

**KENTSEL ALANLARDAKİ KARBON EMİSYONLARININ ARAZİ
KULLANIMI İLE İLİŞKİSİNİN UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ
SİSTEMİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ: ESKİŞEHİR KENT MERKEZİ
ÖRNEĞİ**

Burcu SAĞLAM DOĞAN

Yüksek Lisans Tezi

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Zehra YİĞİT AVDAN

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Ağustos 2020

ÖZET

KENTSEL ALANLARDAKİ KARBON EMİSYONLARININ ARAZİ KULLANIMI İLE İLİŞKİSİNİN UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ: ESKİŞEHİR KENT MERKEZİ ÖRNEĞİ

Burcu SAĞLAM DOĞAN

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ağustos 2020

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Zehra YİĞİT AVDAN

Bu çalışmanın temel amacı, kent merkezlerindeki kentsel alanlardan yayılan karbon emisyonunun CBS ve Uzaktan Algılama teknolojileri kullanılarak ortaya konulması ve arazi kullanımı haritaları ile ilişkilendirilmesidir. Bu amaç doğrultusunda çalışma alanı olarak Eskişehir ilinin Odunpazarı ve Tepebaşı ilçeleri belirlenmiştir. Çalışmada, Eskişehir kent merkezinde bulunan yerleşim, ulaşım ve sanayi kentsel alan türleri için 2010-2019 yılları arasındaki zaman dilimine ait enerji kullanım verileri, yakıt tüketim verileri ve 2012-2018 yıllarına ait CORINE arazi kullanım verileri kullanılmıştır. Elde edilen veriler ile CBS tabanlı ArcGIS yazılımında üretilen karbon emisyon haritaları, CORINE verilerinden üretilen arazi kullanım haritaları ile ilişkilendirilmiştir. Araştırma sonucunda yıllara göre karbon emisyonunun fazla olduğu kentsel alan türlerinin farklılık gösterdiği, genel anlamda kent merkezinde yoğunlaşan yüksek karbon emisyon değerlerinde yerleşim alanlarının en büyük paya sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca araştırmanın bir diğer sonucu ise kent merkezlerinde arazi kullanım değişimleri incelendiğinde kentsel alanların kayda değer bir şekilde artması ve karbon yutak alanlarından biri olan orman ve yarı doğal alanların azalmasıdır. Çalışmada elde edilen sonuçların kentlerin karbon azaltma stratejilerinin belirlenmesi ve özellikle karbon emisyonlarına ilişkin yapılacak gelecek çalışmalara yeni fikirler sunması açısından katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Kentsel alanlar, Karbon emisyonu, Arazi kullanımı, Uzaktan algılama, Coğrafi bilgi sistemleri.

ABSTRACT

DETERMINATION IN URBAN AREAS CARBON EMISSIONS AND LAND USE RELATIONSHIP USING REMOTE SENSING AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS: A CASE STUDY OF ESKİSEHIR PROVINCE

Burcu SAĞLAM DOĞAN

Department of Remote Sensing and Geographical Information Systems Program

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, August 2020

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Zehra YİĞİT AVDAN

The main aim of this study is to reveal the carbon emission emitted from kentsel areas in urban centers by using GIS and Remote Sensing technologies and to associate with it with land use maps. For this purpose, Odunpazarı and Tepebaşı districts of Eskişehir were determined as the study area. In the study were used energy use and fuel consumption data of residential, transportation and industrial areas as urban areas in Eskişehir province for the time period between 2010-2019 and for the land use, CORINE land data for the years 2012-2018 were used. The carbon emission maps produced in GIS-based ArcGIS software with the obtained data are associated with land use maps produced from CORINE data. Our study found that although urban area types with high carbon emissions differ by years, residential areas have the largest share in the high carbon emission values concentrated in the city center. In addition, the current study, it is indicate that urban areas significantly and, forest and semi-natural areas, one of the carbon sink areas, a decrease to be seen. In this respect, it is expected that the obtained results will contribute to the determination of the carbon reduction strategies of the cities and to provide new ideas for the future studies especially on carbon emissions.

Keywords: Urban areas, Carbon emission, Land use, Remote sensing, Geographic information systems.

TEŞEKKÜR

Çalışmanın gerçekleştirilmesinde birçok kişinin emeği bulunmaktadır. Bu kişilerin en başında çalışmanın her aşamasında desteğini hiçbir zaman esirgemeyerek değerli görüş ve deneyimlerini benimle paylaşan Dr. Öğr. Üyesi Zehra YİĞİT AVDAN'a kendisi ile çalışma fırsatı sunduğu için teşekkürü bir borç bilirim.

Araştırma sürecinde çeşitli aşamalarda çalışmaya katkı sağlayarak öneri ve deneyimleriyle çalışmaya katkı sağlayan değerli hocam Doç. Dr. Uğur AVDAN'a teşekkürlerimi sunarım. Araştırmanın veri toplama sürecinde değerli görüş ve fikirleriyle çalışmamıza katkıda bulunan Fulya DEMİRCİOĞLU, Yılmaz ÖNCE ve Duygu KARACA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak bugünlere gelmemde büyük emekleri olan ve tüm eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen sevgili annem ve babam Emine-Metin SAĞLAM'a ve kardeşlerime teşekkürü bir borç bilirim. Hayatımın her anında olduğu gibi akademik çalışmalarım sürecinde yaşadığım tüm zorlukları benimle birlikte göğüsleyerek her zaman yanımda olan kıymetli eşim Ümit DOĞAN'a bana vermiş olduğu destek ve göstermiş olduğu sabırdan dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Burcu SAĞLAM DOĞAN

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programıyla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Burcu SAĞLAM DOĞAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR	iii
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
SİMGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı	2
1.2. Çalışmanın Önemi.....	2
1.3. Kısıtlılıklar ve Sınırlılıklar	3
1.4. Literatür Taraması	3
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....	9
2.1. Küresel İklim Değişikliği	9
2.2. Sera Gazları	10
2.3. Karbon Emisyonunun Ana Kaynakları	12
2.4. Kentsel (Geçirimsiz) Alanlar	13
2.4.1. Yerleşim alanları	13
2.4.2. Sanayi alanları	14
2.4.3. Ulaşım alanları.....	15
2.5. Uzaktan Algılama	16
2.5.1. CORINE arazi kullanımı	16
2.6. Coğrafi Bilgi Sistemleri	18
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	20
3.1. Materyal.....	20
3.1.1. Çalışma alanı.....	20

3.1.2. Kullanılan veriler	21
3.1.2.1. Yerleşim alanları.....	21
3.1.2.2. Sanayi.....	27
3.1.2.3. Ulaşım	32
3.1.2.4. CORINE verileri	33
3.2. Kullanılan Yöntemler	36
3.2.1. Emisyon hesaplama	36
3.2.1.1. Yerleşim alanları.....	37
3.2.1.2. Sanayi.....	40
3.2.1.3. Ulaşım	41
3.2.2. Karbon emisyonu haritalarının hazırlanmasında CBS kullanımı.....	44
3.2.3. CORINE arazi kullanım haritalarının hazırlanması	45
4. BULGULAR.....	46
4.1. Yerleşim Alanlarından Kaynaklı Karbon Emisyonu	46
4.1.1. Doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu.....	46
4.1.1. Elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu	56
4.2. Sanayiden Kaynaklı Karbon Emisyonu.....	66
4.3. Ulaşımdan Kaynaklı Karbon Emisyonu	69
4.5. CORINE Arazi Kullanım Değişimi	72
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	78
KAYNAKÇA.....	82
ÖZGEÇMİŞ	

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1. Yerleşim alanlarının karbon emisyonunun belirlenmesine ilişkin yapılan çalışmalar	4
Çizelge 1.2. Ulaşımında karbon emisyonunun belirlenmesine ilişkin yapılan çalışmalar	5
Çizelge 1.3. Yerleşim alanları ve ulaşımında karbon emisyonunun belirlenmesine ilişkin yapılan çalışmalar	6
Çizelge 1.4. Yerleşim, sanayi ve ulaşım alanlarının karbon emisyonunun belirlenmesine ilişkin yapılan çalışmalar	7
Çizelge 1.5. Karbon emisyonuna ilişkin yapılan çalışmalar	8
Çizelge 2.1. CORINE arazi sınıflarına ait seviyeler	18
Çizelge 3.1. Kullanılan veriler	21
Çizelge 3.2. Tepebaşı ve Odunpazarı ilçeleri 2010-2019 yılları arası toplam doğalgaz tüketimi	22
Çizelge 3.3. Eskişehir ili yıllara göre faturalanan elektrik enerjisi tüketiminin tüketici türüne göre dağılımı	24
Çizelge 3.4. Eskişehir ili yıllara göre faturalanan toplam elektrik enerjisi tüketimi, nüfusu ve kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketimi	25
Çizelge 3.5. Eskişehir ili merkez ilçelerinin yıllara göre faturalanan toplam elektrik enerjisi tüketimi ve nüfusu	26
Çizelge 3.6. Sanayi’de yıllara göre doğalgaz tüketimi	29
Çizelge 3.7. Sanayide yıllara göre elektrik tüketimi	30
Çizelge 3.8. Eskişehir ili 2010-2019 yılları karayolu ve havayolu kaynaklı yakıt tüketimleri	32
Çizelge 3.9. Odunpazarı ve Tepebaşı ilçeleri 2012 yılı CORINE Seviye 3 katmanlarına göre kapladıkları alan	33
Çizelge 3.10. Odunpazarı ve Tepebaşı ilçeleri 2018 yılı CORINE Seviye 3 katmanlarına göre kapladıkları alan	34
Çizelge 3.11. Yakıtların dönüşüm faktörleri	41
Çizelge 3.12. Karbon emisyon faktörleri	42
Çizelge 3.13. Karbon oksitlenme oranı	42

Çizelge 4.1. Tepebaşı ve Odunpazarı ilçeleri yıllara göre doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu	47
Çizelge 4.2. Tepebaşı ve Odunpazarı ilçeleri 2010-2019 yılları arası elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu	57
Çizelge 4.3. Yıllara göre sanayide doğalgaz ve elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu	67



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Sera gazları	11
Şekil 3.1. Çalışma alanı konumu	20
Şekil 3.2. Tepebaşı ve Odunpazarı ilçeleri 2010-2019 yılları arası toplam doğalgaz tüketimi.....	23
Şekil 3.3. Eskişehir ili yıllara göre faturalanan elektrik enerjisi tüketiminin tüketici türüne göre dağılımı.....	24
Şekil 3.4. Eskişehir ili yıllara göre faturalanan toplam elektrik enerjisi tüketimi ve nüfusu.....	25
Şekil 3.5. Tepebaşı ve Odunpazarı toplam elektrik enerjisi tüketimi.....	26
Şekil 3.6. Eskişehir sanayi alanları haritası	28
Şekil 3.7. Sanayide yıllara göre doğalgaz tüketimi	30
Şekil 3.8. Sanayide yıllara göre elektrik tüketimi	31
Şekil 3.9. Seviye 3' e göre düzenlenmiş CORINE 2012 ve 2018 yılı arazi kullanım haritaları.....	35
Şekil 4.1. Tepebaşı ve Odunpazarı ilçeleri yıllara göre doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu	47
Şekil 4.2. 2010-2019 yılları aralığı doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması.....	49
Şekil 4.3. 2010-2014 yılları aralığı doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu	50
Şekil 4.4. 2015-2019 yılları arası doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu	51
Şekil 4.5. 2010-2011 yılları doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması	52
Şekil 4.6. 2012-2013 yılları doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması	52
Şekil 4.7. 2014-2015 yılları doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması	53
Şekil 4.8. 2016-2017 yılları doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması	54

Şekil 4.9. 2018-2019 yılları doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması	54
Şekil 4.10. 2010-2019 yılları doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması.....	55
Şekil 4.11. Tepebaşı ve Odunpazarı ilçeleri 2010-2019 yılları arası elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu	58
Şekil 4.12. 2010-2019 yılları aralığı elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması.....	59
Şekil 4.13. 2010-2014 yılları aralığı elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu	60
Şekil 4.14. 2015-2019 yılları aralığı elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu	61
Şekil 4.15. 2010-2011 yılları elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması	62
Şekil 4.16. 2012-2013 yılları elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması	62
Şekil 4.17. 2014-2015 yılları elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması	63
Şekil 4.18. 2016-2017 yılları elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması	64
Şekil 4.19. 2018-2019 yılları elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması	64
Şekil 4.20. 2010-2019 yılları elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması	65
Şekil 4.21. Yıllara göre sanayide doğalgaz ve elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu	67
Şekil 4.22. Yıllara göre Odunpazarı ve Tepebaşı ilçelerinde ulaşımdan kaynaklı CO ₂ emisyonu	71
Şekil 4.23. Odunpazarı ilçesi CORINE arazi kullanımı Seviye 1'e göre alansal değişimi.....	74
Şekil 4.24. Odunpazarı ilçesi CORINE arazi kullanımı Seviye 1'e göre yüzde olarak alansal değişimi.....	74

Şekil 4.25. Tepebaşı ilçesi CORINE arazi kullanımı Seviye 1’e göre alansal değişimi.....	76
Şekil 4.26. Tepebaşı ilçesi CORINE arazi kullanımı Seviye 1’e göre yüzde olarak alansal değişimi.....	76
Şekil 4.27. Seviye 1’e göre düzenlenmiş ve 2012-2018 yılları CORINE arazi kullanımı değişimi haritası.....	77



SİMGELER DİZİNİ

AÇA	: Avrupa Çevre Ajansı
BM	: Birleşmiş Milletler
BEBKA	: Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı
BOTAŞ	: Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CORINE	: Coordination of Information on the Environment
EBB	: Eskişehir Büyükşehir Belediyesi
EMEP	: European Monitoring and Evaluation Programme
EEA	: European Environment Agency
EPA	: Environmental Protection Agency
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ESO	: Eskişehir Sanayi Odası
GES	: Güneş Enerji Santrali
GMES	: Global Monitoring for Environment and Security
GPC	: Global Protocol for Community-scale Greenhouse Gas Emission
KSS	: Küçük Sanayi Sitesi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TDK	: Türk Dil Kurumu
UA	: Uzaktan Algılama
UOB	: Uçucu Organik Bileşikler

1. GİRİŞ

1800’lü yıllarda sanayi devrimiyle birlikte buhar makinelerinin icadı sonrasında özellikle ulaşım alanındaki gelişmeler ve makineleşme enerji ihtiyacını kayda değer bir biçimde arttırmıştır. Bu bağlamda ihtiyaç duyulan enerji ihtiyacını karşılamak adına enerji (kömür, petrol, doğalgaz) kaynaklarının kullanımının tüm dünyada artış gösterdiği bilinmektedir (Kostic, 2007). Enerji kaynaklarının kullanımının günden güne artması, küresel ısınma ve onun sonucu olan iklim değişikliği gibi çevresel sorunları tetiklemektedir. Svante Arrhenius tarafından Stockholm Fizik Topluluğu’nda fosil yakıt kullanımının çevresel etkileri ve sera gazı salınımı (karbondioksit, azot oksit, metan ve florlu gazlar gibi sera gazları) küresel ısınmaya etkisi olabileceği dile getirildikten sonra, karbon salınımı kavramı hem araştırmacılar hem de tüm insanların dikkatini çekmeye başlamıştır (Crawford, 1997). Bu doğrultuda tüm Dünya’da birtakım önleyici politikalar izlenmeye başlanmıştır. Sözü edilen gelişmelere paralel olarak küresel ısınmaya karşı birçok ülkede petrol, doğal gaz ve kömür tüketimini azaltılmaya çalışıldığı ve sözü edilen kaynaklara alternatif olabilecek yenilenebilir enerji kaynakları üretmeye yönelik politikalar izlenmeye başladığı görülmektedir. Çevresel sorunların günden güne artan bir şekilde baş göstermesi ve yakıt kaynaklarının geleceği konusundaki belirsizlik, alternatif enerji kaynaklarına yönelimi ve bu alanlarda yapılacak yatırımları zorunlu hale getirdiğini söylemek yanlış olmayacaktır (Bashirov, 2016). Uluslararası anlamda enerji politikaları incelendiğinde üç temel hususun ön plana çıktığı gözlemlenmektedir (Bashirov, 2016). Bu üç husustan birincisi küresel ölçekte iklim değişikliğine ve sera gazı azaltma politikalarına bir cevap olarak yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimin ve tüketimin artması üzerinde durulmaktadır. İkincisi, enerji kullanımı arttıkça petrol fiyatlarına karşı son derece hassas olan ekonomik faaliyetlerin ulusal düzeyde nasıl etkilendiğine odaklanılmaktadır. Üçüncüsü, gelir seviyesini artıran bir ülkenin ekonomik gelişimi, enerji kullanımı konusundaki ulusal politikalarını nasıl etkilemekte olduğu irdelenmektedir. Literatürde yapılan çalışmaların da genel anlamda bu üç husus üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Bu noktadan hareketle Eskişehir’deki kentsel alanlardaki karbon emisyonlarının ortaya koyulmasına ve arazi kullanımı ile ilişkisinin incelenmesine gerek duyulmuştur. Bu tez çalışmasında, Eskişehir ili kent merkezinde bulunan kentsel alanlardaki karbon emisyonlarının arazi kullanımıyla ilişkisi ortaya konmaya çalışılacaktır. Tez çalışmasının kentsel alanlardaki karbon emisyonlarının belirlenmesi ile geleceğe yönelik sürdürülebilir çevre çalışmalarının planlanması, yönetilmesi ve yürütülmesi açısından katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Bu çerçevede öncelikle çalışmanın “Giriş” bölümü başlığı altında araştırmanın amacı, önem, kısıtlar ve sınırlılıklar ve çalışmaya özgü bilgilere, alt başlıklar halinde yer verilecektir. Karbon emisyonuna yönelik literatürde yapılan çalışmalar incelenecektir. Çalışmanın ikinci bölümünde ise, genel olarak karbon emisyonu, kentsel alanlar, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile ilgili kavramsal bilgiler detaylı olarak ele alınacaktır. Üçüncü bölüm kapsamında ise çalışmada kullanılan materyal ve yöntemler ele alınacaktır. Dördüncü bölümde araştırmada elde edilen bulgular incelenecek, son bölümde sonuç ve öneriler ile çalışma sonlandırılacaktır.

1.1. Çalışmanın Amacı

Son yıllarda kentsel alanların kontrolsüz ve plansız bir şekilde hızla büyümesi nedeniyle meydana gelen arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişimleri ve sözü edilen değişimlerin çevresel faktörler üzerindeki etkileri literatürde birçok çalışmada araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Kent merkezlerinde kentsel alanların belirlenmesi, izlenmesi ve değişimlerinin tespit edilmesi uzaktan algılama teknolojisinin önemli uygulama alanları arasında bulunmaktadır (Khorshid, 2016). Bu çalışmada Eskişehir ilinde kentsel alanlarda yayılan karbon emisyonunun CBS teknolojileri kullanılarak ortaya konulması ve Uzaktan Algılama teknikleri kullanılarak üretilen CORINE arazi kullanımı verileri ile arazi kullanım haritaları hazırlanıp mevcut karbon emisyonunun arazi kullanım haritaları ile ilişkilendirilmesi amaçlanmaktadır. Bu bağlamda çalışmada 2010 ve 2019 yılları arasındaki karbon emisyonları hesaplanacaktır. 2012 ve 2018 yıllarına ait CORINE arazi kullanım verilerinden arazi kullanım haritaları hazırlanıp, mevcut karbon emisyonlarıyla ilişkilendirilmesi hedeflenmektedir.

1.2. Çalışmanın Önemi

Karbondioksit gibi birtakım zararlı gazların emisyonu öncelikle sera etkisine ve dolayısıyla küresel ısınmaya sebep olmaktadır. Küresel ısınma ise kutup bölgelerinde buzulların erimesi, okyanuslardaki su seviyelerinin yükselmesi gibi olumsuz sonuçlar meydana getirerek doğal afet ve felaketleri tetikleyebilmektedir. Enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılan fosil yakıtlar (kömür, petrol, doğalgaz vb.), atmosferde sera gazı emisyonunu günden güne arttırmaktadır. Bu doğrultuda sera gazlarının neden olduğu karbon emisyonlarının azaltımı küresel ölçekte en büyük sorun haline gelmekte ve sürdürülebilir kalkınmanın ortaya çıkmasında kritik önem arz etmektedir (Hidayatno vd., 2019). Kentsel alanların artmasının kentsel ekosistem üzerindeki potansiyel tehlikeleri nedeniyle gün geçtikçe daha çok ilgi gören bir konu haline gelmektedir (Wei vd., 2014). Bu nedenle Eskişehir ili kent merkezinde bulunan

kentsel alanlardaki karbon emisyonlarının arazi kullanımıyla ilişkisinin ortaya konması ile geleceğe yönelik hem küresel anlamda hem de ulusal anlamda sürdürülebilir çevre çalışmalarının planlanması, yönetilmesi ve yürütülmesi açısından katkı sağlanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca çalışma sonuçlarının sürdürülebilir çevre politikalarını benimseyen ve sözü edilen sonuçları kullanabilecek karar vericilere katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir. Kentlerin en önemli karbon emisyon kaynağı konumunda bulunan kentsel alan türlerini boylamsal bir zaman dilimi için incelenmesi, aynı zamanda CBS ve Uzaktan Algılama teknolojileri kullanılarak belirlenen karbon emisyon değerlerinden üretilen haritalar ile arazi kullanımı haritalarının ilişkisinin ortaya konması, çalışmanın özgünlük değerini arttırdığı düşünülmektedir.

1.3. Kısıtlılıklar ve Sınırlılıklar

Bu çalışma yürütülürken şu hususların muhtemel kısıt ve sınırlılıklar olarak dikkate alınması gerekmektedir:

- Verilerin elde edilmesinde karşılaşılabilecek sınırlılıklar
- Elde edilen verilerin bir kısmı mahalle bazında detaylı olarak temin edilebilmiş iken bir kısmı toplam tüketim olarak temin edilmiştir. Bu nedenle toplam tüketim olarak elde edilen veriler ilgili yılların nüfusu ile oranlanarak karbon emisyonu belirlenmiştir.

1.4. Literatür Taraması

Literatürde bazı araştırmacılar tarafından özellikle gelişmiş ülkelerde kent merkezlerinin karbon emisyonlarına ilişkin birçok çalışma yapıldığı vurgulanmaktadır (Kennedy vd., 2009). Karbon emisyonunu Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile ilişkilendiren ve aynı zamanda karbon emisyonunu inceleyen çalışmalara, bu bölümde yer verilmektedir. Çizelge 1.1’de yerleşim alanlarının karbon emisyonlarının belirlenmesine ilişkin çalışmalar; Çizelge 1.2’de ulaşım alanlarının karbon emisyonunun belirlenmesine ilişkin yapılan çalışmalar; Çizelge 1.3’te yerleşim ve ulaşım alanlarının karbon emisyonunun belirlenmesine ilişkin yapılan çalışmalar; Çizelge 1.4’te yerleşim, sanayi ve ulaşım alanlarının karbon emisyonunun belirlenmesine ilişkin yapılan çalışmalar; Çizelge 1.5’te ise sadece karbon emisyonuna ilişkin yapılan çalışmalar özetlenmektedir.

Çizelge 1.1. Yerleşim alanlarının karbon emisyonunun belirlenmesine ilişkin yapılan çalışmalar

Kaynak	Alan Tipi	Araştırma Konusu	Kullanılan Veriler ve Programlar	Yöntem	Sonuç
Öztürk, (2001)	Yerleşim	Konutsal ısıtma sistemleri kaynaklı emisyonların haritalandırılması	-Konut sayısı, -Bina bazında kat sayısı, -Isıtma sistemi, -Yakıt türü √ <i>Map Info</i>	Yanmadan kaynaklı CO ₂ , NO ₂ , SO ₂ , PM ve hidrokarbon emisyonları hesaplanarak CBS ile haritalandırılmıştır.	Çalışmada binalardan kaynaklı karbon emisyonlarının önemli ölçüde arttığı sonucuna ulaşılmıştır.
Perdeli, (2018)		Konutlar için CBS tabanlı karbon ayak izi ölçüm metodolojisi geliştirme	-Konutlarda kullanılan doğalgaz ve elektrik tüketimi √ <i>ArcGIS</i>	Konutlardaki doğalgaz ve elektrik tüketimleri Tier-1 ve Tier-2 yöntemleriyle hesaplanarak, CBS ortamında haritalandırılmıştır.	Bursa ilindeki konutlara ait 3 yıllık (2014-2017) karbon ayak izinin değişim seyri incelenmiştir.

Literatürde ulaşım alanlarından kaynaklı karbon emisyonlarının kent ölçeğinde önemli bir payının olduğu görülmektedir.

