

**T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İSTANBUL'UN KARBON NÖTR KENT HEDEFİNİN NET BİRİNCİL ÜRETİM
DEĞERLERİ ÜZERİNDEN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS

Mehmet Mustafa ÖZEL

Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Serhat CENGİZ

OCAK - 2023

**T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İSTANBUL'UN KARBON NÖTR KENT HEDEFİNİN NET BİRİNCİL ÜRETİM
DEĞERLERİ ÜZERİNDEN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS

**Mehmet Mustafa ÖZEL
36193624032**

Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Serhat CENGİZ

OCAK - 2023

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ

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

Tez çalışmamın juri üyeliğini üstlenen sayın Prof. Dr. Erdoğan ATMIŐ'a (Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Ormancılık Politikası Ana Bilim Dalı) ve sayın Prof. Dr. Sevgi GÖRMÜŐ CENGİZ'e (İnönü Üniversitesi Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü), destekleri için Burak SEKMAN'a (İnönü Üniversitesi Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü) ve Nur ÖZBEK'e (Fırat Üniversitesi Eğitim Fakültesi Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü),

Hayatım boyunca maddi, manevi desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz

teşekkür ederim.

ONUR SÖZÜ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum 'İstanbul'un Karbon Nötr Kent Hedefinin Net Birincil Üretim Deđerleri Üzerinden İncelenmesi'başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı dūřecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığına ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden olduğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Mehmet Mustafa ÖZEL



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.....	4
2.1 Arazi örtüsü ve Arazi kullanımı	4
2.2 İklim değişikliği	5
2.2.1 BM Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC).....	8
2.2.2 Birleşmiş Milletler Yasal Araçları	9
2.3 Arazi örtüsü ve Arazi Kullanım Değişiminin İklim Değişimine Olan Etkisi	10
2.3.1 Sera Etkisi	11
2.3.2 Kentsel Isı Adası	13
2.4 Karbon Tutma ve Karbon Emisyonu	14
2.4.1 Karbon Nötr Şehirler.....	19
2.5 Araştırma Konusuyla İlgili Daha Önce Yapılmış Çalışmalar	27
3.MATERYAL VE YÖNTEM	33
3.1 Materyal.....	33
3.1.1 Veri ve Veri Kaynakları.....	33
3.1.2 Çalışma Alanı.....	33
3.2 Yöntem	36
3.2.1 Uydu görüntülerinin sınıflandırılması ve Arazi örtüsü/kullanım haritalarının oluşturulması.....	37
3.2.2 Modis Net Birincil Üretim Verisi için Ölçek Küçültme(Downscaling) İşlemlerinin Yapılması	42
3.2.3 Lojistik Regresyon Model kullanılarak Potansiyel Net Birincil Üretim Haritalarının Oluşturulması İçin Katsayıların Belirlenmesi.....	43
4.BULGULAR	47
4.1 Arazi kullanım/örtüsü değişiminin saptanması	47
4.2 Net Birincil Üretim Değişiminin Saptanması.....	52
4.3 Risk durumlarına göre(en çok riskli, orta riskli ve en az riskli) mahallelerin belirlenmesi	56
5.SONUÇ VE ÖNERİLER	71
KAYNAKLAR.....	70
ÖZGEÇMİŞ.....	78

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1: Çalışma için kullanılan veri ve kaynakları	33
Çizelge 3.2: Arazi kullanımı/örtüsü sınıfları	38
Çizelge 3.3: Bantlar arasındaki eğim, kesim noktası ve kesim açısı	40
Çizelge 3.4: Vejetasyon İndeksleri	40
Çizelge 3.5: Su yüzeyleri indeksleri	41
Çizelge 3.6: Yapay yüzey ve çıplak yüzey indeksi.....	42
Çizelge 3.7: Lojistik regresyon modelde kullanılan tüm değişkenler	43
Çizelge 3.8: Lojistik regresyon modelde çalışma kapsamında kullanılan değişkenler	44
Çizelge 4.1: 2002 ve 2020 yılları arazi kategori oranları	47
Çizelge 4.2: 2002-2020 yılları arası arazi kategori değişimleri.....	49



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1 :Küresel CO ₂ konsantrasyonu ve sıcaklığı (Bozoğlu vd. 2019)	7
Şekil 2. 2 :Küresel CO ₂ yıllık anormalliği (Bozoğlu vd. 2019).....	7
Şekil 2. 3 :Küresel sıcaklık mevsimsel anormalliği (Bozoğlu vd. 2019)	7
Şekil 2. 4 :İklimde İnsani ve Doğal Etkiler (Bozoğlu vd. 2019)	8
Şekil 2. 5 :Gaz yoluyla küresel sera gazı emisyonları, 1990–2010 (EPA, 2016)	12
Şekil 2. 6 :Sektörlere göre küresel sera gazı emisyonları, 1990–2010 (EPA, 2016).....	12
Şekil 2. 7 :Bölgelere göre küresel karbondioksit emisyonları, 1990–2012 (EPA, 2016).....	13
Şekil 2. 8 :Kentsel ısı adası farklı vejetasyonlardaki etkisi(URL-3)	13
Şekil 2. 9 :Karbon döngüsü (Keenan, 2018).....	15
Şekil 2. 10 :Enerji üretimi için fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan karbondioksit (CO ₂) emisyonları. Arazi kullanım değişikliği dahil değildir (URL-5).....	16
Şekil 2. 11 :Fosil yakıtlardan ve arazi kullanımını değişikliği kaynaklanan küresel CO ₂ emisyonları(URL-5).....	17
Şekil 2. 12 :Dünyada CO ₂ emisyonlarından sorumlu bölgeler ve emisyon miktarları(URL-5)	18
Şekil 2. 13 :Türkiye’de CO ₂ emisyonlarındaki değişim(URL-5)	18
Şekil 3. 1 :İstanbul coğrafi konumu	34
Şekil 3. 2 :İstanbul topoğrafik durum	35
Şekil 3. 3 :2021 yılı İstanbul İlçe nüfusları	35
Şekil 3. 4 :Yöntem akış şeması	36
Şekil 4. 1 :2002-2020 Arazi kullanım/örtüsü haritaları	48
Şekil 4. 2 :2000-2020 Yılları Nüfus değişimi	49
Şekil 4. 3 :2002-2020 Arazi Geçişleri.....	51
Şekil 4. 4 :İstanbul Kenti Net Birincil Üretim Haritası.....	52
Şekil 4. 5 :İstanbul Kenti 2002-2020 Orman Alanları Net Birincil Üretim Haritası	54
Şekil 4. 6 :İstanbul Kenti 2002-2020 Tarım Alanları Net Birincil Üretim Haritası	55
Şekil 4. 7 :İstanbul Kenti 2000-2020 Net Birincil Üretim Değişimi ve Risk Durumlarına Göre Mahalleler	57
Şekil 4. 8 :Piri Reis Mahallesi Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Değişimi	59
Şekil 4. 9 :Finanskent Mahallesi Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Değişimi	60
Şekil 4. 10 :Çamlık Mahallesi Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Değişimi	61
Şekil 4. 11 :Kazım Karabekir Mahallesi Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Değişimi	63
Şekil 4. 12 :Yeniğün Mahallesi Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Değişimi	64
Şekil 4. 13 :Bereketzade Mahallesi Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Değişimi	65
Şekil 4. 14 :Akpınar Mahallesi Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Değişimi	68
Şekil 4. 15 :Sazlıbosna Mahallesi Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Değişimi.....	69
Şekil 4. 16 :Ormanlı Mahallesi Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Değişimi.....	70
Şekil 5. 1 :Yeşil altyapı önerileri	73
Şekil 5. 2 :Karbon tutulumu yüksek olan bazı bitki türleri.....	73

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
RS	: Uzaktan Algılama
CO₂	: Karbondioksit
CH₄	: Metan
N₂O	: Azotdioksit
O₃	: Ozon
CFC	: Kloroflorokarbon
SF₆	: Sülfür heksaflorür
HFC	: Hidroflorokarbon
PFC	: Perflorokarbon
°C	: Santigrat derece
WMO	: Dünya Meteoroloji Örgütü
IPCC	: İklim Değişikliği Paneli
Km²	: Kilometrekare
Cm	: Santimetre
BM	: Birleşmiş Milletler
UNFCC	: BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
NECB	: Net Ekosistem Karbon Dengesi
NPP	: Net Birincil Üretim
C40	: Büyük Kentler İklim Liderlik Grubu
C	: Karbon
GSYİH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
SOC	: Toprak Organik Karbon Depolaması
NDVI	: Normalleştirilmiş Fark Vejetasyon İndeksi
EVI	: Gelişmiş Vejetasyon İndeksi
NIR	: Kıızılötesi band
Red	: Kırmızı band
LAI	: Yaprak Alanı İndeksi
GRI	: Yeşillik Göstergesi
SAVI	: Toprak Ayarlı Vejetasyon İndeksi
AK/AÖ	: Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü
YKN	: Yer Kontrol Noktaları

USGS	: Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırma Kurumu
MFI	: Düzeltilmiş Orman İndeksi
MNDWI	: Değiştirilmiş Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi
NBR	: Normalize Yanma Oranı
TSAVI	: Dönüştürülmüş Toprak Ayarlanmış Vejetasyon İndeksi
WDVI	: Ağırlıklandırılmış Vejetasyon İndeksi
AWEInsh	: Otomatik Su Çıkarma İndeksi



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İSTANBUL'UN KARBON NÖTR KENT HEDEFİNİN NET BİRİNCİL ÜRETİM DEĞERLERİ ÜZERİNDEN İNCELENMESİ

MEHMET MUSTAFA ÖZEL

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

78+IX sayfa

2023

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Serhat CENGİZ

Kentleşme, sanayileşme ve yoğun nüfus artışının küresel boyuttaki etkileri, iklim değişikliği gibi büyük bir çevresel soruna sebep olmuştur. Bu çevresel sorunun oluşumunda ve iklim değişikliğinin tetiklenmesinde başka nedenler de bulunmaktadır. Bu nedenlerden en önemlileri fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonları ve arazi kullanımı/örtüsündeki değişikliklerdir. İklim değişikliğinin birçok olumsuz getirisiyle mücadele edebilmek için bazı ülkeler veya kentler aralarında iş birlikleri yapmış, protokoller imzalamışlardır. Bu protokollerden en önemlilerinden olan Karbon Nötr Kent protokolleri kentleri karbon emisyonu açısından sıfır seviyesine indirmek için ortaya konmuştur. Bu çalışmayla ülkemizin en büyük kenti olan İstanbul'un 2000 ve 2020 yılları arasındaki dönemde meydana getirdiği net birincil üretim değişimi ve bu değişimin mahalle ölçeğinde etkileri tartışılarak tasarım ve planlama önerileri geliştirilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda İstanbul kentinde 2000 ve 2020 yılları arasında toplamda 964 mahalle üzerinden ortaya konan net birincil üretim değerlerinden 662 mahallenin net birincil üretim miktarı azalırken, 289 mahallede net birincil üretim miktarı artmıştır. Bu doğrultuda karbon miktarı açısından en çok riskli 3 mahalle(net birincil üretimi azalan); Esenyurt ilçesine bağlı Piri Reis mahallesi %-99.51'lik net birincil üretim kaybı, Ümraniye ilçesine bağlı Finanskent mahallesi %-96.95' lik net birincil üretim kaybı, Pendik ilçesine bağlı Çamlık mahallesi %-83.37 net birincil üretim kaybı yaşamıştır. Aynı biçimde risk durumu nötr kalan, net birincil üretiminde değişiklik olmayan mahalleler; Bağcılar ilçesine bağlı Yenigün mahallesi %0.0 net birincil üretim, Esenler ilçesine bağlı Kazım Karabekir mahallesi %0.0 net birincil üretim ve Beyoğlu ilçesine bağlı Bereketzade mahallesi %0.0 olup net birincil üretim yaşanmamıştır. Son olarak karbon miktarı açısından risk durumu en az olan 3 mahalle(net birincil üretimi artan); Arnavutköy ilçesine bağlı Sazlıbosna mahallesindeki net birincil üretim artışı %26.61, Eyüpsultan ilçesine bağlı Akpınar mahallesindeki net birincil üretim artışı %24.39 ve Çatalca ilçesi Ormanlı mahallesindeki net birincil üretim artışı %23.23 saptanarak bu mahalleler için uygun planlama ve tasarım önerileri geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karbon Nötr Kent, İklim Değişikliği, Net Birincil Üretim, Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü

ABSTRACT

Master Thesis

INVESTIGATION OF İSTANBUL'S CARBON NEUTRAL CITY TARGETS ON NET PRIMARY PRODUCTION VALUES

MEHMET MUSTAFA ÖZEL

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

78+IX page

2023

Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Serhat CENGİZ

The global effects of urbanization, industrialization and intense population growth have caused a major environmental problem such as climate change. There are other reasons for the formation of this environmental problem and triggering climate change. The most important of these reasons are greenhouse gas emissions from fossil fuel consumption and changes in land use/cover. In order to combat the many negative consequences of climate change, some countries or cities have cooperated and signed protocols. Carbon Neutral City protocols, one of the most important of these protocols, have been put forward to reduce the carbon emission level of cities to zero. In this study, design and planning propose were developed by discussing the net primary production change that Istanbul, the largest city of our country, between 2000 and 2020, and the effects of this change on a neighborhood scale. As a result of this study, the net primary production amount of 662 neighborhoods decreased, while the net primary production amount increased in 289 neighborhoods, out of the net primary production values revealed over a total of 964 neighborhoods in the city of Istanbul between 2000 and 2020. In this direction, the 3 neighborhoods with the highest risk in terms of carbon content are (with decreasing net primary production); Piri Reis district of Esenyurt district experienced a net primary production loss of -99.51%, Finanskent district of Ümraniye district experienced a net primary production loss of -96.95%, and Çamlık district of Pendik district experienced a net primary production loss of -83.37%. Neighborhoods that remain risk-neutral and unchanged in their net primary production; Yenigün district of Bağcılar district has 0.0% net primary production, Kazım Karabekir district of Esenler district has 0.0% net primary production, and Bereketzade district of Beyoğlu district has 0.0% net primary production. Finally, the 3 neighborhoods with the least risk in terms of carbon content; The net primary production increase in Sazlıbosna district of Arnavutköy district was determined as 26.61%, the net primary production increase in Akpınar district of Eyüpsultan district was determined as 24.39% and the net primary production increase in the Ormanlı district of Çatalca district was determined as 23.23%, appropriate planning and design propose were developed for these districts.

Keywords: Carbon Neutral City, Climate Change, Net Primary Production, Land Use/Land Cover

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun yarısından fazlası artık kentsel alanlarda yaşamaktadır. 2030'a kadar dünya nüfusunun yaklaşık %60'ı şehirlerde yaşayacağı öngörülmektedir. Geçtiğimiz yarım yüzyılda yaşanan hızlı kentleşme, sadece kentsel alanlara yeni göçmenler getirmekle kalmayıp, aynı zamanda fiziksel kentsel çevreyi de kademeli olarak değiştirmiştir. Hem arazi örtüsü hem de kentsel alanların ilgili faaliyetleri şehrin meteorolojisini ve kent iklimini değiştirmiştir (Ng, 2015). Değişen iklimde karbondioksit emisyonunun rolü büyük olup yaklaşık %80'i sanayileşmeden, geri kalanı ise ormansızlaşma gibi arazi kullanımından kaynaklanmaktadır (Stephenson, 2010).

İklim değişiminden sorumlu insan kaynaklı arazi örtüsü ve arazi kullanımı değişikliklerinin derin iklim ve çevresel etkileri vardır. Arazi örtüsü ve arazi kullanımı değişiminin en aşırı örneklerinden biri, kentsel ısı adası olarak bilinen kentsel-kır termal olgusu olan kentleşmedir (Comarazamy, 2013). Bir ulusun kentsel alanlarda yaşayan nüfusunun artan payı ve dolayısıyla kırsal alanlarda yaşayanların payının azalması olarak tanımlanan kentleşme, karmaşık eylemlerden kaynaklanan insan kaynaklı arazi kullanımı değişikliğinin en aşırı biçimlerinden biridir (Okello, 2015).

Arazi kullanımı ve arazi örtüsündeki insan kaynaklı değişiklikler, karasal ekosistemler üzerindeki etkiler açısından küresel değişimin açık ara en baskın bileşenidir (Sugiarto, 2008). Bu değişimin temelini kentsel alanların genişlemesi gibi arazi örtüsü değişiklikleri, biyoçeşitliliğin azalması, kentsel ısı adası etkisinin artması, çevre kirliliğinin artması ve karbon dolaşımının bozulması gibi birçok çevre sorununu beraberinde getirmiştir. Bu noktada iklim değişiminde ve sebep olduğu sera gazıyla karbon döngüsünü ve net birincil üretimin önemi öne çıkmıştır. Net birincil üretim, bir bitki topluluğunun karbon depolama kapasitesini ve ayrıca bitki örtüsünün iklim ve arazi örtüsü değişikliklerine tepkisini gösterdiğinden, ekosistem işlevinin önemli bir göstergesi ve karbon döngüsünde kilit bir unsurdur. Bu nedenle, Net birincil üretimin zamanında ve doğru tahmin edilmesi ve izlenmesi, bölgesel ekosistem değerlendirmeleri ve karbon döngüsü araştırmaları için büyük önem taşımaktadır (Zhang, 2019).

Belirtilenlerinde dışında Net birincil üretim, bir ekosistemin karbon yutağını, üretimini ve gıda tedarik kapasitesini de yansıtır, bu nedenle karbon döngüleri, ekosistem yönetimi, otlak verimliliği çalışmalarında önemli bir rol oynar ve mahsul verimleri, iklim değişikliği ve hem

yerel hem de küresel ölçekte doğrudan veya dolaylı olarak diğer sorunları ele alır(Wu, 2022). Ekosistem işlevinin kritik göstergelerinden biri olan Net Birincil Üretim, bitki örtüsünün büyümesini ve ekosistemlerin sağlık durumunu yansıtır ve bölgesel ve küresel karbon döngüsü araştırmalarının modellenmesi için de yararlıdır. Bu nedenle, küresel ısınma bağlamında gelecekteki karbon bütçelerinin tahminlerinin daha iyi anlaşılması esastır (Sun, 2021). Bu bağlamda bu çalışmanın amacı Türkiye'nin en büyük ve en önemli kentlerinden olan ve karbon nötr kent olma yolunda 2050 yılı hedefi olan İstanbul kenti üzerinden, Arazi örtüsü/kullanım değişiminin iklim değişikliğinin baş aktörlerinden biri olduğunu ve iklim değişikliğinde etkili olan karbonun miktarının yıllara göre net birincil üretim üzerinden ortaya konulup kentsel planlama ve tasarım rehberlerinin geliştirilmesidir. Bu çalışmanın hedefleri ve ortaya koyacağı çıktıları şu şekildedir;

Hedef 1: 2002 ve 2020 yılları arasındaki Arazi örtüsü/kullanım değişiminin belirlenmesi

Hedef 2:2002 ve 2020 yılları arasındaki Net birincil üretim değişiminin belirlenmesi

Hedef 3:2007 ve 2020 yılları arasındaki nüfus değişiminin belirlenmesi

Hedef 4:Risk durumlarına göre belirlenen toplam 9 mahalle üzerinden tasarım ve planlama rehberlerinin hazırlanması

Araştırmanın Kapsamı ve Sınırları

Araştırmanın kapsamı 5460 km² lik alana sahip İstanbul kentinin 2002-2020 yılları arasında Arazi örtüsü/kullanım değişikliği, net birincil üretim değişikliği ve nüfus değişikliği verileri üzerinden risk durumlarına göre mahalle ölçeğinde tasarım ve planlama rehberlerinin hazırlanması aşamalarından oluşmaktadır.Araştırmanın temel sınırlayıcısı nüfus geçmişine gidildiğinde mahalle bazında nüfus verilerinde en geç 2007 verilerine ulaşılabilmektedir.Bazı mahallelerin kendisine yakın ilçe sınırlarına dahil edilmesi,bazı mahallelerin tamamen bölünüp başka mahallelerle birleştirilmesi hem veri kaybı oluşmasına hemde sınırlayıcı etki oluşturmasına neden olmuştur.

Bu çalışmanın hipotezleri şu şekildedir;

- 2002 ve 2020 yılları arasında kentleşme sürekli olarak artıp, orman ve tarım alanları azalmıştır.
- Net birincil üretimi azalan mahalleler yapılaşmanın arttığı, kentsel alan içerisinde kalan mahallelerdir.
- İstanbul kent genelinde tarım ve orman alanlarının net birincil üretim kapasitesi artmıştır.
- 964 mahallenin büyük bölümünde net birincil üretim azalmıştır.
- Karbon miktarı açısından çok riskli mahalleler kentsel alanlar içerisinde kalan ve nüfusu fazla olan, karbon miktarı açısından az riskli mahalleler kentsel alanların dışında kalmış nüfusu az veya yerleşimin çok olmadığı mahallelerdir.
- Kent merkezine doğru gidildikçe net birincil üretim azalmış, kent merkezinden uzaklaştıkça net birincil üretim artmıştır.
- Net birincil üretim arazi kullanım/örtüsündeki değişikliklerden doğrudan etkilenmektedir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatür taraması başlığı içerisinde; Arazi örtüsü/Arazi kullanımı, İklim değişikliği, Arazi örtüsü/kullanım değişiminin iklim değişimine olan etkisi, Karbon tutulumu ve emisyonu kavramlarının literatür bilgilerine ve bu tez çalışmasıyla ilgili yapılmış benzer çalışmalara yer verilmiştir.

2.1 Arazi örtüsü ve Arazi kullanımı

Arazi örtüsü, dünya yüzeyinin ve yakın yer altı yüzeyinin gözlemlenen biyotik ve abiyotik topluluğu anlamına gelir. Başlıca arazi örtüsü türlerinin örnekleri, ormanlar, çalılıklar, otlaklar, ekili alanlar, çorak araziler, kentsel alanlar ve su kütleleridir (yeraltı suyu dahil). Tanımlardan ve örneklerden de anlaşılacağı gibi, terim artık sadece araziyi kaplayan bitki örtüsünü değil, aynı zamanda yollar, yerleşim alanları gibi insan yapılarını ve yeraltı suyu gibi yer altı özelliklerini de kapsamaktadır. Arazi kullanımı, arazinin insanlar tarafından kullanılma veya işgal edilme şeklidir. Özetle, arazi örtüsü arazi kullanımının görünür kanıtını temsil eder. Bir arazi parçası sadece bir arazi örtüsüne sahip olabilir (örn. ormanlar), ancak birden fazla arazi kullanımına sahiptir (örneğin, eğitim, eğlence ve koruma amaçlı) (Giri,2012).

Coğrafi bir alan olan bir arazi; iklim, toprak, su, mineral maddeler ve canlıların işlevsel etkisi altında biyo-üretken bir doğal varlık olmasının yanı sıra, yaşamı sürdürmek veya kolaylaştırmak için ihtiyaç duyulan birçok şeyin üretildiği doğal bir kaynaktır. Yerkürenin bir parçası olan topraklar, örtü tabakası ve amacı bakımından farklılık gösterir. Bu çeşitlilik “Arazi Kullanımı” ve “Arazi Örtüsü” kavramlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu kavramlar bazen birbirinin yerine kullanılsa da, esasen farklıdırlar. Arazi örtüsü doğaldır ve yeryüzünü kaplayan beşeri alanlar, üzerinde arazi kullanım faaliyetlerinin gerçekleştiği bir örtü görevi görür. Bu bağlamda bitki örtüsü, yerleşim örtüsü ve toprak örtüsü, arazi örtüsüne karşılık gelen yüzey örtüleridir. Öte yandan, insanların belirli bir tür arazi örtüsü üzerinde gerçekleştirdikleri arazi kullanım faaliyetlerinden, düzenlemelerinden ve girdilerinden nasıl yararlandıkları, insanlarla doğal çevre arasındaki ilişkiye bağlıdır. Sosyal ve ekonomik amaçlara göre arazi yönetim yöntemidir. Başka bir deyişle, arazi kullanımı, genel olarak arazinin mevcut kullanımını, değer açısından sınıflandırmasını ve kullanılan tarzın planlanmasını belirlemektedir (Siyavuş,2021).

Arazi kullanımı / arazi örtüsü değişikliği, karasal yüzey değişikliğinin ana nedenlerinden biridir, bu nedenle sürdürülebilir kalkınma konusundaki tartışmalar bunu dikkate almalıdır. Arazi kullanımı / arazi örtüsü değişikliği, dünyanın doğal manzarasında gözlemlenen tüm değişiklikler olarak kabul edilir, yalnızca biyolojik çeşitlilik kaybına değil, aynı zamanda iklim değişikliğine de yol açar. Turner ve Billie'ye (2001) göre, son zamanlarda biyosferi çeşitli şekillerde etkileyen ana nedenleri sayısız insan etkinliği oluşturmaktadır. Gerçekten de, Arazi kullanımı / arazi örtüsü değişiminin, insan popülasyonları tarafından sebep olan Dünya'nın karasal yüzey değişiminin ana göstergesi olarak kabul edildiği vurgulandı. Bu nedenle, çevre üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle tarım, mera ve kentleşme gibi antropojenik faaliyetler nedeniyle arazi kullanımı önemli bir itici güç olarak kabul edilmektedir, bu değişimin gelecekte dünya nüfusu için gıda ve enerji talebinin artmasına neden olacağını belirtilmiştir. Son zamanlarda, arazi ve diğer doğal kaynakların yönetimi amacıyla arazi kullanımı arazi örtüsü değişikliği alanında çok sayıda çalışma uzaktan algılama (RS) ve coğrafi bilgi sistemini (CBS) yaygın olarak entegre etmiştir. Bu nedenle, Arazi kullanımı / arazi örtüsü değişikliklerinin izlenmesi ve değerlendirilmesine yönelik çalışmalar, tarımcılar, şehir plancıları, politika yapıcılar, çevreciler ve bilim insanları için çok önemlidir. Ek olarak, Uzaktan algılama teknolojileri, yerelden küresele kadar geniş alanlarda Arazi kullanımı / arazi örtüsü bilgilerinin ücretsiz olarak edinilmesini sağlar (Ayenikafo ve Wang, 2021).

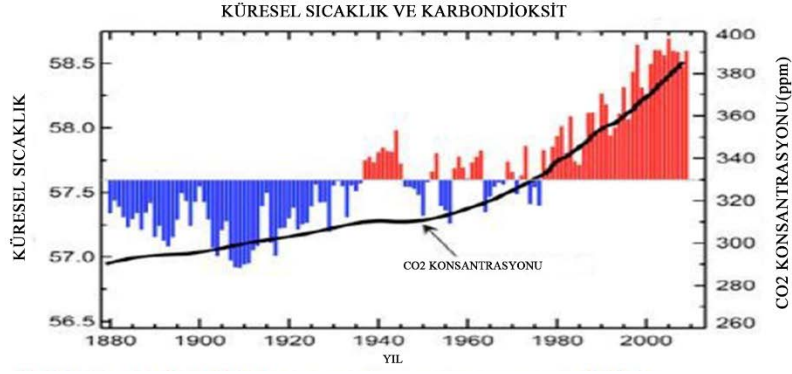
2.2 İklim değişikliği

“İklim”, ortalama ve belirli bir zaman aralığı ve belirli bir alandaki değişkenliği açısından ortalama hava durumunu ifade eder. İklim, enlem, denize uzaklık, bitki örtüsü, dağların varlığı veya yokluğu veya diğer coğrafi faktörlere bağlı olarak yöreden yöreye değişir. İklim de zamanla değişir; mevsimden mevsime, yıldan yıla, on yıldan on yıla veya Buz Devri gibi çok daha uzun zaman ölçeklerinde. İklimin ortalama durumunun veya değişkenliğinin istatistiksel olarak önemli varyasyonları, tipik olarak on yıllar veya daha uzun süre devam eder, bu "iklim değişikliği" olarak adlandırılır (URL - 1).

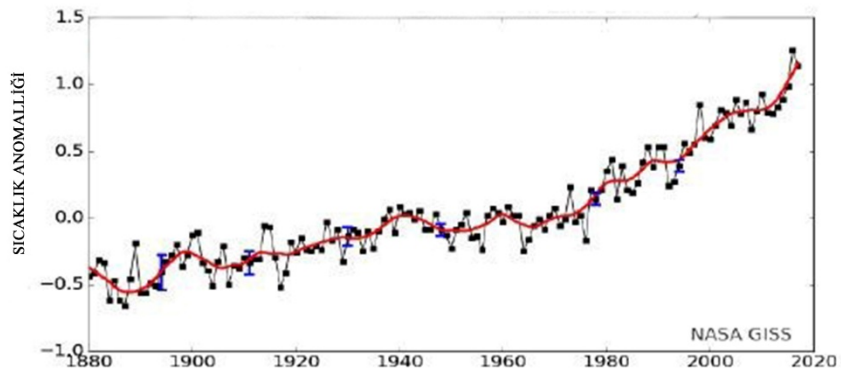
İklim değişikliği, birkaç on yıl veya daha uzun bir süre boyunca sıcaklık, yağış, rüzgar düzenleri ve iklimin diğer yönlerinde önemli değişikliklerini içerir. İklim değişikliği, daha sıcak, daha nemli veya daha kuru koşullara doğru kademeli bir geçiş gibi daha uzun vadeli eğilimleri içerir (EPA, 2015).

