T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARAZİ KULLANIMI/ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İSTANBUL ÖRNEĞİNDE ÇÖZÜMLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burak SEKMAN

Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Serhat CENGİZ

Haziran - 2022

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARAZİ KULLANIMI/ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İSTANBUL ÖRNEĞİNDE ÇÖZÜMLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burak SEKMAN
(36193624028)

Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Serhat CENGİZ

Haziran - 2022

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ

"Arazi Kullanımı/Örtüsü Değişimi ve İklim Değişikliği Arasındaki İlişkinin İstanbul Örneğinde Çözümlenmesi" başlıklı yüksek lisans tez çalışmasında, küresel sorunların başında gelen iklim değişikliği ve arazi kullanımı/örtüsü değişimi sorunlarına uyum sağlamak, etkilerini en aza indirmek ve günümüze kadar olan etkilerini araştırmak amacıyla iklim değişikliği ve arazi kullanımı/örtüsü arasındaki ilişkinin İstanbul ölçeğinde çözümlenmesi amaçlanmıştır.

Yüksek lisans eğitimim boyunca ve bu tez çalışmasının her aşamasında yardım, öneri, bilgi, tecrübe ve desteklerini esirgemeden beni her konuda yönlendiren danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Serhat CENGİZ'e (İnönü Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü),

Tez çalışmamın jüri üyeliğini yapan Sayın Prof. Dr. Sevgi GÖRMÜŞ CENGİZ'e (İnönü Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü) ve Sayın Doç. Dr. Ahmet ÇİLEK'e (Çukurova Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü) ve kıymetli katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. Bülent YILMAZ'a (İnönü Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü),

Her zaman olduğu gibi tez çalışmam süresince de benden desteklerini esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

ONUR SÖZÜ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Arazi Kullanımı/Örtüsü Değişimi ve İklim Değişikliği Arasındaki İlişkinin İstanbul Örneğinde Çözümlenmesi” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığına ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Burak SEKMAN

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ ..... **i**
ONUR SÖZÜ ..... **ii**
İÇİNDEKİLER ..... **iii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **iv**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **v**
SEMBOLLER VE KISALTMALAR ..... **vi**
ÖZET ..... **viii**
ABSTRACT ..... **ix**
1. GİRİŞ **1**
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI **5**
2.1 Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü 5
2.2 Peyzaj ve Peyzaj Ekolojisi 5
2.3 İklim Değişikliği 7
2.3.1 Dünya'nın iklim değişikliğine tepkileri 11
2.3.2 İklim senaryoları 14
2.4 Kentsel Alanlarda İklim Değişikliği 19
2.5 Araştırma Konusuyla İlgili Daha Önce Yapılmış Çalışmalar 22
3. MATERYAL VE YÖNTEM **29**
3.1 Materyal 29
3.1.1 Veri ve veri kaynakları 29
3.1.2 Çalışma alanı 29
3.2 Yöntem 34
3.2.1 Uydu görüntülerinin Sınıflandırılması 35
3.2.2 Arazi Örtüsü Değişim Tespit Analizleri 41
3.2.3 İklim Veri Setlerinin Oluşturulması ve Ölçek Küçültme İşlemi 41
3.2.4 Mekânsal İklim Fark Haritalarının Oluşturulması 45
4. BULGULAR **46**
4.1. Arazi Kullanımı/Örtüsü 46
4.2 Değişim Tespit Analizi 48
4.3. İklim Değişimi 59
4.3.1. 1984-2020 yılları arasındaki yüzey sıcaklığı değişimi 59
4.3.2. 1984-2020 yılları arasındaki sıcaklık değişimi 65
4.3.3. 1984-2020 yılları arasındaki toplam yağış miktarındaki değişim 71
4.3.4. 2020-2100 yılları arasındaki sıcaklık değişimi 78
4.3.5. 2020-2100 yılları arasındaki yağış değişimi 84
5. SONUÇ VE ÖNERİLER **88**
KAYNAKLAR **93**
ÖZGEÇMİŞ **99**

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1: RCP'ler (Moss vd., 2010) 15
Çizelge 3.1: Veri Kaynakları 29
Çizelge 3.2: Arazi Kullanımı/Örtüsü sınıfları 37
Çizelge 3.3: Bantlar arasındaki eğim, kesim noktası ve kesim açısı 38
Çizelge 3.4: Su yüzeyleri indeksleri 38
Çizelge 3.5: Vejetasyon indeksleri 39
Çizelge 3.6: Yapay yüzeyler ve çıplak yüzey indeksleri 40
Çizelge 4.1: Arazi Kullanımının/örtüsünün yıllara göre değişimi 46
Çizelge 4.2: 1984 ve 1984 yılları arasındaki peyzaj desen değişimi 49
Çizelge 4.3: AK/AÖ göre yüzey sıcaklıkları 59
Çizelge 4.4: 1984-2020 Sıcaklık Verileri 69
Çizelge 4.5: 1984-2020 Yağış Verileri 76

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1: Sera Etkisi (National Academy of Sciences 2014) 9
Şekil 2.2: Karbon Dioksit Konsantrasyonu (ppm)(kırmızı eğri), Fosil Yakıt Karbondioksit Emisyonları(Milyar ton /Gt)(mavi eğri) (Advancing the Science of Climate Change 2010) 9
Şekil 2.3: RCP senaryo adaylarına ait Radiative zorlama seviyeleri ve emisyon miktarları (Moss vd., 2010) 17
Şekil 2.4: Yüzey ve Atmosferik Sıcaklık Değişimleri (Yıldız vd., 2019). 21
Şekil 3.1: Çalışma alanı 30
Şekil 3.2: Genel nüfus sayımına göre ilçelere ait 1975-2020 yılı nüfus verileri 31
Şekil 3.3: Genel nüfus sayımına göre 1975-2019 İstanbul ilçeler nüfusu 32
Şekil 3.4: İstanbul ilinin eğim, bakı ve yükseklik haritaları 33
Şekil 3.5: Yöntem akış şeması 34
Şekil 3.6: Machisplin Ölçek Küçültme Modeli 44
Şekil 4.1: 1984-2020 Yılları Arazi Kullanımı/Örtüsü Haritaları 48
Şekil 4.2: 1984-1993 Arazi Geçişleri 51
Şekil 4.3: 1993-2002 Arazi Geçişleri 53
Şekil 4.4: 2002-2011 Arazi Geçişleri 55
Şekil 4.5: 2011-2020 Arazi Geçişleri 56
Şekil 4.6: 1984-2020 Arazi Geçişleri 58
Şekil 4.7: 1984 Yılı Arazi Yüzey Sıcaklığı Haritası 61
Şekil 4.8: 1993 Yılı Arazi Yüzey Sıcaklığı Haritası 61
Şekil 4.9: 2002 Yılı Arazi Yüzey Sıcaklığı Haritası 62
Şekil 4.10: 2011 Yılı Arazi Yüzey Sıcaklığı Haritası 62
Şekil 4.11: 2020 Yılı Arazi Yüzey Sıcaklığı Haritası 63
Şekil 4.12: 1984-2020 Arasındaki Normalleştirilmiş Arazi Yüzey Sıcaklığı Haritaları 64
Şekil 4.13: 1984 Yılı Sıcaklık Haritası 65
Şekil 4.14: 1993 Yılı Sıcaklık Haritası 66
Şekil 4.15: 2002 Yılı Sıcaklık Haritası 67
Şekil 4.16: 2011 Yılı Sıcaklık Haritası 68
Şekil 4.17: 2020 Yılı Sıcaklık Haritası 69
Şekil 4.18: 1984-2020 Sıcaklık Fark Haritaları 70
Şekil 4.19: 1984 Yılı Yağış Haritası 72
Şekil 4.20: 1993 Yılı Yağış Haritası 73
Şekil 4.21: 2002 Yılı Yağış Haritası 74
Şekil 4.22: 2011 Yılı Yağış Haritası 75
Şekil 4.23: 2020 Yılı Yağış Haritası 76
Şekil 4.24: 1984-2020 Yağış Fark Haritaları 77
Şekil 4.25: 2020-2040 Sıcaklık Haritası 79
Şekil 4.26: 2040-2060 Sıcaklık Haritası 80
Şekil 4.27: 2060-2080 Sıcaklık Haritası 81
Şekil 4.28: 2080-2100 Sıcaklık Haritası 82
Şekil 4.29: 2020-2100 Sıcaklık Haritaları 83
Şekil 4.30: 2020-2040 Yağış Haritası 84
Şekil 4.31: 2040-2060 Yağış Haritası 85
Şekil 4.32: 2060-2080 Yağış Haritası 86
Şekil 4.33: 2080-2100 Yağış Haritası 86
Şekil 4.34: 2020-2100 Yağış Haritaları 87
Şekil 5.1: Yol ağaçlandırması, dikey bahçe ve yeşil çatı uygulamaları, kentsel açık ve yeşil alanlar 92

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

% : Yüzde

°C : Santigrat derece

AK/AÖ : Arazi kullanımı / arazi örtüsü

AWEInsh : Otomatik su çıkarma indeksi

BI : Çıplak toprak indeksi

BRT : Boosted regression trees

CO_2 : Karbondioksit

DN : Görüntü bantlarına ait dijital numaralar

E : Emisyon

GAM : Generalized additive model

GCM : Global iklim modeli

GİS : Coğrafi bilgi sistemleri

gt : Gigaton

km : Kilometre

km^2 : Kilometrekare

kt : Kiloton

LPJ : Lund-Postdam-Jena (Biyosfer Dinamiği Modeli)

LST : Arazi yüzey sıcaklığı

LULC : Land use / land cover

MARS : Multivariate adaptive regression splines

MFI : Düzeltilmiş orman indeksi

mm : Milimetre

MNDWI : Değiştirilmiş normalleştirilmiş fark su indeksi

NBR : Normalize yanma oranı

NCAR : Ulusal Atmosferik Araştırmalar Merkezi

NDVI : Normalize edilmiş fark vejetasyon indeksi

NDWI : Normalleştirilmiş fark su indeksi

NN : Neural networks

Ppm : Milyonda bir birim

RF : Random forests

SAVI : Toprak ayarlı vejetasyon indeksi

SEBAL : Surface energy balance algorithm for land

SUHI : Yüzeysel kentsel ısı adası

SVM : Support vector machines

SWA : Split-window algoritması

Tavg : Ortalama hava sıcaklığı

TOA : Atmosfer üstü spektral yansıma

TSAVI : Dönüştürülmüş toprak ayarlanmış vejetasyon indeksi

TWI : Topographic wetness index

UHI : Kentsel ısı adası

uLST : Kentsel arazi yüzey sıcaklığı

USGS : Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırma Kurumu

WDVI : Ağırlıklandırılmış vejetasyon fark indeksi

WRF : Hava araştırması ve tahmini (Yazılım)

YKN : Yer kontrol noktarı

α : Albedo

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ARAZİ KULLANIMI/ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İSTANBUL ÖRNEĞİNDE ÇÖZÜMLENMESİ

Burak SEKMAN

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

99+IX sayfa

2022

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Serhat CENGİZ

18. yüzyılda özellikle sanayileşme faaliyetlerinin artmasıyla insanların doğaya olan etkileri artış göstermiştir. Bu etkiler günümüzde küresel ölçekte sorunlara neden olmuştur. Bu küresel sorunların başında iklim değişikliği gelmektedir. Ekolojik, sosyal, ekonomik ve politik etkileri olan bu sorun Dünya'yı ve insanlığı doğrudan etkilemektedir. Bu sorunla başa çıkabilmek, etkilerini azaltmak için ulusal ve uluslararası düzeyde birçok girişimde bulunulmuş ve çalışmalar yapılmıştır. Bu sorunun etkileri olduğu gibi iklim değişikliğine etki eden birçok doğal ve antropojenik faktör de bulunmaktadır. Bu faktörler sanayileşme sonrası sera gazı konsantrasyonunun artması, fosil yakıt tüketimi, günlük yaşamda kullanılan ürünlerin ve klima gazlarının etkisi, arazi kullanımı/örtüsü değişiklikleri gibi birçok faktör sayılabilir. Peyzaj deseni üzerinde gelişen değişimler iklim değişimini etkilerken, iklim değişikliği de peyzaj üzerinde değişime etki etmektedir (çölleşme, buzulların erimesi, bitki örtüsünün değişmesi vb.). Peyzaj ve iklim bir etki-tepki mekanizması gibi hareket etmektedir. Peyzaj deseni ve iklim değişikliği arasındaki ilişkinin anlaşılması bu sorunun daha iyi anlaşılmasını ve mücadele edilmesini sağlayacaktır. Bu çalışmada ülkemizin en büyük kenti olan İstanbul'un 1984 ve 2020 yılları arasındaki dönemde meydana gelen peyzaj desen değişimi ve iklim değişikliği süreçleri ortaya konulmuş, peyzaj desen değişimi ve iklim değişikliği arasındaki ilişki uzaktan algılama tekniklerini kullanarak matematiksel olarak ifade edilmiştir. Bu tezin sonucuna göre İstanbul'da 1984-2020 yılları arasında hızlı kentleşmenin etkisiyle yapay yüzeyler %300 oranında artarken tarım alanları 303,09 km² azalarak %19,80 ve orman alanları 527,45 km² azalarak %17,5 oranında küçülmüştür. 36 yıllık periyotta ortalama hava sıcaklıkları 1.7 °C, arazi kullanımı/örtüsü değişiklikleri ve hava sıcaklıklarının artışına bağlı olarak yüzey sıcaklıkları da 8 °C artış göstermiştir. IPCC'nin ssp iklim senaryoları verileri kullanılarak elde edilen sonuçlara göre 2100 yılında İstanbul'da sıcaklık 3,2 °C ve metrekareye düşen toplam yağış miktarının da 153,9 mm artış gösterecektir. Hava sıcaklıkları ve yağış rejimi ile arazi kullanımı/örtüsü arasında doğrudan bir ilişki bulunmazken, arazi yüzey sıcaklığı ve arazi kullanımı/örtüsü arasında güçlü ilişkiler bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Peyzaj Desen Değişimi, İklim Değişikliği, Arazi Yüzey Sıcaklığı, Arazi Kullanımı/Örtüsü, İklim Modelleri

ABSTRACT

Master Thesis

ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN LAND USE/COVER CHANGE AND CLIMATE CHANGE IN THE CASE OF ISTANBUL

Burak SEKMAN

Inonu University
FGraduate School of Nature and Applied Sciences
Department of Landscape Architecture

99+IX sayfa

2022

Supervisor: Asst. Prof. Serhat CENGİZ

In the 18th century, especially with the increase in industrialization activities, the effects of people on nature increased. These effects have caused problems on a global scale today. Climate change is one of these global problems. This problem, which has ecological, social, economic and political effects, directly affects the Earth and humanity. In order to cope with this problem and to reduce its effects, many attempts and studies have been made at the national and international level. There are many natural and anthropogenic factors affecting climate change as well as the effects of this problem. These factors can be counted as many factors such as the increase in greenhouse gas concentration after industrialization, fossil fuel consumption, the effects of products used in daily life and air conditioning gases, land use/cover changes. While the changes on the landscape pattern affect the climate change, the climate change also affects the change on the landscape (desertification, melting of the glaciers, change in the vegetation, etc.). Landscape and climate act as an action-reaction mechanism. Understanding the relationship between landscape pattern and climate change will help to better understand and combat this problem. In this study, landscape pattern change and climate change processes that occurred in the period between 1984 and 2020 in Istanbul, the largest city of our country, were revealed, and the relationship between landscape pattern change and climate change was expressed mathematically using remote sensing techniques. According to the results of this thesis, between 1984 and 2020 in Istanbul, with the effect of rapid urbanization, artificial surfaces increased by 300%, while agricultural areas decreased by 303.09 km² by 19.80% and forest areas by 527.45 km² decreased by 17.5%. In a 36-year period, average air temperatures increased by 1.7 °C, and surface temperatures increased by 8 °C due to land use/cover changes and increase in air temperatures. According to the results obtained using the IPCC's ssp climate scenarios data, the temperature will increase by 3.2 °C and the total precipitation per square meter will increase by 153.9 mm in 2100 in Istanbul. While there is no direct relationship between air temperatures and precipitation regime and land use/cover, there are strong relationships between land surface temperature and land use/cover.

Keywords: Landscape Pattern Change, Climate Change, Land Surface Temperature, Land Use/Cover, Climate Mod

1. GİRİŞ

İnsanlar, hayvanlar ve bitkilerle birlikte birçok canlı organizmaya ev sahipliği yapan gezegenimiz, içinde bulunan canlı organizmaların oluşturduğu sistemi oluşturmaktadır. Biyosfer olarak adlandırılan bu canlı katman içinde çeşitli sistemleri barındıran büyük bir sistemi oluşturmaktadır. Biyosferde bulunan bu sistemlerin faaliyetleri bir etki-tepki mekanizması gibi birbirini doğrudan etkilemektedir (Berent, 2021).

Biyosferdeki aktiviteler ciddi sorunlara yol açacak problemlere sebep olabilmektedir. Bu sorunların başında insan aktivitelerinden kaynaklanan problemler yer almaktadır. Nüfusun hızla artması, hızlı kentleşme, sanayileşme ve çeşitli ekonomik faaliyetler geri dönüşü olmayan etkilere yol açabilir. 18.yy'da Sanayi Devrimi ile birlikte insan faaliyetleri ivme kazanarak bu faaliyetler insanların doğaya müdahalesini de önemli ölçüde arttırmıştır. Sanayileşmenin artmasıyla fosil yakıta dayalı tedarik zincirinin ortaya çıkmasıyla fosil yakıt kullanımı artmıştır. İş gücünün artması tarım faaliyetlerine, üretime ve kentleşmeye hız kazandırdı (Köse, 2018). Tüm bu gelişmeler insanın ekosistemlere etkisini arttırmıştır. Fosil yakıt kullanımından dolayı karbon salımının artması, sanayi faaliyetleri ve yakıt ihtiyaçlarından dolayı ormanların kontrolsüz tahrip edilmesi, tarım makinelerinin üretilmesiyle tarımın hız kazanması ve tüm bu faktörlerle birlikte nüfus artışının etkisiyle kentleşmenin ve tüketimin artması ile insanın doğadaki yükü artmıştır (Öztürk, 2002). Günümüzde ormansızlaşma ve kentleşme, arazi kullanımı/örtüsü değişikliklerinin ana biçimidir ve son 10 yılda 100 milyon hektardan fazla orman alanı yok olmuştur. Bu yükün artması küresel ölçekte değişiklilere yol açmıştır (Ma vd., 2022).

İçinde bulunduğumuz yüzyılda dünyamızı ciddi anlamda tehdit eden sorunların başında iklim değişikliği gelmektedir. 18.yy'dan beri yaşanan heyelan, sel, yağış rejimindeki düzensizlikler, hava sıcaklıklarında meydana gelen tahmin edilemeyen anomaliler dolaylı veya doğrudan iklim değişikliği ile bağdaştırılmaktadır (Ağıralan & Sadioğlu, 2021).Kendine has özellikleri olan iklim değişikliği, uzun vadeli ve en önemli küresel sorunlardan biridir (Ravindranath & Sathaye, 2002). İklim ve arazi kullanımı değişiklikleri, gelecek için tahmin edilen iki büyük küresel ekolojik değişiklik olarak tanımlanmaktadır. Şimdiye kadar, insan kaynaklı iklim değişikliği ve arazi kullanım faaliyetlerinin nedenleri

ve sonuçları büyük ölçüde bağımsız olarak incelenmiştir. Ancak, iklim değişikliği ve arazi kullanımı birbirini doğrudan etkilemektedir (Dale, 1997). İklim değişikliği, tüm dünyada en çok arazi kullanımı/örtüsünü etkilemiştir (Hussain vd., 2022).

İnsan faaliyetleri iklimi çeşitli mekanizmalarla etkilemektedir. Birincisi, fosil yakıtların yanması ve sera gazlarının salınımı sonucu atmosferik konsantrasyonlarda artışa neden olmuştur. Sanayileşmenin başlangıcından itibaren fosil yakıtların kullanımı nedeniyle atmosfere 21.yy'a kadar 250 Pg (petagram) karbon salınmıştır. İkincisi, arazi kullanımının / örtüsünün insan etkisi ile değiştirilmesi, bitki örtüsünün bozulması karbon salınımını arttırırken, bitki örtüsünün yeniden oluşturulması karbon tutulumunu sağlamaktadır. Üçüncüsü ise dünyanın bitki örtüsünün antropojenik modifikasyonları, biyosfer ve atmosfer arasındaki enerji, momentum ve su alışverişine aracılık ederek iklim değişimine neden olmasıdır (Bounoua ve ark., 2001).

En büyük küresel problemlerin başında gelen iklim değişikliği ve arazi örtüsündeki değişiklikler, başta insanlar olmak üzere canlıları ve dünyamızı doğrudan tehdit etmektedir. Küresel ölçekteki bu sorunun etkilerini saptamak ve çözümler geliştirmek için birçok çalışma yapılmış ve sonuçları matematiksel modeller üzerinden ortaya konmuştur.

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de iklim değişikliği ve peyzaj desen değişikliği bir sorun teşkil etmekte ve insanlarla birlikte tüm canlı yaşamını tehdit etmektedir. İklim değişikliğinin tarım ve orman alanları gibi arazi kullanımı/örtüsüne, temiz su kaynaklarına, insan sağlığına ve biyoçeşitliliğe önemli etkileri olacaktır (Doğan & Tüzer, 2011). İklim değişikliğinin olduğu gibi peyzaj desenindeki değişikliklerinde ekonomik ve ekolojik önemli etkileri olacaktır. Bu sorunlarla mücadele etmek ve daha ciddi etkilerini önlemek için bu konunun yeterince anlaşılması ve analiz edilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda bu çalışmanın amacı Türkiye'nin en büyük ve en önemli kentlerinin başında gelen İstanbul'da peyzaj desen değişimi ve iklim değişikliği süreçleri arasındaki ilişkinin çok zamanlı olarak araştırılarak matematiksel modeller üzerinden ortaya konulmasıdır. Bu tez çalışmasının hedefleri ve ortaya koyacağı çıktıları şu şekildedir;

Hedef 1: 1984 ve 2020 yılları arasındaki peyzaj desen değişiminin belirlenmesi,

Hedef 2: Kentleşme ve mega projelerin peyzaj deseni üzerindeki baskılarının ortaya konulması,

Hedef 3: 1984 ve 2020 yılları arasındaki iklim değişikliğinin ortaya konulması,

Hedef 4: İklim değişikliği ve peyzaj desen değişimi süreçleri arasındaki ilişkinin ve etkilerinin araştırılması,

Hedef 5: İstanbul için 2020-2100 yılları arasındaki iklim değişikliğinin etkilerinin gelecek dönem iklim senaryoları üzerinden araştırılması

Araştırmanın Kapsamı ve Sınırları

Araştırmanın kapsamı, 5460 km^2'lik İstanbul il sınırları içerisinde, 36 yıllık periyotta (1984-1993-2002-2011-2020) peyzaj desen değişiminin ölçülmesi, sıcaklık ve yağış rejimlerindeki değişimin ölçülerek iklim değişikliğinin incelenmesi, iklim ve peyzaj desen değişikliğinin birlikte incelenerek arasındaki ilişkinin belirlenmesi ve gelecek iklim modelleri üzerinden kentin iklim değişikliğinden en az düzeyde etkilenmesi için stratejilerin ve önerilerin üretilmesi aşamalarından oluşmaktadır. Araştırmada kapsamı belirleyen zamansal-mekânsal veri setleri ve iklim veri setleri olmak üzere iki tip sınırlayıcı bulunmaktadır.

Zamansal-mekânsal veri setleri: çalışmada üretilecek bulgular için kullanılacak temel birim raster hücre birimi 30x30 metredir. Çalışmada bulgular için belirlenen zaman aralığı 36 (1984-1993-2002-2011-2020) yıldır. Çalışmada kullanılacak değişkenlerdeki en eski tarihin 1984 olarak belirlenmesinin nedeni Landsat 5 TM uydu görüntülerinin bu tarihten öncesinde bulunmamasıdır. Landsat uydu görüntülerinin 1984 yılından önce bulunmaması çalışmadaki sınırlayıcılardan biridir. 1984'ten günümüze kadar İstanbul'daki idari sınırlardaki değişiklik ve yeni idari birimlerin ortaya çıkması çalışmada karşılaşılan bir diğer zorluktur. Örneğin 1980'li yıllarda İstanbul'daki ilçe sayısı 19 iken günümüzde bu sayı 39 ilçeye ulaşmıştır.

Araştırmadaki bir diğer sınırlayıcı ise iklim verileridir. Geçmiş döneme ait iklim veri setleri 1970 yılı ile 2018 yılı arasını kapsamaktadır. Verilerin ölçeği 10 dakika (18,5 km) ve 30 saniye (900 m) arasında değişiklik göstermektedir. Geleceğe yönelik iklim modelleri ise 9 farklı grup tarafından üretilmiş olup bu çalışmada MIROC6 tarafından üretilen iklim modelleri kullanılmıştır. Üretilen bu modeller 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080 ve 2081-2100 olmak üzere dört farklı zaman periyodu için üretilmiştir. Bu farklı zaman periyodu için üretilen her bir veri, her periyoda özel olmak üzere ssp126, ssp245, ssp370 ve ssp585 olmak üzere toplamda dört farklı versiyonda üretilmiştir. Verilerin sadece belirli dönemler için üretilmesi ve çözünürlüğünün geçmiş dönem verisi için 30 saniye (900 m), gelecek dönem iklim verisi için 10 dakika (18,5 km) ile 2,5 dakika (4,6 km) arasında olması verinin kullanımı için birtakım işlemler gerektirmiştir. İklim verileri, 30x30 çözünürlüğündeki uydu görüntüleri ile aynı ölçekte olmadığı için ölçek küçültme (downscaling) işlemi uygulanmıştır. Ölçek küçültme yöntemi olarak da makine öğrenimine dayalı Machisplin

metodu kullanılmıştır. Kullanılan metodun detayları bu çalışmanın yöntem kısmında açıklanmıştır.

Bu çalışmanın hipotezleri şu şekildedir;

- 2020 yılına kadar olan süreçte kentleşme baskısı orman alanlarında ve tarım alanlarında bozulmalara ve azalmalara yol açmıştır. Orman alanları ve tarım alanları bu süreçte kentsel alanlara dönüşmüştür.
- Kentleşmenin etkisiyle yapay yüzeylerin artması, orman alanlarının ve kent içi yeşil alanların yapay yüzeylere dönüşmesi ile kentsel ısı adası etkisi artmıştır.
- Kentsel alanlar iklim değişikliğinden en çok etkilenen alanlardır.
- Günümüze kadar olan zamansal süreçte yaşanan sıcaklık artışı ve kentleşme baskısı, biyoklimatik konfor alanlarının azalmasına yol açmıştır.
- 1984-2020 yılları arasında kentsel alanlar diğer alanlara kıyasla daha çok ısınmıştır. İstanbul'da 2100 yılında da en çok sıcaklık artışı kentsel alanlarda gerçekleşecektir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatür araştırması başlığı altında Peyzaj desen değişimi kavramları, iklim değişikliği ve kentsel alanlarda iklim değişikliği ilişkin literatür bilgileri ve bu tez çalışması ile ilgili yapılmış benzer çalışmalara yer verilmiştir.

2.1 Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü

Arazi örtüsü orman veya çöl gibi yeryüzünü örten (biyolojik) fiziksel örtüdür. Arazi kullanımı ise tarım, mera veya plantasyon gibi arazi örtüsü üzerinde insanlar tarafından üretmek, değiştirmek veya sürdürmek için yapılan faaliyetler sonucu ortaya çıkan alanlardır (Zvoleff vd., 2014). Arazi kullanımı ve örtüsü doğal olarak birbirine bağlıdır. Arazi örtüsü belirli arazi kullanımlarına olanak tanır ve arazi kullanımı uygulamalarındaki değişiklikler arazi örtüsünü değiştirebilmektedir (Sleeter vd., 2018). Arazi kullanımı değişimi ise belli bir zaman diliminde arazi kullanımının değişimini ifade etmektedir. Amerikan sınıflandırma sistemine göre arazi kullanımı ve arazi örtüsü sınıfları, kentsel alanlar, tarım arazileri, mera, orman alanları, su yüzeyleri, sulak alanlar, çıplak alanlar, tundra alanları ve kalıcı kar veya buzul alanlar; Avrupa sınıflandırma sistemine göre ise yapay yüzeyler, tarım alanları, orman ve yarı doğal alanlar, sulak alanlar, su kütleleri ana kategorilerine göre sınıflandırılmaktadır.

Bir arazi parçasının hem arazi kullanımını hem de arazi örtüsünü anlamak, belirli bir alanın kapsamlı bir resmini ifade etmektedir. Bu veriler, birçok topluluk için planlama ve karar verme süreçlerinin temel bir bileşenidir. Çünkü farklı büyüme türleri için nerede planlayacaklarını ve nerede korunacaklarını daha iyi anlamalarına yardımcı olmaktadır; aynı zamanda topluluklarındaki çeşitli özelliklerin bağlantısını veya parçalanmasını anlamalarını sağlamaktadır. Peyzajı anlamak için arazi kullanımını/örtüsünü anlamak gerekmektedir (URL-1).

2.2 Peyzaj ve Peyzaj Ekolojisi

Peyzaj, incelenen fenomene bağlı olarak sayısız tanıma sahip olsa da bir peyzajın ölçeğine göre tanımlanmadığını söylemek yeterlidir; peyzaj dikkate alınan bazı fenomenlerle (herhangi bir ölçekte) ilgili etkileşen bir etmenler mozaiği (örn. Ekosistemler) ile tanımlanır. Dolayısıyla, peyzaj, ekolojik bir süreci etkileyen ve bundan etkilenen heterojen bir desen

içeren arazi alanıdır (herhangi bir ölçekte). Doğal alanların ve insan arazi kullanımlarının mekânsal düzenlemesi peyzaj deseni olarak ifade edilir ve peyzaj desen değişimi de bu desenin zaman içerisindeki değişimidir (Görmüş vd., 2018). Doğal faktörler ve insan faaliyetleri peyzaj desen değişimini önemli ölçüde etkilemektedir (Dadashpoor vd., 2019). Peyzaj ekolojisi, bu peyzaj desenlerinin incelenmesini, bu desenin unsurları arasındaki etkileşimlerin ve bu desenlerin zaman içinde nasıl değiştiğinin incelenmesini içeren, ekoloji, coğrafya ve sosyal bilimleri birleştiren disiplinler arası bir bilimdir (Francis vd., 2022; McGarigal, 2001). Buna ek olarak, peyzaj ekolojisi, bu prensiplerin gerçek dünya problemlerinin formülasyonu ve çözümünde uygulanmasını içerir (McGarigal, 2001). Ekosistemlerin mekânsal düzenlemesinin, habitatların veya toplulukların peyzaja ekolojik etkileri vardır ve peyzaj ekolojisi, geniş alanların ekolojik işlevini anlamaya çalışır (Turner, 1990). Özetle peyzaj ekolojisi mekânsal desen ve süreçlerin nasıl etkileşime girdiğinin incelemesidir (Wiersma, 2022)

Peyzaj ekolojisi ile ilgili yapılan çalışmalar üç odağa sahiptir. Bunlar peyzajın yapısı, fonksiyonu ve değişimidir (Demir & Demirel, 2018; Deniz vd., 2006; Forman & Godron, 1986). Peyzaj yapısı; bitkiler, hayvanlar veya diğer materyaller gibi peyzaj elemanlarının ya da farklı ekosistemlerin dağılımını tanımlamaktadır. Peyzaj fonksiyonu, ekosistem süreçleri veya işlevleri ile bunların bir peyzajdaki etkileşimlerinin bileşimidir (Pitman, 2022). Peyzaj değişimi, peyzajın yapısında zamanla meydana gelen ekolojik farklılıkları ifade etmektedir (Demir & Demirel, 2018; Deniz vd., 2006; Forman & Godron, 1986; Görmüş, 2012).

Peyzajın yapısı ve işlevi antropojenik etkilerle veya doğal süreçlerle değişebilmektedir. Kentleşme, endüstriyel faaliyetler, tarımsal faaliyetler, iklim değişikliği ve diğer etkiler sonucu peyzajda değişimler ve bozulmalar meydana gelmektedir. Bu değişimlerin ve bozulmaların birçok olumsuz geri dönüşü ve etkileri olmaktadır. Peyzajın ve doğal olarak ekosistemlerin zarar görmesi ve değişmesi neticesinde ekosistemlerden elde edilen faydalar da yok olmaktadır.

Ekosistem, belirli bir bölgede bulunan canlı ve cansız varlıkların karşılıklı etkileşimi ile oluşan ve devamlılık gerektiren sistemler olarak ifade edilir. Ekosistem hizmetleri ise bu ekosistemlerden doğrudan veya dolaylı yoldan elde edilen ürün hizmetler ve faydaların tamamıdır (Ma vd., 2022; Tülek & Mirici, 2019). Bu ekolojik hizmetlerin bir kısmı doğrudan insanlar tarafından tüketilmez, ancak ekosistemlerin kendilerinin sürdürülmesi için gereklidir. Ekosistemler, kaynak sağlayan, düzenleyici, kültürel ve destekleyici hizmetler

dahil olmak üzere insanlara çeşitli faydalar sağlar (Millenium Ecosystem Assesment, 2005). Kaynak sağlayan / tedarik hizmetleri, insanların gıda, yakıt, lif, tatlı su ve genetik kaynaklar ekosistemlerden elde ettiği faydalardır. Düzenleyici hizmetler, hava kalitesi, iklim, erozyon kontrolü ve insan yaşamının düzenlenmesi gibi faydalardan oluşur. Kültürel hizmetler, ruhsal, bilişsel, rekreasyon ve eğlence yoluyla elde edilen faydalardır. Destekleyici hizmetler ise diğer tüm hizmetlerin sağlanmasına olanak sağlayan ve diğer hizmetler üzerinden fayda sağlayan fotosentez, besin döngüsü ve toprak oluşumu gibi temel ekosistem süreçleridir (Balvanera vd., 2017; Millenium Ecosystem Assesment, 2005).

İklim değişikliği ve arazi kullanımı/örtüsü değişiminin etkisiyle ekosistemlerin zarar görmesi ekosistem hizmetlerinin aksamasına ve yok olmasına neden olmaktadır. Ekosistem hizmetlerinin bozulması insanları ve diğer canlıları doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir. Örneğin: Tarım ekosistemlerinin bozulması güvenilir gıdaya ulaşım konusunda ve ekonomik konularda sorunlara yol açmaktadır. Kent ekosistemleri; gıda temini, yüzey akışını düzenleme, hava kalitesini düzenleme, kent ısısını düzenleme, toz ve gürültüyü önleme, iklimi düzenleme, biyoçeşitliliği destekleme ve rekreasyonel faaliyetler gibi faydalar sağlamaktadır (Tülek & Mirici, 2019). Kent ekosisteminde geçirimsiz yüzeylerin artması, kentsel yeşil alanların yapay yüzeylere dönüşmesi, kent içerisindeki ağaçların ve diğer bitkisel materyallerin yok olması gibi etkenlerden dolayı kent ekosisteminden sağlanan faydalar azalmaktadır. Orman ekosisteminin bozulması ve yok olması neticesinde ormanların iklimi düzenleme, biyoçeşitliliği destekleme, hava kalitesini düzenleme, kaynak sağlama gibi faydaları da yok olmaktadır.

2.3 İklim Değişikliği

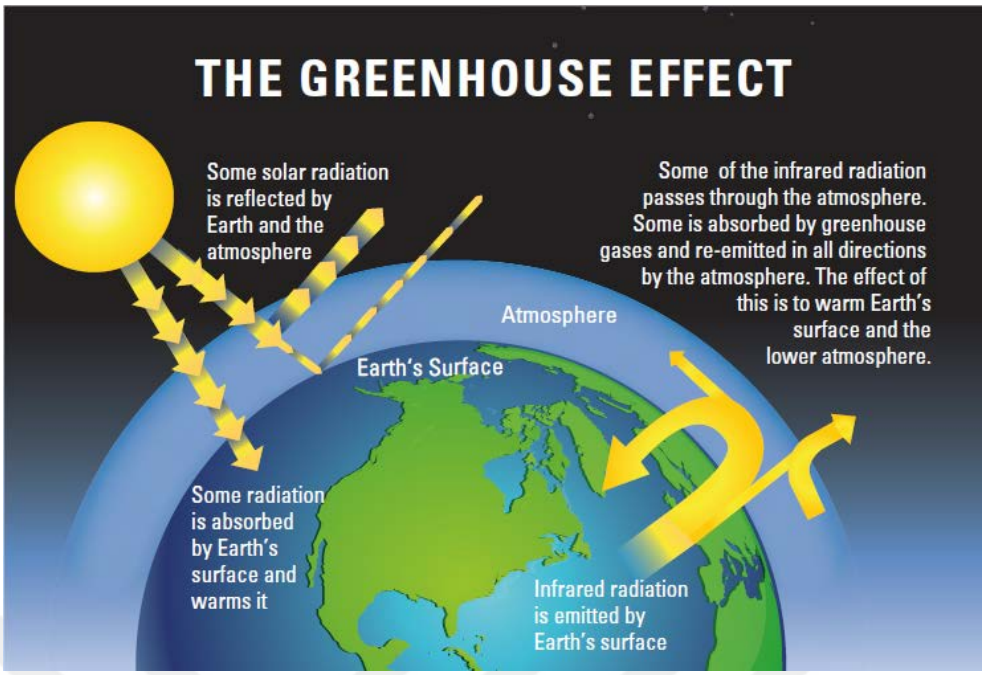
İklim genellikle belirli bir yerde zaman içinde beklenen hava koşulları olarak düşünülür. İklim, ortalama sıcaklıklar, ortalama yağışlı gün sayısı ve kuraklık sıklığı gibi istatistiklerle birçok coğrafi ölçekte (örneğin şehirler, ülkeler veya tüm dünya) ölçülebilir. İklim değişikliği, bu istatistiklerde yıllar, on yıllar ve hatta yüzyıllar boyunca meydana gelen değişiklikleri ifade eder (National Research Council, 2012).

Antropojenik iklim değişikliği ilk olarak 1980'lerin ortalarında ve sonlarında kamuoyunun gündeminde ortaya çıktığından beri, iklim değişikliğinin halkla iletişimi ve yakın zamanda bunun en etkili şekilde nasıl iletileceği sorusu yükselişe geçmiştir. İlk iletişimin çoğu, nispeten dar bir şekilde bilimsel bulgular ve bazen özellikle aşırı şiddetli olayların, bazen de

yüksek düzeyli konferansların veya politika toplantılarının neden olduğu sentez raporlarına (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, IPCC tarafından periyodik olarak yayınlananlar gibi) odaklanmıştır. Ancak iklim değişikliğinin etkileri kısa sürede dünya bölgeleri ve ekonomik sektörler arasında kabul edilmiştir. Küresel iklim değişikliği aslında birçok bilim insanının beklediği ciddi etkiler ortaya çıkarsa da yakın zamanda sera gazı emisyonlarının azaltılması ve karbon yayan arazi kullanımlarının sınırlandırılması için yasal düzenlemelerin bilim insanları tarafından güçlü bir ihtiyaç olarak gerekli olduğu ifade edilmektedir (Moser, 2010).

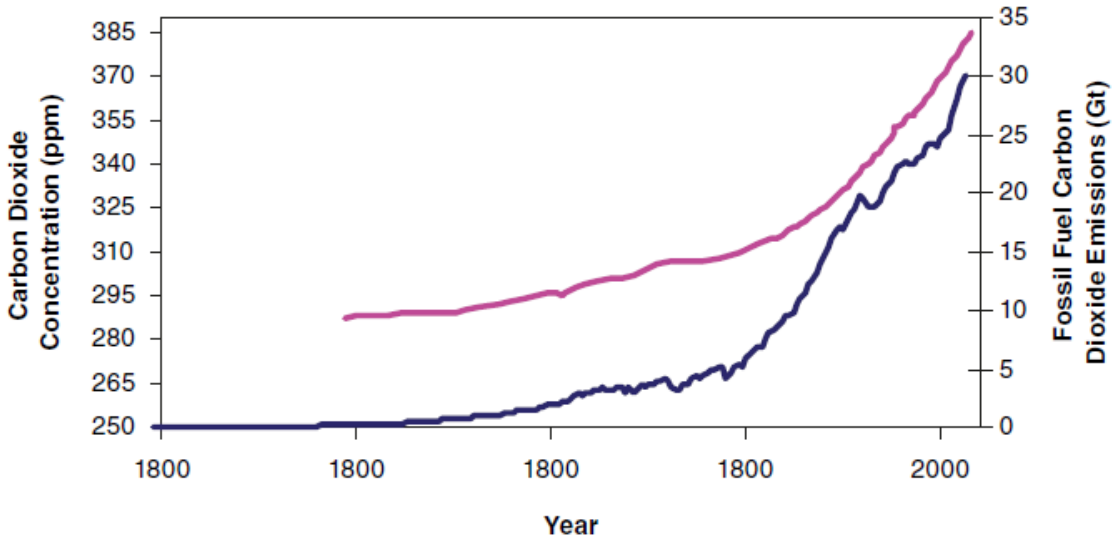
İklim değişikliği dünyamızı güçlü bir şekilde etkilemektedir. Bu etkiler temelde sera gazları ve Güneş ışınlarının etkisiyle gerçekleşmektedir. Güneş, Dünya'nın iklimi için birincil enerji kaynağı olarak hizmet eder. Dünyamıza gelen güneş ışığının bir kısmı, özellikle buz ve bulutlar gibi parlak yüzeyler tarafından doğrudan uzaya yansıtılır ve geri kalanı yüzey ve atmosfer tarafından emilmektedir. Bu soğrulan güneş enerjisinin çoğu ısı (uzun dalga veya kızılötesi radyasyon) olarak yeniden yayılır. Atmosfer sırayla ısıyı emer ve yayar, bir miktarı da uzaya geri döner. Gelen ve giden enerji dengesindeki bozulmalar iklimi etkilemektedir. Örneğin, Güneş'ten enerji çıkışındaki küçük değişiklikler bu dengeyi doğrudan etkilemektedir (National Academy of Sciences, 2014). Güneş ışınlarının atmosferde emilip yayılmasında atmosferdeki gazların da etkisi bulunmaktadır.

1820'lerde bilim insanları, Dünya'nın sıcaklığının düzenlemesinde belirli gazların önemli olduğunu anlamaya başlamışlardır. Karbondioksit (CO_2), metan, azot oksit ve su buharını içeren sera gazları, bir battaniye gibi hareket ederek ısıyı alt atmosferde tutmaktadır. Sera gazları, Dünya atmosferinin sadece küçük bir kısmını oluştursa da gezegende yaşamı destekleyecek kadar sıcak tutmak için de kritik öneme sahip olduğu ortaya konulmuştur (Şekil 2.1) (National Research Council, 2012). Sera gazları sera etkisine yol açmaktadır. Sera etkisi, alt katmanların ısınması nedeniyle dünya yüzeyinin sıcaklığındaki bir artıştır. Sera etkisi sonucunda hava sıcaklığı olması gerekenden daha fazladır. Bu durum da iklim değişikliği ve küresel ısınma gibi geri dönüşü olmayan sonuçlara yol açmaktadır (Mikhaylov vd., 2020).



Şekil 2.1: Sera Etkisi (National Academy of Sciences 2014)

İnsan kaynaklı iklim değişikliği, %95 oranında antropojenik faaliyetler ile gerçekleşen sera gazları emisyonlarından kaynaklanmaktadır (Xu vd., 2022). Dünya çapındaki fosil yakıt tüketiminin kayıtları, fosil yakıt kullanımının her yıl atmosfere 30 milyar ton CO_2 salınımına sebep olduğunu göstermektedir (Şekil 2.2). Tropikal ormansızlaşma ve diğer arazi kullanım değişiklikleri, her yıl atmosfere 3 ila 5 milyar ton ek bir CO_2 emisyonuna yol açmaktadır (National Research Council, 2010).



Şekil 2.2: Karbon Dioksit Konsantrasyonu (ppm) (kırmızı eğri), Fosil Yakıt Karbondioksit Emisyonları(Milyar ton /Gt)(mavi eğri) (Advancing the Science of Climate Change 2010)

İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazları Dünya'nın enerji dengesini ve dolayısıyla iklimini değiştirmektedir. İnsanlar ayrıca arazi yüzeylerini değiştirerek (örneğin tarım için ormanları tahrip ederek) ve atmosferdeki parçacıkların miktarını ve türünü etkileyen kirleticilerin emisyonu yoluyla iklimi etkilediği ortaya konulmuştur (National Academy of Sciences, 2014).