Çizelge 1.2. Ulaşım da karbon emisyonunun belirlenmesine ilişkin yapılan çalışmalar

Kaynak	Alan Tipi	Araştırma Konusu	Kullanılan Veriler ve Programlar	Yöntem	Sonuç
Soruşbay, (2005)	Ulaşım	Karayolu ulaşımından kaynaklı karbon emisyonu	-Ülkelerin karayolu ulaşımından kaynaklı karbon emisyon değerleri √ <i>Microsoft Excel</i>	Farklı ülkelerin karayolu ulaşımı kaynaklı karbon emisyonu değişimi analiz edilmiştir.	Yakıt tüketimlerine bağlı olarak karbon emisyonlarının arttığı sonucuna ulaşılmıştır.
Civelekoğlu ve Bıyık, (2018)		Ulaşım sektöründen kaynaklı karbon ayak izi değişimi	-Türkiye ve G-20 ülkelerinin ulaşım sektöründen kaynaklı karbon ayak izi değerleri √ <i>Microsoft Excel</i>	1990-2016 (26 yıllık) yıllarındaki ulaşım kaynaklı karbon ayak izi değerlerinin değişimi analiz edilmiştir.	Ulaşım sektöründe 2016 yılına kadar en çok artış gösteren sera gazının CO ₂ olduğu sonucuna varılmıştır.
Türkay, (2018)		Karayolu ulaşımından kaynaklı sera gazı emisyonu	-Yakıt tüketim değerleri, -Trafığe kayıtlı araç sayıları √ <i>Microsoft Excel</i>	Karayolu ulaşımı için Tier-1 yöntemi kullanılmıştır.	Karayolu ulaşımında motorinin benzin ve LPG'ye göre daha fazla CO ₂ emisyonuna neden olduğu saptanmıştır.

Literatürde kent merkezlerinde yerleşim ve ulaşımdan kaynaklı karbon emisyonunu birlikte ele alan çalışmalara da rastlanmaktadır. Bu çalışmalar aşağıda Çizelge 1.3’de özetlenmektedir.

Çizelge 1.3. *Yerleşim alanları ve ulaşımda karbon emisyonunun belirlenmesine ilişkin yapılan çalışmalar*

Kaynak	Alan Tipi	Araştırma Konusu	Kullanılan Veriler ve Programlar	Yöntem	Sonuç
Glaeser ve Kahn, (2010)	Yerleşim alanları ve Ulaşım	ABD’de 66 eyaletin karbon emisyonları ile arazi kullanımı arasındaki ilişkisinin belirlenmesi	-Ulusal Hane halkı verileri -Nüfus düzeyi nüfus sayımı ve konut sayımı -Ulusal Transit Veri tabanı	Korelasyon analizi	En düşük karbon emisyonu değerlerinin Kaliforniya’da iken en yüksek Oklahoma ve Teksas’ta olduğu tespit edilmiştir. Arazi kullanımı ile karbon emisyonu arasında negatif bir ilişki olduğu saptanmıştır.
Turanlı, (2015)		Toplam karbon ayak izini belirleme	-Ulaşım, -Elektrik kullanımı, -Doğal gaz kullanımı, -Gıda tüketimi √ <i>Microsoft Excel</i>	Tier-1 yöntemi kullanılmıştır.	14 yıllık izlenen süreçte en çok CO ₂ emisyonunun sırasıyla doğalgaz, elektrik tüketimi, ulaşım ve gıdadan kaynaklı olduğu sonucuna varılmıştır.
R.Dassı, (2017)		CO ₂ emisyonlarının tahmini ve CBS ile haritalandırılması	-Ulaşım, -Konutlardaki elektrik ve doğalgaz tüketimi √ <i>QGIS 2.12.3</i> √ <i>GRASS GIS 7.0.3</i>	Tier-1 ve Tier-2 yöntemleriyle hesaplanan değerler IDW yöntemi ile haritalandırılmıştır.	2016 yılı için belirlenen CO ₂ emisyonu değerinin 2012 yılına göre arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Literatürde kent merkezlerinde yerleşim, ulaşım ve sanayiden kaynaklı karbon emisyonunu ele alan çalışmaların da olduğu görülmektedir.

Çizelge 1.4. Yerleşim, sanayi ve ulaşım alanlarının karbon emisyonunun belirlenmesine ilişkin yapılan çalışmalar

Kaynak	Alan Tipi	Araştırma Konusu	Kullanılan Veriler ve Programlar	Yöntem	Sonuç
Çınar vd., (2003)	Yerleşim Sanayi Ulaşım	Konut, trafik ve sanayi tesislerindeki yakıt kullanımından kaynaklı emisyonlar	-Nüfus, -Isıtma sistemi - Eysel ısıtma yakıt türleri ve tüketim miktarı, - Trafığe kayıtlı araç, -Trafik akım yoğunluğu, -Sanayi tesisleri yakıt tüketim miktarları √ <i>Goldensoftware Surfer 7.0</i> √ <i>Geomedia Professional 4.0</i>	Yanma kaynaklı kirletici bileşenlere (PM,SO ₂ ,CO,UOB (uçucu organik bileşikler), NO _x) ait emisyon faktörleri birlikte değerlendirilerek, emisyon değerleri hesaplanmıştır. CBS kullanılarak emisyon haritaları oluşturulmuştur.	Evsel ısıtma amaçlı doğalgaz tüketiminin yıllara göre değişim seyrine göre en çok CO ₂ emisyonunun kömür tüketimi kaynaklı olduğu görülmüştür.
Türe, (2014)		Enerji tüketimine dayalı karbon ayak izini belirleme	-Kent enerji tüketimi verileri; -Doğalgaz, -Kömür, -Elektrik tüketimi, -Sanayide doğalgaz ve elektrik tüketimi, -Akaryakıt tüketimi √ <i>Microsoft Excel</i>	Kentsel çalışmalarda elde edilen verilerin özellikleri nedeniyle Tier-1 yöntemi kullanılmıştır.	Toplam sera gazları içerisinde %80'lik payın CO ₂ kaynaklı olduğu sonucuna varılmıştır.

Literatürde kentsel alanların dışında karbon emisyonu ile ilgili yapılmış çalışmalar da bulunmaktadır.

Çizelge 1.5. *Karbon emisyonuna ilişkin yapılan çalışmalar*

Kaynak	Araştırma Konusu	Kullanılan Veriler ve Programlar	Yöntem	Sonuç
Çömert vd., (2015)	Karbon salınımlarının CBS ile analizi	-G-20 ülkelerinin (1990 – 2012) karbon salınım miktarları √ <i>ArcGIS 10.2</i>	Verilerin analizinde Coğrafi Bilgi Sistemleri’nden yararlanılmıştır.	Protokol imzalamasına rağmen karbon azaltımına gitmeyen ülkelerin, yıllara göre karbon emisyonu değerlerinde artış olduğu belirlenmiştir.
Sarıtürk , (2015)	Karbon ayak izini belirleme ve artmasını engellemeye yönelik önlem alma	-Türk Mühendis ve Mimarlar Odaları Birliği’ne bağlı Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası üyelerine uygulanan anket verileri √ <i>ArcGIS 10.2</i> √ <i>Microsoft Excel 2010</i>	-645 kişiye anket uygulama -“Join” işlemi ile karbon emisyonu haritalandırılmıştır.	En yüksek karbon ayak izi değerlerinin gelir seviyesi yüksek bireylerde görüldüğü sonucuna ulaşılmıştır.
Wang ve Han, (2019)	Arazi kullanımı ve karbon emisyonu ilişkisi	-Center for Big Data Statistics (CBS) -Basic registration Addresses and Buildings (BAG) -Basic registration Large-scale Topography (BGT) √ <i>ArcGIS</i>	Yığinsal kümeleme analizi ile kullanım amacına bağlı sınıflandırma (tarım, ulaşım, ticaret, yeşil alan, konut ve diğer)	Ticaret alanları ve konutların (özellikle teras evlerin karbon emisyonu daha yüksek) en yüksek karbon emisyonuna sahip olduğu saptanmıştır.

Literatürde yapılan çalışmaların, genelde tek bir kentsel alan türüne odaklandığı görülmektedir. Ayrıca literatürde Uzaktan Algılama ve CBS teknolojilerinin birlikte kullanıldığı sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmaktadır. Bu doğrultuda çalışmada, bütüncül bir perspektif ile kent merkezindeki tüm kentsel alan türleri ele alınmakta ve boylamsal bir zaman dilimindeki (10 yıllık) karbon emisyonu incelenmektedir. Belirlenen karbon emisyon değerlerinin CBS tabanlı bir yazılımda görüntülenmesi ve Uzaktan Algılama verileri ile yorumlanmasının literatüre önemli katkılar sağlayabileceği düşünülmektedir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölüm kapsamında çalışmada kullanılan başlıca temel kavramlar hakkında bilgilere yer verilecektir.

2.1. Küresel İklim Değişikliği

Dünya genelinde kentsel alanların hızla gelişmesiyle birlikte küresel ısınma ciddi bir sorun haline gelmiştir (Li vd., 2016). Yapılan birçok araştırmada küresel anlamda iklim değişikliklerinin en temel nedeni, artan sera gazı emisyonu miktarları olarak görülmektedir (Glaeser ve Kahn, 2010; Malik vd., 2016; Wang ve Han, 2019). Yaşanan ekonomik gelişmeler ile birlikte artan enerji ihtiyacı fosil yakıtların kullanımını arttırmaktadır. Fosil yakıt kullanımının artması sonucu ortaya çıkan sera gazları ise küresel ısınma ve iklim değişikliklerine neden olmaktadır. Bu nedenle günümüzde sera gazı emisyonlarının azaltılması küresel anlamda tüm ülkeleri ilgilendiren son derece önemli bir çevre sorunu olarak gündeme gelmektedir. Yaşanan çevresel sorunlara neden olan pek çok faktör olmakla birlikte bu faktörler arasında sera gazlarının etkisinin son derece önemli olduğunu söylemek mümkündür (Hayrulloğlu, 2012). Bu doğrultuda tüm Dünya’da birtakım önleyici politikalar izlenmeye başlanmıştır. Küresel ısınmaya karşı birçok ülkede petrol, doğal gaz ve kömür tüketimini yani fosil yakıt kullanımını azaltmaya yönelik çabaların arttığı gözlemlenmiştir. Örneğin, iklim değişikliğiyle mücadele için Aralık 1997 ve 2015 yıllarında Kyoto protokolü gibi çok sayıda anlaşma yapılmış, yeşil ve sürdürülebilir kalkınma gibi kavramlar gün yüzüne çıkartılmış ve yenilenebilir enerji kaynaklarının önemine dikkat çekilmiştir (Durmuşoğlu, 2018). Ancak Kopenhag Sözleşmesi'nde de vurgulandığı gibi, ülkelerin kendi çıkarlarını gözeterek hareket etmeleri nedeniyle uluslararası iklim müzakereleri yaparak tüm dünya ülkeleri için ortak bir sera gazı azaltma planı ve hedefleri ortaya koymaları oldukça zordur (Bi vd., 2011). Ancak özellikle gelişmiş ülkelerde sera gazı emisyonlarını azaltmak için ulusal düzeyde birtakım stratejiler geliştirilmektedir (Kennedy vd., 2009; Francey vd., 2013). Bu stratejilerin odağında endüstriyel süreçler, ulaşım gibi alanlarda yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme eğiliminin olduğu gözlemlenmektedir (Wang ve Han, 2019). Ancak gelişmekte olan ülkelerde çevresel sorunlar konusunda gerekli hassasiyetin gösterilmediği söylenebilir (Waheed vd., 2019). Çalışma kapsamında sera gazlarından biri olan karbon emisyonlarına bir sonraki başlıkta yer verilecektir.

2.2. Sera Gazları

Ekonomik büyüme ve enerji tüketimi, çevresel bozulmalara yol açan en temel unsurlardır (Waheed vd., 2019). İnsanoğlunun ihtiyaçlarını karşılama çabası sonucu ortaya çıkan sanayileşme, kentleşme ve ulaşım altyapılarının gelişimi ile birlikte artan enerji ihtiyacı, özellikle petrol, kömür gibi enerji kaynaklarının tüketimini arttırmaktadır. Petrol ve kömür gibi fosil yakıtların kullanımının artması ise sera gazı emisyonlarının artmasına neden olmaktadır (Hidayatno vd., 2019). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçevesine göre sera gazları, atmosferdeki kızıl ötesi radyasyonu emen ve tekrar yayılan hem doğal hem de insan kaynaklı olan gaz oluşumlarıdır (Arıkan, 2006).

Fosil yakıtlar (kömür, petrol ve doğalgaz v.b) içerdikleri karbon miktarı nedeniyle yanma sonucu oksijenle birleşerek birincil sera gazı emisyonlarından biri olan karbondioksiti (CO_2) ortaya çıkarmaktadır (Altıntaş, 2013). Kyoto protokolünde başlıca sera gazları, karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), nitroz oksit (N_2O), florürlü gazlar (HFCs: Hidroflorokarbonlar; PFCs: Perflorokarbonlar; SF_6 : Sülfür Heksaflorür)'dır (Özmen, 2009). Başlıca sera gazlarına 4 başlık altında Şekil 2.1'de yer verilmektedir:



Şekil 2.1. Sera gazları (Durmuşoğlu, 2018)

Şekil 2.1’de görüldüğü üzere sera gazlarının içerisinde karbondioksit (CO_2) oranının diğer sera gazlarının oranlarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Atmosferde bulunan bu gazlar, yeryüzündeki ısıyı bir kısmını tutarak yeryüzündeki ısı kaybını engellemektedir. Karbondioksit ise atmosferde en çok ısı tutma özelliğine sahip olan gazdır (Özmen, 2009; Li vd., 2019). Bir sonraki başlıkta karbon emisyonlarının ana kaynakları detaylı bir şekilde ele alınmaktadır.

2.3. Karbon Emisyonunun Ana Kaynakları

Doğada karbon elementi, atmosfer, kara ve deniz canlıları, okyanuslar, mineral rezervleri arasında gerçekleşen bir döngü halindedir. En büyük iki döngüden biri atmosfer ve okyanus yüzeyi arasında diğer döngü ise atmosfer ve bitki örtüsü arasında gerçekleşmektedir. Atmosferde karbon çoğunlukla oksitlenmiş formu olan karbondioksit (CO_2) şeklinde bulunmaktadır (EPA, 2002).

Karbon emisyonu kaynakları, insanların endüstriyel ve yaşamsal ihtiyaçlarını karşılama çabası sonucu enerji tüketimi kaynaklı salınımlardır (Wang ve Han, 2019). Bu nedenle karbon emisyonunun birincil kaynağı fosil yakıt kullanımıdır. Karbondioksit, ormanların tahrip edilmesi, tarım alanlarındaki toprakların temizlenmesi, iyileştirilmesi ve diğer arazi kullanımı üzerindeki insan kaynaklı etkilerden dolayı da yayılabilmektedir (EPA, 2020). 2011 yılı Birleşmiş Milletler (BM) Nüfus Fonu verilerine göre dünya nüfusunun %50'si kentsel alanlarda hayatını sürdürmektedir. BM Habitat verilerine göre ise, Dünya'daki enerji tüketiminin yaklaşık %70'inden ve küresel sera gazı salınımlarının %80'inden kentler sorumludur (Türe, 2014). Bir başka deyişle Dünya'da fosil yakıt kullanımından kaynaklanan sera gazı emisyonunun yaklaşık %75-80'inin kentlerden kaynaklı olduğu ileri sürülmektedir (Satterthwaite, 2008). Toplam karbon emisyonunun yaklaşık %90'ı elektrik ve ısı üretimi, ulaşım, sanayi ve hizmetlerden kaynaklanmaktadır (Durmuşoğlu, 2018). Karbon emisyonunun kaynakları konusunda yapılan çalışmalarda salımın en fazla kentsel (geçirimsiz) alanlardan kaynaklı olduğu belirtilmektedir. Kentsel alanların karbon emisyonu salım miktarlarına bakıldığında sırasıyla en fazla elektrik ve ısınma üretiminden kaynaklı (yaklaşık %35), sanayi faaliyetlerinden kaynaklı (yaklaşık %21), ulaşımdan kaynaklı (yaklaşık %14) ve bina kaynaklı (yaklaşık %6) olduğu vurgulanmaktadır. Geçirimli alanlar kapsamında ele alınabilecek tarım, orman ve diğer arazilerin kullanımından kaynaklı karbon salınım oranı yaklaşık %24'tür (EPA, 2020). Bu nedenle özellikle kentlerde kentsel alanlardaki karbon emisyonunun azaltılması önemli bir sorun haline gelmiştir (Wang ve Han, 2019). Bu doğrultuda çalışmada kentsel alanlardan kaynaklı karbon emisyonlarına odaklanılmaktadır.

2.4. Kentsel (Geçirimsiz) Alanlar

Geçirimsiz kavramı, geçirgenliği olmayan (TDK, 2020), girişe ve geçişe izin vermeyen su geçirirmeyen bir katman olarak ifade edilmektedir (Longman Dictionary, 2020). Geçirimsiz alanlar, suyun toprağa sızmasını önleyen herhangi bir madde veya malzeme olarak tanımlanabilmektedir. Bir başka deyişle suyun doğal olarak sızmasına ve geçişine izin vermeyen herhangi bir yüzey geçirimsiz alanlar olarak kabul edilebilir. Yollar, kaldırımlar, çatılar ilk akla gelen ve kolayca tanımlanabilen geçirimsiz yüzey türleridir. Ancak bunların dışında kaldırımlar, teraslar ve sıkıştırılmış zeminler, otoparklar da geçirimsiz alanlara örnek teşkil etmektedir (Arnold ve Gibbons, 1996).

Kentlerin büyüme hızı arttıkça kentsel (geçirimsiz) alanların kapladığı alanın yüzdesi de artmaktadır. Bu doğrultuda kentsel alanların artması sonucu, geçirimli alanlar olan tarım arazileri ve ormanlık alanlar geçirimsiz alanlara (yerleşim, sanayi, ulaşım alanlarına) dönüşmektedir (Hansen vd., 2005; Zhang vd., 2011). Geçirimsiz alanlar, kent alanlarının büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Özellikle nüfus yoğunluğunun fazla olduğu ve hızlı nüfus artışının yaşandığı kentlerde geçirimsiz alanlar ve bunların olumsuz etkileri ortaya çıkabilmektedir (Bi vd., 2011). Bir kentsel alanda bulunan geçirimsiz alanlar ulaşım (yollar, garajlar, otoparklar vb.), yerleşim alanları (konutlar, binalar vb.) olmak üzere iki alt boyutta sınıflandırılabilir (Khorshild, 2016). Ancak çalışmada sanayi alanları yerleşim alanlarından ayrı olarak ele alınacaktır. Bu nedenle çalışma kapsamında kent alanlarında yer alan geçirimsiz alan türleri; yerleşim, ulaşım ve sanayi alanları olmak üzere 3 başlıkta incelenecektir.

2.4.1. Yerleşim alanları

Günümüzde insanların günden güne artan bir şekilde kırsal alanlardan kentsel alanlara göç ettiği bilinmektedir. Bu göç hareketine bağlı olarak kentsel alanlar artmakta ve genişlemektedir. Kırdan kente göçlerin artması, aynı zamanda artan enerji talebini de beraberinde getirmektedir. Dünya nüfusunun yarısından fazlasının (yaklaşık %55'inin) kent merkezlerinde yaşadığı ve kentsel alanlardaki nüfusun 2050 yılına kadar yaklaşık %70'lik bir artış göstereceği tahmin edilmektedir (United Nations, 2019). Artan geçirimsiz yüzeyler birtakım çevresel sorunları beraberinde getirmiştir. Küresel ısınmayı kontrol etme çabası ve sera gazlarını azaltma da sözü edilen çevresel sorunların başında gelmektedir. Çalışmanın odağında olan karbondioksit küresel ısınma ve iklim değişikliğine yol açan en temel sera gazlarından biridir (World Bank, 2007). Özellikle yerleşim alanlarından kaynaklı karbon emisyonu, toplam sera gazı emisyon miktarında önemli bir paya sahiptir. Üretim

gerçekleştirecek firmalar ve konutlardaki hane halkları ihtiyaç duyduğu enerjinin yaklaşık olarak %87'lik bölümünü fosil yakıtlardan sağlamaktadır (http-1).

Yerleşim alanlarındaki karbon emisyonu, fosil yakıtların ve elektriğin doğrudan veya dolaylı olarak kullanımından kaynaklı olabilmektedir (Li vd., 2019). Fosil yakıtların konutlarda ısınma vb. amaçlarla kullanılmasına bağlı olarak oluşan karbondioksit emisyonlarının insan faaliyetleri içerisinde en çok paya sahip olması küresel ısınmayı hızlandırmaktadır (Bayraç, 2010). İnsan faaliyetlerinin payının çok olduğu konut sektörü en fazla enerji tüketen sektörlerden biridir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2006). Konutlarda kullanılan enerji kaynaklarından kaynaklı karbon emisyonunun belirlenmesi kentlerin sürdürülebilirliği için büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda çalışma kapsamında yerleşim alanlarında faturalanan elektrik tüketimi ve doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonları belirlenmeye çalışılmaktadır.

2.4.2. Sanayi alanları

Sanayiler, kentlerin en önemli yapıtaşlarından biridir. Enerji sektöründeki en yüksek karbon emisyonu sanayi sektöründen kaynaklandığı ileri sürülmektedir (Hidayatno vd., 2019). Son yıllarda yaşanan ekonomik gelişmeler ile birlikte kentlerdeki sanayi bölgelerinin kayda değer bir şekilde geliştiği ve büyüdüğü gözlemlenmektedir. Ancak yaşanan gelişmelerin ekonomik ve sosyal açıdan olumlu yansımaları olsa da birtakım çözülmesi gereken çevresel sorunları da beraberinde getirmektedir. Artan sanayileşme çevresel kalitede ciddi anlamda bozulmalara yol açacaktır. Ekonomik gelişmeler karbon emisyonu artışına sebep olan unsurlardan biridir. Bu anlamda sanayi sektöründen kaynaklı karbon emisyonlarının belirlenmesi, sanayilerin karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik stratejiler geliştirmesi çevresel sürdürülebilirlik açısından büyük önem taşımaktadır (Grossman ve Krueger, 1995; Hidayatno vd., 2019; Sinha ve Chaturvedi, 2019). Bu doğrultuda bir diğer kentsel alan olarak incelenen sanayilerden kaynaklı karbon emisyonları da çalışma kapsamında tespit edilmeye çalışılacaktır.

2.4.3. Ulaşım alanları

Her geçen gün artan nüfus ve insanların yaşam düzeyinin daha konforlu hale gelmesi gibi durumlar sonucunda, kentsel alanlarda kişi başına düşen araç sayısı hızlı bir şekilde artış göstermektedir. Artan araç sayısına bağlı olarak, ulaştırmada kullanılan yakıt miktarının artması, atmosferde kirletici emisyonların ve karbondioksit (CO₂) gazı miktarının hızla yükselmesine neden olmaktadır (Yılmaz vd., 2019). Özellikle taşıt teknolojisindeki gelişmeler doğrultusunda her bir araç başına düşen yakıt tüketimi önemli miktarda azalmasına rağmen, toplumların gelişmesi sonucunda artan taşıt sayısı, ulaşım sektörünün özellikle de karayolu ulaşımından kaynaklı karbon emisyonlarında artış olduğunu göstermektedir (Soruşbay, 2005). Kentlerin mekânsal anlamda büyüklüğünün artması, kentsel kullanımların düzensiz bir şekilde yer belirlemeleri gibi durumlar neticesinde kentte kişi başına düşen yolculukların ortalama olarak uzunluğu da artış göstermektedir. Kentlerin mekânsal anlamda büyümesini ve düzensiz gelişmesini harekete geçiren başlıca faktörlerden biri taşıt kullanımından kaynaklı artıştır. Bir başka bakış açısıyla, kentlerin mekânsal olarak yayıldığı mesafe arttıkça da toplu taşıma ile ulaşım daha zor hale gelmekte ve uzun mesafeler için yaya ve bisiklet yolculuğu yapılması imkânı azalmaktadır. Bu durumun bir sonucu olarak taşıt kullanımı artmaktadır (Eskişehir Tepebaşı Belediyesi, 2014). Dünya geneline bakıldığında birincil enerji kaynaklarının yaklaşık beşte biri, ulaştırma sektörü tarafından tüketilmektedir. Ulaşım için harcanan enerjinin %95'ten fazlası fosil yakıt türevli motorlardan elde edilmektedir. Tüm ulaşım faaliyetleri için tüketilen fosil yakıtlarından (petrol, doğalgaz vb.) ortaya çıkan emisyonlar küresel sera gazlarının yaklaşık olarak %20'sini meydana getirmektedir. Ayrıca ulaşım türleri arasında küresel düzeydeki emisyonlar üzerinde karayolu %70, havayolu %12, denizyolu hatları %11 ve demiryolu hatları %2'lik bir paya sahiptir (Ceylan vd., 2007). Bu bağlamda, ulaşım sektöründen kaynaklı karbon emisyonlarının belirlenmesi gerekli düzenleme ve planlamaların daha doğru bir biçimde yapılabilmesi yönünden büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle çalışma kapsamında ulaşım alanlarından kaynaklı karbon emisyonlarının belirlenmesinde fayda görülmektedir.

