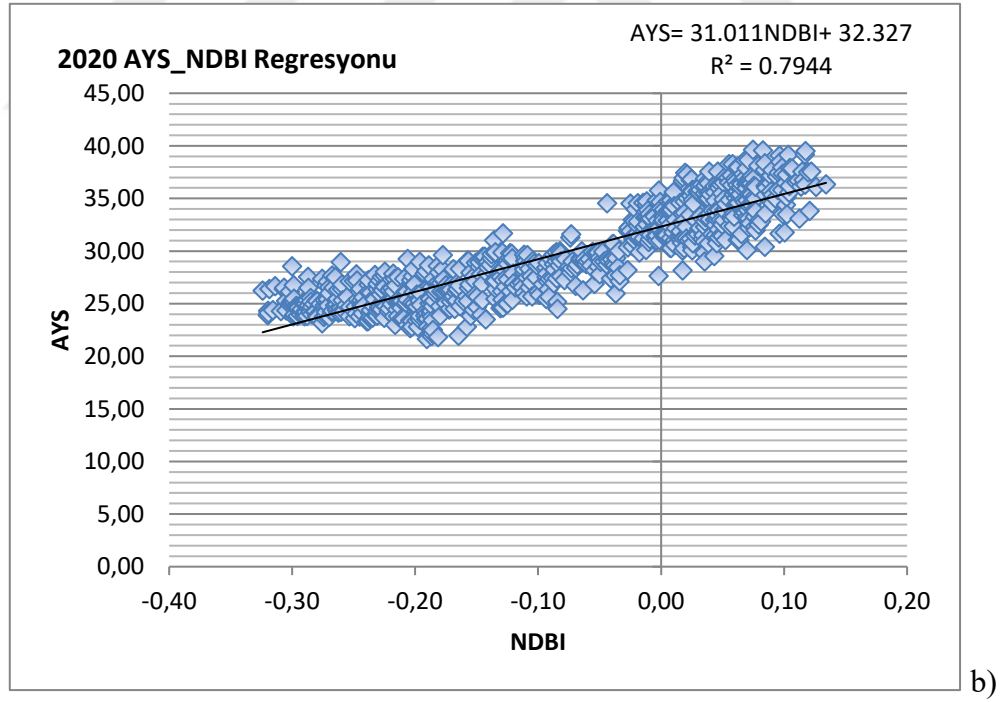
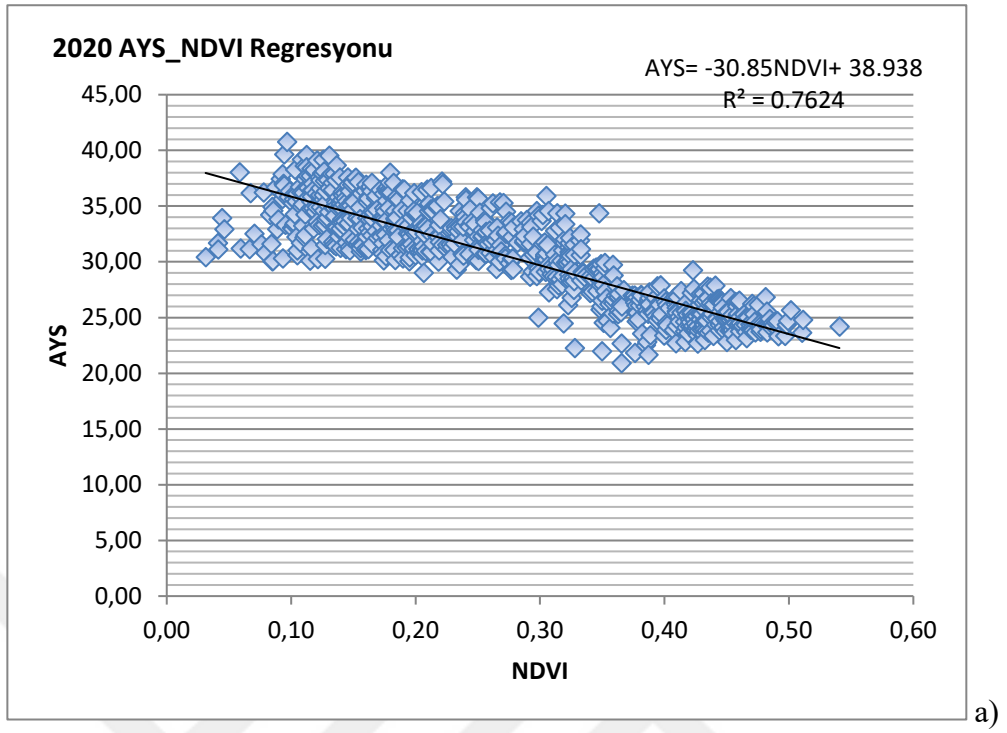
2000 AYS_NDBI Regresyonu

$$\text{AYS} = 31.29\text{NDBI} + 32.437$$
$$R^2 = 0.7282$$



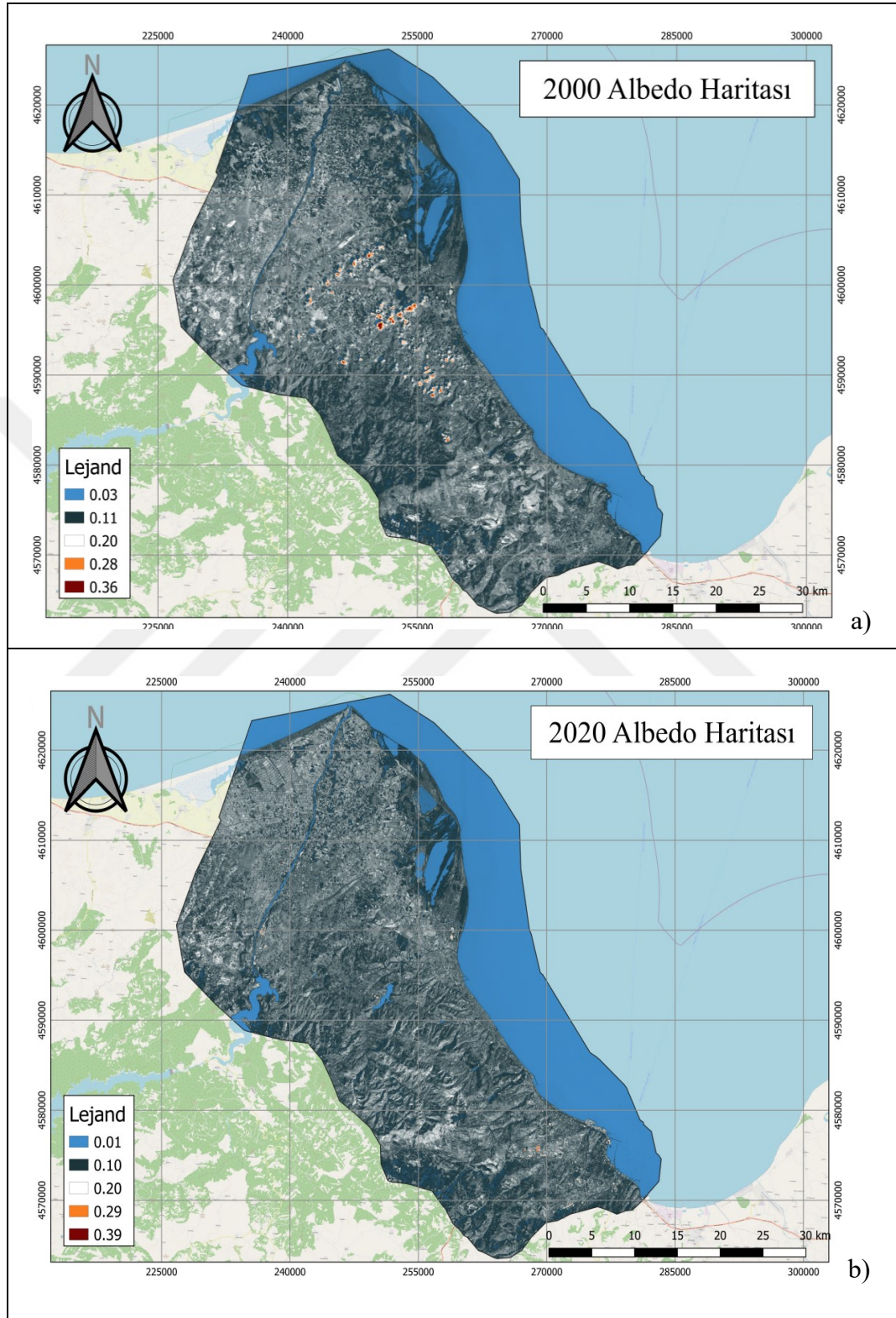
b)

Şekil 4.7 2000 yılı için a) NDVI b) NDBI ile AYS doğrusal regresyon grafikleri



Şekil 4.8 2020 yılı için a) NDVI b) NDBI ile AYS doğrusal regresyon grafikleri

4.7 Albedo Haritalarının Oluşturulması



Şekil 4.9 a) 2000, b) 2020 yılları Albedo haritası

Tablo 4.12 Çalışma alanındaki arazi sınıflarının albedo değerleri

31/07/2000				
Albedo				
	Min	Max	Mean	StD
Su	0,03	0,16	0,04	0
Yapılaşmış alan	0,04	0,39	0,13	0,02
Yeşil alan	0,04	0,39	0,13	0,02
Çıplak alan	0,06	0,23	0,14	0,01
31/08/2020				
Albedo				
	Min	Max	Mean	StD
Su	0	0,14	0,01	0
Yapılaşmış alan	0,01	0,39	0,12	0,03
Yeşil alan	0,01	0,22	0,12	0,02
Çıplak alan	0,01	0,26	0,13	0,01

2000 ve 2020 yılları arazi sınıflarının albedo ortalama değerleri karşılaştırıldığında, su alanlarında 0,03, diğer arazi alanlarında 0,01' lik azalma görülmüştür. Tablo 4.16'ye bakıldığında alanın tamamı için 20 yılda yine 0.01'lik azalma görülmüştür. Şekil 4.9' daki haritalarda alanın genelinde 0,10 diliminde Albedo görülmektedir. 0,29 ve 0,39 ölçülen yüksek albedo miktarları bulutlardır.

2. bölümde yer alan tablo 2.2' de belirtilen arazi örtüsüne göre genellenmiş albedo değerleri ile uyumlu sonuçlar bulunmuştur. Burada belirtildiği gibi denizler düşük albedoya, çıplak toprak alanlar ise yüksek albedoya sahiptir. Çıplak toprak alanların açık renk olması Albedo değerini yapısal alanlara oranla daha yüksek olmasını sağlamaktadır.

Literatür taramasında Igusky (2008), Prado ve Ferreira (2005), Taha vb. (1988), Taha (1997) vb. Albedo ile AYS arasında ters korelasyon olduğu savunulmaktadır. Yani yüzeyin albedosu arttıkça AYS'nın düştüğü görülmüştür. Çünkü güneş ışınları yüzey tarafından hapsedilmeyip yansıtılırsa, yüzeyin ısınmasına engel olacaktır. Buda

büyük ölçekte gece gündüz arasındaki sıcaklık farkının oluşumunu engelleyerek KIA oluşumunu önleyecek ya da indirgeyecektir.

Çalışma alanımız için çıkan Albedo sonucunda KIA oluşumunu etkileyecek kadar bir değişim görülmemiştir. Çalışma alanındaki Albedo değer dağılımı oldukça homojen çıkmıştır. Bu yüzden AYS etkileyecek değişim yaşanmamıştır.

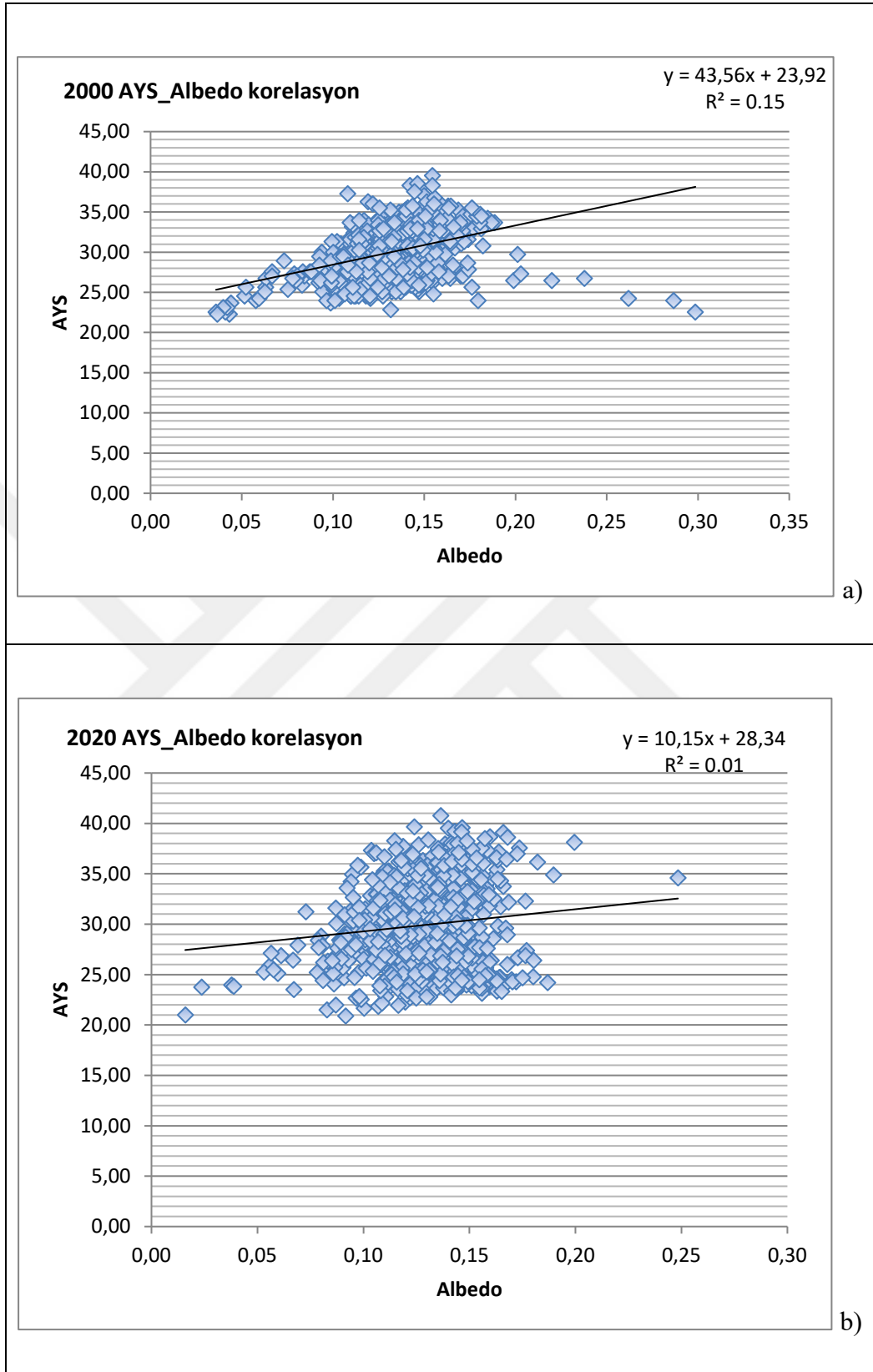
4.7.1 AYS ile Albedo Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

Çalışma alanı için Landsat görüntülerinden elde edilen Albedo parametresi ve AYS arasındaki ilişkileri incelemek amacıyla CBS ortamında farklı arazi örtüsü içerecek şekilde rastgele dağılmış 788 nokta yardımıyla örnek noktalar alınmıştır. Haritada görülen deniz ve su alanları regresyon analizinde maskelenmiştir. Alınan nokta değerleri ile doğrusal regresyon analizi gerçekleştirilmiş ve AYS, Albedo değerleri arasında regresyon katsayıları hesaplanmıştır.