Hızlanan iklim değişikliğinin, atmosferdeki sera gazı dengesini değiştiren insan faaliyetlerinin bir sonucu olduğuna inanılmaktadır. İlişkili sera gazları arasında karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), azotdioksit (N₂O), ozon (O₃) ve kloroflorokarbon (CFC) ile F-gazları olarak bilinen bazı az miktarda gazlar: sülfür heksaflorür (SF₆) hidroflorokarbonlar (HFC'ler) ve perflorokarbonlardır (PFC'ler) yer almaktadır. CO₂, sera etkisine en büyük bireysel katkıyı sunmaktadır. Atmosferdeki CO₂ seviyeleri Dünya'nın jeolojik geçmişinde çok büyük farklılıklar göstermiş olsa da, CO₂' in doğal döngüsü son birkaç bin yıldır sabit kalmıştır. Fosil yakıtların yakılması ve insan faaliyetlerinin etkisiyle ormanların, otlakların ve turbalıkların azalması, 18. yüzyılda sanayileşmenin başlangıcından bu yana atmosferdeki CO₂ konsantrasyonunun neredeyse üçte bir oranında artmasına neden olmuştur. Aynı dönemde, atmosferdeki metan varlığı iki katından fazla artmıştır. Bu müdahalelerin bir sonucu olarak, geçen yüzyılda ortalama sıcaklıklarda temel bir artış görülmüştür ve bunu, kümülatif olarak "iklim değişikliği" olarak bilinen yağış, rüzgar ve hava modelleri gibi diğer iklim parametrelerinde değişiklikler izlemiştir. Ortalama küresel sıcaklıklar yükseldikçe, iklim sistemi artan bir anormallik frekansı ile yanıt verir ve yoğun ısı dalgalarına, soğuk dalgalara, kuraklıklara, fırtınalara, sellere, okyanus seviyesinin yükselmesine ve eriyen buzullara yol açmaktadır. Bu geri evrilemezlik göz önüne alındığında, yeni iklime uyum sağlamak için belirli uyum önlemleri kaçınılmazdır. İklime değişikliğine uyum, sosyal ve ekolojik sistemlerin veya bireylerin beklenen iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı savunmasızlığını azaltmaya yönelik eylemleri ifade eder (Golubchikov, 2011).

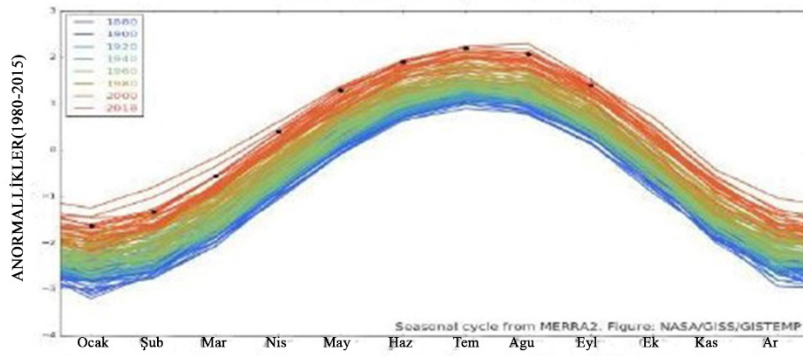
Gözlemler, CO₂ gibi sera gazlarının atmosferik konsantrasyonu arttıka dünyanın gerçekten de ısındığını gösteriyor. Şekil 2 ve 3, küresel yüzey sıcaklığı anormalliklerinde 1880'lerden beri yükselen bir eğilim olduğunu göstermektedir. Bugün ortalama sıcaklık 1860'lardan itibaren 0,4-0,8 C artmıştır. Şekil 4, 1880-2018 döneminde küresel sıcaklıkta aylık veya mevsimsel olarak yaklaşık 1,5-2 C artış olduğunu göstermektedir. Küresel yüzey sıcaklığının 1990-2100 döneminde 1,4 ila 5,8 C artacağı tahmin edilmektedir. Yağış dağılımı ve aşırı olaylar gibi diğer iklim parametrelerinin, toplumun faaliyetleri ve özellikle fosil yakıtların yanması nedeniyle değiştiğine dair kanıtlar olmuştur. Ancak son iklim değişiklikleri tek başına doğal nedenlerle açıklanamaz. Doğal etkilerin aksine, insan faaliyetleri, özellikle 20. yüzyılın ortalarından beri en çok gözlemlenen ısınmayı açıklamaktadır. Şekil 5 ayrıca küresel iklim değişikliğine doğal olaylardan çok insan faktörünün neden olduğunu göstermektedir (Bozoglu vd. 2019).



Şekil 2. 1 :Küresel CO₂ konsantrasyonu ve sıcaklığı (Bozoğlu vd. 2019)



Şekil 2. 2 :Küresel CO₂ yıllık anomallığı (Bozoğlu vd. 2019)



Şekil 2. 3 :Küresel sıcaklık mevsimsel anomallığı (Bozoğlu vd. 2019)



Şekil 2. 4 :İklimde İnsani ve Doğal Etkiler (Bozoğlu vd. 2019)

2.2.1 BM Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), objektif bir bilimsel bilgi kaynağı sağlamak için Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler tarafından bilimsel bilgiler meydana getirmek için 1988 yılında kurulmuştur. 2013 yılında IPCC, Beşinci Değerlendirme Raporunu yayınladığında insan faaliyetlerinin iklim değişikliğindeki rolü hakkında daha fazla netlik sağlamıştır. Sonuç olarak; iklim değişikliği gerçektir ve insan faaliyetleri ana nedendir (URL-2).

Beşinci Değerlendirme Raporu

Rapor, son birkaç on yılda deniz seviyesi yükselmesi ve nedenleri hakkında kapsamlı bir değerlendirme sunmaktadır. Ayrıca endüstri öncesi zamanlardan beri kümülatif CO₂ emisyonlarını tahmin edip ısınmayı 2 °C 'nin altında sınırlamak için gelecekteki emisyonlar için bir CO₂ bütçesi sağlamaktadır. Rapor şunu tespit etmiştir (URL- 2):

- 1880'den 2012'ye kadar, ortalama küresel sıcaklık 0,85 ° C arttı.
- Okyanuslar ısındı, kar ve buz miktarı azaldı ve deniz seviyesi yükseldi. 1901'den 2010'a kadar, ısınma ve buzulların erimesi nedeniyle okyanuslar genişledikçe küresel ortalama deniz seviyesi 19 cm arttı. Kuzey Kutbu'ndaki deniz buzu kapsamı, 1979'dan bu yana her on yılda bir küçülmüştür ve on yılda $1,07 \times 10^6$ km² buz kaybı olmuştur.
- Sera gazlarının mevcut konsantrasyonları ve devam eden emisyonları göz önüne alındığında, bu yüzyılın sonunda küresel ortalama sıcaklığın sanayi öncesi seviyenin üzerine çıkmaya devam etmesi muhtemeldir. Dünya okyanusları ısınacak ve buz erimesi devam edecektir. 1986–2005 referans dönemine göre ortalama deniz seviyesi yükselmesinin 2065 yılında 24–30 cm ve 2100'de 40–63 cm olacağı tahmin edilmektedir.

2.2.2 Birleşmiş Milletler Yasal Araçları

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi: BM ailesi, gezegenimizi kurtarma çabalarının ön saflarında yer almaktadır. 1992'de Rio kentinde, "Dünya Zirvesi", iklim değişikliği sorununu ele almanın ilk adımı olarak Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesini (UNFCCC) meydana getirmesidir. Bugün neredeyse evrensel üyeliğe sahip sözleşmeyi onaylayan 197 ülke, sözleşmeye taraftır ve sözleşmenin nihai amacı, iklim sistemine “tehlikeli” insan müdahalesini önlemektir (URL- 2).

*Kyoto Protokolü:*1995 yılına gelindiğinde, ülkeler iklim değişikliğine küresel tepkiyi güçlendirmek için müzakereler başlattılar ve iki yıl sonra 1997 yılında Kyoto Protokolünü kabul ettiler. Kyoto Protokolü, gelişmiş ülke Taraflarını yasal olarak emisyon azaltma hedeflerine bağlamaktadır. Protokolün ilk taahhüt dönemi 2008'de başladı ve 2012'de sona erdi. İkinci taahhüt dönemi 1 Ocak 2013'te başladı ve 2020'de sona ermiştir (URL-2).

*Paris Anlaşması:*2015 yılında Paris'te düzenlenen 21. Taraflar Konferansı'nda, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Tarafları, iklim değişikliğiyle mücadele etmek ve sürdürülebilir düşük karbonlu bir gelecek için gereken eylemleri ve yatırımları hızlandırmak ve yoğunlaştırmak için dönüm noktası niteliğinde bir anlaşmaya vardılar. Paris Anlaşması, sözleşme'ye dayanmakta ve ilk defa, gelişmekte olan ülkelere bunu yapmalarına yardımcı olmak için artırılmış destekle birlikte, iklim değişikliğiyle mücadele etmek ve etkilerine uyum sağlamak için iddialı çabalar üstlenmek için tüm ülkeleri ortak bir davaya çağırılmaktadır. Bu nedenle, küresel iklim çabasında yeni bir rota çizilmektedir. Paris Anlaşması'nın temel amacı, bu yüzyılda küresel sıcaklık artışını sanayi öncesi seviyelerin 2 santigrat derecenin çok altında tutarak iklim değişikliği tehdidine karşı küresel tepkiyi güçlendirmek ve sıcaklık artışını 1,5 santigrat dereceye kadar sınırlandırma çabalarını sürdürmektir. 22 Nisan 2016 Dünya Günü'nde 175 dünya lideri, New York'taki Birleşmiş Milletler Genel Merkezi'nde Paris Anlaşması'nı imzaladı. Bu, şimdiye kadar tek bir günde uluslararası bir anlaşma imzalayan en fazla ülkenin katılımının gerçekleştiği anlaşma oldu. Şu anda Paris Anlaşmasını onaylayan 186 ülke bulunmaktadır (URL-2).

*2019 İklim Eylem Zirvesi:*23 Eylül 2019'da Birleşmiş Milletler Genel Sekreteri António Guterres bir İklim Zirvesi düzenleyip hükümetlerin, özel sektörün ve sivil toplumun dünya liderlerini bir araya getirerek iklim eylemi ve hırsını artırmak ve hızlandırmak çok taraflı süreci desteklemek istemiştir. Zirve, eylemin en fazla fark yaratabileceği kilit sektörlerle odaklanmıştır. Konular, ağır sanayi, doğa temelli çözümler, şehirler, enerji, dayanıklılık ve iklim finansmanı şeklinde sıralanabilmektedir. Dünya liderleri, taahhütlerin yenileneceği ve artırılabilirliği BM iklim konferansı için 2020'de toplandıklarında ne yaptıklarını ve daha fazlasını yapmayı planladıklarını bildirmiştir (URL-2).

2.3 Arazi örtüsü ve Arazi Kullanım Değişiminin İklim Değişimine Olan Etkisi

Önümüzdeki birkaç on yıl boyunca, küresel ekolojik değişikliklerin insan toplumunun ekolojik, sosyal, ekonomik ve politik yönleri üzerinde büyük etkileri olması beklenmektedir. Ekolojik etkiler, biyolojik çeşitlilik, üretkenlik, göç ve sürdürülebilirlik üzerindeki değişiklikleri içerir. İklim ve arazi kullanımı değişiklikleri, gelecek için tahmin edilen iki büyük küresel ekolojik değişikliktir. Şimdiye kadar, insan kaynaklı iklim değişikliğinin ve arazi kullanım faaliyetlerinin nedenleri ve sonuçları büyük ölçüde bağımsız olarak incelenmiştir. Ancak iklim değişikliği ve arazi kullanımı birbirini etkilemektedir. Arazi kullanım etkinliği iklim değişikliğine katkıda bulunur ve arazi örtüsü modellerindeki değişiklikler, iklim değişikliğinin etkilerinin ifade edilmesinin bir yoludur. Arazi kullanımı, insanların bir sahaya dayattığı yönetim rejimi (örneğin, tarlalar veya tarımsal ormancılık) anlamına gelirken, arazi örtüsü, bir sahadaki (örneğin, orman veya ekin) bitki örtüsünün durumunun bir tanımlayıcısıdır. İklim değişikliği üzerindeki arazi kullanımının etkileri, hem arazi kullanımı değişikliğinin atmosferik CO₂ akışı üzerindeki etkilerini hem de bunun iklim üzerindeki müteakip etkisini ve arazi yönetimi yoluyla iklim değişikliği etkilerinin değiştirilmesini içerir (Dale, 1997).

Arazi kullanımı/örtüsü değişiminin iklim değişimine etkisi ekosistemlerin bozulup ekosistem hizmetlerinin aksamasına sebep olmaktadır. Ekosistem hizmetlerinin bozulması tüm canlıları doğrudan veya dolaylı yollarla etkilemektedir (Sekman, 2022).

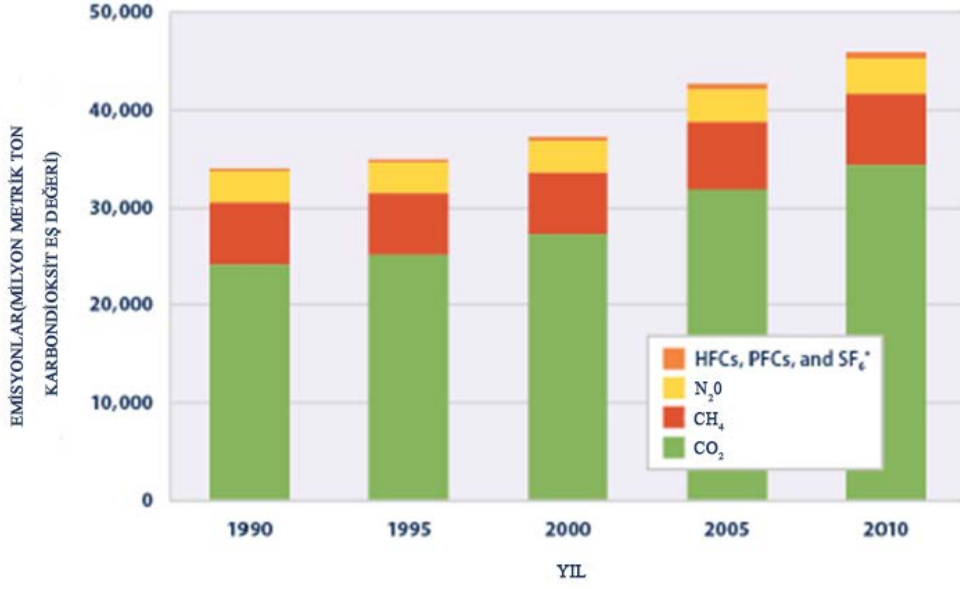
Arazi örtüsü/kullanımındaki değişiklik iklim değişikliğinin sebeplerinin başında yer alması ve iklim değişikliğinin meydana getirdiği sera gazı yayılımı ve kentsel ısı adası oluşumu ise bu değişimin dünya üzerinde yarattığı etkilerdir.

2.3.1 Sera Etkisi

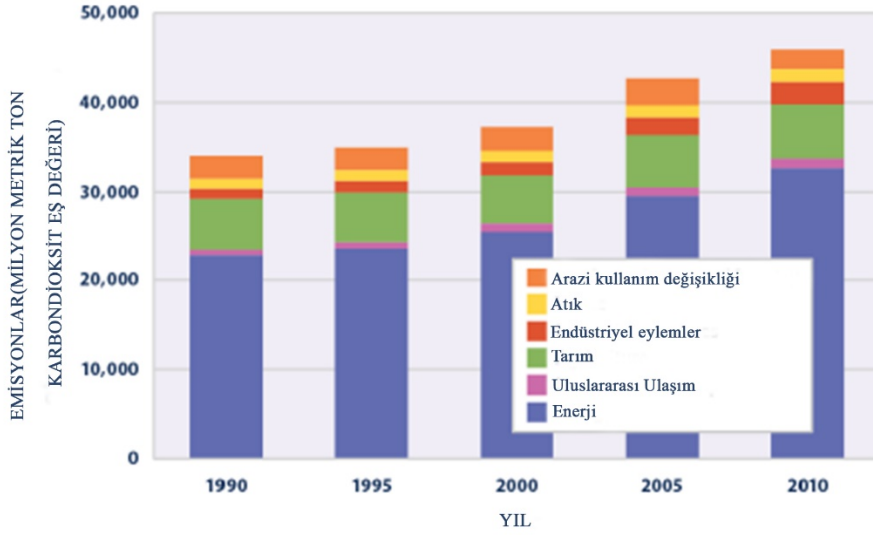
Küresel ısınma, güneşten gelen kısa dalga radyasyonunun iletilmesi ve dünyadan giden uzun dalga radyasyonunun emilmesi nedeniyle dünya atmosferinin ve okyanusların ortalama sıcaklığındaki mevcut yükselişi ifade eder. Bu, toplu olarak sera gazları (GHG'ler) olarak adlandırılan karbon dioksit (CO₂), metan (CH₄), azot dioksit (N₂O) ve kloroflorokarbonlar (CFC'ler) gibi bazı gazların oluşmasıyla daha da kötüleşmiştir. Sera gazlarının atmosferde birikmesi ve buna bağlı olarak dünya sıcaklığındaki artış, "Sera Etkisi" olarak adlandırılır. Sera etkisi, atmosferdeki gazlar tarafından kızılötesi radyasyonun emilmesi ve yayılmasının gezegenin alt atmosferini ve yüzeyini ısıttığı bir süreçtir. Joseph Fourier tarafından 1824'te önerilip ilk olarak 1896'da Svante Arrhenius tarafından nicel olarak araştırılmıştır (EPA, 2016).

IPCC'nin Beşinci Değerlendirme Raporundaki küresel ısınma potansiyelleriyle karşılaştırma tablosuyla ilgili olarak (EPA, 2016);

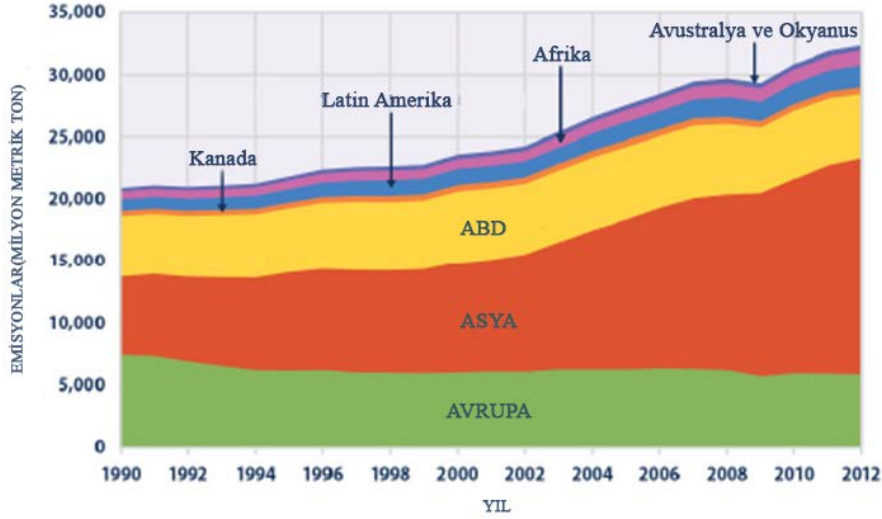
- 2010 yılında, insan faaliyetlerinden kaynaklanan dünya çapında tahmin edilen emisyonlar, karbondioksit eşdeğeri olarak ifade edilen, yaklaşık 46 milyar metrik ton sera gazı olmuştur. Bu, 1990'a göre yüzde 35'lik bir artışı temsil etmektedir. Bu rakamlar, arazi kullanımı ve ormancılığın etkilerini içeren net emisyonları ifade etmektedir.
- 1990 ile 2010 arasında, tüm önemli sera gazlarının küresel emisyonları artmıştır (Şekil 2.5). Net karbondioksit emisyonları yüzde 42 artmıştır, bu özellikle önemli çünkü karbondioksit, toplam küresel emisyonların yaklaşık dörtte üçünü oluşturmaktadır. Azot oksit emisyonları en az yüzde 9 artarken, metan emisyonları yüzde 15 artmıştır. Florlu gaz emisyonları iki katından fazla artmıştır.
- Enerji tüketimi ve kullanımı (araçlar tarafından kullanılan yakıtlar dahil) dünya çapında en büyük sera gazı emisyonu kaynağını temsil etmektedir (2010'da toplamın yaklaşık yüzde 71'i) (Şekil 2.6).
- Karbondioksit emisyonları dünyanın bazı bölgelerinde (örneğin Asya) diğerlerine göre daha hızlı artmaktadır (Şekil 2.7). Emisyonların çoğu, 2012'de toplam küresel emisyonların yüzde 88'ini oluşturan üç bölgeden gelmektedir: Asya, Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri.



Şekil 2. 5 :Gaz yoluyla küresel sera gazı emisyonları, 1990–2010 (EPA, 2016)



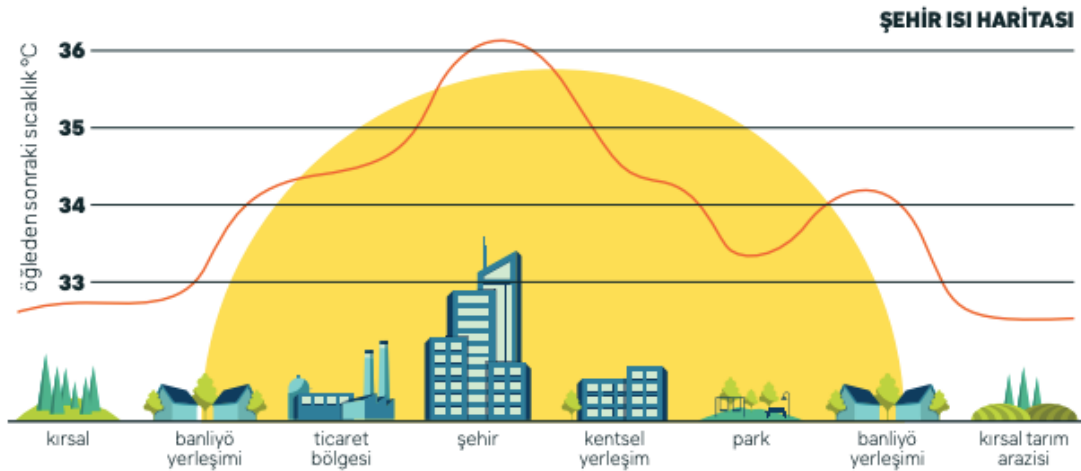
Şekil 2. 6 :Sektörlere göre küresel sera gazı emisyonları, 1990–2010 (EPA, 2016)



Şekil 2. 7 :Bölgelere göre küresel karbondioksit emisyonları, 1990–2012 (EPA, 2016)

2.3.2 Kentsel Isı Adası

Büyük şehirlerin çoğunda, şehrin kalbindeki veya merkezindeki sıcaklığın çevresinden veya banliyö bölgesinden daha yüksek olduğu belirtilmektedir. Bu fenomen, “Kentsel Isı Adası” etkisi olarak adlandırılır. Başka bir deyişle, şehirler, Kentsel Isı Adası etkisi olarak bilinen, çevresindeki kırsal alanlara göre merkezinde daha fazla sıcaklık gösterir. Şehir sakinlerine rahatsızlık veren etki nedeniyle, şehirler ile çevre banliyöler arasında sıcaklık farkı oluşturmaktadır. Büyük miktarda doğal arazi, gelen güneş ışınımını veya ısıyı emen ve geceleri onu yeniden yayan yapay yapıyı yüzeyle değiştirildiğinde, gelişir (Nuruzzaman, 2015).



Şekil 2. 8 :Kentsel ısı adası farklı vejetasyonlardaki etkisi(URL-3)

Kentsel Isı Adası Sebepleri:

- Daha az bitki örtüsü nedeniyle düşük miktarda evapotranspirasyon
- Düşük akım nedeniyle güneş radyasyonunun absorpsiyonu
- Hava akışını engellenmesiyle yüksek miktarda antropojenik ısı

Bununla birlikte, Kentsel ısı adasının oluşumuna katkıda bulunan bir dizi faktör vardır. Kentsel ısı adasının oluşmasında önemli rol oynayan faktörler aşağıda açıklanmıştır (Nuruzzaman, 2015).

1. İnsan etkisi
2. Kentsel malzemelerin özellikleri
3. Kentsel kanopi(örtü, tepe tacı)
4. Hava kirleticiler
5. Yeşil alanların yok edilmesi

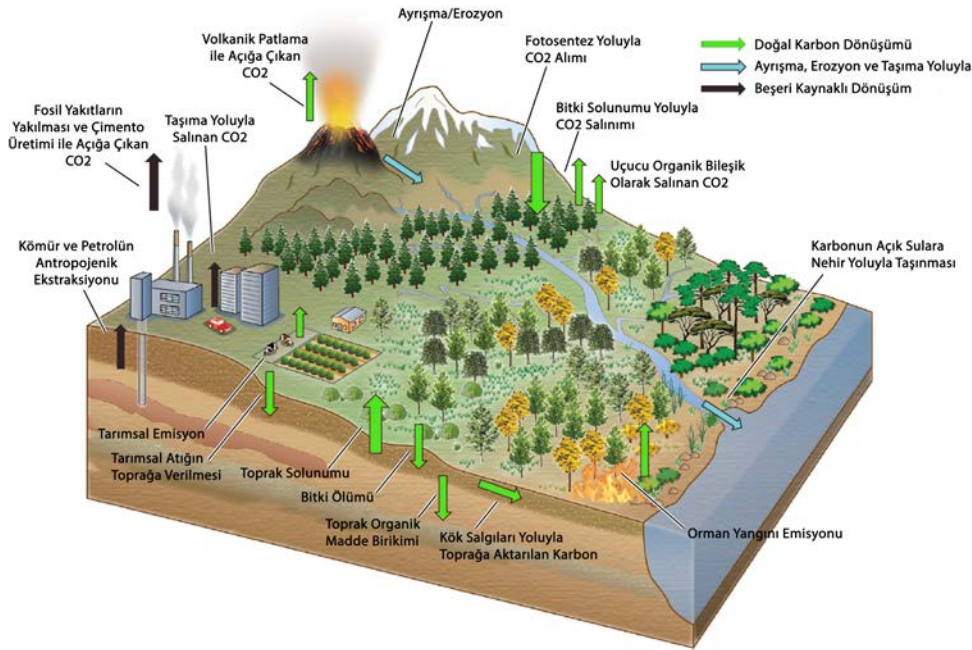
2.4 Karbon Tutma ve Karbon Emisyonu

Karbon, en temel haliyle bir elementtir. Dünyadaki yaşam için en yaygın elementtir. Solunan havadan yetiştirilen ekinlere ve insan vücudunun kimyasal yapısına kadar, karbon yaşamın temelidir (URL-4).

Karbon emisyonları, özellikle karbondioksiti ilgilendirmektedir. Doğal olarak, CO₂ atmosfere bir çok yolla salınır. Doğal karbon emisyonlarının en büyük kaynağı, okyanuslar ve atmosfer arasındaki karbondioksit değişimidir. Hayvanlar ve bitkiler ayrıca solunum süreci yoluyla CO₂ yayarlar. Ve bu bitkiler ve hayvanlar ayrıştığında, topraktaki organizmalar enerji üretmek ve atmosfere daha fazla CO₂ salmak için solunum yaparlar. Doğa, doğanın yapmaya meyilli olduğu gibi, bu emisyonların çoğunu dengede tutar. Bitkiler, fotosentez yoluyla CO₂'yi emer ve okyanuslar, saldıkları kadar karbondioksiti emer. Karbon, dünyadaki yaşamı destekleyen sürekli bir süreçte havada, suda ve toprakta döngü yapar (URL-4).

Karbon tutma veya yutağı, CO₂'nin atmosferden yakalanmasını ve uzun süreli depolanmasını tanımlamak için kullanılan terimdir. Karbonu tutma yeteneği, bir ekosistemin bir yutak veya bir karbon kaynağı olarak geçirdiği zamanın dengesi ile belirlenir ve bu, ekosistemlerin atmosferden CO₂'yi emme kabiliyetine dayalı olarak tanımlanır. Bir ekosistem, bir yılda karbon için bir yutak ve bir başka yıl için bir kaynak olabilir, ancak daha fazla karbonu tutmak için uzun zaman ölçeklerinde bir yutak olmalıdır (Keenan, 2018).