2.5. Uzaktan Algılama

Uzaktan algılama, yeryüzünden uzakta konumlandırılan özel ölçüm aletleri kullanılarak yeryüzü ile temas olmaksızın uzaktan gerçekleştirilen ölçümler ile elde edilen verilerle yeryüzü hakkında bilgi edinebilmeyi ve bu verileri kullanarak birtakım analizler yapabilmeyi sağlayan bir bilim dalıdır. Uzaktan algılamada kullanılan bilgiler, uydulardan veya uçaklardan elde edilen görüntülerin kaydedilmesi, ölçülmesi ve yorumlanması süreçleriyle toplanmaktadır (Jensen, 2009). Nesnelere ilişkin görüntüler analog ve dijital olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Uçaklardan elde edilen hava fotoğrafları analog görüntülere örnek teşkil ederken, elektronik sensörler kullanılarak elde edilen uydu görüntüleri dijital görüntülere örnek teşkil etmektedir (Khorshid, 2016). Uzaktan algılamada elde edilen uydu görüntüleri, iklim değişiklikleri hava kirliliği, arazi kullanımı, çölleşme vb. birçok araştırma sahasında ve aynı zamanda kent alanlarındaki geçirimli ve geçirimsiz alanları birbirinden ayırmak için kullanılabilir (Toptaş, 2018). Ancak kent alanlarındaki farklı arazi sınıflarına ait spektral karışıklık sebebiyle istenen doğruluk elde edilemeyebilir. Bu doğrultuda kent alanlarındaki geçirimli ve geçirimsiz alanları ayırtılabilmek ve istenilen doğruluğu elde edebilmek adına sınıflandırma yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir (Xu, 2007). Bu nedenle, bu amaçlar için hazırlanan CORINE (Coordination of Information on the Environment – Çevresel Bilginin Koordinasyonu) arazi kullanımı sınıflandırma yöntemlerini bir sonraki başlıkta detaylı bir şekilde incelemenin, konunun daha iyi anlaşılabilmesi açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.

2.5.1. CORINE arazi kullanımı

CORINE, 1985 yılında Avrupa Birliği için bilgi toplamak amacıyla başlatılan bir programdır. 1994 yılından bu yana da Avrupa Çevre Ajansı-AÇA (European Environment Agency) kendi programlarına dâhil etmişlerdir. Proje, yaklaşık 5,8 milyon km^2 alanda, Türkiye'nin de içerisinde yer aldığı 39 ülkede gerçekleştirilmeye devam etmektedir. AÇA tarafından belirtilen arazi örtüsü/kullanımı sınıflandırma kurallarına uygun olarak uydu görüntülerini kullanarak bilgisayar destekli görsel yorumlama yöntemleri ile hazırlanan arazi örtüsü/kullanımı verisidir. Arazi kullanımı, yeryüzünde bir bölgenin sosyo-ekonomik fonksiyonları açısından (yerleşim alanları, endüstriyel veya ticari alanlar, yeşil alanlar, yol vb.) tanımlanmasıdır. Arazi örtüsü ise daha geniş anlamda, uydu görüntüleri veya hava fotoğrafları ile dünya yüzeyinden izlenebilen yer yüzeyinin sahip olduğu karakteristik özellikleri ifade etmektedir. Çevresel değişimlerin belirlenebilmesi, doğal kaynakların rasyonel bir şekilde yönetilebilmesi ve çevre ile ilgili gerekli düzenleme ve planlamaların yapılabilmesi için arazi

kullanımındaki değişikliklerin belirlenmesi kentler için büyük önem arz etmektedir. Program kapsamında, AÇA'ya üye olan tüm ülkeler için kuruluşun belirlediği kriterler ve sınıflandırma sistemi kullanılarak uydu görüntüleri ile arazi kullanımı haritaları üretilmektedir. Bu haritaların birçok çalışmaya altlık olabilecek kullanım alanı mevcuttur;

- Çevre ve Güvenlik için Küresel İzleme (GMES- *Global Monitoring for Environment and Security*) programı çerçevesinde çevrenin izlenmesi ve arazi değişimlerinin belirlenmesinde,
- Tarım alanları, orman alanları, sulanan alanlar gibi temel arazi kullanım verilerinin konumsal verilerle ortaya çıkarılması için,
- Orman alanları, sulak alanların değişimlerinin izlenmesinde ve çevre düzeni planlarının hazırlanması gibi birçok kullanım alanında yararlanılmaktadır (<http-2>).
- Uydu görüntüleri kullanılarak görsel yorumlama metotları ile hazırlanan 1/100.000 ölçekli haritalar üretilmektedir. Avrupa Birliği üyesi ülkeler ve ülkemiz için de 1990 yılından başlayarak 2000 yılına kadar on yıl için daha sonraki yıllarda her altı yılda bir arazi kullanım haritaları üretilerek doğal kaynakların güncel bir şekilde izlenmesi ve çevresel değişimlerin belirlenmesi amacı doğrultusunda arazi kullanım haritaları üretilmektedir.

AÇA tarafından geliştirilen sınıflandırma sistemi 3 seviyeli bir sınıflandırmadır. 1.seviyede 5, 2.seviyede 15 ve 3.seviyede 44 adet alt arazi kullanımı sınıfından oluşmaktadır. Ayrıca ülkeler kendi ihtiyaçları doğrultusunda 4. Seviye olarak alt sınıflar ekleyebilmektedirler (<http-3>). Çizelge 2.1'de CORINE arazi sınıflarına ait seviyeler verilmektedir.

Çizelge 2.1. CORINE arazi sınıflarına ait seviyeler (http-3)

CORINE arazi sınıfları		
1. Seviye	2. Seviye	3. Seviye
1. Yapay Bölgeler	1.1. Şehir Yapısı	1.1.1. Sürekli Şehir Yapısı
		1.1.2. Süreksiz Şehir Yapısı
	1.2. Endüstri, Ticaret ve Ulaşım Birimleri	1.2.1. Endüstriyel ve Ticari Birimler
		1.2.2. Karayolları, Demiryolları ve İlgili Alanlar
		1.2.4. Havaalanları
	1.3. Maden Ocağı, Boşaltım ve İnşaat Sahaları	1.3.1. Maden Çıkarım Sahaları
		1.3.2. Boşaltım Sahaları
		1.3.3. İnşaat Sahaları
	1.4. Yapay, Tarımsal Olmayan Yeşil Alanlar	1.4.1. Yeşil Şehir Alanları
		1.4.2. Spor ve Eğlence Alanları
2. Tarımsal Alanlar	2.1. Ekilebilir Alan	2.1.1. Sulanmayan Ekilebilir Alanlar
		2.1.2. Sürekli Sulanan Alanlar
	2.2. Sürekli Ürünler	2.2.1. Üzüm Bağları
	2.3. Meralar	2.3.1. Mera Alanları
	2.4. Karışık Tarımsal Alanlar	2.4.2. Karışık Tarım Alanları
		2.4.3. Doğal Bitki Örtüsü ile Birlikte Bulunan Tarım Alanları
3. Orman ve Yarı Doğal Alanlar	3.1. Ormanlar	3.1.1. Geniş Yapraklı Ormanlar
		3.1.2. İğne Yapraklı Orman
		3.1.3. Karışık Ormanlar
	3.2. Maki ve Otsu Bitkiler	3.2.1. Doğal Çayırliklar
		3.2.3. Sklerofil Bitki Örtüsü
		3.2.4. Bitki Değişim Alanları
	3.3. Bitki Örtüsü İle Kaplı Olmayan veya Az Miktarda Bitki Örtüsü İle Kaplı Açık Alanlar	3.3.3. Seyrek Bitki Alanları
4. Sulak Alanlar	4.1. Karasal Bataklıklar	4.1.1. Karasal Bataklıklar
5. Su Yapıları	5.1. Karasal / İç Sular	5.1.2. Su Kütleleri

2.6. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), belirli bir amaç doğrultusunda yeryüzündeki konumsal ve konumsal olmayan bilgilerin toplanması, saklanması, güncellenmesi ve gerektiği

durumlarda sorgulanması, analiz edilmesi, görüntülenmesi işlevlerini sağlayan içerisinde yazılım, donanım ve personel bulunduran, kurumsal ve organizasyonel entegre gerektiren bilgi sistemlerinin geneline verilen isim olarak tanımlanmaktadır.

CBS’de veri tipleri konumsal (grafik) ve konumsal olmayan (sözel) veri tipleri olmak üzere ikiye ayrılır. Konumsal veri tipleri, yeryüzüne ait coğrafi referanslara sahip bilgileri tanımlamak amacıyla kullanılır. Bu coğrafi referansa ait konum verisi belirlenirken seçilecek veri modeline bağlı olarak ifade edilir. Bu veri modelleri vektörel (vector) ve hücresel (raster) veri modelleridir. Vektörel veri modeli, yeryüzü üzerindeki konumu bilinen, koordinat bilgisine sahip veriler olarak tanımlanmaktadır. Koordinat değerleri, nokta, çizgi, alan olarak depolanmaktadır. Vektörel veri modeli, coğrafi nesnelerin kesin konum bilgilerini tanımlamak için son derece kullanışlı bir modeldir. Raster veri modeli ise, iki boyutlu ortamda düzenli grid yapısına sahip satır ve sütunlara bölünen hücrelerden oluşan veri modelidir. Bu hücrelerin her biri pixel olarak adlandırılır. Raster veri modelinde her bir piksel bir değere atanır. Hava fotoğrafları, uydu görüntüleri raster veri modeline örnek olarak gösterilebilir. Konumsal olmayan veri tipleri ise, konumsal veriler ile ilişkili bir biçimde veritabanlarında saklanan öznitelik verileri olarak ifade edilmektedir. Öznitelik verileri, birçok CBS çalışması için önemli bir yere sahiptir. Konumsal veri ile öznitelik verileri arasında ilişki kurularak tek bir konumsal veriden öznitelik verilerine bağlı olarak istenilen sayıda sorgulamalar ve analizler yapılabilmekte sosyal, ekonomik ve çevresel açıdan önemli boyutlara sahip olan birçok analizde mekânsal olarak ifade edilebilmektedir (Yomralıoğlu, 2000; Uyguçgil, 2018).

Coğrafi bilgi sistemlerinin grafik ve grafik olmayan verilerin konumsal olarak sorgulanması, görüntülenmesi otomasyon akıllı-harita oluşturulması, konumsal analizler, sayısal verilerin entegrasyonu ve birçok karar verme analizlerinde sayısal ve sözel verilerle entegre bir biçimde çalışabilme özelliği vardır. Tüm bu özellikler sayesinde farklı meslek disiplinlerine ait birçok çalışmada araç olarak kullanılmaktadır (Yomralıoğlu, 2000).

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

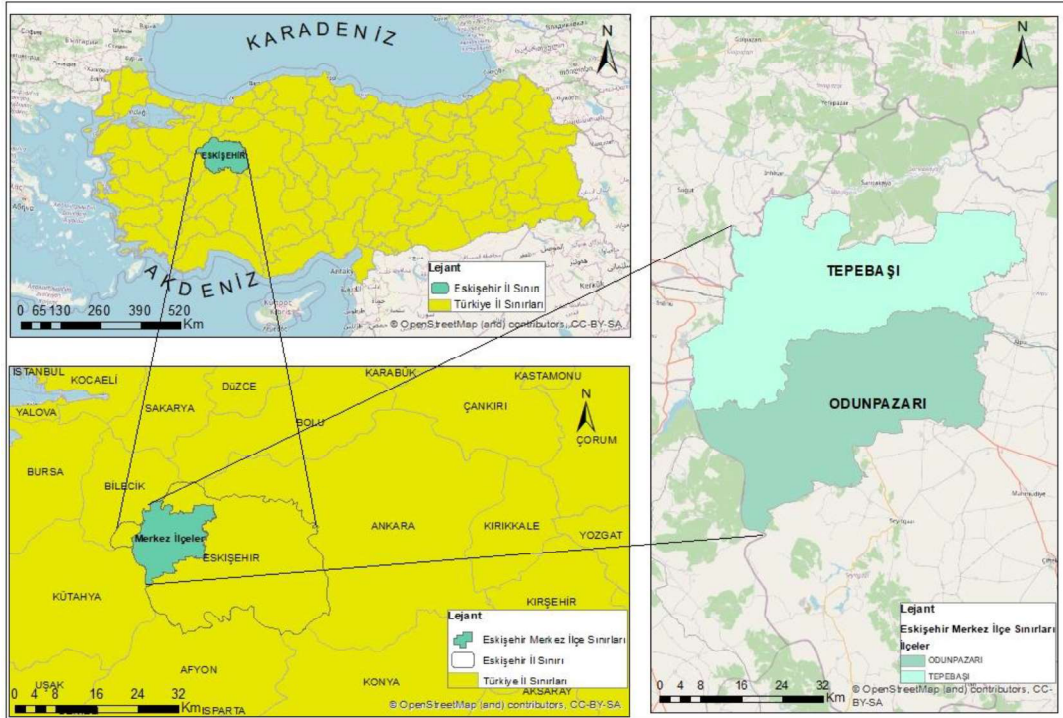
Bu bölümde çalışma alanı, kullanılan veriler, verilerin hesaplanmasında kullanılan emisyon hesaplama yöntemleri hakkında bilgi verilmekte, emisyon haritalarının ve arazi kullanım haritalarının oluşturulmasına dair yöntemler açıklanmaktadır.

3.1. Materyal

Bu bölümde çalışma alanı ve kullanılan veriler, verilerin kaynakları, kullanılan yazılım hakkında bilgi verilmektedir.

3.1.1. Çalışma alanı

Bu araştırmanın çalışma alanı, Türkiye İç Anadolu bölgesinde yer alan Eskişehir ilinin Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde yer alan Odunpazarı ve Tepebaşı ilçelerini kapsamaktadır. Sözü edilen ilçeler, Eskişehir ilinin nüfus yoğunluğu bakımından en büyük ilçeleridir. Çalışma kapsamında Odunpazarı ilçesinde 85 mahalle, Tepebaşı ilçesinde ise 91 mahalle ve Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi incelenmektedir. Eskişehir ili coğrafi konum olarak 29-32 Doğu boylamları ile 39-40 Kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Coğrafi konumu ile İç Anadolu Bölgesi'nin en önemli kentlerinden biri olan Eskişehir ili 13.652 km^2 yüz ölçümüne sahiptir (Eskişehir Büyükşehir Belediyesi (EBB) İstatistikleri, 2017). Çalışma alanının konumu Şekil 3.1'de gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Çalışma alanı konumu

3.1.2. Kullanılan veriler

Bu çalışmada sera gazlarının içinde %80'den daha fazla paya sahip olan karbondioksit emisyonlarının belirlenmesi ve arazi kullanımı ile ilişkilendirilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaca ulaşabilmek adına çalışmada gelişmiş ve gelişmeye devam eden bir büyükşehir ili statüsünde bulunan Eskişehir kent merkezi için kentsel alanlarda 2010-2019 yılları arasındaki zaman dilimine ait enerji kullanım verileri, 2012 ve 2018 yıllarına ait CORINE arazi kullanım verileri kullanılmaktadır. Bu bölümde, çalışmada kullanılan veriler ve verilerin elde edildiği kaynaklara yer verilmektedir.

Çizelge 3.1. *Kullanılan veriler*

Veri	Veri Kaynağı
Corine Arazi Kullanım Verileri	Copernicus Arazi İzleme Servisi(Copernicus Land Monitoring Service) ve Tarım ve Orman Bakanlığı
Çalışma Alanı Sınırları	Eskişehir Büyükşehir Belediyesi
Nüfus Verileri	TÜİK
Yerleşim Alanlarında Doğalgaz Tüketim Verileri	ESGAZ
Yerleşim Alanlarında Faturalanan Elektrik Tüketim Verileri	EPDK ve Eskişehir Büyükşehir Belediyesi İstatistikleri
Sanayi Alanlarında Enerji Kullanım Verileri	EOSB
Ulaşım Verileri	EPDK

3.1.2.1. Yerleşim alanları

Çalışma kapsamında, Eskişehir ilinin merkez ilçelerinde kentsel alanlardan biri olan yerleşim alanlarında doğalgaz ve elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonlarının belirlenmeye çalışılmıştır. Eskişehir ilinde konutlarda ısınma amaçlı doğalgaz kullanımına ilk defa BOTAŞ bünyesinde 1996 yılında başlanmıştır. Bu hizmeti, 2004 yılından itibaren ESGAZ (Eskişehir Doğalgaz Dağıtım A.Ş.) firması devralmıştır. ESGAZ, Büyükşehir Belediyesine ait mücavir alanları (belediye sınırları dışında olup, imar mevzuatı bakımından belediyelerin kontrol ve mesuliyeti altına verilmiş olan alanlar) kapsayan imara açık tüm cadde ve sokaklara doğalgaz hizmeti vermeye başlamış olup, 2004 yılında devralınan 107.000 olan bağımsız birim sayısını 2010 yılı sonu itibari ile 283.752'ye çıkartmıştır. Söz konusu bilgiler pek çok araştırmaya (Oruç vd., 2012; EBB İstatistikleri) kaynak oluşturmıştır. 2010 yılı sonu itibari ile

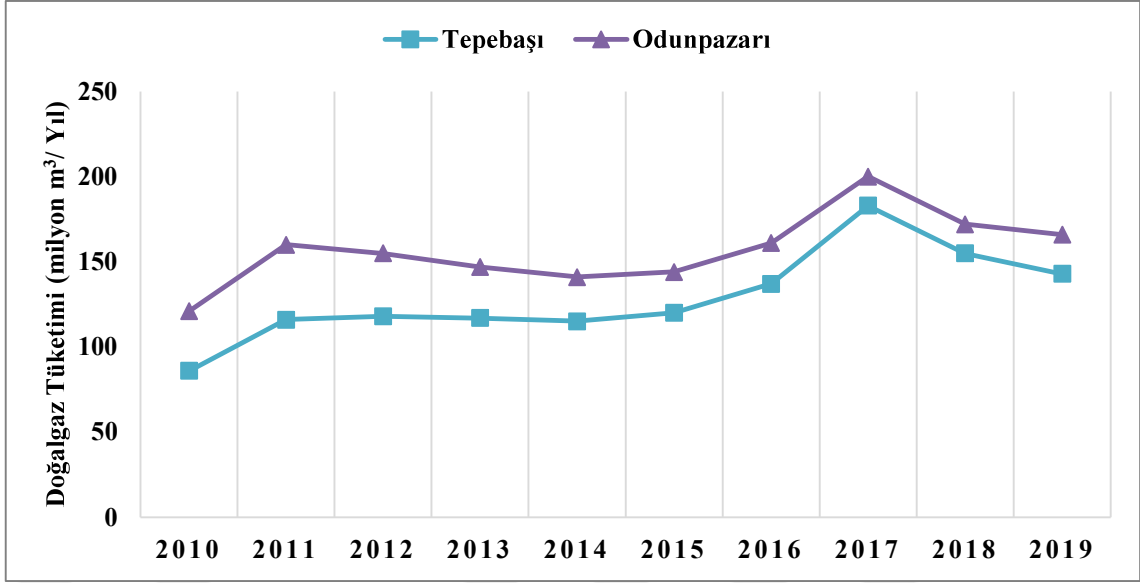
207 milyon m³ olan doğalgaz tüketim miktarı, 2019 yılsonu itibari ile 310 milyon m³'e çıkarak artış göstermiştir (ESGAZ, 2020).

Çalışma kapsamında yerleşim alanlarında doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbondioksit emisyonları belirlenirken, 2010-2019 yılları aralığında ESGAZ kurumundan elde edilen aylık mahalle bazında doğalgaz tüketim miktarı verileri toplanarak yıllık doğalgaz tüketim verileri kullanılmıştır. Çizelge 3.2'de Tepebaşı ve Odunpazarı ilçelerine ait 2010 ve 2019 yılları aralığı için toplam doğalgaz tüketim miktarı milyon m³/yıl olarak verilmiştir.

Çizelge 3.2. Tepebaşı ve Odunpazarı ilçeleri 2010-2019 yılları arası toplam doğalgaz tüketimi (milyon m³/yıl) (ESGAZ, 2020)

Yıl	Tepebaşı Doğalgaz tüketimi (milyon m ³ /yıl)	Odunpazarı Doğalgaz tüketimi (milyon m ³ /yıl)
2010	86,03	121,67
2011	116,67	160,12
2012	118,87	155,01
2013	117,80	147,50
2014	115,22	141,36
2015	120,23	144,31
2016	137,22	161,10
2017	183,04	200,83
2018	155,35	172,27
2019	143,61	166,54

ESGAZ kurumundan elde edilen verilere göre, 2004 yılında devralınan doğalgaz altyapı hizmeti, kurumun 2007 yılında başlatmış olduğu doğalgaz aboneliği kampanyası ile 2011 yılında konut abone sayısını 304.989'a ulaştırmıştır (EBB İstatistikleri, 2011). Bu bağlamda 2011 yılında toplam doğalgaz tüketiminde bir artış olduğu ve ilin nüfus verileri göz önüne alındığında nüfusu daha çok olan Odunpazarı ilçesinde toplam doğalgaz tüketiminin, Tepebaşı ilçesine göre daha fazla olduğu Şekil 3.2' de gözlenmektedir.



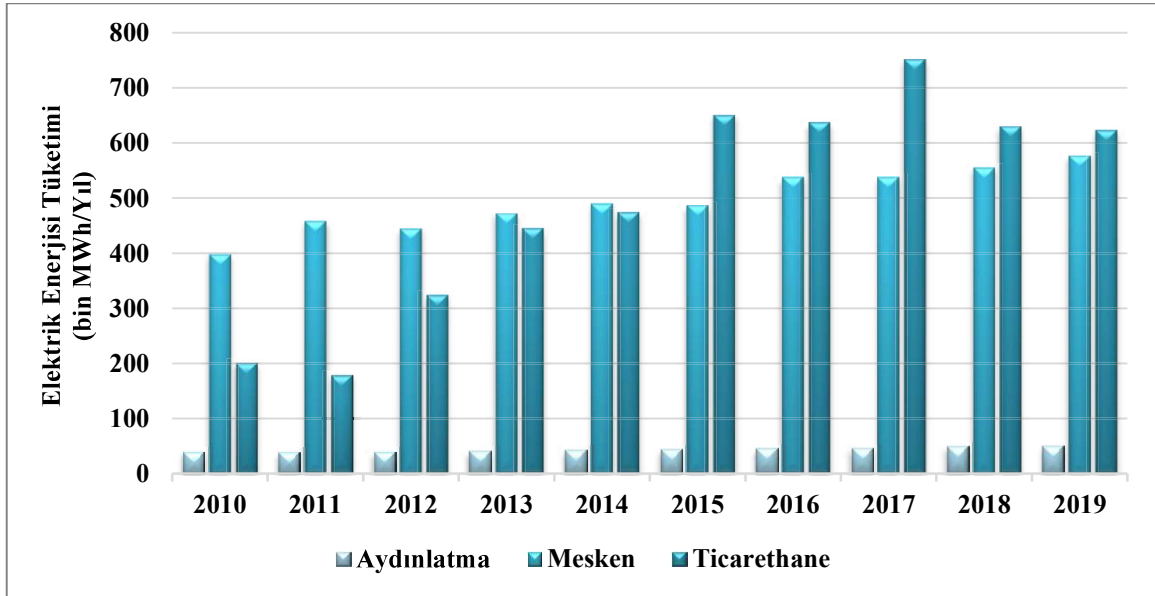
Şekil 3.2. Tepebaşı ve Odunpazarı ilçeleri 2010-2019 yılları arası toplam doğalgaz tüketimi

Yerleşim alanlarında elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu belirlenirken, Eskişehir ilinde tüketilen elektriğin üretim miktarının ne kadarının kent merkezinde üretildiği bilgisine erişilememesi ve aynı zamanda tüketilen elektriğin interconnected bir sistemle kente getirilmiş olma olasılığı söz konusu olduğundan hesaplanan karbon emisyon değerleri sanal karbon emisyon değerleri olarak belirlenmiştir. Çalışma boyutlarında kentsel alanlar kapsamında ele alınan aydınlatma, mesken ve ticarethanelerde tüketilen elektrik enerjisi tüketimleri incelenmiştir. Çalışma kapsamında Eskişehir il geneli için 2015-2019 yılları aralığı Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'ndan ve 2010-2014 yılları aralığı Eskişehir Büyükşehir Belediyesi İstatistikleri'nden elde edilen toplam faturalanan elektrik enerjisi tüketimi miktarı verileri kullanılmıştır. Doğalgaz tüketiminde olduğu gibi mahalle detayında veriler elde edilememiştir. Bu sebepten ötürü, çalışma yıllarını kapsayan nüfus verilerine de ihtiyaç duyulmuştur. Nüfusa oranlama senaryosu üzerinden Eskişehir ilinin merkez ilçeleri olan Odunpazarı ilçesinde 85 mahalle, Tepebaşı ilçesinde 91 merkez mahalle detayında incelenmiştir. Çizelge 3.3'de Eskişehir iline ait 2010 ve 2019 yılları aralığı için faturalanan elektrik enerjisi tüketiminin tüketici türüne göre dağılımı ve dağılımın grafiksel gösterimi Şekil 3.3' de MWh/yıl olarak verilmiştir.