Tablo 4.13 AYS_Albedo doğrusal regresyon fonksiyonu ve R^2 değeri

31.07.2000 AYS		31.08.2020 AYS	
Doğrusal Reaksiyon Fonk.	R^2	Doğrusal Reaksiyon Fonk.	R^2
$AYS=43,56Albedo+23,92$	0,15	$AYS=10,15Albedo+28,34$	0,01

Regresyon fonksiyonlarına bakıldığında çalışma alanımız için literature uygun ve anlamlı sonuç bulunamamıştır. Albedo değeri 0 ile 1 arasında olmaktadır. Bizim çalışma alanımızdaki nokta değerleri 2000 yılı için 0,07-0,30 arasında, 2020 yılı için 0,06- 0,19 arasında olarak Albedo değer aralığına uygun bulunmasına karşın, değerlerin çoğunluğu 0,10 ve 0,15 arasında yığılmıştır. Heterojen dağılım görülmemektedir.



Şekil 4.10 a) 2000, b) 2020 yılları için Albedo_AYS doğrusal regresyon grafiği

Tablo 4.14 2000 yılı çoklu doğrusal regresyon fonksiyonu

PEARSON KORELASYON (2000)				
	NDVI_2020	NDBI_2020	Albedo_2020	LST_2020
NDVI_2000	1	-0,862**	-0.029	-0,554**
NDBI_2000	-0,862**	1	0,260**	0,720**
Albedo_2000	-0.029	0,260**	1	0,387**
LST_2000	-0,554**	0,720**	0,387**	1

** Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır.

Her üç parametre kullanılarak çoklu doğrusal regresyon fonksiyonlarına bakıldığında $AYS=3.58NDVI+29,21NDBI+23,37Albedo+28,14$ ve bu model için R^2 değeri 0,56 dır.

Tablo 4.15 2020 yılı çoklu doğrusal regresyon fonksiyonu

PEARSON KORELASYON (2020)				
	NDVI_2020	NDBI_2020	Albedo_2020	LST_2020
NDVI_2020	1	-0,923**	0,247**	-0,733**
NDBI_2020	-0,923**	1	-0,141**	0,813**
Albedo_2020	0,247**	-0,141**	1	0,114**
LST_2020	-0,733**	0,813**	0,114**	1

** Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır.

Her üç parametre kullanılarak çoklu doğrusal regresyon fonksiyonlarına bakıldığında $AYS=-2,315NDVI+27,490NDBI+45,99Albedo+27,05$ ve bu model için R^2 değeri 0,72 dir.

4.8 Çalışma alanı için tanımlayıcı İstatiksel Veriler

Isıl görüntülerden AYS'nın elde edilmesi ile bu görüntülerin KIA çalışmalarında kullanılabilmesi için, yukarıdaki haritalardan deniz ve su alanları maskelenerek tanımlayıcı istatiksel veriler elde edilmiştir.

2000-2020 yılları arasında, AYS max. değeri 40,77'den 43,24'e yükselerek 2,47 C° artarken ort. değer neredeyse değişim göstermemiştir. NDVI yeşil alan indeksi, ort. değeri 0,22 den 0,27' ye artarak 0,05'lik artış göstermiştir. NDBI yapısal alan indeksi max. değeri 0,14'den 0,53'e yükselirken ort. NDBI -0,08'den -0,05'e yükselerek

0,03'lük artış göstermiştir. Albedo ise 0,13'den 0,12' ye gerileyerek 0,01'lik azalış göstermiştir.

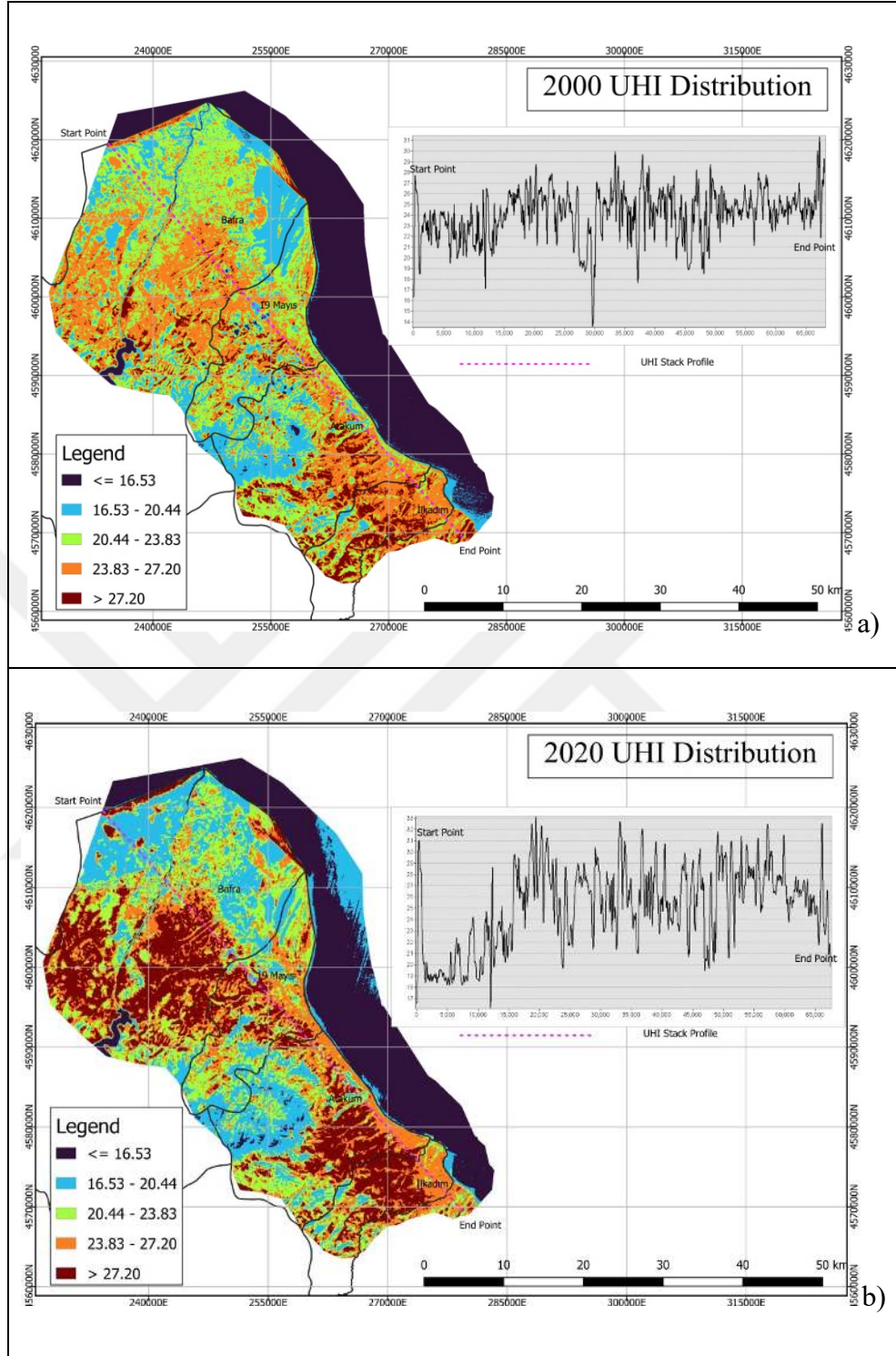
Tablo 4.16 Çalışma alanı tanımlayıcı istatistiksel veriler

	31-07-00		12-08-10		31-08-20	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
AYS	19,97	40,77	19,97	40,27	19,38	43,24
Ort.	30,2		28,94		29,67	
St.D.	3,06		2,98		4,12	
NDVI	-0,44	0,50	-0,11	0,55	-0,11	0,55
Ort.	0,22		0,27		0,27	
St.D.	0,10		0,12		0,12	
NDBI	-0,33	0,14	-0,34	0,41	-0,34	0,53
Ort.	-0,08		-0,06		-0,05	
St.D.	0,08		0,07		0,07	
Albedo	0,03	0,35	0,01	0,38	0,01	0,38
Ort.	0,13		0,12		0,12	
St.D.	0,02		0,02		0,02	
Ort. HavaSıc.	23,8		26,8		24,3	

4.9 KIA (UHI) Haritalarının Oluşturulması

KIA oluşumunun tespiti ısınmanın yarattığı riski analiz etmek için önemli rol oynamaktadır. Çalışmamızda uydu görüntülerinden elde edilen AYS haritaları kullanılarak çalışma alanı için KIA olan ve KIA olmayan bölgeler ortaya çıkarılmıştır.

KIA'nın farklı yıllardaki değişimini karşılaştırmak için, AYS Denklem 2,3,4,5,6,7'deki gibi hesaplanarak, Denklem 12'deki KIA formülünde kullanılmıştır (Abutaleb vd., 2015).



Şekil 4.11 a) 2000, b) 2020 yılları KIA haritaları ve yığın profil grafiği

Yığın profil grafiği oluşturmak için başlangıç noktası Bafra olan (kırsal ilçe) ve bitiş noktası İlkadım sınır (kentsel ilçe) olan noktaları birleştiren hat çizilmiştir. No-Başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki sıcaklık farkı 2000 yılında 15C° (16C° başlangıç noktası sıcaklığı - 31C°bitiş noktası sıcaklığı) iken, 2020 yılında 16C°

(17C° başlangıç noktası sıcaklığı-33 C° bitiş noktası sıcaklığı) olarak farklılık göstermiştir.

4.9.1 KIA Olan ve Olmayan Bölgelerin Sıcaklıkları

KIA olan ve KIA olmayan bölgeler aşağıdaki denklem kullanılarak belirlenmiştir (Ma vd., 2010; Guha vd., 2017).

KIA olan;

$$AYS > TM + 0,5 \times SD \quad (16)$$

KIA olmayan;

$$0 < AYS \leq TM + 0,5 \times SD \quad (17)$$

TM = Ortalama AYS, SD= AYS Standart Sapması

Denklem 16, ortalama AYS ve yarı standart sapmanın birleşik değerinden daha fazla AYS'na sahip bölgeler olarak KIA bölgelerini türetmek için kullanılmıştır. KIA dışında, çalışma alanının geri kalanı KIA olmayan bölge olarak kabul edilir (Denklem 17). Bitki örtüsü ve su kütlelerinin oranı, KIA olmayan alanlarda daha yüksek iken KIA olan alanlar sanayi bölgeleri, taş ocakları, rakımı yüksek çıplak arazilerdir. KIA bölgeleri çevre zonlarına göre sıcaklığı yüksek ve en kararlı termik zondur.

Tablo 4.17 KIA olan-olmayan bölgelerin AYS'ları

Yıllar	AYS ort.	
	KIA olan	KIA olmayan
2000	40,77	19,97
2020	43,24	19,38

Çalışma alanında KIA olan bölgelerin sıcaklığı 2000 yılında ort. 40,77 iken KIA olmayan alanlarda 19,97 olduğu görülmüştür. 2020 yılında KIA olan alanlar artarak

43,24 olmuş, KIA olmayan alanlar ise 19,38 değer olarak yaklaşık olarak değişim göstermemiştir.