Sanayi Devrimi'nin başlamasından bu yana, atmosferik karbondioksit, metan ve azot oksit konsantrasyonları önemli ölçüde artmıştır. CO_2 emisyonunda, Hawaii'deki Mauna Loa Gözlemevinde ölçülen ortalama konsantrasyon, 1959'da milyonda 316 (ppm) parçacıktan 2013'te 396 ppm'e yükselmiştir. Aynı artış oranları o zamandan beri dünya çapındaki diğer birçok istasyonda kaydedilmiştir. Sanayi öncesi zamanlardan bu yana, atmosferik CO_2 konsantrasyonu %40, metan yaklaşık %150 ve azot oksit yaklaşık %20 artmıştır. CO_2 artışının yarısından fazlası 1970'ten sonra meydana gelmiştir. Her üç gazdaki artış Dünya'nın ısınmasına etki etmektedir (National Academy of Sciences, 2014).

Sera gazlarının geçmişteki durumu incelendiğinde (Antarktika'da zamanla biriken buzun içinde hapsolmuş havanın analiz verilerine göre), CO_2 konsantrasyonunun önceki 10,000 yılda 260 ila 280 ppm aralığında kaldıktan sonra 19. yüzyılda önemli ölçüde artmaya başladığı ortaya çıkmıştır. Daha eski zamanlardaki veriler incelendiğinde bilim insanları, (800.000 yıl öncesine uzanan buz çekirdeği kayıtlarına göre) CO_2 konsantrasyonlarının birçok 'buz devri' döngüsü boyunca 170 ila 300 ppm aralığında kaldığı sonucuna ulaşmış ve buz çekirdeğinde son 200 yıla kadar 300 ppm'in üzerinde bir konsantrasyon görülmediğini ortaya koymuşlardır (National Academy of Sciences, 2014).

Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre ülkemizde toplam emisyon 1990 yılında 219,7 milyon ton CO_2 eşd.(Mt CO_2 eşd.) seviyelerindeyken 2020 yılında toplam emisyon miktarı 523,9 Mt CO_2 eşd. seviyelerine ulaşmıştır. Bu 523,9 Mt CO_2 eşd. toplam emisyonun 413,4'ü CO_2, 64,0'ı CH_4, 40,5'i N_2O ve 6,0'ı F-gazlardır (F-gazlar florlu gazları kapsamaktadır) (TÜİK, 2022).

İnsan faaliyetlerinin sera gazı konsantrasyonlarına etkisi

İnsan faaliyetleri, CO_2 artışının yanında diğer önemli sera gazlarının atmosferik konsantrasyonlarını da arttırmıştır. Fosil yakıtların yakılması, çiftlik hayvanlarının yetiştirilmesi, çöp atıklarının çürümesi, doğal gazın üretimi, doğal gazın taşınması gibi faaliyetlerle üretilen metan, 1980'lerde hızla artarak sanayi devrimi öncesi seviyesinin yaklaşık iki buçuk katına ulaşmıştır. Sera gazlarından biri olan azot oksit, esas olarak

tarımsal gübre kullanımının bir sonucu olarak, 1750'den bu yana yaklaşık %15 oranında artmıştır, aynı zamanda bu artış fosil yakıt yakma ve bazı endüstriyel işlemlerden de kaynaklanmaktadır. Kloroflorokarbonlar (Cfc'ler) gibi bazı endüstriyel kimyasallar da güçlü sera gazları olarak işlev görür ve atmosferde uzun süre kalırlar. Cfc'lerin doğal kaynakları olmadığından, artışları açıkça insan faaliyetleri ile doğrudan ilişkili olduğu ortaya konulmuştur (National Research Council, 2012).

İnsan faaliyetlerinin Dünya'nın ısısına etkisi

İnsan faaliyetlerinin endüstriyel faaliyetler ve fosil yakıt kullanımı dışında da Dünya'ya ve dolayısıyla iklime etkileri olmaktadır. Sera gazlarının insan etkisiyle artmasının yanı sıra insan faaliyetlerinin Dünya'nın enerji dengesi üzerindeki etkileri de küresel ısınmayı ve dolayısıyla da iklim değişikliğini etkilemektedir (National Academy of Sciences, 2014). Dünya'nın küresel sıcaklığı son 100 yılda 0,5-1 °C artmıştır (Mikhaylov vd., 2020). Örneğin: Arazi kullanımı ve arazi örtüsündeki değişiklikler, insan faaliyetlerinin Dünya'nın iklimini etkilediği başka bir yoldur. Arazi kullanımındaki değişimler, yüzeylerin yansıtıcılığını (güneş ışığının uzaya ne kadar gönderildiğini etkileyerek) ve bir bölgendeki su yüzlerinin miktarını değiştirerek hem ısınma hem de soğutma etkilerine yol açmaktadır (National Academy of Sciences, 2014). Her yıl atmosfere yayılan CO_2'in %10 ila %20'si orman alanlarının yok olmasından kaynaklanmaktadır (National Research Council, 2012). Orman alanlarının CO_2 salımını etkilemesinin yanı sıra yüzey yansıtıcılığını da etkilemesi ve ormanların soğutma etkisinin bulunması da Dünya'nın enerji dengesini etkilemektedir.

2.3.1 Dünya'nın iklim değişikliğine tepkileri

İklim değişikliği sorunun büyüklüğü ve etkilerinin farkına varılmasından sonra iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması ve iklim değişikline adaptasyonun sağlanması amacıyla birtakım adımlar atılmıştır. 1988 yılında Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı tarafından nesnel bir bilimsel bilgi kaynağı sağlamak için kurulmuştur. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (BM Çevre) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından kurulan IPCC'nin 195 üye ülkesi vardır (URL-3). IPCC kurulduğu tarihten itibaren belirli periyotlarla değerlendirme raporları yayınlamaktadır ve şu ana kadar toplam 6 değerlendirme raporu yayınlanmıştır. 2013 yılında IPCC, beşinci değerlendirme raporunu yayınladığında iklim değişikliğinde insan faaliyetlerinin rolü hakkında daha fazla açıklık sağlamıştır. Raporda sonuç olarak: iklim değişikliği gerçektir ve insan faaliyetleri ana nedendir (URL-2). 6. değerlendirme

raporunun 1. kısmı 2021 yılında, 2. kısmı ise 2022 yılında yayınlanmıştır. Rapor iklim değişikliğinin etkileri, adaptasyon ve kırılganlık konuları üzerine yoğunlaşmıştır (IPCC, 2022).

Değerlendirmeleri yoluyla IPCC, iklim değişikliği hakkındaki bilgi durumunu belirler. Bilimsel toplulukta iklim değişikliği ile ilgili konularda nerede anlaşmanın olduğu ve nerede daha fazla araştırmanın gerekli olduğunu tanımlar. Raporlar birkaç aşamada hazırlanır ve gözden geçirilir, böylece tarafsızlık ve şeffaflık garanti edilmektedir. IPCC kendi araştırmasını yapmamaktadır. Değerlendirme raporları, iklim değişikliği ile mücadeleye yönelik uluslararası müzakerelere önemli bir girdi niteliğindedir.

İklim değişikliğinin etkilerini azaltmak ve iklim değişikliğine uyum sağlamak için atılan adımlar IPCC ile sınırlı kalmamış ve Birleşmiş Milletler (BM) tarafından girişimler devam etmiştir. BM'nin iklim değişikliği ile ilgili yasal araçları bulunmaktadır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Kyoto Protokolü ve Paris İklim Anlaşması bu yasal araçların en önemlileridir.

BM yasal araçları

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC): UNFCCC, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin kısaltmasıdır. Sözleşme neredeyse evrensel üyeliğe (197 Taraf) sahiptir ve 2015 Paris Anlaşması'nın ana antlaşmasıdır. 2004 yılında Türkiye 189. taraf olarak sözleşmeye katılmıştır. Paris Anlaşmasının temel amacı, küresel ortalama sıcaklık artışını bu yüzyılda mümkün olduğunca endüstriyel dönem öncesi seviyelerin üzerinde 1,5 °C'e yakın tutmaktır. UNFCCC aynı zamanda 1997 Kyoto Protokolü'nün de ana antlaşmasıdır. UNFCCC kapsamındaki her üç anlaşmanın da nihai hedefi, atmosferdeki sera gazı konsantrasyonlarını, ekosistemlerin doğal olarak adapte olmasını ve sürdürülebilir kalkınmayı mümkün kılan bir zaman çerçevesinde iklim sistemine tehlikeli insan müdahalesini önleyecek bir seviyede stabilize etmektir (URL-4).

*Kyoto Protokolü:*1995 yılına kadar, ülkeler iklim değişikliğine küresel tepkiyi güçlendirmek için müzakereler başlatmışlar ve iki yıl sonra da Kyoto Protokolünü kabul etmişlerdir. Kyoto Protokolü, gelişmiş Taraf Devletleri yasal olarak emisyon azaltma hedeflerine bağlamaktadır. Protokolün ilk taahhüt dönemi 2008'de başlamış ve 2012'de sona ermiştir. İkinci taahhüt dönemi ise 1 Ocak 2013'te başlamış ve 2020'de sona ermiştir. Şu an Sözleşmeye 197 taraf ve Kyoto Protokolüne 192 taraf ülke bulunmaktadır (URL-2). Ülkemiz

protokole 2009 yılında taraf olmuştur. Türkiye'nin sayısallaştırılmış emisyon sınırlandırma / azaltım taahhüdü bulunmamaktadır.

Paris Anlaşması: 2015'te Paris'teki 21. Taraflar Konferansı'nda, UNFCCC Tarafları, iklim değişikliği ile mücadele etmek ve sürdürülebilir düşük karbonlu bir gelecek için gereken eylemleri ve yatırımları hızlandırmak ve yoğunlaştırmak için önemli bir anlaşma imzalamışlardır. Paris Anlaşması, UNFCCC'i temel alır ve ilk kez tüm ülkeleri, iklim değişikliğiyle mücadele ve etkilerine uyum sağlama konusunda iddialı çabalar göstermeleri için ortak bir neden haline getirmiş ve gelişmekte olan ülkelerin bunu yapmasına yardımcı olmak için geliştirilmiş destek sağlamaktadır. Bu nedenle, küresel iklim mücadelesinde yeni bir rota çizmiştir (URL-2).

Paris Anlaşması'nın temel amacı, bu yüzyılda küresel sıcaklık artışını sanayi öncesi seviyelerin üzerinde 2 °C'nin çok altında tutarak iklim değişikliği tehdidine küresel tepkiyi güçlendirmek ve sıcaklık artışını 1,5 °C ile daha da sınırlamak için çaba göstermektir. 22 Nisan 2016 Dünya Günü'nde 175 dünya lideri New York'ta Birleşmiş Milletler Genel Merkezi'nde Paris Anlaşması'nı imzalamıştır. Türkiye bu sözleşmeyi gelişmekte olan bir ülke olarak imzalamıştır. Bu anlaşma, bugüne kadar tek bir günde imzalayan ülkelerin sayısının çokluğu bakımından tek uluslararası sözleşmedir (URL-2).

Türkiye'nin 30 Eylül 2015'te Sözleşme Sekreteryası'na Niyet Edilen Ulusal Katkı Beyanını sunmuştur. Bu beyana göre Türkiye, 2030 yılında sera gazı emisyonlarını referans senaryoya göre artıştan %21 oranında azalması öngörülmüştür (URL-7).

Türkiye için Paris Anlaşmasına kadar olan süreç sancılı geçmiştir. 1992 yılında Rio Toplantısı'nda UNFCCC'in kabul edilmesiyle Türkiye Ek I (sera gazı azaltım sorumluluğu alacak ülkeleri içerir) ve Ek II (gelişmekte olan ülkelere destek sağlayacak ülkeleri içerir) listelerine dahil edilmiştir. Türkiye'nin gelişmekte olan bir ülke olmasına rağmen gelişmiş ülkelerle birlikte bu listelere dahil olmasının tek gerekçesi Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) üyesi olmasıdır. Bu listeler ekonomik gelişmeden vazgeçmek anlamına gelen yasal yükümlülükleri kabul etmektir. Bu sebeplerden dolayı Türkiye bu durumdan olan rahatsızlıklarını bundan sonraki süreçlerde sıklıkla dile getirmiştir. 2001 yılında Marakeş'te yapılan 7. Taraflar Konferansı'nda (COP7) Ek II listesinden çıkarılmıştır. Ek II listesinden çıkarılmasına rağmen "özel koşulları tanınan" ülke olarak Ek I listesinde kalmaya devam etmiştir. Ülkemizin UNFCCC'ye 2004'de taraf olmasının başlıca etkenlerinden biri de budur. Bu durum Türkiye'nin ulusal ölçekte iklimle ilgili ciddi adımlar atamamasına yol

açmıştır. 15. Taraflar Konferansı'nda Kopenhag'da (Kopenhag Zirvesi) 2009 yılında Türkiye, sözleşme çerçevesindeki yasal konumu ile ilgili sıkıntılarını dile getirmiş ve sorumluluk almama konusunda kararlı bir tutum sergilemiştir. Gelişmiş ülkelerden beklenildiği gibi bir azaltım beklenildiği için sera gazı azaltımı konusundan kaynaklı olarak taraf olmamıştır (Birpınar, 2022; Karakaya, 2016).

Meksika'nın Cancun kentinde 2010 yılında gerçekleştirilen 16. Taraflar Konferansı'nda (COP16) Türkiye'nin özel koşulları yinelenerek çölleşme, taşkın, tarım, su kaynakları, kıyı bölgelerinin yönetimi ve iklim değişikliğine uyum konusunda destek alacak ülke olduğu kabul edilmiştir. 2011 yılındaki COP17, 2012 yılındaki COP18 ve 2014 yılındaki COP20' alınan kararlar ile özel koşullar yinelenmiştir. Ek I listesinde olmasına rağmen Türkiye sorumluluk alarak Paris Anlaşması'nı imzalamıştır. 2021 yılında Paris Anlaşması Türkiye Büyük Millet Meclisi'nde (TBMM) kabul edilmiş ve 2053 yılı karbon nötr hedefi tüm dünya kamuoyuna duyurulmuştur (Birpınar, 2022).

2.3.2 İklim senaryoları

İklim değişikliğinin etkilerinin anlaşılması, etkilerinin azaltılması ve iklim değişikliğine adaptasyonun sağlanması için iklimi anlamak gerekmektedir. İklim değişikliğini anlamak, gelecekteki etkilerini azaltmak ve bu değişikliğe adapte olmak için iklimi modelleme ihtiyacı doğmuştur. Bundan dolayı IPCC denetiminde çeşitli çalışma grupları geçmişteki iklim verilerinden faydalanarak gelecekteki iklimi öngören senaryolar hazırlamışlardır. Bu senaryolardan en yaygın olarak kullanılanları RCP ve SSP senaryolardır.

Representative concentration pathways (RCP)(Temsili konsantrasyon yolu)

Uluslararası Uygulamalı Sistem Analizi Enstitüsü (IIASA)'ne göre RCP'ler yeni, tamamen entegre senaryolar değildir (yani, tam bir sosyoekonomik, emisyon ve iklim tahminleri paketi değildir). Yalnızca iklim modellemesi, desen ölçeklemesi ve atmosferik kimya modellemesi için girdi olarak hizmet etmesi amaçlanan radyasyon zorlamanın bileşenlerinin tutarlı projeksiyon kümeleridir. Bu nedenle, sosyoekonomik, iklim ve gelecekteki etkilerine ilişkin belirsizliklerin araştırılabileceği, araştırma toplulukları arasında senaryo geliştirmeye hızlı bir başlangıç sağlamaktadır. Bundan dolayı da IPCC'nin beşinci Değerlendirme Raporu için yeni senaryolar geliştirmeye yönelik paralel sürecin sadece başlangıcını oluştururlar. RCP'ler topluluklar arasında tutarlı bir analitik bağlantı sağlamayı amaçlamaktadır (Url-6).

RCP'ler, bireysel modelleme ekipleri tarafından bildirilen 2100 radyasyon zorlama seviyelerine göre adlandırılmaktadır. Radyasyon zorlama tahminleri, sera gazlarının ve diğer zorlayıcı etkenlerin zorlanmasına dayanmaktadır, ancak arazi kullanımının (albedo) veya mineral taneciklerin zorlanmasının doğrudan etkilerini içermemektedir (Url-6).

RCP'ler potansiyel emisyonlar, arazi kullanımı veya iklim değişikliği için tahminler veya sınırlar değildir. Ayrıca, seçildikleri sırada radyasyon zorlaması literatürünün kapsamını temsil etmek ve böylece geniş bir iklim alanının haritalanmasını kolaylaştırmak için bilimsel amaçlarla seçildikleri için politika belirleyici değildirler. Bu nedenle, iklim politikası eylemi (veya eylemsizliği) ve gelecekteki belirli yolların veya iklimlerin teknolojik, ekonomik veya politik uygulanabilirliği açısından belirli gelecek senaryoları temsil etmemektedir (Url-6).

RCP'ler, dört ayrı modelleme grubu tarafından geliştirilen dört bağımsız yoldur. Her RCP'nin altında yatan sosyo-ekonomiler benzersiz değildir ve RCP'ler, potansiyel varsayımlar dizisinin bir seti veya temsilcisi değildir. Örneğin, daha düşük radyasyon zorlamasına sahip RCP'ler (RCP 6.0, RCP 4.5 ve RCP 2.6), daha yüksek radyasyon zorlaması olanlardan (RCP 8.5 veya hatta RCP 6.0) türetilmez. Bu nedenle RCP'ler arasındaki farklılıklar doğrudan iklim politikasının veya belirli sosyoekonomik gelişmelerin bir sonucu olarak yorumlanamamaktadır. Her türlü farklılık, kısmen modeller ve senaryo varsayımları (bilimsel, ekonomik ve teknolojik) arasındaki farklılıklara atfedilebilir. Bu, özellikle arazi kullanımı / arazi örtüsü ve hava kirletici emisyonları gibi radyasyon zorlayıcı hedeflere dolaylı olarak bağlanan senaryo unsurları için geçerlidir (Url-6).

Farklı araştırmacılar tarafından dört RCP senaryosu geliştirilmiştir.

Çizelge 2.1: RCP'ler (Moss vd., 2010)

Name	Radiative forcing	Concentration (p.p.m.)	Pathway	Model providing RCP*	Reference
RCP8.5	>8.5 W m^{-2} in 2100	>1,370 CO_2-equiv. in 2100	Rising	MESSAGE	55,56
RCP6.0	~6 W m^{-2} at stabilization after 2100	~850 CO_2-equiv. (at stabilization after 2100)	Stabilization without overshoot	AIM	57,58
RCP4.5	~4.5 W m^{-2} at stabilization after 2100	~650 CO_2-equiv. (at stabilization after 2100)	Stabilization without overshoot	GCAM	48,59
RCP2.6	Peak at ~3 W m^{-2} before 2100 and then declines	Peak at ~490 CO_2-equiv. before 2100 and then declines	Peak and decline	IMAGE	60,61

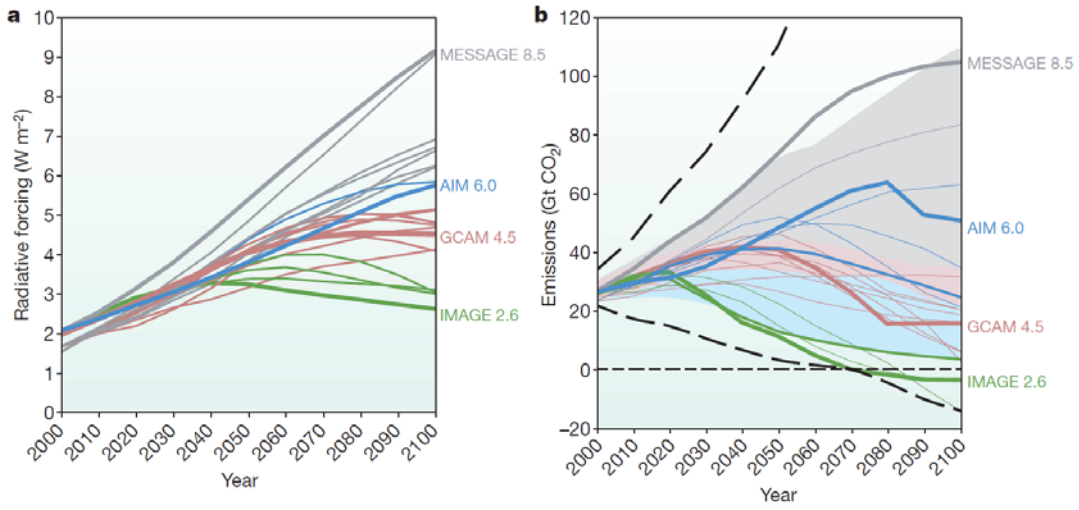
RCP 2.6: RCP 2.6, Hollanda Çevresel Değerlendirme Ajansı'nın IMAGE modelleme ekibi tarafından geliştirilmiştir. Emisyon yolu, çok düşük sera gazı konsantrasyon seviyelerine yol açan literatürdeki senaryoları temsil etmektedir. Bu sözde "tepe" senaryosudur: Işınım zorlama seviyesi ilk olarak yüzyılın ortalarında 3,1 W / m² civarında bir değere ulaşır ve 2100'de 2,6 W / m²'ye döner. Bu tür ışınım zorlama seviyelerine ulaşmak için, sera gazı

emisyonları (ve dolaylı olarak hava kirletici emisyonları) zaman içinde önemli ölçüde azaltılmalıdır (Url-6). Bu senaryoya göre 2100 yılında ortalama sıcaklık artışı 1,5 – 2 °C olarak öngörülmektedir (Çizelge 2.1; Şekil 2.3).

RCP 4.5: RCP 4.5, Pasifik Kuzeybatı Ulusal Laboratuvarı'nın Ortak Küresel Değişim Araştırma Enstitüsü'ndeki (JGCRI) MiniCAM modelleme ekibi tarafından geliştirilmiştir. Sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik bir dizi teknoloji ve stratejinin kullanılmasıyla toplam radyasyon zorlamasının 2100'den önce 4,5 W/m^2 civarında stabilize edildiği bir senaryodur (Url-6). Bu senaryoya göre 2100 yılında ortalama sıcaklık artışı 2,5 – 3 °C olarak öngörülmektedir (Çizelge 2.1; Şekil 2.3).

RCP 6.0: RCP 6.0, Japonya Ulusal Çevre Çalışmaları Enstitüsü'ndeki (NIES) AIM modelleme ekibi tarafından geliştirilmiştir. Sera gazı emisyonlarını azaltmak için bir dizi teknoloji ve stratejinin kullanılmasıyla toplam radyoaktif zorlamanın 2100'den sonra aşılmadan 6 W/m^2 civarında dengelendiği bir senaryodur (Url-6). Bu senaryoya göre 2100 yılında ortalama sıcaklık artışı 3 – 3,5 °C olarak öngörülmektedir (Çizelge 2.1; Şekil 2.3).

RCP 8.5: RCP 8.5, Avusturya Uluslararası Uygulamalı Sistem Analizi Enstitüsü (IIASA) MESSAGE modelleme ekibi ve IIASA Entegre Değerlendirme Çerçevesi tarafından geliştirilmiştir. RCP 8.5, literatürdeki yüksek sera gazı konsantrasyon seviyelerine yol açan senaryoları temsil eden zaman içinde artan sera gazı emisyonlarıyla karakterize edilir (Url-6). Senaryoya göre 2100 yılındaki radyasyon zorlaması 8,5 W/m^2 dolaylarındadır. Bu senaryoya göre 2100 yılında ortalama sıcaklık artışı 5 °C olarak öngörülmektedir (Çizelge 2.1; Şekil 2.3).



Şekil 2.3: RCP senaryo adaylarına ait Radiative zorlama seviyeleri ve emisyon miktarları (Moss vd., 2010)

Shared socioeconomic pathway (SSP) (Paylaşılan sosyoekonomik yol)

SSP'ler, iklim değişikliği araştırma topluluğunun gelecekteki iklim etkilerinin, kırılganlıkların, adaptasyonun ve azaltmanın entegre analizini kolaylaştırmak için benimsediği yeni bir çerçevenin parçasıdır. İklim değişikliği araştırma toplulukları için birkaç yıl öncesinde üretilen Temsili Konsantrasyon Yolları (RCP'ler) ile birlikte entegreli bir şekilde çok disiplinli analiz gerçekleştirmeleri için bir araç seti sağlamaktadır. SSP'ler, değişen düzeylerde küresel zorluklarla karakterize edilen dünyadaki beş farklı gelişmeyi yansıtmaktadır: (1) bir yeşil büyüme paradigması altında gelişme (SSP1: Sürdürülebilirlik - Yeşil Yolu İzlemek; (2) tarihsel modeller boyunca gelişme; (3) bölgesel olarak heterojen bir gelişme (SSP3: Bölgesel rekabet - Kayalık bir yol); (4) hem coğrafi hem de sosyal eşitsizlikleri besleyen bir gelişme (SSP4: Eşitsizlik - Bölünmüş bir yol); ve (5) kapsamlı fosil yakıt kullanımının hakim olduğu bir geliştirme yolu (SSP5: Fosil yakıtlı geliştirme – Otoyolun alınması) (Fricko vd., 2017).

SSP1 Sürdürülebilirlik - Yeşil Yola Çıkmak (Azaltma ve adaptasyon için düşük zorluklar): Dünya, algılanan çevresel sınırlara saygı duyan daha kapsayıcı kalkınmayı vurgulayarak daha sürdürülebilir bir yola doğru kademeli olarak, ancak yaygın bir şekilde kaymaktadır. Küresel olarak halkın yönetimi yavaş yavaş gelişmekte, eğitim ve sağlık yatırımları demografik geçişi hızlandırmakta ve ekonomik büyümeye yapılan vurgudan insan refahına yapılan vurguya doğru kaymaktadır. Kalkınma hedeflerine ulaşma konusundaki artan bağlılıkla yönlendirilen eşitsizlik hem ülkeler arasında hem de ülkeler içinde azalmaktadır.

Tüketim, daha düşük kaynak ve enerji kullanımına yöneliktir (Özdemir vd., 2020; Riahi vd., 2017).

SSP2 Yolun Ortası (Azaltma ve adaptasyon için orta zorluklar): Dünya, sosyal, ekonomik ve teknolojik eğilimlerin tarihsel kalıplara göre önemli ölçüde değişmediği bir yol izlemektedir. Bazı ülkeler nispeten iyi ilerleme kaydederken, diğerleri beklentilerin altında kalmakta, kalkınma ve gelir artışı düzensiz bir şekilde ilerlemektedir. Küresel ve ulusal kurumlar, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için çalışmakta ancak yavaş ilerleme kaydetmektedirler. Çevresel sistemler, bazı iyileştirmeler olmasına ve genel olarak kaynak ve enerji kullanımının yoğunluğu azalmasına rağmen, bozulma yaşamaktadır. Küresel nüfus artışı orta düzeydedir ve yüzyılın ikinci yarısında azalmaktadır. Gelir eşitsizliği devam etmektedir veya yavaş yavaş ilerlemektedir. Toplumsal ve çevresel değişikliklere karşı savunmasızlığı azaltmaya yönelik zorluklar devam ediyor (Özdemir vd., 2020; Riahi vd., 2017).

SSP3 Bölgesel Rekabet - Kayalık Bir Yol (Azaltma ve adaptasyon için yüksek zorluklar): Yeniden canlanan bir milliyetçilik, rekabetçilik, güvenlik konusundaki endişeler ve bölgesel çatışmalar, ülkeleri giderek yerel meselelere veya en fazla bölgesel meselelere odaklanmaya itmektedir. Politikalar, ulusal ve bölgesel güvenlik sorunlarına giderek daha fazla odaklanmak için zamanla değişmektedir. Ülkeler, daha geniş tabanlı kalkınma pahasına kendi bölgelerinde enerji ve gıda güvenliği hedeflerine ulaşmaya odaklanmaktadır. Eğitim ve teknolojik gelişmeye yapılan yatırımlar azalmaktadır. Ekonomik gelişme yavaş ilerlemektedir. Eşitsizlikler devam etmekte veya daha kötüye gitmektedir. Nüfus artışı sanayileşmiş ülkelerde düşük, gelişmekte olan ülkelerde yüksektir. Çevresel kaygıların giderilmesinde uluslararası önceliğin düşük olması bazı bölgelerde güçlü çevresel bozulmalara yol açmaktadır (Özdemir vd., 2020; Riahi vd., 2017).

SSP4 Eşitsizlik - Bölünmüş Bir Yol (Azaltmada düşük zorluklar, adaptasyonda yüksek zorluklar): Beşeri kaynaklara yapılan son derece eşitsiz yatırımlar, ekonomik fırsat ve siyasi güçte artan eşitsizliklerle birleştiğinde hem ülkeler arasında hem de ülkeler içinde artan eşitsizliklere ve tabakalaşmaya yol açmaktadır. Zamanla, küresel ekonominin bilgi ve sermaye yoğun sektörlerine katkıda bulunan uluslararası bağlantılı bir toplum ile emek yoğun, düşük teknolojili bir ekonomide çalışan düşük gelirli, düşük eğitimli toplumların arasındaki boşluk genişlemektedir. Sosyal uyum bozulmakta, çatışma ve huzursuzluk giderek yaygınlaşmaktadır. Yüksek teknoloji ekonomisinde ve sektörlerinde teknoloji

gelişimi yüksektir. Küresel bağlantılı enerji sektörü hem kömür hem de geleneksel olmayan petrol gibi karbon yoğun yakıtlara yapılan yatırımlarla, aynı zamanda düşük karbonlu enerji kaynaklarıyla da çeşitlenmektedir. Çevre politikaları, orta ve yüksek gelirli alanlarla ilgili yerel konulara odaklanmaktadır (Özdemir vd., 2020; Riahi vd., 2017).

SSP5 Fosil Yakıtlı Kalkınma- Otoyolun Alınması (Azaltmada yüksek zorluklar, adaptasyonda düşük zorluklar): Bu dünya, sürdürülebilir kalkınmanın yolu olarak hızlı teknolojik ilerleme ve beşerî sermayenin gelişimini ilerletmek için rekabetçi pazarlara, yenilikçi ve katılımcı toplumlara olan inancın artmasına yer vermektedir. Küresel pazarlar giderek daha fazla entegre olmaktadır. Beşerî ve sosyal sermayeyi geliştirmek için sağlık, eğitim ve kurumlara yönelik güçlü yatırımlar da yapılmaktadır. Aynı zamanda, ekonomik ve sosyal kalkınma çabası, bol miktarda fosil yakıt kaynaklarının kullanılması ve dünya çapında kaynak ve enerji yoğun yaşam tarzlarının benimsenmesiyle birleşmektedir. Tüm bu faktörler, küresel ekonominin hızlı büyümesine yol açarken, küresel nüfus 21. yüzyılda zirveye ulaşmakta ve azalmaktadır. Hava kirliliği gibi yerel çevre sorunları başarıyla yönetilmektedir. Gerekirse jeo-mühendislik de dahil olmak üzere sosyal ve ekolojik sistemleri etkin bir şekilde yönetme becerisine olan inanç yaygındır (Özdemir vd., 2020; Riahi vd., 2017).

2.4 Kentsel Alanlarda İklim Değişikliği

Kentleşme, bir kırsal alanın kentsel bir alana dönüşme sürecidir veya bir alanın kentleşme derecesidir (Gaston, 2010). Vlahov vd. göre kentleşme, şehirlerin boyutundaki, yoğunluğundaki ve heterojenliğindeki değişimi ifade eder. Nüfus hareketliliği, ayrışma ve sanayileşme gibi faktörler sıklıkla kentleşmeye eşlik eder. Daha basit bir ifadeyle kentleşme, şehirlerin ortaya çıkmasını ve büyümesini (veya boyutlarının küçülmesini) içeren bir süreçtir. Bu nedenle, kentleşme süreci kendi başına kent tanımına değil, daha çok bireylerin yığılma dinamiklerine bağlıdır (Vlahov, 2002).

Bir bölgenin kentleşmesi, birbirinden tamamen farklı üç yolla ve bunların kombinasyonları ile gerçekleşebilmektedir. Birincisi, insanların kırsal alanlardan (veya başka yerlerdeki kentsel alanlardan) mevcut kentsel alanlara göç etmelerinden kaynaklanabilir ve bu da onların yoğunlaşmasına ve / veya genişlemesine yol açabilmektedir. Bu, şu anda kentsel nüfus artışının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. İkincisi, doğum ve ölüm oranlarındaki farklılıklar, mevcut kentsel bölgelerde kırsal alanlardan daha fazla doğal nüfus artışına neden

olabilir ve bu da yine birincisinin yoğunlaşmasına ve / veya genişlemesine yol açmaktadır. Günümüzde doğurganlık oranları daha düşük olma eğiliminde olmasına rağmen, insan sağlığı genellikle daha iyi ve kentsel alanlarda kırsal alanlara göre insan ömrü daha uzundur. Üçüncüsü, kırsal alanlardaki doğal veya planlı (örneğin, belirli yeni gelişmelerin veya girişimlerin konumu aracılığıyla) nüfus artışı, mevcut kentsel alanların çevrelerine doğru genişlemesi veya bağımsız kentsel alanların gelişmesi yoluyla kentleşmeye neden olabilmektedir (Gaston, 2010).

Kentleşmenin çevreye etkileri ise farklı ölçeklerde meydana gelmektedir. Atmosferik çevrenin kentsel modifikasyonu üç coğrafi ölçekte meydana gelmektedir (Berry, 2008):

1. Yerel olarak, etkin yüzeyin yapısını değiştirerek: toprağın, çimenin ve ağaçların doğal yüzeyinin, tuğla, beton, cam ve metalden oluşan kentsel yüzeyler ile değiştirilmesidir. Bu yapay malzemeler, yansıtan ve yayan yüzeylerin yapısını, yüzeye yakın ısı değişimini ve yüzeyin aerodinamik pürüzlülüğünü değiştirmektedir (Berry, 2008).

2. Bölgesel ölçekte, yapay olarak büyük miktarlarda ısı üreterek, gaz ve katı kirletici emisyonları yoluyla atmosferin bileşimini değiştirmektedir. Orta enlem şehirlerde yılın belirli zamanlarında, yanma ve metabolik süreçlerle atmosfere yapay ısı girdisi, dolaylı olarak güneşten elde edilene yaklaşmakta veya hatta aşmaktadır. Ortaya çıkan ısı adası, kirleticiler için bir kapan görevi görmektedir (Berry, 2008).

3. Potansiyel olarak, küresel ölçekte, sülfür konsantrasyonuna veya CO_2'e etki ederek sera etkisine, küresel ısınmaya ve deniz seviyesi değişikliklerine yol açarak büyük kıyı kentleri için büyük sorunlara yol açabilmektedir (Berry, 2008).

Kentleşmenin etkisiyle orman alanları, tarım alanları, doğal ve yarı doğal alanlar yapay yüzeylere dönüşmektedir. Kent büyürken sadece çevresindeki arazi kullanımı/örtüsü değişmekle kalmayıp kent içerisindeki yeşil alanlarda yapay yüzeylere dönüşmektedir. Kentleşmenin etkisiyle yapay yüzeylerin artışı arazi yüzey sıcaklığının artmasına ve kentsel ısı adalarının oluşmasına yol açmaktadır.

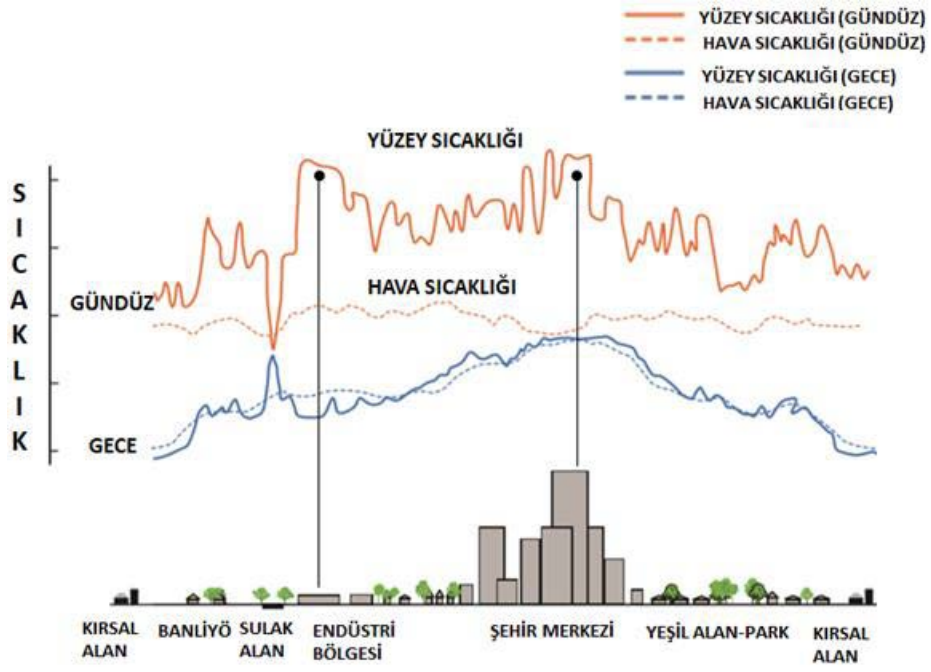
Arazi yüzey sıcaklığı

Arazi yüzey sıcaklığı, Dünya yüzeyinin sıcaklığını ifade etmektedir. Kara ve atmosfer ilişkilerinin önemli bir parametresi olan yüzey sıcaklığı hem yüzey radyasyonu hem de enerji dengesi ile ilişkilidir (Bechtel, 2015). Yüzey sıcaklığındaki herhangi bir değişiklik arazi kullanımı/örtüsü konfigürasyonundaki değişikliklerden kaynaklanmaktadır (Guha, 2021).

Arazi örtüsü, bitki örtüsü, topografya, jeoloji ve toprak nemi gibi faktörün etkisiyle mekânsal-zamansal olarak değişkenlik göstermektedir (Bechtel, 2015). Genellikle yerleşim alanları, çıplak yüzeyler veya kuru toprak alanlarda yüzey sıcaklığı yüksekken su kütleleri ve bitki örtüsünün hâkim olduğu alanlarda yüzey sıcaklığı düşüktür. Bundan dolayı kentsel arazi kullanımı planlamasında ve geliştirilmesinde yüzey sıcaklığı ile ilgili çalışmalar önem arz etmektedir (Guha, 2021).

Kentsel ısı adası

Yapay yüzeylerin artışıyla kent içerinde kentsel ısı adaları oluşmaktadır. Kentsel ısı adası kavramı ilk olarak 1820 yılında İngiltere'nin Londra kentinde Luke Howard tarafından tespit edilerek literatüre dahil edilmiştir (Tonyaloğlu, 2019). Kentsel ortamlardaki sert yüzeylerin artması, yeşil alanların azalmasına, solar radyasyon absorpsiyonun artmasına ve bölgesel iklim değişikliklerinin olmasına neden olmaktadır. Kentlerde meydana gelen bölgesel ısı artışlarına kentsel ısı adası (Urban Heat Island (UHI)) adı verilmektedir (Yıldız vd. 2019)(Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Yüzey ve Atmosferik Sıcaklık Değişimleri (Yıldız vd., 2019).

Biyoklimatik konfor

Kentsel ısı adası insan sağlığını ve konforunu etkileyerek biyoklimatik konforu olumsuz etkilemektedir. Biyoklimatik konfor insan biyoklimatolojisinin ilgi alanıdır. Biyoklimatoloji, canlılar ve iklim arasındaki karşılıklı ilişkiyi araştıran çok disiplinli bir

bilim dalıdır ve birçok alt kolu bulunmaktadır. Bu alt kollardan biri olan insan biyoklimatolojisi üzerindeki çalışmalar oldukça yenidir. Bu çalışmalar insan yaşamı bakımından en uygun iklim koşullarının belirlenmesine yöneliktir (Boz, 2017).

İnsan ile iklim arasında ilişki kuruldukça, insanların belli şartlarda kendilerini fizyolojik ve ruhsal olarak daha sağlıklı ve dinç hissettikleri görülmüştür (Erkek vd., 2020). Biyoklimatik konfor durumu; insanın en az miktarda enerji harcayarak çevresine uyabildiği koşullar olarak tanımlanmaktadır. Bir başka anlatımla; insanın kendini en sağlıklı ve dinamik hissettiği iklim koşullarının insanla bir arada bulunduğu durumdur (Topay & Yılmaz, 2004).

Topay ve Yılmaz (2004)'e göre, bir mekânda biyoklimatik konfor durumunun belirlenebilmesi için öncelikle sıcaklık, bağıl nem, radyasyon ve rüzgâr durumunun saptanması ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu temel faktörler yanında; sıcak günlerin sayısı, yağış durumu, hava olaylarına bağlı ortaya çıkan hastalık ve zararlılar ile hava kirliliği ve atmosferdeki oksijen miktarı da insan konforunu etkilemektedir. Bütün bu etkilerin hepsi birden dikkate alınarak "Biyoklimatik Konfor" durumu belirlenebilir (Topay & Yılmaz, 2004).

Biyoklimatik konfor durumu, sübjektif bir değer olup mekâna, zamana ve kişiye göre değişmektedir. Değerlendirmelerde 15-27 °C hissedilen sıcaklık değerleri; iç mekânda bulunan, 25 yaşlarında, sağlık problemi olmayan, normal olarak giyinmiş, hareket etmeyen bir kişi için hesaplanmıştır. Dış mekan koşullarında bu değerler 5 derece düşük ya da yüksek olabilmektedir (Topay & Yılmaz, 2004).

2.5 Araştırma Konusuyla İlgili Daha Önce Yapılmış Çalışmalar

Hoan ve ark.(2018), "Hanoi Şehrinde Konforlu Bir Yaşam Geliştirmek İçin Kentsel Yüzeydeki Isı Adalarında Arazi Kullanım Tiplerinin Etkilerinin Değerlendirilmesi (Assessing the Effects of Land-Use Types in Surface Urban Heat Islands for Developing Comfortable Living in Hanoi City)" adlı çalışmada Hanoi'deki arazi kullanım değişikliklerini değerlendirmek, ana arazi kullanım türlerinin bileşimi ile Hanoi'deki yüzeysel kentsel ısı adası (SUHI) arasındaki nicel ilişkileri değerlendirmek, arazi kullanım kompozisyonunun SUHI üzerindeki etkilerini aşırı sıcak günlerde analiz etmeyi amaçlamışlardır. SUHI tahmini için bir regresyon modeli türetmek ve artan kentsel sıcaklık nedeniyle SUHI'nin insan sağlığı üzerindeki etkilerini en aza indirmek için geçerli önlemler önermeyi hedeflemişlerdir. Bu çalışma, Vietnam'ın başkenti olan ve 7.7 milyondan fazla

insanın yaşadığı Hanoi kentinde 160 km²'lik alanda gerçekleştirilmiştir. Hava sıcaklığının en yüksek derecelere ulaştığı 4 Haziran 2017 ve 2 Haziran 2016 tarihlerinin Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) ve TIRS (Termal Kızılötesi Sensör) görüntüleri kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda, arazi kullanım kompozisyonu ile LST arasındaki korelasyonlar dikkate alınarak çok değişkenli bir regresyon modeli türetilmiştir. Bu model, LST'de önemli bir düşüşün, şehirde daha rahat ve sürdürülebilir yaşam için bitki örtüsü ve su oranını artırarak elde edilebileceğini göstermektedir.