Çizelge 3.3. Eskişehir ili yıllara göre faturalanan elektrik enerjisi tüketiminin tüketici türüne göre dağılımı (MWh/yıl) (EBB İstatistikleri, 2020; EPDK, 2020)

Yıl	Aydınlatma (MWh/yıl)	Mesken (MWh/yıl)	Ticarethane (MWh/yıl)	Eskişehir toplam elektrik enerjisi tüketimi (MWh/yıl)
2010	40.298	398.284	201.926	640.507
2011	39.758	458.739	179.792	678.290
2012	40.541	444.198	324.469	809.208
2013	42.154	471.816	445.868	959.838
2014	43.463	490.584	474.096	1.008.14
2015	44.516	486.443	650.366	1.181.33
2016	44.636	538.486	637.874	1.220.99
2017	45.948	538.002	751.655	1.335.61
2018	49.113	555.278	629.277	1.233.67
2019	50.864	576.450	623.271	1.250.59

Tüketici türüne göre dağılım verileri yıllara göre incelendiğinde, 2010-2014 yılları aralığında meskenlerde elektrik enerjisi tüketiminin daha fazla olduğu, 2015-2019 yılları aralığında ticarethanelerden kaynaklı elektrik tüketiminin daha fazla olduğu Şekil 3.3’ de görülmektedir.

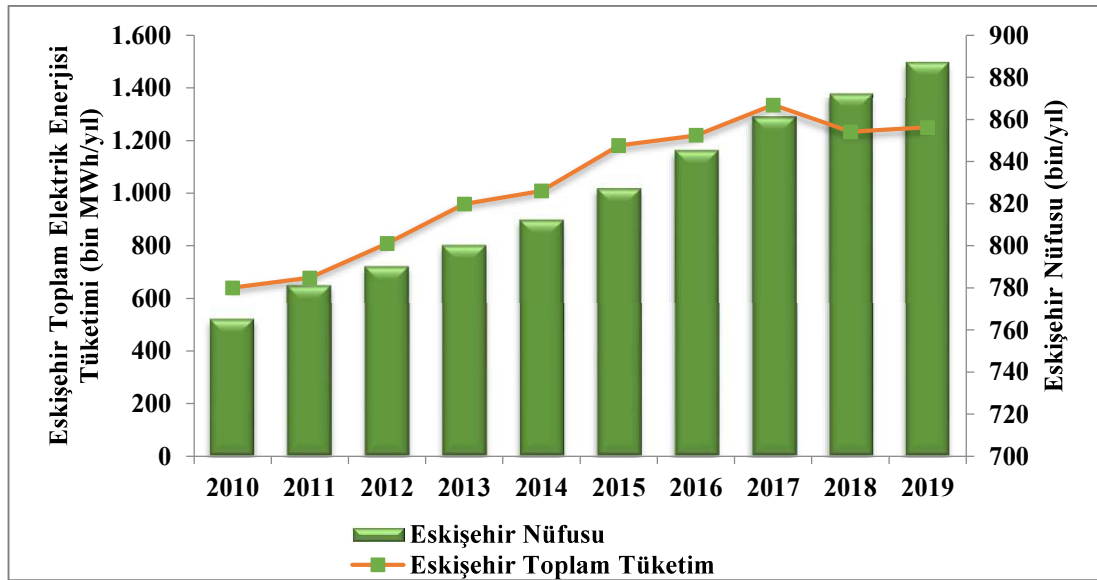


Şekil 3.3. Eskişehir ili yıllara göre faturalanan elektrik enerjisi tüketiminin tüketici türüne göre dağılımı

Elektrik enerjisi tüketiminde mahalle detayında verilere ulaşılamadığı için Eskişehir ilinin toplam tüketimi ile toplam nüfusu oranlanarak il bazında kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketimi elde edilerek merkez ilçelerdeki tüketim belirlenmiştir.

Çizelge 3.4. Eskişehir ili yıllara göre faturalanan toplam elektrik enerjisi tüketimi (MWh/yıl), nüfusu ve kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketimi (EBB İstatistikleri, 2020; TÜİK, 2020; EPDK, 2020)

Yıl	Eskişehir toplam elektrik enerjisi tüketimi (MWh/yıl)	Eskişehir nüfusu	Eskişehir’de kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketimi
2010	640.507	764.584	0,84
2011	678.290	781.247	0,87
2012	809.208	789.750	1,02
2013	959.838	799.724	1,20
2014	1.008.14	812.320	1,24
2015	1.181.33	826.716	1,43
2016	1.220.99	844.842	1,45
2017	1.335.61	860.620	1,55
2018	1.233.67	871.187	1,42
2019	1.250.59	887.475	1,41

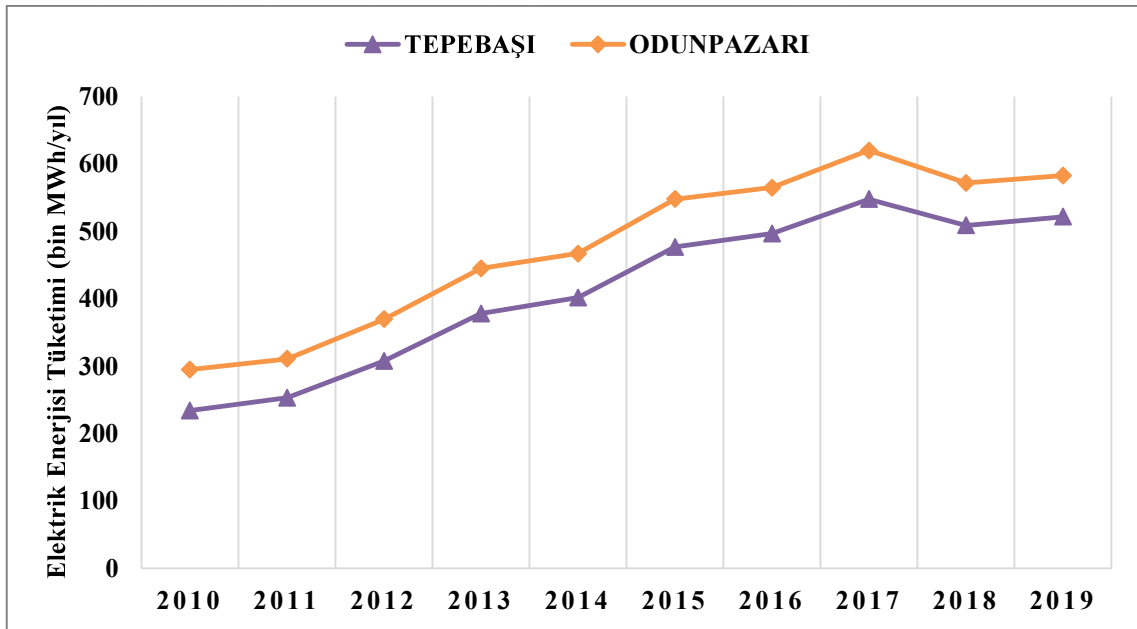


Şekil 3.4. Eskişehir ili yıllara göre faturalanan toplam elektrik enerjisi tüketimi ve nüfusu

Çalışma kapsamında incelenen iki merkez ilçe için ilçelerin nüfusları ile kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketimi kullanılarak ilçe bazında toplam tüketim elde edilmiştir. Çizelge 3.5’de söz konusu veriler belirtilmektedir.

Çizelge 3.5. Eskişehir ili merkez ilçelerinin yıllara göre faturalanan toplam elektrik enerjisi tüketimi (MWh/yıl) ve nüfusu (EBB İstatistikleri, 2020; TÜİK, 2020; EPDK, 2020)

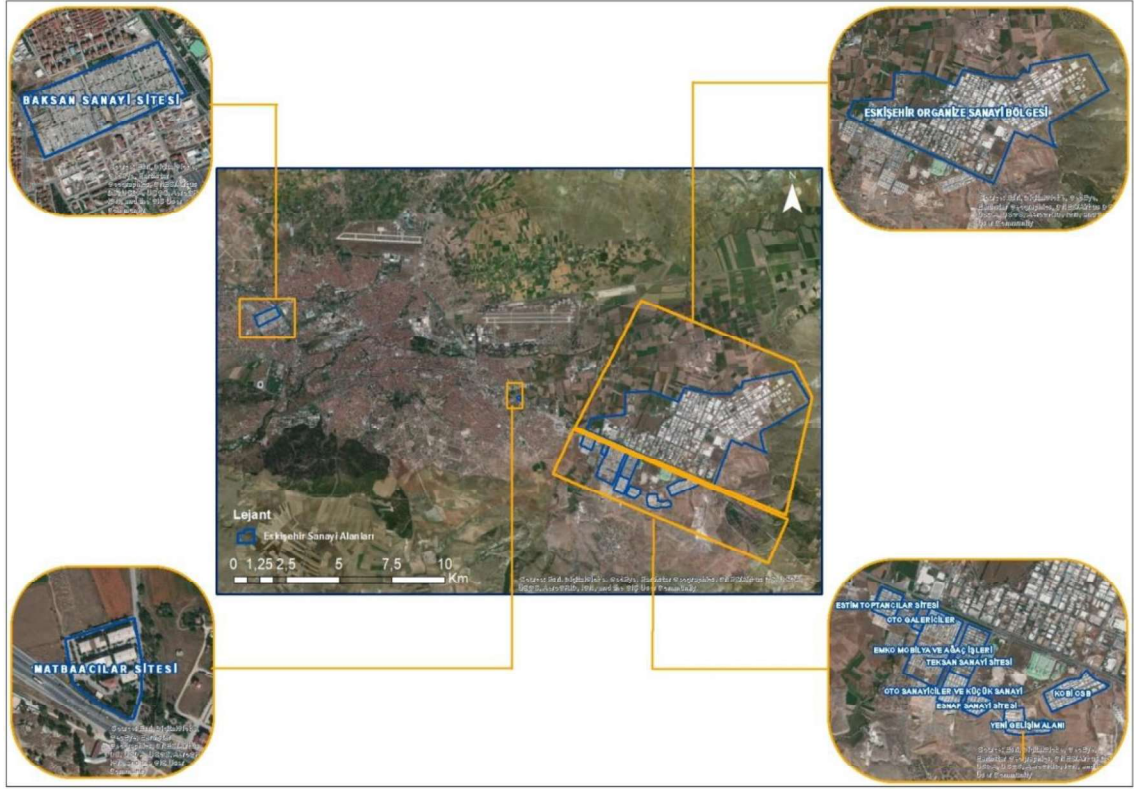
Yıl	Odunpazarı nüfusu	Odunpazarı elektrik enerjisi tüketimi (MWh/yıl)	Tepebaşı nüfusu	Tepebaşı elektrik enerjisi tüketimi (MWh/ yıl)
2010	358.713	300.501	284.927	238.689
2011	365.764	317.561	296.704	257.603
2012	368.589	377.670	305.632	313.162
2013	371.128	445.432	314.599	377.586
2014	376.650	467.448	323.631	401.648
2015	383.523	548.030	333.553	476.626
2016	391.106	565.240	343.701	496.729
2017	399.451	619.912	353.179	548.102
2018	404.267	572.473	359.303	508.801
2019	413.461	582.629	370.150	521.597



Şekil 3.5. Tepebaşı ve Odunpazarı toplam elektrik enerjisi tüketimi

3.1.2.2. Sanayi

Eskişehir il ekonomisinde %39'luk bir paya sahip olan sanayi sektörü ilin sosyo-ekonomik gelişmişlik düzeyinin artmasında önemli rol oynamaktadır (Bebka, 2018). Eskişehir ili, sanayi sektöründe oldukça gelişmiş illerden birisidir. Gelişmişliğin temelinde, kent nüfusunun hızlı bir biçimde artması, nitelikli iş gücü potansiyeli, ilin coğrafi konumu, enerji ve hammadde kaynakları yönünden zengin olması ve sanayi için gereken altyapı imkânlarının yeterli düzeyde olması gibi faktörler yer almaktadır. Sözü edilen faktörler ilin sanayisinin gelişme sürecini hızlandırmıştır. Sahip olunan sanayi alt yapısı sayesinde birçok yatırımcının tercihi haline gelen bir sanayi bölgesi haline gelmiştir. Teknolojik gelişmelerin hızla ilerlemesi ve yeni üretim imkânlarının artması, birçok sanayi dalının hızla gelişme göstermesini ve çeşitli alanlarda faaliyet gösteren birçok işletmenin kurulmasını beraberinde getirmiştir. 1973 yılında Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi'nin faaliyete başlaması, kent sanayisi için büyük bir dönüm noktası haline gelmiştir. Sanayi'nin daha ergonomik ve ekonomik çalışabilmesi için Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi ve Küçük Sanayi Siteleri şeklinde sanayi alanları oluşturulmuştur. Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi, 32,4 milyon m² alana sahip, 595 firma ile faaliyete devam eden Türkiye'nin en büyük Organize Sanayi Bölgeleri'nden biri olma konumuna sahiptir. Bunlardan 539 tane firma üretim halindedir. Sektörel bazda dağılıma bakıldığında birçok sektörde gelişme gösterildiği görülmektedir. Firma sayısına göre sektörlerin dağılımına bakıldığında, ilk sırada Metal Ürünleri İmalat Sanayii %13,6 pay ile yer alırken, %12,5 pay ile Makine İmalat Sanayii ikinci sırada yer almaktadır. %11,7 pay ile Kimya, Kauçuk ve Plastik Sanayii üçüncü sırada yer alırken, %10,7 pay ile Gıda Sanayii dördüncü sırada yer alan sektörler olarak yer almaktadır. Eskişehir'de 3 adet Organize Sanayi Bölgesi (Sivrihisar OSB, Beylikova Tarıma Dayalı İhtisas Besi OSB ve EOSB), 16 adet Küçük Sanayi Sitesi (KSS) ve 1 adet de Teknoloji Geliştirme Bölgesi yer almaktadır. Eskişehir Organize Sanayi, Kobi OSB, Baksan Sanayi Sitesi, Teksan Sanayi Sitesi, EMKO Sanayi Sitesi başlıca önemli sanayi siteleri Şekil 3.6'da verilmektedir (ESO, 2015; 2020; Eskişehir Çevre Durum Raporu, 2019).



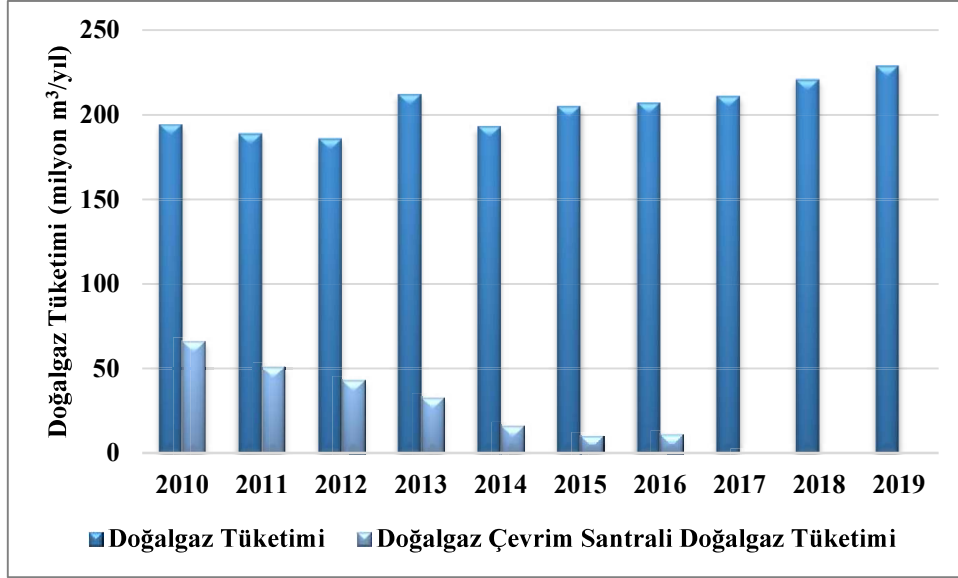
Şekil 3.6. Eskişehir sanayi alanları haritası

Eskişehir’de doğalgaz ilk defa Organize Sanayi Bölgesi’nde kullanılmaya başlanmıştır. Organize Sanayi Bölgesi, ülkemizin doğalgaz kullanan ilk sanayi bölgesidir. Doğalgaz kullanımı ile hava kirliliğinde önemli oranda azalma görülmüştür (Oruç vd., 2012). İl sınırları içerisinde faaliyete devam eden firmaların %95’i doğalgaz kullanmaktadır (Eskişehir Temiz Hava Eylem Planı, 2014). Sanayi bölgesi kapsamındaki sanayicilere kaliteli ve kesintisiz enerji temin etme, firmaların devamlı olarak üretim yapmalarını sağlayarak verimliliği arttırmak, ucuz elektrik enerjisi temin etme gibi amaçlar doğrultusunda Organize Sanayi Bölgesinde faaliyetine devam eden 227 firmanın ortak katkıları ile Eskişehir Endüstriyel Enerji Üretim Otoprodüktör Grubu Sanayi ve Ticaret A.Ş. (EEE A.Ş.) kurulmuştur. 1998 yılında EEE bünyesinde Doğalgaz Kombine Çevrim Elektrik üretim santrali hizmete girmiştir. Santral, yılda 420 milyon/kWh üretim kapasitesine sahiptir. 2017 yılı itibarıyla ölçüm ve bakım çalışmaları dışında üretim gerçekleştirilememiştir. EEE bünyesinde 2016 yılında 1 MW kapasiteye sahip Güneş Enerji Santrali (GES) kurulmuştur. EOSB, ilerleyen yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarıyla üretim planlamaktadır (http-4; ESO, 2017).

Çalışma kapsamında sanayiden kaynaklı karbon emisyonu belirlenirken, Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi ile Enerji Üretim Otoprodüktör Grubu San. ve Tic. A.Ş.' ye ait 2010-2019 yılları aralığındaki tüm yıllar için ait elektrik ve doğalgaz tüketim verileri kullanılmıştır. EOSB kullandığı elektriğin bir kısmını şehir dışındaki tedarikçilerden kendisi satın almakta küçük bir kısmını da doğalgaz çevrim santrali yoluyla kendisi üretmektedir. 2017 yılı itibariyle santralde ölçüm ve bakım çalışmaları dışında üretim gerçekleştirilemediğinden 2010 ve 2017 yılları aralığı için veriler kullanılmıştır (Bkz. Çizelge 3.6). Organize Sanayi Bölgesi'ni kapsamayan diğer sanayi sitelerinde tüketilen elektrik ve doğalgaz miktarlarına bağlı karbon emisyonu bulundukları mahallenin tüketim miktarları içerisinde hesaplanmıştır. Eskişehir OSB'deki firmaların doğalgaz tüketimleri incelendiğinde son 3 yılda %9, son 5 yılda %12, son 10 yıl içerisinde de %18 artış olduğu gözlenmektedir (EOSB, 2019). Sanayide doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu hesaplamalarında Çizelge 3.6 ve Şekil 3.7'de belirtilmekte olan EOSB faaliyet raporlarından elde edilen yıllık elektrik tüketim miktarı verileri kullanılmıştır.

Çizelge 3.6. Sanayi'de yıllara göre doğalgaz tüketimi (milyon m³ /yıl) (EOSB, 2020)

Yıl	Doğalgaz Tüketim Miktarı (milyon m ³ /yıl)	Doğalgaz Çevrim Santrali Tüketim Miktarı (milyon m ³ /yıl)
2010	193,65	66,95
2011	189,50	50,07
2012	185,70	43,05
2013	211,98	33,24
2014	193,24	15,83
2015	204,79	10,29
2016	207,20	10,83
2017	211,38	0.235
2018	220,80	—
2019	228,75	—

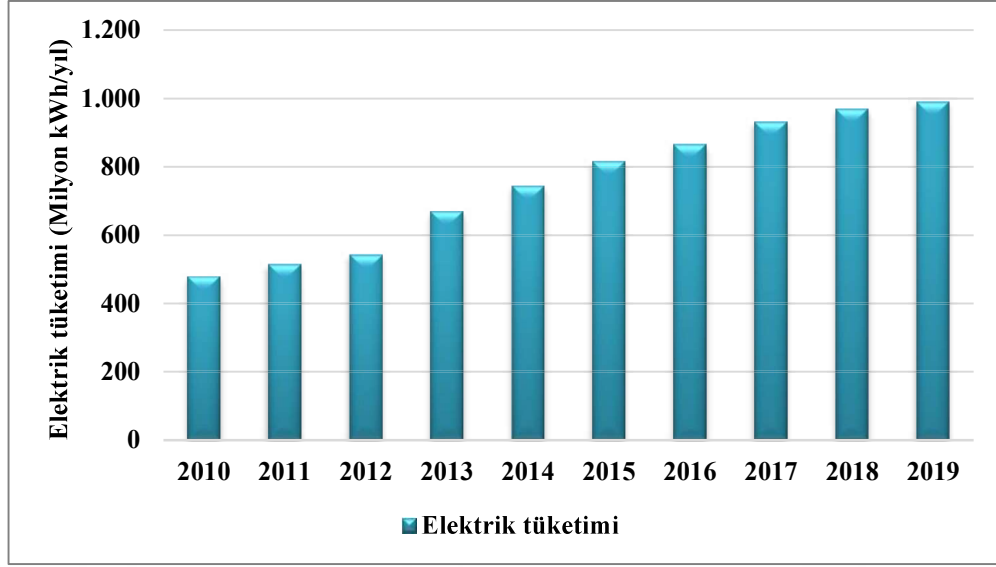


Şekil 3.7. Sanayide yıllara göre doğalgaz tüketimi

Sanayide elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyon hesaplamalarında Çizelge 3.7 ve Şekil 3.8’ de belirtilen EOSB faaliyet raporlarından elde edilen yıllık elektrik tüketim miktarı verileri kullanılmıştır.

Çizelge 3.7. Sanayide yıllara göre elektrik tüketimi (milyon kWh/yıl) (EOSB, 2020)

Yıl	Elektrik Tüketimi (milyon kWh/yıl)
2010	477,19
2011	515,05
2012	542,96
2013	668,32
2014	743,13
2015	816,27
2016	866,12
2017	932,46
2018	969,03
2019	991,07



Şekil 3.8. Sanayide yıllara göre elektrik tüketimi

Eskişehir OSB'deki firmaların elektrik tüketimleri incelendiğinde elektrik tüketimleri son 3 yılda %6, son 5 yılda %21, son 10 yıl içerisinde de %114 artış olduğu gözlenmektedir (EOSB, 2019).

3.1.2.3. Ulaşım

Eskişehir, Türkiye'nin ulaşım sistemi içerisinde önemli yere sahip illerden biri konumundadır. Demiryolları ve karayollarının kavşak noktasında yer alması kenti ülke çapında önemli bir konuma taşımıştır. Havalimanı genişletilme çalışmaları, yeni otoyollar için önemli bir kavşak noktasında yer alması ve kentte üç üniversitenin bulunması, Eskişehir kentinde ulaşımın gelişimine önemli ölçüde katkı sağlamaktadır (Bebka, 2018). Çalışma kapsamında ulaşım sektörü için karayolu ve havayolu kaynaklı karbon emisyonlarının belirlenmesi doğrultusunda söz konusu kaynaklara ait yakıt tüketim verileri elde edilmiştir. Çizelge 3.8'de belirtilen Eskişehir iline ait 2010-2019 yılları aralığındaki tüm yıllar için Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu sektör raporlarından elde edilen akaryakıt tüketim verileri ve oto gaz için tüketilen LPG verileri kullanılmıştır.

Çizelge 3.8. Eskişehir ili 2010-2019 yılları karayolu ve havayolu kaynaklı yakıt tüketimleri (ton) (EPDK, 2020)

Yakıt tüketimleri (ton)				
Yıl	Karayolu			Havayolu
	Benzin	Motorin	LPG	Jet Yakıtı
2010	23.953	199.658	29.516	0
2011	24.151	220.224	31.544	0
2012	22.668	193.289	31.906	0
2013	22.849	231.831	33.313	0
2014	22.967	223.397	35.376	0
2015	24.791	256.081	38.465	310
2016	27.273	278.815	41.140	293
2017	27.964	378.276	39.988	282
2018	28.761	345.633	39.760	309
2019	29.073	352.290	38.868	337

3.1.2.4. CORINE verileri

Çalışma kapsamında 2012 ve 2018 yıllarına ait CORINE verilerine ait alansal bilgiler Tarım ve Orman Bakanlığı'nın CORINE projesi ile ilgili web sayfasından ilçe düzeylerinde temin edilmiştir. Seviye 3 katmanlarına göre düzenlenen 2012 yılına ait veriler Çizelge 3.9'da, 2018 yılına göre düzenlenen veriler Çizelge 3.10' da verilmektedir.