Ekosistemler genellikle bir ekosistem ve atmosfer arasında gözlemlenen karbon akışlarına dayalı olarak yutaklar veya kaynaklar olarak sınıflandırılır da, çoğu karbon ile değişim gözlemlerinde temsil edilmeyen karbon taşıma yollarını hesaba katmalıdır. Böyle bir niceleme, net ekosistem karbon dengesi (NECB) olarak adlandırılır ve bir ekosistem ile çevresi arasındaki tüm karbon alışverişini hesaba katar. NECB, bir ekosistemi bir hacim olarak ele alarak en iyi şekilde kavramsallaştırır. NECB, hacme giren toplam karbondan, belirli bir zaman aralığında çıkan toplam karbonun çıkarılmasıyla bulunur (Şekil 2.9). Karbon; solunum, yangın, fotodegradasyon, metan emisyonları, uçucu organik bileşikler, erozyon ve çözünmüş organik ve inorganik karbonun sızması yoluyla yayılır veya fotosentez, hayvan aktivitesi ve metan tüketimi gibi işlemler yoluyla elde edilir (Keenan, 2018).

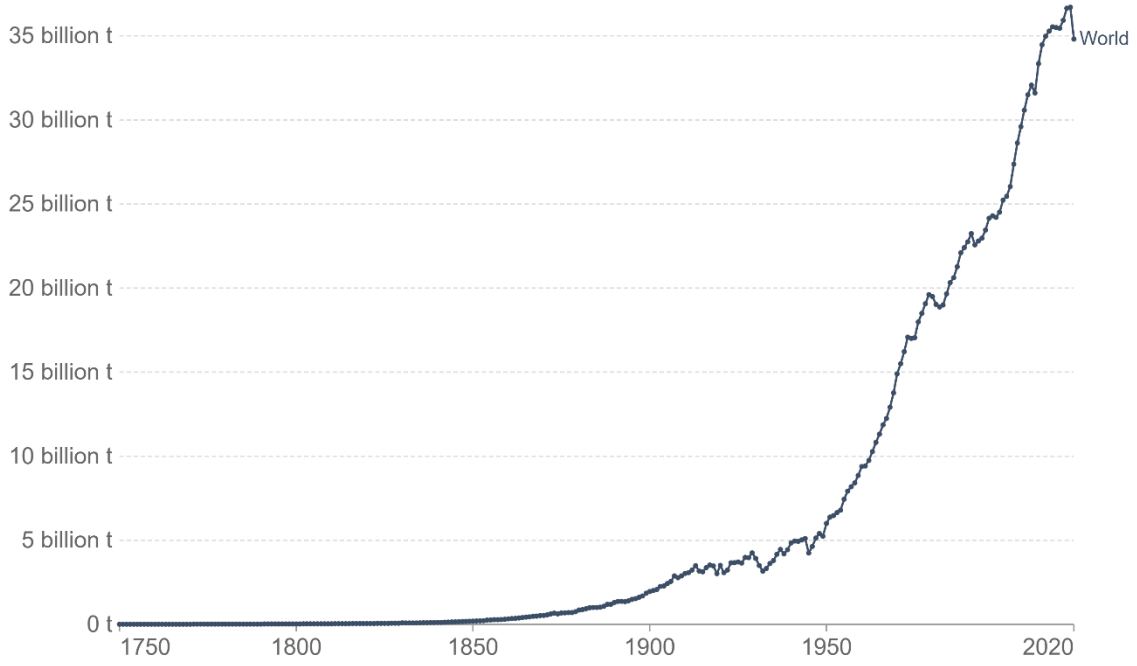


Şekil 2. 9 :Karbon döngüsü (Keenan, 2018)

Dünyada ve Türkiyede Karbon Emisyonları

Fosil Yakıtlardan Kaynaklanan Küresel CO₂ Emisyonları

Şekil 2.10 da, 18. yüzyılın ortalarından günümüze küresel emisyonların büyümesi görülmektedir. Sanayi Devrimi'nden önce emisyonların çok düşük olduğu ve emisyonlardaki büyümenin, 20. yüzyılın ortalarına kadar hala nispeten yavaş olduğu görülmektedir. 1950'de dünya 6 milyar ton CO₂ yaymıştır (URL-5).

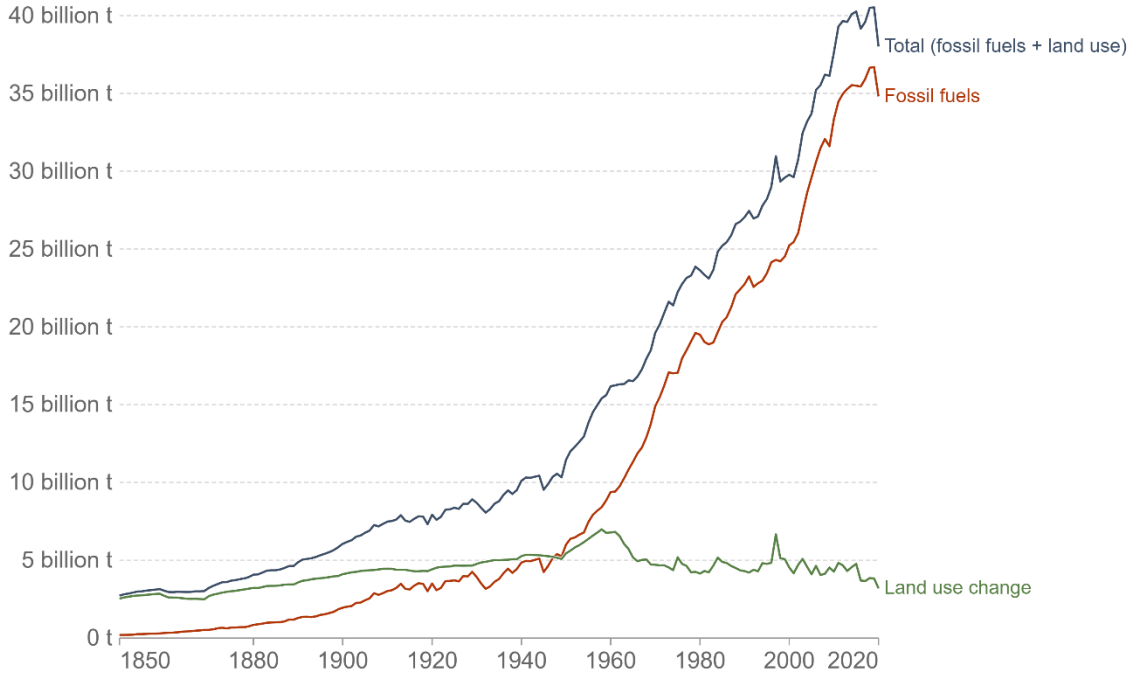


Şekil 2. 10 :Enerji üretimi için fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan karbondioksit (CO₂) emisyonları. Arazi kullanım değişikliği dahil değildir (URL-5).

1990'a gelindiğinde bu neredeyse dört katına çıkarak 22 milyar tonun üzerine çıkmıştır. Emisyonlar hızla büyümeye devam ederek; şimdi her yıl 34 milyar tondan fazla salmaktadır. Emisyon büyümesi son birkaç yılda yavaşladı, ancak henüz zirvesine ulaşmadılar. (URL-5).

Fosil Yakıtlardan ve Arazi Kullanımı Değişikliği Kaynaklanan Küresel CO₂ Emisyonları

Şekil 2.11'de, 18. yüzyılın ortalarından günümüze küresel emisyonların büyümesi görülmektedir. Fosil yakıtlardan kaynaklanan emisyonlar artarken, arazi kullanımı değişikliğinden kaynaklanan emisyonların son yıllarda biraz azaldığı görülmektedir. Genel olarak bu durum, toplam emisyonların son on yılda kabaca sabitlendiği anlamına gelmektedir. (URL-5).

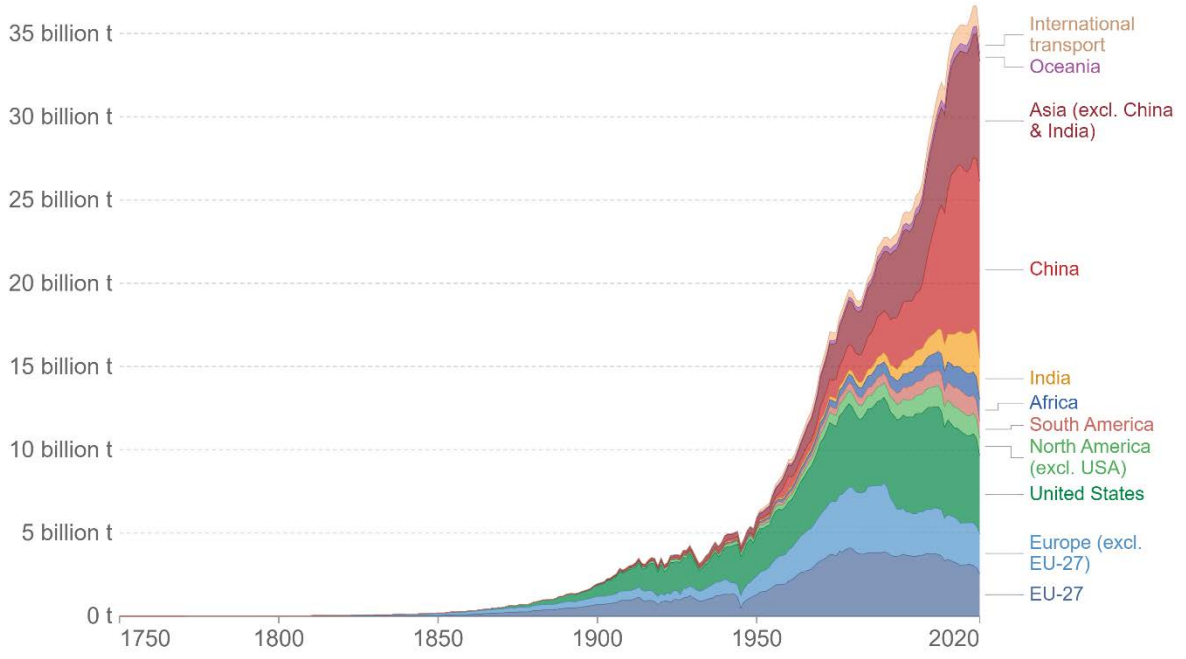


Şekil 2.11 :Fosil yakıtlardan ve arazi kullanımı değişikliği kaynaklanan küresel CO₂ emisyonları(URL-5)

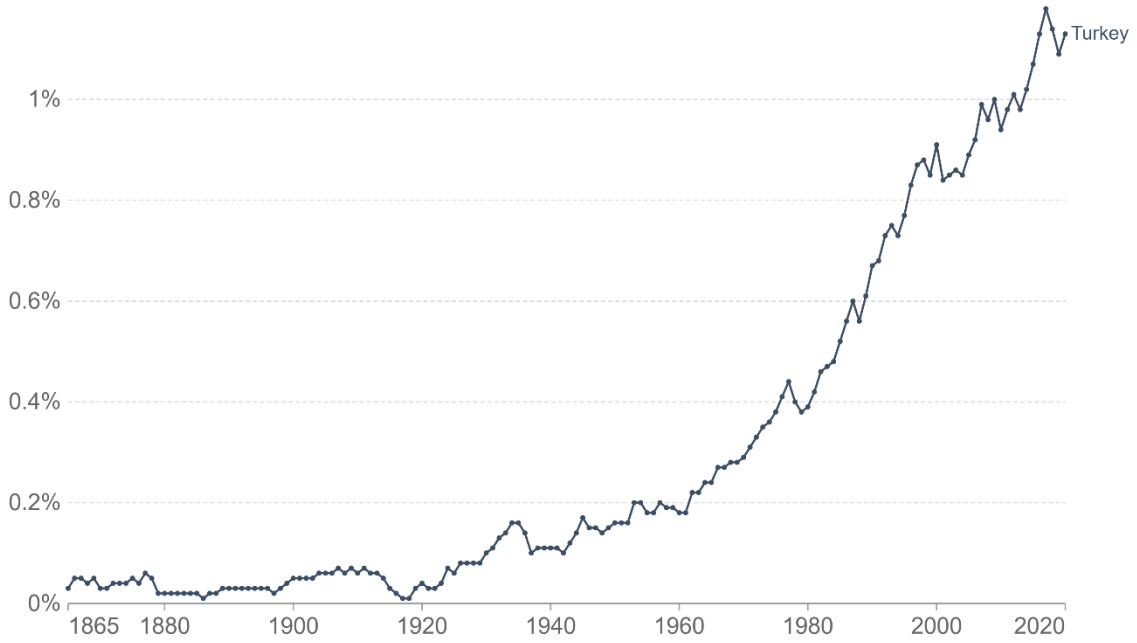
Bölgelere Göre CO₂ Emisyonları

Şekil 2.12'deki çizelge, bölgelere göre küresel CO₂ emisyonlarının dağılımını göstermektedir. 20. yüzyıla kadar küresel emisyonlara Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nin hakim olduğu görülmektedir. 1900'lü yıllarda, emisyonların %90'ından fazlası Avrupa veya ABD'de üretildi; 1950'de bile, her yıl emisyonların %85'inden fazlasını oluşturuyorlardı. Ancak son yıllarda bu önemli ölçüde değişmiştir. 20. yüzyılın ikinci yarısında, dünyanın geri kalanında, özellikle Asya'da ve en önemlisi Çin'de emisyonlarda önemli bir artış görülmektedir. (URL-5).

Şekil 2.13'te Türkiye'de CO₂ emisyonlarındaki değişim 1950'li yıllardan 2020 yılına kadar büyük oranda artış göstermektedir (URL-5).



Şekil 2. 12 :Dünyada CO2 emisyonlarından sorumlu bölgeler ve emisyon miktarları(URL-5)



Şekil 2. 13 :Türkiye’de CO2 emisyonlarındaki değişim(URL-5)

Karbon Ayak İzi

Karbon ayak izi, dünya ekosistemleri üzerindeki insan talebinin bir ölçüsü olan ekolojik ayak izi kavramından kaynaklanmaktadır. Bu, gezegenin ekolojik yenilenme kapasitesiyle karşılaştırılabilecek, doğal sermaye talebinin standart bir ölçüsüdür. Bir insan nüfusunun tükettiği kaynakları sağlamak ve ilgili atıkları özümsemek için gerekli biyolojik olarak verimli

kara ve deniz alanı miktarını temsil eder. Bu değerlendirmeyi kullanarak, eğer herkes belirli bir yaşam tarzını takip ederse, insanlığı desteklemek için Dünya'nın ne kadarının (veya kaç tane Dünya gezegeninin) gerektiğini tahmin etmek mümkündür (Gao vd. 2014).

Karbon ayak izinin yaygın olarak kabul edilen ve somut bir tanımı şu anda mevcut değildir. Ancak bir ayak izinin ne olduğu fikri bulunmaktadır. Wiedmann ve ark. tarafından en çok kabul gören bir kavram önerilmiştir: Karbon ayak izi, bir faaliyetin doğrudan veya dolaylı olarak neden olduğu veya bir ürünün yaşam evreleri boyunca biriken toplam karbondioksit emisyonu miktarının bir ölçüsüdür. Özetle, karbon ayak izi, karbon dioksit emisyonlarının bir ölçüsüdür (Gao vd. 2014).

Karbon Ayak İzinin Sınıflandırılması

Karbon ayak izi temel olarak kişisel, ürünler, kuruluşlar, şehirler ve ülkeler vb. için geçerlidir. Kişisel karbon ayak izi, her kişinin giyiminden, yiyeceğinden, konutundan ve günlük yaşam trafiğinden kaynaklanan karbondioksit emisyonlarıdır. Ürün için karbon ayak izi, bir ürünün (mal veya hizmetlerin) tüm ömrü boyunca, hammaddelerin çıkarılmasından ve üretiminden, kullanımına ve nihai yeniden kullanımına, geri dönüşümüne veya bertarafına kadar olan sera gazı (GHG) emisyonlarını ölçer. Kurumsal karbon ayak izi, binalarda, endüstriyel süreçlerde ve şirket araçlarında kullanılan enerji de dahil olmak üzere kuruluş genelindeki tüm faaliyetlerden kaynaklanan Sera gazı emisyonlarını ölçer. Bir ülke karbon ayak izi, karbondioksit emisyonlarını analiz etmek için tüm ülkedeki malzeme ve enerji tüketimi, bitki örtüsü ve diğer karbon sağlayıcıları tarafından üretilen karbondioksit emisyonlarının yanı sıra ithalat ve ihracat faaliyetlerinden kaynaklanan dolaylı ve doğrudan emisyonlara odaklanır (Gao vd. 2014).

2.4.1 Karbon Nötr Şehirler

Karbon nötr kent politikası enerji azaltma, iklim koruma ve iklim adaptasyonu için şehirlerin önemine genel bir bakış sunmaktadır. Şehirlerin enerji yoğunluklarını ve karbon ayak izlerini azaltmak, iklim değişikliği ve karbon sonrası enerji geçişlerine karşı savunmasızlıklarını azaltmak için üstlenmeleri gereken eylemleri oluşturmaktadır (Golubchikov, 2011).

Karbon Nötr Şehirler İttifakı, 2050 veya daha erken dönemde sera gazı emisyonlarını % 80 veya daha fazla azaltmaya çalışan önde gelen küresel şehirlerin işbirliğidir. Dünyadaki herhangi bir şehir tarafından gerçekleştirilen en ciddi sera gazı azaltma hedefleridir. Şehirler, sera gazı

emisyollarının önemli bir kısmından sorumludur. Hem doğrudan bu tür emisyonların üreticileri olarak hem de dolaylı olarak fosil yakıtı dayalı enerjilerin ve üretimi başka yerlerde emisyon oluşturan diğer mal ve hizmetlerin son kullanıcıları olarak söylenebilir. Bu nedenle şehirler, iklim değişikliğini hafifletmek için stratejik araçlar olarak düşünölmelidir. Ancak kentsel topluluklar da iklim değişikliğine karşı savunmasızdır. İnsanları ve altyapıyı yoğunlaştıran kentsel alanlar genellikle tehlikeye açık alanlarda hem kademeli iklim değişikliklerinden hem de ani doğal olaylardan kaynaklanan en büyük etkilerden bazılarını tecrübe eder ve çoğu kez en çok zarar gören daha yoksul ve daha dezavantajlı insanlardır. Bu nedenle şehirler, uyum için sosyal odaklı politikaları da benimsemelidir (Golubchikov, 2011).

Azaltma ve uyum, iklim nötrlüğüne yönelik bir kentsel stratejinin iki yüzüdür. Böyle bir strateji şunu önerir: (Golubchikov, 2011)

- a) şehirler, sera gazı emisyonlarını mümkün olduğunca azaltarak ve kalan kaçınılmaz emisyonları dengelemek için mekanizmalar geliştirerek net sıfır sera gazı emisyonlarına doğru ilerlemeyi hedeflemektedir; ve,
- b) şehirler, uyum kapasitelerini geliştirerek iklime dayanıklı veya değişen iklimin olumsuz etkilerine karşı dirençli olmayı hedeflemektedir.

İklim nötrlüğü, parçalı sektörel müdahalelerden kentsel ölçekte entegre edilmiş birbiriyle ilişkili kapsamlı eylemler matrisine bir değişikliği öngörür. İklim nötrlüğüne yönelik kentsel strateji, iklim değişikliği, enerji güvenliği ve aynı zamanda sosyal eşitsizlik gibi zorluklara yanıt vermenin önemli bir yoludur (Golubchikov, 2011).

Kentsel Yönetişim İlkeleri

İklim nötrlüğü ele almak için proaktif bir kentsel yaklaşım genellikle aşağıdaki genel ilkelerle desteklenir: (Golubchikov, 2011)

- Vizyon: İklime duyarlı politikalar belirlenmeli ve eylemlere ve sonuçlara yönelik net bir vizyon ve stratejiye dayanmalıdır. Kamu ve özel sektör çıkarları arasında uygun bir denge sağlamak da önemlidir.
- İşbirliği: Farklı düzeylerdeki (ulusal, bölgesel, belediye) yetkililer arasında ve farklı şehir yetkilileri arasında işbirliği, düşük karbonlu şehirler için daha etkili politikalar geliştirmenin anahtarıdır.

- Katılım: Paydaşların geniş katılımı, ortak anlayış ve taahhütler sağlar; yerel yönetimler, karar alma süreçlerine halkın katılımını sağlamalı, aynı zamanda işi temsil eden savunuculuk grupları ve kuruluşlara danışmalıdır.
- Finansman: İklim ve enerji projeleri için sürdürülebilir finansman kaynaklarını belirlemek önemlidir.

Mekânsal Planlamanın Rolü

Mekânsal planlama, kentsel uyum ve etki azaltma önlemlerinin merkezinde yer alır. Kentsel yerleşim, toplu taşıma temini ve entegre bölge ısı-elektrik sistemleri, kentsel enerji yoğunluğunu azaltmak için temel araçlar arasında uzun süredir kabul edilen planlama hususlarından bazılarıdır. Planlama aynı zamanda riske açık bölgelerin tanımlanmasında ve kentsel altyapıyı korumak için mekânsal stratejiler sağlamada da etkilidir. İklim nötrlüğü için kentsel planlama ve mekânsal stratejiler şunları hedeflemelidir: (Golubchikov, 2011)

- Uygun bina yoğunluğu ve karma kullanım geliştirme seviyelerine ulaşarak, ulaşım akışını ve ara bağlantılarını, toplu taşıma ve motorsuz ulaşım seçeneklerini düzenleyip iyileştirerek kentsel yayılmayı ve arabaya bağımlılığı sınırlamak.
- Şehri olumsuz hava koşullarından koruması, kentsel ısı adası etkisini hafifletmesi doğal yaşam alanı ve ıslahı için alanlar sağlaması gereken entegre yeşil alanlar ve diğer doğal altyapı sistemi sağlamak.
- Yenilenebilir enerji kaynakları, ısı-soğutma-elektrik sistemleri ve atıktan enerji sistemleri için entegre enerji altyapısı geliştirmek.
- Sorunlu alanların (eski sanayi alanları gibi) rehabilitasyonu ve yenilenmesi için kapsamlı programlar sunmak ve yapılı çevrede enerji verimliliği için daha iyi standartlar sağlamak.
- Açık uygulama tanımlarının ve kodlarının oluşturulabileceği eko-şehirleri veya sürdürülebilir yerleşimleri teşvik edip desteklemek.
- Şehrin somut bağlamında iklim değişikliği kırılganlıklarını ve fırsatları ele alınmalıdır.
- Sosyal ayrışmayı önleyerek ve mahalleler arasındaki sosyal dengesizlikleri azaltarak, iklim nötrlüğüne doğru ilerlemenin sosyo-mekânsal entegrasyon ilkelerine dayalı olmasını sağlamak.

Yeşil Altyapının Rolü

"Yeşil altyapı", birden çok faydanın birlikte sunulmasını sağlayan birleşik yapı, konum, bağlantı ve yeşil alan türlerini ifade eder. Yeşil altyapıyı bir bütün olarak ve peyzaj açısından aynı zamanda saha ölçeğinde değerlendirmek önemlidir. Kentsel yeşil alanın, onu çevreleyen yapıları çevre ile bütünleşmesi, faydaların en üst düzeye çıkarılması için çok önemlidir. Yeşil alan, bağlantılı olsun ya da olmasın, aralarında yaşayan insanlara tesisler veya hizmetler sağlıyor olarak görülmelidir (FR, 2010).

Başlangıçta, "yeşil" altyapı, gelişmiş yaşam kalitesi veya su filtreleme, taşkın kontrolü gibi "ekosistem hizmetleri" sağlayan şehirlerdeki ve çevresindeki park alanları, ormanlar, sulak alanlar, yeşil kuşaklarla tanımlanıyordu. Şimdi, yeşil altyapı daha çok şehirlerin doğal yaklaşımların bir karışımı yoluyla ulaşmaya çalıştıkları çevresel veya sürdürülebilirlik hedefleriyle ilgilidir. Yeşil altyapı yaklaşımı kentlerin iklim direncini geliştirmede Gri altyapı yaklaşımlarına da yardımcı olmaktadır. Dirençli bir kentsel sistemin özellikleri, esneklik, çeşitlilik, sürdürülebilirlik, uyarlanabilirlik, kendi kendine yeterlilik ve öğrenme unsurlarını içerebilmesidir. Bununla birlikte, gelecekteki iklim etkileri hakkındaki belirsizlikler ve bir kentin ne zaman yeterince "adapte olduğunu" bilmenin getirdiği zorluklar göz önüne alındığında, kentin direnci ve iklim adaptasyonuna değer vermek gerekir. "Yeşil altyapıya" odaklanan çok hedefli politikalar, iklimin nasıl değiştiğine bakılmaksızın ölçülebilir faydalar sağlayabilir (CCAP, 2011).

Yeşil altyapı artık iklim değişikliğinin ortaya çıkan ve geri döndürülemez etkilerine uyum sağlama aracı olarak tanınmaktadır. Sonuç olarak, bazı yerel yönetimler, iklim değişikliği risklerine karşı bir önlem olarak yeşil altyapıyı benimsemiştirler. Yeşil altyapının çeşitli faydalarının belirlenmesi, iklim değişikliğinin zamanlaması, kapsamı ve oranına bakılmaksızın eylemi teşvik etmiştir (CCAP, 2011).

Yeşil altyapı; çevresel, ekolojik, sosyal faydalar sağlamaktadır.

Çevresel Faydalar:

- Hava kirliliğini azaltması
- Sürdürülebilir kentsel drenaj sistemlerinin bir parçası olarak taşkın riskinde azalma sağlanması
- Kentsel ısı adası etkisi ve iklim değişikliğinin neden olduğu yüksek sıcaklıkların iyileştirilmesi (FR, 2010).

Ekolojik Faydalar:

Kentsel yeşil altyapının ekolojik faydaları büyük ölçüde habitat sağlanmasıyla ilgilidir. Etkili yeşil altyapı ağları, türlerin yeni habitatları hareket ettirmesi, yayması ve kolonileştirmesi için fırsatlar da sağlar. Hareket için artan fırsatlar, birçok türün iklim değişikliğine tepkisi için anahtar bir adaptasyon faaliyeti olarak kabul edilir (FR, 2010).

Sosyal Faydalar:

- Fiziksel aktivite ve sağlık seviyelerinde iyileştirmeler
- Psikolojik sağlığın ve zihinsel sağlığının desteklenmesi
- Sosyal etkileşim, katılım ve topluluk uyumunun kolaylaştırılması (FR, 2010).

Dünyada Karbon Nötr Kent Politikası Olan Bazı Kentler ve Hedefleri

Şehirler karbon miktarı açısından minimum seviyeye ulaşmak için kısa, orta ve uzun vadede hedefler belirlemişlerdir. Bu hedefler ve planlamalar eylem planlarında ve yol haritalarında açıklanmıştır. Bu doğrultuda kısa, orta ve uzun vadede hedefler belirlemiş bazı kentler aşağıda verilmiştir;

1. Kopenhag Kenti(2025)
2. Helsinki Kenti(2035)
3. Amsterdam Kenti(2050)

Kopenhag 2025 İklim Planı Yol Haritası (2021-2025)

Belediye Meclisi, Kopenhag'ın 2025'e kadar karbon nötr hale gelmesi hedefiyle CPH-2025 İklim Planını 23 Ağustos 2012'de kabul etmiştir. Planın girişimlerini sürekli olarak uyarlamayı mümkün kılmak ve politikacılara ve ortaklara iklim eylemlerinin statüsünü sağlamak için iklim planını dört ana aşamada uygulamayı hedeflemektedirler (URL-6).

Kopenhag 2025 İklim Planının Dört Ana Eylemi

Enerji Tüketimi: Enerji Tüketimi sütunu altındaki eylemler, Kopenhag'da enerji tüketimini azaltmaya ve bölgesel ısıtma ünitelerini düzene sokarak yenileme ve yeni inşaat projelerinde enerji verimliliğini artırarak enerji verimliliğine ulaşmaya çalışmaktadır. Bu, binalara fotovoltaik modüllerinin kurulması ve halihazırda gaz ile ısıtılan binaların yenilenmesi ile tamamlanması hedeflenmektedir. Enerji Tüketimi ayağı, Kopenhag binaları tarafından

tüketilen enerjiyi azaltma çabalarını içermektedir. Planlanan eylemlerin, karbon emisyonlarını 2018'e kıyasla 2025'te yaklaşık 4.000 ton azaltmaya yardımcı olması beklenmektedir(URL-6).

Enerji Üretimi: Enerji Üretimi sütunu altında gerçekleştirilen eylemler, şehrin bölgesel ısı, şehir gazı ve bölge soğutmasının yanı sıra atık su arıtımı da dahil olmak üzere su ve atık su kaynaklarının karbon nötrlüğüne ve enerji verimliliğine dönüştürülmesine odaklanmaktadır. Ayrıca rüzgar türbinleri ve fotovoltaik sistemler kurarak elektrik sistemini dönüştürme, atık yönetimi sektöründen kaynaklanan sera gazlarını azaltma ve biyogaz üretimi çalışmaları devam etmektedir. Enerji Üretimi ayağı, fotovoltaik sistemleri de içeren rüzgar türbini eylemleriyle örneklenebilir. Bu çabalar, 2025 yılına kadar en az 460 MW rüzgar türbini kapasitesine sahip olmayı hedeflemektedir(URL-6).