Trihamdani ve ark.(2017), "Arazi Kullanım Değişikliklerinin Hanoi, Vietnam'daki Kentsel Isı Adaları Üzerindeki Etkileri: Senaryo Analizi (Impacts of Land Use Changes on Urban Heat Islands in Hanoi, Vietnam: Scenario Analysis)" başlıklı çalışmalarında hava durumu araştırmaları ve tahminleri (WRF) gibi bölgesel bir iklim modeli kullanarak arazi kullanım değişikliklerinin UHI'ler üzerindeki etkilerini senaryo analizi ile incelemişlerdir. Senaryo analizi, yeşil kapsama oranının (GCR'nin) artmasıyla kentsel yeşile odaklanan UHI azaltma önerisini içerir; ve 2030'larda küresel ısınmanın etkisi altında Hanoi'deki UHI'ların tahminlerini içermektedir. Çalışmada Ulusal Atmosferik Araştırmalar Merkezi (NCAR) tarafından geliştirilen olarak bilinen WRF 3.6 sürümü kullanılmıştır. Mevcut durum için 1° x 1° (111 km x 111 km) çözünürlüğe sahip NCEP FNL Operasyonel Küresel Analiz verileri kullanılmıştır. Gelecekteki iklim koşullarında Küresel İklim Modelleri (GCM'ler) tarafından öngörülen veriler kullanılmıştır. MIROC5 RCP4.5'e dinamik bir ölçek küçültme yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntem, GCM çıktılarının WRF'de başlangıç sınır koşulu olarak kullanılmasına izin verir. WRF'de uygulanan ölçek küçültme işlemi, hedef alan için yüksek çözünürlükte (~ 0.5 km) iç içe bir bölgesel iklim koşulları üretmiştir. Arazi kullanım değişikliği ve küresel ısınmanın Hanoi'deki kentsel iklim üzerindeki etkisini anlamak için bu çalışma sırasıyla Durum 1, Durum 2, Durum 2-1 ve Durum 2-2 olmak üzere dört senaryoyu değerlendirmiştir. Bunun sonucunda küresel ısınmanın, Hanoi şehrindeki kentsel iklimi önemli ölçüde değiştireceği ve küresel ısınmadan kaynaklanan sıcaklık artışı 1.8 ° C'ye ulaşacağı, yakın gelecekte (2030'larda) hava sıcaklığının artmasının, kentsel yeşillerin soğutma etkisini aşacağı sonuçlarına ulaşmışlardır.

Hu ve ark.(2014), "Çin'in Dongting Gölü Bölgesinde Arazi Kullanım Yoğunluğunun Yüzey Sıcaklığına Etkisi (The Effect of Land-Use Intensity on Surface Temperature in the Dongting Lake Area, China)" adlı çalışmalarında Dongting Gölü bölgesindeki yüzey sıcaklığı değişimleri ile arazi kullanım yoğunluğu arasındaki mekânsal-zamansal farklarını belirlemek ve bölgesel değişimler arasındaki içsel bağı tanımlamak ve arazi kullanım

yoğunluğu ile arazi yüzey sıcaklığı arasındaki ilişkiyi coğrafi açıdan incelemeyi amaçlamışlardır. Çalışmada LANDSAT5 / 7'nin TM / ETM + görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntülerinin atmosferik ve geometrik düzeltmesi yapılmıştır. Arazi Kullanımı sınıflandırılmıştır. Arazi kullanım yoğunluğu dört sınıfa ayrılmıştır ve her sınıfa bir değer verilmiştir. Arazi kullanım yoğunluğu mekânsal olarak ifade edilmiştir. Yüzey sıcaklığı hesaplanmış ve arazi kullanım yoğunluğu ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucuna göre; Arazi kullanım yoğunlukları kent merkezlerine yakın yerlerde daha yüksektir. Bu nedenle, arazi kullanım yoğunluğu, şehir merkezinden banliyölere dağılmış desenle temsil edildiği gibi, yavaş yavaş kentsel merkezlere doğru artmıştır. Yüksek sıcaklıklar esas olarak şehir merkezlerinde meydana gelmiştir. Bölgesel ortalama sıcaklık, son on yılda artış göstermiştir.

Youneszadeh ve ark.(2015), "Hollanda'da Arazi Kullanım Değişiminin Arazi Yüzey Sıcaklığına Etkisi (The Effect of Land Use Change on Land Surface Temperature in The Netherlands)" başlıklı çalışmalarında Hollanda kentlerinde arazi kullanım değişikliğinin arazi yüzey sıcaklığı üzerindeki etkilerini uzaktan algılama ve mekansal istatistik yöntemlerine göre incelenmişlerdir. Küresel MODIS LST grid sisteminde, Hollanda h18v03 gridinde bulunur. Bu ızgara yaklaşık 1 km x 1 km'lik bir ağda gridlenmiştir. 2003, 2006 ve 2008 yıllarının arazi kullanım haritaları arazi kullanım türlerini değerlendirmek için kullanılmıştır. Arazi kullanım haritaları, Arcmap'in dissolve fonksiyonu kullanılarak 6 sınıfa ayrılmıştır. Yeni sınıflar açık tarım, birikim alanları, rekreasyon alanları, sera yetiştiriciliği, iç suyolu, açık deniz alanları ve ormandır. Her bir il ve arazi kullanım türü içindeki LST değerlerini özetlemek ve karar vermeyle ilgili somut ve pratik bilgi sağlamak için mekansal istatistik yöntemleri kullanılmıştır. Mekânsal ortalama LST daha sonra tüm Hollanda eyaletleri ve arazi kullanım tipleri için hesaplanmıştır. Daha sonra sınıflandırılan arazi kullanımı ile 2003-2008 yılları arasındaki yüzey sıcaklığı değişimi karşılaştırılmıştır. Orman alanlarının en az yüzey sıcaklığına ve kentsel alanların daha yüksek yüzey sıcaklığına sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu çalışmanın Hollanda'nın mekânsal planlamasında ve stratejilerinde önemli bir yere sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Zhouyuan Li ve ark.(2017), "Çin, İç Moğolistan'ın Kurak Çayır Ekosisteminde Arazi Kullanımı / Örtüsü Değişimi ve Bölgesel İklim Değişikliği (Land use/cover change and regional climate change in an arid grassland ecosystem of Inner Mongolia, China)" adlı bu çalışmada, uzaktan algılama tekniklerini kullanışmış ve aşağıdaki bilimsel soruları ele alınmışlardır: (1) Çalışma alanının arazi kullanımı / örtüsü 1989-2011 arasında nasıl değişti; (2) 1989-2011 döneminde kara-atmosfer sürecinin, NDVI, Ts (yüzey radyasyon sıcaklığı)

ve ET'nin (evapotranspirasyon) temel değişkenleri bölgede nasıl değişmektedir; (3) Farklı arazi kullanımı / örtüsü türlerine ilişkin temel değişkenler arasındaki ilişkiler nelerdir? Özellikle, bir korelasyon analizi ile, doğal arazi örtüsünün bölgesel iklim üzerinde insan arazi kullanımından daha güçlü etkileri olduğu hipotezini test ederek, farklı AKÖD'nin (arazi kullanımı/örtüsü değişimi) kurak çayır ekosistemindeki termal ve hidrolojik mekânsal örüntülere katkısını ortaya koymaktadır. Landsat Thematic Mapper 5 sensörü tarafından ABD Jeolojik Araştırmalar Landsat veri tabanından (USGS) 30 m x 30 m çözünürlükte elde edilen çalışma alanının görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntülerine dayalı görsel yorumu yapmak için dijital görüntü işleme yazılımı ERDAS 2011 ile kontrollü sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır. ERDAS IMAGINE 2011 ile ATCOR2 modülünü kullanarak bölgesel temel iklim değişkenlerini hesaplamışlardır. Excel, SPSS ve R yazılımlarını kullanarak korelasyon analizi yapmışlardır. Yaptıkları korelasyon analizi, kara-atmosfer süreçleri çerçevesinde bölgesel iklim sistemindeki temel değişkenler arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Çalışmanın sonuçlarına göre doğal arazi örtüsü üzerindeki kilit değişkenlerin korelasyon katsayılarının insan arazi kullanımından önemli ölçüde daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bu, doğal arazi örtüsünün bölgesel iklim üzerinde farklı yüzey sınır katmanları olarak insan arazi kullanımından daha güçlü etkilere sahip olduğu hipotezini desteklemektedir.

Victor Brovkin ve ark.(2004), "Son 150 Yılda Atmosferdeki CO_2 Artışı ve İklim Değişikliği İçin Arazi Örtüsü Değişikliklerinin Rolü (Role of land cover changes for atmospheric CO_2 increase and climate change during the last 150 years)" başlıklı bu çalışmalarında sadece CO_2 emisyonlarını tahmin etmek yerine, doğrudan atmosferik CO_2 konsantrasyonunun (yani birincil iklim zorlamasının) artmasında arazi kullanımı değişikliğinin göreceli rolüne odaklanmışlardır. Ayrıca arazi örtüsünün yeniden yapılandırılmasındaki farklılıklar ve model parametre tanımlamaları nedeniyle oluşan belirsizliği de test edilmişlerdir. CLIMBER-2 modelini kullanmışlardır. CLIMBER-$_2$, orta karmaşıklıkta bir iklim sistemi modelidir. Tüm simülasyonlarda atmosfer, okyanus ve bitki örtüsü bileşenleri ile etkileşimlidir ve hem fiziksel hem de kimyasal geribildirimleri açıklamaktadır. Çalışmanın sonucunda arazi kullanım emisyonları olmadan, atmosferik CO_2 büyümesi açıklanamayacağı sonucuna ulaşmışlardır.

Salazar ve ark.(2015), "Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü Değişikliğinin Amazon Olmayan Güney Amerika'nın Bölgesel İklimi Üzerindeki Etkileri: Bir İnceleme (Land use and land cover change impacts on the regional climate of non-Amazonian South America: A review)" adlı çalışmalarında Güney Amerika'nın Amazon olmayan ekosistemlerindeki AKÖD (Arazi

Kullanımı/Arazi Örtüsü)'nin iklimsel etkilerini gösteren modelleri ve ampirik sonuçlarını incelemişlerdir. İlk olarak, Amazon ve Amazon olmayan bölgelerde orijinal ve kalan doğal bitki örtüsü miktarını ortaya koymuşlardır. Daha sonra AKÖD'nin (Arazi kullanımı/örtüsü değişimi) Amazon olmayan Güney Amerika iklimi üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir, iklim değişikliği ve gelecekteki araştırma öncelikleri ile ilgili sonuçları ve potansiyel riskleri değerlendirmişlerdir. Öncelikle mevcut ve potansiyel arazi kullanımını hesaplamışlardır. Arazi kullanımını hesapladıktan sonra orman örtüsünde meydana gelen değişiklikleri araştırmışlardır. Son olarak arazi kullanımının iklim üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bunun için de 1900-2013 yılları arasında literatür taraması yaparak yapılan çalışmaları değerlendirmişlerdir. Bu değerlendirmeler sonrası arazi kullanımı/örtüsü değişimi ile iklim değişimi arasındaki etkileşimi, süreçleri ve eğilimleri incelemişlerdir. Son olarak arazi kullanımı/örtüsü ve iklim değişikliğinden kaynaklanan olumsuz etkileri ortaya koymuşlardır.

"Arazi Örtüsü Dönüşümünün Yüzey İklimi Üzerindeki Etkileri" adlı çalışmada Bounoua ve ark.(2002), Colorado Eyalet Üniversitesi atmosferik genel dolaşım modeline birleştirilmiş Basit Biyosfer Modeli (SiB2) kullanılarak 15 yıllık iki iklim simülasyonu rapor etmişlerdir. Simülasyonlar, mevcut ve bozulmamış bitki örtüsü arasındaki biyofiziksel farklılıkların yüzey iklimi üzerindeki etkisini araştırmaktadır. Biyosfer-atmosfer etkileşimleri üzerinde de önemli etkileri olması muhtemel biyojeokimyasal geri bildirimler bu çalışmada ele alınmamıştır. SiB2, biyosfer ve atmosfer arasındaki enerji, su, momentum ve karbon değişimini hesaplayan ve 12 bitki örtüsü sınıfını açık bir şekilde hesaplayan biyofiziksel tabanlı bir kara yüzeyi modelidir. Arazi yüzey modeli aynı zamanda farklı toprak tiplerinin hidrolik ve termal özelliklerini de açıklar. Modelleme çalışmaları, kara yüzeyinin antropojenik değişikliklerinin bölgesel ve küresel iklimi etkilediği sonucuna varmıştır. Bu çalışmaların çoğu bölgesel ölçeklerde arazi örtüsü değişikliklerini simüle ederken, diğer çalışmalar atmosferik dolaşımdaki arazi örtüsündeki küresel değişikliklerin etkisini ele almıştır.

Wang ve ark.(2018), gerçekleştirdikleri "Peyzaj Desenleri Alt İklim Bölgelerinde Farklılaşan Yağışları Etkiler (Landscape Patterns Affect Precipitation Differing across Sub-climatic Regions)" çalışmasında, peyzaj deseni ile yağış arasındaki karşılıklı ilişkiyi ve peyzaj deseninin bölgesel yağışlar üzerinde nasıl bir etkiye sahip olduğunu araştırmışlardır. Kuzey Çin'in İç Moğolistan bölgesinde gerçekleştirdikleri bu çalışmada, Çin Bilimler Akademisi (RESDC) Kaynaklar ve Çevre Bilimleri Veri Merkezi (RESDC) tarafından

sağlanan 1995, 2005, 2010 ve 2015 yıllarına sınıflandırılmış peyzaj veri seti ile birlikte meteoroloji idaresinden edinilen yağış verileri kullanılmıştır. İklim nitelik analizi, yatay peyzaj metrikleri, tahmin modellerinin geliştirilmesi ve doğrulanması, çokluk analizi (RDA) aşamalarından oluşan bir yöntem izlemişlerdir. Çalışmanın sonucuna göre genel olarak, çayırların çekirdek alan ve çayır oranı gibi peyzaj metriklerinin yağışla negatif korelasyonu vardır; yarı kurak bölgelerdeki su yüzeylerinin yerel yağışlarla pozitif korelasyonu vardır. Peyzaj desenleri ve yağış arasındaki korelasyonlar bölgeden bölgeye değişmektedir; tüm bölgelere uygulanabilecek bir model yoktur.

Yonghong Hu ve ark.(2009), "Multi-sensor Verilerinden Elde Edilen Kentsel Isı Adasındaki Arazi Kullanım Değişikliğinin Etkisi (Influence of land use change on urban heat island derived from multi-sensor data)" başlıklı çalışmalarında, uydu görüntüleri, arazi kullanım veri kümesini, yerinde ölçüm verilerini ve nüfus sayımı verilerini entegre ederek, mega şehirler arasındaki iklim değişikliği ve antropojenik faaliyetler arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. İlk olarak, arazi kullanımı / örtü değişimini türetilmiştir ve LUCC (Arazi Kullanımı/Örtüsü Değişimi)'nin temel nedeninin, yerleşim alanının artması ve ekili alanların azalması olduğunu ve LUCC'nin gücünün şehirleşme olduğunu tespit etmişlerdir. Daha sonra, UHI (Kentsel Isı Adası)'nın mekânsal-zamansal modellerini analiz etmek için Landsat TM / ETM + ve MODIS verilerinden LST üretilmiştir, daha sonra aynı dönemde bölgedeki arazi kullanımı ve örtüsü değişikliklerine karşılaştırılmıştır. Son olarak, multi spektral uydu görüntüsünden türetilen sonuçları incelemek ve doğrulamak için birkaç meteoroloji istasyonundan gelen hava sıcaklığı verilerini analiz etmişlerdir. UHI'ları daha iyi anlamak için LUCC, GVF ve LST değişikliklerinin modellerini karşılaştırmışlardır. Bölgesel veya yerel ölçekte iklim değişikliği ve arazi kullanımı arasındaki ilişkinin incelenmesi, ısı ve enerji transferinin arazi yüzeyi fiziksel özelliklerine göre değiştiğinin anlaşılmasına yardımcı olmuştur.

Kafy ve ark.(2021), "Bangladeş'in En Hızlı Büyüyen Mega Kentinde Makine Öğrenimi Algoritmalarını Kullanarak Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü ve Mevsimsel Arazi Yüzey Sıcaklığı Değişimini Simüle Etmek İçin Uzaktan Algılama Yaklaşımı" (Remote sensing approach to simulate the land use/land cover and seasonal land surface temperature change using machine learning algorithms in a fastest-growing megacity of Bangladesh) başlıklı çalışmada, Chattogram olarak adlandırılan Bangladeş'in en hızlı büyüyen megakenti ve ticaret başkenti için gelecekteki LULC ve mevsimsel (yaz ve kış) LST senaryolarını tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Destek Vektör Makinesi (SVM) algoritması ve Landsat termal

bantları, sırasıyla 1999, 2009 ve 2019 için LULC ve LST değişim modellerini oluşturmak için kullanmışlardır. 2029 ve 2039 için LULC ve mevsimsel LST senaryolarını simüle etmek için Hücresel Otomatlar (CA) ve Yapay Sinir Ağı (ANN) makine öğrenme algoritmaları uygulamışlardır. CA ve ANN modeli, 2019 için simüle edilmiş ve tahmini LULC ve LST verileri kullanılarak doğrulanmış. CA modeli, toplam kappa değeri 0.82 ile mükemmel bir doğruluk göstermiştir. YSA model doğrulaması için Hata Karesi Ortalaması (MSE) ve Korelasyon katsayısı (R) değerleri kullanılmıştır. Simüle edilmiş LULC, kentsel yerleşim alanlarında 2019 yılına kıyasla %9,23 (2029) ve %13,59 (2039) oranında önemli bir artış olduğunu ortaya koymuş. Simüle edilmiş yaz LST'si, %31,30 ve %35,02 alanlarının yüzey sıcaklığıyla daha fazla karşılaşacağını göstermiştir. Bunu, 2029 ve 2039 yılları için kış mevsiminde sırasıyla %1,28 ve %29,53 alan takip eder. Farklı LULC'deki mevsimsel LST senaryoları, yerleşim alanlarında nispeten daha yüksek sıcaklıklar göstermiştir. Sonuçlara dayalı olarak, çevre mühendisleri ve şehir plancıları için yüzey kentsel ısı adası (SUHI) olgusunun sonuçlarını hafifletmek için büyük karşılaşmaları temsil ederek kentsel alanlardaki değişiklikler ile LST'nin yükseltmesi arasında güçlü bir ilişki bulunmuştur. Sürdürülebilir kentsel büyümeyi sağlamak ve bu en hızlı büyüyen mega kentte SUHI etkisini en aza indirmek için, gelecekteki şehir master planı, kentsel ağaçlandırmanın ve doğal kaynakların korunmasının önemine odaklanmalıdır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Veri ve veri kaynakları

Bu tez çalışmasında 30x30 çözünürlüğünde1984, 1993, 2002, 2011 ve 2020 Landsat uydu görüntüleri, sosyo-ekonomik veri setleri, İstanbul il ve ilçe sınırları ve iklim veri setleri materyal olarak kullanılmıştır. İklim veri seti olarak 1984-2020 yılları arasındaki geçmiş dönem verileri ve Shared Socio-economic Pathways (SSPs)(Paylaşılan Sosyo-ekonomik Yollar) 126, 245 370 ve 585 versiyonları kullanılmıştır. Arazi kullanımı/örtüsü ve iklim değişikliği arasındaki ilişkiyi irdelemek için kullanılan arazi kullanımı / arazi örtüsü haritaları 30x30 metre çözünürlüğündeki Landsat uydu görüntüleri kullanılarak üretilmiştir.

Çizelge 3.1: Veri Kaynakları

Veri Tipi	Kaynak
1984, 1993, 2002, 2011, 2020 yıllarına ait LANDSAT 30x30 çözünürlüğünde uydu görüntüleri	USGS (https://earthexplorer.usgs.gov/)
Sosyo-ekonomik veri setleri	Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)
İstanbul il ve ilçe sınırları	Openstreetmap
İklim Senaryoları	Shared Socio-economic Pathways (SSPs): 126, 245, 370 ve 585 (https://www.worldclim.org/)
1984-2020 iklim verileri	1984-2020 İklim verileri (https://climateengine.com/)

3.1.2 Çalışma alanı

İstanbul, Türkiye'nin kuzey batısında Marmara Bölgesi'nde, 28° 01' ve 29° 55' doğu boylamlarıyla 41° 33' ve 40° 28' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Kent, İstanbul Boğazı ile Avrupa ve Asya kıtasında olmak üzere iki yakaya ayrılmaktadır. Yarımada şeklindeki kentin hem Karadeniz'e hem de Marmara Denizi'ne kıyısı bulunmaktadır. Kentin yüz ölçümü 5460 km^2'dir.

Şekil 3.1: Çalışma alanı

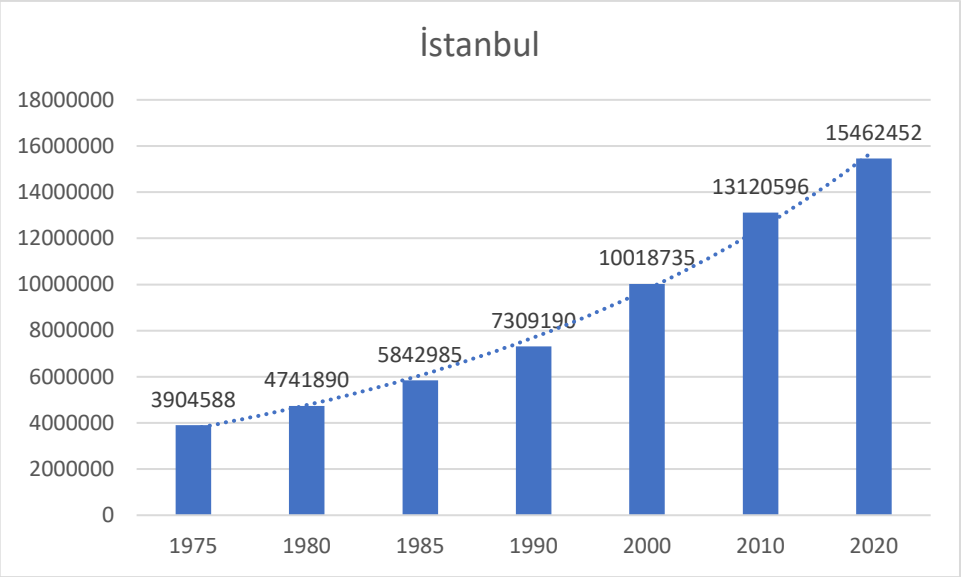
İstanbul'un Adalar, Arnavutköy, Ataşehir, Avcılar, Bağcılar, Bahçelievler, Bakırköy, Başakşehir, Bayrampaşa, Beşiktaş, Beykoz, Beylikdüzü, Beyoğlu, Büyükçekmece, Çatalca, Çekmeköy, Esenler, Esenyurt, Eyüpsultan, Fatih, Gaziosmanpaşa, Güngören, Kadıköy, Kağıthane, Kartal, Küçükçekmece, Maltepe, Pendik, Sancaktepe, Sarıyer, Silivri, Sultanbeyli, Sultangazi, Şile, Şişli, Tuzla, Ümraniye, Üsküdar ve Zeytinburnu olmak üzere toplam 39 üzere ilçesi bulunmaktadır. Bu 39 ilçeden 25 tanesi Avrupa Yakası'nda, 14 tanesi ise Anadolu Yakası'nda yer almaktadır.

İstanbul Boğazı ile ikiye ayrılan, Avrupa ve Asya kıtasını birbirine bağlayan kent; 15 Temmuz Şehitler Köprüsü (1973), Yavuz Sultan Selim Köprüsü (2016) ve Fatih Sultan

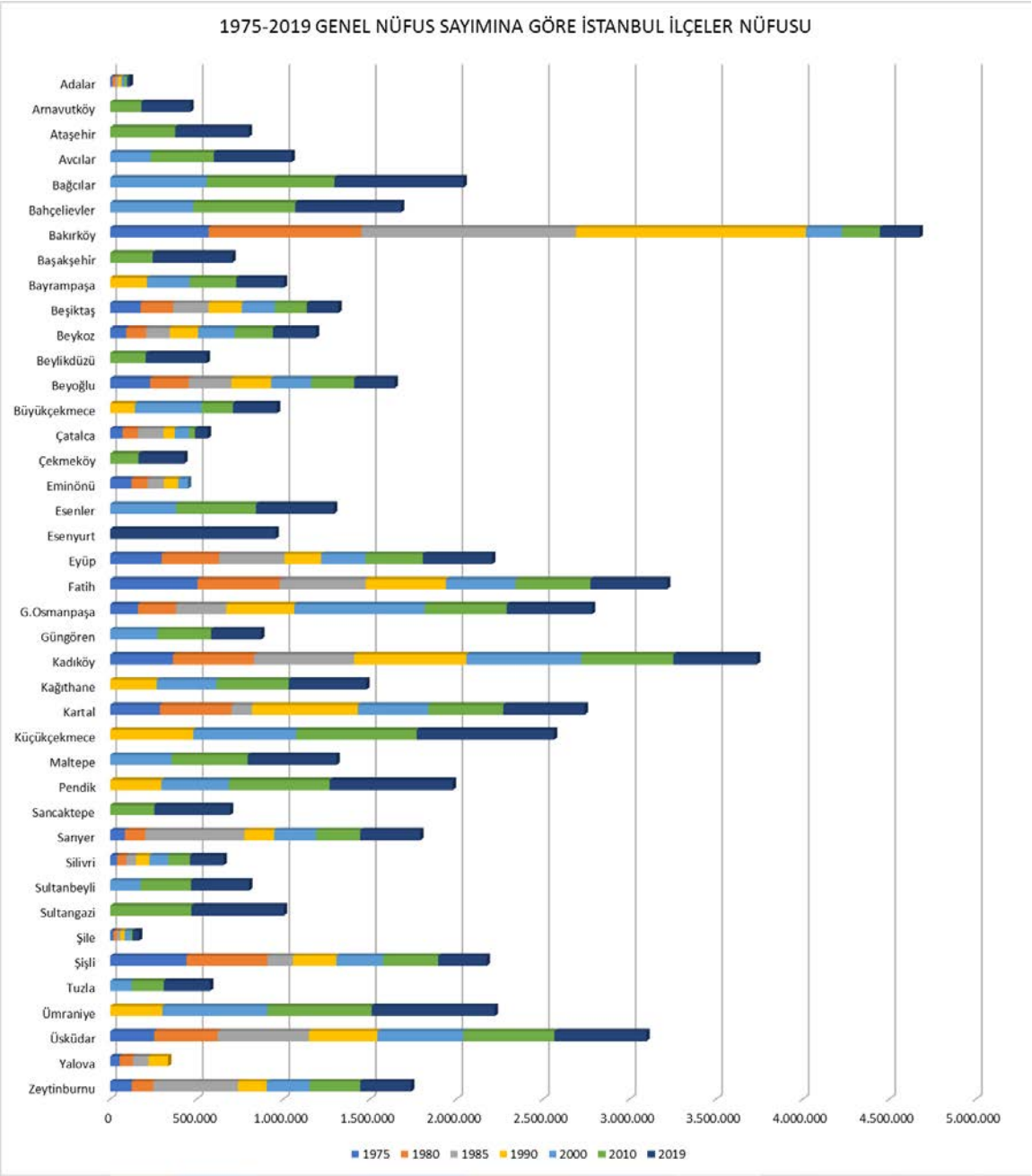
Mehmet Köprüsü (1988) olmak üzere boğazın üstünden 3 boğaz köprüsü ile ve deniz altına inşa edilen tüp geçitle birbirine bağlanmaktadır.

Demografik yapı

İstanbul Türkiye'nin en kalabalık illerinin başında gelmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 1975 yılında ilin nüfusu 3.904.588, 1980 yılında 4.741.890, 1985 yılında 5.842.985, 1990 yılında 7.309.190, 2000 yılında 10.018.735, 2010 yılında 13.120.596 ve 2020 yılında ise bu sayı 15.462.452 kişiye ulaşmıştır. 1975 yılından 2020 yılına kadar İstanbul'un nüfusu ortalama 4 kat artmıştır.



Şekil 3.2: Genel nüfus sayımına göre ilçelere ait 1975-2020 yılı nüfus verileri



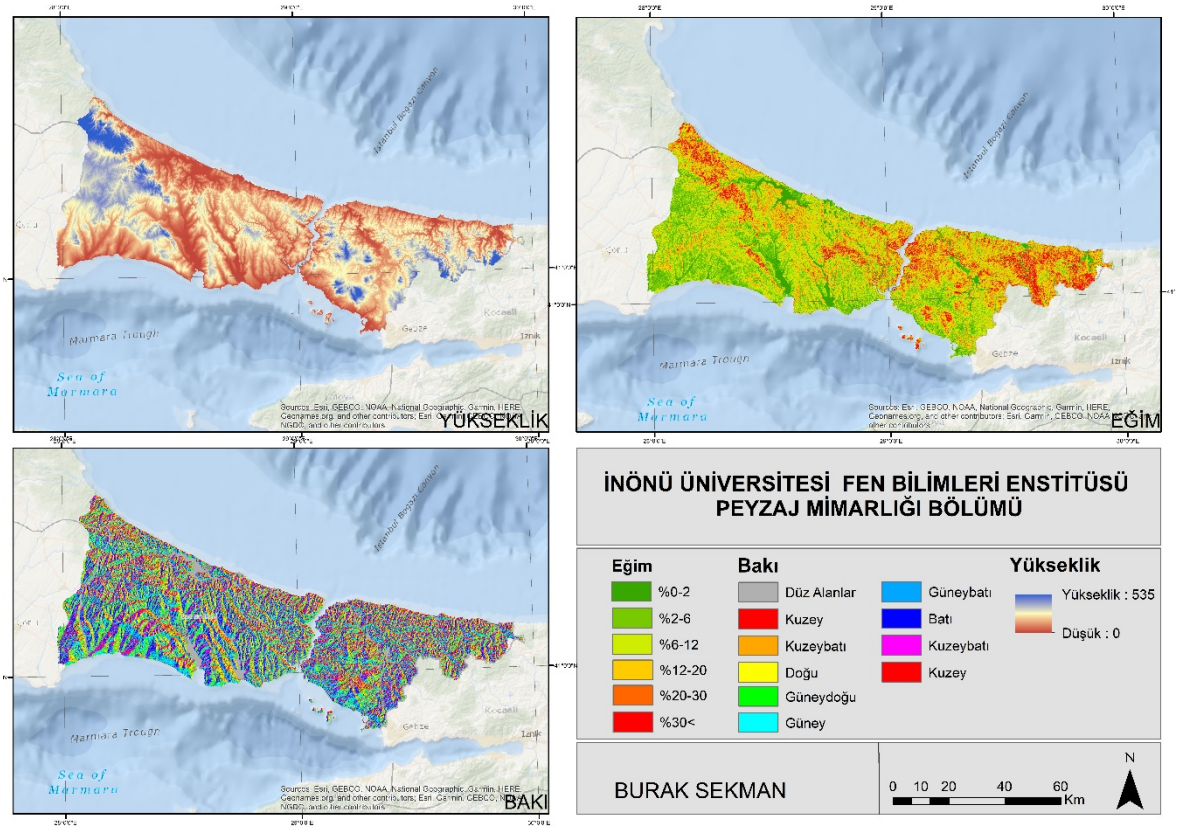
Şekil 3.3: Genel nüfus sayımına göre 1975-2019 İstanbul ilçeler nüfusu

Kentin 957.398 kişi ile en kalabalık ilçesi Esenyurt, 16.033 kişi ile en az nüfusa sahip ilçesi Adalar'dır.

İstanbul'daki nüfus hareketlerinin en önemli etkenlerinden birisi de göç olaylarıdır. Göçü etkileyen en büyük faktörler, ekonomik, coğrafi konum ve refah seviyesindeki farklılıklar gibi faktörlerdir. İstanbul 1950'lerden itibaren yoğun bir göçle karşı karşıya kalmıştır. Marmara ve Karedeniz bölgesinde yaşayan insanlar için İstanbul ilk tercih edilen ildir. Bunun başlıca etmeni ise coğrafi yakınlıktır. İstanbul sadece Marmara ve Karadeniz bölgesinden göç almakla kalmayıp ülkenin tüm bölgelerinden yoğun bir şekilde göç

almaktadır (Emeç vd., 2019). Bunu tetikleyen faktörler kentin, ülke nüfusunun yaklaşık beşte birine ev sahipliği yapması, refah seviyesinin yüksek olması, sosyal ve ekonomik olarak imkanlara erişimin daha kolay olması olabilir.

Biyofiziksel Özellikler



Şekil 3.4: İstanbul ilinin eğim, bakı ve yükseklik haritaları

İstanbul kentinde en yüksek yer 535 metre rakım ile Anadolu yakasında bulunan Kartal ilçesi sınırları içerisindedir. Kentte ortalama yükseklik 270 metredir.

İstanbul için üretilen eğim haritasında eğim, %0-2, %2-6, %6-12, %12-20, %20-30, %30< olarak 6 kategoride sınıflandırılmıştır. %0-2 eğim düz alanlara, %2-6 hafif eğimli alanlara, %6-12 az eğimli alanlara, %12-20 eğimli alanlara, %20-30 çok eğimli alanlara ve %30< eğimli alanlar ise aşırı eğimli alanlara karşılık gelmektedir. İstanbul genelinde baskın olan eğim, %29 ile az eğimli alanlardır.

Çalışma alanı içerisinde batı bakarlı alanlar %14 ile en baskın alanları oluştururken %3,3 ile en düşük bakarlı alanları düz alanlar oluşturmaktadır.

3.2 Yöntem

İstanbul kenti için arazi kullanımı/örtüsü değişimi ve iklim değişikliği süreçleri arasındaki ilişkinin modellenmesi ve ortaya konulmasını amaçlayan araştırmanın yöntemi birbirini takip eden beş ana aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar sırasıyla:

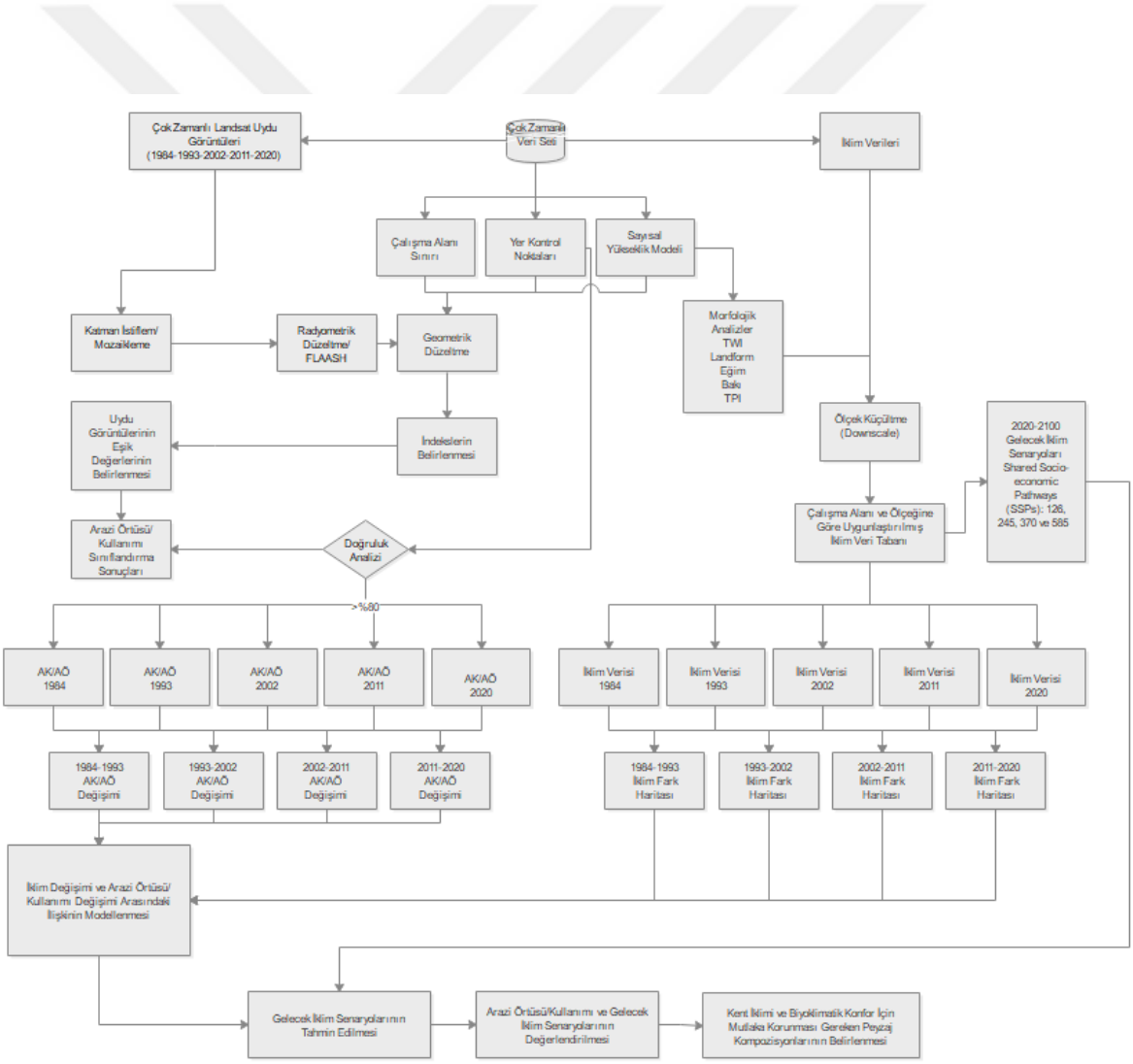
I- Uydu görüntülerinin sınıflandırılması

II- Arazi örtüsü değişim tespit analizleri

III- İklim veri setlerinin oluşturulması ve ölçek küçültme işlemleri

IV- Mekânsal iklim fark haritalarının oluşturulması

V- İklim değişimi ve arazi örtüsü/kullanımı değişimi arasındaki ilişkinin modellenmesi



Şekil 3.5: Yöntem akış şeması

3.2.1 Uydu görüntülerinin Sınıflandırılması

Uydu görüntüleri sınıflandırılırken Landsat 5 TM (1984-1993-2002-2011 yılları için) ve Landsat 8 OLI (2020 yılı için) uydularından elde edilen, en az iki mevsimi kapsayan ve bulutluluk oranı %10'dan az olan görüntüler kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan görüntüler, peyzaj desen değişimini ve iklim değişimini tespit etmek için 1984-2020 yılları için 9 yıllık zaman periyotları ile beş eşit dönem için belirlenmiştir.

Uydu görüntülerinin sınıflandırılması aşaması gerçekleşirken kendi içinde görüntülerin ön işlemleri, nesne tabanlı sınıflandırma ve doğruluk analizi olmak üzere üç alt aşamadan oluşmaktadır.

Uydu görüntülerinin ön işlemleri:

Uydu görüntülerinin ön işlemleri aşaması geometrik düzeltme ve radyometrik düzeltme olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır.

Geometrik düzeltme;

Bu işlemin amacı dünyanın dönüşünden ve uydunun hareketli iken kaydettiği görüntülerde meydana gelen geometrik bozulmaları düzeltmektir. Geometrik düzeltme yapılmayan görüntülerde x ve y koordinatlarında kaymalar olabileceği için sağlıklı bir veri elde edilemeyebilir. Geometrik düzeltme gerçekleştirilirken YKN (yer kontrol noktaları) kullanılmaktadır. YKN arazi çalışmaları ve GPS ile elde edilebileceği gibi coğrafi referansları belirlenmiş başka bir haritadan da elde edilmektedir. YKN sayısı arttıkça geometrik bozulmalar azalmakta ve görüntünün doğruluğu artmaktadır. Çalışmada kullanılan görüntüler USGS'den (Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırma Kurumu) elde edildiği için geometrik düzeltme işlemine ihtiyaç duyulmamıştır. USGS'ten elde edilen görüntüler geometrik ve topografik düzeltmeleri yapılmış halde elde edildiği için geometrik düzeltmeye ihtiyaç duyulmamaktadır.

Radyometrik düzeltme:

Uydu sistemleri yeryüzündeki nesneleri algılarken atmosferdeki nem, Güneş ışınları ve nesnelerden yansıyan ışınlar gibi birçok etkenden dolayı görüntü piksellerinde hatalar ve bozulmalar oluşturmaktadır. Bu bozulmaları ve hataları gidermek için radyometrik düzeltme işlemi gerekmektedir. Radyometrik düzeltme işlemi başlığı altında atmosferik düzeltme işlemi uygulanmıştır. Bu işlem uygulanırken FLAASH model kullanılmıştır (Cengiz, 2019).

FLAASH Model'de kullanılan eşitlik;

$$L = \left(Ap/\ 1 - p_e^s\right) + \left(B_{P_e}/1 - p_e^s\right) + L_a$$

$$L_e\ \approx ((A + B)p_c/1 - p_e^s)\ +\ L_a$$

P : Pikselin yüzey yansıması

P_e : Piksel ve çevreleyen bir alan için yüzey yansıma ortalaması

S : Albedo (Atmosferin küresel yansıtabilirliği)

L_a : Atmosfer tarafından geri saçılan parlaklık

A ve B : Atmosferik ve geometrik koşullara bağlı ancak yüzeye bağlı olmayan katsayılar

FLAASH model kullanılarak yapılan atmosferik düzeltme işleminden sonra elde edilen görüntüde 0-10000 aralığı dışındaki değerler "band math" aracında kullanılan aşağıdaki eşitlik ile maskelenmiştir. Her bir görüntü için bant aralığı 0 ile 1 arasında düzenlenmiştir.

*(B1 le 0)*0+(B1 ge 10000)*1+(B1 gt 0 and B1 lt 10000)*float (b1)/10000*

B1 : Görüntüye ait bantları ifade etmektedir

1984, 1993, 2002, 2011 ve 2020 yılına ait görüntüler, geometrik ve radyometrik düzelmesi yapıldıktan sonra ait oldukları her bir yıl için ayrı ayrı mozaiklenmiştir. Mozaiklenen görüntüler çalışma alanının sınırına göre kesilmiştir. Her yılın farklı dönemleri için elde edilen görüntülere "katman istifleme" işlemi uygulanarak bant sayıları arttırılmıştır (Cengiz, 2019).

Görüntülerin sınıflandırılması:

Görüntüdeki piksellerin spektral özelliklerine göre ayırarak yansıtma değerlerine göre yeryüzünde karşılık geldiği sınıfa atayarak gerçekleştirilen işlem uydu görüntülerinin sınıflandırılması olarak tanımlanmaktadır (Cengiz, 2019). Bu çalışmada sınıflandırma işlemi "eşik temelli nesne tabanlı sınıflandırma" ile gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma işlemi için çalışma amacına uygun olarak tek düzeyde kategoriler belirlenmiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2: Arazi Kullanımı/Örtüsü sınıfları

Arazi Kategorileri
1. Yapay Yüzeyler
2. Kentsel ve Yeşil Alanlar
3. Tarım Alanları
4. Orman Alanları
5. Doğal ve Yarı Doğal Alanlar
6. Su Yüzeyleri ve Islak Alan Vejetasyonu

Eşik temelli nesne tabanlı sınıflandırma işlemi, segmentasyon aşaması, indekslerin hesaplanması, eşiklerin belirlenmesi ve doğruluk analizi olarak dört aşamadan oluşmaktadır.

Segmentasyon aşaması:

Bu aşama obje tabanlı sınıflandırmanın birinci ve en önemli aşamasıdır. Segmentasyon işlemi gerçekleştirilirken görüntü piksel ve nesne tabanlı olarak parçalanmaktadır. Bu işlemde aynı kategorideki nesneleri oluşturmak ve birleştirmek için farklı algoritmalar ve parametreler kullanılmaktadır.

Spektral fark algoritması (Spectral difference algorithm); bu algoritma, her sınıf için belirlenen eşitliklerle birlikte komşu hücreler arasındaki eşitliğin sağlanması halinde hücrelerin birleştirilmesini ve diğer farklı sınıflara ait hücrelerden ayrılmasını sağlamaktadır(Cengiz, 2019).

Çok çözünürlüklü segmentasyon (Multiresolution segmentation); Bu segmentasyon, piksel veya nesneleri benzerliklerine göre farklı ölçeklerde kümelemektedir (Cengiz, 2019).

Dörtlü bölümleme (Quadtree segmentation); Görüntü nesnesini veya pikselleri farklı boyutlarda dörtlü karelere böler (Cengiz, 2019).

Satranç tahtası(cheesboard) segmentasyonu; Kullanıcının manuel olarak belirlediği değerler sonucunda görüntünün karelere bölünmesini sağlamaktadır. Bu çalışmada kullanılan uydu görüntülerinin çözünürlüğü 30x30 olmasından dolayı bu değer "1" olarak kullanılmıştır. Kullanılan bu değer 30x30 karşılık gelmektedir (Cengiz, 2019).

Band indekslerinin hesaplanması ve eşik değerlerinin belirlenmesi:

Bandlar arasında matematiksel ve istatistiki ilişkiler kullanılarak her bir arazi kullanımı sınıfı için ayrı ayrı eşik değerleri ve indeksler hesaplanmıştır (Çizelge 3.3).

R yazılımı kullanılarak NIR ve Red bantları arasındaki regresyon eşitliği her bir yıl için %99 güvenilirlik ile hesaplanmıştır. Bantlar arasındaki eğim(a), kesim noktası(b) ve kesim açısı(α) ayrı ayrı hesaplanmıştır (Cengiz, 2019).