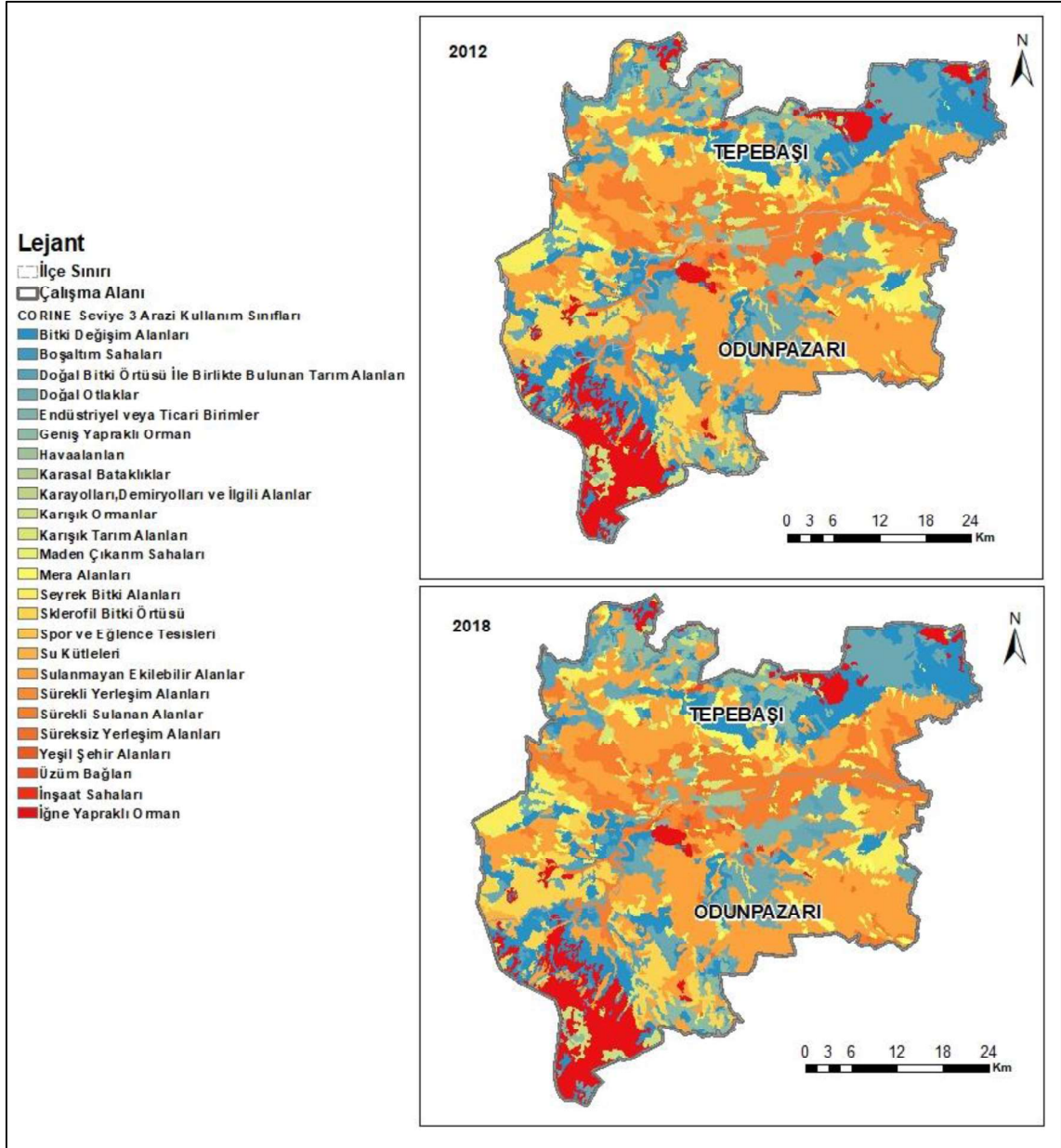
Çizelge 3.9. Odunpazarı ve Tepebaşı ilçeleri 2012 yılı CORINE Seviye 3 katmanlarına göre kapladıkları alan (ha) (http-3)

2012 Yılı	ODUNPAZARI		TEPEBAŞI	
CORINE Seviye 3 Katmanları	Alan (ha)	Yüzde (%)	Alan (ha)	Yüzde (%)
1.1.1. Sürekli Şehir Yapısı	1.15	1,0	1.19	0,9
1.1.2. Süreksiz Şehir Yapısı	2.05	1,8	1.92	1,4
1.2.1. Endüstriyel veya Ticari Birimler	1.96	1,7	1.09	0,8
1.2.2. Karayolları, Demiryolları ve İlgili Alanlar	15	0,0	249	0,2
1.2.4. Havaalanları	18	0,0	1.19	0,9
1.3.1. Maden Çıkarım Sahaları	575	0,5	934	0,7
1.3.2. Boşaltım Sahaları	37	0,0	34	0,0
1.3.3. İnşaat Sahaları	280	0,3		
1.4.1. Yeşil Şehir Alanları	326	0,3	65	0,1
1.4.2. Spor ve Eğlence Alanları	80	0,1	193	0,1
2.1.1. Sulanmayan Ekilebilir Alanlar	40.50	36,0	33.03	23,7
2.1.2. Sürekli Sulanan Alanlar	7.93	7,1	18.84	13,5
2.2.1. Üzüm Bağları			177	0,1
2.3.1. Mera alanları	2.71	2,4	6.18	4,4
2.4.2. Karışık Tarım Alanları	950	0,9	3.36	2,4
2.4.3. Doğal Bitki Örtüsü ile Karışık Tarım Alanları	4.94	4,4	8.08	5,8
3.1.1. Geniş Yapraklı Ormanlar	2.22	2,0	8.60	6,2
3.1.2. İğne Yapraklı Orman	10.23	9,1	5.76	4,1
3.1.3. Karışık Ormanlar	860	0,8	1.52	1,1
3.2.1. Doğal Çayırılıklar	12.09	10,8	12.24	8,8
3.2.3. Sklerofil Bitki Örtüsü	6.48	5,8	8.44	6,1
3.2.4. Bitki Değişim Alanları	12.22	10,9	20.02	14,4
3.3.3. Seyrek Bitki Alanları	4.12	3,7	5.91	4,2
4.1.1. Karasal Bataklıklar	39	0,0		
5.1.2. Su Kütleleri	638	0,6	482	0,4

Çizelge 3.10. Odunpazarı ve Tepebaşı ilçeleri 2018 yılı CORINE Seviye 3 katmanlarına göre kapladıkları alan (ha) (<http-3>)

2018 Yılı	ODUNPAZARI		TEPEBAŞI	
CORINE Seviye 3 Katmanları	Alan (ha)	Yüzde (%)	Alan (ha)	Yüzde (%)
1.1.1. Sürekli Şehir Yapısı	1.15	1,0	1.19	0,9
1.1.2. Süreksiz Şehir Yapısı	2.22	2,0	2.00	1,4
1.2.1. Endüstriyel veya Ticari Birimler	2.29	2,0	1.09	0,8
1.2.2. Karayolları, Demiryolları ve İlgili Alanlar	15	0,0	249	0,2
1.2.4. Havaalanları	18	0,0	1.19	0,9
1.3.1. Maden Çıkarım Sahaları	665	0,6	1.04	0,8
1.3.2. Boşaltım Sahaları	93	0,1	34	0,0
1.3.3. İnşaat Sahaları	193	0,2	6	0,0
1.4.1. Yeşil Şehir Alanları	326	0,3	65	0,1
1.4.2. Spor ve Eğlence Alanları	80	0,1	207	0,2
2.1.1. Sulanmayan Ekilebilir Alanlar	40.25	35,8	32.97	23,6
2.1.2. Sürekli Sulanan Alanlar	7.91	7,0	18.82	13,5
2.2.1. Üzüm Bağları			177	0,1
2.3.1. Mera alanları	2.602	2,3	6.17	4,4
2.4.2. Karışık Tarım Alanları	950	0,9	3.37	2,4
2.4.3. Doğal Bitki Örtüsü ile Karışık Tarım Alanları	4.89	4,4	8.08	5,8
3.1.1. Geniş Yapraklı Ormanlar	2.21	2,0	8.56	6,1
3.1.2. İğne Yapraklı Orman	10.21	9,1	5.67	4,1
3.1.3. Karışık Ormanlar	831	0,7	1.78	1,3
3.2.1. Doğal Çayırliklar	11.98	10,7	12.20	8,8
3.2.3. Sklerofil Bitki Örtüsü	6.48	5,8	8.19	5,9
3.2.4. Bitki Değişim Alanları	12.26	10,9	20.13	14,4
3.3.3. Seyrek Bitki Alanları	4.11	3,7	5.81	4,2
4.1.1. Karasal Bataklıklar	39	0,0		
5.1.2. Su Kütleleri	638	0,6	482	0,4

Elde edilen veriler doğrultusunda daha fazla nüfusa sahip Odunpazarı ilçesinde kentsel alan türlerinin daha geniş alanlar kapladığı görülmektedir. Ayrıca çalışma kapsamında 2012 ve 2018 yıllarına ait bir diğer CORINE verileri ise; Copernicus Arazi İzleme Servisi (Copernicus Land Monitoring Service)'nin web sayfasından vektör veri formatında temin edilen arazi kullanım haritaları Şekil 3.9'da 3. Seviye olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.9. Seviye 3' e göre düzenlenmiş CORINE 2012 ve 2018 yılı arazi kullanım haritaları (<http-5>)

3.2. Kullanılan Yöntemler

Bu bölümde çalışma kapsamında kullanılan yöntemler incelenecektir.

3.2.1. Emisyon hesaplama

Karbon emisyonu elde edilen enerji tüketim değerlerine göre bina, mahalle, ilçe veya il düzeyinde belirlenebilmektedir. Çalışma kapsamında 2006 yılında geliştirilerek belirli aralıklarla güncellenen karbon emisyonu hesaplama yöntemlerine ilişkin kılavuzlar, “IPCC¹ Ulusal Sera Gazı Envanteri Kılavuzu”, “Yerel Sera Gazı Emisyon Envanterleri Küresel Protokolü (GPC)”, Hava Kirleticisi Emisyon Envanteri Kılavuzu (EMEP/EEA)” detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Yerel Sera Gazı Emisyonu Envanterleri Küresel Protokolü’nde kentlerdeki sera gazlarından kaynaklı emisyonları belirlemek için kullanılan metodolojiler, emisyonları aktivitelerine göre üç temel kategoride açıklanmaktadır:

Kapsam 1: Kent içerisindeki kaynaklardan oluşan direkt sera gazı emisyonları,

Kapsam 2: Kent içerisindeki elektrik, ısıtma ve soğutma işlemlerindeki tüketimlerden dolayı oluşan dolaylı sera gazı emisyonları,

Kapsam 3: Kent sınırları dışında oluşan fakat kent içerisinde meydana gelen kullanımlardan kaynaklı bütün dolaylı sera gazı emisyonlarını içermektedir (Karlı, 2019; Türe, 2014).

IPCC karbon emisyonu hesabını, elde edilen verilerin içeriğindeki detay seviyesine göre üç farklı yöntemle açıklamaktadır. Detay seviyesi açısından birbirinden ayrılan bu emisyon hesaplama yöntemleri şunlardır:

Tier 1 yöntemi, faaliyet verileri ile varsayılan emisyon faktörü arasında basit doğrusal bir ilişki uygulamaktadır. Faaliyet verileri, istatistiksel verileri (enerji istatistikleri, üretim istatistikleri vb.) kapsamaktadır. Sözü edilen yöntem, ülke ya da kent gibi geniş ölçekli çalışmalarda ve çok fazla detaylı verinin elde edilmesinin güç olduğu durumlarda daha çok tercih edilmektedir.

Tier 2 yöntemi, Tier 1 yöntemiyle aynı faaliyet verilerini kullanmaktadır. Ancak süreç koşulları, yakıt kalitesi, azaltma teknolojileri vb. bilgiler kullanılarak ülkeye özgü emisyon

¹ IPCC: Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli.

faktörlerini kullanmaktadır. Sözü edilen yöntem, faaliyet verilerinin daha detaylı ve ayrıntılı düzeyde olduğu durumlarda uygulanmaktadır.

Tier 3 yöntemi, yukarıdaki üç yöntemden en çok karmaşıklığa sahip olan yöntemdir. Tesis düzeyinde verilerin ya da karmaşık modellerin kullanılmasını içerebilir. Çalışılan alana ait en detaylı verinin istendiği bir yöntemdir (EEA, 2019). Tier 3 yöntemi detaylı veri gereksinimi gerektirdiğinden kent ölçeğinde gerçekleştirilen çalışmalar için rasyonel değildir (Türe, 2014). İncelenen protokoller ve kılavuzlar kapsamında kent ölçeğinde gerçekleştirilen çalışmalarda temin edilebilen verilerin özellikleri sebebiyle çalışma kapsamında Tier 1 ve Tier 2 yöntemlerinin kullanılması tercih edilmiştir. Sonraki bölümde her bir kentsel alan için kullanılan yöntemlere ait detaylar, daha sistematik ve anlaşılır olması için ayrı başlıklarda ele alınacaktır.

3.2.1.1. Yerleşim alanları

Yerleşim alanlarındaki karbon emisyonunu tespit edebilmek için doğalgaz tüketim verileri ve faturalanan elektrik tüketimi verileri kullanılmıştır. İlk olarak doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunu belirleyebilmek adına ESGAZ² kurumundan m³ olarak elde edilen mahalle bazında doğalgaz tüketim miktarı verileri esas alınmıştır. Doğalgaz tüketiminden kaynaklı emisyon hesaplamalarında 2010 ve 2019 yılları dahil olmak üzere bu tarih aralığındaki tüm yıllar hesaba katılmıştır. Doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu mahalle bazında belirlenirken izlenen adımlar şu şekildedir:

- İlk olarak m³ olarak elde edilen doğalgaz tüketim miktarını önce kWh birimine dönüştürülmüştür

$$1 \text{ m}^3 \text{ doğalgaz} = 10.8 \text{ kWh} \text{ (Packer, 2011) (3.1)}$$

- İkinci adımda, kWh birimine dönüştürülen veriler, MWh biriminde doğalgaz tüketim verileri elde etmek için 1000'e bölünür.

$$1000 \text{ kWh} = 1 \text{ MWh} \text{ (Packer, 2011) (3.2)}$$

²ESGAZ: Esgaz Doğalgaz Dağıtım A.Ş

- Üçüncü adımda, emisyon faktörü katsayısı³, kullanılacak kapsam ve yöntem belirlenir. Çalışmada elde edilen veriler doğrultusunda, Kapsam 1 kategorisi belirlenmiştir. Karbon emisyonlarının tahminine dayanan Avrupa çalışma standartlarına uygun olarak Tier 1 yöntemi kullanılmasına karar verilmiştir.
- Dördüncü adımda, en yaygın tahmin yaklaşımı olarak bir insan faaliyetinin ne kadar gerçekleştiği ile ilgili veri (doğalgaz tüketim verisi) ve birim aktivite başına emisyon faktörü ile çarpım sonucunda karbon emisyonu elde edilmiştir.

$$CO_2 \text{ Emisyonu (Ton } CO_2) = \text{Doğalgaz Tüketimi (MWh)} * EF \text{ (EEA, 2019) (3.3)}$$

- Son olarak hesaplanan karbondioksit (CO₂) ton olarak ifade edilmektedir.

Çalışma kapsamında yerleşim alanları için, Eskişehir ilinin merkez ilçeleri Odunpazarı (41 merkez mahalle) ve Tepebaşı (46 merkez mahalle) için yukarıdaki adımlar izlenerek doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonları belirlenmiştir.

Elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunu belirleyebilmek için Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)'nın her yıl hazırlamış olduğu yıllık sektör raporlarından ve Eskişehir Büyükşehir Belediyesi'nin her yıl hazırlamış olduğu "İstatistiklerle Eskişehir" adlı yayınından OEDAŞ⁴ kurumuna ait MWh olarak elde edilen faturalanan elektrik tüketim miktarı verileri kullanılmıştır. Elektrik tüketimi verilerinde mahalle bazında detaylı veriye ulaşamadığı için il bazında toplam elektrik tüketimi Eskişehir'in toplam nüfusuna oranlanarak mahalle bazında karbon emisyonu belirlenmiştir. Elektrik tüketiminden kaynaklı emisyon hesaplamalarında 2010 ve 2019 yılları dahil olmak üzere bu aralıktaki tüm yıllar için elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu mahalle bazında belirlenirken birtakım istatistiksel işlemler gerçekleştirilmiştir:

- İlk olarak, Eskişehir iline ait elde edilen toplam elektrik tüketimi verileri nüfus verilerine oranlanarak kişi başına düşen elektrik tüketimi belirlenmiştir.

$$Kişi başına düşen elektrik tüketimi = \text{Toplam elektrik tüketimi(MWh)} / \text{Toplam il nüfusu}$$

(3.4)

³Belediye Başkanları Küresel İklim ve Enerji Sözleşmesi (Covenant of Mayors for Climate and Energy) sözleşmesinde verilen IPCC tarafından belirtilen doğalgaz için hesaplanan **0.202** standart emisyon faktörü katsayısı kullanılmıştır.

⁴ OEDAŞ: Osmangazi Elektrik Dağıtım AŞ.

- İl bazında belirlenen kişi başına düşen elektrik tüketimi kullanılarak çalışma alanındaki iki merkez ilçenin nüfusu ile çarpılarak ilçe bazında elektrik tüketimi belirlenmiştir.

$$\text{İlçe bazında elektrik tüketimi} = \text{Kişi başına düşen elektrik tüketimi} * \text{İlçe Nüfusu} \quad (3.5)$$

- Kişi başına düşen elektrik tüketimi ile her ilçenin mahallesine ait nüfus verileri ile çarpılarak mahalle bazında elektrik tüketimi verileri elde edilmiştir.

$$\text{Mahalle bazında elektrik tüketimi} = \text{Kişi başına düşen elektrik tüketimi} * \text{Mahalle Nüfusu} \quad (3.6)$$

- Kapsam 2, şehir içerisinde kullanılan elektrik tüketimi verileri doğrultusunda belirlenmiştir.
- Tier 2 yöntemi, karbon emisyonlarının tahminine dayanan Türkiye'nin çalışma standartlarına göre belirlenmiştir. Emisyon faktörü katsayısı, Türkiye için 0.505 olarak hesaplanmıştır (R.Dassı, 2017).

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu (Ton CO}_2\text{)} = \text{Elektrik Tüketimi (MWh)} * EF \text{ (EEA, 2019)} \quad (3.7)$$

- Hesaplanan CO₂ ton olarak ifade edilir.

Çalışma kapsamında yerleşim alanları için, Eskişehir ilinin merkez ilçeleri olan Odunpazarı ilçesinde 85 mahalle, Tepebaşı ilçesinde 91 mahalle için yukarıdaki adımlar izlenerek karbon emisyonları belirlenmiştir.

3.2.1.2. Sanayi

Sanayide doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunu belirleyebilmek için EOSB⁵ faaliyet raporlarından ulaşılan 2010 ve 2019 yılları aralığındaki tüm yıllar için yıllık doğalgaz tüketim miktarları ile 2017 yılında kapatılan EEE⁶ çevrim santralinin yıllık elektrik üretimi için tüketilen doğalgaz miktarı verileri kullanılmıştır. Doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu hesaplamalarında yerleşim alanları bölümünde kullanılan metodolojiye benzer adımlar uygulanmıştır. Elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunu belirleyebilmek için EOSB faaliyet raporlarından ulaşılan 2010 ve 2019 yılları aralığındaki tüm yıllar için yıllık elektrik tüketimi miktarı verileri kullanılmıştır. Elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu hesaplamalarında kullanılan metodoloji şu şekildedir:

- Elektrik tüketimleri MWh birimiyle ifade edildiğinden ilk olarak kWh biriminde olan veriler dönüştürülmektedir.

$$1 \text{ kWh} = 0.001 \text{ MWh} \text{ (Packer, 2011) (3.8)}$$

- Yerleşim alanları bölümünde kullanılan metodoloji adımları ile sanayide yıllık olarak elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu belirlenmiştir.

⁵ EOSB: Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi.

⁶ EEE: Eskişehir Endüstriyel Enerji Üretim Otoprodüktör Grubu San. ve Tic. A.Ş. (Doğalgaz Çevrim Santrali).

3.2.1.3. Ulaşım

Ulaşımın kaynaklı karbon emisyonu belirlenirken karayolu ve havayolu kaynaklı yakıt tüketimi verileri kullanılmıştır. Ulaşımın karbon emisyonu, tüketilen yakıtın yanması hesaba katılarak belirlenmektedir. Daha yalın bir biçimde ifade etmek gerekirse, tüketilen yakıt miktarı ile orantılı olarak emisyon açığa çıkacaktır perspektifi ile hesaplama yapılmaktadır. (IPCC, 1997; Pekin, 2006). Elde edilen verilerin sahip olduğu nitelikler çerçevesinde Tier 1 yöntemi kullanılmıştır. Ulaşımındaki yakıt tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu hesaplamalarında kullanılan metodolojiye ait detaylar şu şekildedir:

- Ulaşım için karayolu ve havayolu kaynaklı yakıt tüketimleri verisi ton biriminde elde edilmiştir.
- İlk olarak ulaşımın kaynaklı yakıt tüketimi verilerini 1996 yılında hazırlanarak revize edilen IPCC'nin yayınlamış olduğu Ulusal Sera Gazı Envanteri Kılavuzunda belirtilen dönüşüm faktörleri ile çarparak, her yakıt grubunun enerji içeriği belirlenmiştir.

$$\text{Enerji Tüketimi [TJ]} = \text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/kt]} \quad (3.9)$$

Her yakıt türünün dönüşüm faktörleri Çizelge 3.11'de belirtilmektedir.

Çizelge 3.11. Yakıtların dönüşüm faktörleri (TJ/kt) (IPCC, 1997; Pekin, 2006)

Yakıt türü	Yakıt türünün içerdiği net kalori değerleri (Dönüşüm faktörleri)(TJ/kt)
Benzin	44.80
Motorin	43.33
LPG	47.31
Jet Yakıtı	44.59

- Her yakıt türü için belirlenen Çizelge 3.12’de belirtilen IPCC’nin sunduğu karbon emisyon faktörlerini kullanarak tüketilen yakıtın ne kadar karbon içerdiği belirlenmiştir.

$$\text{Karbon İçeriği [t C]} = \text{Karbon Emisyon Faktörü [t C/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]} \quad (3.10)$$

$$\text{Karbon İçeriği [Gg C]} = \text{Karbon İçeriği [t C]} \times 10^{-3} \quad (3.11)$$

Çizelge 3.12. Karbon emisyon faktörleri (t C/TJ) (IPCC, 1997; Pekin, 2006)

Yakıt türü	Karbon Emisyon Faktörü (t C/TJ)
Benzin	18.9
Motorin	20.2
LPG	17.2
Jet Yakıtı	19.5

- Karbon oksitlenme oranı kullanılarak, yanma esnasında oksidasyona uğramayan, yani tam olarak yanmaya katılan karbon miktarı hesaplanmaktadır. Bu adım katı yakıt tüketimi olan sektörler için önemli bir husustur. Ulaşımındaki hesaplamalar için kullanılan yakıt türü sıvı yakıtlardır. Bu bilgi doğrultusunda sıvı yakıtlar için çok az bir kayıp olmasına rağmen hassas bir hesaplama işlemi için bu husus da dikkate alınmıştır (IPCC, 1997; Pekin, 2006).

$$\text{Karbon Emisyonu [Gg C]} = \text{Karbon İçeriği [Gg C]} \times \text{Karbon Oksitlenme Oranı} \quad (3.12)$$

Çizelge 3.13. Karbon oksitlenme oranı (IPCC, 1997; Pekin, 2006)

Yakıt türü	Karbon oksitlenme oranı
Petrol	0.99
Gaz yakıtlar	0.995

- Oksidasyona uğrayan karbon değerini karbondioksit dönuştürmek için, karbondioksitin moleköl ağırlığı karbonun moleköl ağırlığına oranlanarak gerçek CO₂ değeri belirlenmiştir.

$$CO_2 \text{ Emisyonu [Gg } CO_2] = \text{Karbon Emisyonu [Gg C]} \times (44/12) \quad (3.13)$$

- Elde edilen CO₂ emisyonu Çizelge 3.5’de belirtilen her ilçenin nüfus verisine bölünerek her ilçeye ait CO₂ emisyonu değeri belirlenmiştir.



3.2.2. Karbon emisyonu haritalarının hazırlanmasında CBS kullanımı

Çalışma kapsamında kentsel alan türlerinden biri olan yerleşim alanları için mahalle düzeyinde hesaplamalar yapılabildiğinden sadece yerleşim alanlarına ait karbon emisyon değerleri haritalandırılmıştır. Mahalle bazında karbon emisyon değerleri hesaplanan yerleşim alanları için CBS teknolojileri kullanılarak bu istatistiksel verilerin haritaları hazırlanmıştır. Çalışmada kullanılan yazılım Esri firmasına ait olan ArcGIS 10.5 yazılımı ve gerekli olan karbon emisyon değerlerini belirleyip sisteme aktarabilmek için Microsoft Excel 2010 yazılımı kullanılmıştır. Haritaların hazırlanmasında kullanılan aşamalar şu şekildedir:

- İlk olarak, Eskişehir Büyükşehir Belediyesi’nden temin edilen Tepebaşı ve Odunpazarı ilçelerine ait mahalle düzeyinde shape file veri formatındaki sınırlar ilgili yazılıma aktarılmıştır.
- Mahalle bazında hesaplanan karbon emisyon değerleri Join işlemi ile altlık olarak kullanılan shape file verisinin öznitelik tablosuna aktarılmıştır.
- Karbon emisyon değerlerini haritalandırabilmek için her bir yılın verisi için, “Graduated Symbols (Dereceli semboller)” seçeneği ile oluşturulan sembolojiler küçükten büyüğe olacak şekilde derecelendirilmiştir. Her bir veri sınıfına ait kırılımların en çok benzer değere sahip olan değer gruplarını belirleyen ve sınıflar arasındaki farklılıkları en üst düzeye çıkaran “Natural Breaks (Doğal kırılım)” yöntemi ile verilere ait kırılım noktaları belirlendikten sonra anlamlı aralıklar verilerek karbon emisyon haritaları hazırlanmıştır (Esri, 2018).