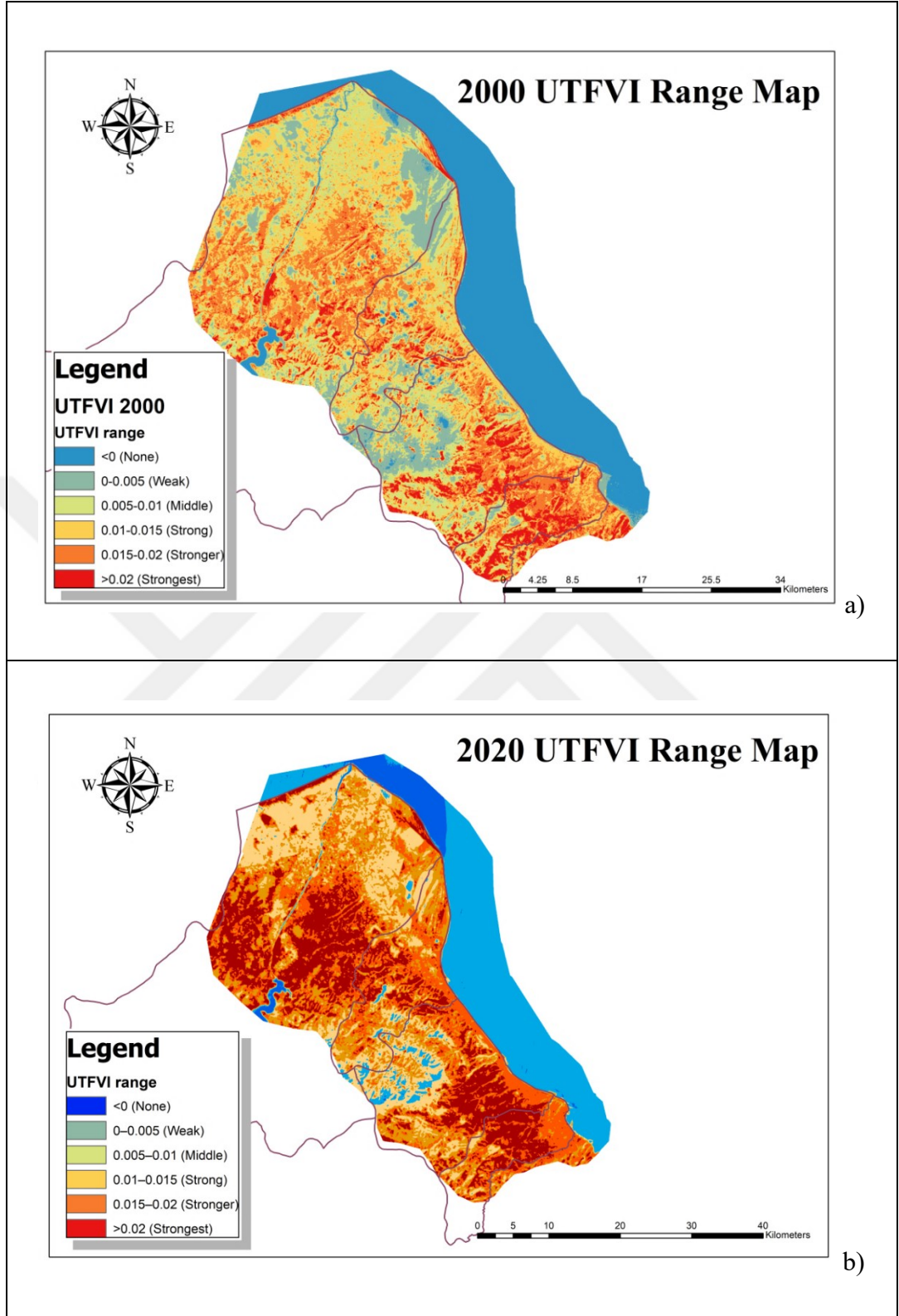
4.10 UTFVI İndeks Haritalarının Oluşturulması

Bu çalışmada, Ağustos ayında çalışma alanı için KIA oluşan bölgelerin termal konfor değerlendirmesi için UTFVI indeksi kullanılmıştır. KIA etkisi dilimleme yöntemiyle Denklem 11 kullanılarak belirlenmiş ve haritalanmıştır. Belirlenen UTFVI indeks dilimleri KIA haritalarından faydalanarak çıkarılmıştır. 6 sınıf ve eşik aralığı kullanılmıştır (Tablo 3.4).

Buna bağlı olarak kırsal ilçelerde bulunan yeşil ve sulak alanlarda indeks, KIA oluşumu açısından düşük değerde olduğu görülmüştür. Bafradaki kuş cenneti, ırmak kenarı, ormanlık alanlar orta seviyede KIA etkisi altındayken, 2020 yılında güçlü seviyesi yaygınlaşmıştır. Alan dağılımına baktığımızda en güçlü seviyesi 2000 yılında 1376,46 km² iken 2020 yılında 3839,70 km² ye yükselmiştir. İndeks dağılım haritaları Şekil 4.12’de gösterilmiştir. En belirgin artış en güçlü diliminde olmuştur. UTFVI haritalarından, her dilimin alanları km² olarak hesaplanmıştır. 20 yıllık süre içinde çalışma alanımız içinde dilimler arasındaki alan değişimi hesaplanmıştır (Tablo 4.18).

Tablo 4.18 UTFVI indeks dilimlerindeki alan değişimi

Urban thermal field Varianceindex (UTFVI)	Area (km ²) Year: 2000	Area (km ²) Year: 2020
Yok	4414.77	685.62
Zayıf	1938.94	3969.83
Orta	3560.73	3178.05
Güçlü	4323.02	3637.18
Daha Güçlü	3871.62	4175.15
En Güçlü	1376.46	3839.70



Şekil 4.12 a) 2000 b) 2020 yılı UTFVI indeksi dilim haritaları

4.11 Kentsel Sıcak Noktaların (KSN) Tayini

KIA haritalarından Kentsel Sıcak Noktalar (KSN) tayin edilmiştir. Bu noktalar KIA içinde gelişmekte ve insan sağlığını ve konforunu olumsuz etkilemektedir. Noktaların tayini aşağıdaki denkleme göre yapılmıştır (Guha vd., 2017).

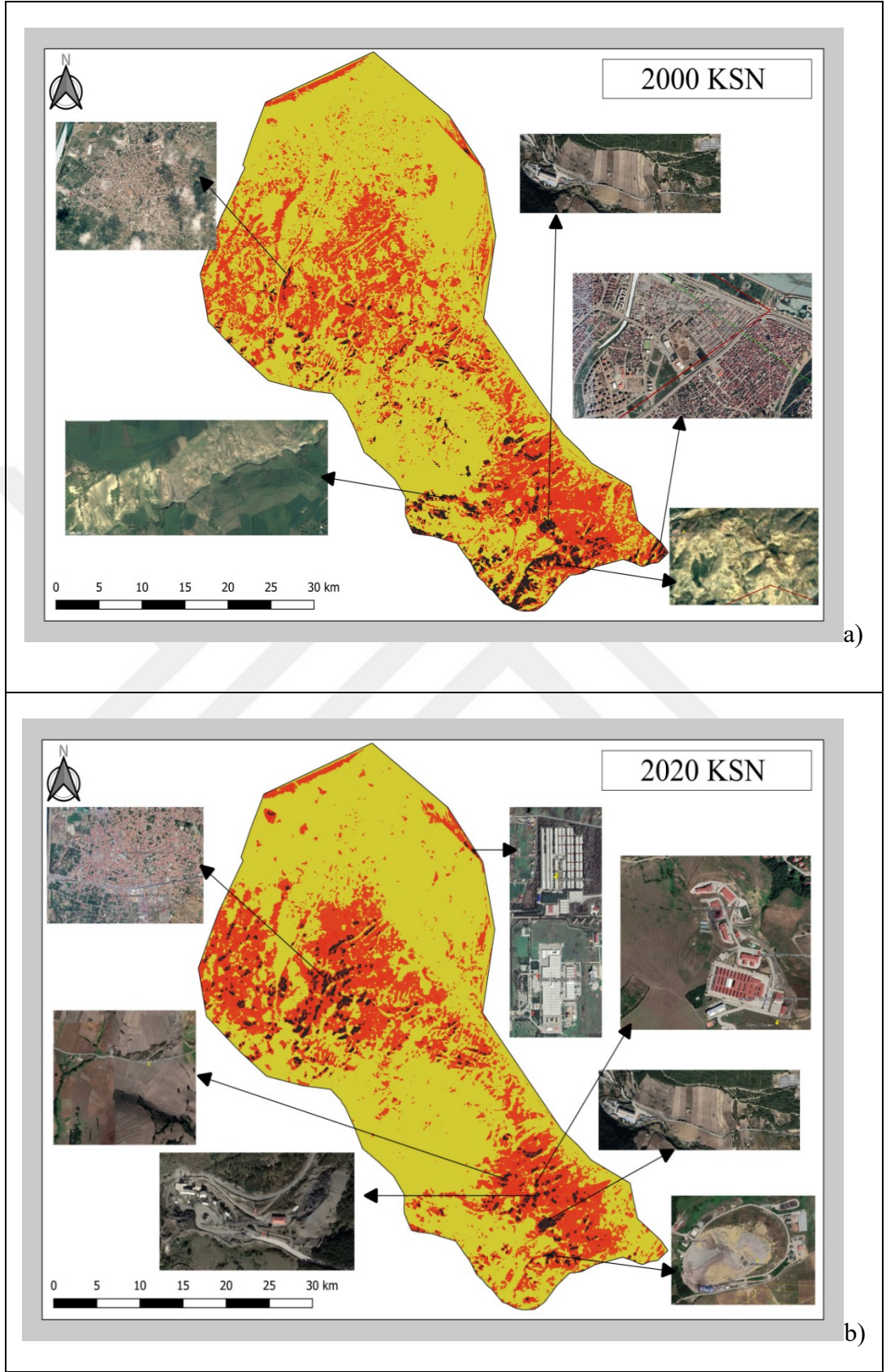
$$AYS > TM + 2 \times SD \quad (18)$$

TM = Ortalama AYS, SD= AYS standart sapması

Q Gis programında uygulanan formül sonucunda buluna KSN'lar Google Earth'e aktarılarak yer tespiti yapılmıştır. Buna göre,

- Arazi yüksekliği 1000 ila 500 m arasında değişen çıplak yüzeye sahip tepeler ve yamaçlarda 2000 ve 2020 yılında ortak KSN'in var olduğu görülmüştür.
- Sanayi bölgelerinde hem 2000 yılı hemde 2020 yılı için KSN'ların var olduğu görülmüştür. Bunların dışında,
- Doğaltaş elemanları üretim tesisi
- Taş ocakları
- Beton fabrikası
- Araç Muane İstasyonu
- Samsun Cezaevi
- Yamaç paraşütü eğitim tesisi
- Agregat Tesisi
- TRT verici istasyonu çevresi
- Bafra Sigara fabrikası
- Prefabrik fabrikası
- Samsun çöp dönüştürme tesisi

alanlarında KSN'lar tespit edilmiştir.



Şekil 4.13 a) 2000 - b) 2020 yılları KSN

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, Samsun ilinin sahil şeridinde konumlanmış olan kentsel ilçeleri İlkadım ve Atakum ile kırsal ilçeleri 19 Mayıs ve Bafra için KIA oluşumu beş parametreye dayanarak incelenmiştir. Bu parametreler AK/AÖ, AYS, NDVI, NDBI ve Albedo olarak belirlenmiştir. Uygulamada çok spektrumlu uydu görüntüleri Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI/TIRS uydularına ait görünür, kızılötesi, ısı spektrumdan bantlar kullanılmıştır. Araştırmada parametrelerin zamansal değişimini ortaya koyabilmek amacıyla 2000, 2010 ve 2020 yıllarına ait yaz aylarından ağustos görüntüleri kullanılmıştır. Literatür taramasında KIA etkisinin yaz aylarında fazla olduğu tespit edildiği için (Du vd., 2016), görüntüler yaz aylarında bulutsuz ve pusuz günler için seçilmiştir ve atmosferik düzeltilmesi yapılmıştır. Ayrıca yaz aylarında arazi örtüsü heterojenliği daha belirgin olmaktadır. Görüntülerin işlenmesi aşamasında Arc Gis 10.5 ve Q Gis 3.16 programları kullanılmıştır.

Arazi örtüsü değişimlerini, belirlenen 20 yıl için değerlendirmek amacıyla, AK/AÖ haritaları piksel yansıtım değerleri ile ilişki kurulmasını sağlayan kontrollü sınıflandırma yöntemi kullanılarak elde edilmiştir (şekil 4.1). Kontrollü sınıflandırma için, Congedo (2021)'in geliştirdiği ve açık erişim olarak Q Gis'de eklenti olarak sunduğu “en yüksek benzerlik” (maximum likelihood) sınıflandırıcısı kullanılmıştır. 20 yılda bölgenin belirlenen çalışma alanı sınırı içindeki su kütlesi (Akarsu, Göl, Deniz) %0,34 oranında azalmış, yapılaşmış alan (Binalar, Yollar, Otopark) %7,10 oranında artmış, yeşil alanlar (Orman, Ekili alan, Çim, Delta) %14,1 oranında azalmış, çıplak alanlar (Toprak, Kayalık alanlar) %7,33 oranında artmış olduğu tespit edilmiştir.

Su alanlarının azalışı çalışma alanı sınırı içinde olan deniz alanında yapılan kıyı dolgu çalışmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Su alanlarından yapılaşmaya dönüşüm 15,31 km² olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.2). Samsun kıyılarında 1990 yılından bu yana deniz doldurularak alan kazanımı sağlanmaktadır (Karaçuha Yılmaz, 2007; Uzun, 1998). Bu alanlar Doğupark ve Batıpark adında iki bölgeye

ayrılarak planlanmıştır. Doğupark alanında rekreasyonel alanlar ve resmî kurumlara yer ayrılmıştır. Batıpark, genellikle rekreasyonel alanları kapsamaktadır.

En yüksek arazi örtüsü değişiminin yeşil alandan çıplak alan yönünde olduğu görülmektedir (Şekil 4.2). 253,53 km² olarak hesaplanan bu dönüşüm, tüm arazi örtüsünün %13'lük kısmını kapsamaktadır. Çıplak alandan yapısal alana dönüşüm 95,29 km² dir. Bu dönüşüm kentleşmenin ilk adımı olduğu düşünülmektedir. Kentleşme yayılımının önce yeşil alandan çıplak alana sonrasında çıplak alandan yapılaşmış alana doğru devam ettiği Samsun ilinde yapılan çalışmalardan bilinmektedir örn. (Bağcı ve Bahadır, 2019; Dengiz ve Turan, 2014; Öztürk ve Gündüz, 2020; Sesli, 2010; Uzun ve Demir, 2016). Diğer yüksek arazi dönüşümü 110,80 km² ile %6'lık değişimin yaşandığı yeşil alandan yapılaşmaya doğru olduğu görülmüştür. Bafra tarım alanı olarak verimli topraklar içermektedir. Bu ilçedeki dönüşüm tarım alanlarından kentleşmeye dönüşüm olarak yorumlanmıştır. Kızılırmak boyunca eski kent merkezinden kuzeye doğru yeşil alandan yapılaşmaya dönüşüm olduğu görülmektedir. 1998-2002 yılları arasında en fazla büyüyen yerleşim yeri Atakum ilçesidir (Uzun ve Demir, 2016). Üretilen haritalardan Atakum kent merkezi yayılımının güney batı yönünde geliştiği görülmektedir (Şekil 4.1). Atakum gelişerek 2004 yılından sonra ikinci kent merkezi haline gelmiştir (Ozturk, 2015). İlkadım eski kent merkezidir. Güney doğu yönünde Mert ırmağı etrafında yeşil alandan yapılaşmaya dönüşüm görülmüştür. Samsun'da en hızlı kentleşme 2006-2010 döneminde İlkadım'da görülmüştür (Uzun ve Demir, 2016).