Çizelge 3.3: Bantlar arasındaki eğim, kesim noktası ve kesim açısı

	Eğim(a)	**Kesim noktası(b)**	**Kesim açısı(α)**
1984	2.08404	0.02607	$90°\text{-}\tan^{-1}(a) = 25{,}6335$
1993	1.37449	0.05677	$90°\text{-}\tan^{-1}(a) = 36{,}0374$
2002	1.09562	0.10220	$90°\text{-}\tan^{-1}(a) = 42{,}3875$
2011	1.40567	0.05729	$90°\text{-}\tan^{-1}(a) = 35{,}4280$
2020	0.72595	0.13455	$90°\text{-}\tan^{-1}(a) = 54{,}0223$

Su yüzeyleri indeksleri:

Su yüzeyleri sınıflandırılırken AWEInsh (Otomatik Su Çıkarma İndeksi), NDWI (Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi), MNDWI (Değiştirilmiş Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi) indeksleri kullanılmıştır (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4: Su yüzeyleri indeksleri

Formül	**İndeks**	**Açıklama**
$NDWI = \frac{(Green - NIR)}{(Green + NIR)}$	Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi	Bitki örtüsü içerisindeki nem miktarını belirler. Değerleri -1 ile 1 arasındadır.
$AWEInsh = 4 * (Green - SWIR1) - (0.25 * NIR + 2.75 * SWIR2)$	Otomatik Su Çıkarma İndeksi	Bu indeks su olan piksellerle olmayan pikselleri belirlemeye yaramaktadır.
$MNDWI = \frac{Green - SWIR1}{Green + SWIR1}$	Değiştirilmiş Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi	NDWI indeksi su yüzeylerini tam olarak ayırt edemediğinden kullanılmıştır. MNDWI 0 ile 1 değerleri arasındadır.

Su yüzeyleri sınıflandırılırken ilk olarak her bir yıla ait farklı mevsimlere ait görüntüler kullanılarak MNDWI≥0 değeri alınarak su yüzeyleri ana kategorisinde sınıflandırılmıştır. Ana kategorideki su yüzeylerinde komşuluk (0.25) ve uzaklık (10 piksel) değişkenleri ile

birlikte MNDWI indeksi üzerinde eşik değeri -0.1 kullanılarak sınıflandırmaya devam edilmiştir. Daha sonra AWEInsh≥0, NDWI≥0 ve NDVI≥0.3 indeksleri kullanılarak su yüzeyi olmayan gölgelik alanlar ve ıslak alan vejetasyonları kategorize edilmiştir.

Vejetasyon indeksleri:

Uydu görüntüleri üzerinde vejetasyon alanlarının sınıflandırılması için kullanılmıştır. Her yılın farklı mevsimlerine ait görüntüler üzerinde NDVI indeksi, yaz ve bahar mevsimleri için yaklaşık olarak 0,3 üzeri olarak alınmıştır ve vejetasyon ana sınıfında kategorize edilmiştir. Daha sonra bu ana kategori içerisinden MFI indeksi kullanılarak orman alanları sınıflandırılmıştır. Orman alanları sınıflandırılırken eşik değeri 3,4 olarak belirlenmiştir. MFI ve NDVI eşik değerleri yaklaşık olarak verilmiş olup her bir yıl ve bu yıllara ait mevsimler için ayrı ayrı belirlenmiştir (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5: Vejetasyon indeksleri

Formül	İndeks	Açıklama
$\text{MFI} = ((((NIR - Red)/(NIR + Red)) - 0.01)/(NIR - a * Red)) * ((NIR_{max} - NIR)/(0.1 + Green))$	Düzeltilmiş Orman İndeksi	MFI>=3,4 olan bölgeler orman alanlarını ifade etmektedir (Cengiz, 2019).
$\text{NDVI} = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$	Normalleştirilmiş Vejetasyon Fark İndeksi	Vejetasyon kaplı alanları belirlemek için kullanılmıştır. NDVI>=0,3 vejetasyon alanlarını ifade etmektedir.
$\text{TSAVI} = \frac{(a(NIR - aRed - b)}{(aNIR + Red - ab) + X(a + a2)}$	Dönüştürülmüş Toprak Ayarlanmış Vejetasyon İndeksi	Formüldeki "X" sabit sayıyı ifade etmektedir. Tarım alanlarının ve sulak alan vejetasyonunun sınıflandırılması sırasında diğer indekslerle birlikte kullanmaktadır ve toprağın parlaklık etkisinin azaltıldığı bitki örtüsü indeksini ifade etmektedir.
$\text{WDVI} = NIR - a * Red$	Ağırlıklandırılmış Vejetasyon Fark İndeksi	Ağırlıklandırılmış Vejetasyon Fark İndeksi'nde yüksek değerler vejetasyon alanlarını ifade etmektedir.

Yapay yüzey ve çıplak yüzeyleri indeksleri:

Yapay yüzeyler ve çıplak alanlar sınıflandırılırken Çıplak Toprak İndeksi (BI) ve Normalize Yanma Oranı (NBR) indeksleri kullanılmıştır. Her bir yılın bahar ve yaz olmak üzere iki dönemi için NBR≥0,1 eşiklerinden büyük alanlar yapay yüzeyler ve çıplak yüzeyler olarak ana kategoride sınıflandırılmıştır. Daha sonra bu ana kategori içerisine yaklaşık %20 oranda kuru tarım alanları karıştığı için her bir yılın bahar dönemi ait olmak üzere NDVI≥0.3, TSAVI≥0.4 ve WDVI≥0.36 indeks ve eşikleri kullanılarak yapay ve çıplak yüzeyler kategorisinden tarım alanları çıkarılmıştır (Çizelge 3.6). Yapay çıplak yüzeyler ana kategorisi spektral farklara göre tekrar ayrılmıştır. SVM (Destek Vektör Makinesi) algoritması ile şu ana kadar kullanılan tün bant indeksleri ve eşikler kullanılarak ayrılmıştır. Yapay yüzeyler kategorisi altında karayolu ağı satranç tahtası segmentasyonu kullanılarak manuel olarak sınıflandırılmıştır.

Tüm indeksler ve eşikler kullanılarak yapılan sınıflandırma sonucunda sınıflandırılmayan tek alan tarım alanları olmuştur ve sınıflandırılan alanlar dışında kalan tüm yüzeyler tarım alanı olarak ana kategoride sınıflandırılmıştır.

Çizelge 3.6: Yapay yüzeyler ve çıplak yüzey indeksleri

Formül	**İndeks**	**Açıklama**
$NBR = \frac{(NIR - SWIR2)}{(NIR + SWIR2)}$	Normalize Yanma Oranı	Yanmış alanları ve yanma şiddetini belirlemeye imkan sağlayan banttır.
$BI = \frac{((SWIR1 + Red) - (NIR + Blue))}{((SWIR1 + Red) + (NIR + Blue))} * 100 + 100$	Çıplak Toprak İndeksi	Yapay yüzeyleri ve çıplak alanları parlaklık indeksine göre belirlemeye olanak sağlayan banttır.

Doğruluk analizi:

Çalışma için belirlenen doğruluk oranı minimum %80'dir. Doğruluk analizinde hata matrisleri ve KAPPA indeks sınıf bazında referans veriler (Google Earth üzerinden) ve sınıflandırma sonuçları arasındaki ilişki incelenerek oluşturulmuştur. Doğruluk analizi gerçekleştirilirken 500 YKN (yer kontrol noktası) kullanılmıştır.

3.2.2 Arazi Örtüsü Değişim Tespit Analizleri

Arazi örtüsü değişim tespit analizi (Change Detection), birbirini takip eden dönemler arasındaki arazi kullanımı/örtüsü sınıflarındaki geçiş hakkında bilgi veren matrislerdir. Araştırmada belirlenen zamansal periyotlar, ardışık bir şekilde değişim tespit analizine tabii tutulmuştur. 1984-1993, 1993-2002, 2002-2011 ve 2011-2020 olmak üzere ardışık dönemler arasındaki değişim ile 1984-2020 arasındaki genel arazi örtüsü/kullanımı (1.Yapay yüzeyler, 2.Kentsel açık ve yeşil alanlar, 3.Tarım alanları, 4.Orman alanları, 5.Doğal ve yarı doğal alanlar, 6.Su yüzeyleri ve ıslak alan vejetasyonu) değişimi hesaplanmıştır. Bu analiz kendi içinde birçok aşamadan oluşmaktadır. Bu analizin ilk aşamasında analizin yapılacağı dönemin başlangıç tarihinin (t_{ilk}) arazi kullanımı/örtüsü sınıflarının değerleri (1-Yapay yüzeyler, 2-Kentsel açık ve yeşil alanlar, 3-Tarım alanları, 4-Orman alanları, 5-Doğal ve yarı doğal alanlar, 6-Su yüzeyleri ve ıslak alan vejetasyonu olmak üzere) 10 ile çarpılmıştır. Bu çarpım sonucunda elde edilen sayısal değerler yapay yüzeyler için 10, kentsel açık ve yeşil alanlar için 20 ve diğer gruplar için ise 10 katı değerler almıştır. Bu aşamadan sonra analizi yapılan dönemin bitiş tarihinin (t_{son}) arazi kullanımı/örtüsü sınıfları, orijinal değerleri ile (yapay yüzeyler için 1, doğal ve yarı doğal alanlar için 5 vb.) dönemin ilk tarihinin 10 ile çarpıldıktan sonra üretilen versiyonu ile toplanmıştır. Bunun sonucun da her bir arazi kullanım/örtüsü sınıfı için 11, 22, 12 ve 41 gibi değerlerin yer aldığı arazi kullanımı/örtüsü değişimi haritaları elde edilmiştir.

Arazi kullanımı/örtüsü değişimi haritaları değerlendirilirken sahip oldukları arazi kullanımı/örtüsü kategorilerinin değerleri dikkate alınmaktadır. Üretilen bu haritalarda örneğin 21 değerindeki 20 değeri incelenen dönemin ilk tarihindeki (t_{ilk}) arazi kullanım sınıfına denk gelirken 1 değeri aynı dönemin son tarihindeki (t_{son}) arazi kullanım sınıfına denk gelmektedir. Bu durum yorumlanırken 11, 22, 33, 44, 55 ve 66 durumlarında arazi kullanımı/örtüsü değişimi olmadığını ifade etmektedir. Örneğin 21 durumunda incelenen dönemin t_{ilk} zamanında bu alan kentsel açık ve yeşil bir alan iken t_{son} zamanında yapay yüzeye dönüşmüştür.

3.2.3 İklim Veri Setlerinin Oluşturulması ve Ölçek Küçültme İşlemi

Bu aşama kendi içinde yüzey sıcaklığı haritalarının oluşturulması, geçmiş dönem iklim verilerinin hazırlanması, gelecek dönem iklim verilerinin hazırlanması, ölçek küçültme işlemleri ve doğruluk analizi olmak üzere 5 alt aşamadan oluşmaktadır.

Yüzey sıcaklığı haritalarının oluşturulması:

1984, 1993, 2002, 2011ve 2020 yılları için yüzey sıcaklığı değişiminin incelenmesi için her bir dönem için yüzey sıcaklığı verileri üretilmiştir. Yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi için SEBAL (Arazi için Yüzey Enerji Dengesi Algoritması) (Surface Energy Balance Algorithm for Land) tekniğinden faydalanılmıştır. Yüzey sıcaklık verilerinin oluşturulmasında Landsat uydu görüntülerine ait Red, NIR ve Thermal bandları ile oluşturulan indeksler kullanılmıştır (Cengiz, 2019).

Bu aşama kendi içinde üç alt aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak yüzey sıcaklığını belirlemek için OLI (10-11. Bant), TM (6. Bant) ve ETM (6. Bant) sensörlerine ait termal bantlar kullanılarak nu bantlara ait dijital numaraları (DN) spektral ışınıma dönüştürmek aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Cengiz, 2019).

$$L_\lambda = M_L * Q_{CAL} + A_L$$

L_λ :Radiance (Spektral Parlaklık)

M_L : Banda özel çarpımsal yeniden ölçekleme faktörü

Q_{CAL} : Nicelenmiş ve kalibre edilmiş standart ürün piksel değerleri dijital numara (DN)

A_L : Meta verilerden banda özel katkı toplamı faktörü

İkinci aşamada termal bandın ait olduğu görüntünün NIR ve Red bantlarına ait dijital numaraları (DN) spektral yansıma değerlerine dönüştürülerek NDVI indeksi hesaplanmış ve görüntünün ait olduğu yıl için ortalama NDVI değerleri hesaplanmıştır. Bu aşamadan sonra WDVI indeksi oluşturulurken lineer regresyon eşitliği ile Red ve NIR arasındaki eğim hesaplanmıştır. WDVI ve NDVI indeksleri kullanılarak SAVI indeksi hesaplanmıştır. Daha sonra SAVI değerleri kullanılarak LAI değeri hesaplanmıştır. Aşağıdaki eşitlik kullanılarak yayılım katsayısı hesaplanmıştır.

$$E_{nb} = 0.97 + 0.0033 * LAI$$

R_c katsayısını üretmek için aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$R_C = L_\lambda - (1 - E_{nb})$$

Son olarak aşağıdaki eşitlik kullanılarak spektral ışınım önce kelvin ve daha sonra celcius derecesine dönüştürülmüştür.

$$T = (K_2 / \ln (((E_{nb} * K_1) / R_c) + 1)) - 273.15$$

Geçmiş dönem iklim veri setlerinin hazırlanması:

Geçmiş döneme iklim verileri World Clim (worldclim.org) ve Climate Engine (clim-engine.appspot.com/climateEngine) olmak üzere iki farklı kaynaktan elde edilmiştir. World Clim kaynağından elde edilen veriler 2.5 dakika çözünürlükteki verilerden oluşmaktadır. Climate Engine modeli TerraClimate kaynağından elde edilen veriler 4 km çözünürlüğündeki verilerden oluşmaktadır. Geçmiş döneme ait veriler 1984, 1993, 2002, 2011 ve 2020 yılları için yıllık toplam yağış ve ortalama yıllık sıcaklık verilerinden oluşmaktadır. İki kaynaktan elde edilen iklim verilere bir dizi düzeltme işlemi uygulanmıştır.

Elde edilen aylık sıcaklık verileri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında çalışma alanına uygun olarak kesilmiştir. Kesilen raster formatındaki sıcaklık verileri her bir yıl için ayrı olmak üzere aylık sıcaklık verileri toplanarak ortalamaları alınmıştır.

$$T_{ort} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + \cdots + t_{12}}{12}$$

T_{ort} : Yıllık ortalama sıcaklık

t_x : Ortalama aylık sıcaklık (verilerin ait olduğu yıl içerisindeki ayı göstermektedir)

Geçmiş döneme ait yağış verileri de sıcaklık verilerinde olduğu gibi çalışmada kullanabilmek için CBS ortamında çalışma alanlarına uygun bir şekilde kesilmiştir. Çalışma alanının sınırlarına göre uygunlaştırılmış bu raster veriler, her bir yıl için ayrı olmak üzere incelendiği yıla ait aylık yağış verileri toplanarak yıllık ortalama yağış miktarı elde edilmiştir.

$$P_{top} = p_1 + p_2 + p_3 + \cdots + p_{12}$$

P_{top} : Yıllık toplam yağış miktarı

p_x : Aylık toplam yağış (verilerin ait olduğu yıl içerisindeki ayı göstermektedir)

Gelecek dönem iklim veri setlerinin hazırlanması:

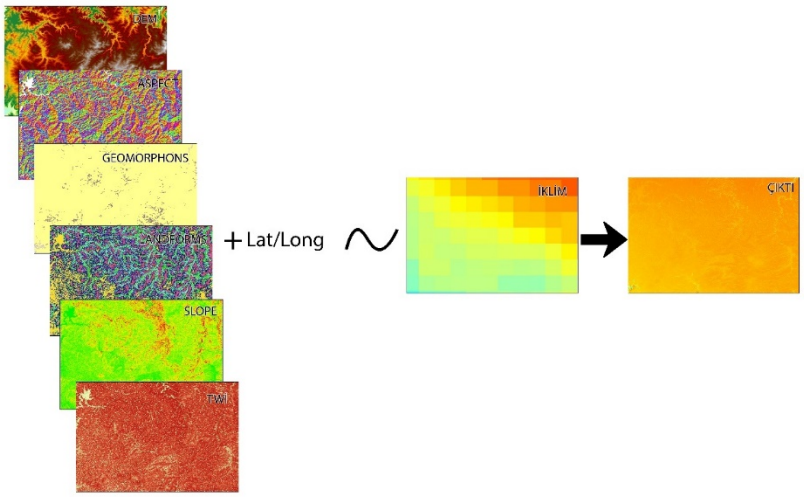
Geleceğe yönelik iklim verileri World Clim sistemi üzerinden MIROC6 ekibi tarafından hazırlanan 2020-2040, 2040-2060, 2060-2080 ve 2080-2100 dönemleri için 2,5 dakikalık çözünürlükteki ssp126, ssp245, ssp370 ve ssp585 verileri her bir dönem için ayrı ayrı elde edilmiştir. Elde edilen veriler çalışmada kullanılmak üzere çalışma alanı sınırlarına uygunlaştırılmıştır.

Gelecek dönem iklim verileri geçmiş dönem verileri ile aynı yöntemi kullanılarak işlenmiştir. 2020 yılından 2100 yılına kadar olan 4 dönem için ssp126, ssp245, ssp370 ve ssp585 olmak üzere her bir veri seri için ayrı ayrı toplam yağış ve ortalama sıcaklık haritaları oluşturulmuştur. Tüm zaman verileri için CBS ortamında işlemler başlatılmadan önce verilerin tamamının coğrafi referans sisteminin aynı olmasına dikkat edilmiştir.

Ölçek küçültme (downscaling) işlemleri:

Geçmiş dönem iklim verileri ve gelecek dönem iklim verileri çalışma ölçeğinden ve birbirinden farklı ölçeklerde hazırlandıklarından dolayı araştırmanın sağlıklı olması ve en doğru sonuçları elde etmek için bir takım işlemlerin gerçekleştirilmesi zorunlu bir hale gelmiştir. Landsat görüntülerinden elde edilip üretilen arazi kullanım ve örtüsü haritaları piksel bazında 30x30 m çözünürlüğünde olduğundan dolayı çalışmada kullanılan ölçek 30x30 m olarak belirlenmiştir. Geçmiş dönem iklim verileri 4 km ve gelecek dönem iklim verileri ise 2.5 dakika (4.65 km) çözünürlükteki verilerden oluşmaktadır.

Ölçek küçültme işlemi gerçekleştirilirken R Studio yazılımı ile uyumlu "machisplin algoritması" kullanılmıştır. Machisplin algoritması ince plaka yumuşatma spline'ları ve makine öğrenimini birleştirerek kullanan kapsamlı istatistiksel analizler yoluyla parazitli çok değişkenli verilerin enterpolasyonu için bir R paketidir. Bu algoritmanın temelinde iklim verilerinin ölçeğini, sayısal yükseklik modeli, eğim, bakı, TWI (topografik wetness index/topografik ıslaklık indeksi) ve Geomorphons (arazi formunu ifade eder) gibi verileri kullanarak küçültür (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Machisplin Ölçek Küçültme Modeli

Doğruluk analizi:

Ölçek küçültme işlemine tabii tutulan geçmiş ve gelecek dönem iklim verileri için minimum doğruluk oranı %80 olarak belirlenmiştir. Belirlenen doğruluk oranının altındaki verilere tekrar düzeltme ve ölçek küçültme işlemleri uygulanmıştır. Doğruluk analizi yapılırken ölçek küçültme işleminden sonra elde edilen veri ile ölçek küçültme uygulanmamış veriler karşılaştırılmıştır. Verilerin doğruluk oranı tespit edilirken aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$D = 100 - \left(\frac{[G_D - T_D] \times 100}{G_D}\right)$$

D : Verinin doğruluk oranı

G_D : Ölçek küçültme işlemi yapılmamış iklim verisi

T_D : Ölçek küçültülmüş iklim verisi

3.2.4 Mekânsal İklim Fark Haritalarının Oluşturulması

İklim değişikliğinin anlaşılması için gerekli olan önemli adımlardan biri de mekânsal olarak ardışık iklim dönemlerindeki farkın anlaşılmasıdır. Bu aşamada ardışık dönemlere ait LST (yüzey sıcaklığı), sıcaklık ve yağış haritaları birbirleriyle ilişkilendirilerek ardışık yıllar içerisinde iklim fark değişiminin yaşandığı bölgeler belirlenmiştir. Mekânsal iklim fark haritaları oluşturulurken ardışık yıllara ait iklim verileri içerisindeki incelenen ardışık iki yılda son döneme ait iklim verisinden ilk döneme ait iklim verisi çıkartılmıştır. Örneğin, 1984 ve 1993 yılları arasındaki mekânsal iklim fark haritası oluşturulurken 1993 yılına ait iklim verisinden 1984 yılına ait iklim verisi çıkarılır. Bu işlemde aşağıdaki eşitlikten yararlanılır.

$$N_{Değişim} = N_{Son} - N_{İlk}$$

Denklemde $N_{Değişim}$ iki dönem arasındaki farkı ifade etmekte, N_{Son} ardışık iki yıl arasındaki son yılı ifade ederken $N_{İlk}$ ise ilk yılı ifade etmektedir.

4. BULGULAR

4.1. Arazi Kullanımı/Örtüsü

Bu çalışma kapsamında 1984, 1993, 2002, 2011 ve 2020 yılları için üretilen arazi kullanım/örtüsü haritalarının doğruluğu ayrı ayrı analiz edilmiştir. Doğruluk analizinin sonucuna göre arazi kullanım/örtüsü haritalarının doğruluk oranı %90'ın üzerinde hesaplanmıştır.

1984 yılında toplam 5455,65 km²'lik alanın yüzde 55,2 oranla 3010,50 km²'lik bölümünü orman alanları kaplamaktadır. Orman alanlarını yüzde 28,1'lik oranla tarım alanları takip etmekte olup tarım alanlarının kapladığı alan 1531,08 km²'ye denk gelmektedir. Yüzde 7,9 oranla 431,20 km²'lik alanı yapay yüzeyler, yüzde 5,1'lik oranla 275,75 km² alanı doğal ve yarı doğal alanlar, yüzde 2'lik oranla 110,55 km²'lik alanı kentsel açık ve yeşil alanlar ve yüzde 1,8'lik oranla 96,55 km²'lik alanı su yüzeyleri ve ıslak alan vejetasyonu kaplamaktadır (Çizelge 4.1; Şekil 4.1).

Çizelge 4.1: Arazi Kullanımının/örtüsünün yıllara göre değişimi

	1984		**1993**		**2002**		**2011**		**2020**	
	Alan (km²)	**%**	**Alan (km²)**	**%**	**Alan (km²)**	**%**	**Alan (km²)**	**%**	**Alan (km²)**	**%**
Yapay Yüzeyler	431,20	7,9	756,00	13,82	839,38	15,34	1109,38	20,27	1292,54	23,59
Kentsel Açık ve Yeşil A.	110,55	2	116,42	2,13	125,62	2,30	96,53	1,76	93,55	1,71
Tarım Alanları	1531,08	28,1	1516,29	27,72	1318,12	24,09	1303,74	23,82	1227,99	22,41
Orman Alanları	3010,50	55,2	2735,04	50,01	2578,91	47,14	2455,30	44,87	2483,05	45,32
Doğal ve Y. Doğal A.	275,75	5,1	235,93	4,31	471,29	8,61	378,67	6,92	265,86	4,85
Su Y. ve Islak A. V.	96,55	1,8	109,71	2,01	137,68	2,52	128,89	2,36	116,08	2,12
Toplam	**5455,64**	**100**	**5469,40**	**100**	**5470,99**	**100**	**5472,50**	**100**	**5479,07**	**100**
**Deniz alanları sınıflandırmaya dahil edilmemiş olup sadece iç sular sınıflandırılmıştır.*										

1993 yılında toplam 5469,40 km²'lik alanın yarısını (%50,01) 2735,04 ile orman alanları kaplamaktadır. Orman alanlarının bir önceki zamansal dönem olan 1984 yılına göre toplam alana oranla %5 azaldığı görülmektedir. 1993 yılında arazi yüzeyinin 1516,29 km²'sini (%27,72'sini) tarım alanları, 756 km²'sini (%13,82'sini) yapay yüzeyler, 235,93 km²'lik

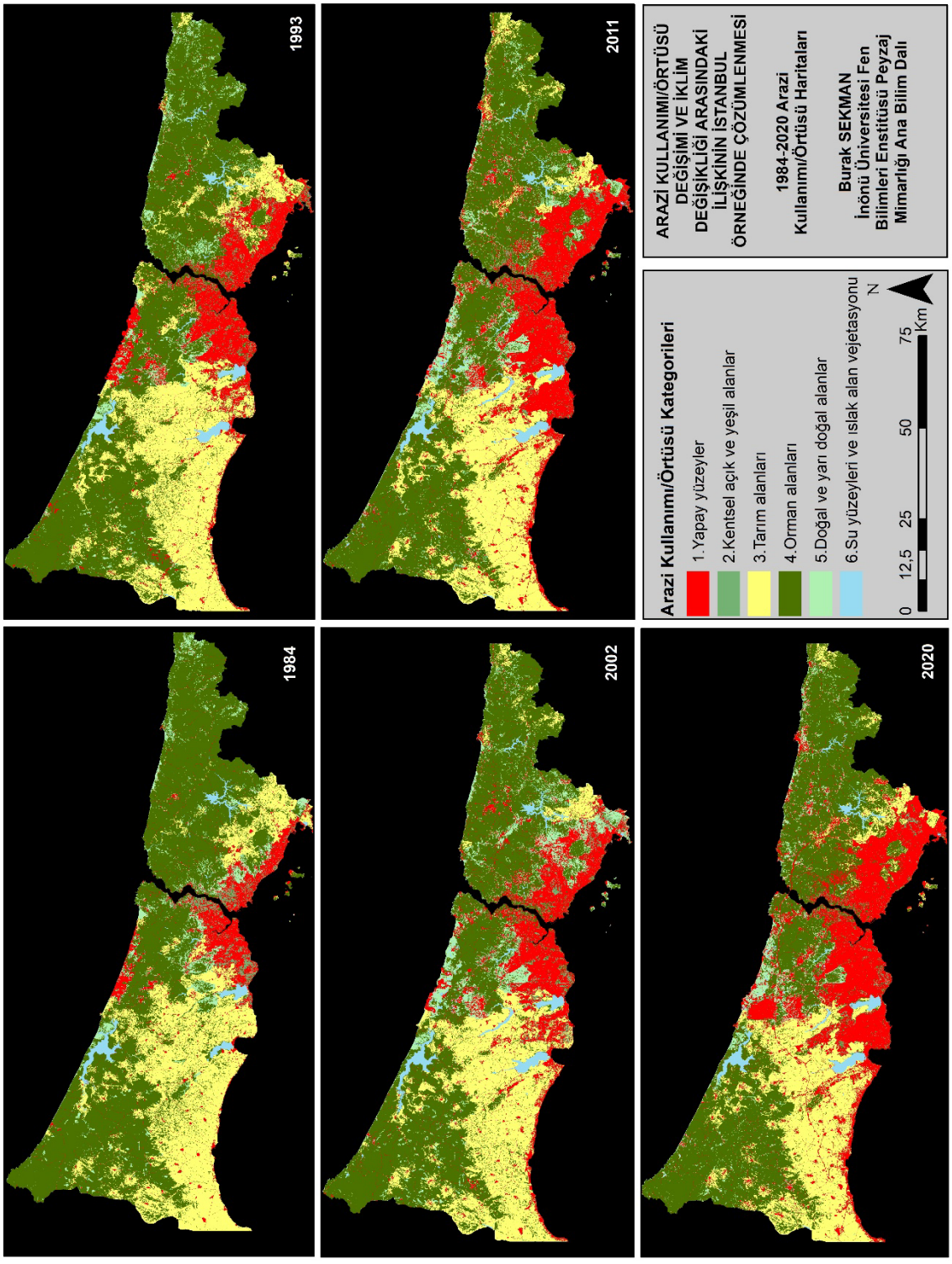
(%4,31) alanını doğal ve yarı doğal alanlar, 116,42 km²'sini (%2,13) alanı kentsel açık ve yeşil alanlar kaplarken su yüzeyleri ve ıslak alan vejetasyonu 109,71 km² (%2,01'lik) alan kaplamaktadır. Önceki döneme oranlara orman alanları ve tarım alanları azalırken yapay yüzeyler, toplam arazi yüzeyine oranla yaklaşık %6, önceki dönemin yapay yüzeyler sınıfına oranla %60 oranında azalmıştır (Çizelge 4.1; Şekil 4.1).

2002 yılında toplam 5470,99 km² alanın %47,14'ünü orman alanları, %24,09'unu tarım alanları, %15,34'ünü yapay yüzeyler, %8,61'ini doğal ve yarı doğal alanlar, %2,52'sini su yüzeyleri ve ıslak alan vejetasyonu ve %2,30'unu kentsel açık ve yeşil alanlar kaplamaktadır. Toplam alana oranla önceki döneme göre orman deseni %3 ve tarım deseni yaklaşık %3,63 oranında azalırken yapay yüzeyler %1,5 oranında artmıştır (Çizelge 4.1; Şekil 4.1).

2011 yılında 5472,50 km² alanın %44,87'sini orman alanları, %23,82'sini tarım alanları, %20,27'sini yapay yüzeyler, %6,92'sini doğal ve yarı doğal alanlar, %2,36'sını su yüzeyleri ve ıslak alan vejetasyonu, %1,76'sını kentsel açık ve yeşil alanlar kaplamaktadır. Önceki döneme göre orman ve tarım deseninde azalma devam ederken yapay yüzeylerdeki artış da hızla devam etmektedir. 1984,1993 ve 2002 yıllarında kentsel açık ve yeşil alanlar artarken 2011 yılında azaldığı görülmektedir (Çizelge 4.1; Şekil 4.1).

İncelenen zamansal dönemlerinin sonuncu olan 2020 yılına gelindiğinde toplam 5479,07 km² arazi örtüsünün %45,32'sini orman alanları, %23,59'unu yapay yüzeyler, %22,42'sini tarım alanları, %4,85'ini doğal ve yarı doğal alanlar, %2.12'sini su yüzeyleri ve ıslak alan vejetasyonu, %1,71'ini kentsel açık ve yeşil alanlar kaplamaktadır. 2020 yılında da yapay yüzeylerdeki artışın devam ettiği görülmektedir. Diğer dönemlerden farklı olarak 2020 yılına kadar olan dönemlerde orman alanları azalırken 2020 yılında 2011 göre orman alanlarında artış yaşanmıştır. Bu artış toplam alana oranla yaklaşık %0,5 oranındadır. Bu dönemde de tarım desenindeki azalma devam etmektedir (Çizelge 4.1; Şekil 4.1).

Beş döneme ait arazi kullanım/örtüsü verileri incelendiğinde 1984 ve 2020 yılları arasında orman alanları %55,2'den %45,32'ye, tarım alanları %28,1'den %22,41'e düşmüştür. Bu dönemler arasındaki en ciddi değişim ise yapay yüzeyler sınıfında gerçekleşmiştir. Yapay yüzeyler yaklaşık olarak 3 kattan fazla bir artış göstererek %7,9'dan %23,59'a ulaşmıştır (Çizelge 4.1; Şekil 4.1).



Şekil 4.1: 1984-2020 Yılları Arazi Kullanımı/Örtüsü Haritaları

4.2 Değişim Tespit Analizi

Değişim tespit analizi (Change Detection), 1984 ve 2020 dönemi için çok zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir. 1984, 1993, 2002, 2011 ve 2020 yılları için 1984-1993, 1993-2002,

2002-2011, 2011-2020 ve 1984-2020 olmak üzere toplam beş dönemde hesaplanmıştır. Belirli dönemler arasındaki peyzaj geçişleri alansal olarak çizelgede verilmiştir.

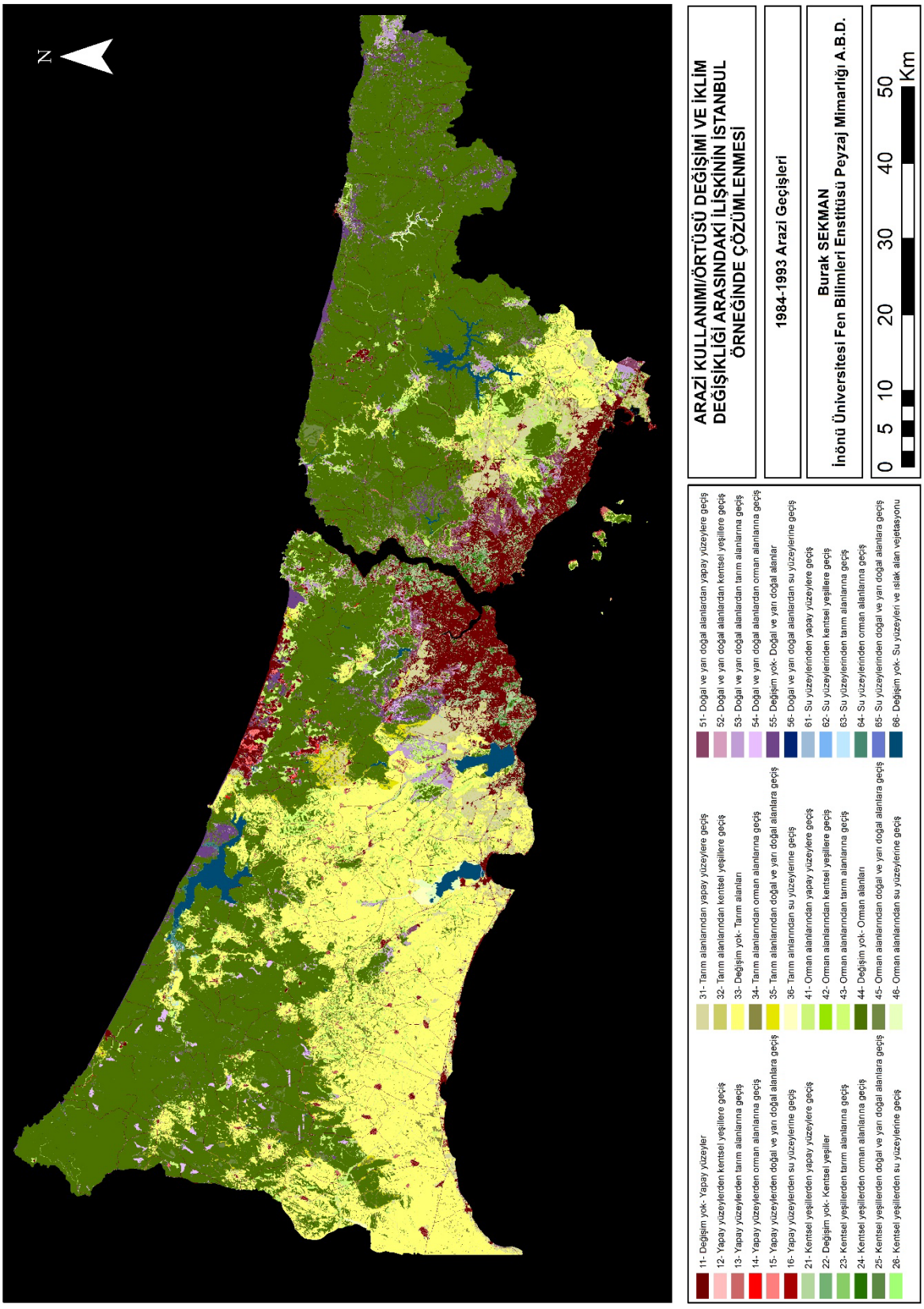
1984 ve 1993 yılları arasındaki peyzaj dönüşümüne bakıldığında yapay yüzeyler kategorisine geçişin en fazla tarım alanlarından olduğu görülmektedir. Bu dönemde 186,1 km² tarım alanı yapay yüzeylere dönüşmüştür. Tarım alanlarını takiben ormanlarından 61 km², doğal ve yarı doğal alanlardan 57,7 km² ve kentsel açık ve yeşil alanlardan 57,5 km² yapay yüzey alanlarına geçiş olduğu görülmektedir. 1984-1993 dönemi için elde edilen göstergeler bu dönemde İstanbul ili nüfus artışıyla birlikte kentleşmenin arttığını ve bununla birlikte tarımsal ekonominin küçülmeye başladığını ifade etmektedir. Aynı zamanda peyzaj desenindeki bu değişimle birlikte üretken peyzajların bu dönem tahrip olup yok olmaya başladığı saptanmıştır (Çizelge 4.2; Şekil 4.2).

Çizelge 4.2: 1984 ve 1984 yılları arasındaki peyzaj desen değişimi

A.K.	1984-1993		1993-2002		2002-2011		2011-2020		1984-2020	
	Alan (km²)	%	Alan (km²)	%	Alan (km²)	%	Alan (km²)	%	Alan (km²)	%
K.11	381,7	7,0	590,0	10,8	771,5	14,1	1084,6	19,8	380,2	7,0
K.12	15,9	0,3	49,7	0,9	20,9	0,4	3,2	0,1	11,2	0,2
K.13	20,6	0,4	25,4	0,5	15,2	0,3	5,7	0,1	6,5	0,1
K.14	3,8	0,1	12,1	0,2	3,2	0,1	3,3	0,1	10,3	0,2
K.15	10,4	0,2	69,5	1,3	31,2	0,6	20,1	0,4	22,6	0,4
K.16	1,0	0,0	7,9	0,1	2,7	0,0	1,2	0,0	2,1	0,0
K.21	57,5	1,1	44,1	0,8	82,8	1,5	24,0	0,4	78,2	1,4
K.22	34,4	0,6	33,3	0,6	27,2	0,5	47,7	0,9	17,7	0,3
K.23	0,7	0,0	5,4	0,1	1,7	0,0	2,1	0,0	0,1	0,0
K.24	14,7	0,3	12,8	0,2	2,6	0,0	14,4	0,3	10,4	0,2
K.25	0,0	0,0	16,2	0,3	6,9	0,1	1,2	0,0	0,8	0,0
K.26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K.31	186,1	3,4	118,2	2,2	120,1	2,2	65,6	1,2	469,5	8,6
K.32	35,7	0,7	26,1	0,5	8,4	0,2	18,7	0,3	27,1	0,5
K.33	1191,8	21,9	1138,2	20,8	1135,4	20,8	1114,6	20,4	951,6	17,5
K.34	85,2	1,6	103,7	1,9	31,8	0,6	77,6	1,4	55,7	1,0
K.35	30,8	0,6	122,2	2,2	27,6	0,5	24,3	0,4	23,6	0,4
K.36	7,5	0,1	12,1	0,2	0,6	0,0	1,9	0,0	10,2	0,2
K.41	61,0	1,1	53,9	1,0	33,2	0,6	61,4	1,1	243,3	4,5
K.42	10,6	0,2	10,0	0,2	19,5	0,4	9,0	0,2	22,0	0,4
K.43	242,4	4,4	118,1	2,2	101,8	1,9	50,8	0,9	229,0	4,2
K.44	2574,2	47,2	2397,4	43,9	2333,2	42,7	2280,8	41,7	2347,6	43,1
K.45	102,1	1,9	143,6	2,6	88,1	1,6	56,5	1,0	146,0	2,7
K.46	16,0	0,3	10,8	0,2	1,5	0,0	1,8	0,0	18,3	0,3
K.51	57,7	1,1	31,4	0,6	99,6	1,8	51,0	0,9	106,0	1,9
K.52	15,7	0,3	2,4	0,0	16,4	0,3	9,5	0,2	9,7	0,2
K.53	59,9	1,1	34,8	0,6	45,9	0,8	52,2	1,0	37,9	0,7

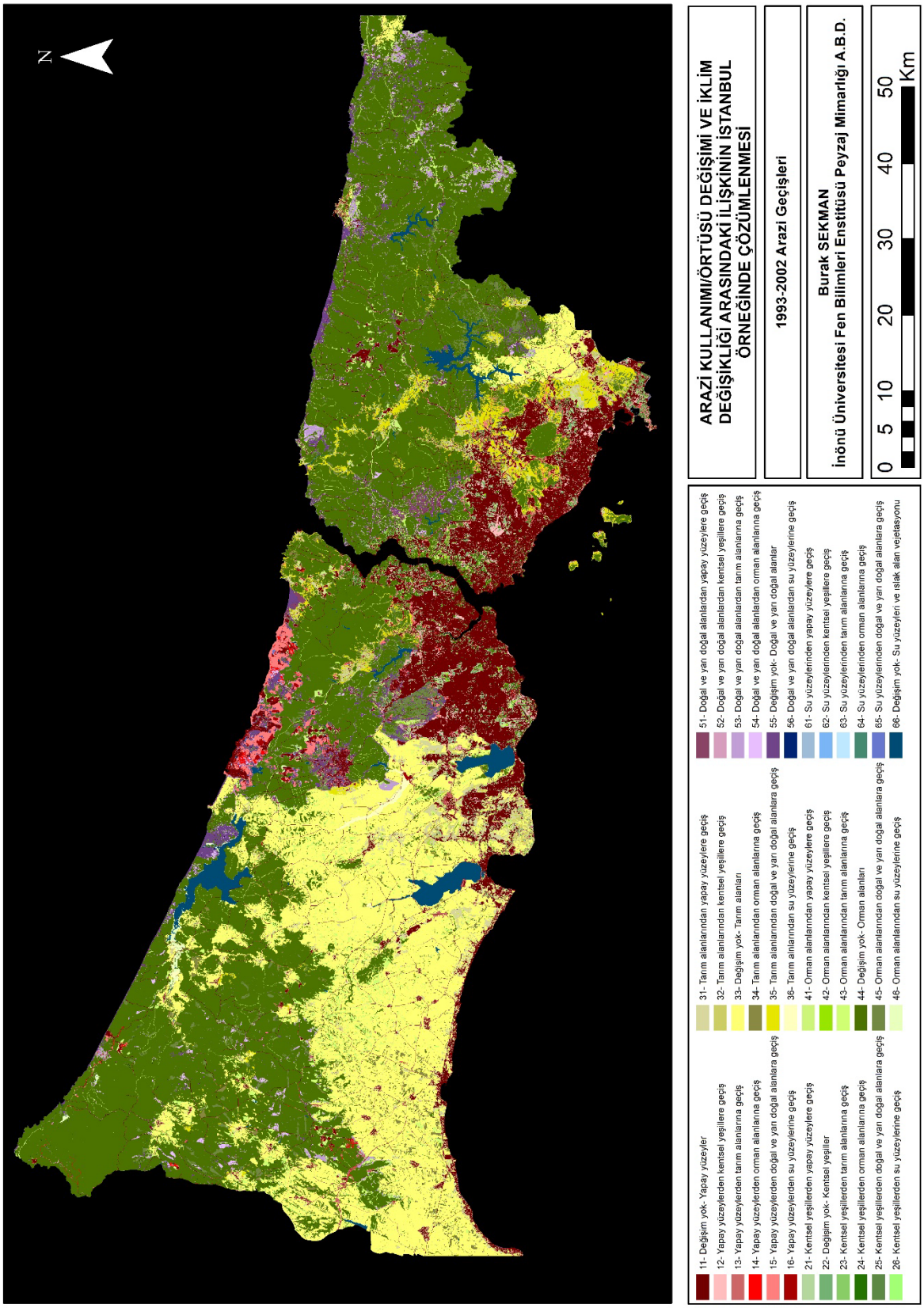
K.54	52,2	1,0	52,8	1,0	82,7	1,5	103,7	1,9	55,7	1,0
K.55	85,8	1,6	109,0	2,0	216,0	3,9	153,0	2,8	60,6	1,1
K.56	1,4	0,0	1,7	0,0	2,2	0,0	1,8	0,0	2,7	0,0
K.61	1,2	0,0	0,6	0,0	2,1	0,0	5,2	0,1	1,8	0,0
K.62	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1	0,0
K.63	3,0	0,1	0,5	0,0	5,0	0,1	6,4	0,1	2,6	0,0
K.64	7,6	0,1	1,9	0,0	5,9	0,1	2,1	0,0	7,5	0,1
K.65	1,0	0,0	1,7	0,0	2,8	0,1	5,6	0,1	2,3	0,0
K.66	82,6	1,5	104,4	1,9	121,8	2,2	109,1	2,0	82,2	1,5
Toplam	**5452,2**	**100**	**5462,1**	**100**	**5467,7**	**100**	**5470,6**	**100**	**5453,1**	**100**