Hareketlilik: Hareketlilik sütunu altındaki eylemler, ulaşım sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılmasına odaklanmaktadır: Biri karayolu trafiğini ve diğeri deniz trafiği gibi diğer ulaşım türlerini içermektedir. Otobüslerin ve liman otobüslerinin dönüşümü bu çabanın bir örneğidir. Bu çaba, Kopenhag Belediyesi tarafından tamamen veya kısmen finanse edilen otobüs hatlarının mümkün olan her yerde ve en geç 2025 yılına kadar elektrikli otobüslere veya sıfır karbon emisyonu açısından elektrikli otobüslerle aynı olumlu etkilere sahip otobüslere dönüştürülmesini içermektedir. Bunun neticesinde önemli ölçüde daha az sokak gürültüsü ve azaltılmış yerel hava kirliliği ortaya çıkacaktır(URL-6).

Şehir İdaresi Girişimleri: Şehir İdaresi Girişimleri ayağı altındaki eylemler, yeşil çözümlerin nasıl uygulanabileceğini göstererek şehrin öncülük edebileceği alanlara odaklanmaktadır. Eylemler, kentin binalarını, araçlarını ve kaynaklarını, ayrıca Kopenhag dışında ağaçlandırmaya ve özellikle çocuklar ve gençler arasında iklimle ilgili bilgi ve kaynak doluluğunu oluşturmaya odaklanan eylemleri içermektedir(URL-6).

Karbon Nötr Helsinki 2035 Eylem Planı

Helsinki Şehir Stratejisi 2017-2021'in hedefi, Helsinki'yi 2035 yılına kadar karbon nötr hale getirmektir. Bu hedef, Helsinki'deki sera gazı emisyonlarını yüzde 80 oranında azaltarak gerçekleştirilecektir. Helsinki'deki en önemli sera gazı emisyon kaynakları binaların ısınması, elektrik tüketimi ve trafiktir. İklim hedefleri sadece şehir organizasyonunu değil, aynı zamanda sakinleri ve Helsinki'de faaliyet gösteren organizasyonları da etkilemektedir. Karbonsuz Helsinki 2035 Eylem Planı, şehir Kurulu tarafından onaylanmıştır. Eylem Planı, pratikte emisyon azaltımlarının nasıl başarılabileceğini ana hatlarıyla açıklamaktadır (URL-6).

Helsinki'yi Karbon Nötr Hale Getirmek İçin Gerekli Eylemler

Helsinki'deki emisyonlar 2035 yılına kadar yüzde 52 azaltılacağı, bu da karbon nötrlüğe ulaşmak için ek önlemlerin gerekli olduğu anlamına gelmektedir. Emisyon azaltma hedefine ulaşmak için gereken eylemler farklı sektörler için tanımlanmıştır. Plan, her sektör için mevcut durumun, hedeflerin ve temel emisyon azaltma eylemlerinin bir tanımını içermektedir. Geliştirilmesi hedeflenen alanlar aşağıdaki gibidir (URL-6):

- Trafik
- Binaların inşaatı ve kullanımı
- Tüketim, kaynaklar, paylaşım ekonomisi ve dögüsel ekonomi
- Akıllı ve temiz büyüme
- Helsinki geliştirme programı
- Karbon yutakları
- İletişim ve katılım
- İklim çalışmalarının koordinasyonu, izlenmesi ve değerlendirilmesi.

Amsterdam İklim Nötr 2050 Yol Haritası

Amsterdam İklim Nötr Yol Haritası'nda, 2050 yılına kadar CO₂ emisyonlarını 1990 seviyelerine göre % 95 azaltmak temel hedefdir ve Amsterdam 2040 yılına kadar doğal gazdan arındırılmış bir şehir olma adayıdır. 2050'ye giden yolda bir adım olarak CO₂ emisyonlarını azaltmayı ve mümkün olduğu kadar çok enerji tasarrufu yapmak ve sürdürülebilir enerji üretme hedefi bulunmaktadır. Amsterdam İklim Nötr Yol Haritası, Amsterdam'da uzun vadede enerji geçişine ve kısa vadede alınacak eylemlere ilişkin bir vizyon ortaya koyan bir proje belgesidir. Yol Haritası'nda, fosil yakıtlardan yenilenebilir enerjiye geçişi toplu olarak başlatmak ve sürdürmek için stratejilerin en önemli unsurları açıklanmaktadır (URL-6).

Zorlukların ve önlemlerin etkisi ana hatlarıyla açıklanmaktadır; Dört geçiş yoluna dayanan yaklaşımlar şu şekildedir:

1. Yapılı Çevre
2. Hareketlilik
3. Elektrik
4. Liman ve Sanayi

Paris iklim hedeflerine ulaşılmasına gerçek bir katkı sağlamak için, Amsterdam'ın CO₂ emisyonlarını 1990 referans yılına göre 2030'da% 55 ve 2050'de% 95 azaltmak isteniyor. 2040

yılına kadar doğal gazı aşamalı olarak durdurmayı ve 2030 yılına kadar ulaşım kaynaklı tüm karbon emisyonlarına son vermek istenmektedir. Ayrıca belediyenin 2030 yılına kadar iklim nötr bir kuruluş olması hedeflenmektedir. 2050'ye kadar % 100 dögüsel ekonomiye sahip olmak istenmektedir. Petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil yakıtları kullanımdan kaldıracak ve % 100 sürdürülebilir şekilde üretilen enerjiye geçilecektir. Aynı zamanda 'iklime uyumlu' olup: şehri, iklim değışikliğinin kaçınılmaz sonuçlarını etkili bir şekilde idare edebilecek şekilde tasarlanması hedeflenmektedir (URL-6).

Karbon Nötr Şehirler Kapsamında İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planı 2050 Yol Haritası

C40 üyesi olan İstanbul Büyükşehir Belediyesi 2019 yılında imzaladığı Deadline 2020 sözleşmesiyle 2050 yılında karbon nötr kent olma sözünü vermiş ve iklim değışikliğine dirençli kent olma hedefini ortaya koymuştur. Hazırlanan eylem planı İstanbul'un iklim değışikliğinde yol haritası olup, orta vadede sera gazı emisyonlarını azaltmayı hedefleyerek İstanbul'un karbon emisyonununun 2030 yılında 2019 yılına oranla %52,2 azaltması hedefi bulunmaktadır (URL-7).

Eylem planı içerisinde İstanbul kenti için yapılmış bir dizi iklim değışikliği senaryoları yer almaktadır. Bunlar içerisinde geçmiş-gelecek iklim tehlikeleri, kentsel ısı adası (aşırı ısınma ve sıcaklık), deniz seviyesinin yükselmesi, hava kalitesindeki değışim, enerji kaynaklı karbon emisyonları başlıklarına yer verilmiştir. Bu doğrultuda uzun ve orta vadede bazı uygulama hedefleri belirlenmiştir. Bu hedefler; yapı ölçeğinde, yeni binalara geçiş sürecini ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını desteklemektedir. Ulaşım açısından toplu taşımaya geçiş, elektrikli araçların kullanımının artırılması, bisiklet kullanımının yaygınlaştırılması ulaşım hedeflerindedir. Atık açısından düzenli depolama, kağıt atık dönüşümü, çöp gazı yakalamayı artırma atık hedefleri içerisinde yer almaktadır. Su kaybının azaltılması ve atık suyun geri dönüştürülmesi diğer hedefleri arasında yer almaktadır. Karbon nötr kentlerin uyum stratejileri başlığı altında ise kent-kır sıcaklık farkının azaltılması, kent içindeki su mevcudiyetinin artırılması, deniz seviyesinin yükselmesi ve aşırı yağış sebebiyle kıyı kesimleri ve yoğun kentsel alanların yağmur suyunu yakalama ve doğal önlemlerle taşkın riskini azaltma stratejileri yer almaktadır (URL-7).

2.5 Araştırma Konusuyla İlgili Daha Önce Yapılmış Çalışmalar

Cui ve ark.(2018), 1994–2016 Landsat Görüntü Verilerini Kullanarak Yangtze Nehri Deltası Kentsel Aglomerasyonu için Arazi Kullanımı Karbon Emisyonları Tahmini adlı çalışmada önceki çalışmalardan elde edilen arazi kullanımına özgü karbon emisyon katsayıları kullanılarak 26 Doğu Çin şehriden oluşan Yangtze nehri deltası kentsel aglomerasyonunun arazi kullanımı karbon emisyonları ve karbon yoğunlukları tahmin etmek amacıyla yapılmıştır. 1995, 2005 ve 2015'te Landsat görüntü verileri ve sosyo-ekonomik istatistikler çalışmada kullanılmıştır. Arazi kullanımından kaynaklı karbon emisyonlarının tahmininde CO₂ kütlesinin C kütlesine oranının arazi alanına ve önceki çalışmalardan elde edilmiş farklı arazi kullanım türleri için belirlenmiş katsayının çarpımı yöntemiyle belirlenmiştir. Aynı biçimde enerji tüketiminden kaynaklı karbon emisyonlarının hesaplanması için yakıt tüketim miktarının karbon emisyon katsayısı ve CO₂ kütlesinin C kütlesine oranıyla çarpılması sonucunda elde edilmiştir. Çalışma sonucunda kentsel arazilerden kaynaklanan toplam karbon emisyonları ve birim karbon emisyonları yirmi yılda hızla artmıştır. Bu nedenle, karbon emisyonunun azaltılması, kentsel araziden kaynaklanan karbon emisyonlarının kontrolüne odaklanılmasına yönelik öneriler geliştirilmiştir.

Fang ve ark.(2007), 1981–2000 Çin'de Karasal Bitki Örtüsü Karbon Yutakları, adlı çalışmada Orman envanteri, otlak kaynakları, tarım istatistikleri, iklim ve uydu verileri gibi Çin'in yer gözlemlerini kullanarak, 1981 ve 2000 yılları arasında Çin'in başlıca biyomları için karasal bitki örtüsü karbon yutaklarını tahmin etmek amaçlı yapılmıştır. Bu çalışmada, Çin'deki mevcut ve önceki çalışmalarda geliştirilen yöntemler ile güncellenmiş orman ve otlak kaynak envanteri verileri ve dünyada son zamanlarda yayınlanan yeni bilgiler kullanılarak, Çin'in başlıca karasal toprakları için biyokütle karbon yutaklarının tahmininde 1981'den 2000'e kadar ormanlar, çalılar, otlaklar ve ekili alanlar dâhil edilerek Çin'in tüm ekosistemi (bitki örtüsü ve toprak) için karbon yutaklarının büyüklüğü tartışılmaktadır. Çalışmada Orman kaynak envanteri verileri, ulusal veya bölgesel ölçekte orman biyokütlesini tahmin etmek amacıyla, Yeşil alan için yıllık NDVImax'tan otlak biyokütle karbon yoğunluğunun tahmini için istatistiksel bir model geliştirmek için kullanılmıştır. Çalı grubu için tüm bitki türleri için bitki örtüsü üretkenliği (net birincil verimlilik, NPP) ile karbon yutağı arasında ilişki kurulmuştur. Çalışma sonucunda orman karbon yutaklarının büyüklüğü farklı dönemlerde büyük ölçüde değişiklik göstermiştir ve Çin'deki karasal ekosistemlerin karbon tutmasının önerileri olarak, ağaçlandırmanın arttırılması, doğal orman koruma, su ve toprak koruma, etkin arazi kullanımı ve arazi yönetimi gibi stratejilere yer verilmiştir.

NPP: Bir ekosistemin net birincil üretimi (NPP), belirli bir zaman aralığında bitki örtüsünün net karbon kazanım oranı veya karbon miktarı olarak tanımlanabilir. Enerji açısından birincil üretim, küresel karbon döngüsünün itici adımıdır. Bitkiler tarafından alınan karbonun yaklaşık yarısı, bitkilerin solunumu sırasında atmosfere geri döndürülür ve NPP olarak bilinen geri kalanı, bitki maddesine dahil edilir. Bu nedenle, karasal ekosistemler küresel karbon bütçesinde önemli bir rol oynamaktadır(Ni, 2000).

$$NPP = GPP - R$$

GPP:Brüt birincil üretim(Üreticiler tarafından solunum sonrası kalan enerji veya biyokütlenin ölçüsü)

R:Solunum kayıpları

Zhao ve ark.(2015), Bölgesel Arazi Kullanımının Karbon Emisyonu ve Ayrışma Analizi Nanjing Şehri, Çin Vaka Çalışması adlı çalışma arazi kullanım türleri ve karbon emisyon ögeleri arasındaki eşleştirme ilişkisi aracılığıyla, Çin'in Nanjing Şehrindeki farklı arazi kullanım türlerinin karbon emisyonlarını tahmin etmiş ve Logaritmik Ortalama Bölünme İndeksi modeliyle karbon emisyonlarını etkileyen faktörleri analiz etmek amacıyla ortaya konmuştur. Karbon emisyonu tahmininde enerji tüketiminden kaynaklı, tarımsal faaliyetlerden kaynaklı, solunum yolu kaynaklı, katı atıklardan kaynaklı ve farklı arazi kullanım türleri için karbon emisyonları hesaplanmıştır. Arazi kullanımının karbon emisyon yoğunluğu, belirli arazi kullanım tipinde antropojenik faaliyetlerden kaynaklanan karbon emisyonlarının yoğunluğunu ölçmek için kullanılan birim arazi alanı başına karbon emisyonu şeklinde tanımlanarak arazi kullanım alanının arazi kullanım karbon emisyonuna oranıyla sonuca varılmıştır. Çalışma sonucunda genel olarak, Nanjing Şehri'nin ortalama antropojenik karbon emisyon yoğunluğu, 2000-2009 döneminde yaklaşık %150'lik bir artış oranıyla yükseldiğini bu da arazi kullanım faaliyetlerinin çevresel etkisinin artmakta olduğunu göstermiştir. Stratejiler olarak enerji inovasyonu ve endüstriyel yapı düzenlemesi, gelecekteki düşük karbonlu kalkınma için önemli oluşu, endüstriyel yapının ayarlanması, karbon emisyon yoğunluğunu azaltacak ve temel olarak uzun vadede Nanjing'in düşük karbon geçişine öncülük edecek olması, Yeşil alanların artırılması doğal süreçlerde karbon tutma yoluyla karbon emisyonlarını dengeleyip ekolojik korumanın güçlendirilmesi ve üretken arazilerin karbon sabitleme verimliliğinin artırılması yalnızca yeşil bir yaşam ortamı yaratmakla kalmayacak, aynı zamanda insan enerji tüketiminin bölgesel karbon emisyonunu ve yoğunluğunu da etkin bir şekilde azaltacaktır biçiminde çıktılarına yer vermiştir.

Tian ve ark.(2021), 1992-2015 döneminde arazi kullanımından kaynaklanan karbon emisyonlarının küresel kalıpları ve değişiklikleri adlı çalışma karbon döngüsündeki arazi kullanımı değişikliğinin temel rolünü ve GSYİH ile karbon emisyonları arasındaki koordineli gelişimin önemini vurgulamak amacıyla ortaya konmuştur. 1992'den 2015'e kadar arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişimi verileri temelinde farklı aşamalarda küresel çevre arazi kullanım kontrolünü tahmin etmek için IPCC tarafından önerilen yöntemi kullanıp ve değişikliklerini farklı mekansal-zamansal ölçeklerde analiz etmiştir. Çalışmanın hedefi küresel karasal karbon döngüsünün daha iyi anlaşılması için teorik ve bilimsel temeller sağlamak ve küresel ısınma sorununu çözmek için çalışmaktır. Çalışmanın yönteminde şu adımlar izlenmiştir: ilk olarak, Arazi örtüsü/kullanımındaki dinamik değişiklikler mekansal analiz yoluyla elde edilmiştir. İkinci olarak, farklı arazi kullanım türlerinin biyokütle karbon yoğunluğu verilerini elde etmek için çakıştırma analizi biyokütle karbon haritası ve Arazi örtüsü/kullanımı verileri elde edilip ardından bitki örtüsü depolamasındaki değişikliği elde etmek için kullanılmıştır. Üçüncüsü, toprak profili verileri ve Arazi örtüsü/kullanımı verilerine dayanarak, farklı arazi kullanım türlerinde farklı toprak türlerinin organik karbon yoğunluğu elde edilmiş ve ardından toprak organik karbon depolamasının (SOC) değişimi hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda Arazi örtüsü/kullanımı değişikliği ve Arazi örtüsü/kullanımı değişikliğinin neden olduğu karbon emisyonları saptanmıştır. Bu doğrultuda artan karbon depolamasının başlıca nedeni ekili araziler ve otlaklardaki değişiklikler iken, azalan karbon depolaması esas olarak orman karbon depolamasındaki değişiklikler olmuştur.

Situmorang ve ark.(2016),” Endonezya'nın Aceh eyaletinin Lembah Seulawah alt bölgesi üretim ormanında EVI ve NDVI vejetasyon endeksi kullanılarak Karbon Stoğu Stantlarının Tahmini” adlı çalışmada Endonezya'nın Aceh Eyaleti, Lembah Seulawah alt bölgesindeki orman meşcerelerinin karbon stoklarını tahmin etmek için bitki örtüsü indekslerinin dağılımını belirlemeyi amaçlamaktadır. Araştırma alanı için Landsat 8 uydu verilerinden yararlanılarak indeks dağılım değerlerini karşılaştırmak için hem NDVI hem de EVI indeks denklemi kullanılmıştır. EVI değerine dayalı toplam karbon stokunun tahmini için;Lembah Seulawah ilçesinin üretim ormanında EVI kullanan Karbon Stoku, 0.83'e eşit bir belirleme katsayısı (R2) ile regresyon analizi denklemi $y = 151.7x - 39.76$ kullanılarak hesaplanmıştır (Y karbon stok toplamı ve X EVI değeridir).NDVI kullanılarak Karbon Stok Değeri, $y=204.3x - 102.1$ regresyon analizi denklemi kullanılarak, 0.728'e eşit olan belirleme katsayısı (R2) ile hesaplanmıştır.Çalışma sonucunda EVI ile karbon stoğu arasındaki korelasyon ve NDVI ile karbon stoğu arasındaki korelasyon önemli ölçüde farklılık göstermediği ortaya konmuştur.

NDVI(Normalleştirilmiş Fark Vejetasyon indeksi) hesabı şu şekilde yapılmaktadır:

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

NIR: Kızılötesi band

Red: Kırmızı band

Hallsworth ve ark.(2011), Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık Sektörü için Karbon Emisyonları ve Uzaklaştırmalarının Haritalanması adlı çalışmada Birleşik krallık için Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık için IPCC Uygulama Kılavuzu baz alınarak, sera gazlarının emisyonlarının saptanması ve uzaklaştırılmasının raporlanması amaçlanmıştır. Bu raporlama formatı kara bazlı olarak görülse de; ülkedeki tüm arazilerin önceki bir araştırmadan bu yana altı sınıftan birinde kaldığı veya o dönemde farklı (tanımlanmış) bir sınıfa geçtiği belirtilmektedir. Altı arazi sınıfı; Orman Arazisi, Ekin Arazi, Otlak, Sulak Alan, Yerleşimler ve Diğer arazi grubu (B) ve Çayır ve Her arazi kullanımı ve arazi kullanımı geçişi için, canlı biyokütle (yer altı ve üstü), ölü biyokütle ve toprak organik maddesindeki karbon stoklarındaki değişimi rapor edilmektedir. Çalışmada orman dışı biyokütle, ormansızlaşma, bataklık ekstraksiyonun dan kaynaklanan karbon emisyonlarının saptanmasına yönelik haritalar oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda ayrı ayrı oluşturulmuş karbon emisyon haritaları karşılaştırılarak tek tip harita oluşturulmuştur. Birleşik krallık için riskli karbon üretkenliği olan alanlar haritalandırılmıştır ve öneriler geliştirilmiştir.

Kollányi ve ark.(2019), “NDVI ve LAI Göstergelerine Dayalı Mekânsal ve Yerleşim Planlaması için Yeşillik Göstergesi” adlı çalışmada Macaristan/Budapeşte’de farklı arazi kullanımlarının yeşil kapsamı ve biyokütle ile iyi bir korelasyona sahip olan, mekânsal ve yerleşim planlaması için kullanımı kolay, bir gösterge geliştirmek; ve arazi kullanım değişikliklerinin ekolojik değerini izlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Metodolojinin yol gösterici ilkesi, uzaktan algılanan görüntülerden biyokütle göstergeleri (NDVI, LAI) oluşturmak ve ardından bu gösterge değerlerini mekânsal planlama ve yerleşim planlama türleri ve düzenleyici bölgelere göre toplamaktır. Biyokütle’nin belirlenmesi için yaygın olarak kullanılan iki gösterge kullanılmıştır: Normalleştirilmiş bitki örtüsü indeksi (NDVI) ve yaprak alanı indeksi (LAI). Bu nedenle araştırma aşağıdaki adımlardan ve aşamalardan oluşmuştur:

1. Vejetasyon dönemi için bir kümülatif normalleştirilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI) ve bir yaprak alan indeksi (LAI) haritasının oluşturulması;

2. Alan başına arazi kullanımı ve ortalama NDVI ve LAI değerlerinin sayımı;
3. Yeşillik Göstergesi değerinin belirlenmesi.

Araştırma, Copernicus Dünya Gözlem Programı çerçevesinde yapılan Sentinel-2A uydu multispektral uzaktan algılama görüntülerinin mevcudiyetine dayanmaktadır. Analiz için vejetasyon döneminin (04/03/2017, 07/17/2017, 09/20/2017) üç farklı zamanına ait görüntülerin ortalaması hesaplanmıştır. NDVI ve LAI değerleri hesaplandıktan sonra haritalar normalize edilmiş ve her iki durumda da 1-100 aralığına dönüştürülmüştür. Değerler, 1 ile 100 aralığında belirli bir tür veya bölge için ortalama biyokütle değerini temsil eder. Bu ortalama biyokütle değerine Yeşillik Göstergesi (GRI) adı verilir. GRI değeri, arazi büyüklükleri, arazi kullanım tipleri veya bölge tipleri dikkate alınarak betonarme parsellerde, kentsel mahallelerde, belediyelerde veya peyzaj bölgelerindeki yeşillik miktarının hesaplanması için zaten uygundur. Yapılan analizde ormanlık alanlar 74-100 puanla en yüksek kategoriye girmiştir. Yerleşim planlarında mera alanları ayrı kategoriler (bölgeler) olarak yer almamakta, bu nedenle ülke düzeyinde analiz kategorileri 56-66 aralığındadır. Meyve bahçeleri ve üzüm bağları da sadece ulusal analize dahil edilmiştir, değerleri 61 civarındadır. Ekilebilir arazi durumunda, ülke düzeyinde 43 puan değerini almıştır. Trafik alanları genellikle düşük değerlidir. GRI'nin hesaplanması, bir şehirdeki yeşil altyapı hacminin daha doğru bir şekilde hesaplanmasına yardımcı olabilir ve AB Biyolojik Çeşitliliğinin yüzde 15'lik rehabilitasyon gereksinimine ulaşılmasına yardımcı olabilir. GRI, yeşil altyapı planlamasında yeşil sermayenin ölçülmesine ve korunmasına yardımcı olabilir. Diğer yeşil yüzey değerlendirme yöntemleriyle (ör. erişilebilirlik; Angst1, kullanım yoğunluğu veya bakım düzeyi) birleştirildiğinde, elde edilen değerler karmaşık bir ekosistem hizmet göstergesi geliştirmek için kullanılabilir.

LAI(Yaprak Alanı İndeksi) hesabı şu şekilde yapılmaktadır.

$$LAI = - \frac{\ln\left(\frac{0.69 - SAVI}{0.59}\right)}{0.91}$$

SAVI: Toprak ayarlı vejetasyon indeksi

Andalibi ve ark.(2021), “İran, Erdebil Eyaleti Ekolojik Bölgelerinde Yaprak Alanı İndeksi Varyasyonları” adlı çalışma ile mekansal-zamansal değişiklikleri, yarı kurak bir iklimin kritik ekolojik bölgesinde yer alan bir dizi farklı bitki topluluğu olan Erdebil eyaletini konu almıştır. Erdebil İli'nin çeşitli ekolojik bölgelerinde LAI'yi analiz etmek için farklı uzaktan algılama

endekslerinin uygulanabilirliğini incelemek, çalışma alanlarının büyüme koşullarına göre iki aylık (Haziran ve Temmuz 2020) LAI değerlerini karşılaştırmak, LP 100 modern ekipmanı kullanılarak uzaktan algılama endekslerinden elde edilen LAI'nin doğruluğunu değerlendirmek bu çalışmanın hedefleridir.Çalışmada LAI tahmini için sadece iki aylık, Haziran ve Temmuz'a (Bulutluluk genellikle yaz aylarında daha az olmasından ötürü) ait görüntü verileri seçilmiştir.Erdebil ilinin tüm alanlarını kapsayan 22 radyometrik ve atmosferik olarak düzeltilmiş Landsat 8 uydu görüntüsü kullanılmıştır. LAI'yi hesaplamak için ENVI 5.3 yazılımından yararlanılmıştır. Çalışma sonucunda bitki örtüsü endeksleri ve bunların çıkarılan LAI'leri açısından, Erdebil ili genelinde mekansal ve zamansal farklılıkları doğrulandı, Mekansal ve zamansal ölçeklerde vejetasyon indeksleri ve LAI'ler için benzer eğilimler bulundu ve uzaktan algılama verilerinin, Erdebil ilinin ekolojik bölgelerinin LAI tahminine uygulanabilirliğini doğrulamıştır.Bu çalışma, Erdebil ilinin kritik ekolojik bölgelerinde farklı bitki örtüsü endeksleri ve tahmin araçları kullanarak LAI'yi ölçmek için yapılan İran'da yapılan ilk çalışma olduğundan, ortaya çıkan bulgular, yerel, bölgesel, ulusal ve uluslararası düzeylerde arazi planlaması ve politika oluşturması yönüyle önem taşımaktadır.

Querin ve ark.(2016), “Brezilya Amazon Ormanının Güneybatısındaki Uzaysal-Zamansal NDVI, LAI, Albedo ve Yüzey Sıcaklığı Dinamikleri” adlı çalışmada Amazon Yağmur Ormanlarının, çevresel değişkenlerine sebep olan kontrolsüz sömürünün(Orman alanının tarım alanına dönüştürülmesi ve beşeri unsurlar) normalleştirilmiş farklılık bitki örtüsü indeksi (NDVI), yaprak alanı indeksi (LAI) ve yüzey albedo'sunun uzay-zamansal dinamiklerini ve ormansızlaştırılmış alanlardaki sıcaklığı analiz etmek amacıyla ortaya konulmuştur. Çalışmada Landsat 5 TM (Thematic Mapper) yüzey yansımaları ve parlaklık sıcaklık görüntüleri(1984-2011), doğrudan U.S Geological Survey web sitesinden indirilip, Landsat yüzey yansımaları görüntüsü, radyometrik düzeltme, atmosferik düzeltme, sistematik geometrik düzeltmeden geçirilmiştir.Çalışma sonucunda Ormanların otlaklara dönüştürülmesi, NDVI'da %69 ve LAI'de %110'luk bir düşüşe ve albedo ve yüzey sıcaklığında sırasıyla %59 ve %24'lük bir artışa neden olduğu ortaya konulmuştur.

3.MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Veri ve Veri Kaynakları

Çalışma kapsamında 2000-2020 yıllarına ait Landsat uydu görüntüleri, Sayısal yükseklik modeli, İstanbul ili idari ve mahalle sınırları, Nüfus verileri ve Vejetasyon indeksleri materyal olarak kullanılmıştır.