Çalışmada AYS haritaları Landsat uydu görüntülerinin termal bantlarından sağlanan verilerle tek kanal algoritması SCA (Single Chanel Algorithm) kullanılarak hesaplanmıştır (Şekil 4.3). 2000 yılında en yüksek yüzey sıcaklığı 32,6'dan büyük bir değerken, 2020 yılında 33,5 den büyük bir değerdir. Tablo 4.9'da Arazi sınıflarının yüzey sıcaklıkları gösterilmiştir. 2000 yılında en yüksek AYS çıplak alan ve yapılaşmış alandan ölçülmüştür. 2020 yılında sadece yapılaşmış alan sınıfında yüzey sıcaklığı 0,4C° artış gösterirken diğer sınıflar azalış eğilimindedir. Her iki yıl için ölçülen mak. AYS (40,77C°, 43,24C°), çıplak alan ve yapılaşmış alan sınıfından ölçülmüştür. 2000 yılında max. AYS 40,77 C° iken, 2020 yılında 43,24 C°'ye yükselmiştir (Tablo 4.16). 20 yılda mak. AYS artış gösterirken, ort. AYS 0,53C°

düşüş göstermiştir. Bununla birlikte NDVI değeri 2000 yılında 0,22 iken 2020 yılında 0,27'ye yükselmiştir (Tablo 4.16). Şekil 4.5'deki haritalar incelendiğinde yeşil alan kalitesinin Bafra kırsalında arttığı gözlemlenebilmektedir. Mak. AYS'nın artmasının yanısıra kırsalda NDVI değerinin artması AYS ort. değerini indirgeme sağladığı görülmüştür. NDVI yani bitki yeşilinin kalitesinin artışı, AYS'nı indirgeme potansiyeline sahiptir. İstatiksel anlamda AYS ile NDVI arasında negatif korelasyon mevcuttur (AlAdemomi vd., 2020; Alademomi vd., 2022; Ghouri vd., 2022; Guha vd., 2018; Yue vd., 2007). Çalışma alanımızda AYS ort. değerinin düşmesi NDVI'nın artışı ile bağdaştırılmıştır. AYS ile NDVI arasında doğrusal regresyon analizi yapılarak oluşturulan grafiklerde ters korelasyon olduğu ve anlamlı bağıntı olduğu görülmektedir (Şekil 4.7, Şekil 4.8)

Çalışmamızda NDVI Landsat görüntülerinin kırmızı bant ve yakın kızılötesi bantları kullanılarak denklem 8' deki formüle göre hesaplanmıştır. NDBI ise kısa dalga-kızılötesi ve yakın-kızılötesi bölgedeki spektral yansıtım değerlerden denklem 9' a göre hesaplanmıştır. NDVI ve NDBI değeri -1 ile +1 arasında değişmektedir (Carlson ve Ripley, 1997; Zhang vd., 2009). Tablo 4.16'deki verilere göre NDBI ort. değeri 2000 yılında -0,08 iken, 2020 yılında -0,05'e yükselmiştir. Bu demek oluyor ki kırsalda NDVI yani yeşil alan kalitesi artarken, kentsel de NDBI yani yapılaşma artmaktadır. Atakum ve Bafra kent merkezi etrafında 20 yılda kentleşme yayılımı gözlenmektedir (Şekil 4.6). AYS ile NDVI arasında negatif korelasyon var iken, NDBI arasında pozitif korelasyon vardır (Guha vd., 2018). AYS ile NDBI arasındaki doğrusal regresyon katsayısı her iki yıl içinde AYS ile NDVI arasındaki katsayıdan daha yüksek çıkmıştır (Tablo 4.11). Böylelikle NDBI indeksinin AYS'na olan etkisinin NDVI indeksine göre daha fazla olduğu sonucuna varmaktayız. NDBI ile AYS'nın arasındaki pozitif korelasyon üstteki paragrafta da bahsedildiği gibi en yüksek AYS'nın yapılaşmış alanlar ve çıplak alanlar sınıfından ölçülmesiyle ortaya konulmaktadır. Yapılaşma ile çıplak alanların spektral imzaları birbirine çok yakındır. Çalışma alanımızdaki arazi sınıflarının spektral imzalarını gösteren grafikten bunu görmekteyiz (Şekil 3.3).

AYS'na NDVI ve NDBI indeks etkileri değerlendirildiğinde, kentsel alandaki yeşillendirmenin AYS indergemedede daha etkili olacağı sonucuna varılmıştır. Yeşil

alan planlamasında sürekliliği ve bütünlüğünün yanısıra yeşil renk yoğunluğu AYS'na etkisini arttıracaktır. Kentlerdeki AYS artışını engellemekte geçirimsiz yüzeylerin artışını engellemek büyük etki sağlayacaktır. Kentsel peyzaj planlamasında geçirimsiz yüzey indirgemesine gidilmesi arazi yüzey sıcaklığı kontrolünde önem taşımaktadır.

Diğer AYS'na etken önemli parametrelerden olan 'Albedo' hesaplaması denklem 10'daki formüle göre, görünür bantlar, yakın kızılötesi bant ve SWIR 1 ve SWIR 2'nin DN (Dijital numaralar) değerlerinden hesaplanmıştır. Yüzey albedosundaki değişimler, arazi yüzeyini ısıtmak için mevcut olan güneş radyasyonu miktarını değiştirerek uzaysal AYS dağılımını etkiler (Taha vd., 1988). Literatüre dayanarak KIA oluşumunu etkileyen AYS'na olan etkisinden dolayı çalışma alanımız için Albedo incelenmesi uygun görülmüştür. Denklem uygulaması sonucunda ortaya çıkan haritalar şekil 4.9'da gösterilmektedir. Arazi yüzeylerinin ayrı ayrı albedo değerlerine bakıldığında literatürle uyumlu çıkmıştır. Genel çalışma alanı albedo haritasına bakıldığında Albedo dağılımı 0.10 bandında homojen bir görüntü oluşturmuştur. Birçok kaynakta kentsel Albedo oluşumunun çok farklı etkene bağlı olduğundan bahsedilmiştir. Örneğin Wu vd. (2022) çalışması sonucunda, yüksek uzamsal çözünürlükteki kentsel yüzey albedo'sunun, kentsel uzamsal heterojenliğe, mevsimsel değişime, bina kanyonuna ve piksel bitişiklik etkilerine bağlı olduğunu göstermektedir. Uydu görüntülerinden elde edilen albedo ölçümleri, çatı ve geçirimsiz yüzey yansıtmasının tespitinde yüksek potansiyel göstermiştir (Baldinelli vd., 2015b). Çalışma alanımızda Türkiye'nin standart çatı kaplama malzemeleri mevcuttur ve bu durum kentsel alanlarda homojen Albedo değeri elde etmemize neden olmuştur. Bonan (2008)'e göre, bitki örtüsü ne kadar yüksekse, ortalama yüzey albedo'su o kadar düşüktür. Kent merkezlerinde 0,15' e yakın, çıplak alanlarda 0,17'ye, ormanlık alanlarda 0,10, denizde 0,05'e yakın, bulut alanlarında 0,35'e yakın olan albedo değerleri ölçülmüştür. Uydu görüntüleri seçilirken bulut oranı %10'un altında olacak şekilde seçim yapıldığı için %35' e yakın yüksek albedo değeri oldukça azdır. Bulunan değerler Tablo 2.2'de belirtilenlerle uyumludur fakat değerlerin çeşitliliği yoktur çünkü alanda homojen bir yapı mevcuttur.

Bonan (2008)'in bulgularına benzer olarak Boğaziçi Üniversitesi İklim Değişikliği ve Politikaları, Uygulama ve Araştırma Merkezi Yeşil alanların niteliğine göre Albedo değişimini şu şekilde açıklamıştır. Yeşil alanlar çıplak toprağa göre daha düşük albedoya sahiptir. Ormanların yok edilmesi sonucu ortaya çıkan yüzeyler açık renge dönüştüğü için yüksek albedolu hale gelir ve gelen ışığın daha çok yansıtılmasını sağlayarak uzaya geri gönderir. Ancak ormansızlaşma ve tarım alanlarının yok olması, atmosfere çok yüksek miktarda karbondioksit salımı gerçekleştirmektedir. Karbondioksiti emerek havanın temizlenmesini sağlayan bitki örtüsü yok olmuştur. Çıplaklaşan arazilerin yeniden ağaçlandırma süresi 1-10 yıl kadar sürerken atmosferdeki karbondioksit 50-100 yıl kadar havada asılı kalır. Sonuç olarak albedonun artışıyla güneş ışığının yansıtılmasından kaynaklanan soğuma ve sera etkisindeki artışlardan kaynaklanan ısınma çok farklı zaman dilimlerinde gerçekleşmektedir. Bu durum, ilk önce soğumaya ve ardından bir ısınma eğilimine yol açar (Boğaziçi Üni., 2020). Yüzey albedosundaki artış, net radyasyon, enerji akışları (duyarlı ve gizli), konvektif bulutlar ve yağışta azalmaya yol açarak daha kuru bir atmosfere yol açar (Kafer vd., 2020). Buna karşılık, albedo artışına bağlı olarak AYS'daki hafif düşüş, yüzey pürüzlülüğünde, gizli ısı akışında, köklenme sistemlerinde ve evapotranspirasyon hızında bir azalma ile ilişkili bir yüzey ısınmasıyla ağır basar (Godinho vd., 2016). Suherman vd., (2014) çalışmasında kayaçların ve toprağın mineal içeriğine bağlı olarak yüzey Albedosunun değiştiğine değinmiştir. Bu bulgular Albedo'nun artışı yakın sürede AYS azaltma etkisi göstereceği uzun süreçte AYS'da artış sağlayabileceği fikrini ortaya koymaktadır. Çalışmamızda Albedo ile AYS arasında yapılan doğrusal regresyon analizi anlamlı sonuç vermemiştir. Çoklu doğrusal regresyon analizinde oluşturulan modelde her üç parametre kullanılmış ve AYS'na etkisi literatüre uygun bulunmuştur (Tablo 4.14, Tablo 4.15).

Kentsel parametrelerin AYS'na etkisi araştırılmış sonuçlar ortaya konulmuştur. Bu verilerin ışığında KIA haritaları denklem 12'deki formül ile oluşturulmuştur. KIA haritalarından alınan kesit çizgisi boyunca yığın grafiğinin değişimi incelenmiştir (Şekil 4.11). Çıkan sonuçlara göre hem 2000 hemde 2020 için Bafra kırsalından başlayan KIA oluşumu Atakum ve İlkadım kentsel alanlarına doğru artış göstermiştir. 2020 yılında dağılım trendinin daha sert olduğu görülmektedir. KIA

olan ve olmayan alanlar için AYS'ları tablo 4.17'de gösterilmiştir. KIA olan alanlarda 2020 yılında AYS, 2000 yılına göre 2,47 C° fazla çıkmıştır. KIA olmayan alanlarda AYS 2020 yılında 0,59 C° daha düşük olduğu görülmektedir. KIA yerleşim yayılımına paralel olarak dağılım göstermektedir. Çalışma alanı içinde değerlendirilen ilçeler sahil şeridinde yer almaktadır. Dolayısıyla çalışma alanının güneydoğusunda merkez ilçe İlkadım'dan başlayarak güneybatı yönünde ve deniz seviyesinden güney yönüne bir kentleşme yayılımı yıllar içinde görülmüştür. Oluşturduğumuz KIA haritalarına baktığımızda aynı yayılımı görmekteyiz.

UTFVI indeks haritaları dilimleme yöntemiyle denklem 11 kullanılarak belirlenmiştir. Tablo 4.18'e göre 20 yılda KIA eşik değerlerinden en yüksek artışın, en güçlü diliminde yaşandığı görülmüştür. KIA analizi, yığın profil grafiğine bakıldığında sahil şeridine paralel alınan grafik çizgisi UTFVI indeks haritasında güçlü dilimine denk düşmektedir. İlçe merkezlerine denk gelen yerler daha güçlü dilimine denk düşmektedir. KIA etkisi bu profil çizgisinden sonra güneye doğru iç kesimlere gidildikçe daha çok artış göstermiştir. Bu durum kıyı kesimlerinde bulunan kumsal alan ve deniz etkisinin KIA etkisini indirgeme yönünde etkilediği şeklinde yorumlanabilmektedir. Kumsal alanlar Albedo değeri en yüksek alanlardır dolayısıyla KIA etkisini indirgeyici özelliğe sahiptir. Aynı serinletici etki iç kesimlerde ırmak kenarlarında görülmektedir. KIA'ları haritalarından belirlenen KSN Google Earth üstüne taşınarak nitelik tayini yapılmıştır. Belirlenen KSN 'lara bakıldığında çalışma alanımız için en çok deniz seviyesinden yüksek çıplak toprak alanlar ile şehir merkezlerinde sanayi alanlarının olduğu görülmüştür.