3.2.3. CORINE arazi kullanım haritalarının hazırlanması

Çalışma kapsamında 2012 ve 2018 yıllarına ait arazi kullanım verilerinin CBS teknolojileri kullanılarak haritaları hazırlanmıştır. Çalışmada kullanılan yazılım Esri firmasına ait olan ArcGIS 10.5 yazılımıdır. Haritaların hazırlanmasında kullanılan aşamalar şu şekildedir:

- İlk olarak, Eskişehir Büyükşehir Belediyesi’nden temin edilen Tepebaşı ve Odunpazarı ilçelerine ait mahalle düzeyinde shape file veri formatındaki sınırlar ve Corine arazi kullanım verileri ilgili yazılıma aktarılmıştır.
- Corine arazi kullanım verilerine ait öznitelik bilgilerini kullanarak “Benzersiz değerler” (Unique Values) seçeneği ile arazi kullanım haritaları 1. Düzey seviyesinde hazırlanmıştır.
- Her bir raster veri kümesine ait bölgelerin içindeki değerlere ilişkin istatistikleri hesaplayan “Zonal Geometri” aracı kullanılarak her bir kentsel alan türünün kapladığı alan belirlenmiştir.

4. BULGULAR

Bu bölümde çalışmaya ait bulgular yer almaktadır.

4.1. Yerleşim Alanlarından Kaynaklı Karbon Emisyonu

Yerleşim alanlarından kaynaklı karbon emisyonu doğalgaz tüketimleri ve elektrik enerjisi tüketimleri olarak incelendiğinden bulgulara ait bilgiler iki ayrı başlıkta değerlendirilecektir.

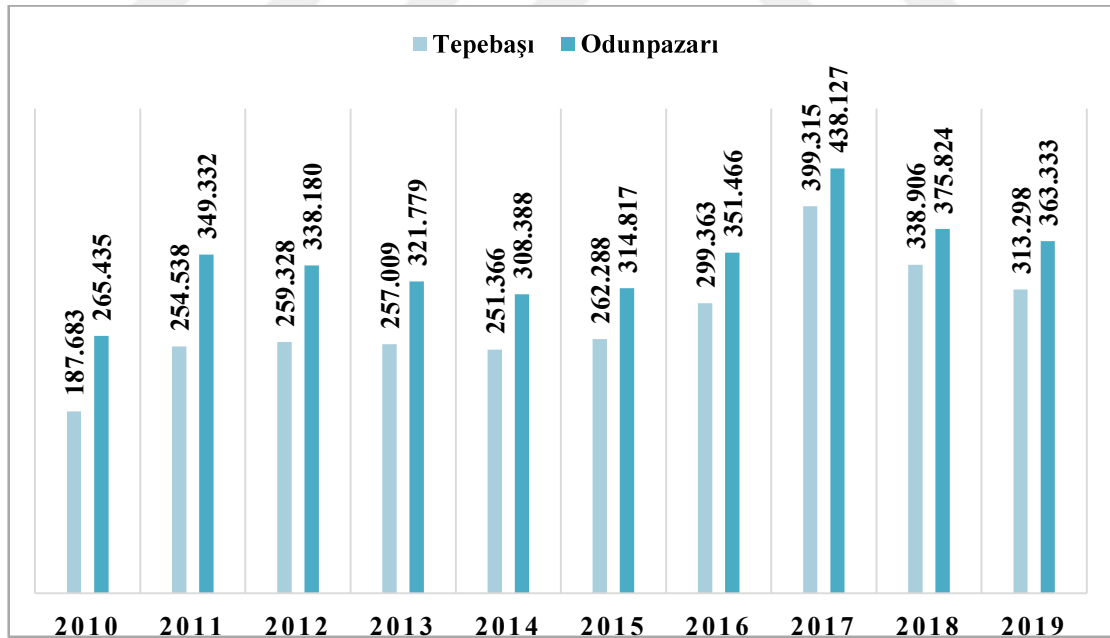
4.1.1. Doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu

Yerleşim alanlarında doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonları, yerleşim alanlarında kullanılan doğalgaz tüketim verileri ile çalışmanın üçüncü bölümünde bahsedilen karbon emisyon hesaplama metodolojileri ve metodolojilere ait formüller kullanılarak belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda, çalışmanın başlangıç yılı olarak kabul edilen 2010 yılında yerleşim alanlarında doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu Tepebaşı ve Odunpazarı ilçelerine göre göre sırasıyla; 187.683 ve 265.435 ton CO₂ olarak tespit edilmiştir. 2011 yılında sırasıyla; 254.538 ve 349.332 ton CO₂ olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 2012 yılında sırasıyla; 259.328 ve 338.180 ton CO₂ olarak belirlenmiştir. 2013 yılında sırasıyla; 257.009 ve 321.779 ton CO₂ olarak saptanmıştır. 2014 yılında sırasıyla; 251.366 ve 308.388 ton CO₂ olduğu tespit edilmiştir. 2015 yılında sırasıyla; 262.288 ve 314.817 ton CO₂ olarak belirlenmiştir. 2016 yılında sırasıyla; 299.363 ve 351.466 ton CO₂ sonucuna varılmıştır. 2017 yılında sırasıyla; 399.315 ve 438.127 ton CO₂ sonucu elde edilmiştir. 2018 yılında sırasıyla; 338.906 ve 375.824 ton CO₂ sonucuna varılmıştır. 2019 yılında sırasıyla; 313.298 ve 363.333 ton CO₂ olarak tespit edilmiştir. Tepebaşı ilçesi için mahalle bazında hazırlanan haritalar ve hesaplamalar incelendiğinde doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu en düşük olan 5 mahalle; Karagözler, Koyunlar, Cumhuriyet, Emirler ve Boyacıoğlu mahallelerinin, en yüksek olan 5 mahalle ise; Uluönder, Şirintepe, Yenibağlar, Batıkent ve Ertuğrulgazi mahallelerinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Odunpazarı ilçesi için mahalle bazında hazırlanan haritalar ve hesaplamalar incelendiğinde doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu en düşük olan 5 mahalle; Türkmentokat, Karacaşehir, Karacahöyük, Şarkiye ve Karapınar mahallelerinin, en yüksek olan 5 mahalle ise; Vişnelik, Gökmeydan, Akarbaşı, Kırmızıtoprak ve Kurtuluş mahallelerinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.1’de Tepebaşı ve Odunpazarı ilçeleri için yıllara göre doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu, Şekil 4.1’de doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun grafiksel gösterimi sunulmaktadır.

Çizelge 4.1. Tepebaşı ve Odunpazarı ilçeleri yıllara göre doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu (ton)

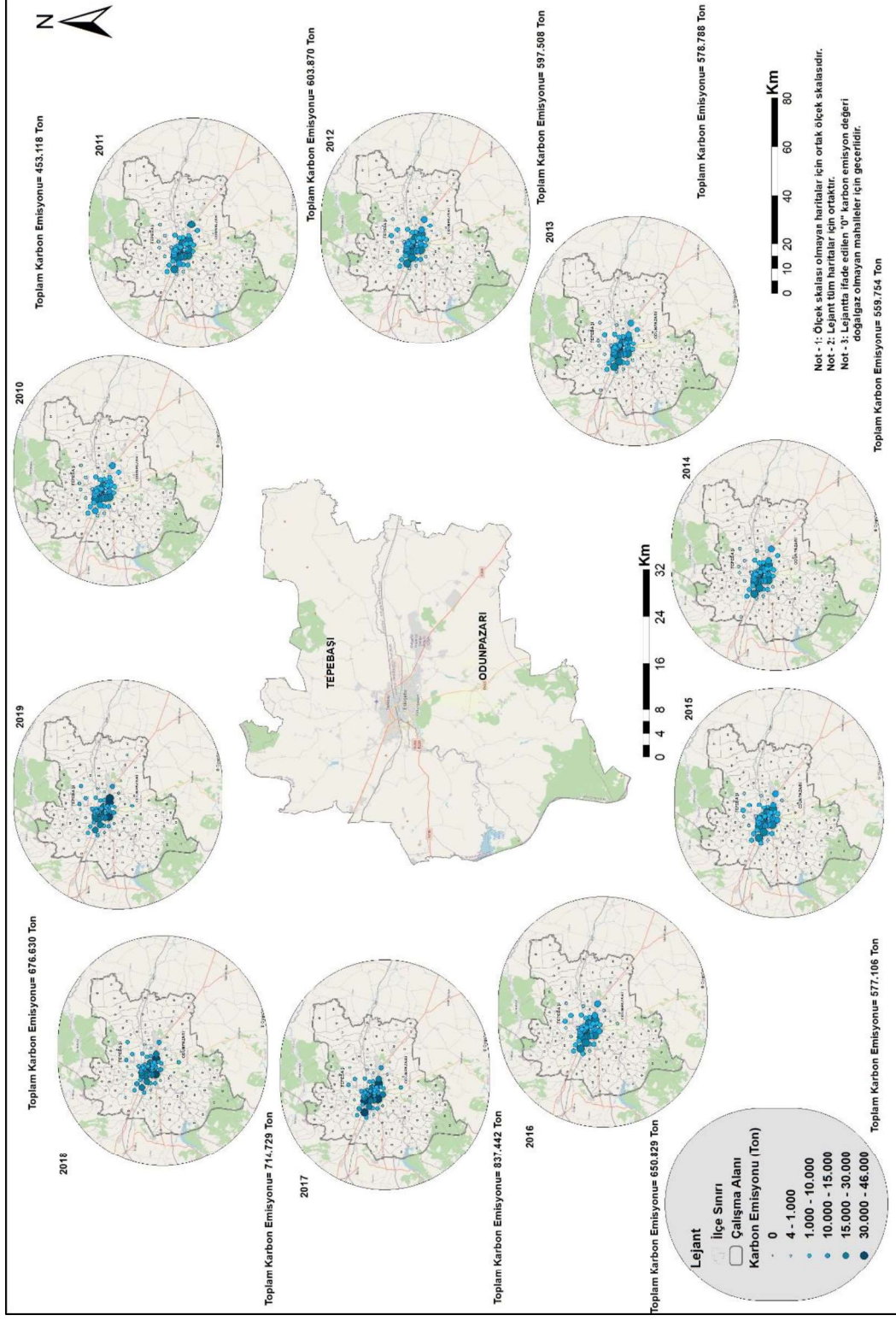
Yıl	Tepebaşı ilçesi doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu (ton)	Odunpazarı ilçesi doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu (ton)
2010	187.683	265.435
2011	254.538	349.332
2012	259.328	338.180
2013	257.009	321.779
2014	251.366	308.388
2015	262.288	314.817
2016	299.363	351.466
2017	399.315	438.127
2018	338.906	375.824
2019	313.298	363.333



Şekil 4.1. Tepebaşı ve Odunpazarı ilçeleri yıllara göre doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu (ton)

Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1 incelendiğinde 2011 ve 2017 yıllarında diğer yıllara göre doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunda artış olduğu saptanmıştır. 2017 yılından itibaren doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun azalış eğilimi göstermekte olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.2-4.10'a kadar doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonlarına ait mahalle bazında haritalar yer almaktadır.





Şekil 4.2. 2010-2019 yılları aralığı doğalga tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması

2014

2010

2013

2012

2011

Lejant

İlçe Sınırı

Çalışma Alanı

Karbon Emisyonu (Ton)

- 0
- 4 - 1.000
- 1.000 - 10.000
- 10.000 - 15.000
- 15.000 - 30.000

Not: Lejanti olmayan tüm haritalar için ortak lejanttir.

Toplam Karbon Emisyonu= 559.754 Ton

Toplam Karbon Emisyonu= 453.118 Ton

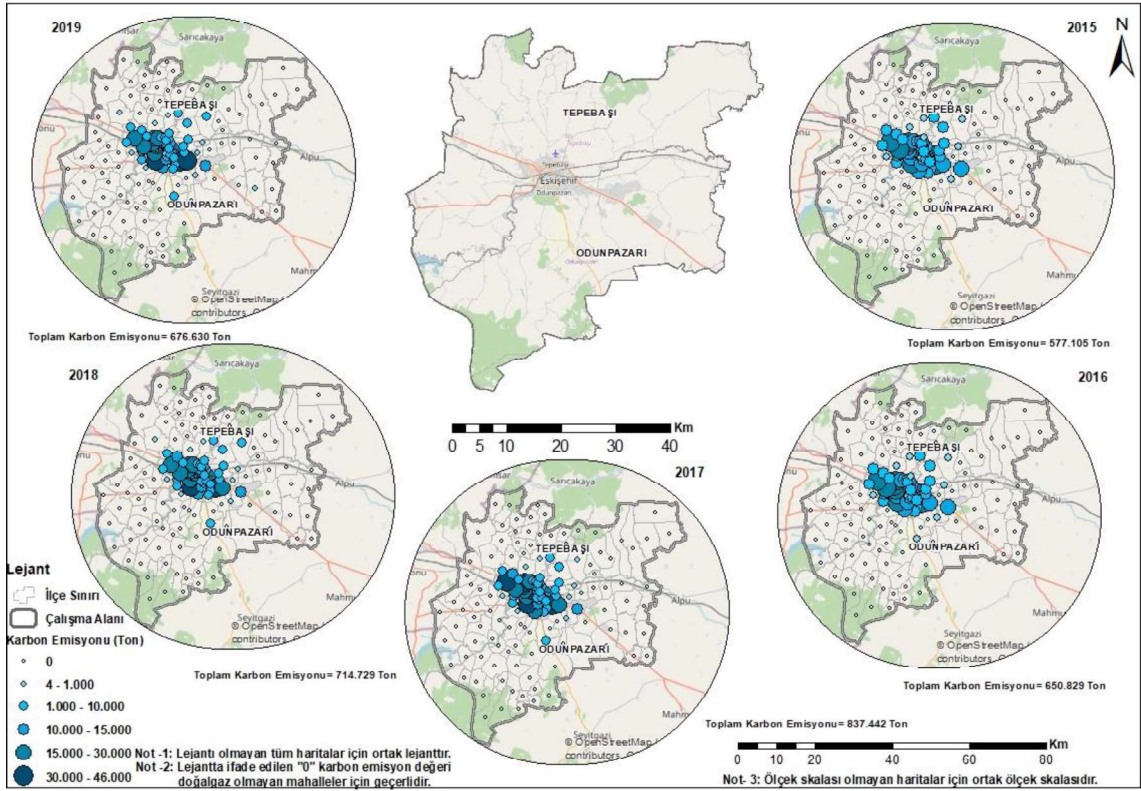
Toplam Karbon Emisyonu= 578.788 Ton

Toplam Karbon Emisyonu= 597.508 Ton

Toplam Karbon Emisyonu= 603.869 Ton

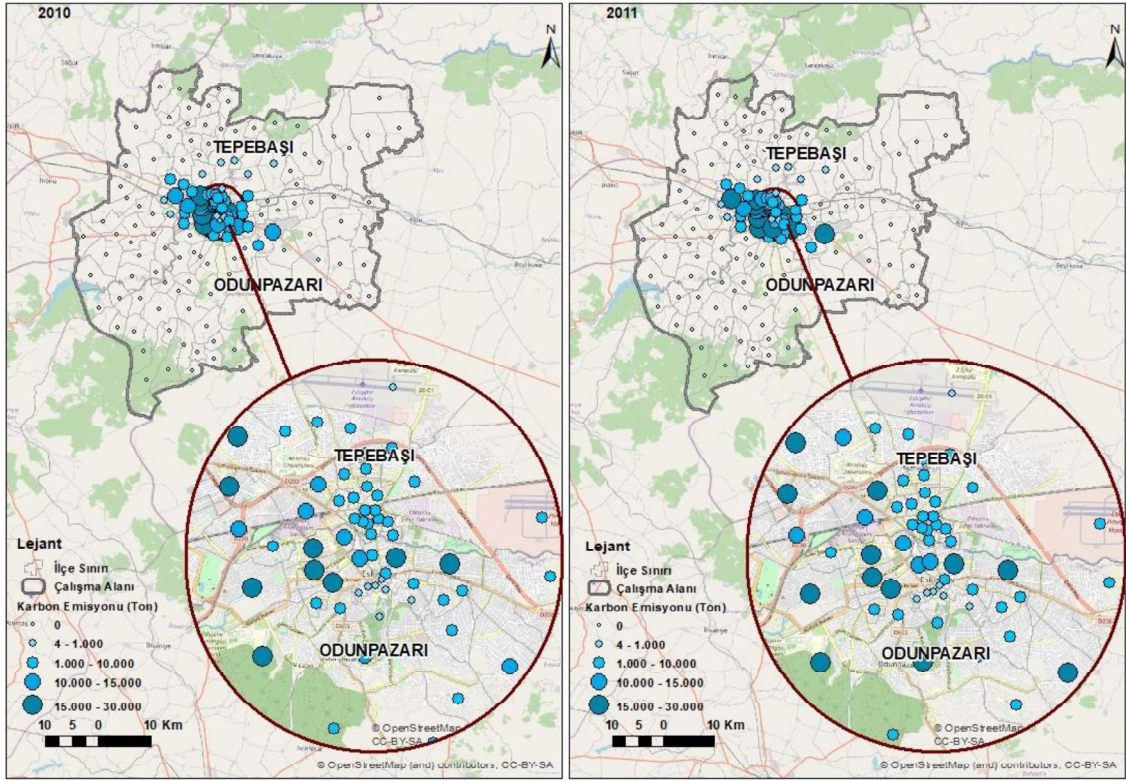
Not: Ölçek skalası olmayan haritalar için ortak ölçek skalasıdır.

50

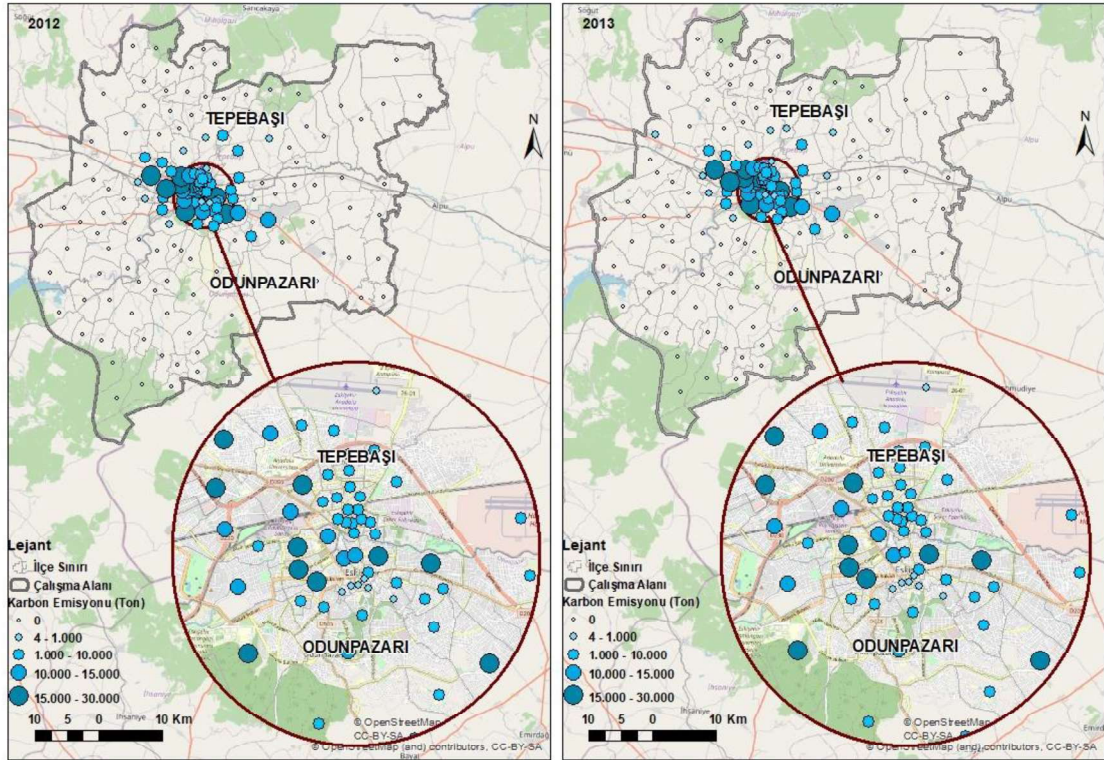


Şekil 4.4. 2015-2019 yılları arası doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu

Haritaların daha açıklanabilir olması ve görsel olarak yorumlanabilmesini kolaylaştırmak adına çalışmanın tüm yılları için ikişerli haritalar hazırlanmıştır. Şekil 4.5 ve Şekil 4.10 aralığında sırasıyla 2010-2019 yıllarına ait zaman dilimi için hazırlanan haritalara yer verilmektedir.

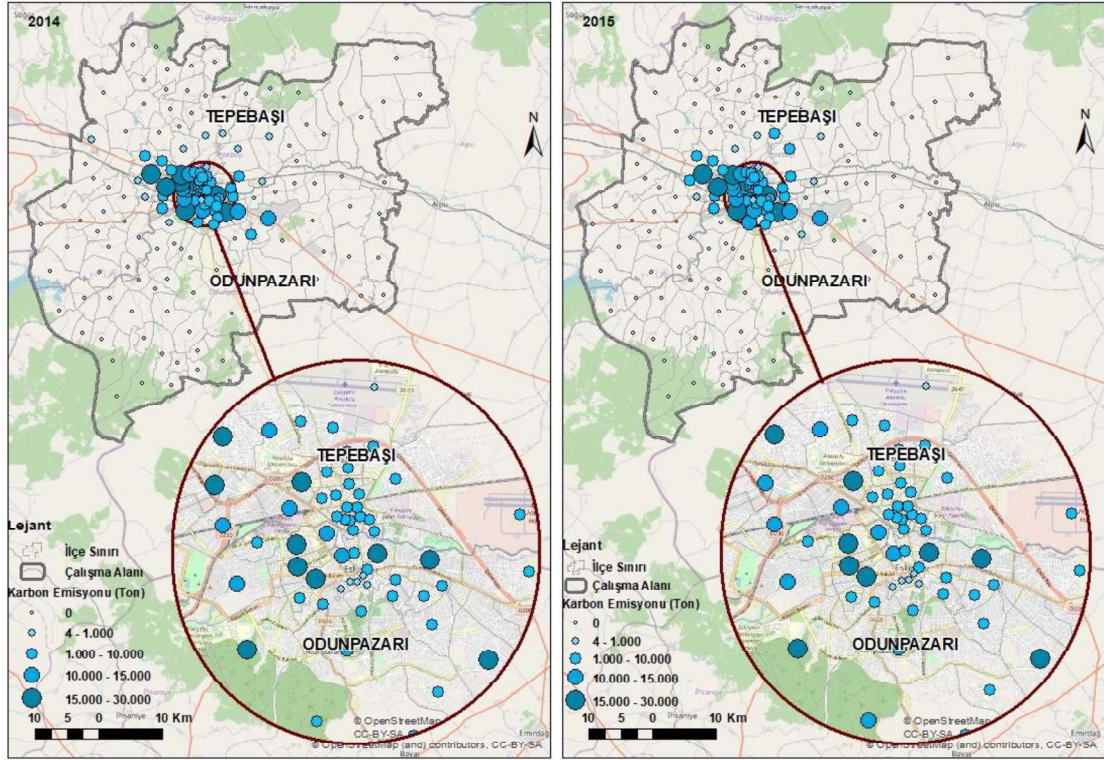


Şekil 4.5. 2010-2011 yılları doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması



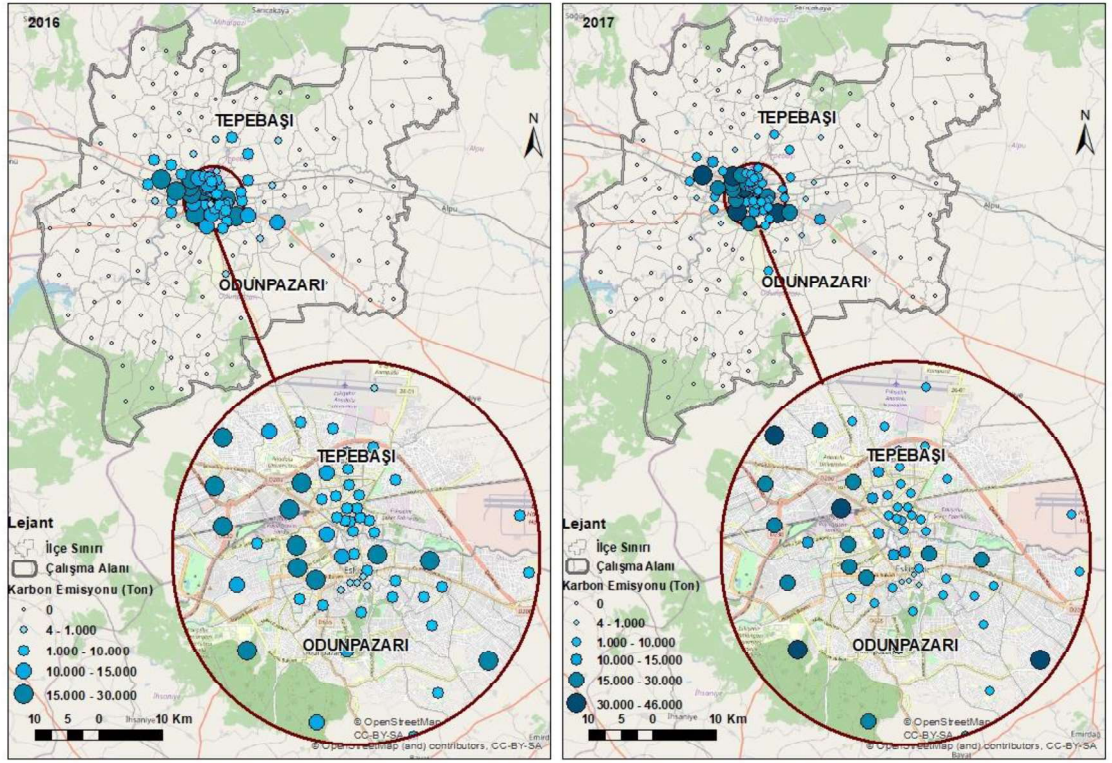
Şekil 4.6. 2012-2013 yılları doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması

2010 ve 2011 yıllarına ait haritalar incelendiğinde özellikle kent merkezinde daha yüksek karbon emisyonlarının olduğu tespit edilmiştir. 2012 ve 2013 yıllarına ait haritalar incelendiğinde yıllar arasında çok fazla bir değişim gözlenmemekle birlikte karbon emisyonu artış eğiliminin devam ettiği tespit edilmiştir.