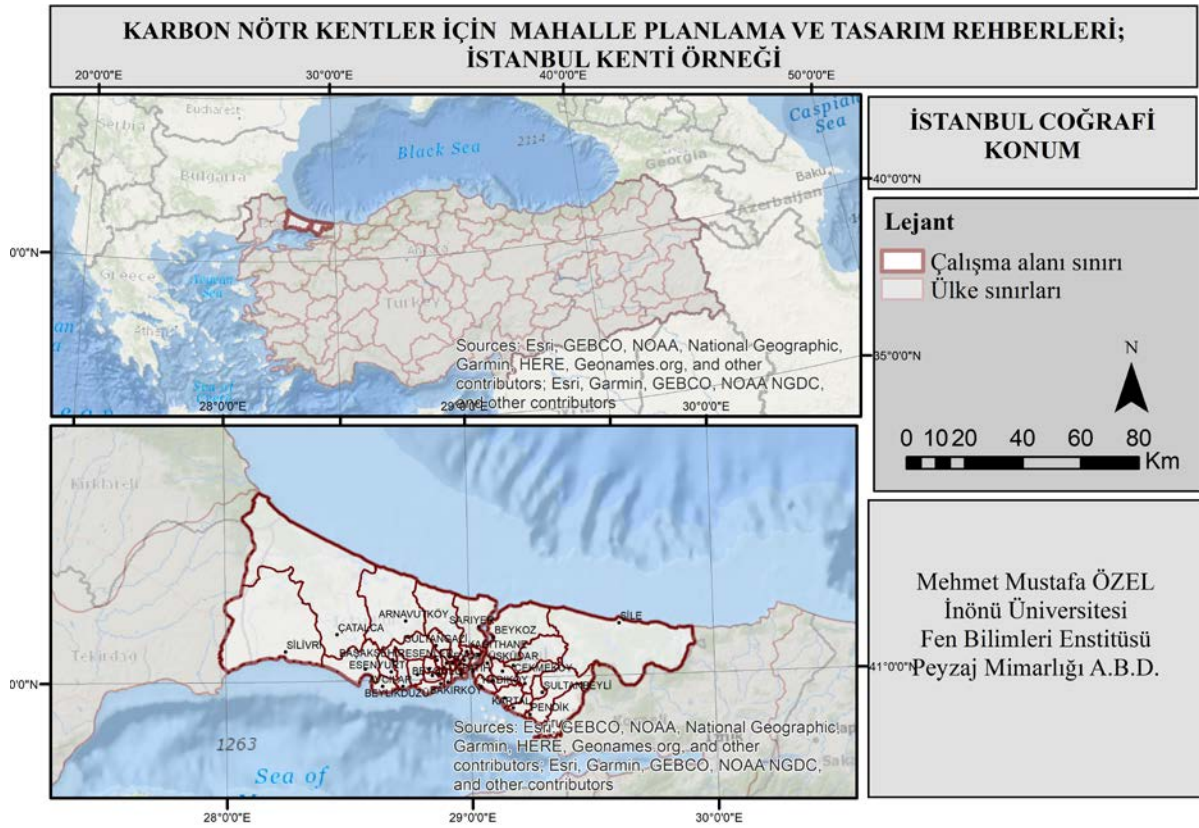
Çizelge 3.1: Çalışma için kullanılan veri ve kaynakları

VERİ	KAYNAK
İDARİ VE MAHALLE SINIRLARI	Open Street Map
2000-2020 YILLARINA AİT 30*30 ÇÖZÜNÜRLÜĞÜNDE LANDSAT UYDU GÖRÜNTÜLERİ	USGS
2000-2020 YILLARINA AİT 500 ÇÖZÜNÜRLÜĞÜNDE MODİS UYDU GÖRÜNTÜLERİ	USGS
ASTER Level 1A-SAYISAL YÜKSEKLİK MODELİ	USGS
NÜFUS VERİLERİ	Türkiye İstatistik Kurumu
VEJETASYON İNDEKSLERİ	USGS

3.1.2 Çalışma Alanı

İstanbul, Türkiye'nin kuzeybatısında, Marmara bölgesi'nin kuzeydoğusunda 280 01' ve 290 55' doğu boylamları ile 410 33' ve 400 28' kuzey enlemlerinde yer almaktadır. Batısında Tekirdağ ve Kırklareli, Doğusunda Kocaeli, Kuzeyinde Karadeniz ve Güneyinde Marmara Denizi etrafını çevrelemektedir. Avrupa ve Asya olmak üzere iki yakadan oluşan kent 5460 km² yüz ölçümüne sahiptir.

İstanbul'un 25'i Avrupa yakasında, 14'ü Anadolu yakasında yer alan 39 ilçesi bulunmaktadır. Bunlar; 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, Şişli, Tuzla, Ümraniye, Üsküdar, Maltepe, Pendik, Sancaktepe, Sarıyer, Silivri, Sultanbeyli, Sultangazi, Şile ve Zeytinburnu ilçeleridir.



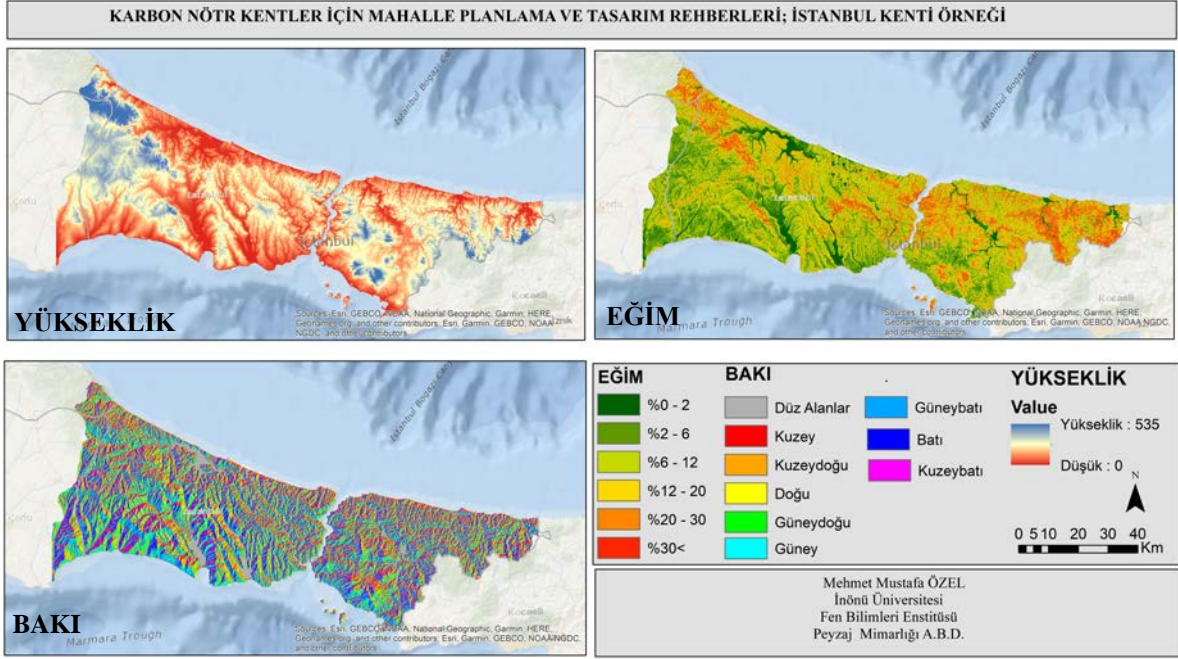
Şekil 3. 1 :İstanbul coğrafi konumu

Topoğrafik Yapı:

İstanbul'un eğim durumunu ifade etmek için oluşturulan eğim haritasında 6 sınıf yer almaktadır. Bunlar; Düz alanlar (%0-2), Hafif eğimli alanlar (%2-6), %6-12 (Az eğimli alanlar), %12-20 (Çok eğimli alanlar) ve %30 < (Sarp alanlar) olarak sınıflandırılmıştır. Bu çerçevede İstanbul ilinde az eğimli alanların daha ön planda olduğu görülüp, sarp alanlar ise sınıflandırma kapsamında en az derecede yer almaktadır (Şekil 3.2).

İstanbul'un bakı durumunu tespit etmek amacıyla üretilen bakı haritasıyla kentin %14,1 lik bölümünün batı bakarlı olduğu görülmektedir (Şekil 3.2).

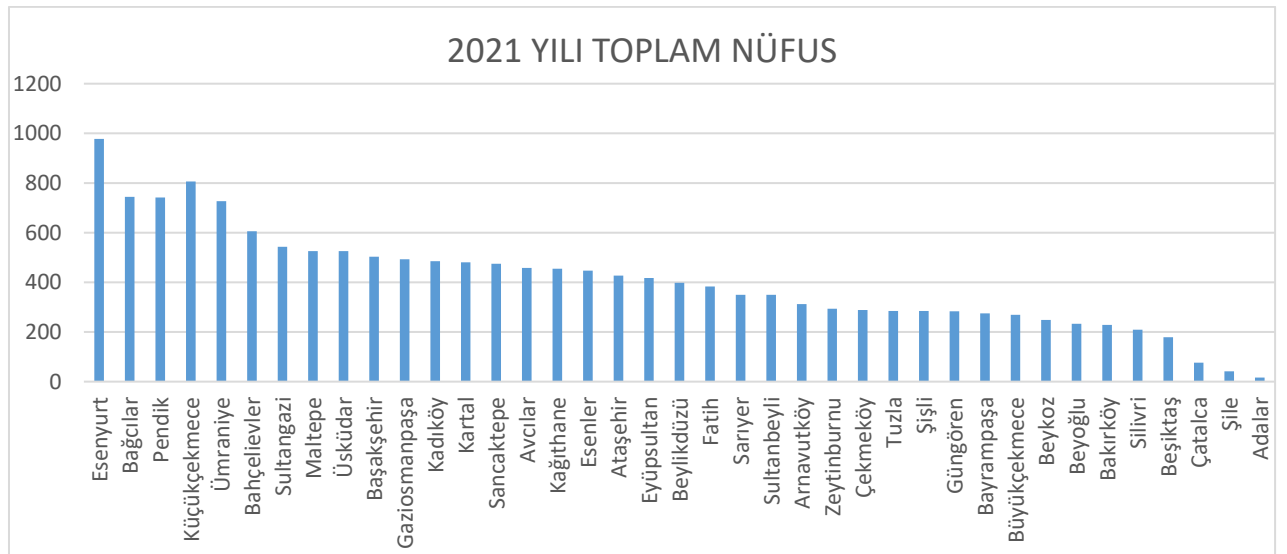
İstanbul için üretilen yükseklik haritasıyla kentin en yüksek alanının 535 m rakımda yer aldığı görülmektedir (Şekil 3.2).



Şekil 3. 2 :İstanbul topoğrafik durum

Nüfus Verileri

Türkiye'nin en kalabalık şehri olan İstanbul kentinin 2021 yılı itibariyle toplam nüfusu 15.840.900 kişidir (TÜİK,2022). 39 ilçeden oluşan kentte en fazla nüfusa sahip olan ilçe Esenyurt iken en az nüfusa sahip ilçe ise Adalar'dır.

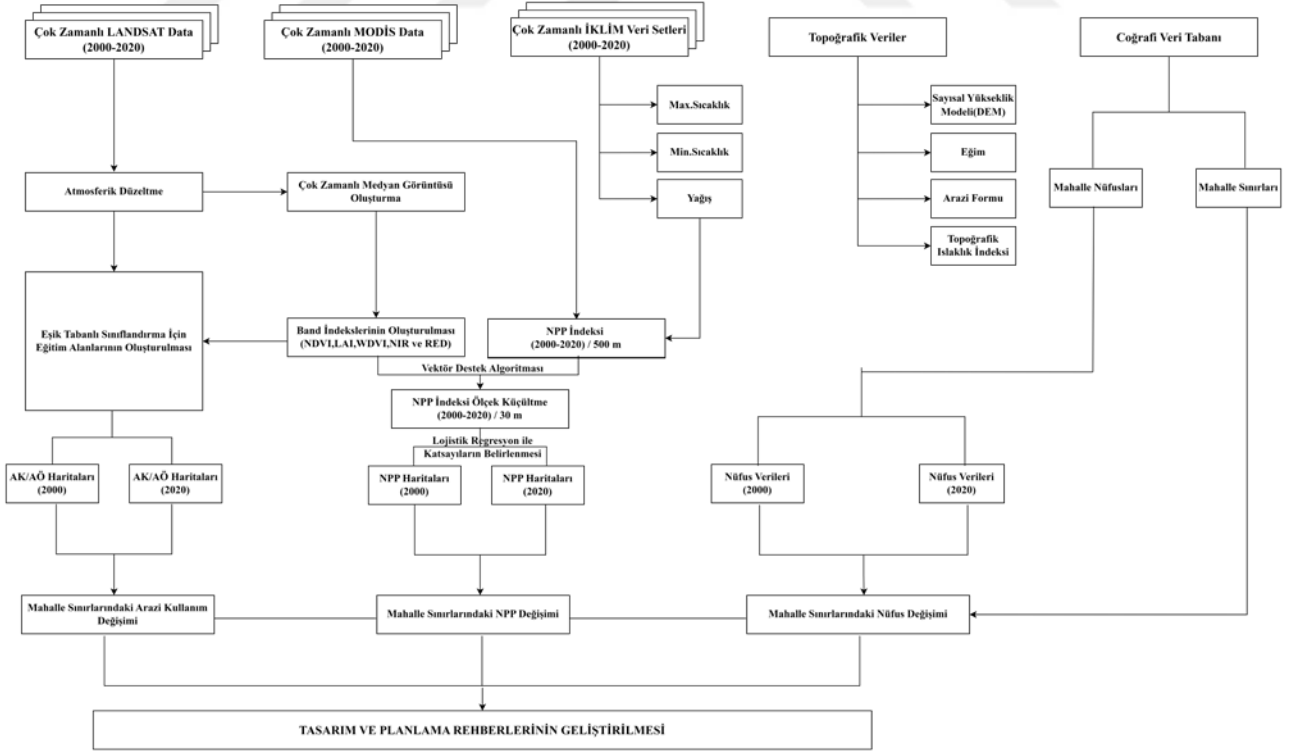


Şekil 3. 3 :2021 yılı İstanbul İlçe nüfusları

3.2 Yöntem

İstanbul kentinin karbon miktarının ortaya konması ve karbon biriktiren, risk oluşturan alanlarda yeşil altyapı stratejileri kapsamında iklime dirençli, uyum sağlayabilen ve sürdürülebilir kent modelinin oluşturulmasını amaçlayan araştırmanın yöntemi birbirini takip eden 5 analitik aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar şu şekilde sıralanmaktadır:

- Uydu görüntülerinin sınıflandırılması ve Arazi Kullanımı/Örtüsü haritalarının oluşturulması
- Modis Net Birincil Üretim (NPP) verisi için ölçek küçültme işlemlerinin yapılması
- Lojistik regresyon model kullanılarak, potansiyel Net Birincil Üretim haritalarının oluşturulması için katsayıların belirlenmesi
- Önceki aşamalarda elde edilen 2000-2020 yılları arasında kapsayan AK/AÖ ve NPP verileri mahalle sınırları ve ilgili yıla ait nüfus verileriyle ilişkilendirilerek Net Birincil Üretim(NPP) değişiminin en yüksek olduğu, orta seviyede ve en düşük seviyede olan toplam 9 mahalle belirlenmiştir.
- Bir önceki aşamada belirlenen mahallelere ilişkin tasarım ve planlama stratejileri geliştirilmiştir.



Şekil 3. 4 :Yöntem akış şeması

3.2.1 Uydu görüntülerinin sınıflandırılması ve Arazi örtüsü/kullanım haritalarının oluşturulması

Arazi örtüsü/ kullanımını belirlenmesinde her yılın iki farklı mevsimini içerisine alan bulutluluk oranının %10'nun altında olan Landsat 5 TM (2000) ve Landsat 8 OLI (2020) uydu görüntüleri kullanılmıştır.

Uydu görüntülerinin Kategorilendirilmesi

Uydu görüntülerini belirlemede iki dönem (2000- 2020) ele alınmıştır. Uydu görüntülerinin sınıflandırılması; görüntü ön işleme, görüntünün nesne tabanlı sınıflandırılması ve sınıflandırma doğruluk analizinden meydana gelmektedir.

1. Uydu görüntüleri ön işlemleri

Radyometrik düzeltme ve atmosferik düzeltmeden meydana gelmektedir.

Geometrik düzeltme;

Geometrik düzeltmenin amacı dünyanın dönmesinden ve uydunun hareketli yapısından dolayı oluşan geometrik hataların önüne geçmek için yapılan düzeltmelerdir. Geometrik düzeltme yapılmayan görüntülerde apsis(x) ve ordinat(y) üzerinde kaymalar olacağından doğru konum bilgisi vermeyebilir. YKN (Yer kontrol noktaları) bu aşamada kullanılmaktadır. Bu noktalar başka bir GPS ve coğrafi referansları belirlenmiş başka bir haritayla kıyaslanarak düzeltilebilir. Yer Kontrol Noktası arttıkça geometrik bozulmalar azalır. Çalışmada USGS(Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırma Kurumu) uydu görüntüleri kullanıldığından tekrar bir geometrik düzeltmeye gerek duyulmamıştır (Cengiz,2019).

Radyometrik düzeltme;

Tematik haritalar elde edilmeden önce hata durumunu minimuma düşürmek için yapılmaktadır. Bunun temel amacı yeryüzünden yansıyan ışıklardan kaynaklı görüntü piksellerinde bozulmalar meydana gelmektedir bu bozulmaların önüne geçmek için radyometrik düzeltme gerekmektedir. Radyometrik düzeltme tabanında atmosferik düzeltme yapılmıştır. Bu uygulama yapılırken FLAASH model kullanılmıştır (Cengiz,2019).

FLAASH model eşitliği;

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

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

P : Pikselin yüzeydeki yansımaları

P_e : Piksel ve çevreleyen bir bölge için yüzey yansımaları ortalaması

S : Atmosferin küresel yansıtılabilirliği

L_a : Atmosfer tarafından geri saçılan parlaklık

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

Atmosferik düzeltme işleminden sonra ortaya çıkarılan görüntü 0-10000 aralığı haricindeki değerler “band math” aracı ile maskelenmiştir. Yeniden düzenlenmiş olan görüntü her bant için 0-1 arasında değer alacak biçimde düzenlenmiştir.

$$(B1 \leq 0) * 0 + (B1 \geq 10000) * 1 + (B1 > 0 \text{ and } B1 < 10000) * \text{float}(b1)/10000$$

Eşitlik üzerindeki $B1$ görüntüye ait bantları temsil etmektedir.

2000 ve 2020 yıllarına ait görüntülerin atmosferik ve radyometrik düzeltmeleri yapıldıktan sonra her bir yıl için ayrı mozaiklenmiştir. Bu işlemden sonra kesme aracı ile çalışma alanı sınırına göre kesilmiştir. Aynı yılın farklı aylarının görüntülerine katman istifleme yapılmıştır. Gerçekleştirilen işlemler sonucunda bant sayısı artırılmıştır (Cengiz, 2019).

2. Uydu görüntülerinin sınıflandırılması

Piksellerin yansıtma değerine göre yeryüzünde geldiği sınıfa atanması işlemi uydu görüntülerinin sınıflandırılması olarak ifade edilmektedir (Cengiz, 2019). Bu çalışmada eşik temelli nesne tabanlı sınıflandırma gerçekleştirilerek tek düzeyde kategorize edilmiştir.

Çizelge 3.2: Arazi kullanımı/örtüsü sınıfları

	Arazi Sınıflandırması
1	Yapay Yüzeyler
2	Kent İçi Açık ve Yeşil Alanlar
3	Tarım Alanları
4	Ormanlık Alanlar
5	Doğal Alanlar ve Yarı Doğal Alanlar
6	Su Yüzeyleri ve Islak Alanlar

Eşik temelli nesne tabanlı sınıflandırma;

- I. Segmentasyon aşaması
- II. İndekslerin hesaplanması
- III. Eşiklerin belirlenmesi
- IV. Doğruluk analizi

aşamalarından oluşmaktadır.

Segmentasyon aşaması:

Nesne tabanlı sınıflandırmanın ilk aşamasıdır.Segmentasyon işlemi görüntünün piksel ve nesne tabanlı olarak parçalanmasıdır.Bu işlem aynı kategorideki nesnelere oluşturmak ve birleştirmek için farklı parametreler kullanılmaktadır.

Satranç tahtası segmentasyonu(chessboard);Bu segmentasyon algoritması belirlenen değeri görüntüde eş segmentlere ayırır.Belirlenen değere göre karelere bölünmesini sağlar.Bu çalışmada kullanılan uydu görüntüleri 30x30 çözünürlüğünde olduğundan '1' değeri verilmiştir.'1' değerinin kullanımıyla bu değer 30x30 karşılık gelmektedir.

Dörtlü bölümlenme(Quadtree segmentation);Görüntü piksellerini ve nesnelere farklı boyutlarda dörtlü karelere bölme algoritmasıdır.

Çok çözünürlüklü segmentasyon(Multiresolution segmentation);Nesnelere veya pikselleri benzerliklerine göre kümeleyen algoritmadır.

Spektral fark algoritması (Spectral difference algorithm);Belirlenen eşitliklerle komşu nesnelere arasındaki eşitlik olma durumunda nesnelere birleştirilmesini sağlayan algoritmadır.

Band indekslerinin hesaplanması ve eşik değerlerinin saptanması:

Uydu görüntülerine ait bantların arasında matematiksel ve istatistiksel eşitlikler kullanılarak her arazi sınıfı için ayrı ayrı indeksler ve eşik değerleri hesaplanmıştır.

Çalışmada R yazılımından faydalanılarak her yıl için ayrı olarak NIR ve Red bantları arasındaki regresyon eşitliği %99 güvenilirlik oranıyla 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)
2002	1,09562	0,1022	$90^\circ - \tan^{-1}(a) = 42,3875$
2020	0,72595	0,13455	$90^\circ - \tan^{-1}(a) = 54,0223$

Vejetasyon indeksleri:

Çizelge 3.4 üzerinde verilen indeksler uydu görüntüleri üzerindeki vejetasyon alanlarının sınıflandırılması için kullanılmıştır. NDVI indeksi her yıla ait farklı mevsimleri içeren, yaz ve bahar mevsimleri için ortalama 0,3 eşliğinin üzerindeki alanlar alınmıştır ve vejetasyon ana kategorisinde sınıflandırılmıştır. Sınıflandırmada orman alanları 3,4 eşik değeri belirlenmiştir. Her bir yıl ve mevsimlerine göre yaklaşık MFI ve NDVI eşik değerleri belirlenmiştir.

Çizelge 3.4: Vejetasyon İndeksleri

VEJETASYON İNDEKSLERİ			
S.N O	İNDEKSLER	FORMÜL	TANIM
1	Mangrove Forest Index(MFI)(Düzeltilmiş Orman İndeksi)	$MFI = (((NIR - Red) / (NIR + Red)) - 0.01) / (NIR - a * Red) * (([NIR]_{max} - NIR) / (0.1 + Green))$	MFI $\geq 3,4$ olan bölgeler orman alanlarını belirtmektedir (Cengiz, 2019).
2	Normalized Difference Vegetation Index(NDVI) (Normalleştirilmiş Fark Vejetasyon İndeksi)	$NDVI = ((NIR - Red) / ((NIR + Red)))$	Vejetasyon kaplı alanları ve yoğunluğunu belirlemek için kullanılmıştır. Vejetasyon alanları NDVI $\geq 0,3$ aralığındadır.
3	Transformed Soil Adjusted Vegetation Index(TSAVI) (Dönüştürülmüş Toprak Ayarlanmış Vejetasyon İndeksi)	$TSAVI = ((a(NIR - aRed - b)) / ((aNIR + Red - ab) + X(a + a2)))$	Formüldeki X sabit sayıdır. Toprak parlaklık etkisini azaltan bitki örtüsü indeksidir.
4	Weighted Difference Vegetation Index(WDVI)(Ağırlıklandırılmış Vejetasyon Fark İndeksi)	$WDVI = NIR - a * Red$	Yüksek değerler vejetasyon alanlarını ifade etmektedir.

Su yüzeyleri indeksleri:

Su yüzeyleri indeksleri sınıflandırılırken üç indeks kullanılmıştır. Bunlar; Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi(NDWI), Otomatik Su Çıkarma İndeksi(AWEInsh) ve Değiştirilmiş Normalleştirilmiş Fark Su İndeksidir (MNDWI) (Çizelge 3.5).

Her yılın farklı mevsimlerine ait görüntüler MNDWI \geq 0 değeri alınarak su yüzeyleri ana kategorisinde sınıflandırılmıştır. Sonrasında bu ana kategori ile uzaklık(10 piksel) ve komşuluk(0,25) değişkenleri işlenerek -0.1 eşik değeri kullanılarak sınıflandırılmıştır. Son olarak NDVI \geq 0.3, AWEInsh \geq 0 ve NDWI \geq 0 indeksleriyle ıslak alan vejetasyonları ve su yüzeyi olmayan gölgelik alanlar sınıflandırılmıştır.

Çizelge 3.5:Su yüzeyleri indeksleri

SU YÜZEYLERİ İNDEKSLERİ			
S.NO	İNDEKSLER	FORMÜL	TANIM
1	Normalized Difference Water Index(NDWI)(Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi)	$NDWI = \frac{(Green - NIR)}{(Green + NIR)}$	Değerleri -1 ile 1 arasında olan NDWI bitki örtüsü içindeki nem miktarını belirler.
2	Automated Water Extraction Index(AWEInsh)(Otomatik Su Çıkarma İndeksi)	$AWEInsh = 4 * (Green - SWIR1) - (0.25 * NIR + 2.75 * SWIR2)$	Otomatik Su çıkarma indeksi su olan ve olmayan pikselleri belirler.
3	Modified Normalized Difference Water Index(MNDWI)(Değiştirilmiş Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi)	$MNDWI = \frac{(Green - SWIR1)}{(Green + SWIR1)}$	Su yüzeylerini ayırt etmede NDWI yeterli olmadığı için kullanılır.0 ile 1 değerleri arasındadır.

Yapay yüzey ve çıplak yüzey indeksleri:

Yapay yüzey ve çıplak yüzey indeksleri sınıflandırılırken iki indeks kullanılmıştır. Bunlar; Normalize Yanma Oranı (NBR) ve Çıplak Toprak İndeksidir (BI). Her yılın iki döneminde (Bahar ve Yaz) NBR \geq 0,1eşiğinden büyük alanlar yapay yüzey ve çıplak yüzey ana kategorisi olarak sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmanın ardından ana kategori içerisine yaklaşık olarak %20 oranında kuru tarım alanları karıştığından dolayı her yılın bahar dönemine NDVI \geq 0.3, TSAVI \geq 0.4 ve WdVI \geq 0.36 eşik ve indeksleri kullanılarak yapay yüzey ve çıplak yüzey alanları kategorisinden tarım alanları çıkartılmıştır. Daha sonra spektral farklarına göre yapay yüzey ve çıplak yüzey ana kategorisi tekrar ayrılmıştır. Destek Vektör Makinesi(SVM) algoritmasıyla şimdiye kadar kullanılan tüm indeksleri ve bantlar kullanılarak ayrılmıştır. Ana kategori içerisinde karayolu ağı satranç tahtası segmentasyon algoritması kullanılarak manuel olarak sınıflandırılmıştır. Tüm sınıflandırmalar sonucunda tek sınıflandırılmayan tek alanlar tarım

alanları olmuştur. Sınıflandırılan alanların dışındaki yüzeyler tarım alanı olarak ana kategoride yer sınıflandırılmıştır.

Çizelge 3.6:Yapay yüzey ve çıplak yüzey indeksi

YAPAY YÜZEY VE ÇIPLAK YÜZEY İNDEKSLERİ			
S.NO	İNDEKSLER	FORMÜL	TANIM
1	Normalized Burn Ratio(NBR)(Normalize Yanma Oranı)	$NBR = \frac{(NIR - SWIR2)}{(NIR + SWIR2)}$	Yanmış alanları ve yanma şiddetini belirlemeyi sağlayan banttır.
2	Bare Soil Index(BI)(Çıplak Toprak İndeksi)	$BI = \frac{((SWIR1 + Red) - (NIR + Blue))}{((SWIR1 + Red) + (NIR + Blue))} * 100 + 100$	Bitki örtüsünün az olduğu ve çıplak alanları parlaklık indeksine göre belirlemeye imkan sağlayan banttır.

Doğruluk analizi:

Çalışmada minimum doğruluk oranı %80 olarak saptanmıştır. Doğruluk analizi için KAPPA indeks sınıf bazında referans veriler (Google Earth üzerinden) ve hata matrisleri ve sınıflandırma sonuçları arasındaki ilişki incelenerek oluşturulmuştur.

Arazi Kullanım/örtüsü değişimindeki tespit analizleri

Arazi örtüsündeki değişim tespit analizi (Change detection) birbiri ardına gelen dönemler arasındaki arazi kullanım/örtüsü sınıflarındaki geçişler konusunda bilgiler veren matristir. Bu aşamada 2 ardışık dönem(2002-2011, 2011-2020) ve 1 genel arazi kullanım/örtüsü(2000-2020) kullanımı (1.Kentsel alanlar, 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. Analiz süreci birkaç alt aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada analizin yapılacağı dönemin başlangıç tarihine(t_{ilk}) ait arazi kullanım/örtüsü sınıflarının 10 sayısı ile çarpılması ve son olarak incelenen dönemin son tarihine (t_{son}) ait arazi kullanım/örtüsü haritası ile toplanarak sonuca ulaşılır. Değişim haritaları 11 ile 66 arasında değerler almaktadır. Değişim haritasının değeri 11 ise dönemin başlangıç tarihinde(t_{ilk}) de bitiş tarihinde(t_{son}) de değişimin olmadığı yapay yüzey olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Sonuç olarak 11, 22, 33, 44, 55, 66 değerlerinde arazi kullanım/örtüsü değişimi söz konusu değildir.