6. ÖNERİLER

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Mekânsal Planlama Genel Müdürlüğü tarafından, 1/100.000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı Değişikliği haritasında belirlenen kentsel gelişme alanı, merkez ilçelerden kırsal ilçemiz Bafra'ya doğru olduğu görülmektedir. Çalışma verilerimizde çıkan sonuçlarda yine gelişimin aynı yönde olduğu görülmüştür. Gelişim doğrultusu yönünde doğal afet riski taşıyan alanların belirlenmesi önerilmektedir. Değerli, B. ve Çetin, M. (2022) çalışmasında 2020-2030 yılları arası AK/AÖ simülasyonu verilerine göre yapısal alanların %3,42 artış yaşanacağı, yeşil alanlarda ise %10,14 azalış yaşanacağı öngörülmüştür. Artması beklenen yapılaşma alanlarının doğru yönlendirilmesi, karar vericiler tarafından ileriki zamanlarda alınacak olan planlama kararları aşamasında kullanılmalıdır.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar ve literatür taraması sonucunda, ekolojik etkisinden ötürü değerlendirilmesi gereken AYS etkisinin, tüm kentler için olduğu gibi çalışma alanımız içinde indirgenmesine yönelik planlamalar yapılması gerektiği saptanmıştır. AYS'nın indirgenmesinin kentin ekosistemine, iklime ve dolaylı yoldan insan sağlığına olumlu yönde etkisi olduğu bilinmektedir. Bulgularımızda belirlenen NDBI indeksinin AYS'na olan pozitif etkisini yapılaşmış alanlarda kullanılan kaplama malzemelerinin albedosunu arttırarak indirgeyebileceğimiz fikri geliştirmiştir. Kent merkezlerinde çatı, bina ve yolların kaplama malzemeleri seçiminde albedosu yüksek malzemeler seçilmesi önerilmektedir. Kent merkezlerindeki geniş yüzey alanına sahip beton alanlarda (otoparklar, sanayi alanları vb.) geçirimsiz beton yüzeylerin yerine geçirimli beton kullanmak fayda sağlayacaktır. Geçirimli beton % 15 - % 25 arasında bağlantılı boşluk hacmine sahip, iri agregaların yoğun şekilde kullanıldığı yada tamamen iri agregadan oluşan özel bir betondur, böylelikle yüzey suyunun drenajını sağlayarak toprağa geçmesini sağlamaktadır.

Gün boyu güneş ışınlarına maruz kalan çatı kaplamaları, serin çatılar tasarlamak ilkesiyle yeniden değerlendirilmelidir. Serin çatılar, özgül ısı ve termal yayılım değerleri düşük, termal iletkenlik değeri yüksek olan yüzeylerdir. Çatı yüzeylerinde,

açık renkli olmasından ötürü güneş yansıtıcılığı yüksek olan beyaz renkli kaplama malzemeleri kullanılarak veya mevcutta bulunan çatı yüzeyi akrilik beyaz boya ile boyanarak, çatıların ısı depolaması engellenip serin kalması sağlanabilir. Malzemelerin özgül ısısının, güneş enerjisini soğurma ve yansıtma özelliklerini etkilediği bilinmektedir. Toprak ve diğer doğal malzemelerin özgül ısısı düşük olduğundan çabuk ısınır ve çabuk soğur. Bu özelliğe sahip malzemeler serinletici özelliğe sahiptir. Bu doğrultuda günümüzde son derece trend olan yeşil çatılar; ısı yalıtımı, su tutma, yüzeysel akış, bitki büyüme durumu gibi etkenler sağlayarak albedosu yüksek çatı kaplaması olarak önerilmektedir. Alüminyum veya metal pigment içerikli malzemeler de yüksek kızılötesi ışınları yayma performansı düşük, yansıtma performansı ise yüksektir. Asfalt malzemeye veya çatı membranlarına metalik pigmentler karıştırılarak elde edilen malzeme ile mevcut yolların güneş ışınlarını yansıtma kapasitesini arttırmak mümkündür. Volkanik tüf (Nevşehir Tüf) spektral özelliği yüksek mineraller içermektedir. Aynı zamanda yumuşak ve hafif bir malzemedir. Çatıların mevcut kaplamasının üzerine, likit mebran içeriğine karıştırılarak sürülmesi, çatının ısınmasını engelleyecek olduğu fikri gelişmiştir.

Ağaçlandırmanın ise kendi başına kentleri soğutma etkisinin büyük olduğu görülmüştür fakat kentlerin albedosunu etkilemediği sonucuna varılmıştır. Hatta yüksek boylu sık ormanlık alanlarda Albedo düşmektedir. Kentsel alanlarda geniş yapraklı, her dem ve koyu yeşil ağaç türlerinden oluşan yeşil koridorlar ve tampon bölgeler planlamak KIA'nı indirgeyerek kentlerdeki yaşam kalitesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bitkiler tarafından sağlanan gölgeleme ile binanın soğutma yükü azalmakta ve korunan enerji dengesi ile birlikte kentsel ısı adası oluşumuna olan katkısı da azalmaktadır.

İklim değişimine duyarlı kent planlarının hazırlanması aşamasında, kentteki KIA oluşumuna ilişkin mekânsal veriler önem taşımaktadır. Yapılan çalışmada mekânsal verilerin iklimsel etkileri görülmüştür ve sağlıklı plan kararları alınması noktasında ileride yapılacak planlarda düşünülmesi gereken öneriler sunulmuştur. Bu çalışma sonucunda elde edilen arazi örtüsü değişim verileri, yüzey sıcaklık verileri ve analizler sonucunda erişilen bulgular mikro ölçeğe çalışma alanımız için elde

edilmiş olup, makro ölçekte iklime duyarlı kent planlarının hazırlanması sürecinde önemli bir kaynak olacağı düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Abutaleb, K., Ngie, A., Darwish, A., Ahmed, M., Arafat, S., & Ahmed, F. (2015). Assessment of urban heat island using remotely sensed imagery over Greater Cairo, Egypt. *Advances in Remote Sensing*, 4(01), 35. doi:10.4236/ars.2015.41004
- A.B. (2014). Atakum Belediyesi 2015-2019 Stratejik Planı.
- Adiguzel, F., Cetin, M., Kaya, E., Simsek, M., Gungor, S., & Bozdogan Sert, E. (2019). Defining suitable areas for bioclimatic comfort for landscape planning and landscape management in Hatay, Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 139(3-4), 1493-1503. doi:10.1007/s00704-019-03065-7
- A.K., (2013). Atakum Kaymakamlığı. Değişirken, Gelişen Atakum.
- Akyürek, Ö. (2020). Termal uzaktan algılama görüntüleri ile yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi: Kocaeli Örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 6(2), 377-390.
- AlAdemomi, A. S., Okolie, C. J., Daramola, O. E., Agboola, R. O., & Salami, T. J. (2020). Assessing the relationship of LST, NDVI and EVI with land cover changes in the Lagos Lagoon environment. *Quaestiones Geographicae*, 39(3), 87-109.
- Alademomi, A. S., Okolie, C. J., Daramola, O. E., Akinnusi, S. A., Adediran, E., Olanrewaju, H. O., vd. (2022). The interrelationship between LST, NDVI, NDBI, and land cover change in a section of Lagos metropolis, Nigeria. *Applied Geomatics*, 14(2), 299-314.
- Alahmer, A., Omar, M., Mayyas, A., & Dongri, S. (2011). Effect of relative humidity and temperature control on in-cabin thermal comfort state: Thermodynamic and psychometric analyses. *Applied Thermal Engineering*, 31(14-15), 2636-2644.
- Alchapar, N., Colli, M., & Correa, E. (2020). Albedo quantification using remote sensing techniques. Cool Roof in the metropolitan area of Mendoza-Argentina. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Alqadhi, S., Mallick, J., Balha, A., Bindajam, A., Singh, C. K., & Hoa, P. V. (2021). Spatial and decadal prediction of land use/land cover using multi-layer perceptron-neural network (MLP-NN) algorithm for a semi-arid region of Asir, Saudi Arabia. *Earth Science Informatics*, 14(3), 1547-1562.
- Amiri, R., Weng, Q., Alimohammadi, A., & Alavipanah, S. K. (2009). Spatial-temporal dynamics of land surface temperature in relation to fractional vegetation cover and land use/cover in the Tabriz urban area, Iran. *Remote Sensing of Environment*, 113(12), 2606-2617.

- Anderson, G. B., Bell, M. L., & Peng, R. D. (2013). Methods to calculate the heat index as an exposure metric in environmental health research. *Environmental health perspectives*, 121(10), 1111-1119.
- Antrop, M. (2000). Changing patterns in the urbanized countryside of Western Europe. *Landscape ecology*, 15(3), 257-270.
- Artis, D. A., & Carnahan, W. H. (1982). Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. *Remote Sensing of Environment*, 12(4), 313-329.
- Bağcı, H., & Bahadır, M. (2019). Kızılırmak Deltasında (Samsun) Arazi Kullanımı ve Zamansal Değişimi (1987-2019). *The Journal of Academic Social Science Studies*, 34, 295-312.
- Baldinelli, G., & Bonafoni, S. (2015a). Analysis of Albedo influence on surface urban heat island by spaceborne detection and airborne thermography. In *New Trends in Image Analysis and Processing -- ICIAP 2015 Workshops* (pp. 95-102).
- Baldinelli, G., Bonafoni, S., Anniballe, R., Presciutti, A., Gioli, B., & Magliulo, V. (2015b). Spaceborne detection of roof and impervious surface albedo: Potentialities and comparison with airborne thermography measurements. *Solar Energy*, 113, 281-294.
- Baldinelli, G., Bonafoni, S., & Rotili, A. (2017). Albedo retrieval from multispectral landsat 8 observation in urban environment: Algorithm validation by in situ measurements. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 10(10), 4504-4511.
- Ban-Weiss, G. A., Woods, J., Millstein, D., & Levinson, R. (2015). Using remote sensing to quantify albedo of roofs in seven California cities, Part 2: Results and application to climate modeling. *Solar Energy*, 115, 791-805. doi:10.1016/j.solener.2014.10.041
- Başar, U. G. (2008). Uzaktan algılama verleri kullanılarak İstanbul'da ısı adalarının zamansal analizi. İstanbul Üniversitesi. Bilişim Enstitüsü. İleri Teknolojiler ABD. Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama programı. Yüksek Lisans Tezi.
- Benediktsson, J. A., Swain, P. H., & Ersoy, O. K. (1990). Neural network approaches versus statistical methods in classification of multisource remote sensing data. Vancouver, Canada, July 10-14, 1989) *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*.
- Binarti, F., Pranowo, P., & Leksono, S. B. (2020). Thermal Infrared Images to Identify the Contribution of Surface Materials to the Canopy Layer Heat Island in Hot-Humid Urban Areas. *Environmental and Climate Technologies*, 24(1), 604-623.
- Blanco-Canqui, H., & Lal, R. (2008). *Principles of soil conservation and management*: Springer Science & Business Media.

- Boğaziçi Üniversitesi (2020), İklim Değişikliği ve Politikaları Uygulama ve Araştırma Merkezi. "Albedo Nedir?".<http://climatechange.boun.edu.tr/albedo-nedir>,Erişim tarihi: 10.04.2020.
- Bonafoni, S., Baldinelli, G., Rotili, A., & Verducci, P. (2017a). Albedo and surface temperature relation in urban areas: Analysis with different sensors. Paper presented at the 2017 Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE).
- Bonafoni, S., & Sekertekin, A. (2020). Albedo Retrieval from Sentinel-2 by New Narrow-to-Broadband Conversion Coefficients. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 17(9), 1618-1622.
- Bonan, G. B. (2008). Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science*, 320(5882), 1444-1449.
- Degerli, B., & Çetin, M. (2022). Using the Remote Sensing Method to Simulate the Land Change in the Year 2030. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(12), 2453-2466.
- Carlson, T. N., & Ripley, D. A. (1997). On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, 62(3), 241-252. doi:[https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(97\)00104-1](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(97)00104-1)
- Cilek, M. U., & Cilek, A. (2021). Analyses of land surface temperature (LST) variability among local climate zones (LCZs) comparing Landsat-8 and ENVI-met model data. *Sustainable Cities and Society*, 102877.
- Clinton, N., & Gong, P. (2013). MODIS detected surface urban heat islands and sinks: Global locations and controls. *Remote Sensing of Environment*, 134, 294-304.
- Chen, X.-L., Zhao, H.-M., Li, P.-X., & Yin, Z.-Y. (2006). Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote Sensing of Environment*, 104(2), 133-146.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and psychological measurement*, 20(1), 37-46.
- Congalton, R. G., & Green, K. (2019). Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices: CRC press.
- Congedo, L. (2016). Semi-automatic classification plugin documentation. Release, 4(0.1), 29.
- Congedo, L. (2021). Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. *Journal of Open Source Software*, 6(64), 3172.
- Connors, J. P., Galletti, C. S., & Chow, W. T. L. (2012). Landscape configuration and urban heat island effects: assessing the relationship between landscape

- characteristics and land surface temperature in Phoenix, Arizona. *Landscape ecology*, 28(2), 271-283. doi:10.1007/s10980-012-9833-1
- Coutts, A. M., White, E. C., Tapper, N. J., Beringer, J., & Livesley, S. J. (2016). Temperature and human thermal comfort effects of street trees across three contrasting street canyon environments. *Theoretical and Applied Climatology*, 124(1), 55-68.
- Cristóbal, J., Jiménez-Muñoz, J., Sobrino, J., Ninyerola, M., & Pons, X. (2009). Improvements in land surface temperature retrieval from the Landsat series thermal band using water vapor and air temperature. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 114(D8).
- Degerli, B., & Çetin, M. (2022). Using the Remote Sensing Method to Simulate the Land Change in the Year 2030. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(12), 2453-2466.
- Çelik, B. (2019). Arazi örtüsü değişimlerinin kentsel ısı adalarına olan etkilerinin zamansal ve mekansal olarak araştırılması. İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı. Geomatik Mühendisliği Programı. Doktora tezi.
- Çiçek, İ., Yılmaz, E., Türkoğlu, N., & Çalışkan, O. (2013). Seasonal variation of surface temperature based on land cover in Ankara *Journal of Human Sciences*, 10(1), 621-640.
- Ç.Ş.v.İ.D.B (2021). Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. Samsun Bütünleşik Kıyı Alanları Yönetim ve Planlama Projesi-Mekansal Strateji Planı, 208s. <https://mpgm.csb.gov.tr/planlar-ve-projeler-i-84130>. Erişim tarihi: 06.06.2021.
- Dengiz, O., & Turan, İ. D. (2014). Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistem teknikleri kullanılarak arazi örtüsü/arazi kullanımı zamansal değişiminin belirlenmesi: Samsun merkez ilçesi Örneği (1984-2011). *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 1(1), 78-90.
- Despini, F., Ferrari, C., Santunione, G., Tommasone, S., Muscio, A., & Teggi, S. (2021). Urban surfaces analysis with remote sensing data for the evaluation of UHI mitigation scenarios. *Urban Climate*, 35, 100761.
- Dihkan, M., Karsli, F., Guneroglu, N., & Guneroglu, A. (2018). Evaluation of urban heat island effect in Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(8), 1-20.
- Du, H., Wang, D., Wang, Y., Zhao, X., Qin, F., Jiang, H., vd. (2016). Influences of land cover types, meteorological conditions, anthropogenic heat and urban area on surface urban heat island in the Yangtze River Delta Urban Agglomeration. *Science of the Total Environment*, 571, 461-470.
- Du, J., Fu, Q., Fang, S., Wu, J., He, P., & Quan, Z. (2019). Effects of rapid urbanization on vegetation cover in the metropolises of China over the last four decades. *Ecological Indicators*, 107, 105458.