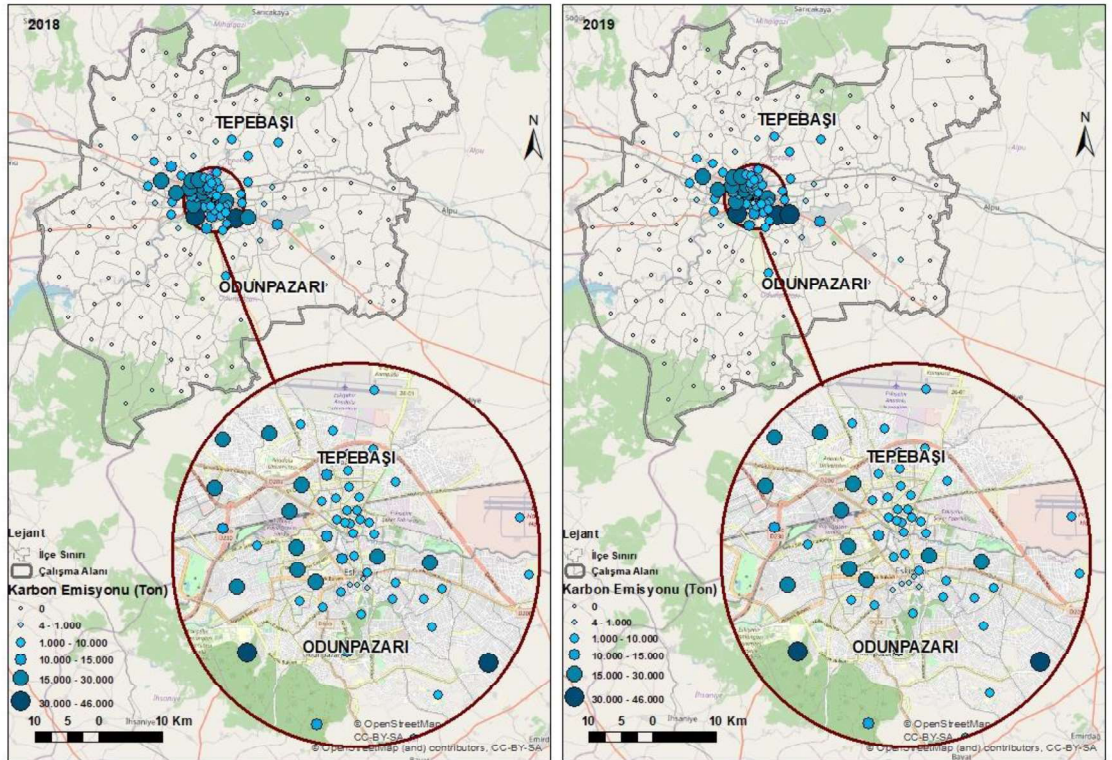


Şekil 4.7. 2014-2015 yılları doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması

2014 ve 2015 yıllarına ait haritalar incelendiğinde yıllar arasında çok fazla bir değişim gözlenmemekle birlikte emisyon artışının devam ettiği tespit edilmiştir.

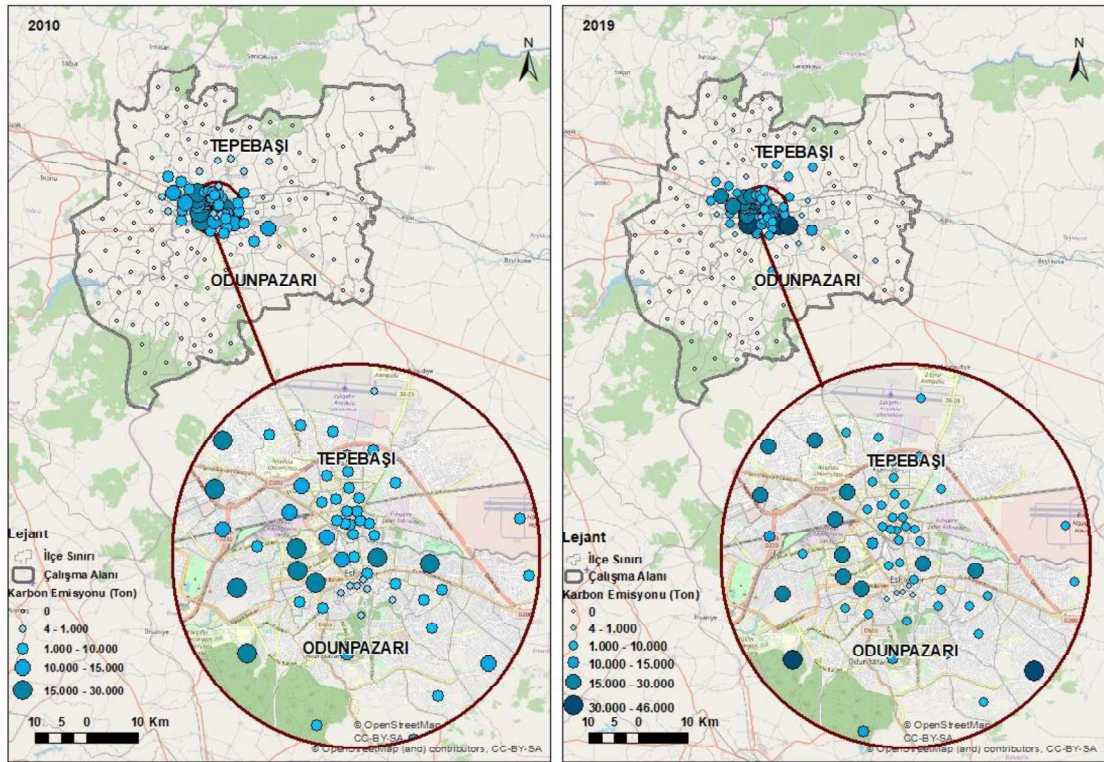


Şekil 4.8. 2016-2017 yılları doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması



Şekil 4.9. 2018-2019 yılları doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması

2016 ve 2017 yıllarına ait haritalar incelendiğinde 2017 yılında özellikle kent merkezinde daha yüksek karbon emisyonlarının olduğu görülmektedir. 2016 yılından 2017 yılına kadar doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonlarında artış olduğu belirlenmiştir. 2018 ve 2019 yıllarına ait haritalar incelendiğinde yıllar arasında çok fazla bir değişim gözlenmemektedir. Çalışmanın ilk ve son yılına ait haritalar Şekil 4.10'da verilmektedir.



Şekil 4.10. 2010-2019 yılları doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması

Çalışmanın başlangıç ve bitiş yıllarına ait haritalar incelendiğinde kent merkezinde kentsel alanların yoğun olduğu ve kentin en çok nüfusa sahip olan mahallelerinde doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonlarının arttığı gözlenmektedir.

4.1.1. Elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu

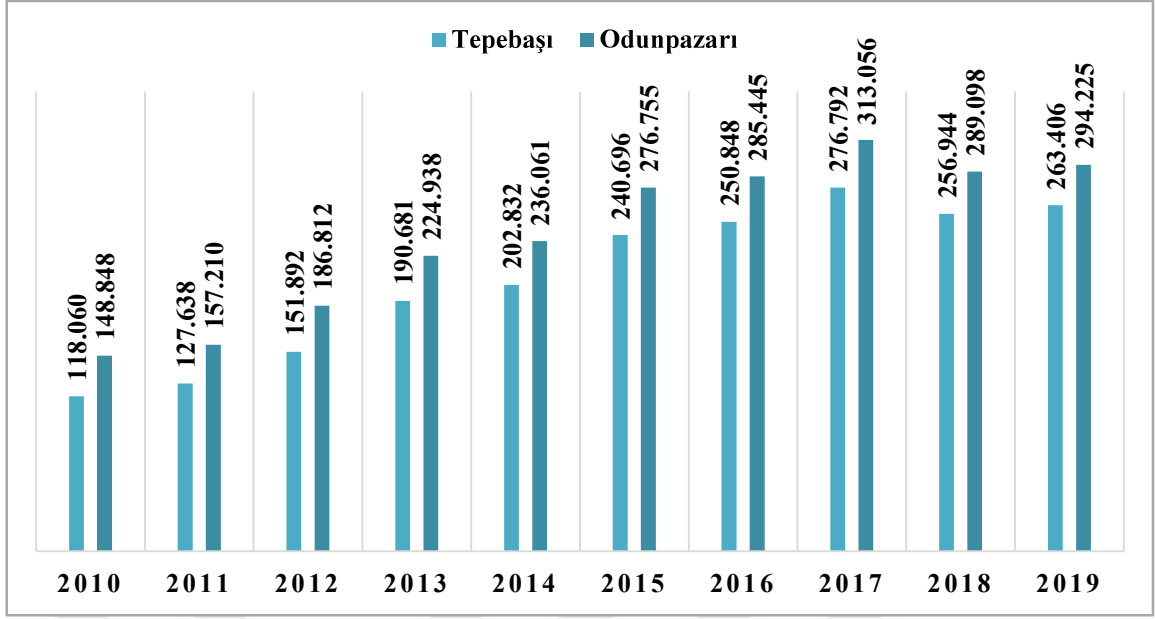
Yerleşim alanlarında elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonları, yerleşim alanlarında kullanılan doğalgaz tüketim verileri ile çalışmanın üçüncü bölümünde bahsedilen karbon emisyon hesaplama metodolojileri ve metodolojilere ait formüller kullanılarak belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda, çalışmanın başlangıç yılı olarak kabul edilen 2010 yılında yerleşim alanlarında elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu Tepebaşı ve Odunpazarı ilçelerine göre göre sırasıyla; 118.060 ve 148.848 ton CO₂ olarak tespit edilmiştir. 2011 yılında sırasıyla; 127.638 ve 157.210 ton CO₂ olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 2012 yılında sırasıyla; 151.892 ve 186.812 ton CO₂ olarak belirlenmiştir. 2013 yılında sırasıyla; 190.681 ve 224.938 ton CO₂ olarak saptanmıştır. 2014 yılında sırasıyla; 202.832 ve 236.061 ton CO₂ olduğu tespit edilmiştir. 2015 yılında sırasıyla; 240.696 ve 276.755 ton CO₂ olarak belirlenmiştir. 2016 yılında sırasıyla; 250.848 ve 285.445 ton CO₂ sonucuna varılmıştır. 2017 yılında sırasıyla; 276.792 ve 313.056 ton CO₂ sonucu elde edilmiştir. 2018 yılında sırasıyla; 256.944 ve 289.098 ton CO₂ sonucuna varılmıştır. 2019 yılında sırasıyla; 263.406 ve 294.225 ton CO₂ olarak tespit edilmiştir. Tepebaşı ilçesi için mahalle bazında hazırlanan haritalar ve hesaplamalar incelendiğinde elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu en düşük olan 5 mahalle sırasıyla; Çanakkıran, Taycılar, Buldukpinar, Bektaşpınarı ve Aşağıkartal mahallelerinin, en yüksek olan 5 mahallenin ise sırasıyla; Çamlıca, Şirintepe, Batıkent, Yenibağlar, Ertuğrulgazi ve Uluönder mahallelerinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Odunpazarı ilçesi için mahalle bazında hazırlanan haritalar ve hesaplamalar incelendiğinde elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu en düşük olan 5 mahalle; Lütfiye, Karamustafa, Musalar, Demirli ve Kayapınar mahallelerinin, en yüksek olan mahalleler ise sırasıyla; Emek, Büyükdere, Gökmeydan, Vişnelik ve Kurtuluş mahallelerinin olduğu sonucuna varılmıştır. 2017 yılına kadar elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunda artış eğilimi olduğu saptanmıştır. 2017 yılından itibaren elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun azalış eğilimi göstermekte olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2’de Tepebaşı ve Odunpazarı ilçeleri için yıllara göre elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu verilmektedir.

Çizelge 4.2. *Tepebaşı ve Odunpazarı ilçeleri 2010-2019 yılları arası elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu (ton)*

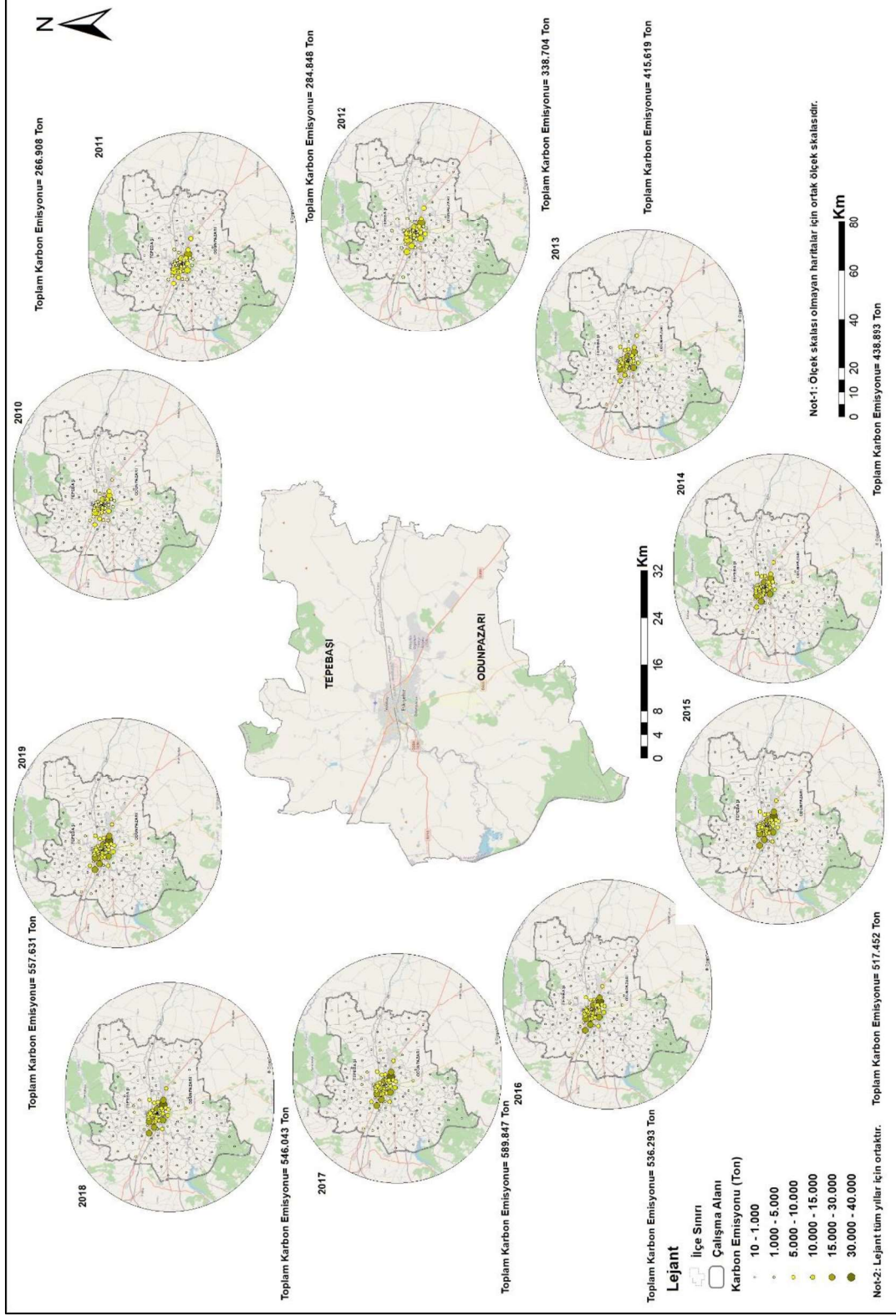
Yıl	Tepebaşı ilçesi elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu (ton)	Odunpazarı ilçesi elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu (ton)
2010	118.060	148.848
2011	127.638	157.210
2012	151.892	186.812
2013	190.681	224.938
2014	202.832	236.061
2015	240.696	276.755
2016	250.848	285.445
2017	276.792	313.056
2018	256.944	289.098
2019	263.406	294.225

Şekil 4.11’de elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun grafiksel gösterimine yer verilmektedir.



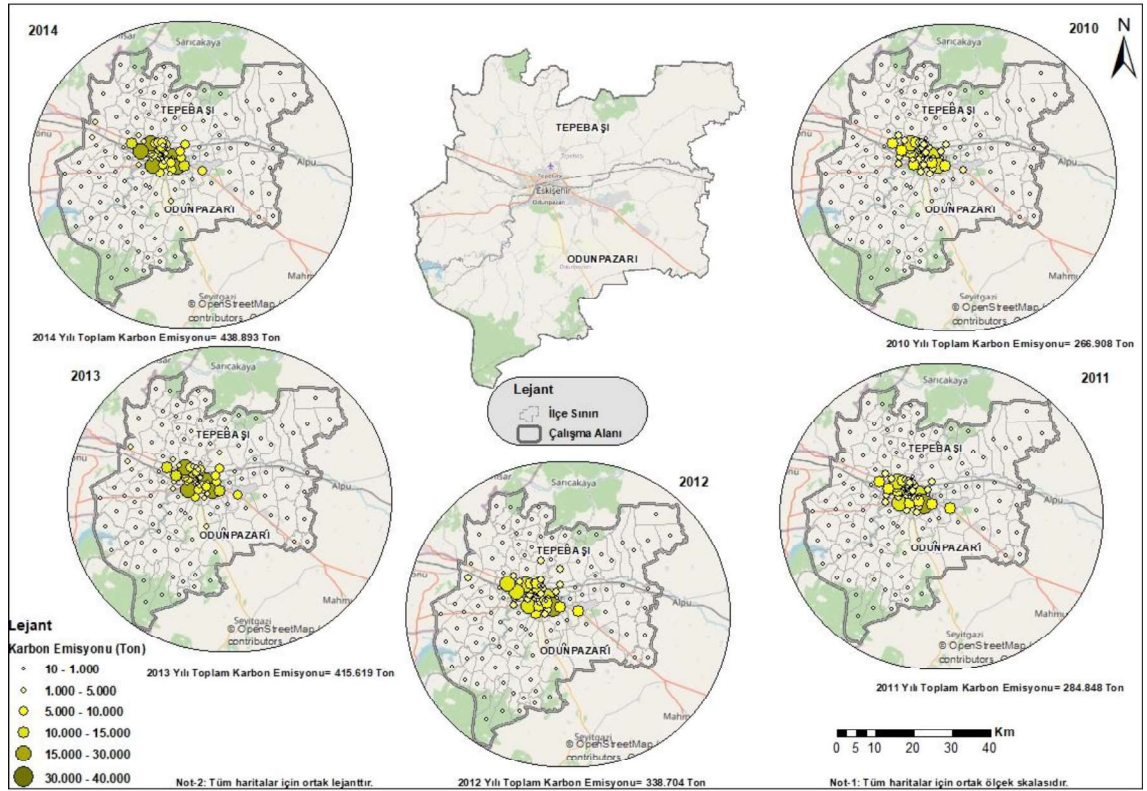
Şekil 4.11. Tepebaşı ve Odunpazarı 2010-2019 arası elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu (ton)

Çizelge 4.2 ve Şekil 4.11 incelendiğinde 2010 yılından itibaren elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunda artış olduğu saptanmıştır. 2017 yılında elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun en yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.12-4.20'e kadar elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonlarına ait mahalle bazında haritalar yer almaktadır.



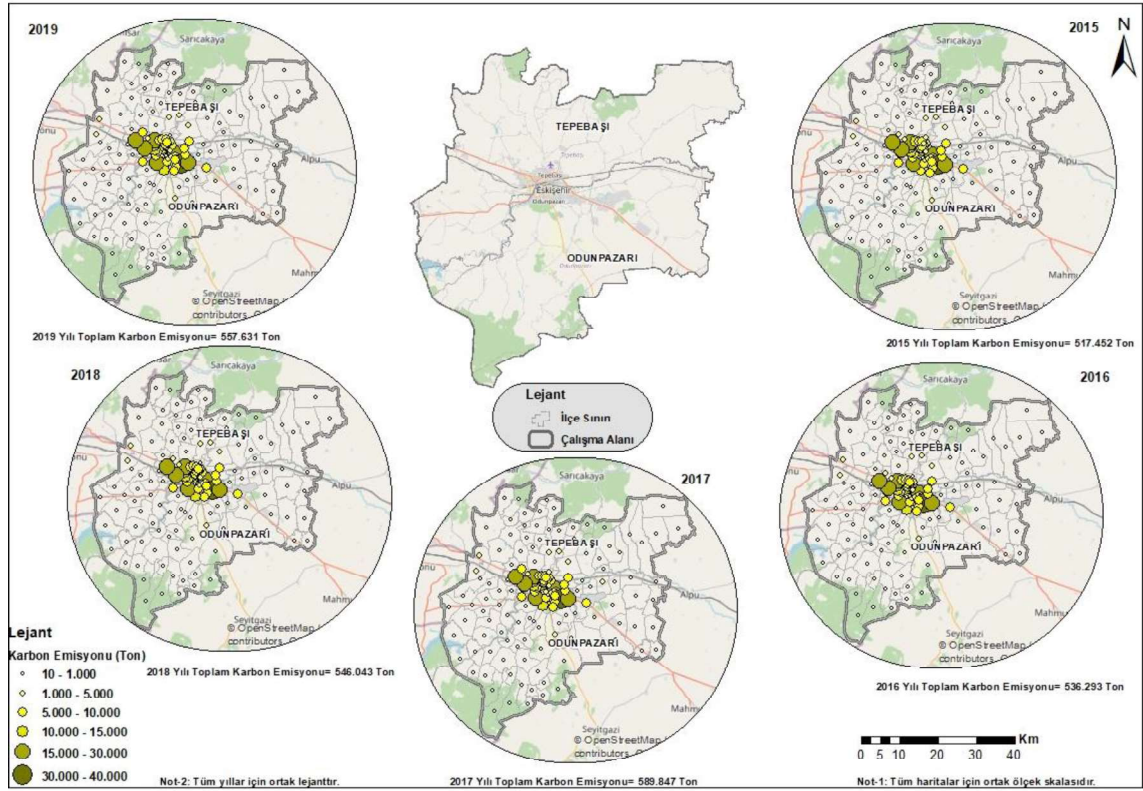
Şekil 4.12. 2010-2019 yılları aralığı elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması

Şekil 4.12’de haritalar incelendiğinde kent merkezinde bulunan mahallelerden kaynaklı karbon emisyonlarının daha fazla olduğu gözlenmektedir. Çalışmada geniş bir zaman dilimi incelendiği için haritaların daha anlaşılabilir olabilmesi adına Şekil 4.13 ve Şekil 4.14’de sırasıyla 2010-2014 yılları aralığı ve 2015-2019 yılları aralığı için hazırlanan haritalara yer verilmektedir.