K.11*- Değişim yok- Yapay yüzeyler,* ***K.12****- Yapay yüzeylerden kentsel yeşillere geçiş,* ***K.13****- Yapay yüzeylerden tarım alanlarına geçiş,* ***K.14****- Yapay yüzeylerden orman alanlarına geçiş,* ***K.15****- Yapay yüzeylerden doğal ve yarı doğal alanlara geçiş,* ***K.16****- Yapay yüzeylerden su yüzeylerine geçiş,* ***K.21****- Kentsel yeşillerden yapay yüzeylere geçiş,* ***K.22****- Değişim yok- Kentsel yeşiller,* ***K.23****- Kentsel yeşillerden tarım alanlarına geçiş,* ***K.24****- Kentsel yeşillerden orman alanlarına geçiş,* ***K.25****- Kentsel yeşillerden doğal ve yarı doğal alanlara geçiş,* ***K.26****- Kentsel yeşillerden su yüzeylerine geçiş,* ***K.31****- Tarım alanlarından yapay yüzeylere geçiş,* ***K.32****- Tarım alanlarından kentsel yeşillere geçiş,* ***K.33****- Değişim yok- Tarım alanları,* ***K.34****- Tarım alanlarından orman alanlarına geçiş,* ***K.35****- Tarım alanlarından doğal ve yarı doğal alanlara geçiş,* ***K.36****- Tarım alanlarından su yüzeylerine geçiş,* ***K.41****- Orman alanlarından yapay yüzeylere geçiş,* ***K.42****- Orman alanlarından kentsel yeşillere geçiş,* ***K.43****- Orman alanlarından tarım alanlarına geçiş,* ***K.44****- Değişim yok- Orman alanları,* ***K.45****- Orman alanlarından doğal ve yarı doğal alanlara geçiş,* ***K.46****- Orman alanlarından su yüzeylerine geçiş,* ***K.51****- Doğal ve yarı doğal alanlardan yapay yüzeylere geçiş,* ***K.52****- Doğal ve yarı doğal alanlardan kentsel yeşillere geçiş,* ***K.53****- Doğal ve yarı doğal alanlardan tarım alanlarına geçiş,* ***K.54****- Doğal ve yarı doğal alanlardan orman alanlarına geçiş,* ***K.55****- Değişim yok- Doğal ve yarı doğal alanlar,* ***K.56****- Doğal ve yarı doğal alanlardan su yüzeylerine geçiş,* ***K.61****- Su yüzeylerinden yapay yüzeylere geçiş,* ***K.62****- Su yüzeylerinden kentsel yeşillere geçiş,* ***K.63****- Su yüzeylerinden tarım alanlarına geçiş,* ***K.64****- Su yüzeylerinden orman alanlarına geçiş,* ***K.65****- Su yüzeylerinden doğal ve yarı doğal alanlara geçiş,* ***K.66****- Değişim yok- Su yüzeyleri ve ıslak alan vejetasyonu.*
A.K. *- Arazi Kategorileri*



Şekil 4.2: 1984-1993 Arazi Geçişleri

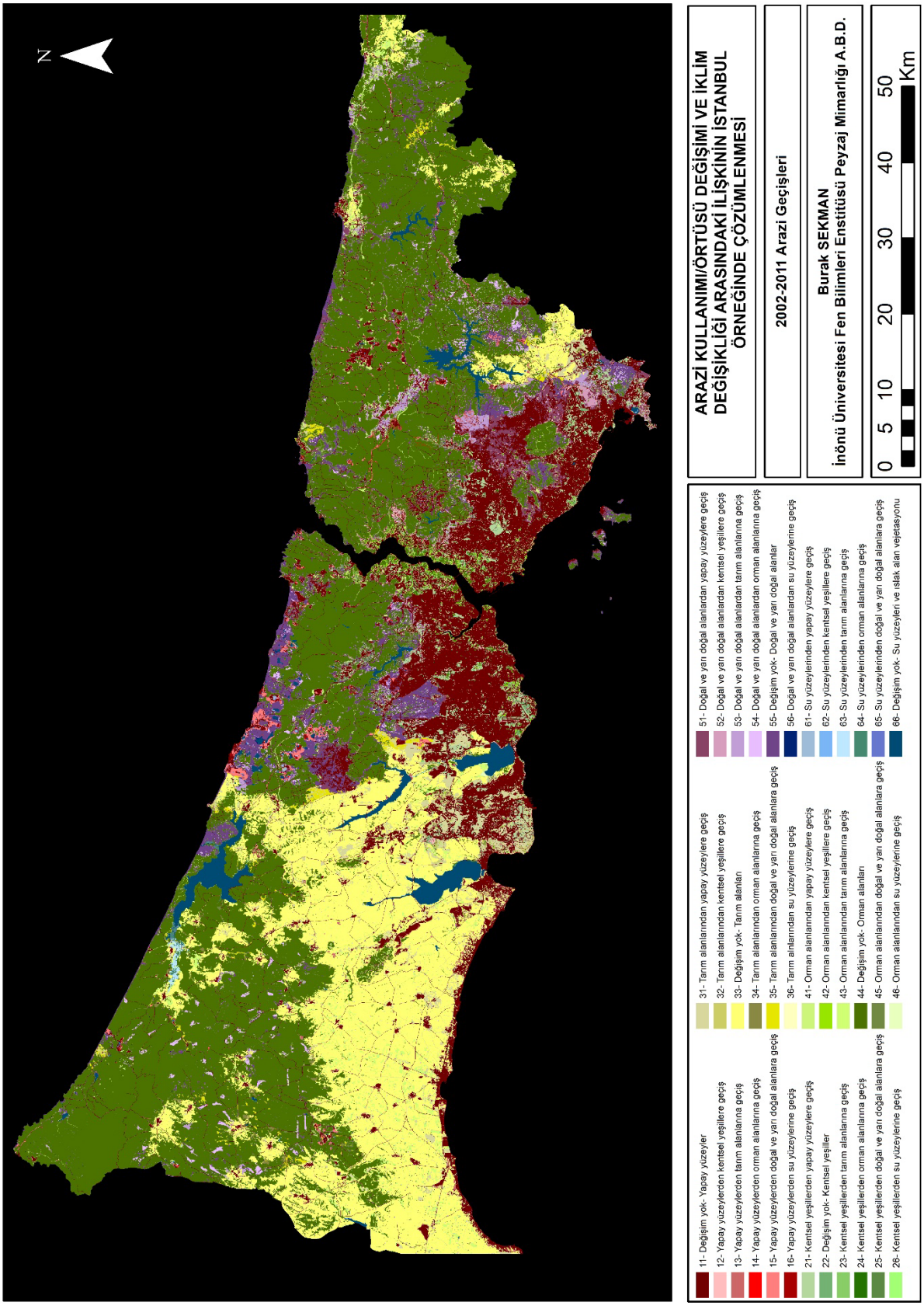
1993-2002 yılları arasındaki döneme bakıldığında bir önceki dönemde olduğu gibi yapay yüzeylere dönüşüm en fazla tarım alanlarında gerçekleşmiştir. Bu dönüşüm 118,2 km²'dir. Tarım alanları takiben yapay yüzeylere dönüşüm sırasıyla orman alanlarından 53,9 km², kentsel açık ve yeşil alanlardan 44,1 km², doğal ve yarı doğal alanlardan 31,4 km² olarak gerçekleşmiştir. Bu dönemde tarım alanları, orman alanları ve doğal ve yarı doğal alanlar yok olmaya devam etmektedir. Yapay yüzeyler yayılarak büyürken aynı zamanda kent içerisinde ki boşlukları doldurarak da artmaya devam etmektedir (Çizelge 4.2; Şekil 4.3).



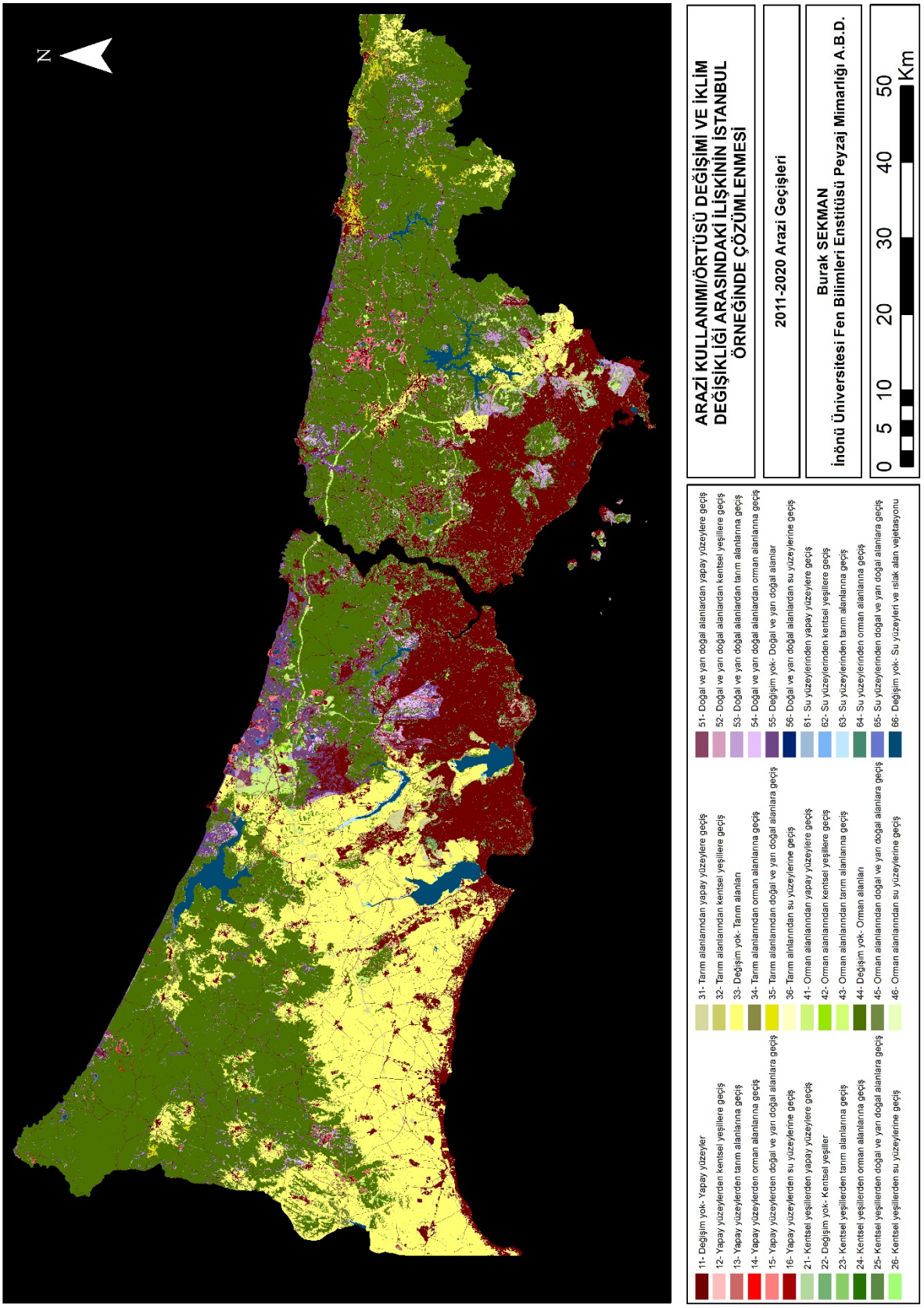
Şekil 4.3: 1993-2002 Arazi Geçişleri

2002-2011 döneminde yapay yüzeylere geçişin hızla devam ettiği görülmektedir. Diğer dönemlere benzer şekilde yapay yüzeylere dönüşüm 120,1 km² ile tarım alanlarından olmuştur. Diğer dönemlerden farklı olarak tarım alanlarından sonra en yüksek dönüşüm doğal ve yarı doğal alanlardan olmuştur. Bu dönüşüm 99,6 km²'dir. Doğal ve yarı doğal alanları sırasıyla 82,8 km² ile kentsel yeşiller ve 33,2 km² ile orman alanları takip etmektedir. Geçmiş dönemlere kıyasla kentsel açık ve yeşil alanlardan dönüşüm en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Kent yayılarak büyümenin yanı sıra boşlukları doldurarak büyümeye devam etmektedir. Kent ekosistemini destekleyici ve düzenleyici görevleri olan ve kentin en önemli konfor alanlarından olan kentsel açık ve yeşil alanların yok oluş süreci artarak devam etmiştir (Çizelge 4.2; Şekil 4.4).

2011 ve 2020 yılları arasındaki döneme bakıldığında yapay yüzeylere dönüşümün diğer dönemlere benzer şekilde gerçekleştiği görülmektedir. Bu dönemde de 65,6 km² ile en yüksek geçiş tarım alanlarında gerçekleşmiştir. Tarım alanlarını sırasıyla 61,4 km² ile orman alanları, 51 km² ile doğal ve yarı doğal alanlar, 24 km² ile kentsel açık ve yeşil alanlar takip etmektedir. 2002-2011 dönemi göre bu dönemde kentsel açık ve yeşil alanlardaki geçiş yaklaşık %70 oranında azalmıştır. Bu dönemde gerçekleşen yapay yüzeylerdeki artışın ve orman alanlarındaki yok oluşun en önemli sebepleri 2013 yılında yapımına başlanan Kuzey Marmara Otoyolu (Yavuz Sultan Selim Köprüsü, 2016 yılında açılmıştır ve Kuzey Marmara Otoyolu üzerinde yer almaktadır.) ve 2018 yılında açılan İstanbul Havalimanı'dır. İstanbul Havalimanı (3. Havalimanı) 27,5 km² ve Kuzey Marmara Otoyolu köprü bağlantıları ile birlikte 27,4 km²'lik orman alanı olmak üzere toplamda 54,9 km² orman alanını yapay yüzeylere dönüştürmüştür (Çizelge 4.2; Şekil 4.5).

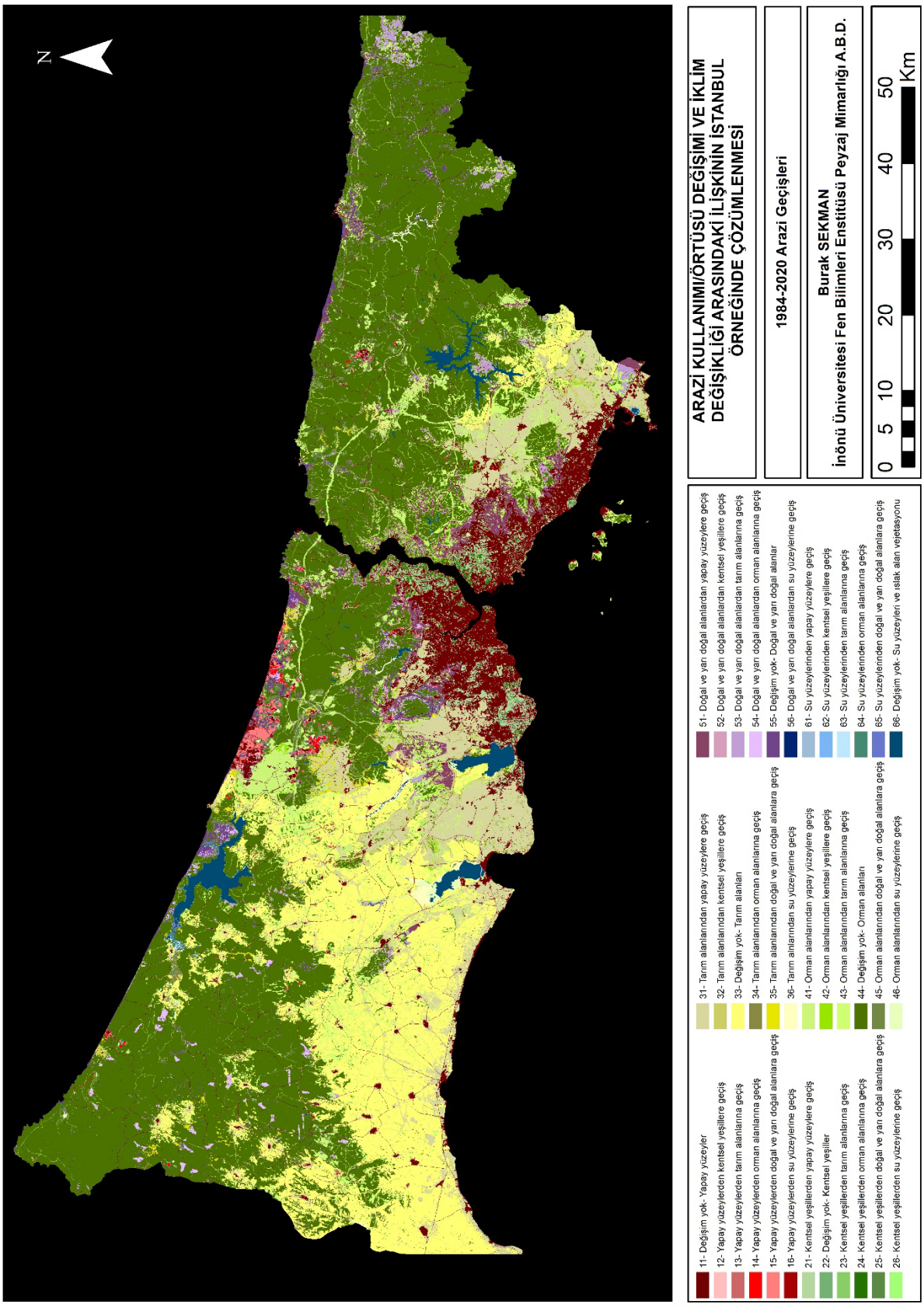


Şekil 4.4: 2002-2011 Arazi Geçişleri



Şekil 4.5: 2011-2020 Arazi Geçişleri

1984 ve 2020 yılları arasındaki dönüşüme bakıldığında 1531,08 km² tarım alanından 469,5 km²'sinin yapay yüzeylere dönüştüğü görülmektedir. En büyük geçiş tarım alanlarında gerçekleşmiştir. 110,55 km² kentsel açık ve yeşil alandan 78,2 km² alan yapay yüzeylere dönüşmüştür. 243,3 km² orman alanı ve 106 km² doğal ve yarı doğal alan da yine yapay yüzeylere geçmiştir. 1984 yılında 431,20 km² olan yapay yüzeyler 2020 yılına gelindiğinde 1292,54 km²'ye ulaşmıştır. Peyzaj desenleri arasındaki geçiş sadece yapay yüzeylere doğru gerçekleşmemiştir. 1984-2020 yıllarındaki dönüşümde 229 km² orman alanı tarım alanına dönüşmüştür. Aynı zamanda 55,7 km² tarım alanı da orman alanlarına dönüşmüştür. 1984 yılındaki kentsel doku içerisinden 10,3 km² orman alanlarına, 22,6 km² de doğal ve yarı doğal alanlara geçiş gerçekleşmiştir. Yapay yüzeylerdeki artışın en büyük nedeni hızlı nüfus artışı ve kentleşmedir. 3. Havalimanı, 3. Boğaz Köprüsü ve Kuzey Marmara Otoyolu gibi mega büyüklükteki projelerin orman alanlarında, doğal ve yarı doğal alanlarda gerçekleşmesi bu alanların tahribatını ve yok olma hızını arttıran en büyük etkenlerden biridir (Çizelge 4.2; Şekil 4.6).



Şekil 4.6: 1984-2020 Arazi Geçişleri

4.3. İklim Değişimi

1984 ile 2020 yılları arasındaki 1984-1993, 1993-2002, 2002-2011, 2011-2020 ve 1984-2020 dönemleri için iklim haritaları ve iklim fark haritaları oluşturulmuştur. Belirlenen bu zamansal periyot için üretilen iklim haritaları, yüzey sıcaklığı, sıcaklık ve yağış haritalarını kapsamaktadır. 2020-2100 yılı için üretilen iklim haritaları ssp5 senaryosuna göre üretilmiş olup sıcaklık ve yağış haritalarını kapsamaktadır.

1984-2020 yılları arasındaki iklim verilerine ve ssp5 senaryosu kapsamında elde edilen 2020-2100 yılları arasındaki iklim verilerine ölçek küçültme işlemi uygulanmıştır. Ölçek küçültme işleminden sonra üretilen haritalara doğruluk analizi uygulanarak verilerin doğruluğu test edilmiştir. Doğruluk analizinde kabul edilebilir değer %80 olarak belirlenirken üretilen verilerin doğruluğu %90'ın üzerinde hesaplanmıştır.

4.3.1. 1984-2020 yılları arasındaki yüzey sıcaklığı değişimi

İncelenen tüm dönemde yüzey sıcaklıkları gerçek değerleri ile ve birbirleri ile değerlendirilmesi için 0-100 arasında normalleştirilmiştir. Normalleştirilmiş haritalarda 0 en düşük sıcaklığa denk gelirken 100 en yüksek sıcaklığa denk gelmektedir.

Yüzey sıcaklığı haritaları incelendiğinde yüzey sıcaklığının hava sıcaklığı ile aynı olmamakla birlikte benzer bir desen oluşturduğu görülmektedir (Şekil 4.7). Yapay yüzeylerin ağırlıklı olarak yayılış gösterdiği güney bölgelerin yüzey sıcaklığı bakımından en yüksek olan bölgeler olduğu görülmektedir. Yüzey sıcaklığının düşük olduğu alanlar su yüzeylerini takiben orman deseniyle benzer bir yayılış gösterdiği görülmektedir. Ağaçların soğutma etkisi ve güneşten gelen radyasyonu emerek daha düşük miktarda yansıtmasından dolayı orman alanları ve kentsel yeşil alanların yapay yüzeylere oranla daha soğuk alanlar olduğu görülmektedir (Çizelge 4.3; Şekil 4.7).

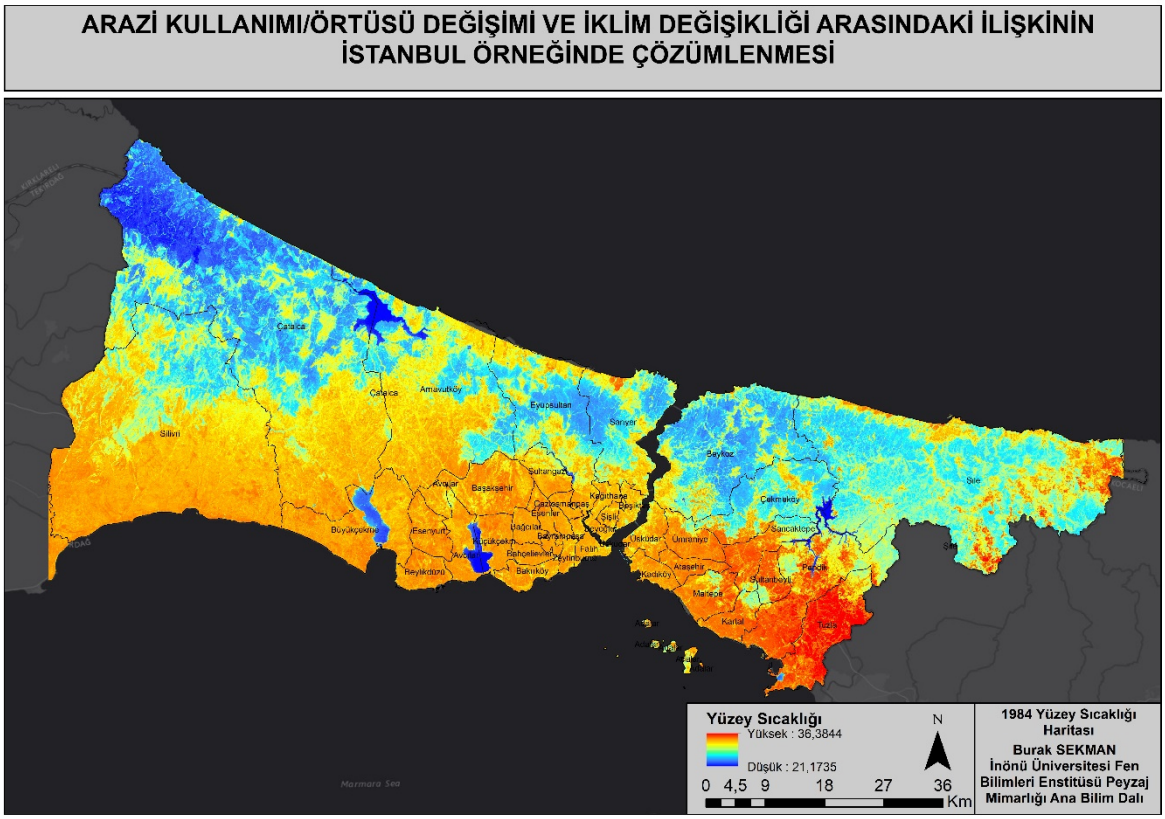
Çizelge 4.3: AK/AÖ göre yüzey sıcaklıkları

AK/AÖ Kategorileri	Yıllar				
	1984	**1993**	**2002**	**2011**	**2020**
Yapay Yüzeyler	33,86	36,61	38,4	40,28	40,72
Kentsel Açık ve Yeşil Alanlar	30,21	34,53	36,09	35,13	36,91
Orman Alanları	28,08	28,31	28,09	32,31	30,93
Tarım Alanlar	31,09	35,69	37,53	38,17	39,66
Su Yüzeyleri ve Sulak Alan Vejetasyonu	24,51	26,37	26,14	25,42	27,34

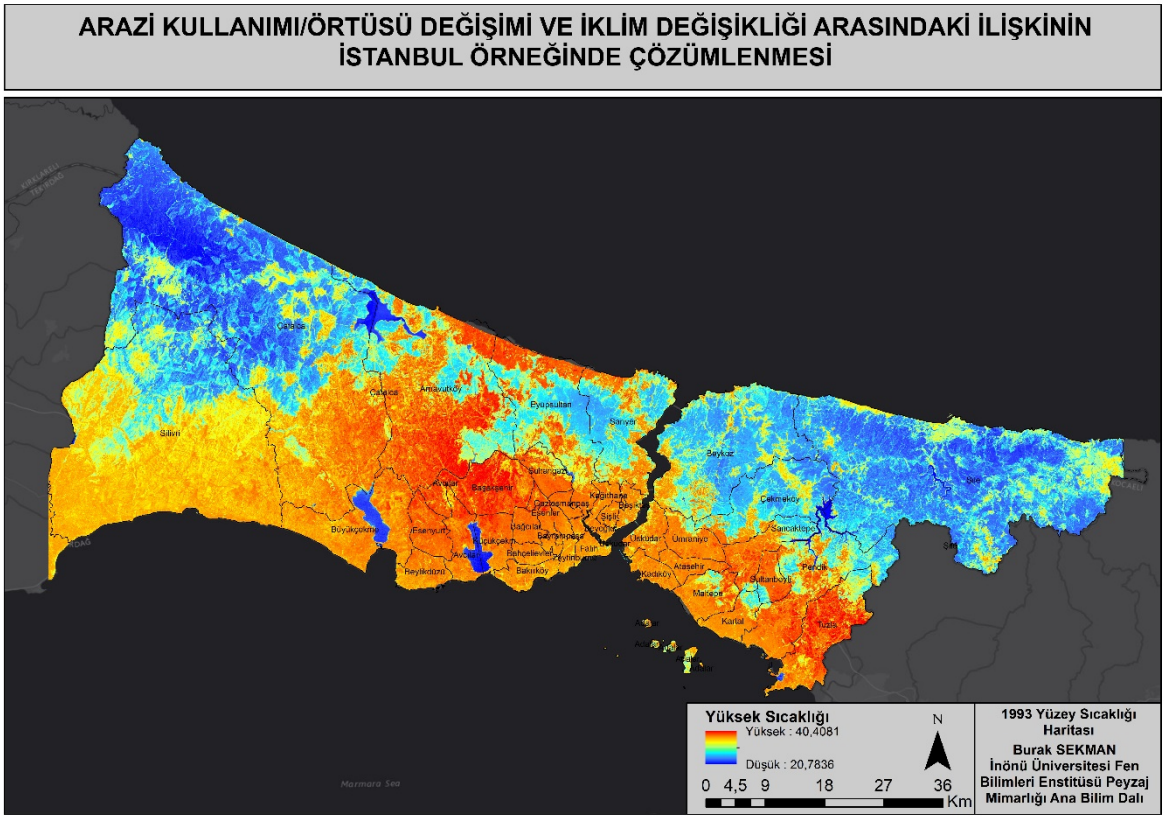
Orman alanlarının, su yüzeyleri hariç diğer arazi kullanımlarından daha soğuk alanlar olduğu görülmektedir (Çizelge 4.3). Yapay yüzeyler arasında kalan kentsel yeşil alanların orman alanlarından daha sıcak yapay yüzeylerden daha soğuk olduğu görülmektedir. Su yüzeyleri yüzey sıcaklığının en düşük olduğu alanlardır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 incelendiğinde 1984 ve 2020 yılları arasında yapay yüzeyler yaklaşık olarak 7 °C ısındığı görülmektedir. İncelenen tüm zamanlarda kentsel açık ve yeşil alanlar yapay yüzeylerden 2-4 °C daha soğuktur. Su yüzeyleri ve sulak alan vejetasyonu dışında yüzey sıcaklığının en düşük olduğu kategori orman alanları olmuştur ve orman alanları yapay yüzeylerden 6-10 °C daha düşük bir yüzey sıcaklığına sahiptir. Tarım alanları da yapay yüzeylerden sonra en sıcak diğer bir kategoriyi oluşturmakta ve tarım alanları ile yapay yüzeyler arasındaki yüzey sıcaklığı farkı yaklaşık olarak 2°C'dir. Hava sıcaklığı ve bulutluluk gibi diğer etkenlerden dolayı AK/AÖ kategorileri arasındaki ortalama yüzey sıcaklığı değerleri değişkenlik gösterse de kentsel yeşil alanlar ve orman alanları düşük yüzey sıcaklığı ile konfor alanlarını oluşturmaktadır (Çizelge 4.3).

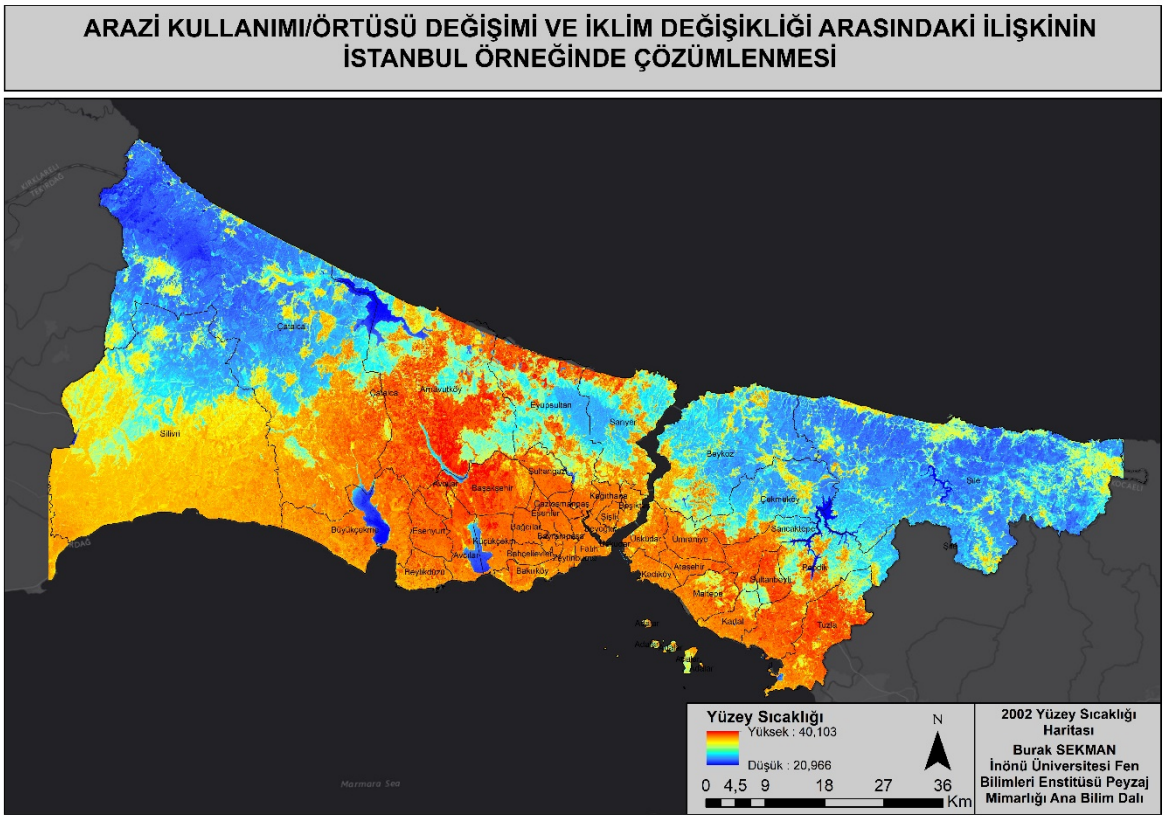
Dönem dönem yüzey sıcaklığı haritaları incelendiğinde 1984 döneminde ortalama yüzey sıcaklığı en yüksek 36,3 °C ve en düşük 21,1 °C'dir (Şekil 4.7). 1993 döneminde ortalama yüzey sıcaklığı en yüksek 40,4 °C ve en düşük 20,7 °C'dir (Şekil 4.8). 2002 döneminde ortalama yüzey sıcaklığı en yüksek 40,1 °C ve en düşük 20,9 °C'dir (Şekil 4.9). 2011 dönemine gelindiğinde ortalama yüzey sıcaklığı en yüksek 42,2 °C ve en düşük 20,7 °C'dir (Şekil 4.10). 2020 döneminde ortalama yüzey sıcaklığı en yüksek 46,1 °C ve en düşük 24,1 °C'dir. 1984'den 2020 dönemine kadar yüzey sıcaklığında artış olduğu görülmektedir (Şekil 4.11). Yüzey sıcaklığındaki artışın başlıca etkenlerinden biri hava sıcaklıklarının artması bir diğer etken ise 36 yıllık periyotta yapay yüzeylerin sürekli artmasıdır.



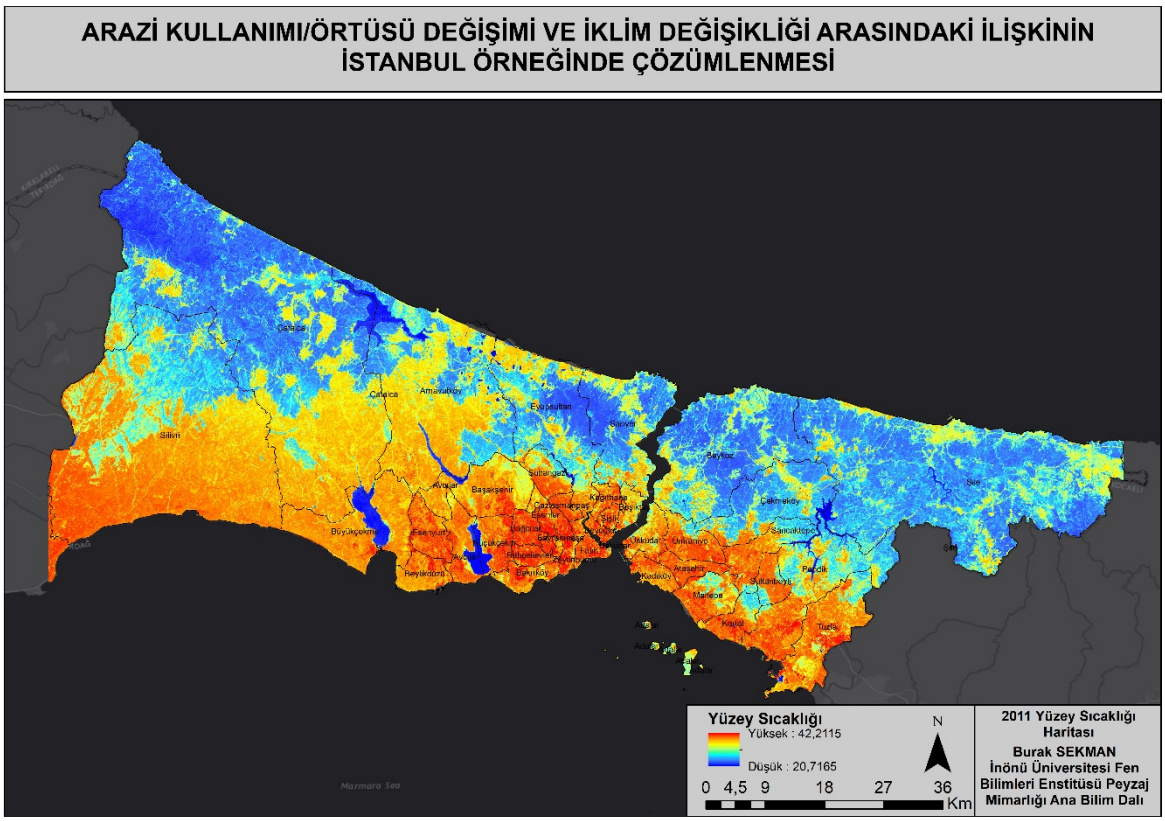
Şekil 4.7: 1984 Yılı Arazi Yüzey Sıcaklığı Haritası



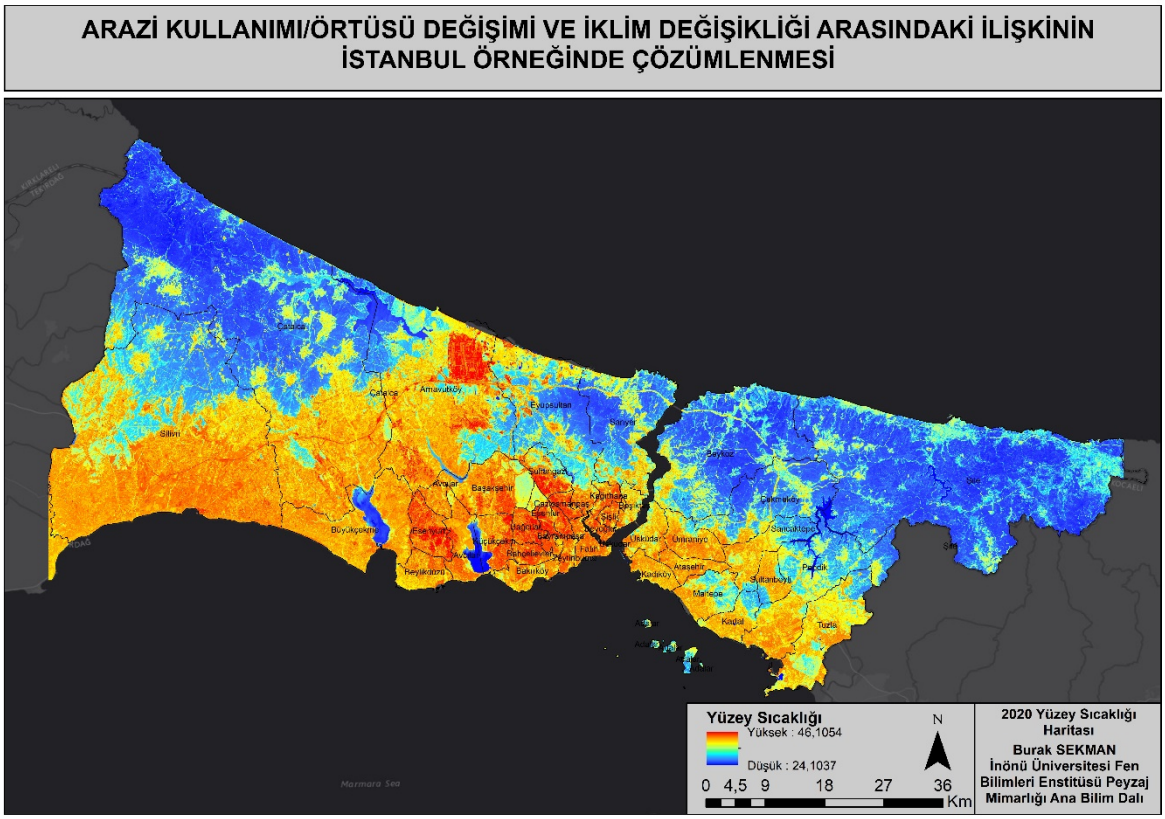
Şekil 4.8: 1993 Yılı Arazi Yüzey Sıcaklığı Haritası



Şekil 4.9: 2002 Yılı Arazi Yüzey Sıcaklığı Haritası



Şekil 4.10: 2011 Yılı Arazi Yüzey Sıcaklığı Haritası



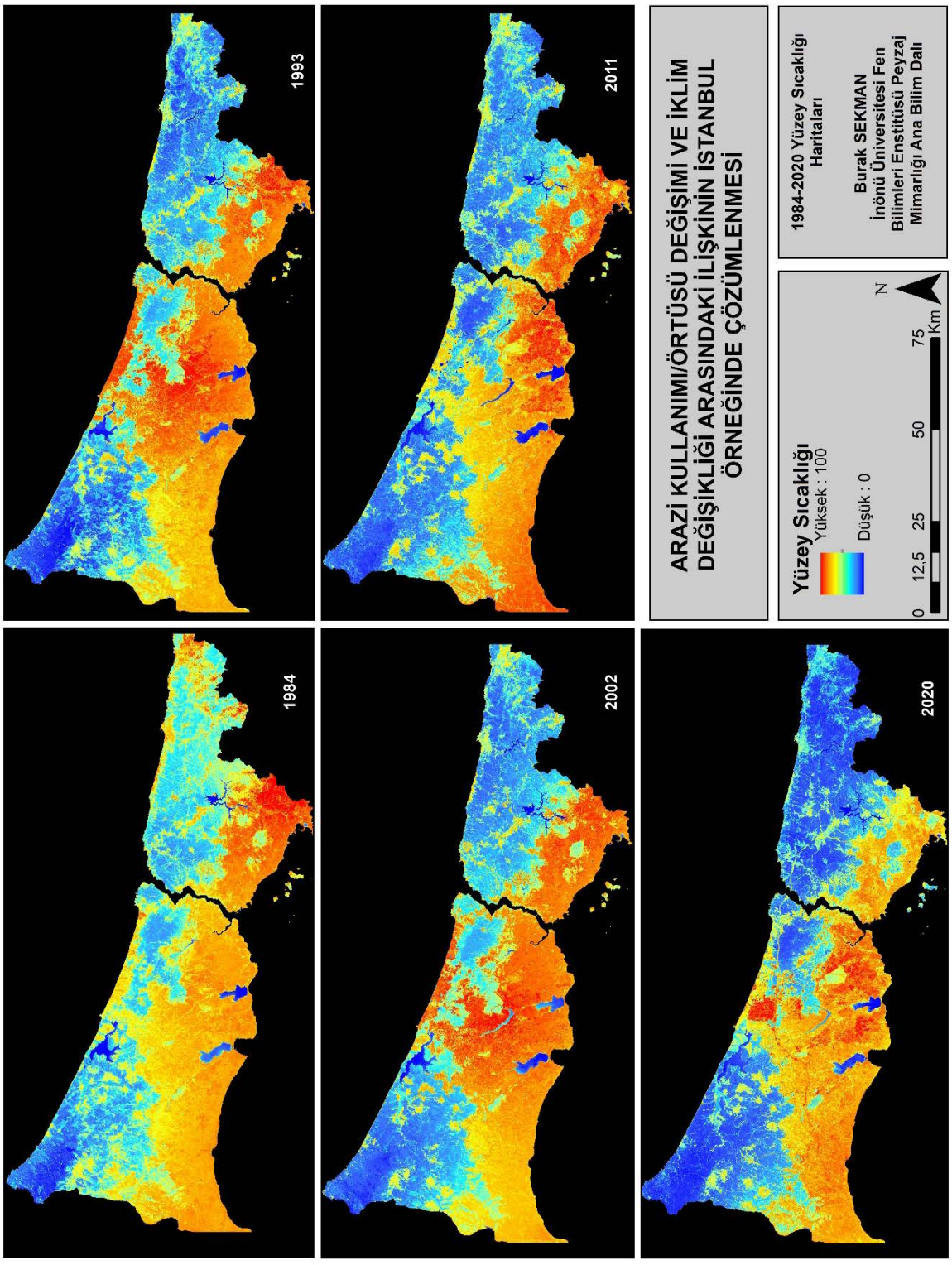
Şekil 4.11: 2020 Yılı Arazi Yüzey Sıcaklığı Haritası

0 ile 100 arasında normalleştirilmiş yüzey sıcaklığı haritalarına bakıldığında tüm zamanlarda İstanbul genelinde yüzey sıcaklığının en yüksek olduğu alanların kentsel desenin hakim olduğu güney bölgelerin ve ilçe-mahalle merkezlerinin olduğu görülmektedir (Şekil 4.12). Yapay yüzeyler ve yüzey sıcaklığı arasında pozitif bir güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Benzer şekilde Kafy ve ark.(2021) yılında Bangladeş'te yaptıkları çalışmada yapay yüzeyler ve yüzey sıcaklığı artışı arasında güçlü bir ilişki olduğunu ifade etmişler ve kentsel alanların yüksek yüzey sıcaklığına sahip olan alanlar olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Yapay yüzeylerin yanı sıra tarım alanlarının da yüzey sıcaklığı yüksek olduğu görülmektedir. Tüm zamanlarda su yüzeyleri, yüzey sıcaklığının en düşük olduğu alanlardır. Su yüzeylerini orman alanları ve doğal ve yarı doğal alanlar takip etmektedir. Youneszadeh ve ark. (2015) yılında Hollanda da yaptığı çalışmada benzer sonuçlara ulaşmış ve orman alanlarında yüzey sıcaklığının düşük olduğunu hesaplanmışlardır.