3.2.2 Modis Net Birincil Üretim Verisi için Ölçek Küçültme(Downscaling) İşlemlerinin Yapılması

Geçmiş ve gelecek dönem iklim verileri hem çalışma ölçeğinden hemde farklı ölçeklerde hazırlandıkları için araştırmanın doğruluğunun yüksek olması amacıyla ölçek küçültme işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Landsat verilerinden elde edilen Arazi örtüsü/kullanım haritaları 30x30 m çözünürlüğüne sahip olduğu için çalışmada da 30x30 çözünürlüğü kullanılmıştır.

1 pikselinin 500 m olduğu Modis verisinin 30 m çözünürlüğünde ölçek küçültme işleminde R studio yazılımı ile uyumlu machisplin algoritmasından yararlanılmıştır. Temelde bu algoritma sayısal yükseklik modeli, iklim verileri, TWI (topoğrafik ıslaklık indeksi), eğim, bakı ve arazi formu gibi verilerin ölçek küçültme işleminde kullanılır.

3.2.3 Lojistik Regresyon Model kullanılarak Potansiyel Net Birincil Üretim Haritalarının Oluşturulması İçin Katsayıların Belirlenmesi

Lojistik regresyon, çeşitli açıklayıcı değişkenlere dayalı olarak iki değişkenli bir yanıt değişkeninin olasılığını tahmin eden istatistiksel bir modelleme aracıdır. Lojistik regresyon, ekolojik araştırmalarda yaygın olarak uygulanmaktadır ve risk değerlendirmesi, habitat değerlendirmeleri ve bitki örtüsü dağılımının tahmini için kullanılmaktadır. Model yağış, sıcaklık, yükseklik gibi verileri kullanmaktadır (Calef, 2005).

Lojistik Regresyon Model: $a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + \dots + a_n \cdot x_n + b$

a: Katsayılar

b: Kesim noktası

Lojistik regresyon model oluşturulurken kullanılan tüm değişkenler ve çalışma kapsamında kullanılan değişkenler aşağıda verilmiştir (Çizelge 3.7; Çizelge 3.8).

Çizelge 3.7: Lojistik regresyon modelde kullanılan tüm değişkenler

	Estimate Std.	Error t	Değer	Pr(> t)
Kesim noktası	4,522e+02	5.886e+01	7.682	1.82e-14 ***
Kızılötesi(2002-2022)	-2.200e+05	2.042e+05	-1.078	0.2812

Kırmızı band(2002-2022)	-1.074e+03	9.937e+02	-1.081	0.2797
NDVI(2002-2022)	6.295e-01	7.223e-02	8.715	< 2e-16 ***
L(2002-2022)	-4.523e+02	5.887e+01	-7.684	1.80e-14 ***
LAI(2002-2022)	-5.743e-01	3.233e-01	-1.776	0.0757
WDVI(2002-2022)	2.200e+05	2.042e+05	1.078	0.2812
SAVI(2002-2022)	1.947e+00	4.833e-01	4.029	5.67e-05 ***

Çizelge 3.8:Lojistik regresyon modelde çalışma kapsamında kullanılan değişkenler

	Estimate Std.	Error t	Değer	Pr(> t)
Kesim noktası	476.93956	10,53409	45.276	< 2e-16 ***
NDVI(2002-2022)	0.21878	0.03498	6.254	4.28e-10 ***
L(2002-2022)	-477.03012	10,53556	-45.278	< 2e-16 ***
SAVI(2002-2022)	4.92930	0.10932	45.091	< 2e-16 ***

Lojistik regresyon model oluşturulmasında;maximum sıcaklık,minimum sıcaklık,yağış gibi iklim veri setleri ASTER level 1A sayısal yükseklik modelinden morfometrik analizler sonucunda elde edilen eğim,arazi formu,topoğrafik ıslak indeksi katmanları ve daha önceki aşamalarda üretilmiş WDVI, LAI, NDVI, NIR ve Red gibi band indeksleri kullanılmıştır.Lojistik regresyon model sonucunda elde edilen katsayılar eğim ve fonksiyon kesim noktası kullanılarak 2000 ve 2020 yıllarına ait Net Birincil Üretim (NPP) verisi hesaplanmıştır.Hesaplanan Net Birincil Üretim (NPP) verisi aynı döneme ait Modis verisi ile karşılaştırılarak doğruluk analizi yapılmıştır.

Kullanılan bazı indeksler ve tanımları aşağıda tanımları verilmiştir.

Normalleştirilmiş fark vejetasyon indeksi (NDVI):

Bu indeks sağlıklı, yeşil bitki örtüsünün bir ölçüsüdür. Normalleştirilmiş fark formülasyonunun kombinasyonu ve klorofilin en yüksek absorpsiyon ve yansıtma bölgelerinin kullanımı, onu çok çeşitli koşullarda sağlam kılar. Bu indeksin değeri -1 ile 1 arasındadır (URL-10).

Fotosentez, şeker ve oksijen üretmek için su, karbondioksit ve ışık gerektirir. Bitkilere yeşil rengini veren klorofil, görünür ışığı emer. Yapraklar yakın kızılötesi ışığı (NIR) yansıtır. Bu, iyi fotosentez aktivitesine sahip sağlıklı bir bitkinin, NIR'yi görünür kırmızı ışıkla karşılaştırarak analiz edilebileceği anlamına gelir. Sağlıksız bitki örtüsü daha fazla görünür ışık ve daha az NIR yansıtacaktır. Sağlıklı bitki örtüsü, üzerine düşen görünür ışığın çoğunu emecektir. Orijinal olarak NASA tarafından geliştirilen NDVI indeksi bu uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. NDVI değerleri 0 ile 1 arasında değişir (normalleştirme prosedürü nedeniyle). Çok düşük NDVI değerleri (<0.1), çorak kaya, kum veya kar alanlarına karşılık gelir. Serbest duran su, çok düşük pozitif ile negatif değerler arasında olma eğilimindedir. Topraklar oldukça küçük NDVI değerleri (0,1–0,2) üretme eğilimindedir. Çalılar ve otlaklar gibi seyrek bitki örtüsü, orta düzeyde NDVI değerlerine (0,2-0,5) neden olabilir. Yüksek NDVI değerleri, ılıman ve tropik ormanlarda veya en yüksek büyüme aşamasındaki ekinlerde bulunanlar gibi yoğun bitki örtüsüne karşılık gelir. Bir indeks olarak, genellikle orman bozulmalarının büyük ölçekli izlenmesinde ve küresel bitki örtüsü değerlendirmelerinde kullanılır. Daha spesifik olarak, NDVI ekosistem dağılımını haritalamak, rahatsızlıkları tahmin etmek ve etkilerini değerlendirmek, ekosistemlerin işlevsel özelliklerindeki değişiklikleri izlemek, habitat kaybı ve bozulmasını, karbon asimilasyonunu ve buharlaşmayı izlemek için kullanılmaktadır. NDVI bitki niteliklerinin, bitki fizyolojik durumunun, verim tahminlerinin ve ürün dağılımının bir öngörücüsü olarak kullanılır ve ayrıca sucul bitki örtüsünü tespit etmek ve izlemek için de kullanılabilir (Pettorelli vd. 2011).

NDVI indeksi hesabı aşağıda verilmiştir:

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

NIR: Kızılötesi band

Red: Kırmızı band

NDVI indeksine kızılötesi bandın kırmızı band ile farkı ve toplamlarının bölünmesi sonucunda ulaşılmaktadır.

Yaprak alanı indeksi(LAI):

Yaprak alanı indeksi (LAI), bir ekosistemdeki yaprak alanı miktarını belirler ve fotosentez, solunum ve yağış tutma gibi süreçlerde kritik bir değişkendir. Küresel bitki örtüsünün temel bir özelliği olarak LAI, küresel iklim değişikliği araştırma topluluğu tarafından temel bir iklim değişkeni olarak listelenmiştir. LAI başka bir ifadeyle birim yatay zemin yüzey alanı başına toplam yeşil yaprak alanının yarısı olarak tanımlanır. LAI geleneksel olarak doğrudan veya dolaylı yöntemlerle tahmin edilir. Doğrudan yöntemler, yaprak alanını ölçer ve hasat edilen yapraklardan veya yaprak altlıklarından LAI'yi tahmin eder (Fang vd. 2019).

LAI indeksini üretebilmek için aşağıdaki sıralama uygulanır;

WDVI indeksi hesabı için aşağıdaki formül kullanılmaktadır;

$$WDVI = NIR - E\ddot{G}\ddot{I}M * RED$$

WDVI: Ağırlıklandırılmış fark vejetasyon indeksi

L: Toprak parlaklık düzeltme faktörü

L hesabı için aşağıdaki formül kullanılmakta;

$$L = 1 - (2 * E\ddot{G}\ddot{I}M * WDVI * NDVI)$$

$$SAVI = ((NIR - RED) / (NIR + RED + L)) * (1 + L)$$

SAVI: Toprak ayarlı vejetasyon indeksi

$$LAI = - \frac{\ln \left(\frac{0.69 - SAVI}{0.59} \right)}{0.91}$$

4.BULGULAR

4.1 Arazi kullanım/örtüsü değişiminin saptanması

Bu çalışma kapsamında 2002 ve 2020 yılları ve dönemini içerisine alan arazi kullanım/örtüsü haritaları üretilip, haritaların doğruluk durumları analiz edilerek doğruluk oranı %90 ve üzeri olarak belirlenmiştir.

2002 yılında toplam 5470,99 km² arazi örtüsünün 839,38 km² yapay yüzeyler, 125,62 km² kentsel açık ve yeşil alanlar, 1318,12 km² tarım alanları, 2578,91 km² orman alanları, 471,30 km² doğal ve yarı doğal alanlar ve 137,69 km² su yüzeyi ve ıslak alanlardan oluşmaktadır (Çizelge 4.1).

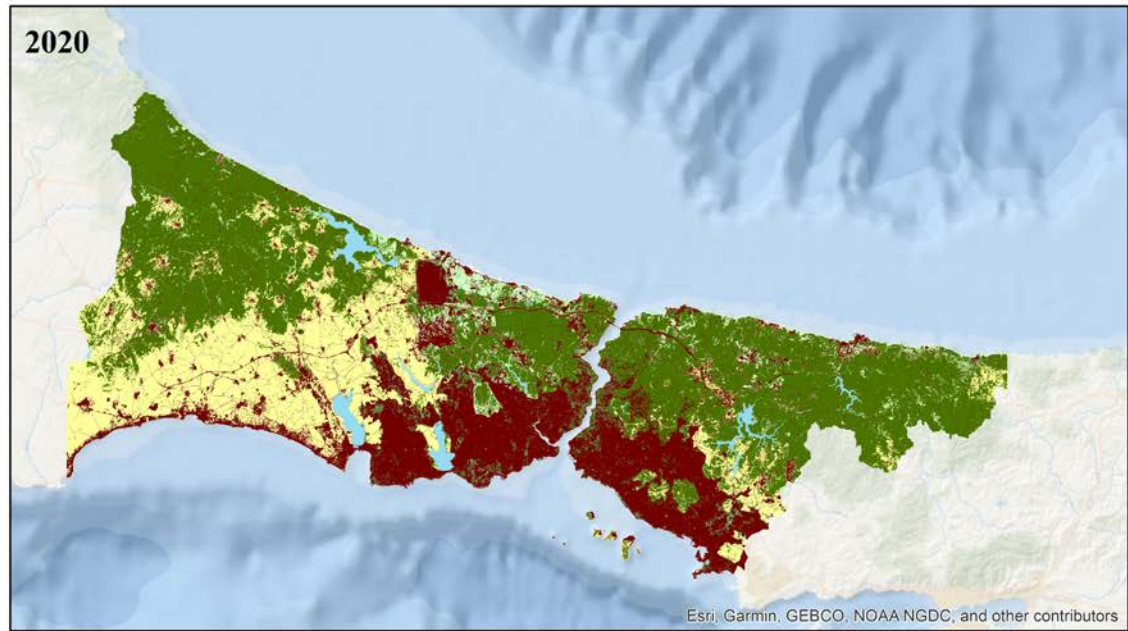
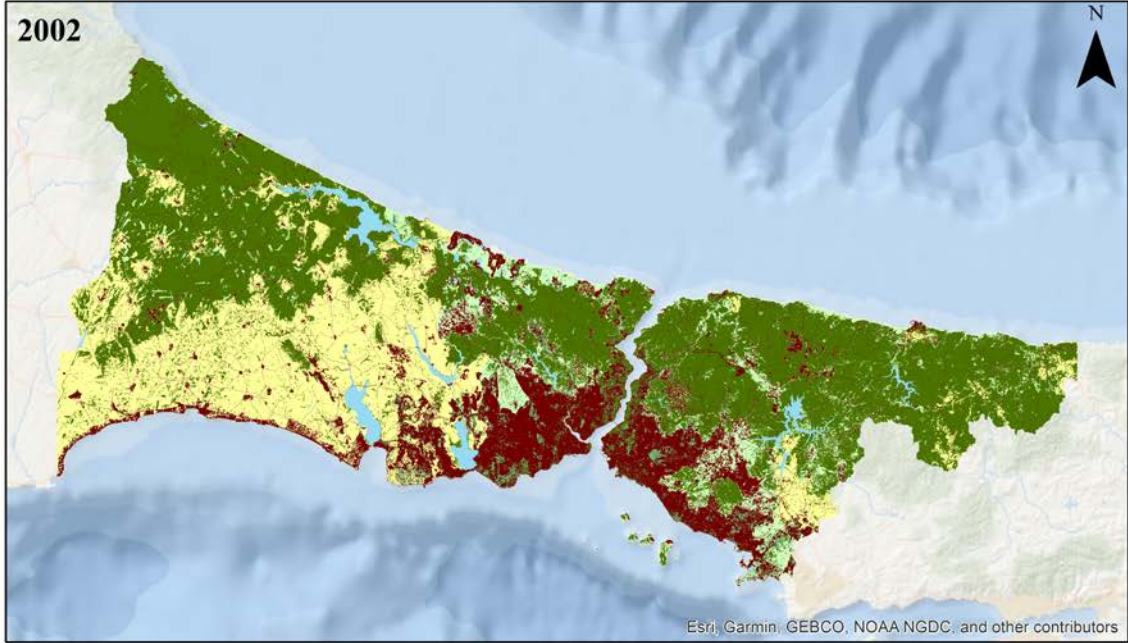
2020 yılında toplam 5479,07 km² arazi örtüsünün 1292,55 km² yapay yüzeyler, 93,55 km² kentsel açık ve yeşil alanlar, 1227,99 km² tarım alanları, 2483,05 km² orman alanları, 265,86 km² doğal ve yarı doğal alanlar ve 116,08 km² su yüzeyi ve ıslak alanlardan oluşmaktadır(Çizelge 4.1).

2002-2020 yılları arasında yapay yüzeylerde artış görülürken, orman alanlarında ve tarım alanlarında ciddi oranda azalma görülmektedir (Şekil 4.1).





Çizelge 4.1:2002 ve 2020 yılları arazi kategori oranları

	2002		2020	
	Alan (km ²)	%	Alan (km ²)	%
Yapay Yüzeyler	839,38	15,34	1292,54	23,59
Kentsel Açık ve Yeşil A.	125,62	2,30	93,55	1,71
Tarım Alanları	1318,12	24,09	1227,99	22,41
Orman Alanları	2578,91	47,14	2483,05	45,32
Doğal ve Y. Doğal A.	471,29	8,61	265,86	4,85
Su Y. ve Islak A. V.	137,68	2,52	116,08	2,12
Toplam	5470,99	100	5479,07	100

KARBON NÖTR KENTLER İÇİN MAHALLE PLANLAMA VE TASARIM REHBERLERİ;
İSTANBUL KENTİ ÖRNEĞİ



Arazi Örtüsü/Kullanım Kategorileri

- | | |
|---|--|
|  1.Yapay yüzeyler |  5.Doğal ve yarı doğal alanlar |
|  2.Kentsel açık ve yeşil alanlar |  6.Su yüzeyleri ve ıslak alan vejetasyonu |
|  3.Tarım alanları | |
|  4.Orman alanları | |

2002-2020 Arazi Örtüsü/Kullanım Haritaları

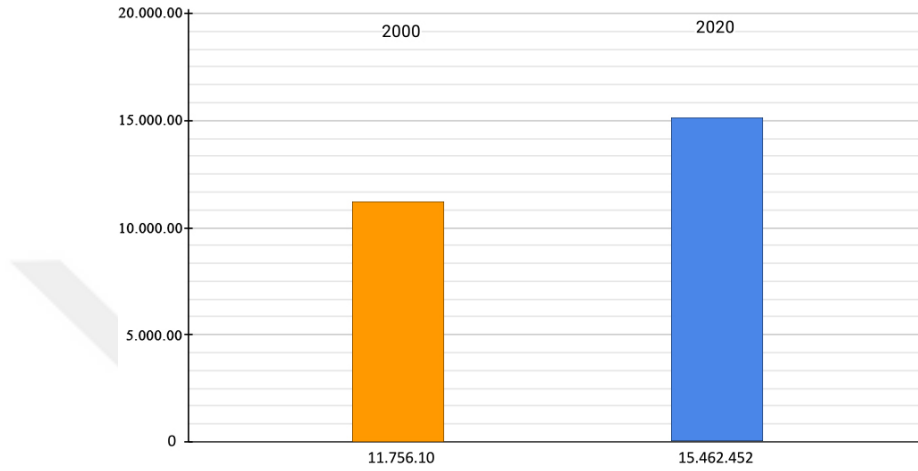
Mehmet Mustafa ÖZEL
İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj
Mimarlığı A.B.D.

0 5 10 20 30 40
Km

Şekil 4. 1 :2002-2020 Arazi kullanım/örtüsü haritaları

Nüfus Değişiminin Saptanması

Bu geçiş sürecinde önemli etken olan nüfus değişimi 2000-2020 yılları için gösterilmiştir. 2000 yılında 11.756.10 nüfusa sahip kent doğum oranlarındaki artış, aldığı göçlerle 2020 yılında nüfusunu 2000 yılının ortalama 3'te 1'i kadar arttırarak 15.462.452 sayısına ulaşmıştır (Şekil 4.2)



Şekil 4. 2 :2000-2020 Yılları Nüfus değişimi

Değişim Tespit Analizi

Değişim tespit analizi (Change detection) 2002 ve 2020 dönemi için çok zamanlı olarak gösterilmiştir. 2002 ve 2020 dönemi peyzaj geçiş değişimi çizelgede verilmiştir.

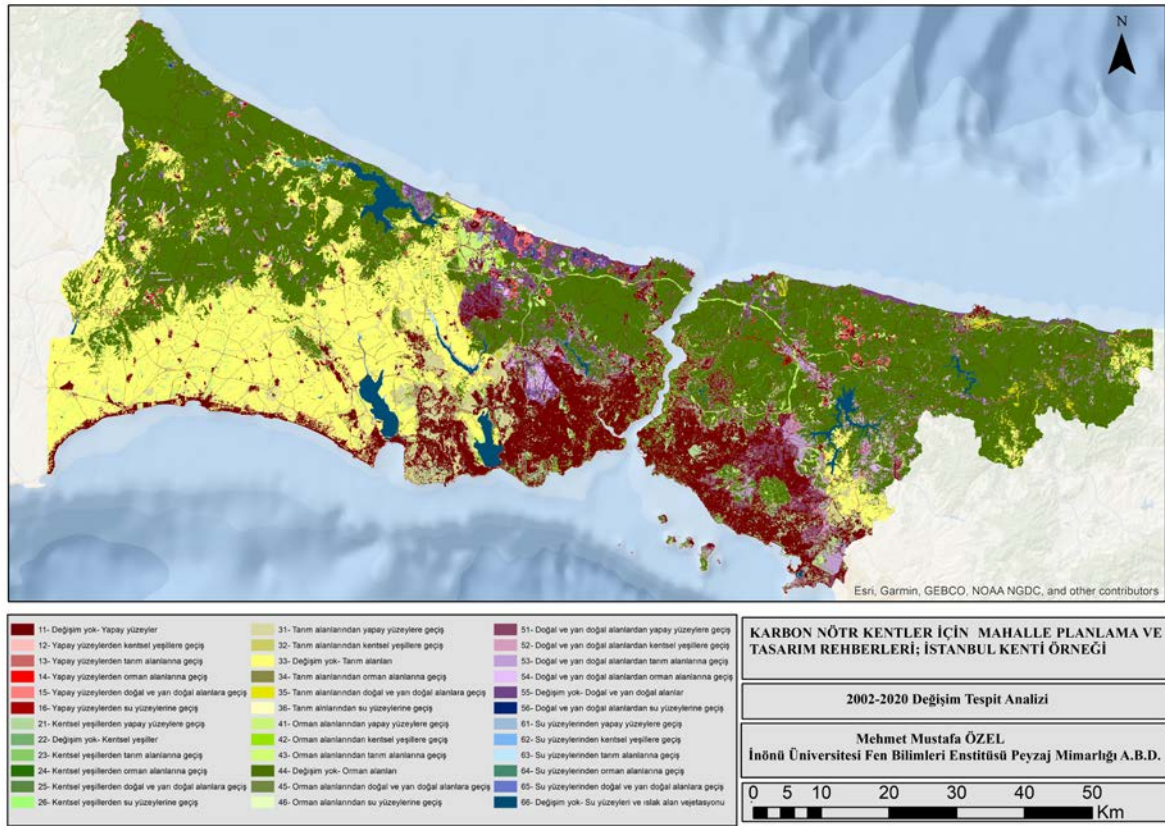
Toplamda 5468.11 km² alana sahip olan çalışma alanında yapay yüzeylerdeki artış en üst seviyede olduğu görülmektedir. 2002 ve 2020 yılları arasında 178.42 km² ile yapay yüzeylere geçiş en fazla tarım alanlarından gerçekleşmiştir (Çizelge 4.2; Şekil 4.3). Tarım alanlarından sonra en fazla geçiş 140.72 km² ile doğal ve yarı doğal alanlardan gerçekleşmiştir. Doğal ve yarı doğal alanlardan sonra yapay yüzeylere geçiş sırasıyla orman alanları (94.99 km²) ve kentsel yeşil alanlar (94.41 km²) şeklinde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.2:2002-2020 yılları arası arazi kategori değişimleri

Değişim	Alan	Yüzde%	Yüzde%(Kategorik)
11- Değişim yok- Yapay yüzeyler	770.75	14.10	91.91
12- Yapay yüzeylerden kentsel yeşillere geçiş	15.87	0.29	1.89
13- Yapay yüzeylerden tarım alanlarına geçiş	13.83	0.25	1.65

14- Yapay yüzeylerden orman alanlarına geçiş	10.54	0.19	1.26
15- Yapay yüzeylerden doğal ve yarı doğal alanlara geçiş	25.90	0.47	3.09
16- Yapay yüzeylerden su yüzeylerine geçiş	1.73	0.03	0.21
21- Kentsel yeşillerden yapay yüzeylere geçiş	94.41	1.73	75.15
22- Değişim yok- Kentsel yeşiller	19.77	0.36	15.74
23- Kentsel yeşillerden tarım alanlarına geçiş	1.75	0.03	1.40
24- Kentsel yeşillerden orman alanlarına geçiş	7.24	0.13	5.76
25- Kentsel yeşillerden doğal ve yarı doğal alanlara geçiş	2.31	0.04	1.84
26- Kentsel yeşillerden su yüzeylerine geçiş	0.13	0.00	0.10
31- Tarım alanlarından yapay yüzeylere geçiş	178.42	3.26	13.54
32- Tarım alanlarından kentsel yeşillere geçiş	21.57	0.39	1.64
33- Değişim yok- Tarım alanları	1019.80	18.65	77.37
34- Tarım alanlarından orman alanlarına geçiş	74.80	1.37	5.68
35- Tarım alanlarından doğal ve yarı doğal alanlara geçiş	22.24	0.41	1.69
36- Tarım alanlarından su yüzeylerine geçiş	1.28	0.02	0.10
41- Orman alanlarından yapay yüzeylere geçiş	94.99	1.74	3.68
42- Orman alanlarından kentsel yeşillere geçiş	19.47	0.36	0.76
43- Orman alanlarından tarım alanlarına geçiş	119.09	2.18	4.62
44- Değişim yok- Orman alanları	2253.82	41.22	87.39
45- Orman alanlarından doğal ve yarı doğal alanlara geçiş	89.34	1.63	3.46
46- Orman alanlarından su yüzeylerine geçiş	2.19	0.04	0.08
51- Doğal ve yarı doğal alanlardan yapay yüzeylere geçiş	140.72	2.57	29.99
52- Doğal ve yarı doğal alanlardan kentsel yeşillere geçiş	15.76	0.29	3.36

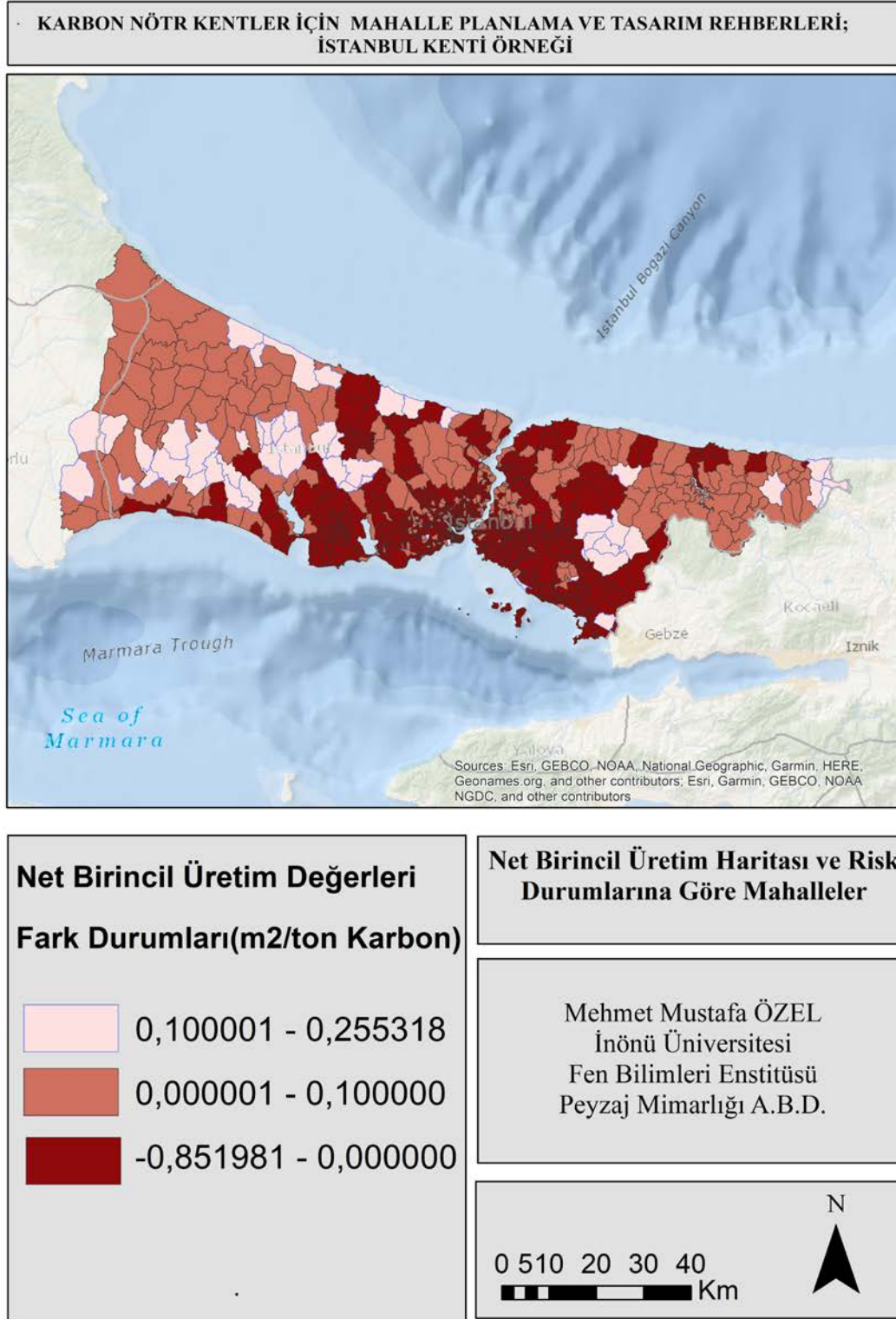
53- Doğal ve yarı doğal alanlardan tarım alanlarına geçiş	65.53	1.20	13.96
54- Doğal ve yarı doğal alanlardan orman alanlarına geçiş	127.37	2.33	27.14
55- Değişim yok- Doğal ve yarı doğal alanlar	117.81	2.15	25.11
56- Doğal ve yarı doğal alanlardan su yüzeylerine geçiş	2.06	0.04	0.44
61- Su yüzeylerinden yapay yüzeylere geçiş	5.12	0.09	3.72
62- Su yüzeylerinden kentsel yeşillere geçiş	0.38	0.01	0.28
63- Su yüzeylerinden tarım alanlarına geçiş	7.77	0.14	5.65
64- Su yüzeylerinden orman alanlarına geçiş	8.98	0.16	6.53
65- Su yüzeylerinden doğal ve yarı doğal alanlara geçiş	6.85	0.13	4.98
66- Değişim yok- Su yüzeyleri ve ıslak alan vejetasyonu	108.51	1.98	78.84



Şekil 4.3 :2002-2020 Arazi Geçişleri

4.2 Net Birincil Üretim Değişiminin Saptanması

Belirlenen vejetasyon indeksleri kullanılarak ve kullanılan lojistik regresyon model sonucunda İstanbul kentinin 2002-2020 yıllarını kapsayan net birincil üretim haritaları oluşturulmuştur (Şekil 4.4).