- Dutta, D., Rahman, A., Paul, S. K., & Kundu, A. (2019). Changing pattern of urban landscape and its effect on land surface temperature in and around Delhi. *Environ Monit Assess*, 191(9), 551. doi:10.1007/s10661-019-7645-3
- Ekinci, B. (2016). Kentsel alanlarda oluşan ısı adası etkisinin kentsel tasarım yöntemleriyle azaltılması Aksaray Meydanı örneği. İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Kentsel Tasarım Anabilim Dalı. Kentsel Tasarım Programı.Yüksek Lisans Tezi.
- EPA. (2008). Environmental Protection Agency. Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Cool roofs: Climate Protection Partnership Division. U.S.
- EPA. (2020). Environmental Protection Agency. Heat Island Effect Glossary. U.S.
- Erdem, U., Cubukcu, K. M., & Sharifi, A. (2020). An analysis of urban form factors driving Urban Heat Island: the case of Izmir. *Environment, Development and Sustainability*, 1-25.
- ESRI (2022). NDBI. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.8/arcpy/spatial-analyst/ndbi.htm>. Erişim tarihi: 07.04.2022
- 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. *Science of the Total Environment*, 577, 349-359.
- Fernando, H. J. S., Dimitrova, R., & Sentic, S. (2012). Climate change meets urban environment. In *National Security and Human Health Implications of Climate Change* (pp. 115-133): Springer.
- Ferrari, A., Kubilay, A., Derome, D., & Carmeliet, J. (2020). The use of permeable and reflective pavements as a potential strategy for urban heat island mitigation. *Urban Climate*, 31, 100534.
- Forman, R. T. (2014). *Urban ecology: science of cities*: Cambridge University Press.
- Frumkin, H., & McMichael, A. J. (2008). Climate change and public health: thinking, communicating, acting. *American journal of preventive medicine*, 35(5), 403-410.
- Gerçek, D., & Bayraktar, T. (2014). Kentsel ısı adası etkisinin uzaktan algılama ile tespiti ve değerlendirilmesi: İzmit kenti örneği. *Uzaktan Algılama-CBS sempozyumu*, 14-17.
- Ghosh, S., & Das, A. (2018). Modelling urban cooling island impact of green space and water bodies on surface urban heat island in a continuously developing urban area. *Modeling Earth Systems and Environment*, 4(2), 501-515.

- Ghouri, A. Y., Khan, A., & Rasheed, F. (2022). Monitoring The Land Surface Temperature and Its Correlation with NDVI of Chiniot by Using GIS Technology and Remote Sensing. *Eart & Envi Scie Res & Rev.* 5 (2): 01, 9.
- Godinho, S., Gil, A., Guiomar, N., Costa, M. J., & Neves, N. (2016). Assessing the role of Mediterranean evergreen oaks canopy cover in land surface albedo and temperature using a remote sensing-based approach. *Applied Geography*, 74, 84-94.
- Grimmond, C. S. B., & Oke, T. R. (1991). An evapotranspiration-interception model for urban areas. *Water Resources Research*, 27(7), 1739-1755.
- Guha, S., Govil, H., Dey, A., & Gill, N. (2018). Analytical study of land surface temperature with NDVI and NDBI using Landsat 8 OLI and TIRS data in Florence and Naples city, Italy. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1), 667-678.
- Guha, S., Govil, H., Gill, N., & Dey, A. (2020). Analytical study on the relationship between land surface temperature and land use/land cover indices. *Annals of GIS*, 26(2), 201-216. doi:10.1080/19475683.2020.1754291
- Guha, S., Govil, H., & Mukherjee, S. (2017). Dynamic analysis and ecological evaluation of urban heat islands in Raipur city, India. *Journal of Applied Remote Sensing*, 11(3), 036020.
- Guo, A., Yang, J., Xiao, X., Xia, J., Jin, C., & Li, X. (2020). Influences of urban spatial form on urban heat island effects at the community level in China. *Sustainable Cities and Society*, 53. doi:10.1016/j.scs.2019.101972
- Guo, T., He, T., Liang, S., Roujean, J.-L., Zhou, Y., & Huang, X. (2022). Multi-decadal analysis of high-resolution albedo changes induced by urbanization over contrasted Chinese cities based on Landsat data. *Remote Sensing of Environment*, 269, 112832.
- Heyer, W. (1992). *Witterung und Klima*. Bauverlag GMBH, 274 s. Stuttgart.
- Igusky, K. (2008). Quantifying Albedo and Surface Temperature over Different Land Covers: Implications for Carbon Offsets.
- 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.
- İstanbul Üniversitesi (2021), Klimatoloji (Atmosfer ve Sıcaklık)- Albedo Etkisi. https://cdnacikogretim.istanbul.edu.tr/auzecontent/20_21_Guz/klimatoloji_atmosfer_ve_sicaklik/8/index.html#konu-2. Erişim tarihi: 20.04.2021.
- Jamali, A. (2019). A fit-for-purpose algorithm for environmental monitoring based on maximum likelihood, support vector machine and random forest. *Int Arch Photogramm Remote Sens Spatial Inf Sci*, 42(3/W7), 25-32.

- Jenerette, G. D., Harlan, S. L., Buyantuev, A., Stefanov, W. L., Declet-Barreto, J., Ruddell, B. L., vd. (2016). Micro-scale urban surface temperatures are related to land-cover features and residential heat related health impacts in Phoenix, AZ USA. *Landscape ecology*, 31(4), 745-760.
- Jensen, J. R. (1986). *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*. New Jersey: Prentice-Hall, 1986.
- Jimenez-Munoz, J. C., Cristobal, J., Sobrino, J. A., Soria, G., Ninyerola, M., & Pons, X. (2009). Revision of the Single-Channel Algorithm for Land Surface Temperature Retrieval From Landsat Thermal-Infrared Data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47(1), 339-349. doi:10.1109/TGRS.2008.2007125
- Kafer, P., Rocha, N., Diaz, L., Kaiser, E., Costa, S., Hallal, G., vd. (2020). Seasonal Assessment of Surface Temperature with Normalized Vegetation Index and Surface Albedo over Pampa Biome.
- Kafy, A.-A., Rahman, M. S., Islam, M., Al Rakib, A., Islam, M. A., Khan, M. H. H., vd. (2021). Prediction of seasonal urban thermal field variance index using machine learning algorithms in Cumilla, Bangladesh. *Sustainable Cities and Society*, 64, 102542.
- Karaçuha Yılmaz, E. (2007). Samsun Kenti Kıyı Dolgu Alanının Peyzaj Mimarlığı Açısından İrdelenmesi ve Öneriler. In: Ankara Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans tezi.
- Kesikoglu, M. H., Ozkan, C., & Kaynak, T. (2021). The impact of impervious surface, vegetation, and soil areas on land surface temperatures in a semi-arid region using Landsat satellite images enriched with Ndaisi method data. *Environmental monitoring and assessment*, 193(3), 1-21.
- Khorrami, B., Gunduz, O., Patel, N., Ghouzlane, S., & Najjar, M. (2019). Land surface temperature anomalies in response to changes in forest cover. *International Journal of Engineering and Geosciences*. doi:10.26833/ijeg.549944
- Kim, H., Gu, D., & Kim, H. Y. (2018). Effects of urban heat island mitigation in various climate zones in the United States. *Sustainable Cities and Society*, 41, 841-852. doi:10.1016/j.scs.2018.06.021
- Kim, H. H. (1992). Urban heat island. *International Journal of Remote Sensing*, 13(12), 2319-2336.
- Krusche, P., Althaus, D., Gabriel, I., & Krusche, M.W. . (1982). *Ökologisches Bauen*. Umweltsbundesamt, Bauverlag GMBH. Wiesbaden und Berlin.
- Kuang, W., Liu, Y., Dou, Y., Chi, W., Chen, G., Gao, C., vd. (2015). What are hot and what are not in an urban landscape: quantifying and explaining the land surface temperature pattern in Beijing, China. *Landscape ecology*, 30(2), 357-373.

- Lee, S.-Y., & Song, X.-Y. (2004). Evaluation of the Bayesian and maximum likelihood approaches in analyzing structural equation models with small sample sizes. *Multivariate Behavioral Research*, 39(4), 653-686.
- Lemus-Canovas, M., Martin-Vide, J., Moreno-Garcia, M. C., & Lopez-Bustins, J. A. (2020). Estimating Barcelona's metropolitan daytime hot and cold poles using Landsat-8 Land Surface Temperature. *Science of the Total Environment*, 699, 134307.
- Li, H., Harvey, J., & Kendall, A. (2013). Field measurement of albedo for different land cover materials and effects on thermal performance. *Building and environment*, 59, 536-546. doi:10.1016/j.buildenv.2012.10.014
- Li, J., Song, C., Cao, L., Zhu, F., Meng, X., & Wu, J. (2011). Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: A case study of Shanghai, China. *Remote Sensing of Environment*, 115(12), 3249-3263.
- Li, X., & Zhou, W. (2019). Optimizing urban greenspace spatial pattern to mitigate urban heat island effects: Extending understanding from local to the city scale. *Urban forestry & urban greening*, 41, 255-263.
- Li, X., Zhou, Y., Asrar, G. R., Imhoff, M., & Li, X. (2017). The surface urban heat island response to urban expansion: A panel analysis for the conterminous United States. *Science of the Total Environment*, 605, 426-435.
- Liang, S. (2001). Narrowband to broadband conversions of land surface albedo I: Algorithms. *Remote Sensing of Environment*, 76(2), 213-238.
- Liang, S., Shuey, C. J., Russ, A. L., Fang, H., Chen, M., Walthall, C. L., vd. (2003). Narrowband to broadband conversions of land surface albedo: II. Validation. *Remote Sensing of Environment*, 84(1), 25-41.
- Lin, X., Wu, S., Hao, D., Wen, J., Xiao, Q., & Liu, Q. (2021). Sloping Surface Reflectance: The Best Option for Satellite-Based Albedo Retrieval Over Mountainous Areas. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*.
- Liu, Y., Li, T., & Yu, L. (2020). Urban heat island mitigation and hydrology performance of innovative permeable pavement: A pilot-scale study. *Journal of Cleaner Production*, 244. doi:10.1016/j.jclepro.2019.118938
- Ma, Y., Kuang, Y., & Huang, N. (2010). Coupling urbanization analyses for studying urban thermal environment and its interplay with biophysical parameters based on TM/ETM+ imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12(2), 110-118.
- Mao, K., Qin, Z., Shi, J., & Gong, P. (2005). A practical split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from MODIS data. *International Journal of Remote Sensing*, 26(15), 3181-3204. doi:10.1080/01431160500044713
- MohanRajan, S. N., Loganathan, A., & Manoharan, P. (2020). Survey on Land Use/Land Cover (LU/LC) change analysis in remote sensing and GIS

- environment: Techniques and Challenges. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(24), 29900-29926.
- Moisa, M. B., & Gemed, D. O. (2022). Assessment of urban thermal field variance index and thermal comfort level of Addis Ababa metropolitan city, Ethiopia. *Heliyon*, 8(8), e10185.
- Molina, L. E. T., & Carrion, F. (2020). Measuring UHI in Puerto Rico.
- Moonen, P., Defraeye, T., Dorer, V., Blocken, B., & Carmeliet, J. (2012). Urban Physics: Effect of the micro-climate on comfort, health and energy demand. *Frontiers of Architectural Research*, 1(3), 197-228.
- MSBHGM (2021). Milli Savunma Bakanlığı Harita Genel Müdürlüğü. İl ve İlçe Yüzölçümleri. <https://harita.gov.tr/urun/il-ve-ilce-yuzolcumleri/176>. Erişim tarihi: 05.06.2021
- Myint, S. W., Wentz, E. A., Brazel, A. J., & Quattrochi, D. A. (2013). The impact of distinct anthropogenic and vegetation features on urban warming. *Landscape ecology*, 28(5), 959-978.
- NASA, (2021). National Aeronautics and Space Administration, US. (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi, ABD).Global Climate Change. Global Temperature. <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>, Erişim tarihi: 08.05.2021
- Nimish, G., Bharath, H., & Lalitha, A. (2020). Exploring temperature indices by deriving relationship between land surface temperature and urban landscape. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 18, 100299.
- Oğuz, H. (2015). A software tool for retrieving land surface temperature from ASTER imagery.
- Oke, T. (1987). *Boundary layer climates*, Methuen & Co. Ltd, London.
- Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1-24.
- Oliveira, S., Andrade, H., & Vaz, T. (2011). The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon. *Building and environment*, 46(11), 2186-2194. doi:10.1016/j.buildenv.2011.04.034
- Olofsson, P., Foody, G. M., Herold, M., Stehman, S. V., Woodcock, C. E., & Wulder, M. A. (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*, 148, 42-57.
- Ondokuzmayıs Üniversitesi, (2021). Elektromanyetik Spektrum. <https://avys.omu.edu.tr/>. Erişim tarihi: 06.07.2021.