Yapay yüzeyler arasında kalan kentsel yeşil alanlar çevresine kıyasla yüzey sıcaklığının düşük olduğu alanları oluşturmaktadır. Bu özelliği ile kentsel yeşil alanlar kent içerisindeki biyoklimatik konfor alanlarını oluşturmaktadır. Yüzey sıcaklığı haritaları içerisinde çizgisel olarak uzanan yollar yüzey sıcaklığının yüksek olduğu bir diğer alanlar olarak

görülmektedir. 2011 ve 2020 yılları arasındaki dönemde tamamlanan 3. Havalimanı ve Kuzey Marmara Otoyolu projelerinin gerçekleştirildiği alanlarda yüzey sıcaklıklarının maksimum seviyelerde arttığı görülmektedir. 3. Havalimanı 2020 döneminde yüzey sıcaklığının en yüksek olduğu alanlar arasındadır (Çizelge 4.3; Şekil 4.12).

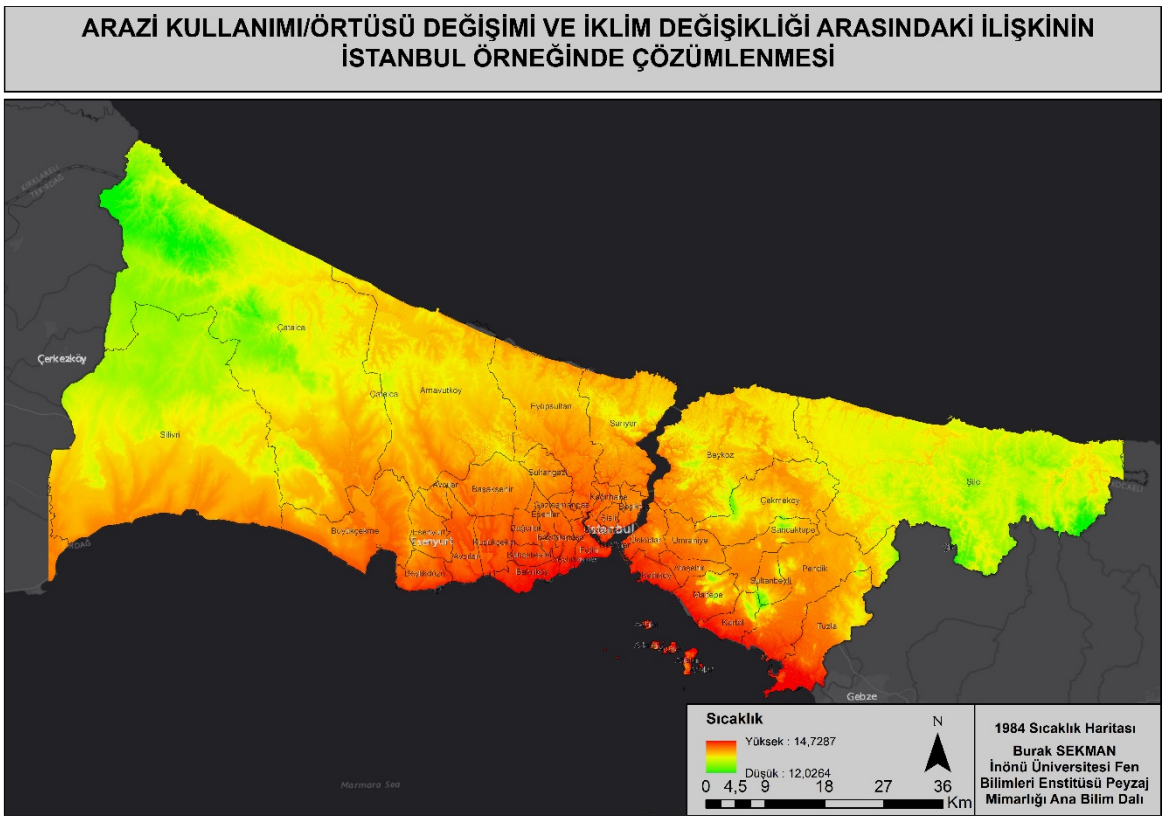


Şekil 4.12: 1984-2020 Arasındaki Normalleştirilmiş Arazi Yüzey Sıcaklığı Haritaları

4.3.2. 1984-2020 yılları arasındaki sıcaklık değişimi

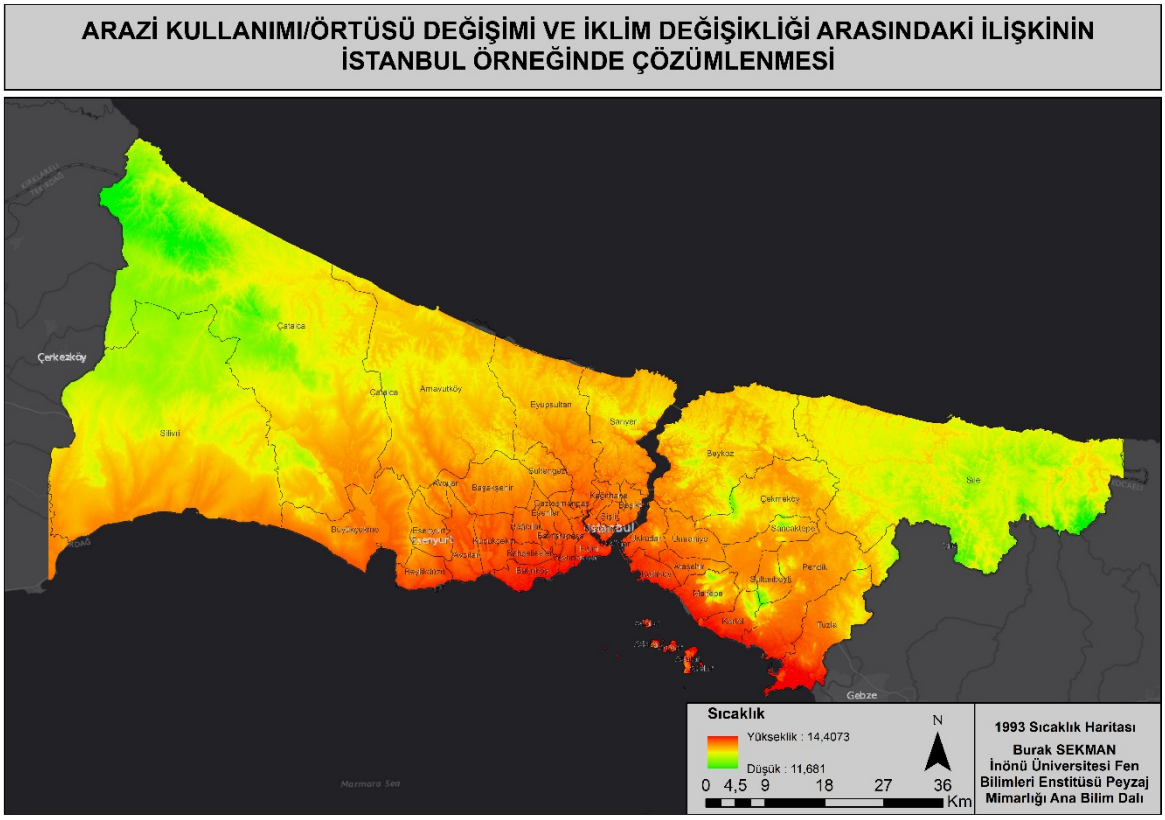
1984 ve 2020 yılları arasındaki beş dönem için ortalama sıcaklık haritalarına ölçek küçültme işlemleri uygulanarak çalışma alanına uygunlaştırılmıştır. 1984 ve 2020 yılları arasındaki 1984, 1993, 2002, 2011 ve 2020 dönemleri için uygunlaştırılan sıcaklık haritalarından her ikişer dönem için ayrı ayrı olmak üzere sıcaklık fark haritaları oluşturulmuştur.

1984 yılında İstanbul ilinde ortalama en düşük sıcaklık 12,0264 °C iken en yüksek ortalama sıcaklık 14,7287 °C'dir. İl geneline bakıldığında genel olarak kuzeydoğu ve kuzeybatı yönlerindeki alanların ilin güney bölgelerine göre sıcaklığın daha düşük olduğu görülmektedir. Bunun en önemli etkeni orman alanlarının ilin kuzey, kuzeydoğu ve kuzeybatı alanlarında yayılış göstermesinden kaynaklanmaktadır. Güney bölgesinde kent yerleşkesi yayılış gösterdiğinden dolayı çalışma alanının diğer bölgelerine göre ortalama sıcaklığın yüksek olduğu görülmektedir. Orman alanlarının yoğun olduğu ve rakımın arttığı kuzeydoğu ve kuzeybatı bölgelerindeki (Silivri'nin kuzey bölgeleri, Çatalca'nın batı-kuzeybatı ve Şile bölgesindeki) sıcaklık ile güney bölgelerdeki sıcaklık farkı ortalama 2,5 °C'dir. Ortalama sıcaklığın en düşük olduğu bölgelerin en fazla Avrupa Yakası'nın kuzeybatı taraflarıdır (Çizelge 4.4; Şekil 4.13).



Şekil 4.13: 1984 Yılı Sıcaklık Haritası

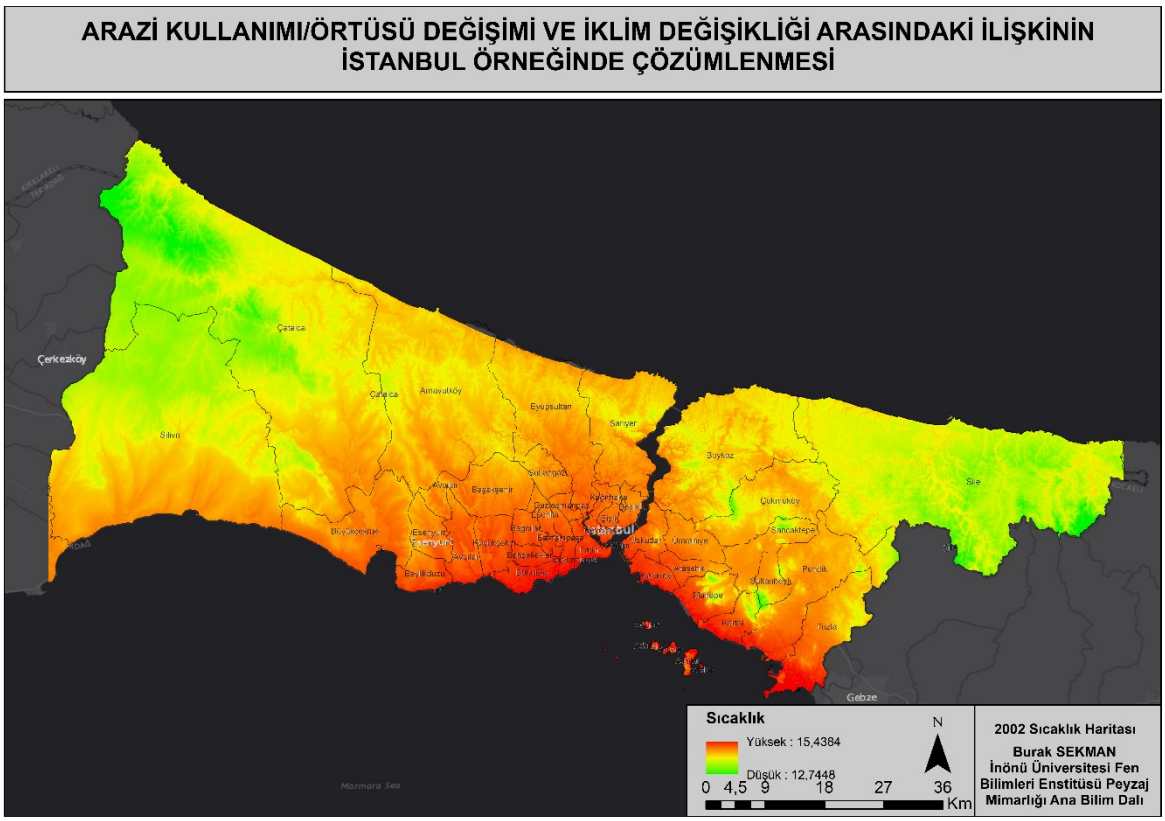
1993 yılında ortalama sıcaklık minimum 11,681 °C ve maksimum 14,4073 °C'dir. 1984 yılı ile 1993 yılı arasında en düşük ortalama sıcaklık yaklaşık olarak 0,34 °C ve en yüksek ortalama sıcaklık ise yaklaşık olarak 0,32 °C düşmüştür. Önceki dönemde olduğu gibi yüksek ve düşük sıcaklıkların yaşandığı bölgelerde bir değişiklik gerçekleşmemiştir. Kentsel desenin hakim olduğu güney bölgelerde ortalama sıcaklık yüksek iken orman deseninin hakim olduğu kuzeybatı ve kuzeydoğu bölgelerinde (Silivri'nin kuzey bölgeleri, Çatalca'nın batı-kuzeybatı ve Şile bölgelerinde) ortalama sıcaklık en düşük seviyelerdedir. Kentsel alanlar ve orman alanlarının arasında kalan bölgeler genel olarak tarım alanlarının yayılış gösterdiği alanlardır. Tarım alanlarının yoğun olduğu bölgelerin kentsel alanlara göre daha düşük orman alanlarına göre de daha yüksek sıcak olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4; Şekil 4.14).



Şekil 4.14: 1993 Yılı Sıcaklık Haritası

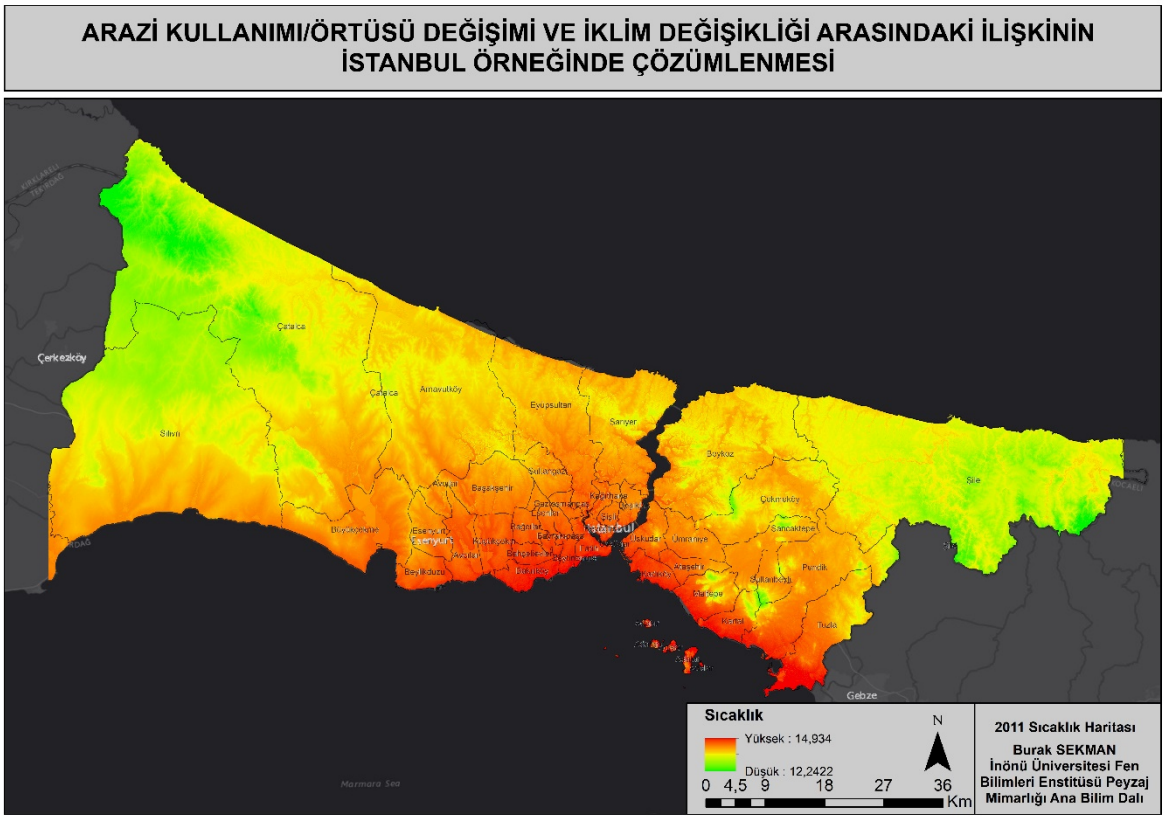
2002 yılına gelindiğinde en düşük ve en yüksek ortalama sıcaklık önceki döneme göre artmıştır. Bu için oluşturulan sıcaklık haritasına göre ortalama sıcaklık en düşük 12,7448 °C iken en yüksek 15,4384 °C'dir. Diğer dönemlerde olduğu gibi araştırma alanının en sıcak bölgeleri kentsel alanların bulunduğu güney bölgeleridir. 1984 ve 1993 yılına göre ortama

sıcaklıkların en yüksek olduğu bu dönemde de sıcaklığın mekânsal deseni benzerlik göstermektedir (Çizelge 4.4; Şekil 4.15).



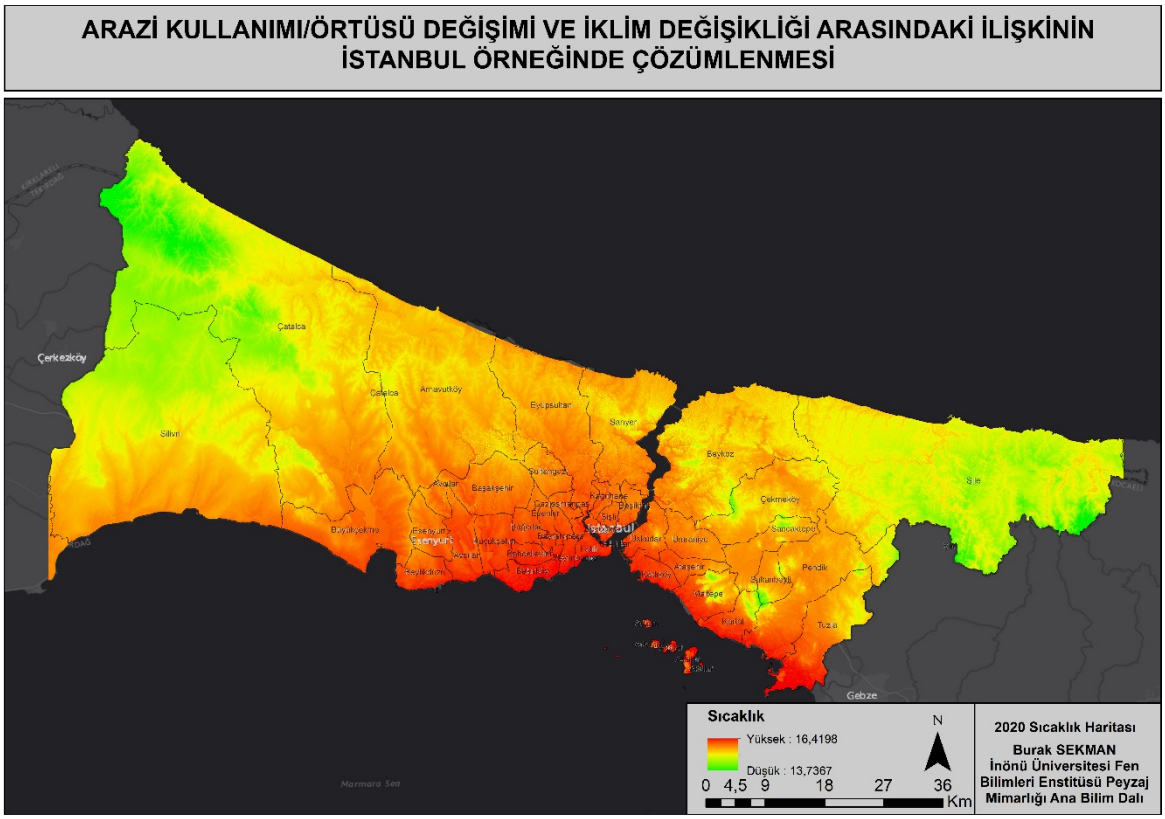
Şekil 4.15: 2002 Yılı Sıcaklık Haritası

2011 yılında ortalama sıcaklık en yüksek 14,934 °C ve en düşük 12,2422 °C'dir. En yüksek ve en düşük ortalama sıcaklık değerleri 2002 yılına göre daha düşük olmasına rağmen sıcaklığın 1984 yılından beri artışını sürdürdüğü görülmektedir. 2011 yılı içerisinde ortalama sıcaklığın düşük olduğu alanlar kuzey batı ve kuzey doğu bölgeleri (Silivri'nin kuzey bölgeleri, Çatalca'nın batı-kuzeybatı ve Şile bölgesi) iken ortalama sıcaklığın yüksek olduğu alanların kentsel desenin hakim olduğu güney bölgeler olduğu görülmektedir (Çizelge 4.4; Şekil 4.16).



Şekil 4.16: 2011 Yılı Sıcaklık Haritası

2020 yılında ortalama sıcaklık en yüksek 16,4198 ve en düşük 13,7367 °C'dir. 1984 yılı ile 2020 yılları arasında sıcaklık artarken orman alanlarının tahrip olması ve yok almasıyla birlikte kentsel alanların sürekli artmasına bağlı olarak ortalama sıcaklığın düşük olduğu alanlar azalırken ortalama sıcaklığın yüksek olduğu alanların genişlediği görülmektedir. Ortalama sıcaklığın düşük olduğu alanlar orman deseniyle benzer bir görüntü sergilemiş ve ormanların yok olmasıyla birlikte bu alanlarda ormanlarla doğru orantılı olarak azalmıştır (Çizelge 4.4; Şekil 4.17).



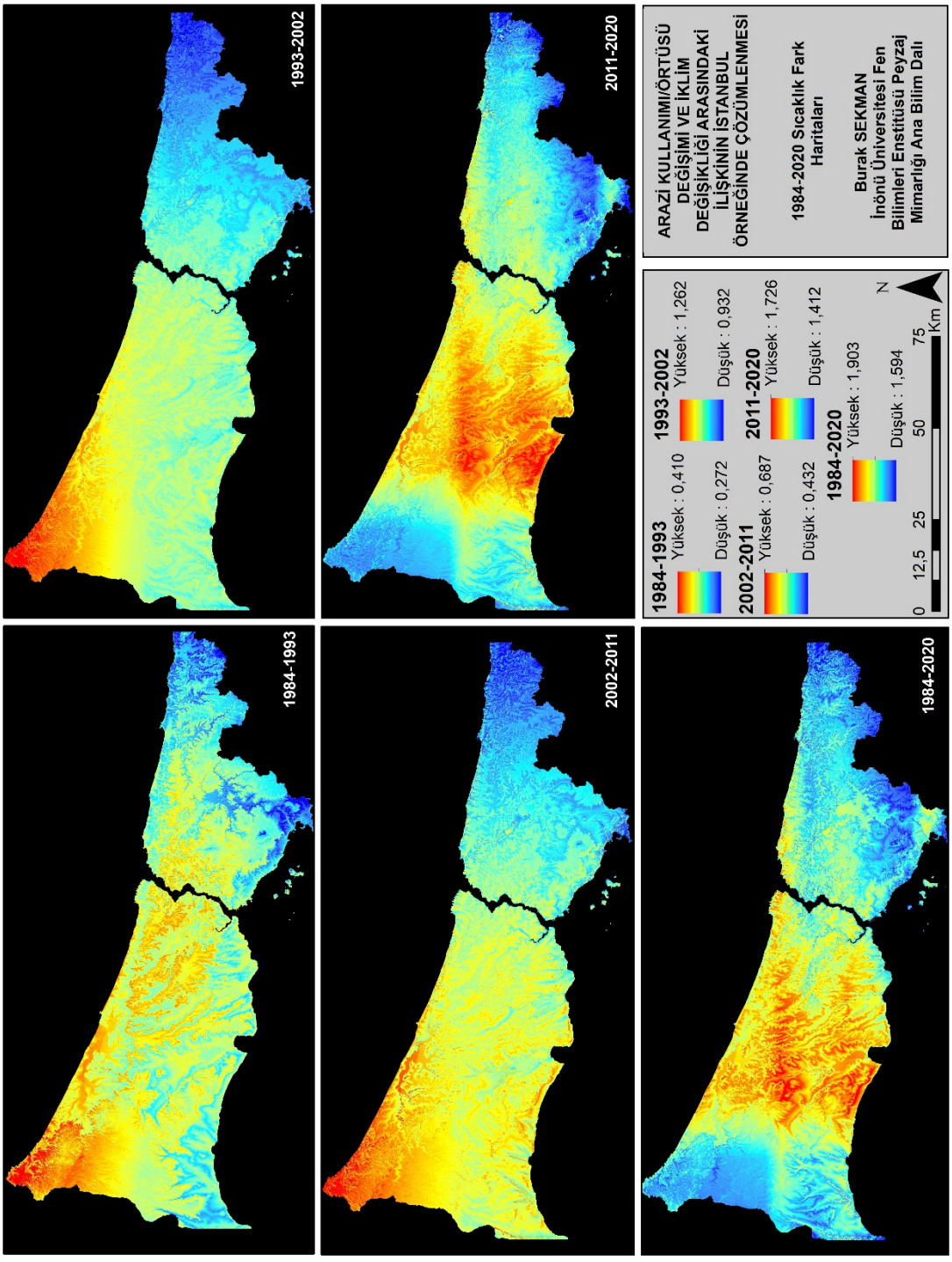
Şekil 4.17: 2020 Yılı Sıcaklık Haritası

Çizelge 4.4: 1984-2020 Sıcaklık Verileri

1984-2020 Sıcaklık Değerleri					
	1984	**1993**	**2002**	**2011**	**2020**
Sıcaklık(ort. max)	14,7287	14,4073	15,4384	14,934	16,4198
Sıcaklık(ort. min)	12,0264	11,681	12,7448	12,2422	13,7367
1984-2020 Sıcaklık Farkı					
	1984-1993	**1993-2002**	**2002-2011**	**2011-2020**	**1984-2020**
Sıcaklık Farkı(max)	0,3214	1,0311	0,5044	1,4858	1,6911
Sıcaklık Farkı(min)	0,3454	1,0638	0,5026	1,4945	1,7103

1984 ve 2020 yılları arasındaki sıcaklık fark haritaları incelendiğinde 2011 yılına kadar olan süreçte İstanbul genelinde sıcaklık farkının en yüksek olduğu bölgelerin kuzeybatı ve batı bölgeleri olduğu görülmektedir. Bu bölgelerdeki orman alanları ve tarım alanları sıcaklık farkının en fazla olduğu bölgeler olmuştur. 2011 ve 2020 yılları arasındaki dönem incelendiğinde sıcaklık farkının en fazla olduğu bölgelerin Avrupa Yakası'nın iç bölgeleri olduğu görülmektedir. 3.Havalimanı ve 3.Köprünün etkisiyle artan yapay yüzeylerin artması ve bununla birlikte orman alanları ve tarım alanlarının azalması bu farkın oluşmasındaki başlıca etkenleridir. Aynı şekilde 1984 ve 2020 yılları arasındaki sıcaklık fark haritası

incelendiğinde 2011-2020 dönemindeki fark haritasına benzer bir görüntü sergilediği görülmektedir. İncelenen 1984 ve 2020 zamansal periyodunda sıcaklık farkının en çok yaşandığı alanların Avrupa Yakası'nın iç bölgeleri olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4; Şekil 4.18).



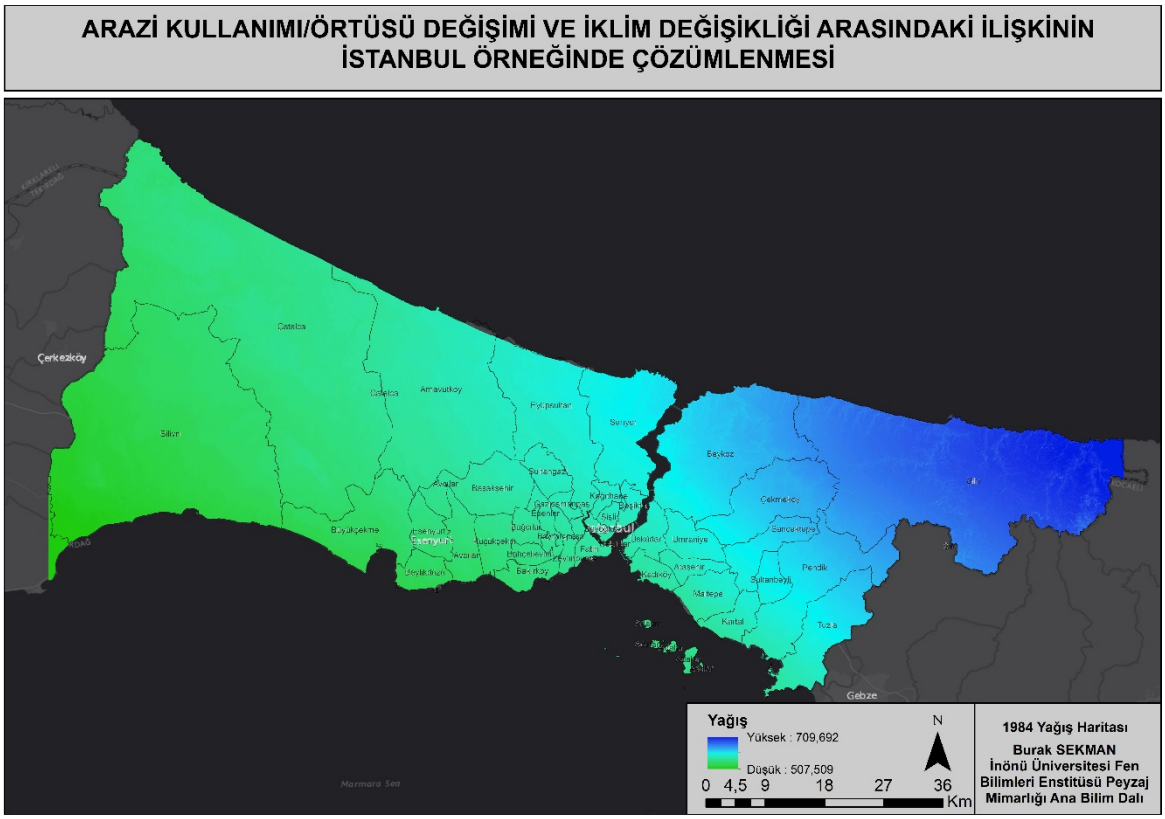
Şekil 4.18: 1984-2020 Sıcaklık Fark Haritaları

4.3.3. 1984-2020 yılları arasındaki toplam yağış miktarındaki değişim

1984 ve 2020 yılları arasındaki beş dönem için toplam yağış miktarı haritalarına ölçek küçültme işlemleri uygulanarak çalışma alanına uygunlaştırılmıştır. 1984 ve 2020 yılları arasındaki 1984, 1993, 2002, 2011 ve 2020 dönemleri için uygunlaştırılan yağış haritalarından her ikişer dönem için ayrı ayrı olmak üzere sıcaklık fark haritaları oluşturulmuştur.

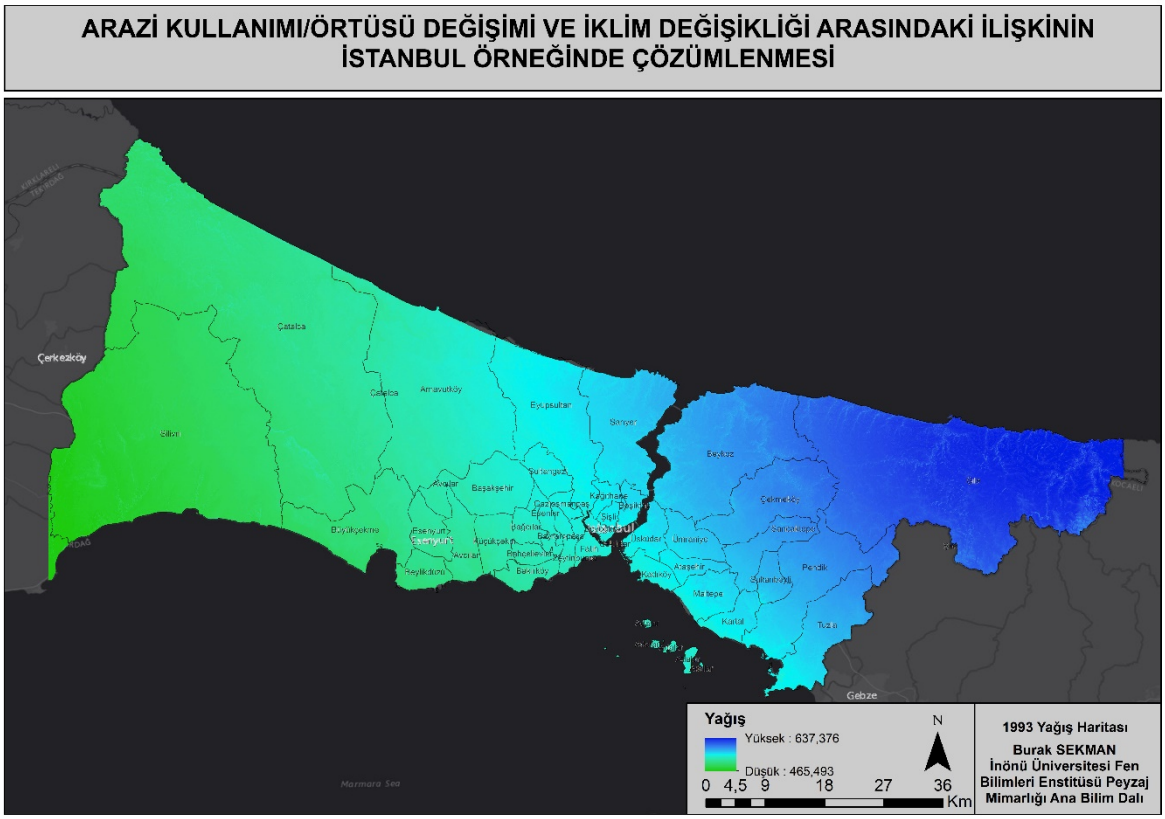
Yağış haritaları incelendiğinde her bölgenin aldığı toplam yağış miktarının farklı olduğu görülmektedir. Bölgenin yağış miktarının etkileyen çeşitli etkenler vardır. Bunlardan birkaçı denizden yükseklik, iklim kuşakları, peyzaj deseni ve arazinin topografyasıdır. Bu sebeple yağış haritalarında aynı ilin farklı bölgelerinde yıl içerisinde metrekareye düşen toplam yağış miktarı farklıdır. Benzer durum sıcaklık haritaları içinde geçerlidir.

1984 ve 2020 döneminde metrekareye düşen toplam yağış miktarının dönem dönem azalıp arttığı görülmektedir. 1984 yılında toplam yağış miktarı en fazla 709,692 mm iken en düşük 507,509 mm'dir. 1984 yılı için toplam yağış miktarının en yüksek olduğu alanlar Şile ve yakın bölgeleridir. Toplam yağış miktarı batıdan doğuya gidildikçe ve güneyden kuzeye gidildikçe artmakta olduğu görülmektedir. En az yağış alan bölge ise Silivri'nin güneybatı bölgeleridir (Çizelge 4.5; Şekil 4.19).



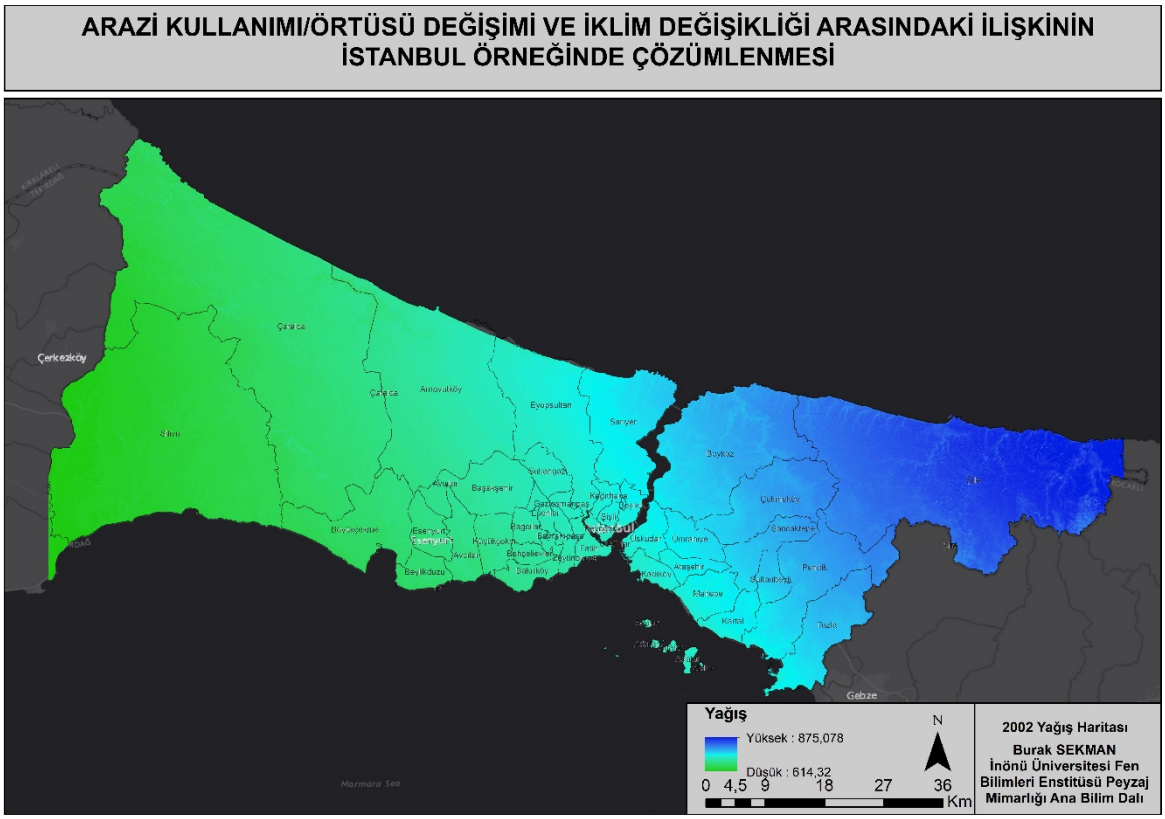
Şekil 4.19: 1984 Yılı Yağış Haritası

1993 yılında toplam yağış miktarı en yüksek 637,376 mm ve en düşük 465,493 mm'dir. Yağış miktarının bir önceki dönem olan 1984 yılına göre 83 mm azaldığı görülmektedir (Şekil 24). 1993 yılındaki toplam yağış deseni incelendiğinde bir önceki döneme benzer bir dağılım gösterdiği görülmektedir. Kuzeydoğu yönleri (Şile ve yakın çevresi) en çok yağış alan bölgeleri oluştururken güneybatı (Çatalca'nın batı ve Silivri bölgeleri) yönlerindeki alanlar en az yağış alan bölgelerdir. Yağış miktarı araştırma alanı içerisinde batı yönlerinden doğu yönlerine ve güneyden de kuzeye doğru gidildikçe artış göstermektedir (Çizelge 4.5; Şekil 4.20).



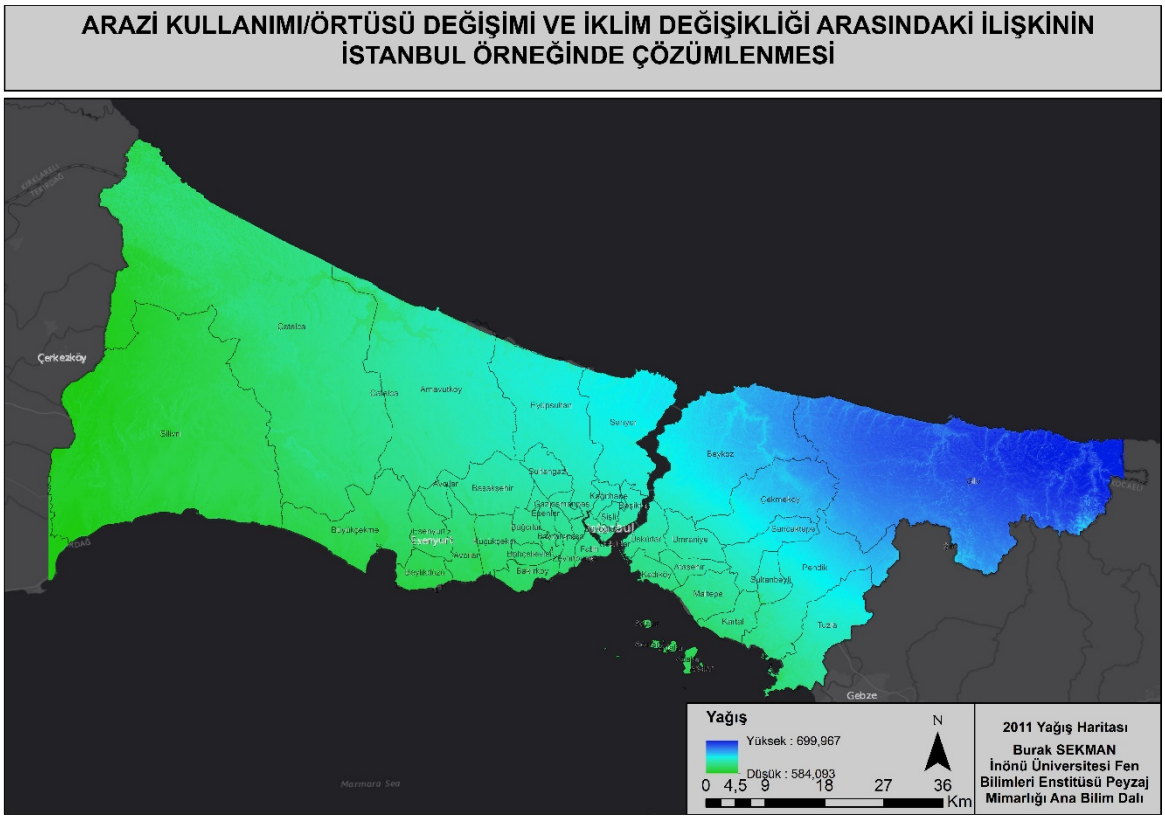
Şekil 4.20: 1993 Yılı Yağış Haritası

2002 yılında toplam yağış miktarı en yüksek 875,078 mm ve en düşük 614,32 mm'dir. Önceki yıla göre metrekareye düşen toplam yağış miktarında 241 mm artış gerçekleşmiştir (Şekil 24). Şile ve yakın çevrelerindeki bölgeler en fazla yağış alan bölgeleri oluştururken Çatalca ve Silivri yönündeki alanlar en az yağış alan bölgeleri oluşturmaktadır (Çizelge 4.5; Şekil 4.21).