Şekil 4. 4 :İstanbul Kenti Net Birincil Üretim Haritası

İstanbul kentinin 2002-2020 yılları kapsayan Net birincil üretim haritasında kentsel alanın net birincil üretim değerinin ciddi oranda azaldığı görülmektedir. Total net birincil üretim açısından değerlendirildiğinde 2002 yılında ortalama m² de 0.490 ton karbon bünyesinde bulunduran İstanbul kenti 2020 yılına gelindiğinde m² de 0.418 ton karbon bünyesinde barındırdığı saptanmıştır. Bu veriler İstanbul genelinde bu dönem içerisinde net birincil üretimin azaldığını göstermektedir. Yine aynı biçimde 2002 yılında toplam 478.680 ton net birincil üretim değeri olan çalışma alanının 2020 yılında 408.216 ton net birincil üretim değerine düştüğü görülmektedir. Net birincil üretim üzerinde en büyük en riskli oluşturan bölgelerin daha çok kentleşmenin yoğun olduğu ve yeni yerleşimlerin açıldığı alanlar olduğu söylenebilmektedir.

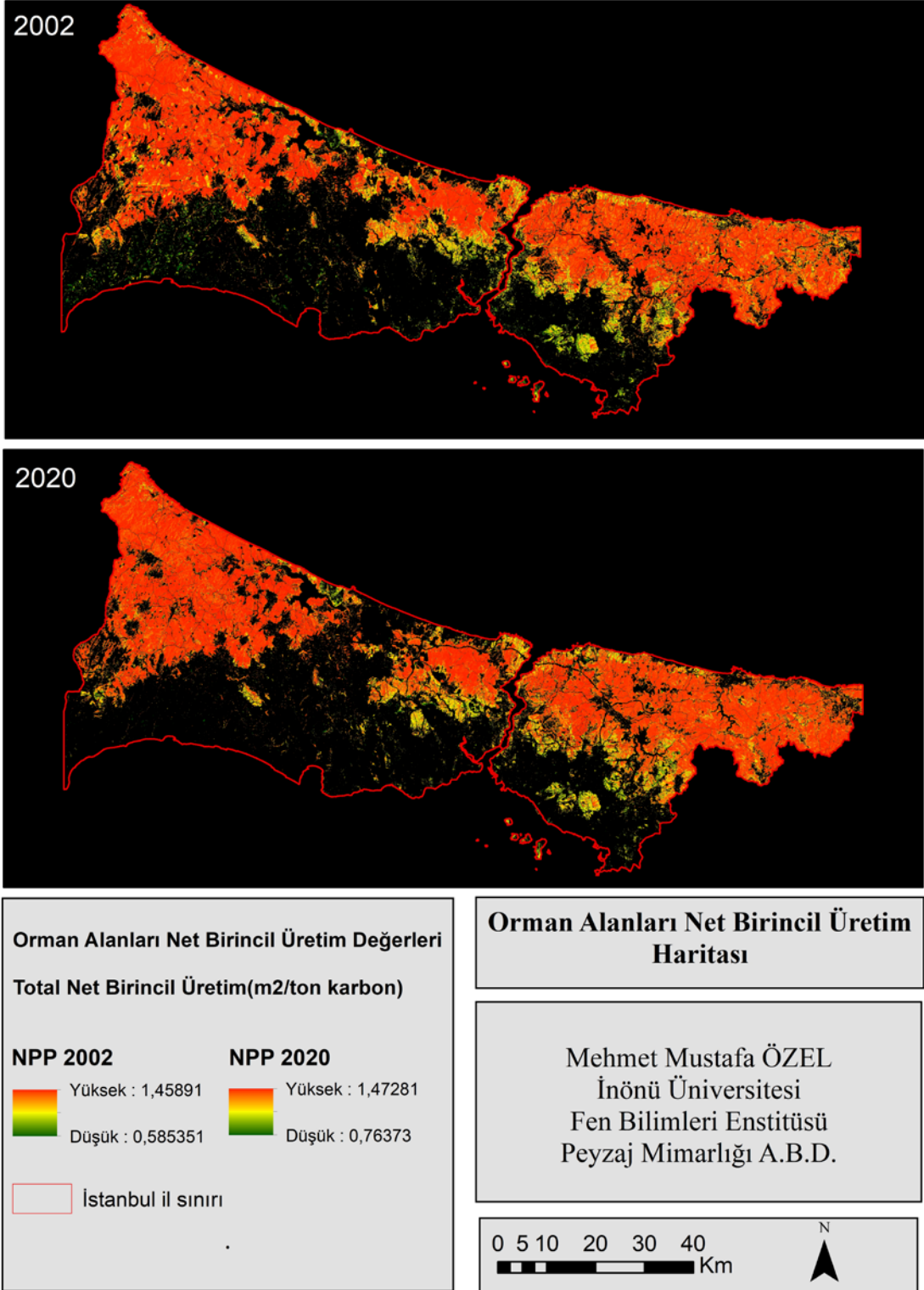
Orman Alanları 2002-2020 Yılları Net Birincil Üretim Değişimi

İstanbul kentinde orman alanları 2002 yılında toplamda 3.54 milyar ton net birincil üretime sahip iken 2020 yılında toplam 3.57 milyar ton net birincil üretime ulaşıp artışın olduğu görülmektedir. Orman yoğunluğu açısından özellikle 2002 yılında kentin kuzeybatı bölümü zengin ormanlara sahip iken 2020 yılında bu bölgede orman alanlarının azalışı net birincil üretimin azalmasına sebep olmuştur. Bunlarla birlikte 2002 yılında kentin kuzeyindeki yoğun orman parçalarının olduğu ve 2020 yılında yapılan yeni havalimanıyla bu bölgedeki net birincil üretimde azalmanın olduğu görülmektedir. Şehirde Anadolu yakasının güneydoğu bölümünde kentleşmenin yoğun olduğu alanlar içerisinde kalan orman alanlarındaki net birincil üretim değerinde azaldığı görülmektedir (Şekil 4.5).

Tarım Alanları 2000-2020 Yılları Net Birincil Üretim Değişimi

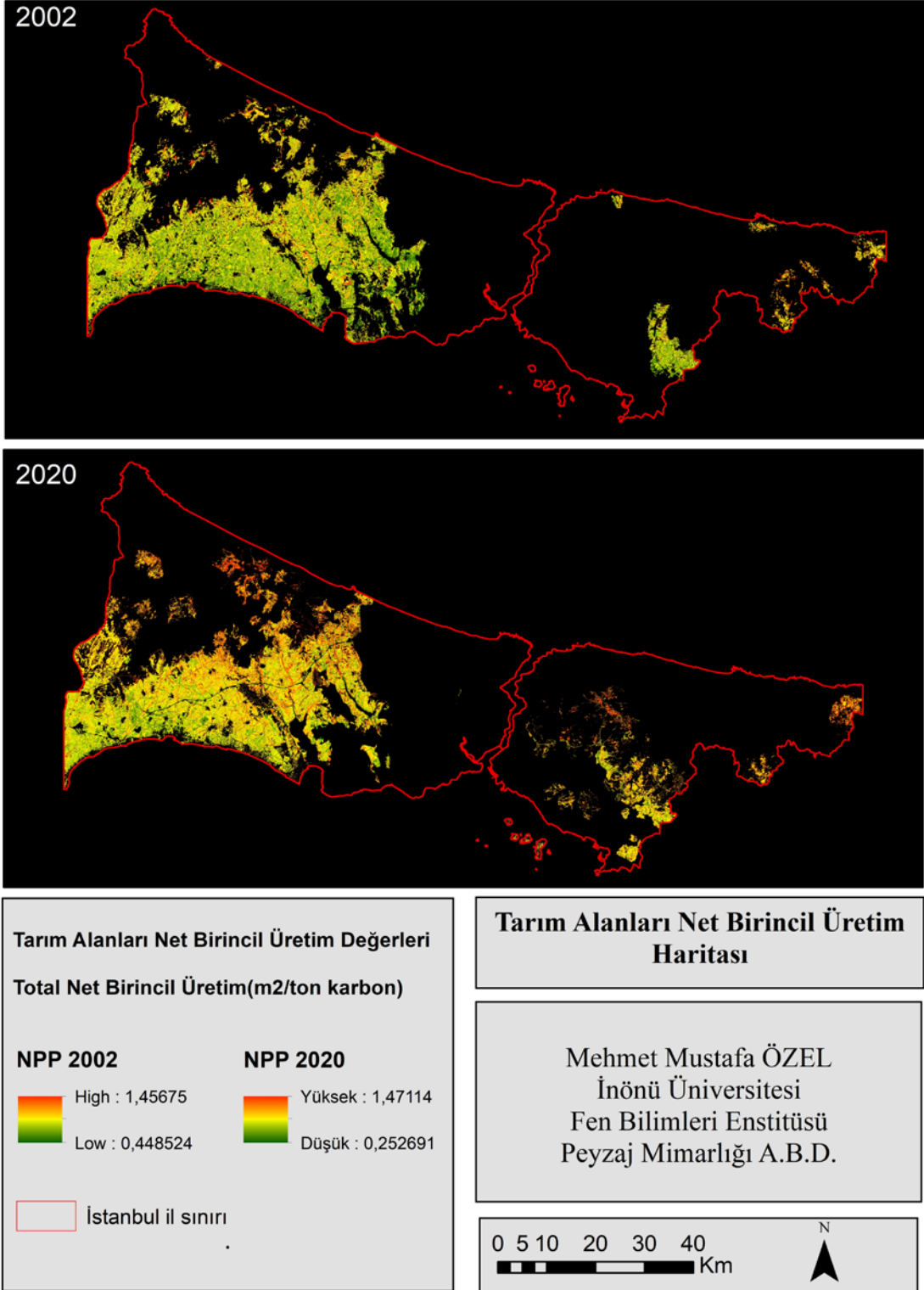
İstanbul kentinde tarım alanları 2002 yılında toplamda 1.405 milyar ton net birincil üretime sahip iken 2020 yılında toplam 1.564 milyar ton net birincil üretime ulaşıp artışın olduğu görülmektedir. Kentleşmenin yoğun olduğu Avrupa yakasının güneyindeki alanlar içerisinde yer alan tarım alanlarındaki azalma net birincil üretimde yansımış fakat aynı bölgedeki büyük tarım alanlarının net birincil üretim değerleri zamanla artmıştır. Kentin doğusundaki Anadolu yakasında tarım alanlarında ciddi artış meydana gelirken bütün olan tarım alanları bölünmüş lokal anlamda artış ve azalışlar meydana gelmiştir. Kentin kuzeydoğusunda ve kuzeybatısında net birincil üretimin arttığı görülmektedir. Tarım alanlarındaki parçalanma, bölünme net birincil üretimin dahada artışını engellemiştir (Şekil 4.6).

KARBON NÖTR KENTLER İÇİN MAHALLE PLANLAMA VE TASARIM REHBERLERİ;
İSTANBUL KENTİ ÖRNEĞİ



Şekil 4. 5 :İstanbul Kenti 2002-2020 Orman Alanları Net Birincil Üretim Haritası

KARBON NÖTR KENTLER İÇİN MAHALLE PLANLAMA VE TASARIM REHBERLERİ;
İSTANBUL KENTİ ÖRNEĞİ



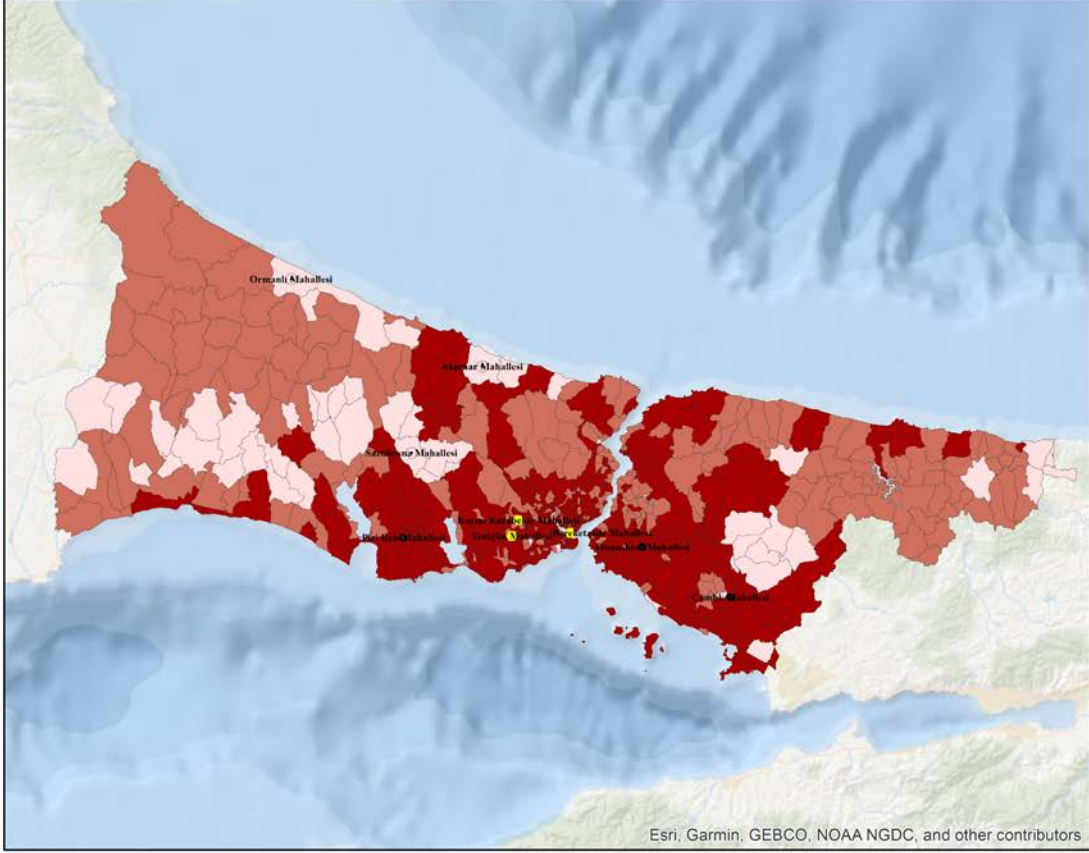
Şekil 4. 6 :İstanbul Kenti 2002-2020 Tarım Alanları Net Birincil Üretim Haritası

4.3 Risk durumlarına göre mahallelerin belirlenmesi (Net birincil üretimi artan, olmayan ve azalan mahalleler)

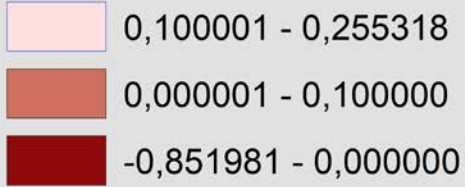
İstanbul kentinde toplamda 964 mahalle üzerinde yapılan net birincil üretim değişim haritası üzerinde en çok riskli,orta riskli ve en az riskli mahalleler saptanmıştır.Toplamda 662 mahallede net birincil üretim azalmışken 289 mahallede net birincil üretim artmıştır.Net birincil üretimi en fazla değişen ve bu doğrultuda en çok riskli mahalleler(Net birincil üretimi azalan);Esenyurt Piri Reis mahallesi, Pendik Çamlık mahallesi, Ümraniye Finanskent mahallesi,Orta riskli mahalleler (Net birincil üretimi olmayan); Bağcılar Yenigün mahallesi, Esenler Kazım Karabekir mahallesi, Beyoğlu Bereketzade mahallesi, En az riskli mahalleler(Net birincil üretimi artan); Çatalca Ormanlı mahallesi, Arnavutköy Sazlıbosna mahalllesi ve Eyüpsultan Akpınar mahallesi olmuştur (Şekil 4.7).



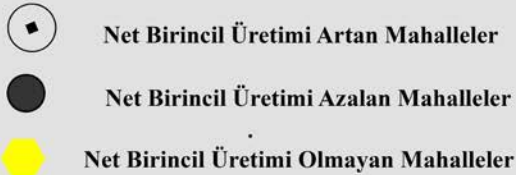
**KARBON NÖTR KENTLER İÇİN MAHALLE PLANLAMA VE TASARIM REHBERLERİ;
İSTANBUL KENTİ ÖRNEĞİ**



**Net Birincil Üretim Değerleri
Fark Durumları(m²/ton Karbon)**

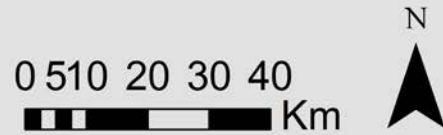


Risk Durumlarına Göre Mahalleler



Net Birincil Üretim Haritası ve Risk Durumlarına Göre Mahalleler

Mehmet Mustafa ÖZEL
İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Peyzaj Mimarlığı A.B.D.



Şekil 4. 7 :İstanbul Kenti 2000-2020 Net Birincil Üretim Değişimi ve Risk Durumlarına Göre Mahalleler

En çok riskli mahalleler(Net birincil üretimi azalan mahalleler)

Net Birincil üretim miktarında en fazla azalma olan 3 mahalle sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Esenyurt Piri Reis Mahallesi:

İstanbul'un Esenyurt ilçesine bağlı Piri Reis mahallesi 41°01'18,9" enlem 28°39'14,1" boylamda bulunup 16.576 nüfus ve 1.300 km² lik yüz ölçümüne sahiptir.

Piri Reis mahallesinde doğal alanlardaki ciddi değişimler net birincil üretim kapasitesini ciddi oranda azaltmıştır.Mahallede büyük orana sahip orman alanlarının yapay alanlara değişimi net birincil üretimdeki azalmanın en önemli sebeplerinden olmuştur.Mahallede 2002 yılında net birincil üretim miktarı 0,856 m²/ton iken 2020 yılında net birincil üretim miktarı 0,00414 m²/ton seviyesine düşmüştür.Bu yıllar arasındaki fark ortalama -0,851981 m²/ton net birincil üretim miktarını ortaya koymaktadır.Bu çerçevede toplamda Piri Reis mahallesinde 2002-2020 yılları periyodunda ortalama %99,51'lik net birincil üretim azalmıştır (Şekil 4.8).

Ümraniye Finanskent Mahallesi:

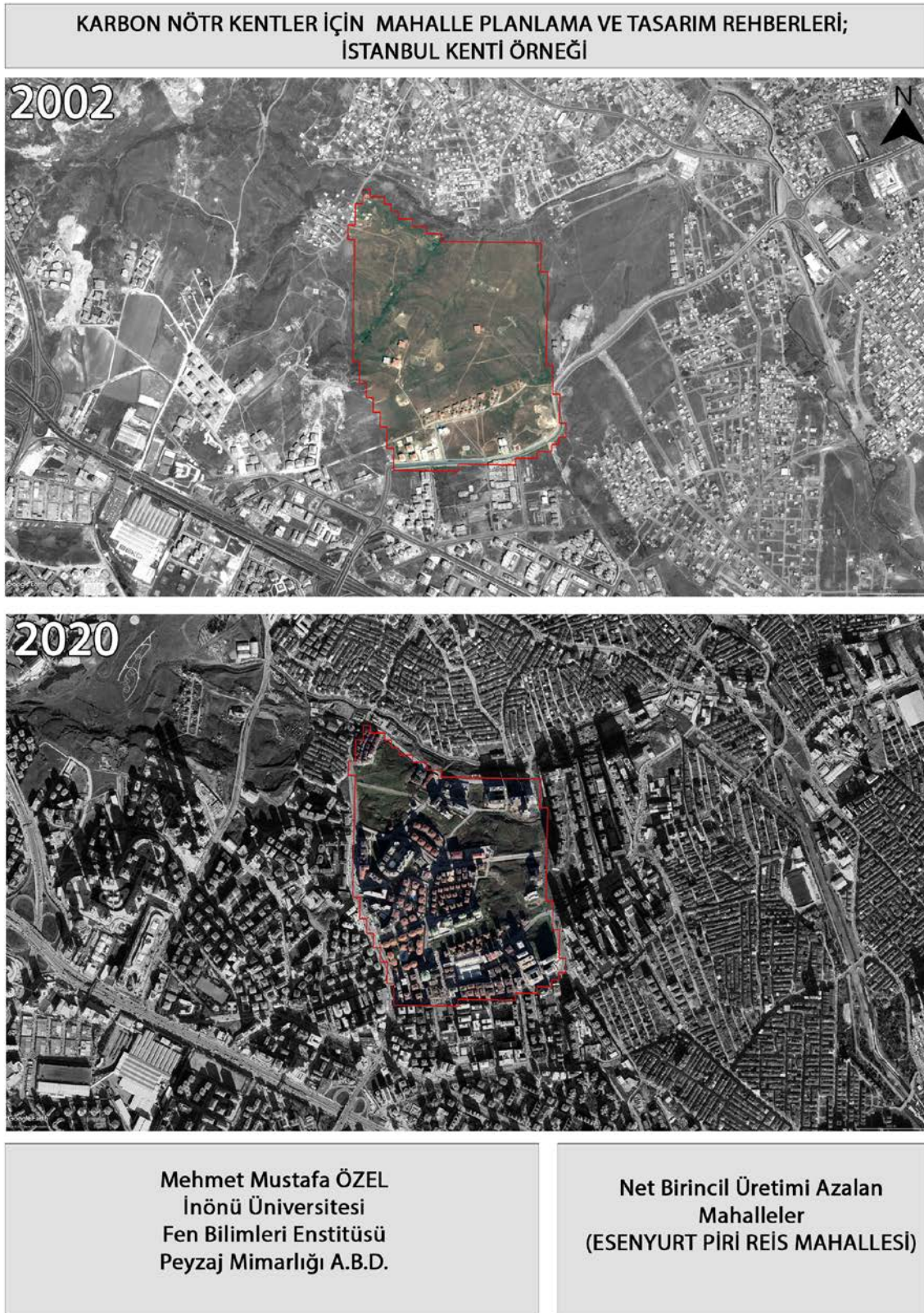
İstanbul'un Ümraniye ilçesine bağlı Finanskent mahallesi 41°00'17,9" Kuzey ve 29°06'10,3" Batı boylamında yer alıp 920 kişilik nüfusa sahiptir.

Finanskent mahallesinde 2002 yılında net birincil üretim miktarı 0,702 m²/ton iken 2020 yılında net birincil üretim miktarı 0,0213 m²/ton seviyesine düşmüştür.Bu yıllar arasındaki fark ortalama -0,681 m²/ton net birincil üretim miktarını ortaya koymaktadır.Bu çerçevede toplamda Finanskent mahallesinde 2002-2020 yılları periyodunda ortalama %96,95'lik net birincil üretim azalmıştır (Şekil 4.9).

Pendik Çamlık Mahallesi:

İstanbul'un Pendik ilçesine bağlı Çamlık mahallesi 40° 55' 34.9140" enlem ve 29° 16' 45.2820" boylamlarında bulunan 16.931 nüfusa ve 4 milyon 143 bin metrekarelik alana sahiptir.Mahalle, 2030 yılında 29.935 nüfusa sahip olması beklenmektedir. Çamlık mahallesinde özellikle doğal ve yarı doğal alanlardaki yapay alanlara dönüşüm öne çıkmaktadır bu durum net birincil üretim miktarını olumsuz biçimde etkilemiştir.Mahallede 2000 yılında net birincil üretim miktarı 0,826 m²/ton iken 2020 yılında net birincil üretim miktarı 0,137 m²/ton seviyesine düşmüştür. Bu yıllar arasındaki fark ortalama -0,688 m²/ton net birincil üretim miktarını ortaya

koymaktadır. Bu çerçevede toplamda amlık mahallesinde 2000-2020 yılları periyodunda ortalama %83,37'lik net birincil üretim azalmıştır (Şekil 4.10).



Şekil 4. 8 :Piri Reis Mahallesi Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Değişimi

**KARBON NÖTR KENTLER İÇİN MAHALLE PLANLAMA VE TASARIM REHBERLERİ;
İSTANBUL KENTİ ÖRNEĞİ**



Mehmet Mustafa ÖZEL
İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Peyzaj Mimarlığı A.B.D.

**Net Birincil Üretimi Azalan
Mahalleler
(ÜMRANIYE FİNANSKENT
MAHALLESİ)**

Şekil 4.9 :Finanskent Mahallesi Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Değişimi

**KARBON NÖTR KENTLER İÇİN MAHALLE PLANLAMA VE TASARIM REHBERLERİ;
İSTANBUL KENTİ ÖRNEĞİ**



Mehmet Mustafa ÖZEL
İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Peyzaj Mimarlığı A.B.D.

**Net Birincil Üretimi Azalan
Mahalleler
(PENDİK ÇAMLIK
MAHALLESİ)**

Şekil 4. 10 :Çamlık Mahallesi Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Değişimi

Orta riskli mahalleler (Net birincil üretimi olmayan mahalleler)

Net Birincil üretim değışimi değışimi olmayan 3 mahalle sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Esenler Kazım Karabekir Mahallesi:

İstanbul'un Esenler ilçesine bağlı Kazım Karabekir mahallesi 41° 2' 43.0224" Kuzey ve 28° 52' 22.0332" Doğu koordinatlarında bulunup, 35.650 kişilik nüfusa sahiptir.

Mahallede 2002 yılında net birincil üretim miktarı bulunmazken (0,0 m²/ton) iken 2020 yılında net birincil üretim miktarında değışim olmayıp (0,0 m²/ton) seviyesinde kalmıştır.Bu yıllar arasında fark olmayıp net birincil üretim hiç bulunmamaktadır (şekil 4.11).

Bağcılar Yenigün Mahallesi:

İstanbul'un Bağcılar ilçesine bağlı Yenigün mahallesi 41° 1' 21.1620" enlem ve 28° 51' 36.8892" boylamında bulunup, 21.902 kişilik nüfusa sahiptir.

2002 yılında net birincil üretim miktarı bulunmazken (0,0 m²/ton) iken 2020 yılında net birincil üretim miktarında değışim olmayıp (0,0 m²/ton) seviyesinde kalmıştır.Bu yıllar arasında fark olmayıp net birincil üretim hiç bulunmamaktadır (şekil 4.12).

Beyoğlu Bereketzade Mahallesi:

İstanbul'un Beyoğlu ilçesine bağlı Bereketzade mahallesi 41° 1' 32.0232" enlem ve 28° 58' 24.7620" boylamında bulunup, 459 kişilik nüfusa sahiptir.

Mahallede 2002 yılında net birincil üretim miktarı bulunmazken (0,0 m²/ton) iken 2020 yılında net birincil üretim miktarında değışim olmayıp (0,0 m²/ton) seviyesinde kalmıştır. Bu yıllar arasında fark olmayıp net birincil üretim hiç bulunmamaktadır (şekil 4.13).

KARBON NÖTR KENTLER İÇİN MAHALLE PLANLAMA VE TASARIM REHBERLERİ;
İSTANBUL KENTİ ÖRNEĞİ



Mehmet Mustafa ÖZEL
İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Peyzaj Mimarlığı A.B.D.