- Overbey, D. (2021). The Difference Between Reflectance and Emittance. <https://www.buildingenclosureonline.com/blogs/14-the-be-blog/post/85546>. Erişim tarihi: 02.05.2021
- Owen, T., Carlson, T., & Gillies, R. (1998). An assessment of satellite remotely-sensed land cover parameters in quantitatively describing the climatic effect of urbanization. *International Journal of Remote Sensing*, 19(9), 1663-1681.
- Ozturk, D. (2015). Urban growth simulation of Atakum (Samsun, Turkey) using cellular automata-Markov chain and multi-layer perceptron-Markov chain models. *Remote Sensing*, 7(5), 5918-5950.
- Ozturk, D. (2017). Assessment of urban sprawl using Shannon's entropy and fractal analysis: a case study of Atakum, Ilkadim and Canik (Samsun, Turkey). *Journal of environmental engineering and landscape management*, 25(3), 264-276.
- Öztürk, D., & Gündüz, U. (2020). Samsun İlçelerinde Kentsel Doku Morfolojisindeki Zamansal Değişimlerin Fraktal Analiz ile Belirlenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 22(64), 81-95.
- Pal, S., & Ziaul, S. (2017). Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20(1), 125-145.
- Paola, J. D., & Schowengerdt, R. A. (1995). A review and analysis of backpropagation neural networks for classification of remotely-sensed multi-spectral imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 16(16), 3033-3058.
- Parsaei, M., Joybari, M. M., Mirzaei, P. A., & Haghighat, F. (2019). Urban heat island, urban climate maps and urban development policies and action plans. *Environmental Technology & Innovation*, 14. doi:10.1016/j.eti.2019.100341
- Peng, J., Xie, P., Liu, Y., & Ma, J. (2016). Urban thermal environment dynamics and associated landscape pattern factors: A case study in the Beijing metropolitan region. *Remote Sensing of Environment*, 173, 145-155.
- Perera, T., Nayanajith, T., Jayasinghe, G., & Premasiri, H. (2021). Identification of thermal hotspots through heat index determination and urban heat island mitigation using ENVI-met numerical micro climate model. *Modeling Earth Systems and Environment*, 1-18.
- Pickett, S. T., Cadenasso, M. L., Grove, J. M., Boone, C. G., Groffman, P. M., Irwin, E., vd. (2011). Urban ecological systems: Scientific foundations and a decade of progress. *Journal of Environmental management*, 92(3), 331-362.
- Pomerantz, M. (2018). Are cooler surfaces a cost-effective mitigation of urban heat islands? *Urban Climate*, 24, 393-397.

- Portela, C. I., Massi, K. G., Rodrigues, T., & Alcântara, E. (2020). Impact of urban and industrial features on land surface temperature: Evidences from satellite thermal indices. *Sustainable Cities and Society*, 56, 102100.
- Prado, R. T. A., & Ferreira, F. L. (2005). Measurement of albedo and analysis of its influence the surface temperature of building roof materials. *Energy and Buildings*, 37(4), 295-300. doi:10.1016/j.enbuild.2004.03.009
- Prakash, A. (2000). Thermal remote sensing: concepts, issues and applications. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 33(B1; PART 1), 239-243.
- Qin, Z., Karnieli, A., & Berliner, P. (2001). A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region. *International Journal of Remote Sensing*, 22(18), 3719-3746. doi:10.1080/01431160010006971
- Qu, Y., Liang, S., Liu, Q., He, T., Liu, S., & Li, X. (2015). Mapping surface broadband albedo from satellite observations: A review of literatures on algorithms and products. *Remote Sensing*, 7(1), 990-1020.
- Ranagalage, M., Estoque, R. C., Handayani, H. H., Zhang, X., Morimoto, T., Tadono, T., vd. (2018). Relation between urban volume and land surface temperature: A comparative study of planned and traditional cities in Japan. *Sustainability*, 10(7), 2366.
- Ranagalage, M., Estoque, R. C., & Murayama, Y. (2017). An urban heat island study of the Colombo metropolitan area, Sri Lanka, based on Landsat data (1997–2017). *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(7), 189.
- Ranagalage, M., Estoque, R. C., Zhang, X., & Murayama, Y. (2018). Spatial changes of urban heat island formation in the Colombo District, Sri Lanka: Implications for sustainability planning. *Sustainability*, 10(5), 1367.
- Ren, Y., Deng, L.-Y., Zuo, S.-D., Song, X.-D., Liao, Y.-L., Xu, C.-D., vd. (2016). Quantifying the influences of various ecological factors on land surface temperature of urban forests. *Environmental pollution*, 216, 519-529.
- Riebeek, H. (2010). Global warming. NASA-Earth Observatory. In.
- Rizwan, A. M., Dennis, L. Y., & Chunho, L. (2008). A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences*, 20(1), 120-128. doi:https://doi.org/10.1016/S1001-0742(08)60019-4
- Rosenfield, G. H., & Fitzpatrick-Lins, K. (1986). A coefficient of agreement as a measure of thematic classification accuracy. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 52(2), 223-227.
- Roth, M., Oke, T. R., & Emery, W. J. (1989). Satellite-derived urban heat islands from three coastal cities and the utilization of such data in urban climatology. *International Journal of Remote Sensing*, 10(11), 1699-1720.

- Salvati, A., Kolokotroni, M., Kotopouleas, A., Watkins, R., Giridharan, R., & Nikolopoulou, M. (2020). Impact of urban albedo on microclimate. doi:10.17979/spudc.9788497497947.
- Santamouris, M. (2013). Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island—A review of the actual developments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, 224-240. doi:10.1016/j.rser.2013.05.047
- Santamouris, M. (2020). Recent progress on urban overheating and heat island research. Integrated assessment of the energy, environmental, vulnerability and health impact. Synergies with the global climate change. *Energy and Buildings*, 207, 109482.
- Santamouris, M., Cartalis, C., Synnefa, A., & Kolokotsa, D. (2015). On the impact of urban heat island and global warming on the power demand and electricity consumption of buildings—A review. *Energy and Buildings*, 98, 119-124.
- Santamouris, M., Papanikolaou, N., Livada, I., Koronakis, I., Georgakis, C., Argiriou, A., vd. (2001). On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings. *Solar Energy*, 70(3), 201-216.
- S.B.B. (2022). Samsun Büyükşehir Belediyesi. 2020 – 2024 STRATEJİK PLANI. <https://samsun.bel.tr/icerik/stratejik-planlar> Erişim tarihi: 27.01.2022.
- Sekertekin, A., & Bonafoni, S. (2020). Land surface temperature retrieval from Landsat 5, 7, and 8 over rural areas: assessment of different retrieval algorithms and emissivity models and toolbox implementation. *Remote Sensing*, 12(2), 294. doi: <https://doi.org/10.3390/rs12020294>.
- Sekertekin, A., Kutoglu, S., Kaya, S., & Marangoz, A. (2015). Analysing the effects of different land cover types on land surface temperature using satellite data. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40(1), 665.
- Sekertekin, A., Kutoglu, 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), 30.
- Sekertekin, A., & Zadbagher, E. (2021). Simulation of future land surface temperature distribution and evaluating surface urban heat island based on impervious surface area. *Ecological Indicators*, 122, 107230.
- Sesli, F. A. (2010). Mapping and monitoring temporal changes for coastline and coastal area by using aerial data images and digital photogrammetry: A case study from Samsun, Turkey. *International Journal of Physical Sciences*, 5(10), 1567-1575.
- 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*, 279-292. ISSN: 03601323. DOI: 10.1016/j.buildenv.2018.03.041.

- S.M.G.M. (2022). Samsun Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Samsun Meteoroloji verileri.
- Sobrino, J. A., Raissouni, N., & Li, Z.-L. (2001). A Comparative Study of Land Surface Emissivity Retrieval from NOAA Data. *Remote Sensing of Environment*, 75(2), 256-266. doi:[https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(00\)00171-1](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(00)00171-1)
- Song, J., Du, S., Feng, X., & Guo, L. (2014). The relationships between landscape compositions and land surface temperature: Quantifying their resolution sensitivity with spatial regression models. *Landscape and urban planning*, 123, 145-157.
- Song, R., Muller, J.-P., Kharbouche, S., Yin, F., Woodgate, W., Kitchen, M., vd. (2020). Validation of space-based albedo products from upscaled tower-based measurements over heterogeneous and homogeneous landscapes. *Remote Sensing*, 12(5), 833.
- Stehman, S. (1996). Estimating the kappa coefficient and its variance under stratified random sampling. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62(4), 401-407.
- Streutker, D. R. (2003). Satellite-measured growth of the urban heat island of Houston, Texas. *Remote Sensing of Environment*, 85(3), 282-289.
- Suherman, A., Rahman, M., & Busu, I. (2014). Albedo and land surface temperature shift in hydrocarbon seepage potential area, case study in Miri Sarawak Malaysia. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Şimşek, Ç. K., & Şengezer, B. (2012). İstanbul Metropolitan Alanında Kentsel Isınmanın Azaltılmasında Yeşil Alanların Önemi. *Megaron* 7 (2), 116-128.
- Taha, H. (1997). Urban climates and heat islands; albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. *Energy and Buildings*, 25(2).
- Taha, H., Akbari, H., Rosenfeld, A., & Huang, J. (1988). Residential cooling loads and the urban heat island—the effects of albedo. *Building and environment*, 23(4), 271-283.
- Taha, H., Sailor, D. J., & Akbari, H. (1992). High-albedo materials for reducing building cooling energy use.
- Tonyaoğlu, E. E. (2019). Kentleşmenin kentsel termal çevre üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi, Efeler ve İncirliova (Aydın) örneği. *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 1-13.
- Trlica, A., Hutya, L. R., Schaaf, C. L., Erb, A., & Wang, J. A. (2017). Albedo, land cover, and daytime surface temperature variation across an urbanized landscape. *Earth's Future*, 5(11), 1084-1101. doi:[10.1002/2017ef000569](https://doi.org/10.1002/2017ef000569).

- TÜİK (2021). Türkiye İstatistik Kurumu. İstatistik göstergeler. <https://data.tuik.gov.tr>. Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2020-37210. Erişim tarihi: 02.05.2021.
- TÜİK (2022). Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr>. Nufus-ve-Demografi-109. Erişim tarihi: 11.10.2022.
- URL1(2022). <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/#service=TmAvMp&starttime=&endtime=> Erişim tarihi: 25.08.2022.
- USGS (2021). Landsat Collection 1. <https://www.usgs.gov/media/files/landsat-collection-1-level-1-product-definition>. Erişim tarihi: 08.07.2021.
- USGS 2020. United States Geological Survey (Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu). <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Landsat Collection. Erişim tarihi: 25.09.2020.
- U.N. (2014). United Nations. World urbanization prospects: The 2014 revision, highlights. department of economic and social affairs. Population Division, 32.
- U.N. (2015). United Nations. World population prospects: World Population Prospects-Revision.
- Uzun, A. (1998). Kıyı hukuku açısından Karadeniz kıyılarımız. Jeomorfoloji Dergisi, 21, 60-64.
- Uzun, A., & Demir, Y. (2016). Kentsel saçaklanmanın tarım alanlarına yayılımının uydu görüntüleri yardımıyla belirlenmesi: Samsun örneği. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 31(3), 408-416.
- Ünal, Y. S., Sonuç, C. Y., Incecik, S., Topcu, H. S., Diren-Üstün, D. H., & Temizöz, H. P. (2020). Investigating urban heat island intensity in Istanbul. Theoretical and Applied Climatology, 139(1), 175-190.
- Van Nguyen, O., Kawamura, K., Trong, D. P., Gong, Z., & Suwandana, E. (2015). Temporal change and its spatial variety on land surface temperature and land use changes in the Red River Delta, Vietnam, using MODIS time-series imagery. Environmental monitoring and assessment, 187(7), 1-11.
- Voogt, J. A. (2004). Urban heat islands: hotter cities. America Institute of Biological Sciences.
- Voogt, J. A., & Oke, T. (1998). Effects of urban surface geometry on remotely-sensed surface temperature. International Journal of Remote Sensing, 19(5), 895-920.
- Voogt, J. A., & Oke, T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. Remote Sensing of Environment, 86(3), 370-384.

- Weng, Q. (2001). A remote sensing? GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China. *International Journal of Remote Sensing*, 22(10), 1999-2014.
- Weng, Q. (2009). Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64(4), 335-344.
- Wu, H., Huang, B., Zheng, Z., Ma, Z., & Zeng, Y. (2022). Spatial Heterogeneity and Temporal Variation in Urban Surface Albedo Detected by High-Resolution Satellite Data. *Remote Sensing*, 14(23), 6166.
- Wu, J. (2014). Urban ecology and sustainability: The state-of-the-science and future directions. *Landscape and urban planning*, 125, 209-221.
- Wuebbles, D. J., Fahey, D. W., Hibbard, K. A., Arnold, J. R., DeAngelo, B., Doherty, S., vd. (2017). Climate science special report: Fourth national climate assessment (NCA4), Volume I.
- Yale Üniversitesi (2020). Center for Earth Observation, Landsat. <https://yceo.yale.edu/how-convert-landsat-dns-albedo>. Erişim tarihi: 01.08.2020.
- Yan, C., Guo, Q., Li, H., Li, L., & Qiu, G. Y. (2020). Quantifying the cooling effect of urban vegetation by mobile traverse method: A local-scale urban heat island study in a subtropical megacity. *Building and environment*, 169. doi:10.1016/j.buildenv.2019.106541
- Yang, J., Shi, B., Xia, G., Xue, Q., & Cao, S.-J. (2020). Impacts of Urban form on Thermal Environment near the Surface Region at Pedestrian Height: A Case Study Based on High-density Built-up Areas of Nanjing City in China. *Sustainability*, 12(5), 1737.
- Yang, X., Hou, Y., & Chen, B. (2011). Observed surface warming induced by urbanization in east China. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 116(D14).
- Yao, L., Xu, Y., & Zhang, B. (2019). Effect of urban function and landscape structure on the urban heat island phenomenon in Beijing, China. *Landscape and Ecological Engineering*, 15(4), 379-390. doi:10.1007/s11355-019-00388-5
- Yeh, C.-T., & Huang, S.-L. (2012). Global urbanization and demand for natural resources. In *Carbon Sequestration in Urban Ecosystems* (pp. 355-371): Springer.
- Yılmaz, E. (2015). Landsat görüntüleri ile Adana yüzey ısı adası (Adana Surface Heat Island using Landsat Images). *Coğrafi Bilimler Dergisi/Turkish Journal of Geographical Sciences*, 13(2), 115-138.