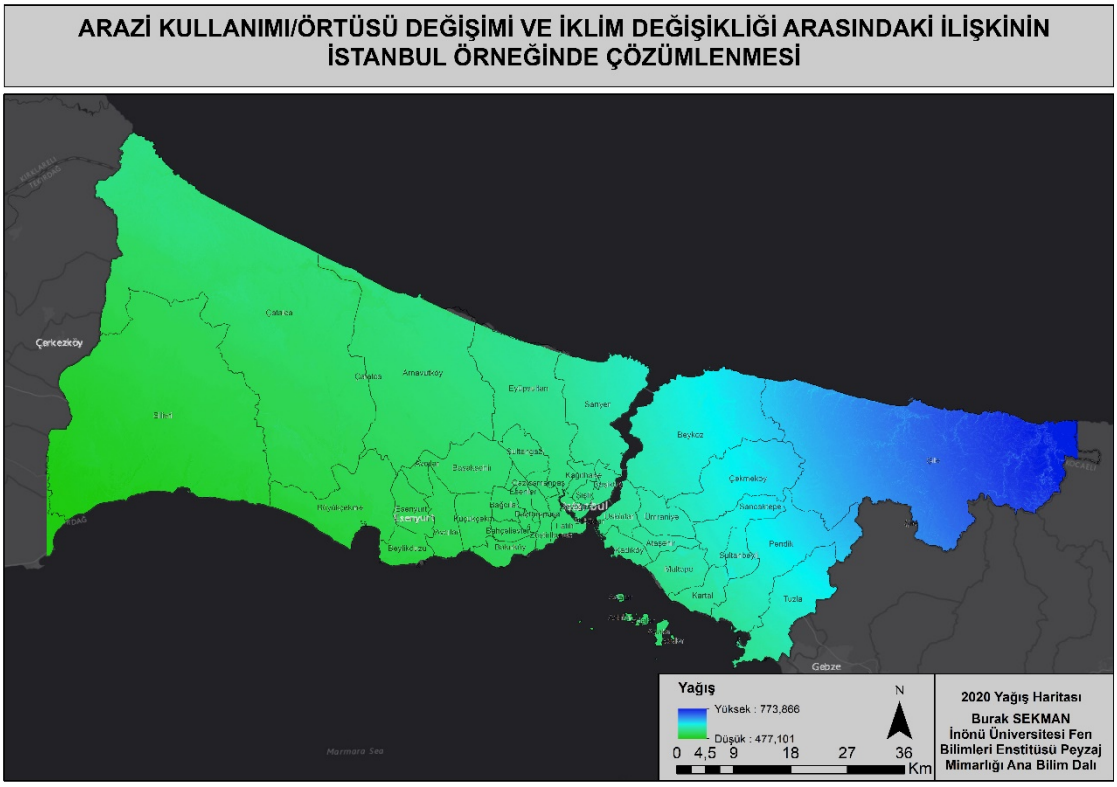
Şekil 4.21: 2002 Yılı Yağış Haritası

2011 yılı için toplam yağış miktarı en fazla 699,967 mm iken en düşük 584,093 mm seviyelerindedir. 2002 yılına göre toplam yağış miktarının 179 mm azaldığı hesaplanmıştır (Şekil 24). Yağış miktarının dağılımı genel olarak önceki dönemlere benzer bir desen gösterse de bu dönem içerisinde toplam yağış miktarına oranla yüksek yağış alan bölgelerde azalma olduğu görülmektedir. Avrupa Yakası'nın güney bölgeleri önceki dönemlerde o yılın toplam yağış miktarına oranla aldığı yağışta oransal olarak düşüş olduğu görülmektedir. 2011 yılı için her dönem yüksek oranda yağış alan bölgelerde azalma gerçekleşmiştir (Çizelge 4.5; Şekil 4.22).



Şekil 4.22: 2011 Yılı Yağış Haritası

2020 yılında metrekareye düşen toplam yağış miktarı en fazla 773,866 mm ve en düşük 477,101 mm'dir. 2011 yılına göre toplam yağış miktarı 73 mm artış göstermiştir (Şekil 24). 1984, 1993, 2002, 2011 ve 2020 dönemleri için il genelinde metrekareye düşen yağış miktarı batı yönünden doğuya gidildikçe artmaktadır. Tüm zamanlar için ilin en çok yağış alan bölgesi kuzeydoğu bölgeleri olurken güneybatı yönünde bulunan bölgeler en az yağış alan yerler olmuştur. Aynı şekilde güney yönünden kuzey yönüne gidildikçe de yağış artmaktadır. 1984 yılından 2020 yılına gelindiğinde yüksek yağış alan bölgelerin azaldığı görülmektedir (Çizelge 4.5; Şekil 4.23; Şekil 24).

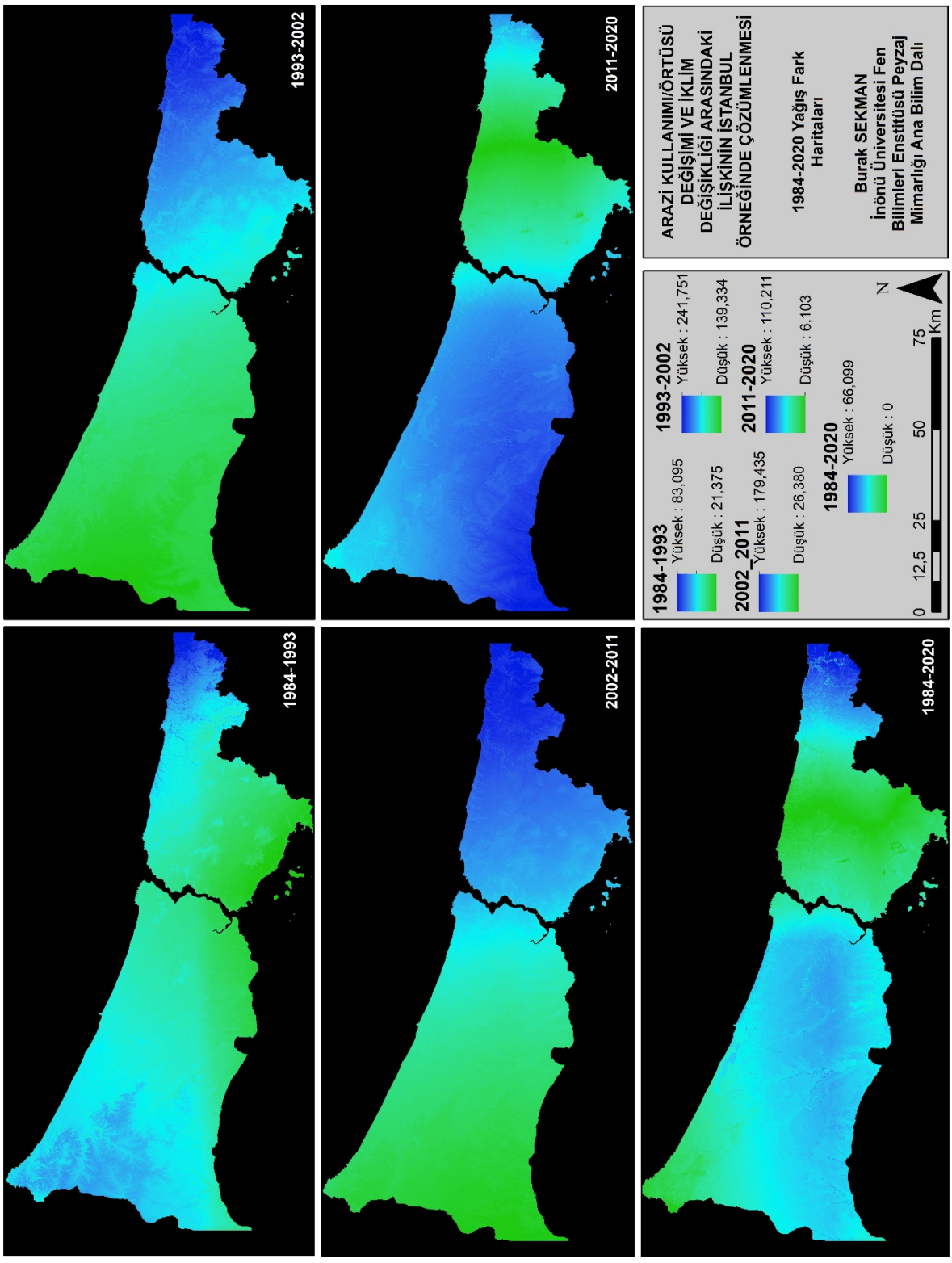


Şekil 4.23: 2020 Yılı Yağış Haritası

Çizelge 5 ve Şekil 24 incelendiğinde 1984 ve 2020 yılları arasında yağış rejiminin düzensiz olduğu görülmektedir. Yağış zaman zaman artarken bazı dönemlerde de azaldığı görülmektedir. Aynı şekilde yağış fark haritaları incelendiğinde peyzaj deseni ile yağış miktarı arasında bir ilişki bulunamamıştır. 2011 ve 2020 yılları arasında Avrupa Yakası'nda peyzaj deseni fark etmeksizin metrekareye düşen yağış miktarı artarken 1993 ve 2002 yılları arasında yağış en fazla Anadolu Yakası'nın kuzeydoğu bölgelerinde gerçekleşmiştir. Aynı şekilde 2002 ve 2011 yılları arasında metrekareye düşen yağış miktarı en fazla Anadolu Yakası'nda gerçekleşmiştir. Benzer şekilde Wang ve ark. (2018) yılında yaptıkları "Peyzaj Desenleri Alt İklim Bölgelerinde Farklılaşan Yağışları Etkiler" adlı çalışmada peyzaj deseni ile yağış arasındaki korelasyonun bölgeden bölgeye değiştiğini ifade etmişler ve tüm bölgelerde uygulanabilecek bir modelin olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Çizelge 4.5: 1984-2020 Yağış Verileri

1984-2020 Toplam Yağış Miktarı					
	1984	**1993**	**2002**	**2011**	**2020**
Yağış(top. max)	709,692	637,376	875,078	699,967	773,866
Yağış(top. min)	507,509	465,493	614,32	584,093	477,101
1984-2020 Yağış Farkı					
	1984-1993	**1993-2002**	**2002-2011**	**2011-2020**	**1984-2020**
Yağış Farkı(max)	72,316	237,702	175,111	73,899	64,174
Yağış Farkı(min)	42,016	148,827	30,227	106,992	30,408



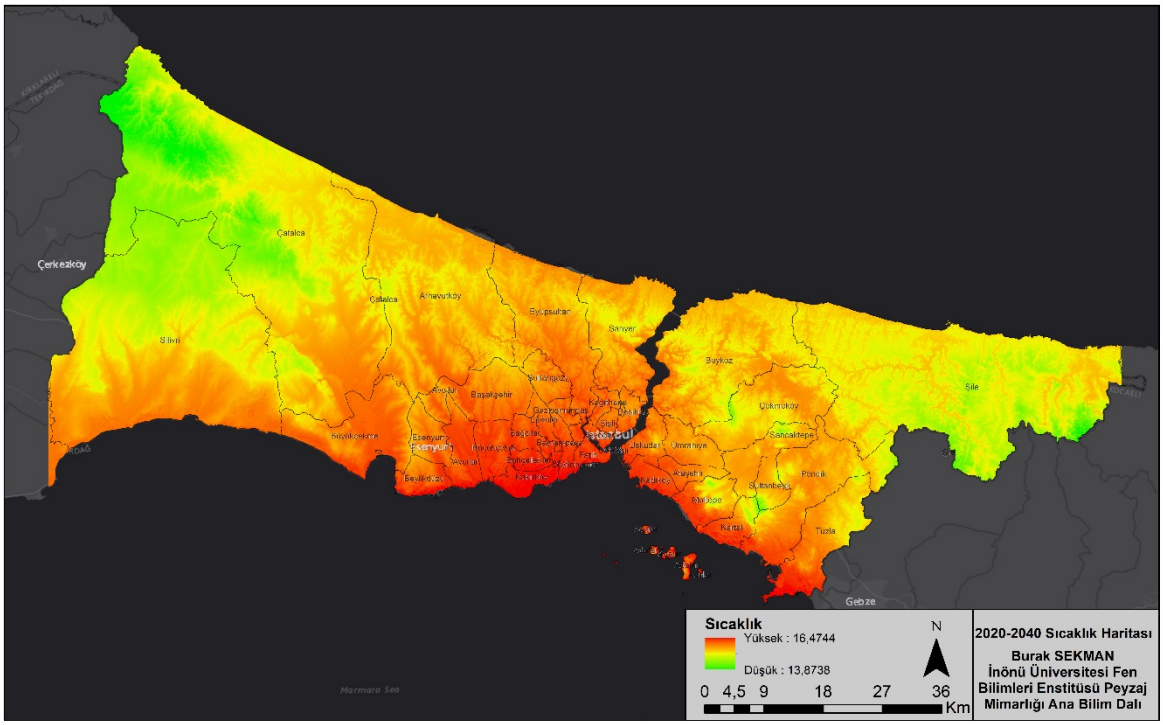
Şekil 4.24: 1984-2020 Yağış Fark Haritaları

4.3.4. 2020-2100 yılları arasındaki sıcaklık değişimi

2020 ve 2100 yılları arasındaki sıcaklık değişimi en kötü senaryo olan ssp585 üzerinden değerlendirilmiştir. Ssp5 senaryosuna göre üretilen sıcaklık haritaları dönemsel olup 20 yıllık periyottaki iklim değişimini ifade etmektedir. 2020 ve 2100 yılları arasındaki 80 yıllık dönem için 2020-2040, 2040-2060, 2060-2080 ve 2080-2100 zamansal periyotları kapsayan haritalar üretilmiştir. Bununla birlikte 2020 verileri baz alınarak her dönem için (2020-2040, 2020-2060, 2020-2080, 2020-2100) iklim fark haritaları üretilerek iklim değişiminin en etkili olduğu alanlar tespit edilmiştir.

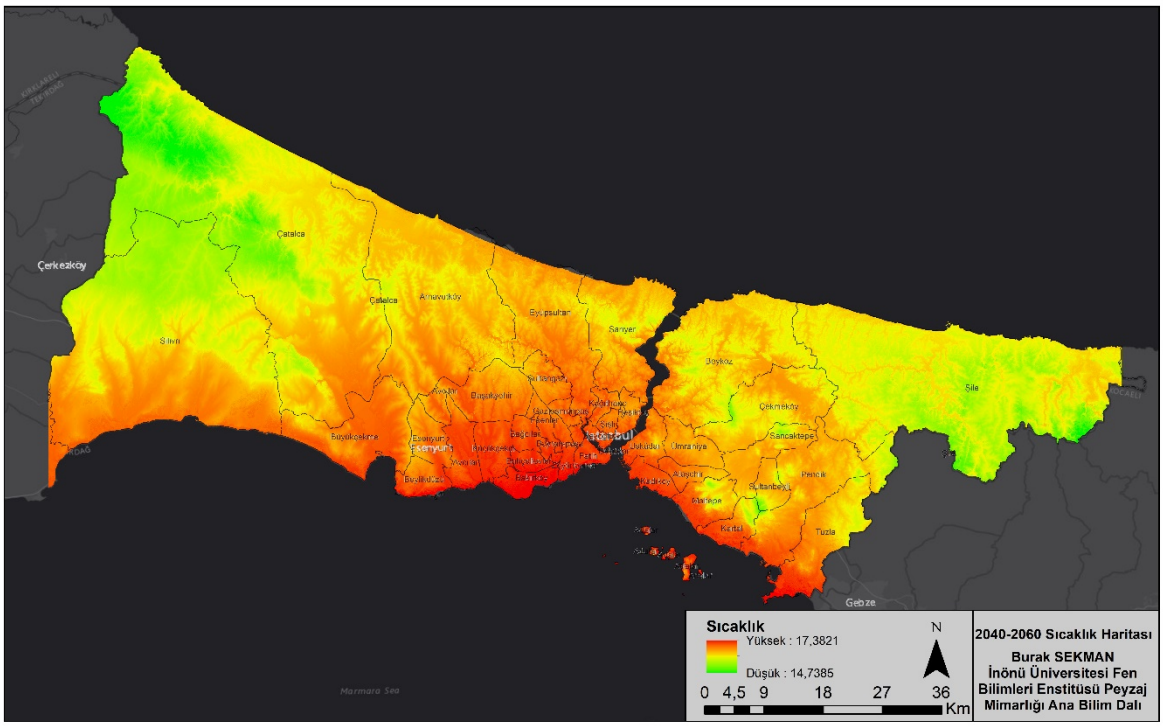
Gelecek dönem iklim haritaları oluşturulurken ssp5 senaryosu baz alınmıştır. Ssp5 senaryosu seçilirken 1984 ve 2020 yılları arasındaki dönem baz alınmıştır. 1984 ve 2020 yılları arasındaki dönem incelendiğinde nüfus 2.64 kat artarak 5.842.985 kişiden 15.462.452 kişiye ulaşmıştır. Aynı zamanda nüfusun etkisiyle kentleşme ivme kazanarak yapay yüzeyler 431,20 km²'den 1292,54 km²'ye ulaşarak 3 kat artmıştır. 36 yıllık dönemde İstanbul genelinde karayolları 2,2 kat artarak 69 km²'den 153 km²'ye ulaşmıştır. Karayolları 2,2 kat oranında artarken araç sayısı 14,65 kat artış göstermiş olup araç sayısı 286.000'den 4.190.910 seviyesine ulaşmıştır. Araç sayısı ve karayollarındaki artış fosil yakıt temelli tüketimin durumunu ve hava kirleticilerinin durumunu açıklamaktadır. Nüfusa bağlı olarak kentleşmenin artması ve buna bağlı olarak enerji ihtiyacı, kaynak tüketimi, fosil yakıt temelli tüketimdeki artış ve ekonomik ilerleme gibi etkenler göz önünde bulundurulduğunda İstanbul için iklim senaryoları arasında ssp5 senaryosu uygun bulunmuştur ve araştırmada haritalar bu senaryo kapsamında oluşturulmuştur.

2020-2040 dönemi arasındaki sıcaklık haritası incelendiğinde ortalama sıcaklık en yüksek 16,4744 °C ve en düşük 13,8738 °C'dir. 2020 yılına kıyasla ortalama sıcaklık değişimi yaklaşık 0,4 °C'dir. Bu sıcaklık artışı en fazla ilin kuzeybatı (Şile) bölgesinde gerçekleşmiştir. Bu dönemde de ortalama sıcaklığın kentsel desenin hakim olduğu bölgelerde en yüksek olduğu görülmektedir. 2020 yılına göre bu dönemde ortalama sıcaklığın yüksek olduğu bölgelerin arttığı görülmektedir. 2020-2040 döneminde ortalama sıcaklığın en düşük olduğu bölgeler Çatalca'nın kuzeybatı ve Silivri'nin kuzey bölgeleri ve Şile'nin güney bölgeleri olmuştur (Şekil 4.25; Şekil 4.29).



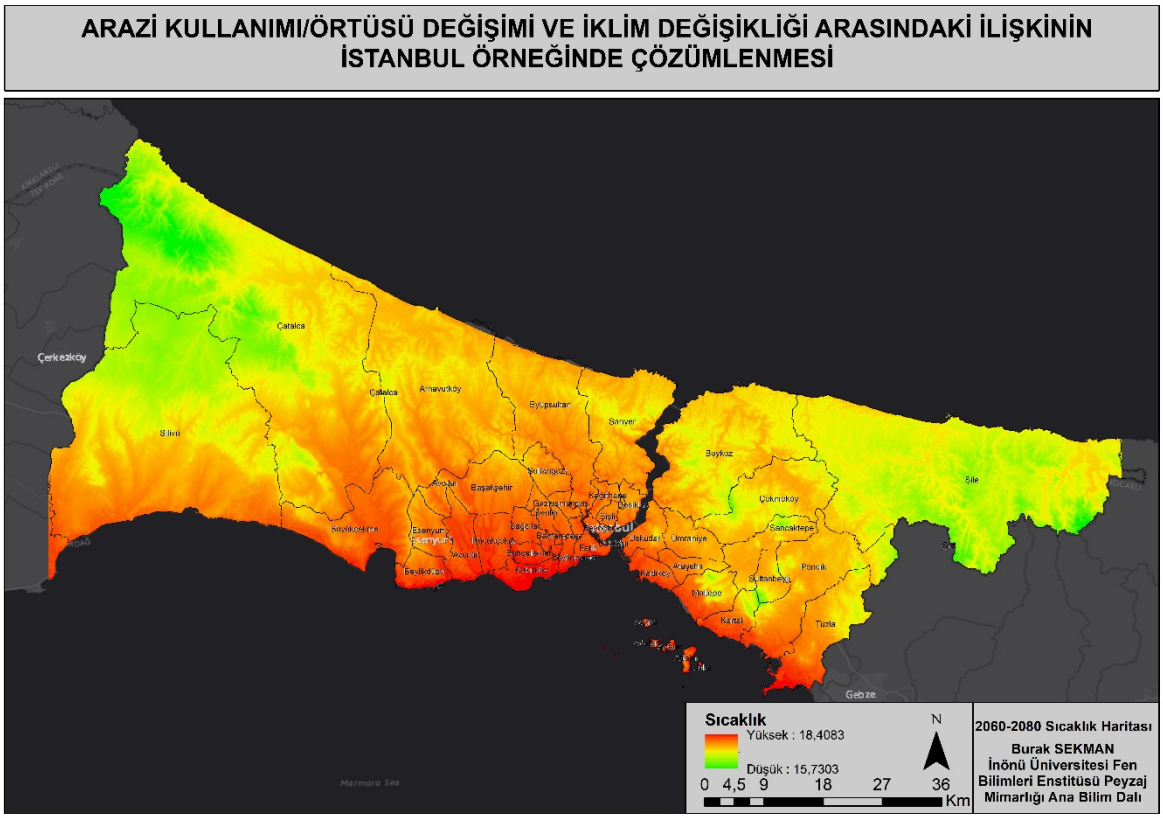
Şekil 4.25: 2020-2040 Sıcaklık Haritası

2040 ve 2060 yılları arasındaki dönemde ortalama sıcaklık en yüksek 17,38 °C ve en düşük 14,73 °C'dir. 2020-2040 dönemine göre sıcaklık yaklaşık olarak 0,9 °C artarken 2020 yılına göre 1,33 °C artış göstermiştir. Bu dönem içerisinde de ortalama sıcaklığın en yüksek olduğu olanlar İstanbul'un iç bölgeleri olmuştur. Ortalama sıcaklığın en düşük olduğu bölgeler Çatalca'nın kuzeybatı ve Silivri'nin kuzey bölgeleri ve Şile'nin güney bölgeleri olmuştur. 2020 yılından 2040-2060 dönemine gelindiğinde sıcaklığın artışının en fazla olduğu bölgelerin Silivri'nin güneybatı bölgeleri ve Şile'nin kuzeydoğu-doğu bölgeleri olduğu belirlenmiştir. Avrupa Yakası'nda gerçekleşen sıcaklık artışının Anadolu Yakası'na göre daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.26; Şekil 4.29).



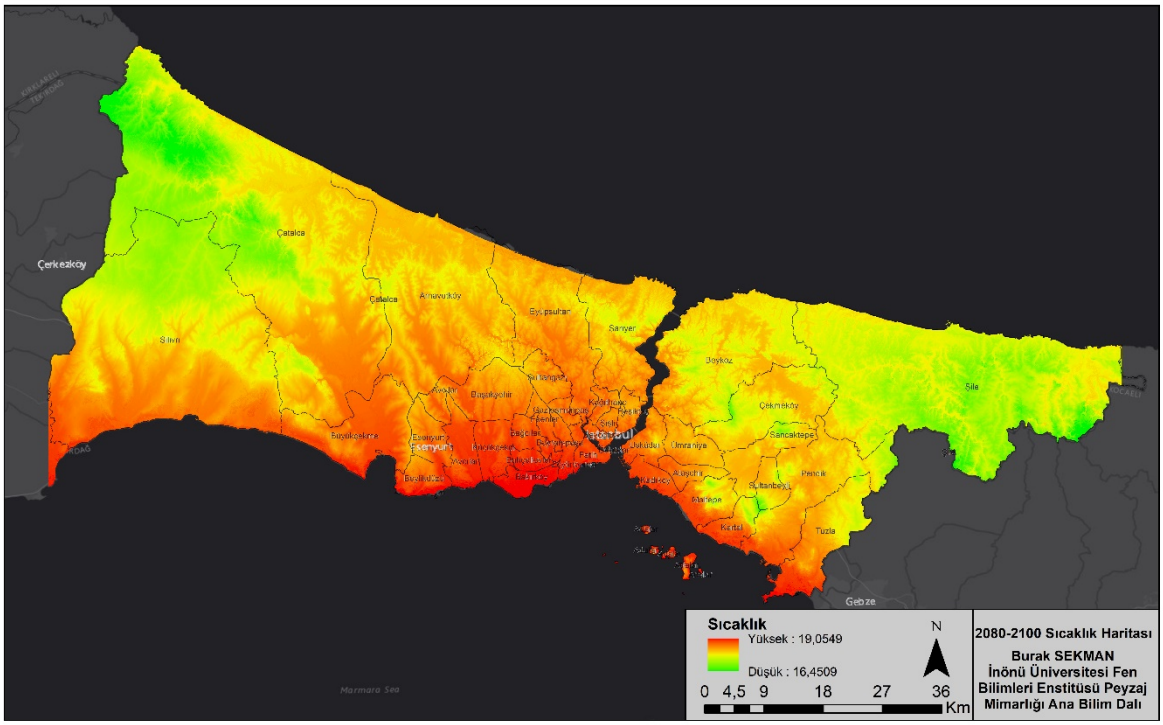
Şekil 4.26: 2040-2060 Sıcaklık Haritası

2060 ve 2080 yılları arasındaki dönemde ortalama sıcaklık en yüksek 18,40 °C ve en düşük 15,73 °C'dir (Şekil 4.27). Diğer dönemlere benzer şekilde ortalama sıcaklığın en yüksek olduğu bölgeler kentsel dokunun en yoğun olduğu iç bölgelerdir. Avrupa ve Anadolu Yakası'nın Marmara kıyısına bakan ve kentsel dokunun en yoğun olduğu bölgeler tüm zamanlarda ortalama sıcaklığın en yüksek olduğu bölgelerdir. Önceki dönemlere benzer şekilde ortalama sıcaklığın en düşük olduğu bölgeler Avrupa Yakası'nda Silivri'nin kuzey bölgeleri ve Çatalca'nın batı-kuzeybatı bölgeleri iken Anadolu Yakası'nda ise Şile ilçesi olduğu görülmektedir. 2040-2060 dönemine göre ortalama sıcaklık yaklaşık 1 °C artmıştır. Ortalama sıcaklık 2020 yılına göre ise 2,54 °C artmıştır. Bu dönemde ortalama sıcaklık en fazla Silivri'nin batı-güneybatı bölgelerinde daha sonra da Şile'nin batı bölgelerinde gerçekleşmiştir. Önceki dönemlere göre ortalama sıcaklık artışının en fazla yaşandığı bölgeler artmaya devam etmektedir. 2020, 2040 ve 2060 dönemlerine göre sıcaklık artışı etkisini iç bölgelerde daha fazla göstermeye başlamıştır. Genel olarak sıcaklık artışının etkisi en Anadolu Yakası'nda hissedilmektedir (Şekil 4.27; Şekil 4.29).

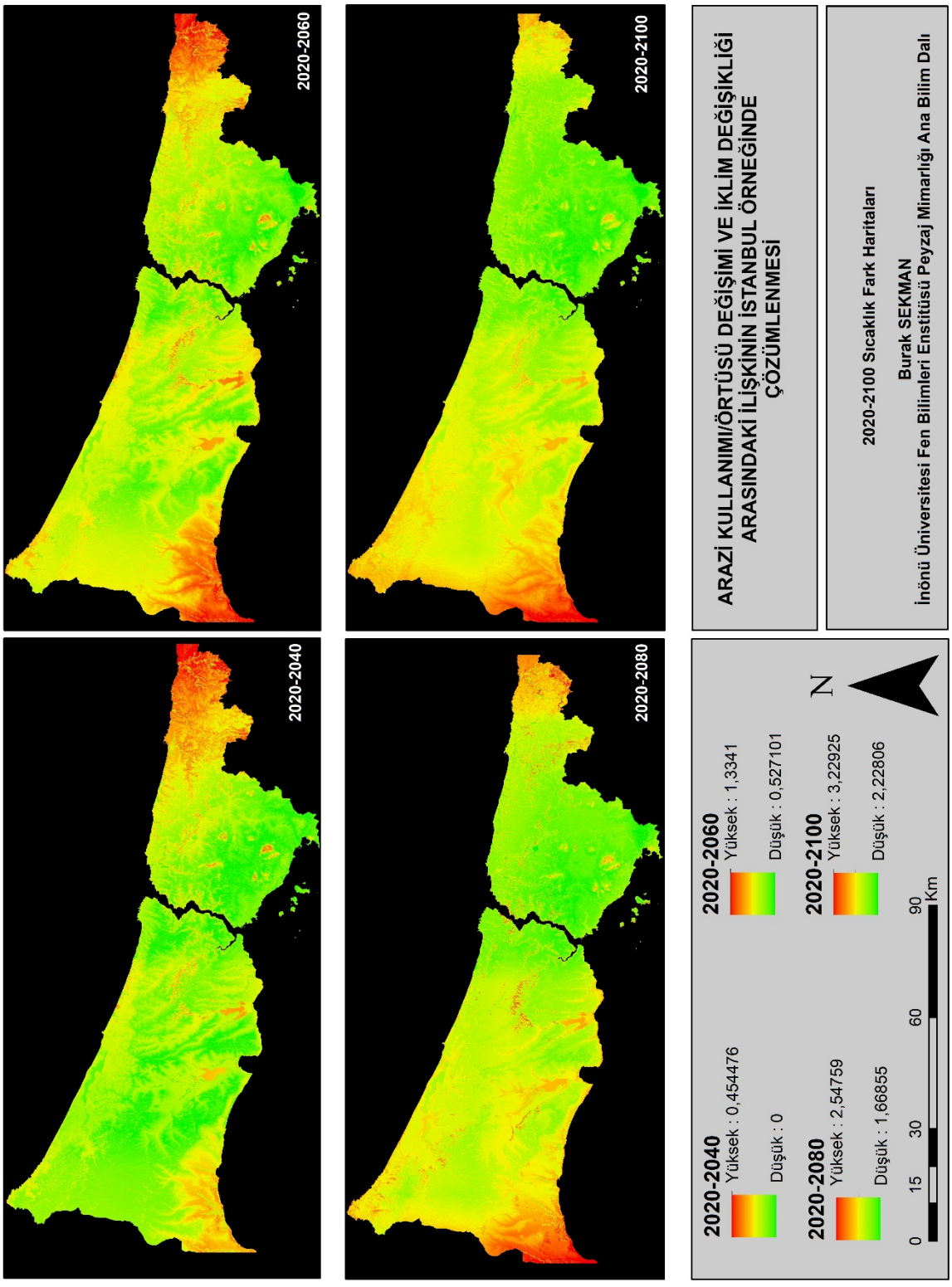


Şekil 4.27: 2060-2080 Sıcaklık Haritası

2080 ve 2100 yılları arasındaki döneme gelindiğinde ortalama sıcaklık en yüksek 19 °C ve en düşük 16,45 °C seviyelerine yükselmektedir. Ortalama sıcaklığın aşırı yüksek seviyelere ulaşmasından dolayı daha önceki dönemlerde daha düşük seviyelerde olan alanlarda yok olmuştur. Ortalama sıcaklığın en düşük olduğu alanlar diğer dönemlerde olduğu gibi Avrupa Yakası'nda Çatalca ilçesinin batı-kuzeybatı bölgeleri ve Silivri'nin kuzey bölgeleri olurken Anadolu Yakası'nda Şile bölgesi olduğu görülmektedir. Ormanlık alanların olduğu bu bölgeler önceki dönemlere göre sıcaklık artışından etkilenmiş olsalar da İstanbul'un diğer bölgelerine göre ortalama sıcaklığın en düşük olduğu alanlardır. Bu dönemde ormanlık alanların sıcaklık artışına etkisi bariz bir şekilde belli olmaktadır. Ortalama sıcaklığın düşük olduğu alanlar orman alanlarıyla birebir örtüşmektedir ve orman alanlarının etrafındaki diğer alanlarla arasındaki sıcaklık farklı açıkça görülmektedir. 2080 ve 2100 döneminde orman alanları dışında kalan diğer alanlar sıcaklık artışından en yüksek seviyede etkilenmiştir. 2020 yılına göre ortalama sıcaklık yaklaşık olarak 3,23 °C artmıştır (Şekil 4.28; Şekil 4.29).



Şekil 4.28: 2080-2100 Sıcaklık Haritası

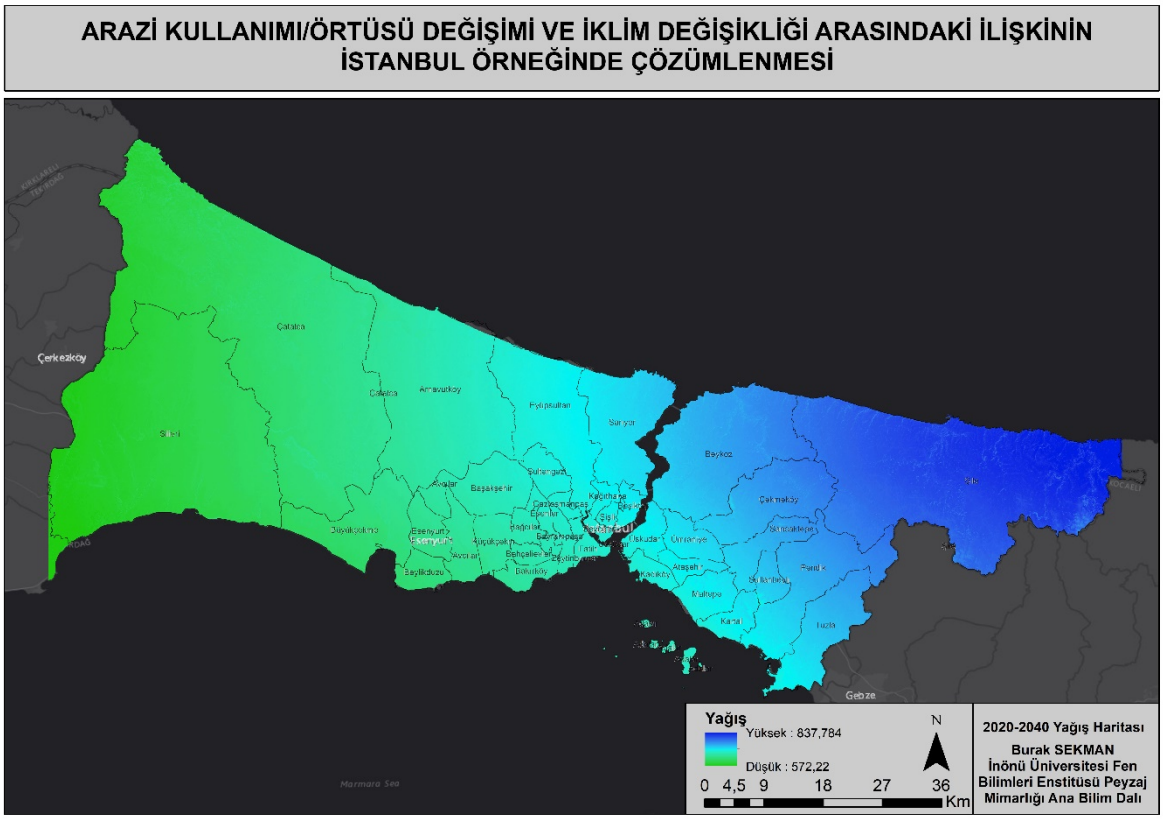


Şekil 4.29: 2020-2100 Sıcaklık Haritaları

4.3.5. 2020-2100 yılları arasındaki yağış değişimi

2020 ve 2100 dönemindeki metrekareye düşen toplam yağış miktarındaki değişim ssp585 senaryosuna göre haritalanmış ve incelenmiştir. 2020-2040, 2040-2060, 2060-2080 ve 2080-2100 dönemleri için ayrı ayrı haritalar oluşturulmuştur. 2020-2040, 2020-2060, 2020-2080 ve 2020-2100 dönemleri için toplam yağış miktarındaki fark hesaplanmış ve haritaları oluşturulmuştur.

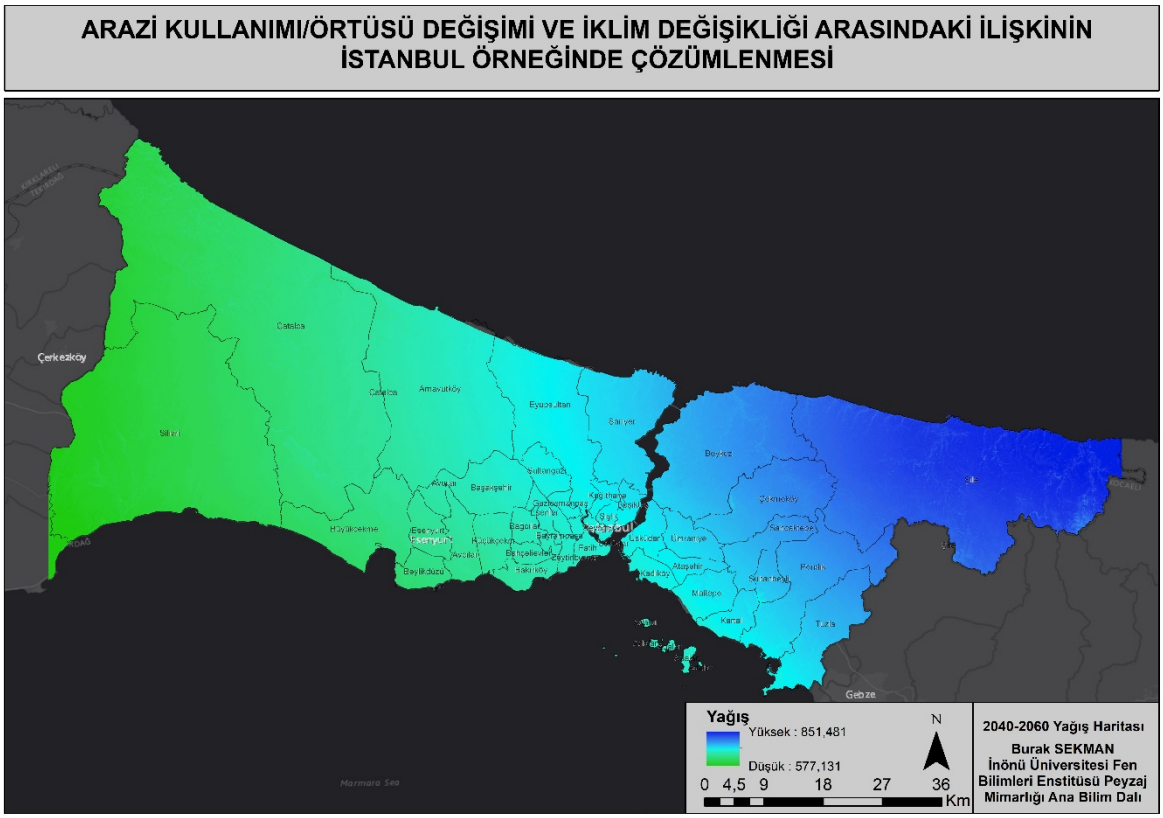
Sıcaklığın aksine metrekareye düşen toplam yağış miktarı 2020 ve 2100 yılları arasında artış göstermiştir. 2020 ve 2040 yılları arasındaki dönemde metrekareye düşen toplam yağış miktarı en yüksek 837,784 mm ve en düşük 572,22 mm olarak hesaplanmıştır. 2020 yılına göre toplam yağış miktarı 149,535 mm artmıştır. Bu artış en yüksek seviyesine İstanbul'un iç bölgelerinde ulaşmıştır. Toplam yağış miktarı batı yönünden doğu yönüne doğru artış göstermektedir. En düşük yağış alan ilçe 572,22 mm ile Silivri ilçesi ve Çatalca'nın batı bölgeleri olurken en fazla yağış alan ilçe 837,784 mm ile Şile ilçesidir (Şekil 4.30; Şekil 4.34).



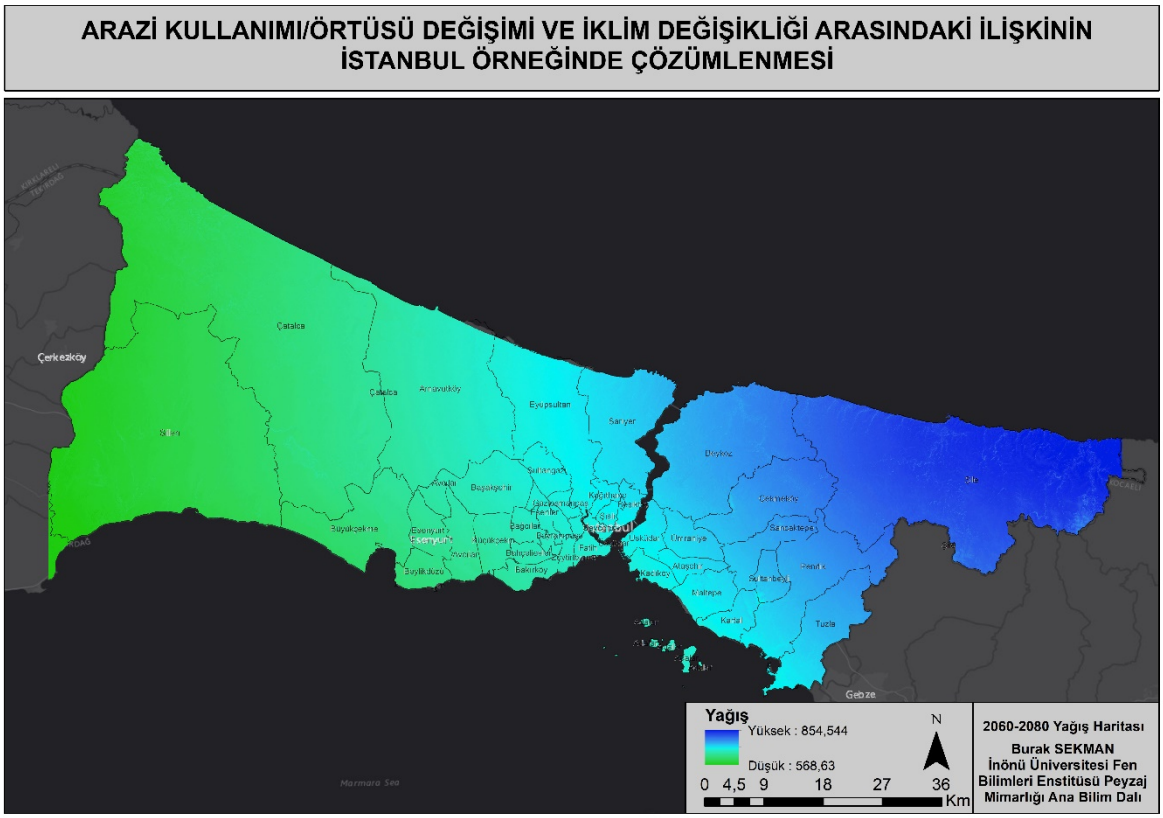
Şekil 4.30: 2020-2040 Yağış Haritası

2040-2060 yılları arasında toplam yağış miktarı en yüksek 851,481 mm'dir. 2020 yılına göre toplam yağış miktarı 162,474 mm artmıştır (Şekil 4.31; Şekil 4.34). 2060-2080 yılları

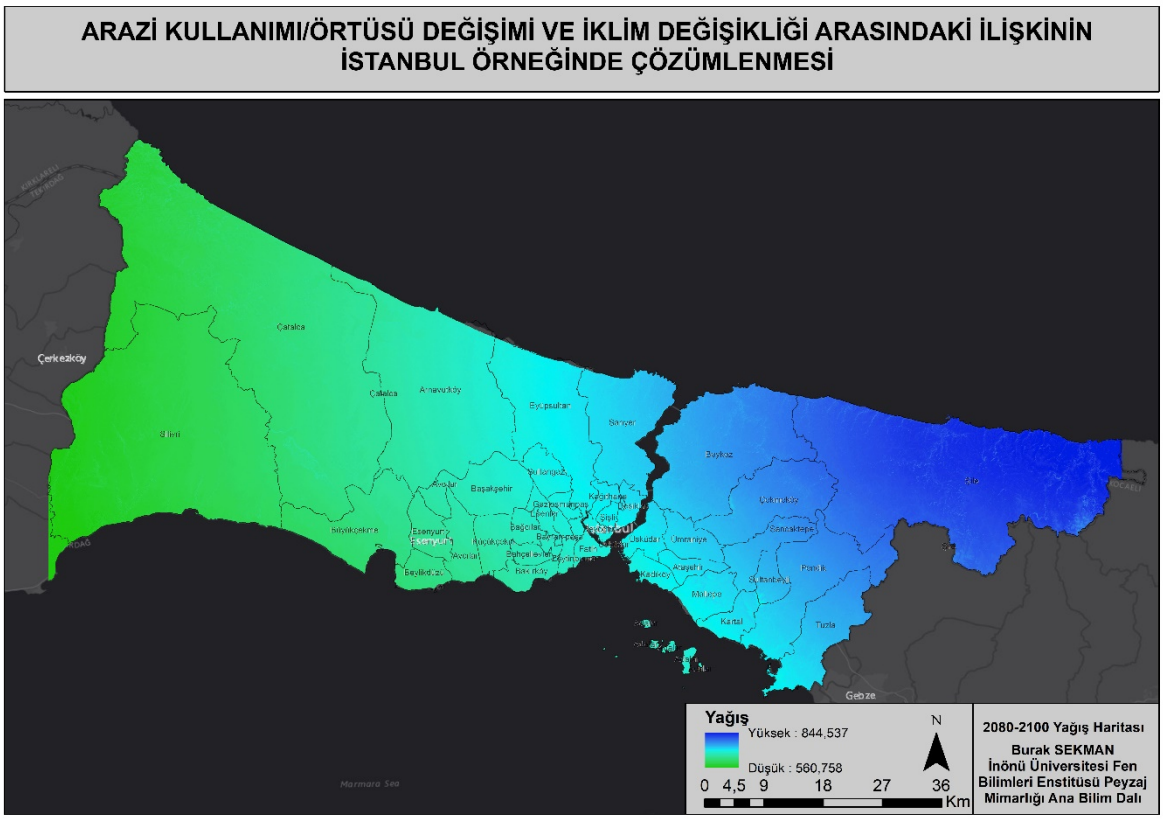
arasında metrekareye düşen toplam yağış miktarı en yüksek 854,544 mm seviyesindedir. 2060-2080 dönemindeki yağış miktarı 2020 yılına göre 160,926 mm artış göstermiştir (Şekil 4.32; Şekil 4.34). 2080 ve 2100 yılları arasındaki dönemde toplam yağış miktarı en yüksek 844,537 mm iken en düşük 560,758 mm'dir (Şekil 4.33; Şekil 4.34). Tüm zamanlara bakıldığında toplam yağış miktarı İstanbul genelinde batıdan doğuya doğru artış göstermektedir. 2020 ve 2100 yılları arasında en fazla yağış alan bölge Şile ilçesi iken en az yağış alan bölgeleri Silivri ve Çatalca ilçeleridir. 2020 ve 2100 yılları arasındaki yağış farkı 153,913 mm'dir. 2020 yılından itibaren hesaplanan yağış artışı İstanbul'un iç bölgelerinde gerçekleşirken en az artış yaşanan bölgeler Avrupa Yakası'nda Silivri ve Çatalca ilçeleri olurken Anadolu Yakası'nda Şile ilçesi olmuştur (Şekil 4.34).