Net Birincil Üretimi Olmayan
Mahalleler
(ESENLER KÂZIM KARABEKİR
MAHALLESİ)

Şekil 4. 11 :Kazım Karabekir Mahallesi Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Değişimi

KARBON NÖTR KENTLER İÇİN MAHALLE PLANLAMA VE TASARIM REHBERLERİ;
İSTANBUL KENTİ ÖRNEĞİ

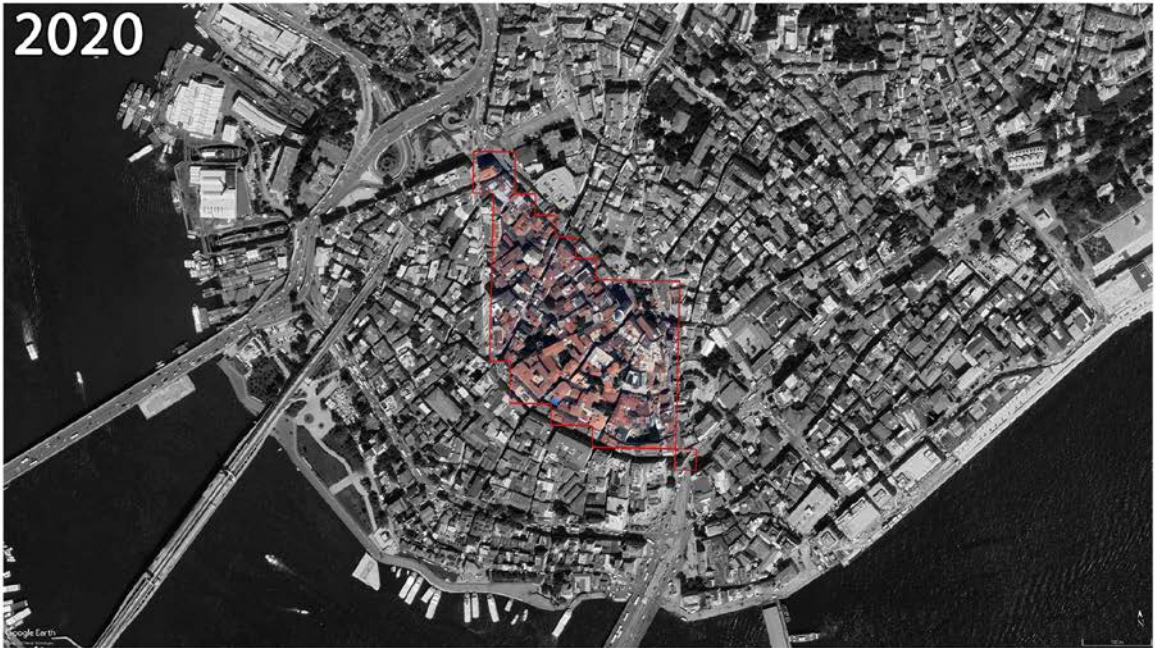


Mehmet Mustafa ÖZEL
İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Peyzaj Mimarlığı A.B.D.

Net Birincil Üretimi Olmayan
Mahalleler
(BAĞCILAR YENİGÜN MAHALLESİ)

Şekil 4. 12 :Yenigün Mahallesi Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Değişimi

**KARBON NÖTR KENTLER İÇİN MAHALLE PLANLAMA VE TASARIM REHBERLERİ;
İSTANBUL KENTİ ÖRNEĞİ**



Mehmet Mustafa ÖZEL
İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Peyzaj Mimarlığı A.B.D.

**Net Birincil Üretimi Olmayan
Mahalleler
(BEYOĞLU BEREKETZADE
MAHALLESİ)**

Şekil 4. 13 :Bereketzade Mahallesi Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Değişimi

En az riskli mahalleler(Net birincil üretimi artan mahalleler)

Net Birincil üretim miktarında en yüksek artış olan 3 mahalle sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Eyüpsultan Akpınar Mahallesi:

İstanbul'un Eyüpsultan ilçesine bağlı Akpınar mahallesi 40° 58' 9.36" - 29° 13' 45.02" enlem ve boylarında bulunup, İstanbul havalimanına kuş uçuşu 4 km uzaklıkta olup 1.076 kişilik nüfusa sahiptir.

Mahallede 2002 yılında net birincil üretim miktarı 0,814 m²/ton iken 2020 yılında net birincil üretim miktarı 1,012 m²/ton seviyesine çıkmıştır.Bu yıllar arasındaki fark ortalama 0,198 m²/ton net birincil üretim miktarını ortaya koymaktadır.Bu çerçevede toplamda Akpınar mahallesinde 2002-2020 yılları periyodunda ortalama %24,39'luk net birincil üretim artmıştır(Şekil 4.14).

Arnavutköy Sazlıbosna Mahallesi:

İstanbul'un Arnavutköy ilçesine bağlı Sazlıbosna mahallesi 41° 9' 25.0272" ve 28° 40' 18.0012" enlem ve boylarında bulunup, 17.12 km² yüzölçümü olan Dursunköy, Hadımköy ve Hacımaşli mahalleleriyle komşu olan, 1.089 nüfuslu ve 20 milyon 796 bin m²lik alana sahiptir.Bu mahalle sınırlarında sazlıdere barajında bulunmaktadır. Mahallenin genel olarak geçim kaynağı tarım ve hayvancılıktır.Mahalle 2030 yılında 920 nüfusa sahip olması beklenmektedir.

Sazlıbosna mahallesinde doğal ve yarı doğal alanlardaki ciddi değişimler net birincil üretim kapasitesini ciddi oranda arttırmıştır.Mahallede büyük orana sahip doğal ve yarı doğal alanların,yapay yüzeylerin bulunduğu alanların, tarım ve orman alanlarına dönüşümü net birincil üretimin artışında en önemli etkenlerden olmuştur.Mahallede 2002 yılında net birincil üretim miktarı 0,811 m²/ton iken 2020 yılında net birincil üretim miktarı 1,027 m²/ton seviyesine çıkmıştır.Bu yıllar arasındaki fark ortalama 0,2159 m²/ton net birincil üretim miktarını ortaya koymaktadır.Bu çerçevede toplamda Sazlıbosna mahallesinde 2002-2020 yılları periyodunda ortalama %26,61'lik net birincil üretim artmıştır(Şekil 4.15).

Çatalca Ormanlı Mahallesi:

İstanbul'un Çatalca ilçesine bağlı Ormanlı mahallesi $41^{\circ} 23' 54.2940''$ ve $28^{\circ} 28' 1.8012''$ enlem ve boylamlarında yer alan Karadenize kıyısı olan bu mahallenin, deniz seviyesinden yüksekliği 7m olup daha çok turistik amaçlı ziyaretlerin olduğu, kuş türlerinin yoğun uğrak noktası olduğu, doğa aktivitelerinden; balıkçılık,yamaç paraşütü,bisiklet turu vs. yaygın bir şekilde yapıldığı yerleşim yerlerinin genel itibariyle dağınık olduğu 1.025 nüfusa sahip mahalledir.

Ormanlı mahallesinde doğal ve yarı doğal alanlardaki ciddi değişimler net birincil üretim kapasitesini ciddi oranda arttırmıştır.Mahallede yapay yüzeylerin tarım ve orman alanlarına dönüşümü net birincil üretimin artışında en önemli etkenlerden olmuştur.Mahallede 2002 yılında net birincil üretim miktarı $1,098 \text{ m}^2/\text{ton}$ iken 2020 yılında net birincil üretim miktarı $1,3541 \text{ m}^2/\text{ton}$ seviyesine çıkmıştır.Bu yıllar arasındaki fark ortalama $0,255 \text{ m}^2/\text{ton}$ net birincil üretim miktarını ortaya koymaktadır.Bu çerçevede toplamda Ormanlı mahallesinde 2002-2020 yılları periyodunda ortalama %23,33'lük net birincil üretim artmıştır (Şekil 4.16).

**KARBON NÖTR KENTLER İÇİN MAHALLE PLANLAMA VE TASARIM REHBERLERİ;
İSTANBUL KENTİ ÖRNEĞİ**

2002



2020

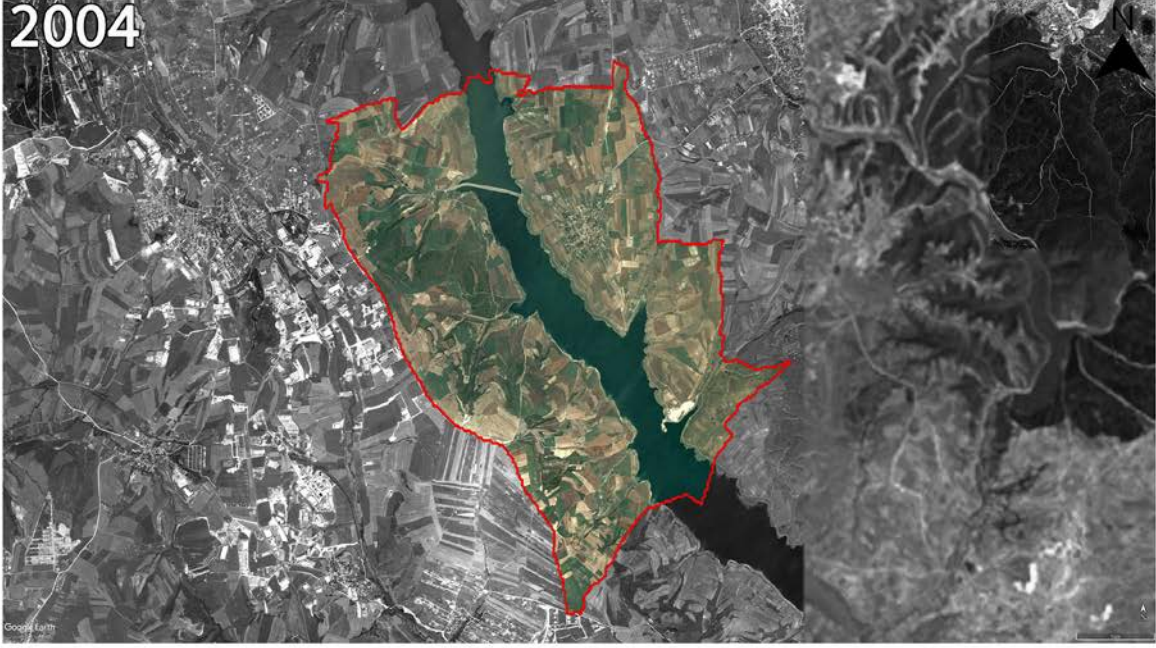


**Mehmet Mustafa ÖZEL
İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Peyzaj Mimarlığı A.B.D.**

**Net Birincil Üretimi Artan
Mahalleler
(EYÜPSULTAN AKPINAR
MAHALLESİ)**

Şekil 4. 14 :Akpınar Mahallesi Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Değişimi

**KARBON NÖTR KENTLER İÇİN MAHALLE PLANLAMA VE TASARIM REHBERLERİ;
İSTANBUL KENTİ ÖRNEĞİ**



Mehmet Mustafa ÖZEL
İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Peyzaj Mimarlığı A.B.D.

**Net Birincil Üretimi Artan
Mahalleler
(ARNAVUTKÖY SAZLIBOSNA
MAHALLESİ)**

Şekil 4. 15 :Sazlıbosna Mahallesi Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Değişimi

**KARBON NÖTR KENTLER İÇİN MAHALLE PLANLAMA VE TASARIM REHBERLERİ;
İSTANBUL KENTİ ÖRNEĞİ**



Mehmet Mustafa ÖZEL
İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Peyzaj Mimarlığı A.B.D.

**Net Birincil Üretimi Artan
Mahalleler
(ÇATALCA ORMANLI
MAHALLESİ)**

Şekil 4. 16 :Ormanlı Mahallesi Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Değişimi

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Kentleşmenin ve beraberinde getirdiği sanayileşmenin tüm dünyada olumsuz etkileri olmuştur. Endüstriyel alanların artması, doğaya ve çevremize sera gazlarının yayılımını bilinçsiz bir biçimde arttırmıştır. Artan sera gazlarından karbondioksit emisyonu kentleşme sürecinde en öne çıkan sera gazlarından biridir. Sera gazlarının dışında Arazi kullanımı/Arazi örtüsündeki değişimlerde iklim değişikliğinde göz ardı edilen fakat en önemli aktörlerden biridir. Sera gazlarıyla mücadele kapsamında ortaya çıkan karbon nötr kent politikaları tüm ulusların kendi içerisinde birbirine verdiği sera gazı azaltım ve uyum politikaları sözlerinin iklim değişikliğiyle mücadelede önemli etkisi bulunmaktadır.

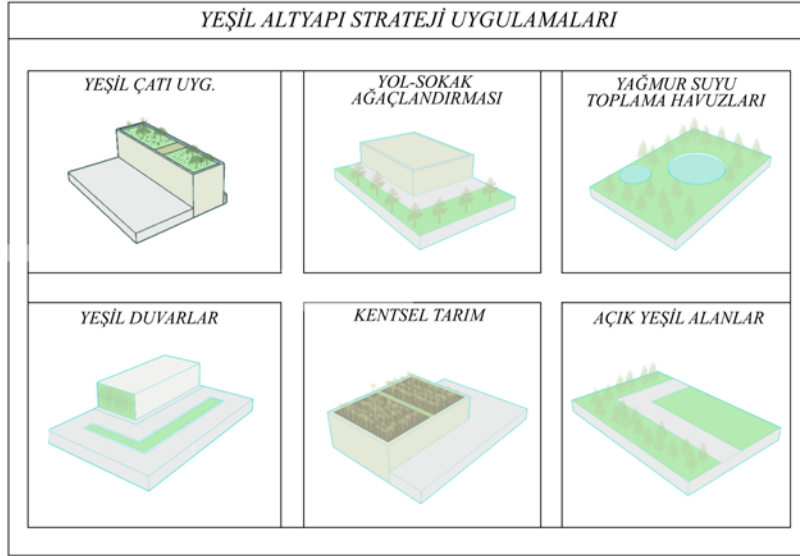
Bu çalışmayla ülkemizin metropol kenti olan İstanbul'un karbon nötr kent hedefini desteklemek amacıyla, 2002 ve 2020 yılları arasındaki dönemde meydana gelen net birincil üretim değişimini konu almaktadır. Bu kapsamda İstanbul kentinde 2002 ve 2020 yılları arasında orman alanlarındaki net birincil üretim ve tarım alanlarındaki net birincil üretimi incelendiğinde artışlar bulunmaktadır. Tüm mahalleler bazında toplamda 964 mahalle üzerinden ortaya konan net birincil üretim değerlerinden 662 mahallenin net birincil üretim miktarı azalırken, 289 mahallede net birincil üretim miktarı artmıştır. Bu doğrultuda karbon miktarı açısından en çok riskli 3 mahalle(Net birincil üretimi azalan)belirlenmiştir bunlar; Esenyurt ilçesine bağlı Piri Reis mahallesi %-99.51'lik net birincil üretim kaybı, Ümraniye ilçesine bağlı Finanskent mahallesi %-96.95'lik net birincil üretim kaybı, Pendik ilçesine bağlı Çamlık mahallesi %-83.37 net birincil üretim kaybı yaşamıştır.Aynı biçimde risk durumu nötr kalan, net birincil üretimi olmayan mahalleler; Bağcılar ilçesine bağlı Yenigün mahallesi %0.0 net birincil üretim, Esenler ilçesine bağlı Kazım Karabekir mahallesi %0.0 net birincil üretim ve Beyoğlu ilçesine bağlı Bereketzade mahallesi %0.0 net birincil üretim ile değişim yaşanmamıştır.Son olarak karbon miktarı açısından risk durumu en az olan(Net birincil üretimi artan) 3 mahalle; Arnavutköy ilçesine bağlı Sazlıbosna mahallesi %26.61'lik net birincil üretim artışı, Eyüpsultan ilçesine bağlı Akpınar mahallesi %24.39'lük net birincil üretim artışı ve Çatalca ilçesi Ormanlı mahallesinde %23.23'lük net birincil üretim artışı saptanarak bu mahalleler için uygun planlama ve tasarım önerileri geliştirilmiştir.Bu noktada yeşil altyapı stratejilerine başvurularak;Yeşil çatı uygulamaları,yol sokak ağaçlandırması,yağmur suyu toplama havuzlarının oluşturulması,yeşil duvarlar, kentsel tarım ve açık yeşil alanların oluşturulması uygulamaları önerilmiştir(Şekil 5.1).

Risk durumlarına (net birincil üretim miktarına) göre mahalleler değerlendirildiğinde;

En çok riskli (net birincil üretimi azalan) 3 mahalle olan; Esenyurt ilçesine bağlı Piri Reis mahallesi, Ümraniye ilçesine bağlı Finanskent mahallesi ve Pendik ilçesine bağlı Çamlık Mahallesi; yeşil alan doğal ve yarı doğal alanlardaki yapay yüzeylere dönüşümler, geçirimli yüzeylerden geçirimsiz yüzeylere geçiş üst seviyede olduğundan, yapı stoğunun artması bu mahallerdeki net birincil üretimin azalmasına neden olmuştur. Bu doğrultuda risk durumu oluşan bu mahallerde kent içi yeşil alanların arttırılması, kentsel boşlukların olmadığı mahallelerde yeşil çatı, yeşil duvar, sokak ağaçlandırma uygulamaları yapılmalıdır (Şekil 5.1).

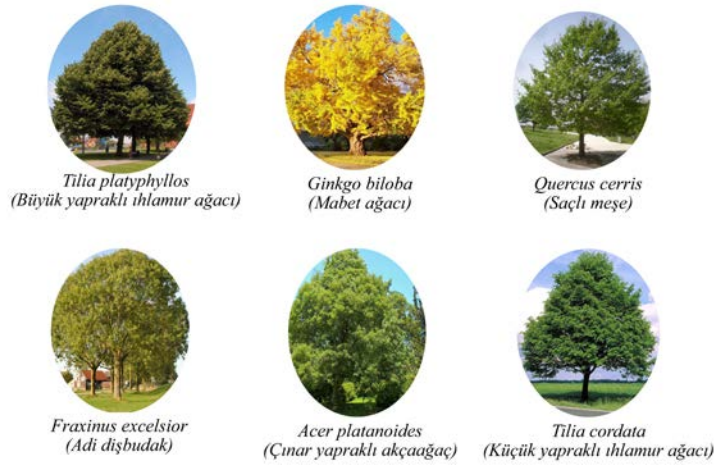
Orta riskli (net birincil üretimi olmayan) olan 3 mahalle; Bağcılar ilçesine bağlı Yenigün mahallesi, Esenler ilçesine bağlı Kazım Karabekir mahallesi ve Beyoğlu ilçesine bağlı Bereketzade mahallesinde yapı stoğu geçmiş yıllarda olduğu gibi son yıllarda da yüksek miktarda olduğundan bu mahallelerde net birincil üretim bulunmazken değişimde gelişmemiştir. Bu mahaller için açık alan pek bulunmadığından bina ölçeğinde; yeşil çatı uygulamalarına, yeşil duvar uygulamalarına, kentsel tarım uygulamalarına yer verilmelidir. Aynı biçimde sokak tipolojilerine uygun biçimde cadde sokak ağaçlandırmalarıyla mahallelerdeki karbon tutulumu yüksek bitkilerle net birincil üretime katkı sağlanmalıdır (Şekil 5.1).

Risk durumu olmayan (net birincil üretimi artan) 3 mahallede; Arnavutköy ilçesine bağlı Sazlıbosna mahallesi, Çatalca Ormanlı Mahallesi, Eyüpsultan ilçesine bağlı Akpınar mahallesinde orman ve tarım alanlarındaki oran yıllar içerisinde artmıştır. Artan bu oranlar net birincil üretime doğrudan katkı sunarak bu mahallelerdeki karbon tutum kapasitesinde olumlu yönde katkıları olmuştur. Bu mahalleler daha kırsal alanlar olup net birincil üretimi artan ve net birincil üretimi olmayan mahallelere oranla yerleşim alanları ve nüfusları daha azdır. Net birincil üretimi artan bu mahallerin korunup mahalle içerisinde yer alan orman, tarım ve yeşil alanların bölünmemesi, parçalanmaması net birincil üretimin gelecekteki yıllar içerisinde artmasında önemlidir. Kentin önemli karbon stoğu olan bu mahallelerin rezerv niteliği bulunup yapılaşma bile kontrollü yapılmalıdır.



Şekil 5. 1 :Yeşil altyapı önerileri

Karbon Nötr Kent stratejilerinden azaltım politikası kapsamında şehirlerin karbon miktarını düşürmede tasarım ölçeğinde bitki materyalinin kullanımının artırılması önemlidir. Bu doğrultuda İstanbul kenti için özellikle net birincil üretimi olmayan veya net birincil üretimde azalma saptanan mahalleler için bazı bitkisel materyaller önerilmiştir. Mahalleler için karbon tutulumunun yüksek olduğu bazı türler şekilde gösterilmiştir. Bu türler *Tilia platyphyllos* (Büyük yapraklı ıhlamur ağacı), *Ginkgo biloba* (Mabet ağacı), *Quercus cerris* (Saçlı meşe), *Fraxinus excelsior* (Adi dişbudak), *Acer platanoides* (Çınar yapraklı akçaağaç), *Tilia cordata* (Küçük yapraklı ıhlamur ağacı) (URL-8). Bu türlerin özellikle kent içerisinde kullanımının yaygınlaştırılarak karbon depolamasına maksimum seviyede katkı sağlanması hedeflenmelidir.



Şekil 5. 2 :Karbon tutulumu yüksek olan bazı bitki türleri

Bu türlerin önerilme sebepleri; Yıllarca yaşıyor olmaları, Hızlı büyümeleri, Çok ve geniş yapraklara sahip olmalarıdır. Karbon tutulumunda İstanbul kenti için yerele uygun yetişme durumlarından dolayı belli bitki türleri tercih sebebi olmuştur.

Bu tezin sonucunda 2000 ve 2020 yıllarını kapsayan dönemde İstanbul kentinin net birincil üretim miktarları mahalle düzeyinde belirlenmiştir. Elde edilen bulgularla net birincil üretimin arttığı mahalleler tarım ve orman vejetasyonun arttığı mahalleler iken, net birincil üretimin azaldığı mahalleler yeşil alan ve doğal alanların azaldığı mahalleler olmuştur. Bu doğrultuda bu mahalleler için karbon nötr kent ilkeleri doğrultusunda uygun kentsel planlama ve tasarım önerileri geliştirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulgular arazi kullanımındaki değişimin net birincil üretime ve iklim değişikliğine etkisinde, karbon emisyonuyla mücadelede rehber görevi üstelenerek kent planlama konusunda söz sahiplerinin mekansal planlama noktasında yardımcı olması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- Ayenikafo, O. M., & Wang, Y. F.** (2021). Land use /Land cover changes analysis in sudano guinean region of benin. *Applied ecology and environmental research*, 19(1), 715-726.
- Bozoglu, M., Baser, U., Eroglu, N. A., & Topuz, B. K.** (2019). Impacts of Climate Change on Turkish Agriculture. 14, 7.
- Calef, M. P., David McGuire, A., Epstein, H. E., Scott Rupp, T., & Shugart, H. H.** (2005). Analysis of vegetation distribution in Interior Alaska and sensitivity to climate change using a logistic regression approach. *Journal of Biogeography*, 32(5), 863-878.
- CCAP** (2011). The Value of Green Infrastructure for Urban Climate Adaptation.
- Cengiz, S.** (2019). Kentsel Büyüme Dinamiklerinin Modellenmesi: Ankara Kenti
- Comarazamy, D. E., González, J. E., Luvall, J. C., Rickman, D. L., & Bornstein, R. D.** (2013). Climate impacts of land-cover and land-use changes in tropical islands under conditions of global climate change. *Journal of Climate*, 26(5), 1535-1550.
- Cui, Y., Li, L., Chen, L., Zhang, Y., Cheng, L., Zhou, X., & Yang, X.** (2018). Land-use carbon emissions estimation for the Yangtze River Delta Urban Agglomeration using 1994–2016 Landsat image data. *Remote Sensing*, 10(9), 1334.
- Dale, V. H.** (1997). The relationship between land-use change and climate change. *Ecological applications*, 7(3), 753-769.
- EPA** (2008).“Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies - Urban Heat Island Basics”.
- EPA** (2016).“Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies - Urban Heat Island Basics”.
- Fang, H., Baret, F., Plummer, S., & Schaepman-Strub, G.** (2019). An overview of global leaf area index (LAI): Methods, products, validation, and applications. *Reviews of Geophysics*, 57(3), 739-799.
- Fang, J., Guo, Z., Piao, S., & Chen, A.** (2007). Terrestrial vegetation carbon sinks in China, 1981–2000. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 50(9), 1341-1350.
- FR** (2010). Benefits of green infrastructure.196.
- Gao, T., Liu, Q., & Wang, J.** (2014). A comparative study of carbon footprint and assessment standards. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 9(3), 237-243.
- Giri, C. P.** (Ed.). (2012). Remote sensing of land use and land cover: principles and applications. CRC press.

- Golubchikov, O.** (2011). Climate neutral cities: how to make cities less energy and carbon intensive and more resilient to climatic challenges. *New York and Geneva: United Nations, Economic Commission for Europe (UNECE)*.
- Hallsworth, S., & Thomson, A.** (2011). Mapping carbon emissions & removals for the land use, land use change & forestry sector. Centre for Ecology and Hydrology.
- Keenan, T. F., & Williams, C. A.** (2018). The terrestrial carbon sink. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 43(1), 219-243.
- Masson-Delmotte, V., Kageyama, M., Braconnot, P., Charbit, S., Krinner, G., Ritz, C., Guilyardi, E., Jouzel, J., Abe-Ouchi, A., Crucifix, M., Gladstone, R. M., Hewitt, C. D., Kitoh, A., LeGrande, A. N., Marti, O., Merkel, U., Motoi, T., Ohgaito, R., Otto-Bliesner, B., ... Yu, Y.** (2006). Past and future polar amplification of climate change: Climate model intercomparisons and ice-core constraints. *Climate Dynamics*, 26(5), 513-529.
- Ng, Edward, ve Chao Ren, ed.** 2015. *The Urban Climatic Map: A Methodology for Sustainable Urban Planning*. Abingdon, Oxon ; New York, NY: Routledge. Nuruzzaman, Md. (2015).
- Ni, J.** (2000). Net primary production, carbon storage and climate change in Chinese biomes. *Nordic Journal of Botany*, 20(4), 415-426.
- Nuruzzaman, M.** (2015). Urban heat island: causes, effects and mitigation measures-a review. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*, 3(2), 67-73.
- Okello, C., Tomasello, B., Greggio, N., Wambiji, N., & Antonellini, M.** (2015). Impact of population growth and climate change on the freshwater resources of Lamu Island, Kenya. *Water*, 7(3), 1264-1290.
- Pettorelli, N., Ryan, S., Mueller, T., Bunnefeld, N., Jędrzejewska, B., Lima, M., & Kausrud, K.** (2011). The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): unforeseen successes in animal ecology. *Climate research*, 46(1), 15-27.
- Sekman, B.** (2022). Arazi kullanımı/örtüsü değişimi ve iklim değişikliği arasındaki ilişkinin İstanbul örneğinde çözümlenmesi.
- Siyavuş, A. E.** (2021). Changes in Land Use and Land Cover of Düzce Province (1990-2018). *Coğrafya Dergisi*, (42), 121-138.
- Stephenson, J., Newman, K., & Mayhew, S.** (2010). Population dynamics and climate change: what are the links?. *Journal of Public Health*, 32(2), 150-156.
- Sugiarto, Y., & June, T.** (2008). Estimation Of Net Primary Production (Npp) Using Remote Sensing Approach And Plant Physiological Modeling (pendugaan Net Primary Production

(Npp) Menggunakan Pendekatan Penginderaan Jauh dan Modeling Fisiologis Tanaman). *Agronomet*, 22(2), 183-199.

Sun, J., Yue, Y., & Niu, H. (2021). Evaluation of NPP using three models compared with MODIS-NPP data over China. *PloS one*, 16(11), e0252149.

Tian, S., Wang, S., Bai, X., Luo, G., Li, Q., Yang, Y., ... & Deng, Y. (2021). Global patterns and changes of carbon emissions from land use during 1992–2015. *Environmental Science and Ecotechnology*, 7, 100108.

TÜİK. 29 Ekim 2022, <https://www.tuik.gov.tr>.

UNEF (2011). Climate Neutral Cities'How to make cities less energy and carbon intensive and more resilient to climatic challenges.'4-70.

URL-1:https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018(Erişim, Haziran 2021).

URL-2:https://www.un.org/en/sections/issues-depth/climate-change/ (Erişim, Haziran 2021).

URL-3:https://iklimicinkentler.org/(Erişim Haziran 2022).

URL-4 https://earthhero.com/carbon-emissions/ (Erişim, Nisan 2022).

URL-5:https://ourworldindata.org/co2-emissions/ (Erişim Nisan 2022).

URL-6:https://carbonneutralcities.org/cities/(Erişim Mart 2023).

URL-7:https://cevre.ibb.istanbul/2050de-karbon-notr-ve-direncli-bir-istanbul-icin-yol-haritamiz-hazir/(Erişim Aralık 2022).

URL-8: https://ungo.com.tr/ (Erişim Aralık 2022)

Zhang, M., Lin, H., Sun, H., & Cai, Y. (2019). Estimation of vegetation productivity using a landsat 8 time series in a heavily urbanized area, Central China. *Remote Sensing*, 11(2), 133.

Zhao, R., Huang, X., Liu, Y., Zhong, T., Ding, M., & Chuai, X. (2015). Carbon emission of regional land use and its decomposition analysis: Case study of Nanjing City, China. *Chinese Geographical Science*, 25(2), 198-212.

Wu, C., Chen, K., You, X., He, D., Hu, L., Liu, B., ... & Liu, F. (2022). Improved CASA model based on satellite remote sensing data: Simulating net primary productivity of Qinghai Lake Basin alpine grassland. *Geoscientific Model Development*, 15(17), 6919-6933.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Mehmet Mustafa ÖZEL

ÖĞRENİM DURUMU:

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

MESLEKİ DENEYİM:

- 2021-2023 Malatya Yeşilyurt Belediyesi.