- Yin, C., Yuan, M., Lu, Y., Huang, Y., & Liu, Y. (2018). Effects of urban form on the urban heat island effect based on spatial regression model. *Science of the Total Environment*, 634, 696-704.
- Yong, Z., Tao, Y., Xingfa, G., Yu-xiang, Z., Shan-shan, Y., Wen-jun, Z., vd. (2006). Land Surface Temperature Retrieval from CBERS-02 IRMSS Thermal Infrared Data and Its Applications in Quantitative Analysis of Urban Heat Island Effect. *Journal of remote sensing*. doi:10.1029/2003JD003480)
- 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. *Remote Sensing*, 6(10). doi:10.3390/rs6109829
- Yuan, F., & Bauer, M. E. (2007). 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.
- Yue, W., Xu, J., Tan, W., & Xu, L. (2007). The relationship between land surface temperature and NDVI with remote sensing: application to Shanghai Landsat 7 ETM+ data. *International Journal of Remote Sensing*, 28(15), 3205-3226. doi:https://doi.org/10.1080/01431160500306906
- Yüksel, Ü., & Yılmaz, O. (2008). Ankara kentinde Kentsel Isı Adası etkisinin yaz aylarında uzaktan algılama ve meteorolojik gözlemlere dayalı olarak saptanması ve değerlendirilmesi üzerinde bir araştırma. ANKARA Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı,
- Zha, Y., Gao, J., & Ni, S. (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(3), 583-594.
- Zha, Y., Gao, J., & Ni, S. (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(3), 583-594.
- Zhang, X., Estoque, R. C., & Murayama, Y. (2017). An urban heat island study in Nanchang City, China based on land surface temperature and social-ecological variables. *Sustainable Cities and Society*, 32, 557-568.
- Zhang, Y., Odeh, I. O., & Han, C. (2009). Bi-temporal characterization of land surface temperature in relation to impervious surface area, NDVI and NDBI, using a sub-pixel image analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11(4), 256-264.
- Zhao, C., Jensen, J., Weng, Q., & Weaver, R. (2018). A geographically weighted regression analysis of the underlying factors related to the surface urban heat island phenomenon. *Remote Sensing*, 10(9), 1428.

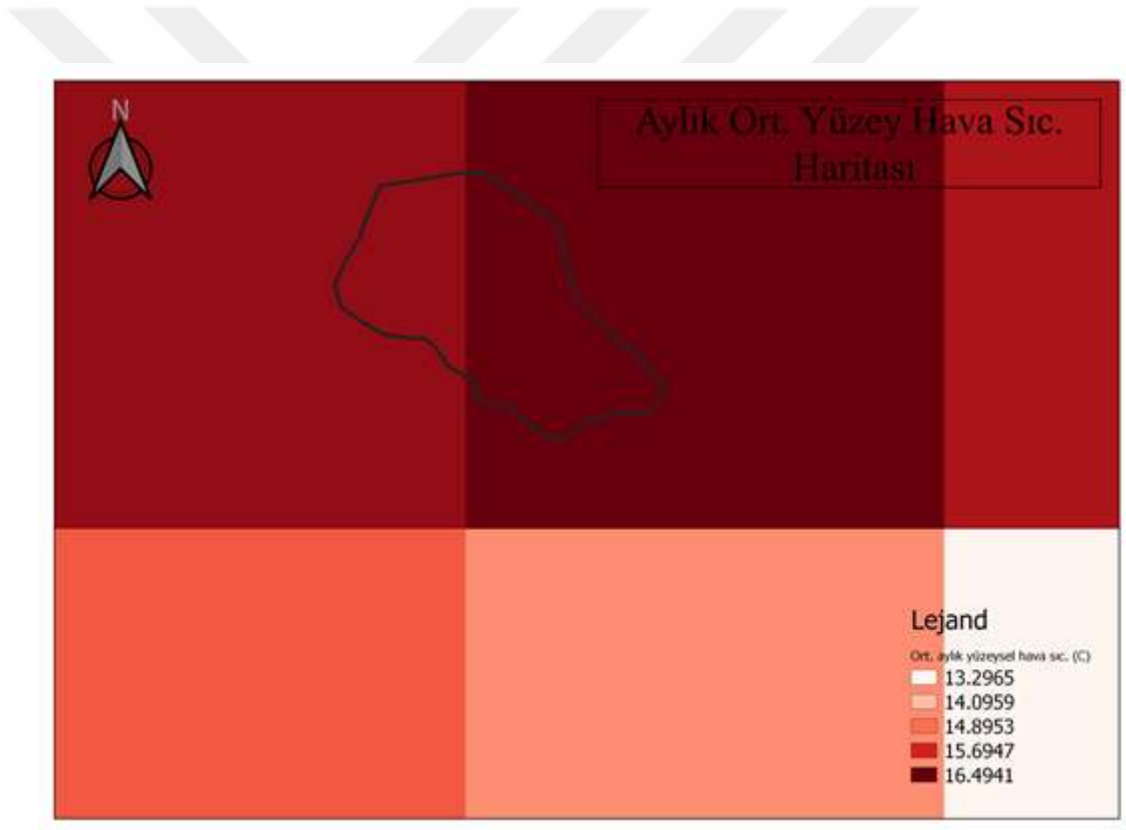
- Zhao, T. F., & Fong, K. F. (2017). Characterization of different heat mitigation strategies in landscape to fight against heat island and improve thermal comfort in hot-humid climate (Part II): Evaluation and characterization. *Sustainable Cities and Society*, 35, 841-850. doi:10.1016/j.scs.2017.05.006
- Zhou, D., Xiao, J., Bonafoni, S., Berger, C., Deilami, K., Zhou, Y., vd. (2019). Satellite remote sensing of surface urban heat islands: Progress, challenges, and perspectives. *Remote Sensing*, 11(1), 48.
- Zhou, W., Pickett, S. T., & Cadenasso, M. L. (2017). Shifting concepts of urban spatial heterogeneity and their implications for sustainability. *Landscape ecology*, 32(1), 15-30.



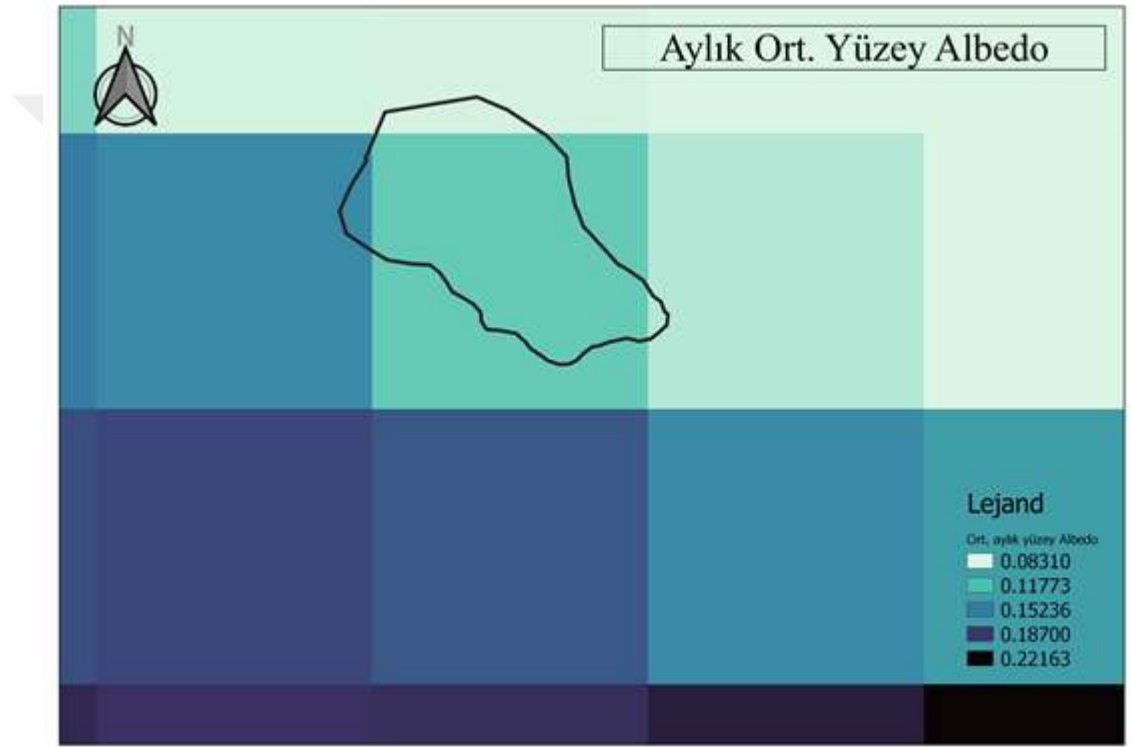
EKLER

EKLER

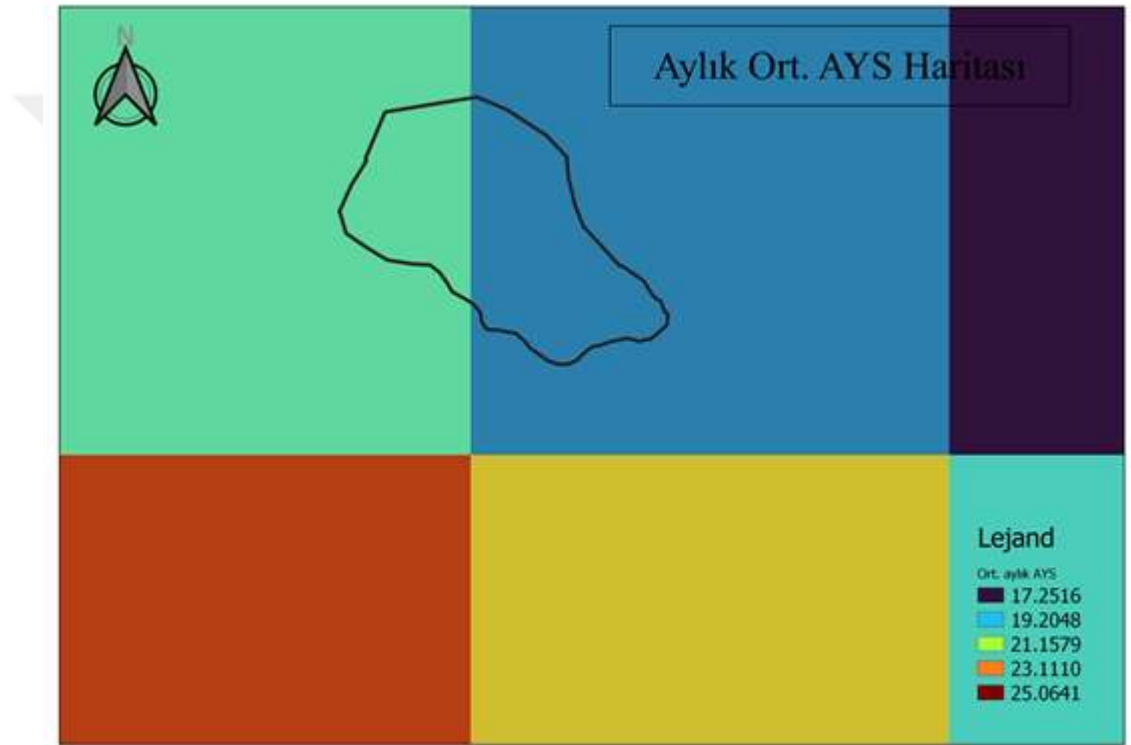
EK A. 2002/09/01-2016/09/01 Aylık Ortalama Yüzeysel Hava Sıcaklığı (C°) (Url-1, 2022)



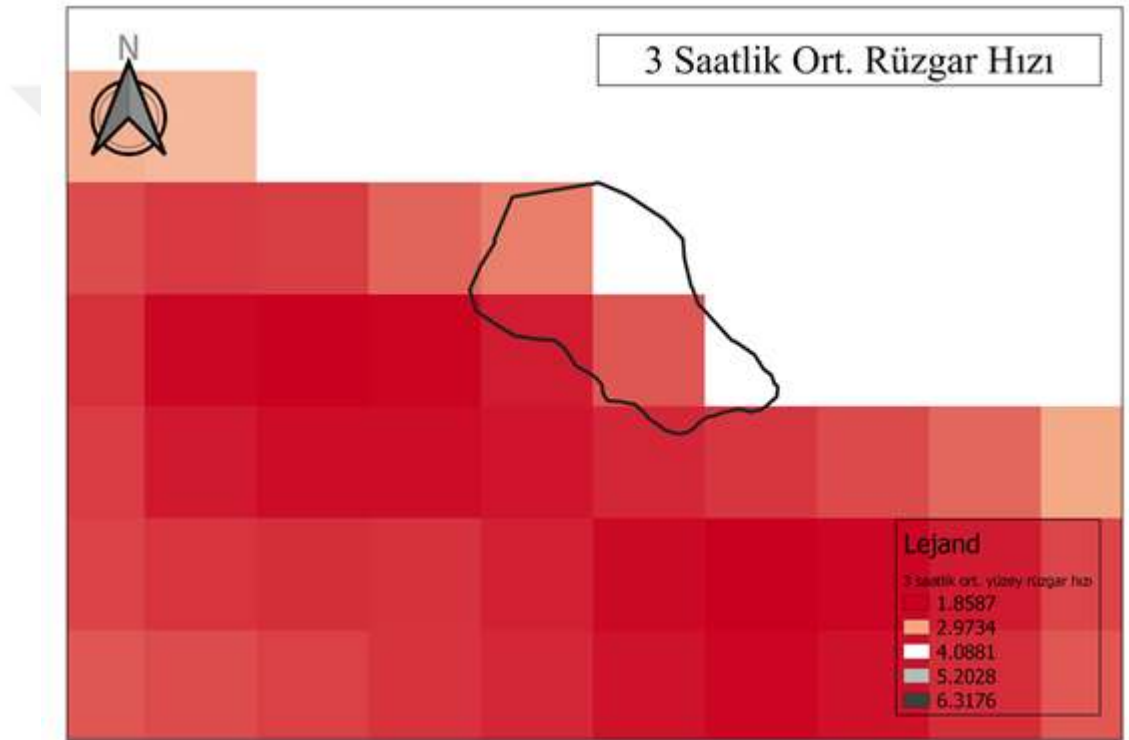
EK B 2002/06/01-2020/09/01 Aylık Ortalama Yüzeysel Albedo (Url-1, 2022)



EK C. 2002/09/01-2020/09/01 Aylık Ortalama Arazi Yüzey Sıcaklığı (Url-1, 2022)



EK D. 2002/06/01-2020/09/30 3 Saatlik Ortalama Yüzeysel Rüzgar Hızı(Url-1, 2022)



**EK E. 01/06/2002-03/09/2020 Aylık Ortalama Yüzey Emisyon Haritası
(Url-1, 2022)**