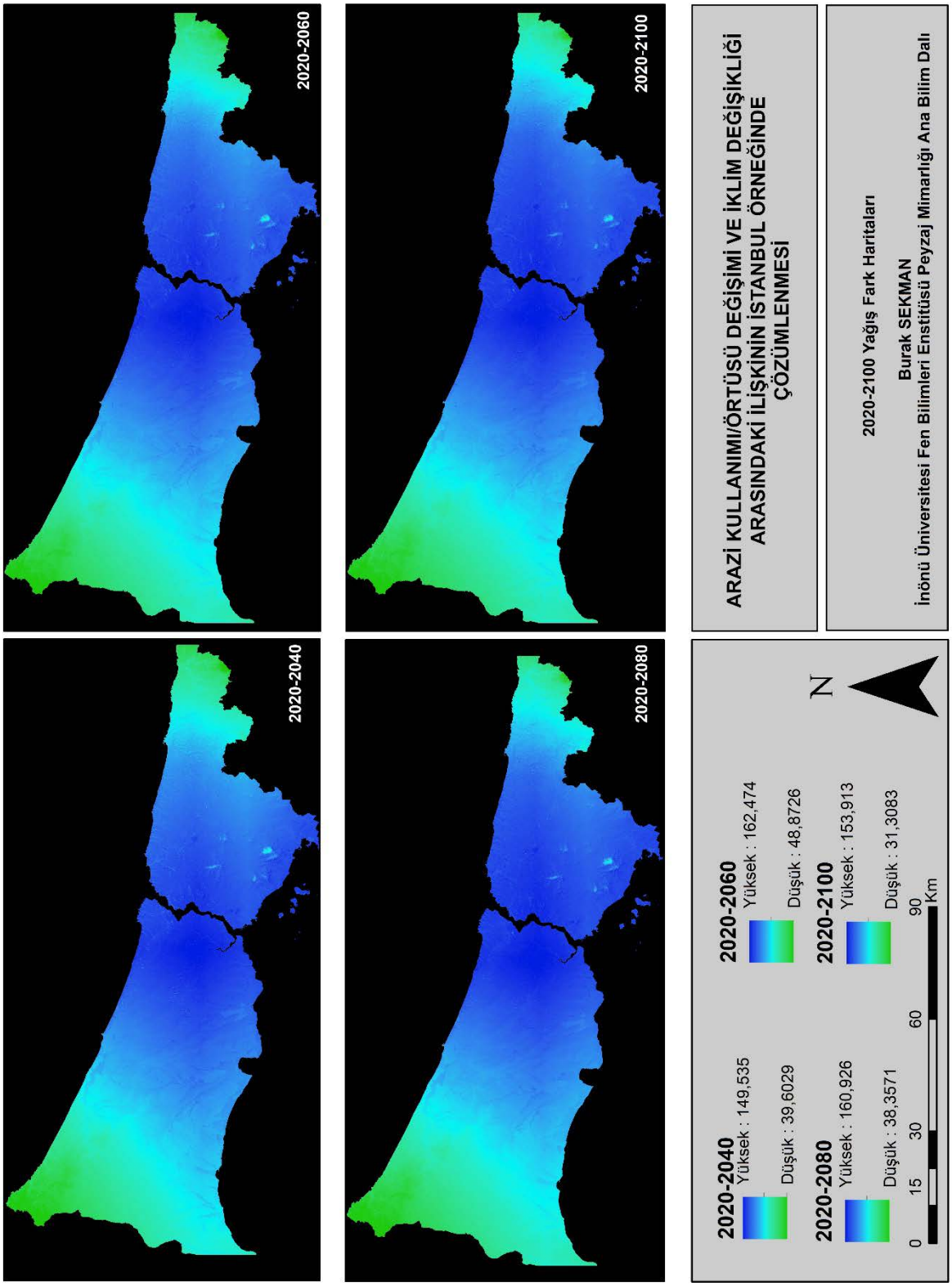
Şekil 4.31: 2040-2060 Yağış Haritası



Şekil 4.32: 2060-2080 Yağış Haritası



Şekil 4.33: 2080-2100 Yağış Haritası



Şekil 4.34: 2020-2100 Yağış Haritaları

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde üzerinde yaşadığımız gezegeni tehdit eden ekolojik değişikliklerin başında iklim değişikliği ve peyzaj desen değişimi gelmektedir. İçerisinde yaşadığımız ve canlı bir sistem olan peyzaj gerek doğal süreçler ile gerekse antropojenik etkilerle dinamik bir yapıdadır. Peyzajın dinamik yapısı, içerisinde yaşayan canlıları ve çevresini doğrudan etkilemektedir. Tüm canlılar gibi insanlar da bu süreçlerden etkilenen ve bu süreçlere etki eden sınıfındadır. İklim değişikliği de peyzajı ve doğal olarak insanı doğrudan etkileyen faktörlerin başında gelmektedir.

İnsan doğanın ve doğa içerisindeki ekolojik süreçlerin bir parçası olarak çevresine doğrudan etki etmektedir. Tarih boyunca temel ihtiyaçlarını karşılamak için çevresi ile etkileşim halinde yaşamış, çevresini etkilemiş ve etkilenmiştir. Günümüze kadar olan süreçte doğal yaşamını sürdürebilmek için mağaralardan metropollere kadar uzanan bir geçmişe sahiptir. 18.yy'a kadar olan süreçte insan faaliyetleri peyzajı etkilemeye devam ederken bu yüzyılda Sanayi Devrimi'nin gerçekleşmesi ile bu faaliyetler ivme kazanarak devam etmiştir. Sanayi Devrimi ile yaşanan endüstriyel gelişmeler ekonomileri ve bunun neticesinde kentleşmeyi arttırmıştır. Yeni tarım yöntemleri ile birlikte diğer endüstriyel faaliyetler arazi kullanımını etkilerken sanayileşmenin ve kentleşmenin neticesinde başta karbon olmak üzeri çeşitli gazların atmosfere salımının artması ile iklimi etkilemeye başlamıştır. Sanayi Devrimi ile ivme kazanan bu durum günümüzde de hızla devam etmektedir. İklim değişikliği ve peyzaj desenindeki değişim bölgesel ve küresel ölçekteki en önemli sorun haline gelmiş olup başta insan sağlığı olmak üzere tüm canlılarının yaşamını tehdit etmektedir.

Ülkemiz de dünyadaki bu gelişmelerden etkilenmiştir. Sanayileşme ile gelişen kentleşme, çeşitli sosyo-ekonomik ve ekolojik problemlere yol açmaktadır. Dünyanın sayılı kentleri arasında yer alan ve ülkemizin en büyük kenti olan İstanbul'da da 1980'li yıllarda, ülkemizdeki ve dünyadaki gelişmelerin etkisi ile sanayileşme ve kentsel genişleme ivme kazanmıştır. 1980 yılında 4.741.890 olan il nüfusu 40 yıllık süreçte 3 kat artarak 2020 yılında 15.462.452 kişiye ulaşmıştır. Nüfusun artması ile birlikte kentleşmede aynı hızla artış göstermiştir. Nüfus ve dolayısıyla kentleşmenin ivme kazanarak artmasıyla İstanbul'un peyzaj deseni hızla değişmiştir. Yapay yüzeylerin artması, orman alanlarının azalması, tarım alanlarının azalması ve arazi kullanımı/örtüsü sınıfları arasındaki geçişler ekolojik sorunlara yol açmıştır.

İklim değişikliği ve peyzaj desen değişiminin etkilerini en aza indirmek, iklim değişikliği ve peyzaj desen değişimi ile ilgili politika ve stratejiler geliştirmek için bu iki sorunu çözümlemek ve arasındaki ilişkiyi anlamak gerekmektedir. Bu bağlamda İstanbul kenti üzerinden gerçekleştirilen "Arazi Kullanımı/Örtüsü Değişimi ve İklim Değişikliği Arasındaki İlişkinin İstanbul Örneğinde Çözümlenmesi" başlıklı tez çalışması iklim değişikliği ve arazi kullanımı/örtüsü değişimi süreçleri arasındaki ilişkiyi matematiksel modellerle çok zamanlı olarak ölçerek ortaya koymuş ve bu bağlamda arazi kullanımı/örtüsü değişimi, iklim değişikliği ve gelecek dönem iklim senaryolarının İstanbul ölçeğinde etkileri gibi bulgular üretilmiştir.

1984 ve 2020 yılları arasındaki arazi kullanımı/örtüsü değişimi incelendiğinde yapay yüzeyler 431,20 km^2'den 1292,54 km^2'ye çıkarak 3 kat artmıştır. 1984 döneminde yapay yüzeyler tüm peyzaj içerisinde %7,9 bir paya sahipken 2020 döneminde bu pay %23,59'a ulaşmıştır. Yapay yüzey miktarı 3 kat artarken 1985 yılında 5.842.985 olan nüfus miktarı 2.64 kat artarak 15.462.452 kişiye ulaşmıştır. Yapay yüzeylerin artış hızı nüfus artış hızından 1.2 kat daha hızlı gerçekleşmiştir. 36 yıllık periyotta tarım alanları %19,80 azalış göstererek 1531,08 km^2'den 1227,99 km^2'ye gerilemiştir. Tarım alanların %19,80 azalmasıyla İstanbul için tarım ekonomisinin aynı oranda küçüldüğü ve bu küçülmeyle birlikte tarımsal ürünlere erişim maliyetinin arttığı söylenebilir. 1984 ve 2020 yılları arasındaki dönemde orman alanları da 3010,50 km^2'den 2483,05 km^2'ye gerileyerek %17,5 oranında küçülmüştür. Orman alanlarında yaşanan bu durum biyoçeşitlilik, hava kalitesi, iklim, karbon döngüsü, su döngüsü, biyoklimatik konfor gibi ormanlardan sağlanan faydalarda bozulmalara ve azalmalara yol açmaktadır. Kent içerisinde biyoklimatik konfor alanları olan ve aynı zamanda kentsel ısı adası etkisini azaltmada en önemli faktörlerden biri olan kent ekosisteminin destekleyici ve düzenleyici rolünü üstlenen kentsel açık ve yeşil alanlar incelenen zaman periyodunda 17 km^2 azalarak 93,55 km^2'ye gerilemiştir. Kentsel açık ve yeşil alanların azalmasıyla birlikte kent içerisindeki geçirimsiz yüzeyler artmıştır. Geçirimsiz yüzeyler artarak yüzey akış miktarını artırarak sel riskini arttırmış ve aynı zamanda bu durum yeraltı su kaynaklarını da olumsuz etkilemiştir. Kentsel açık ve yeşil alanlar, orman alanları ve tarım alanlarında yaşanan bu büyük değişim ekosistem hizmetlerini ve diğer tüm arazi kullanımlarını/örtüsünü olumsuz etkilemiştir.

1984 ve 2020 yılları arasındaki 36 yıllık periyotta kent Avrupa Yakası'nda kuzey, kuzeybatı ve batı yönlerinde büyürken, Anadolu Yakası'nda kuzey, kuzeydoğu ve doğu yönlerinde büyüme göstermiştir. İstanbul için kuzeyde Karadeniz, güneyde Marmara ve iki yakayı

birbirinden ayıran İstanbul Boğazı eşik oluşturmaktadır. Kent parçalı ve kompakt bir şekilde kent içi boşlukları da doldurarak bir büyüme göstermektedir. 1984-2020 dönemi arasındaki süreçte yapay yüzeyler ve nüfus hızla artmıştır. Yapay yüzeylerin artış hızı nüfus artışından 1,2 kat daha hızlı gerçekleşmiştir. 2040 yılı nüfusu doğrusal regresyon yöntemi kullanılarak 20.819.962 kişi olarak hesaplanmıştır. Nüfus artışı ve yapay yüzeylerin artış hızı kıyaslandığında gelecek dönemlerde diğer arazi kullanımlarının yapay yüzeyler tarafından baskılanacağı ve orman alanları, tarım alanları gibi peyzaj desenlerinin yüksek risk altında olacağı görülmektedir.

Peyzaj deseninin değişmesi İstanbul için arazi yüzey sıcaklığını da etkileyen bir etkendir. 1984 ve 2020 yılları arasında ortalama yüzey sıcaklığı 7 °C artmıştır. Yüzey sıcaklığı ve yapay yüzeyler arasında güçlü ilişki bulunmaktadır. 36 yıllık dönemde yapay yüzeyler 3 kat artarken yüzey sıcaklığı 7 °C artmıştır. Yüzey sıcaklığının en yüksek olduğu alanlar yapay yüzeyler kategorisi olup kentsel yerleşimin olduğu bölgelerde bu kategori içindeki en yüksek alanlar olmuştur. Kent içerisindeki açık ve yeşil alanların yapay yüzeylere geçişi ile yüzey sıcaklığı diğer bölgelere oranda daha da artmıştır. Kentsel açık ve yeşil alanların yapay yüzeylere dönüşmesi ile kentsel ısı adası etkisi artmış ve insanların kent içerisindeki konfor alanları 36 yıllık periyotta azalmıştır. Peyzaj desen değişimi ile hava sıcaklığı da yüzey sıcaklığının artmasındaki başlıca etkenlerden biridir.

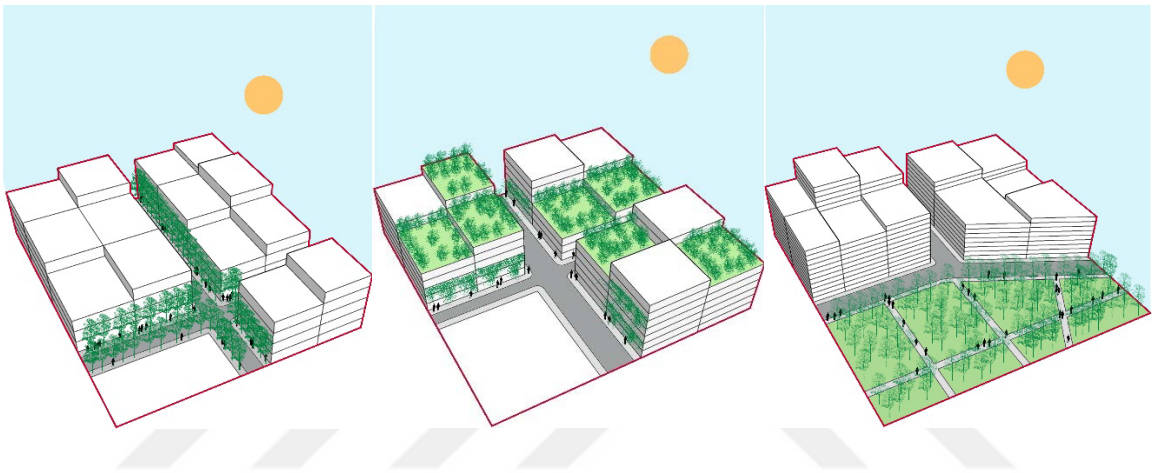
1984-2020 dönemindeki iklim verilerinden elde edilen bulgulara göre ortalama hava sıcaklığı 1,7 °C artış göstermiştir. Bu süreçte yaşanan iklim anomalileri hem insanlar hem de diğer canlı türleri için ciddi tehditler oluşturmaktadır. Artan hava sıcaklıkları aynı zamanda yüzey sıcaklıklarına da etki ettiğinden dolayı kent içerisinde hissedilen sıcaklık ölçülenden çok daha yüksek olmaktadır. Sıcaklık artışı insan sağlığını ve biyoklimatik konforunu etkilemesinin yanı sıra diğer canlılar içinde hayati önem arz etmektedir. Bir bölgenin ikliminde yaşanan anomaliler bölgede bulunan bitki türlerinin yayılışının değişmesinden hayvan türlerinin yaşamlarına kadar ciddi manada tehditler oluşturduğu bilinen bir gerçektir. Hava sıcaklıklarının artışı orman yangını riskini de doğrudan arttırmaktadır. 2021 yılında artan hava sıcaklığının da etkisiyle çeşitli ülkelerde ve ülkemizde büyük çaplı orman yangınları meydana gelmiştir. Tarım ve Orman Bakanlığı verilerine göre 2021 yılında 369 orman yangınından kaynaklı 52.219,501 hektar orman alanı yanmış ve tahrip olmuştur. İstanbul'da bulunan 2483,05 km^2 orman varlığı göz önüne alındığında yaşanan iklim değişikliği orman yangını riskini arttırmakta ve ormanlar için tehdit oluşturmaktadır.

Artan hava sıcaklığının yanı sıra metrekareye düşen yağış miktarı da 64,2 mm artmıştır. Geçirimsiz yüzeylerin artışı ve yağış rejiminde meydana gelen anomalilerle birlikte meydana gelen sel olayları da kent yaşamını olumsuz etkileyen iklim değişikliği ve peyzaj desen değişiminin yol açtığı bir diğer sorunlardan biri olmuştur. 2009 yılında meydana gelen 31 kişinin ölümü ve 9 kişinin kaybolması ile sonuçlanan sel felaketi bu sorunun en acı örneklerindendir. Belirli bir zamanda bir metrekareye düşen fazla yağış miktarı oluşan yüzey akışı ile birlikte sel olaylarına yol açarken aynı zamanda yüzey akışı ve geçirimsiz yüzeylerin artışından kaynaklı olarak yer altı sularının beslenememesine de etki etmektedir. Bu durum tatlı su kaynakları üzerinde de olumsuz etkilere yol açmaktadır.

İstanbul üzerinde gerçekleştirilen mega projelerin peyzaj desenini ve iklimi olumsuz etkilediği elde edilen bulgulardan bir diğeridir. Bu projeler kentleşmeye doğrudan etki ederek yapay yüzeylerin artışını da hızlandırmaktadır. Kentleşme ile birlikte artan nüfus artışı beraberinde arz-talep dengesini değiştirmekte ve arzın artması ile orman alanları ve tarım alanları gibi peyzaj desenleri üzerindeki baskıyı arttırmaktadır. İnşa edilen büyük otoyollar ve 3.Havalimanı gibi hayata geçirilen mega projeler yüzey sıcaklığını doğrudan arttırmış ve habitat parçalanmalarına yol açmıştır. Planlanan Kanal İstanbul gibi diğer mega projelerde hayata geçirilen diğer projelerle benzer etkiler gösterecektir. Kentleşme ve bununla birlikte hayata geçirilen büyük projeler ekolojik ve sosyo-ekonomik olarak geçmişten günümüze kadar geçen sürede olduğu gibi birbiri ile bağlantılı sorunlara yol açacaktır. İstanbul için yapılan diğer çalışmalarda da benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Cengiz ve ark. (2019) göre İstanbul'da gerçekleştirilen mega projeler kentleşmeyi tetiklemiş ve çeşitli ekolojik sorunlara yol açmıştır (Cengiz vd. 2019).

Elde edilen bulgulara göre 2100 yılına kadar sıcaklık 3,2 °C ve yağış 153,9 mm artış gösterecektir. 2100 yılında da kentsel alanlar en sıcak bölgeleri oluşturmaktadır. 2020 ve 2100 yılı arasındaki veriler ssp5 senaryosuna göre üretilmiş olup bu senaryonun ağırlığı göz ardı edilmemelidir. İklim değişikliğinin olumsuz etkilerini en aza indirmek ve bu süreçten en az şekilde etkilenmek için somut adımlar atılmalıdır. Hava sıcaklıkları ve yüzey sıcaklıklarının en düşük olduğu aynı zamanda iklimi regüle eden en önemli faktörlerden biri olan orman alanları korunmalıdır. Ekonomik ve ekolojik açıdan önemli bir yere sahip olan tarım alanları için iklim duyarlı politikalar geliştirilmelidir. İklim değişikliğinin ve peyzaj deseninin etkisiyle azalan konfor alanları korunmalı ve kent içerisinde yeni konfor alanları oluşturulmalıdır. Yapay yüzeyler ile baskılanan ve zamanla yerini yapay yüzeylere bırakan, kentsel ısı adası etkisini azaltan ve kent ekosistemi için mutlak derecede önemli olan kentsel

yeşil alanlar korunmalı ve arttırılmalıdır (Şekil 5.1). Su döngüsünü ve karbon döngüsünü düzenleyen politikalar geliştirilmelidir. Planlanan yeni projelerde geçirimsiz yüzeylerin azaltılması, kentsel yeşil alanların oluşturulması, yüzey yansıtıcılığı düşük malzemelerin tercih edilmesi, bitkisel materyallerin doğru ve etkin kullanımı gibi konularda hassas davranılması kentsel ısı adası etkisini azaltacak ve biyoklimatik konforu arttıracaktır. Kentsel yeşil alanların planlamasının mümkün olmadığı, yapı yoğunluğunun fazla olduğu yerleşim alanlarında yol ağaçlandırmaları, dikey bahçeler ve yeşil çatı sistemleri gibi çözümlerin üretilmesi kentsel ısı adası etkisini azaltan bir diğer çözümlerden biri olacaktır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1: Yol ağaçlandırması, dikey bahçe ve yeşil çatı uygulamaları, kentsel açık ve yeşil alanlar

İklim değişikliği doğal bir süreç olmakla birlikte insan bu sürece etki eden en önemli etkenlerden biridir. İklim değişikliğini durdurmak olası bir durum değildir. İklim değişikliğinin etkilerini azaltmak ve iklim değişikliğine uyum sağlanması için peyzaj desen değişimi süreçlerinin yönetimi ve planlaması büyük önem arz etmektedir.

Bu tezin sonucunda İstanbul ili için 1984 ve 2020 yılları arasındaki iklim değişikliği ile peyzaj desen değişimi belirlenmiş ve 2100 yılı için iklim modellenmiştir. Çok zamanlı olarak elde edilen veriler ile iklim değişikliği ve peyzaj desen değişimi arasındaki ilişkiye dikkat çekilmiştir. Bu bağlamda bu çalışmada kullanılan yöntem ve elde edilen bulgular, peyzaj deseninin değişimini, iklim değişikliğinin etkilerini ve peyzaj deseni ile iklim arasındaki ilişkinin ortaya konulmasında ve bu süreçlerin takip edilmesinde yardımcı olmuştur. Bu çalışmada elde edilen bulgular, arazi kullanımındaki değişimin ve iklim değişikliğinin anlaşılmasında, arazi kullanımı ve iklim değişikliği stratejilerinin oluşturulmasında, plan aktörlerinin sürdürülebilir politikalar ve mekânsal planlama yaklaşımları geliştirmesinde yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

Ağıralan, E., & Sadioğlu, U. (2021). İklim Değişikliği Farkındalığı ve Toplum Bilinci: İstanbul Örneği. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 21(2), 627-654. https://doi.org/10.18037/ausbd.959287

Aksoy, Y., & Ergun, N. (2009). *Kentleşme ve Yeşil Alan Sorunu Üzerine Bir Araştırma İstanbul Kenti Bakırköy İlçesi Örneği*. 13.

Ali, S. S., & Elliott, W. H. (1975). Bile acids. XLVII. 12alpha-Hydroxylation of precursors of allo bile acids by rabbit liver microsomes. *Biochimica Et Biophysica Acta*, *409*(2), 249-257. https://doi.org/10.1016/0005-2760(75)90159-9

Avcı, İ. (2001). *İstanbul'un Tarihsel Gelişim Süreci İçinde Öne Çıkan Bir Öge: Su*. 5.

Balvanera, P., Quijas, S., Karp, D. S., Ash, N., Bennett, E. M., Boumans, R., Brown, C., Chan, K. M. A., Chaplin-Kramer, R., Halpern, B. S., Honey-Rosés, J., Kim, C.-K., Cramer, W., Martínez-Harms, M. J., Mooney, H., Mwampamba, T., Nel, J., Polasky, S., Reyers, B., … Walz, A. (2017). Ecosystem Services. Içinde M. Walters & R. J. Scholes (Ed.), *The GEO Handbook on Biodiversity Observation Networks* (ss. 39-78). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27288-7_3

Bechtel, B. (2015). A New Global Climatology of Annual Land Surface Temperature. *Remote Sensing*, *7*(3), 2850-2870. https://doi.org/10.3390/rs70302850

Berent, M. (2021). Artmakta Olan Dünya Nüfusu, Biyosferin Yakın Geleceği ve Dünyayı Bekleyen Büyük Afetlere Bilim Dünyasının Bakışı [Yüksek Lisans Tezi]. Gümüşhane Üniversitesi.

Berry, B. J. L. (2008). Urbanization. Içinde J. M. Marzluff, E. Shulenberger, W. Endlicher, M. Alberti, G. Bradley, C. Ryan, U. Simon, & C. ZumBrunnen (Ed.), *Urban Ecology* (ss. 25-48). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-0-387-73412-5_3

Birpınar, M. E. (2022). Küresel Sorun: İklim Değişikliği "Gelişimi, Uluslararası Müzakereler ve Türkiye. Çevre Şehir ve İklim Dergisi, 1 (1) , 20-36 . Retrieved from https://dergipark.org.tr/en/pub/csid/issue/69388/1102213

Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, *29*(2), 293-301. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00013-0

Bounoua, L., Defries, R., Collatz, G. J., Sellers, P., & Khan, H. (2002). *Effects of Land Cover Conversion on Surface Climate*. 36.

Boz, A. Ö. (2017). *Tekirdağ Kent Merkezinin Biyoklimatik Konfor Değerleri Bakımından İncelenmesi*. Namık Kemal Üniversitesi.

Brovkin, V., Sitch, S., von Bloh, W., Claussen, M., Bauer, E., & Cramer, W. (2004). Role of land cover changes for atmospheric CO2 increase and climate change during the last 150 years. *Global Change Biology*, *10*(8), 1253-1266. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2004.00812.x

Cengiz, S. (2019). *Kentsel Büyüme Dinamiklerinin Modellenmesi: Ankara Kenti Simülasyonu* [DOktora Tezi]. Ankara Üniversitesi.

Cengiz, S., Atmış, E., & Görmüş, S. (2019). The impact of economic growth oriented development policies on landscape changes in Istanbul Province in Turkey. *Land Use Policy*, *87*, 104086. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104086

Chapman, S., Watson, J. E. M., Salazar, A., Thatcher, M., & McAlpine, C. A. (2017). The impact of urbanization and climate change on urban temperatures: A systematic review. *Landscape Ecology*, *32*(10), 1921-1935. https://doi.org/10.1007/s10980-017-0561-4

Dale, V. H. (1997). The Relationship Between Land-Use Change and Climate Change. *Ecological Applications*, *7*(3), 753-769. https://doi.org/10.1890/1051-0761(1997)007[0753:TRBLUC]2.0.CO;2

Demir, S., & Demirel, Ö. (2018). Peyzaj Planlamada Peyzaj Ekolojisi Yaklaşımı. *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, 8.

Deniz, B., Küçükerbaş, E. V., & Tunçay, H. E. (2006). *Peyzaj Ekolojisine Genel Bakış*. 14.

Doğan, S., & Tüzer, M. (2011). Küresel İklim Değişikliği ve Potansiyel Etkileri. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, *12*(1), 14.

Döker, M. F. (2012). *İstanbul Kentsel Büyüme Sürecinin Belirlenmesi, İzlenmesi ve Modellenmesi*. 259.

Emeç, H., Üçdoğruk Birecikli, Ş., & Kümbül Güler, B. (2019). İstanbul'a Yönelik İç Göç Hareketlerinin Ekonometrik Analizi. *İnsan ve İnsan Dergisi*, 785-808. https://doi.org/10.29224/insanveinsan.485198

Erkek, E., Başaran, N., Atun, R., Kalaycı, Ö., Lamba, H., Öner, A., Çabuk, S. N., Uyguçgil, H., & Ağaçsapan, B. (2020). Biyoklimatik Konfor ve Arazi Kullanımı Arasındaki İlişkinin CBS ve UA Teknikleri Kullanılarak İncelenmesi: İzmir İli Örneği. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15. https://doi.org/10.35414

Field, C. B., Barros, V. R., & Intergovernmental Panel on Climate Change (Ed.). (2014). *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability: Working Group II contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

Forman, R. T. T., & Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. J. Wiley & sons.

Fricko, O., Havlik, P., Rogelj, J., Klimont, Z., Gusti, M., Johnson, N., Kolp, P., Strubegger, M., Valin, H., Amann, M., Ermolieva, T., Forsell, N., Herrero, M., Heyes, C., Kindermann, G., Krey, V., McCollum, D. L., Obersteiner, M., Pachauri, S., … Riahi, K. (2017). The marker quantification of the Shared Socioeconomic Pathway 2: A middle-of-the-road scenario for the 21st century. *Global Environmental Change*, *42*, 251-267. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.06.004

Gaston, K. J. (2010). Urbanisation. Içinde K. J. Gaston (Ed.), *Urban Ecology* (ss. 10-34). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511778483.003

Görmüş, S. (2012). *Korunan Alanlarda Peyzaj Karakter Analizi: Kastamonu-Bartın Küre Dağları Milli Parkı Örneği* [Doktora Tezi]. Ankara Üniversitesi.

Görmüş, S., Cengiz, S., & Yılmaz, B. (2018). *Peyzaj Metrikleri Kullanarak Peyzaj Dinamiklerinin Analizi: Malatya Kenti*. 10.

Guha, S. (2021). Seasonal contrast on the correlation between land surface temperature and normalized difference water index using a series of Landsat data. *International Journal of Engineering and Geosciences*. https://doi.org/10.26833/ijeg.821730

Hu, W., Zhou, W., & He, H. (2015). The Effect of Land-Use Intensity on Surface Temperature in the Dongting Lake Area, China. *Advances in Meteorology*, *2015*, 1-11. https://doi.org/10.1155/2015/632151

Hu, Y., & Jia, G. (2010). Influence of land use change on urban heat island derived from multi-sensor data: INFLUENCE OF LAND USE CHANGE ON URBAN HEAT ISLAND. *International Journal of Climatology*, *30*(9), 1382-1395. https://doi.org/10.1002/joc.1984

Hussain, S., Lu, L., Mubeen, M., Nasim, W., Karuppannan, S., Fahad, S., Tariq, A., Mousa, B. G., Mumtaz, F., & Aslam, M. (2022). Spatiotemporal Variation in Land Use Land Cover in the Response to Local Climate Change Using Multispectral Remote Sensing Data. *Land*, *11*(5), 595. https://doi.org/10.3390/land11050595

IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*.

Işık, Ş. (2005). Türkiye'de Kentleşme ve KEntleşme Modelleri. *Ege Coğrafya Dergisi*, *14*, 57-71.

Kafy, A.-A., Faisal, A.-A.-, Shuvo, R. M., Naim, M. N. H., Sikdar, M. S., Chowdhury, R. R., Islam, M. A., Sarker, M. H. S., Khan, M. H. H., & Kona, M. A. (2021). Remote sensing approach to simulate the land use/land cover and seasonal land surface temperature change using machine learning algorithms in a fastest-growing megacity of Bangladesh. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, *21*, 100463. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100463

Karaca, Ü. (2018). *Kentsel Isı Adası Etkisi ve Serin Çatılar*. 12.

Karakaya, E. (2016). Paris İklim Anlaşması: İçeriği Ve Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, *3*(1), 1-12. https://doi.org/10.30803/adusobed.188842

Karakuyu, M., Tezer, S. T., & Balik, H. (2010). *İstanbul'un Tarihsel Topoğrafyası ve Literatür Değerlendirmesi*. 28.

Kaya, M. (2021). *Peyzaj Desen Değişiminin Mekânsal Metrikler Aracılığıyla Çok Zamanlı Olarak Ölçülmesi: İstanbul Kent Örneği*. 112.

Köse, İ. (2018). İklim Değişikliği Müzakereleri: Türkiye'nin Paris Anlaşması'nı İmza Süreci. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, *9*(1), 55-81. https://doi.org/10.18354/esam.329348

Li, Z., Wu, W., Liu, X., Fath, B. D., Sun, H., Liu, X., Xiao, X., & Cao, J. (2017). Land use/cover change and regional climate change in an arid grassland ecosystem of Inner Mongolia, China. *Ecological Modelling*, *353*, 86-94. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2016.07.019

Ma, S., Li, Y., Zhang, Y., Wang, L.-J., Jiang, J., & Zhang, J. (2022). Distinguishing the relative contributions of climate and land use/cover changes to ecosystem services from a geospatial perspective. *Ecological Indicators*, *136*, 108645. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108645

McGarigal, K. (t.y.). *Introduction to Landscape Ecology*. 8.

McMichael, A. J., Campbell-Lendrum, D., Kovats, S., Edwards, S., Wilkinson, P., Wilson, T., Nicholls, R., Hales, S., Tanser, F., Sueur, D. L., Schlesinger, M., & Andronova, N. (2004). Global Climate Change. İçinde *Comparative Quantification of Health Risks*. World Health Organization Geneva.

Mikhaylov, A., Moiseev, N., Aleshin, K., & Burkhardt, T. (2020). Global climate change and greenhouse effect. Entrepreneurship and Sustainability Issues, 7(4), 2897-2913. https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.4(21)

Millenium Ecosystem Assesment. (2005). MA Conceptual Framework. İçinde *Ecosystems and Human Well-Being: Scenarios*.

Moser, S. C. (2010). Communicating climate change: History, challenges, process and future directions. *WIREs Climate Change*, *1*(1), 31-53. https://doi.org/10.1002/wcc.11

Moss, R. H., Edmonds, J. A., Hibbard, K. A., Manning, M. R., Rose, S. K., van Vuuren, D. P., Carter, T. R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G. A., Mitchell, J. F. B., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S. J., Stouffer, R. J., Thomson, A. M., Weyant, J. P., & Wilbanks, T. J. (2010). The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, *463*(7282), 747-756. https://doi.org/10.1038/nature08823

National Academy of Sciences. (2014). *Climate Change: Evidence & Causes*. The National Academies Press.

National Research Council. (2010a). *Monitoring Climate Change Impacts: Metrics at the Intersection of the Human and Earth Systems* (s. 12965). National Academies Press. https://doi.org/10.17226/12965

National Research Council. (2010b). *Advancing the Science of Climate Change* (s. 12782). National Academies Press. https://doi.org/10.17226/12782

National Research Council. (2012). *Climate Change: Evidence, Impacts, and Choices*. The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/14673

Nazarenko, L. S., Tausnev, N., Russell, G. L., Rind, D., Miller, R. L., Schmidt, G. A., Bauer, S. E., Kelley, M., Ruedy, R., Ackerman, A. S., Aleinov, I., Bauer, M., Bleck, R., Canuto, V., Cesana, G., Cheng, Y., Clune, T. L., Cook, B. I., Cruz, C. A., … Yao, M. (2022). Future Climate Change under SSP Emission Scenarios with GISS-E2.1. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*. https://doi.org/10.1029/2021MS002871

Onur, A. C. (2014). *İstanbul'da Kentleşmenin İklim Değişikliğine Uyum Çerçevesinde Değerlendirilmesi*. 216.

Özdemir, S., Özkan, K., & Mert, A. (2020). Ekolojik Bakış Açısı İle İklim Değişimi Senaryoları. *Biological Diversity and Conservation*, *13*(3), 361-371. https://doi.org/10.46309/biodicon.2020.762985

Öztürk, K. (2002). *Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri*. 19.

Pitman, W. D. (2022). Multifunctional landscapes for enhanced ecosystem benefits and productive agriculture in the southeastern US. Landscape Ecology. https://doi.org/10.1007/s10980-022-01474-0

Ravindranath, N. H., & Sathaye, J. A. (2002). Climate Change and Developing Countries. İçinde M. Beniston, *Climate Change and Developing Countries* (C. 11, ss. 247-265). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/0-306-47980-X_9

Riahi, K., van Vuuren, D. P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B. C., Fujimori, S., Bauer, N., Calvin, K., Dellink, R., Fricko, O., Lutz, W., Popp, A., Cuaresma, J. C., Kc, S., Leimbach, M., Jiang, L., Kram, T., Rao, S., Emmerling, J., … Tavoni, M. (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change*, *42*, 153-168. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009

Satterthwaite, D. (2009). The implications of population growth and urbanization for climate change. *Environment and Urbanization*, *21*(2), 545-567. https://doi.org/10.1177/0956247809344361

Sleeter, B., Loveland, T. R., Domke, G. M., Herold, N., Wickham, J., & Wood, N. J. (2018). *Chapter 5: Land Cover and Land Use Change. Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: The Fourth National Climate Assessment, Volume II*. U.S. Global Change Research Program. https://doi.org/10.7930/NCA4.2018.CH5

Srinivasan, U., & Wilcove, D. (2021). Interactive Impacts Of Climate Change And Land-Use Change On The Demography Of Montane Birds. *Ecological Society of America, 102(1)*.

Şener, O. (2009). *İstanbul'un Tarihsel Dokusunun CBS Ortamında Web Arayüzleri ile İnternetten Yayımlanması*. 97.

Tarım ve Orman Bakanlığı. (2021). *2021 Yılı Orman Yangınları Değerlendirme Raporu*. 55.

Thanh Hoan, N., Liou, Y.-A., Nguyen, K.-A., Sharma, R., Tran, D.-P., Liou, C.-L., & Cham, D. (2018). Assessing the Effects of Land-Use Types in Surface Urban Heat Islands for Developing Comfortable Living in Hanoi City. *Remote Sensing*, *10*(12), 1965. https://doi.org/10.3390/rs10121965

Tonyaloğlu, E. E. (2019). *Kentleşmenin Kentsel Termal Çevre Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi, Efeler ve İncirliova (Aydın) Örneği*. 13.

Topay, M., & Yılmaz, B. (2004). *Biyoklimatik Konfora Sahip Alanların Belirlenmesinde CBS'den Yararlanma Olanakları: Muğla İli Örneği*. 12.

Trihamdani, A. R., Kubota, T., Lee, H. S., Sumida, K., & Phuong, T. T. T. (2017). Impacts of Land use Changes on Urban Heat Islands in Hanoi, Vietnam: Scenario Analysis. *Procedia Engineering*, *198*, 525-529. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.107

Turan, E. S. (2018). Türkiye'nin İklim Değişikliğine Bağlı Kuraklık Durumu. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 63-69. https://doi.org/10.21324/dacd.357384

Turner, B. L. (1994). Local faces, global flows: The role of land use and land cover in global environmental change. *Land Degradation and Development*, *5*(2), 71-78. https://doi.org/10.1002/ldr.3400050204

Turner, M. G. (1990). Spatial and temporal analysis of landscape patterns. *Landscape Ecology*, *4*(1), 21-30. https://doi.org/10.1007/BF02573948

Tülek, B., & Mirici, M. E. (2019). Kentsel Sistemlerde Yeşil Altyapı ve Ekosistem Hizmetleri. *PEYZAJ - Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi*, 11.

URL-1 <*https://www.canr.msu.edu/news/the_difference_between_land_use_and_land_cover* >, (Erişim, Nisan 2020).

URL-2 <*https://www.un.org/en/sections/issues-depth/climate-change/*>, (Erişim, Nisan 2020).

URL-3 <*https://www.ipcc.ch/*>, (Erişim, Nisan 2022).

URL-4 <*https://unfccc.int/about-us/about-the-secretariat*>, (Erişim, Nisan 2022).

URL-5 < *https://data.worldbank.org/topic/climate-change*>, (Erişim, Nisan 2022).

URL-6 <*https://tntcat.iiasa.ac.at/RcpDb/* >, (Erişim, Mayıs 2022).

URL-7 < *https://iklim.csb.gov.tr/paris-anlasmasi-i-98587*>, (Erişim, Mayıs 2022)

Urry, J. (2015). *Climate Change and Society*. 15.

Vuuren, D. P., den Elzen, M. G. J., Lucas, P. L., Eickhout, B., Strengers, B. J., van Ruijven, B., Wonink, S., & van Houdt, R. (2007). Stabilizing greenhouse gas concentrations at low levels: An assessment of reduction strategies and costs. *Climatic Change*, *81*(2), 119-159. https://doi.org/10.1007/s10584-006-9172-9

Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Hurtt, G. C., Kram, T., Krey, V., Lamarque, J.-F., Masui, T., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., Smith, S. J., & Rose, S. K. (2011). The representative concentration pathways: An overview. *Climatic Change*, *109*(1-2), 5-31. https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z

Vlahov, D. (2002). Urbanization, Urbanicity, and Health. *Journal of Urban Health: Bulletin of the New York Academy of Medicine*, *79*(90001), 1S - 12. https://doi.org/10.1093/jurban/79.suppl_1.S1

Walters, M., & Scholes, R. J. (Ed.). (2017). *The GEO Handbook on Biodiversity Observation Networks*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27288-7

Wang, Q., Peng, Y., Fan, M., Zhang, Z., & Cui, Q. (2018). Landscape Patterns Affect Precipitation Differing across Sub-climatic Regions. *Sustainability*, *10*(12), 4859. https://doi.org/10.3390/su10124859

Wiersma, Y. F. (2022). What Is Landscape Ecology? Why Do We Need a Book About Experimentation? Içinde Y. F. Wiersma, Experimental Landscape Ecology (C. 29, ss. 3-9). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-95189-4_1

Yang, L., Smith, J. A., Wright, D. B., Baeck, M. L., Villarini, G., Tian, F., & Hu, H. (2013). Urbanization and Climate Change: An Examination of Nonstationarities in Urban Flooding. *Journal of Hydrometeorology*, *14*(6), 1791-1809. https://doi.org/10.1175/JHM-D-12-095.1

Yıldız, N., Avdan, U., & Avdan, Z. (2019). Kentsel Mekân Farklılıklarının Isı Adası Oluşumuna Etkisinin Belirlenmesi: Erzurum Kenti Örneği. *International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies*, *4*, 220-224.

Youneszadeh, S., Amiri, N., & Pilesjo, P. (2015). The Effect of Land Use Change On Land Surface Temperature In The Netherlands. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *XL-1-W5*, 745-748. https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-1-W5-745-2015

Zvoleff, A., Wandersee, S., An, L., & López-Carr, D. (2014). *Land Use and Cover Change* (ss. 9780199874002-0105) [Data set]. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/obo/9780199874002-0105

Xu, T., Tian, H., Zhu, H., & Cai, J. (2022). China actively promotes CO2 capture, utilization and storage research to achieve carbon peak and carbon neutrality. Advances in Geo-Energy Research, 6(1), 1-3. https://doi.org/10.46690/ager.2022.01.01

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı : Burak SEKMAN

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans :** 2019, İnönü Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü

HAKEMLİ DERGİLER:

SPouya, S. & **Sekman, B.** (2020). Kullanım Sürecinde Değerlendirilmesi, Malatya Kent Meydanları Örneği . Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi , 17 (2) , 189-197 . DOI: 10.25308/aduziraat.701680