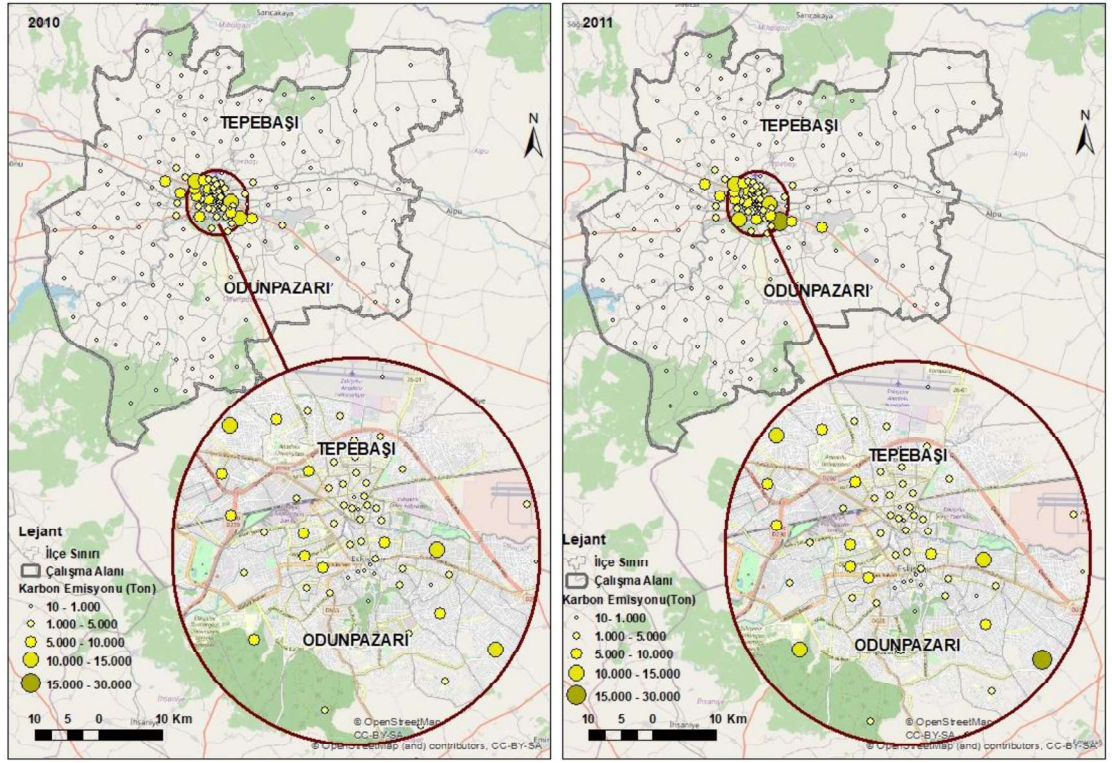
Şekil 4.13. 2010-2014 yılları aralığı elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu

Hazırlanan haritalar incelendiğinde 2010 yılından 2014 yılına kadar elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonlarında artış eğiliminin olduğu gözlenmektedir. Şekil 4.14’de 2015-2019 yılları aralığı için elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonlarına ait haritalara yer verilmektedir.

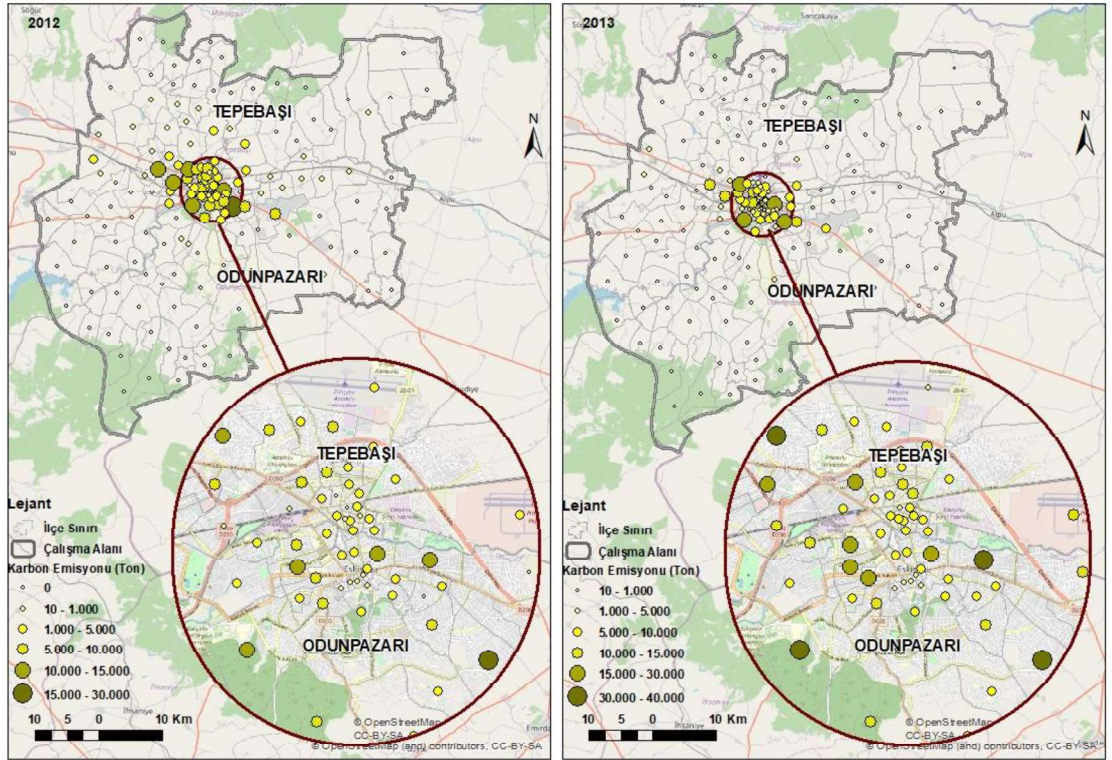


Şekil 4.14. 2015-2019 yılları aralığı elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu

Hazırlanan haritalar incelendiğinde 2015 yılından 2019 yılına kadar elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonlarında artış eğiliminin olduğu gözlenmektedir. Haritaların daha açıklanabilir olması ve görsel olarak yorumlanabilmesini kolaylaştırabilmek adına çalışmanın tüm yılları için ikişerli haritalar hazırlanmıştır. Şekil 4.15 ve Şekil 4.16’da sırasıyla 2010-2013 yıllarına ait zaman dilimi için hazırlanan haritalara yer verilmektedir.

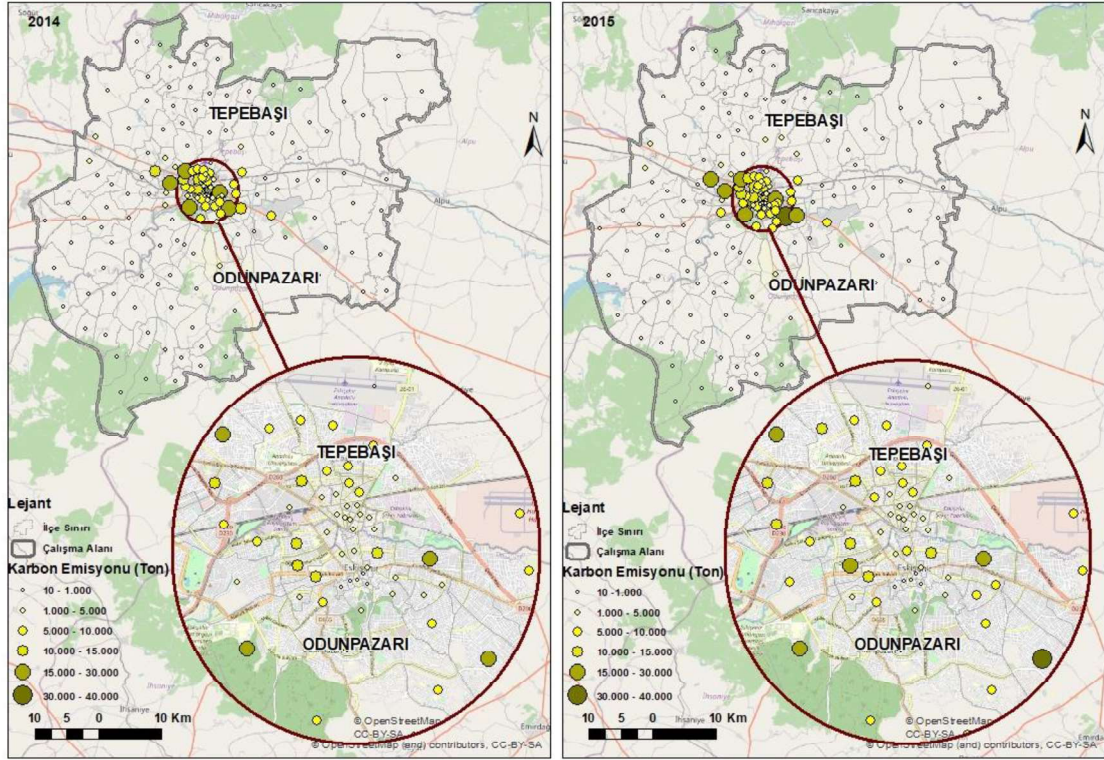


Şekil 4.15. 2010-2011 yılları elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması



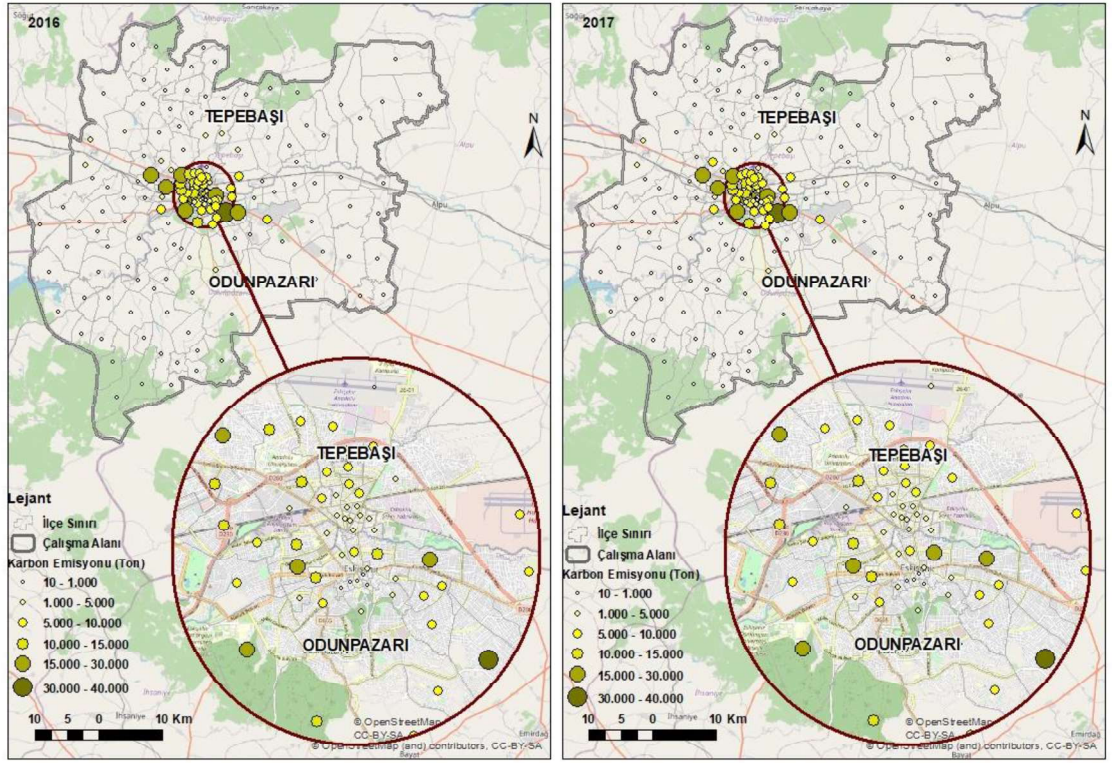
Şekil 4.16. 2012-2013 yılları elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması

2010 ve 2011 yıllarına ait haritalar incelendiğinde yıllar arasında çok fazla bir değişim gözlenmemekle birlikte karbon emisyonu artış eğiliminin devam ettiği tespit edilmiştir. 2012 ve 2013 yıllarında kent merkezindeki mahallelerde elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonlarında artış eğilimi olduğu gözlenmektedir.

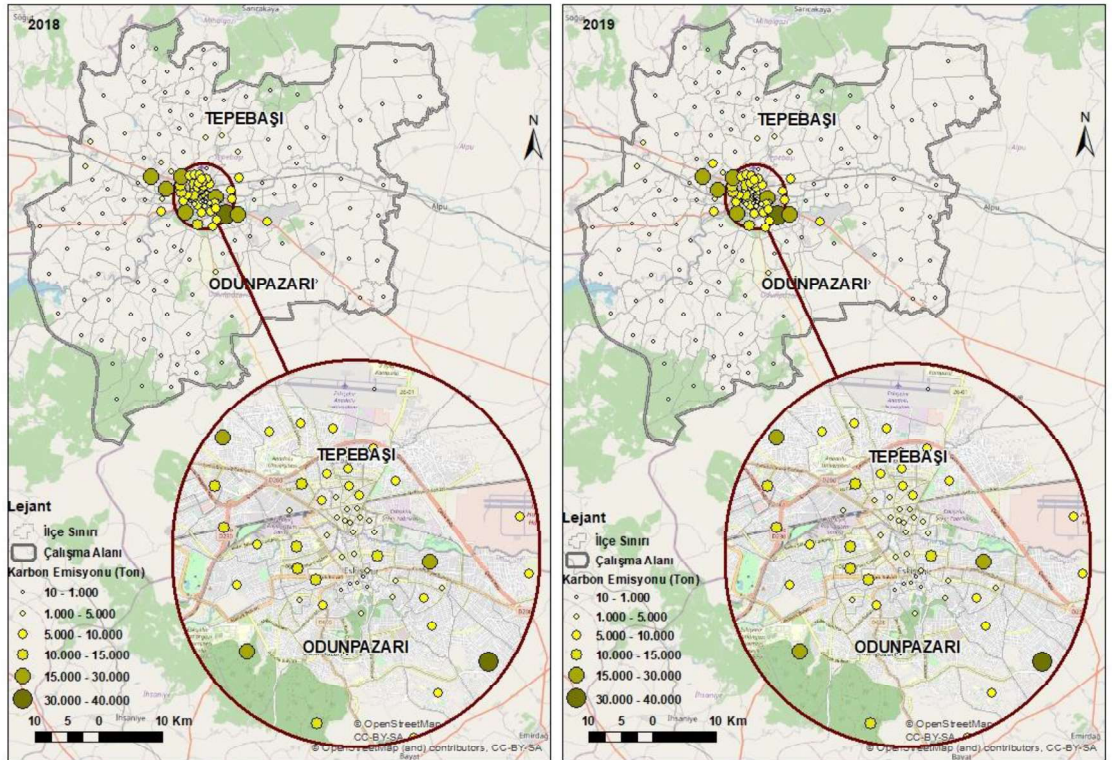


Şekil 4.17. 2014-2015 yılları elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması

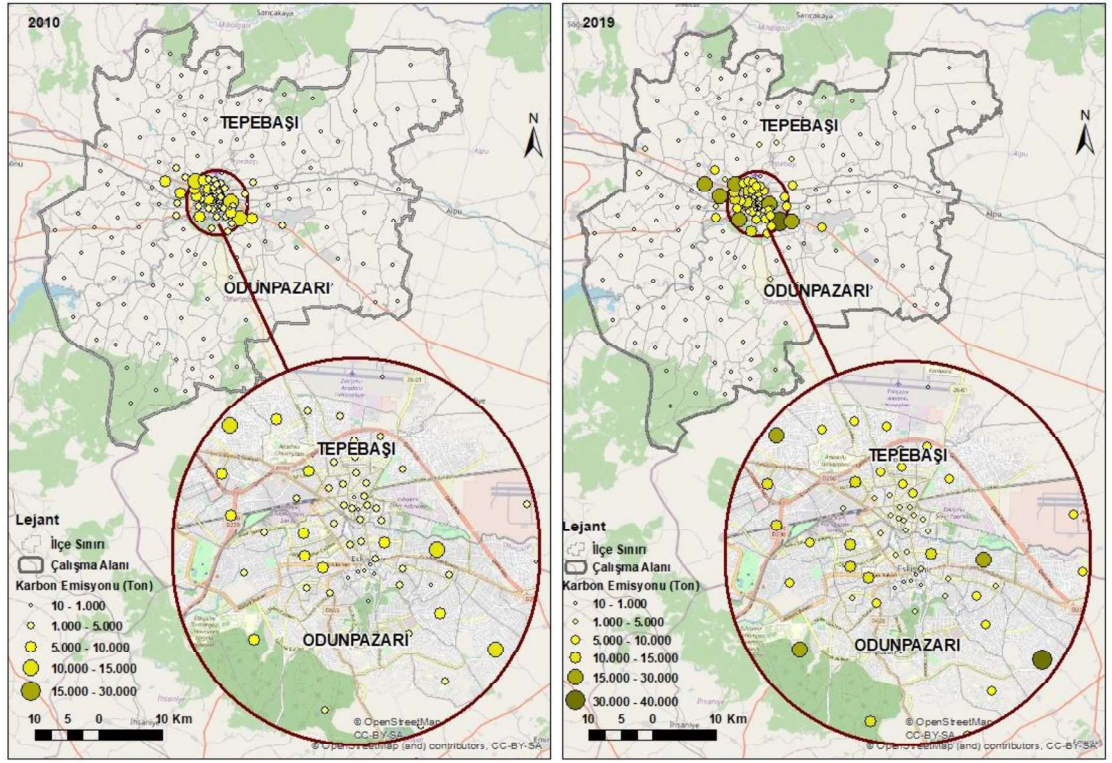
2014 ve 2015 yıllarında kent merkezindeki mahallelerde elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonlarında artış eğiliminin devam ettiği tespit edilmiştir. Şekil 4.18 ve Şekil 4.19'da sırasıyla 2016-2019 yıllarına ait zaman dilimi için hazırlanan haritalara yer verilmektedir. Şekil 4.20'de 2010 ve 2019 yılları için elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonlarını ifade eden haritalar sunulmaktadır.



Şekil 4.18. 2016-2017 yılları elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması



Şekil 4.19. 2018-2019 yılları elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması



Şekil 4.20. 2010-2019 yılları elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun haritalandırılması

Haritalar incelendiğinde 2017 yılında elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonlarında bir önceki yıla göre birçok mahallede artışların olduğu sonucuna varılmıştır. 2010 ve 2019 yılları karşılaştırıldığında kent merkezindeki mahallelerde elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonlarında artış eğiliminin devam ettiği tespit edilmiştir.

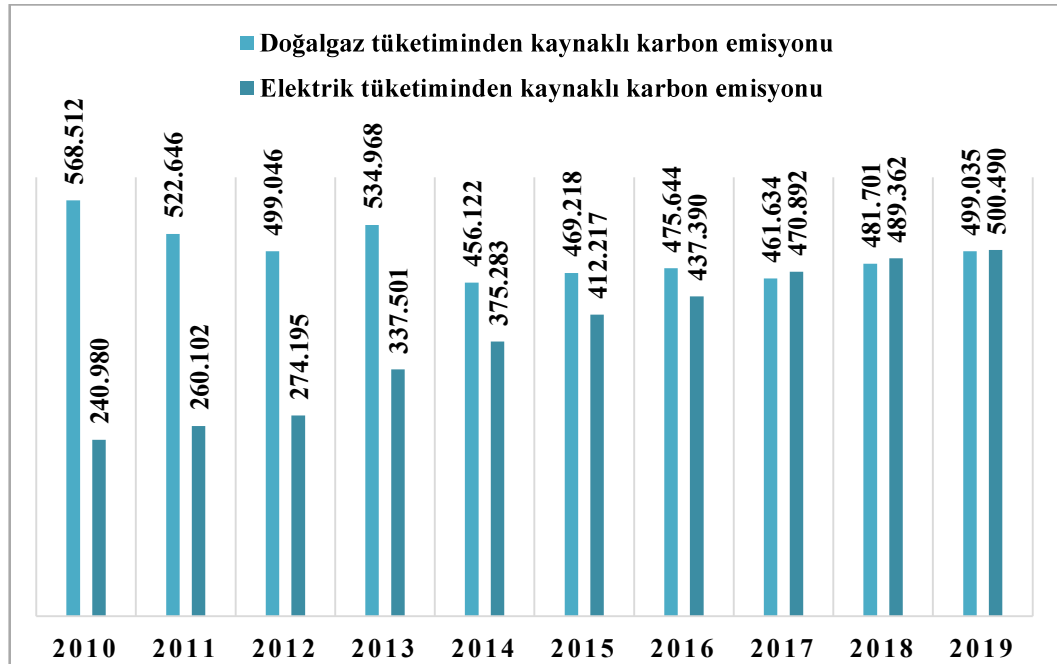
4.2. Sanayiden Kaynaklı Karbon Emisyonu

Sanayiden kaynaklı karbon emisyonları, sanayide kullanılan doğalgaz ve elektrik tüketim verileri ile çalışmanın üçüncü bölümünde bahsedilen karbon emisyon hesaplama metodolojileri ve metodolojilere ait formüller kullanılarak belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda, çalışmanın başlangıç yılı olarak kabul edilen 2010 yılında sanayide doğalgaz, doğalgaz çevrim santrali ve elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu sırasıyla; 422.458, 146.054, 240.980 ton CO₂ olduğu tespit edilmiştir. 2011 yılında sanayide doğalgaz, doğalgaz çevrim santrali ve elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu sırasıyla; 413.405, 109.242, 260.102 ton CO₂ olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 2012 yılında sanayide doğalgaz, doğalgaz çevrim santrali ve elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu sırasıyla; 405.133, 93.913, 274.195 ton CO₂ olarak belirlenmiştir. 2013 yılında sanayide doğalgaz, doğalgaz çevrim santrali ve elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu sırasıyla; 462.454, 72.514, 337.501 ton CO₂ olduğu saptanmıştır. 2014 yılında sanayide doğalgaz, doğalgaz çevrim santrali ve elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu sırasıyla; 421.568, 34.554, 375.283 ton CO₂ olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 2015 yılında sanayide doğalgaz, doğalgaz çevrim santrali ve elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu sırasıyla; 446.767, 22.451, 412.217 ton CO₂ olarak hesaplanmıştır. 2016 yılında sanayide doğalgaz, doğalgaz çevrim santrali ve elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu sırasıyla; 452.024, 23.620, 437.390 ton CO₂ olduğu tespit edilmiştir. 2017 yılında sanayide doğalgaz, doğalgaz çevrim santrali ve elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu sırasıyla; 461.120, 514, 470.892 ton CO₂ olduğu sonucuna varılmıştır. 2018 yılında sanayide doğalgaz ve elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu sırasıyla; 481.701, 489.362 ton CO₂ olarak belirlenmiştir. 2019 yılında sanayide doğalgaz ve elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu sırasıyla; 499.035, 500.490 ton CO₂ olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3’de yıllara göre sanayide doğalgaz ve elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu ve Şekil 4.21’de yıllara göre sanayide doğalgaz ve elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun grafiksel gösterimine yer verilmektedir.

Çizelge 4.3. Yıllara göre sanayide doğalgaz ve elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu (ton)

Yıl	Doğalgaz tüketimine bağlı karbon emisyonu (ton)	Doğalgaz çevrim santralinden kaynaklı karbon emisyonu (ton)	Toplam doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu (ton)	Elektrik tüketimine bağlı karbon emisyonu (ton)
2010	422.458	146.054	568.512	240.980
2011	413.405	109.242	522.646	260.102
2012	405.133	93.913	499.046	274.195
2013	462.454	72.514	534.968	337.501
2014	421.568	34.554	456.122	375.283
2015	446.767	22.451	469.218	412.217
2016	452.024	23.620	475.644	437.390
2017	461.120	514	461.634	470.892
2018	481.701	-	481.701	489.362
2019	499.035	-	499.035	500.490



Şekil 4.21. Yıllara göre sanayide doğalgaz ve elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu (ton)

Sanayi gelişimi ve beraberinde sanayide üretim faaliyetindeki işletme sayısı arttıkça, emisyon değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. 2010 yılında faaliyette bulunan işletme sayısı daha az olmasına karşın, doğalgaz çevrim santralının faaliyetine devam etmesi sebebiyle doğalgaz tüketiminden kaynaklı emisyon miktarı diğer yıllara göre daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 2010 yılından itibaren doğalgaz çevrim santralinde tüketilen doğalgaz miktarı azaldıkça emisyon değerlerinin de diğer yıllarda azaldığı izlenmektedir. Buna bağlı olarak diğer yıllarda emisyon değerlerinde orantılı bir artış olduğu saptanmıştır. Elektrik tüketiminden kaynaklı emisyon değerlerine bakıldığında, 2010 yılından 2019 yılına kadar yaklaşık %100 artış gösterdiği görülmüştür. Üretim faaliyetinde bulunan işletme sayısı ve buna bağlı olarak da üretim miktarının artması sonucu işletmeler daha fazla elektrik enerjisine ihtiyaç duymalarına sebep olmuş, buna bağlı olarak da elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu yıllar içerisinde artış gösterdiği sonucuna varılmıştır.

4.3. Ulaşımın Kaynaklı Karbon Emisyonu

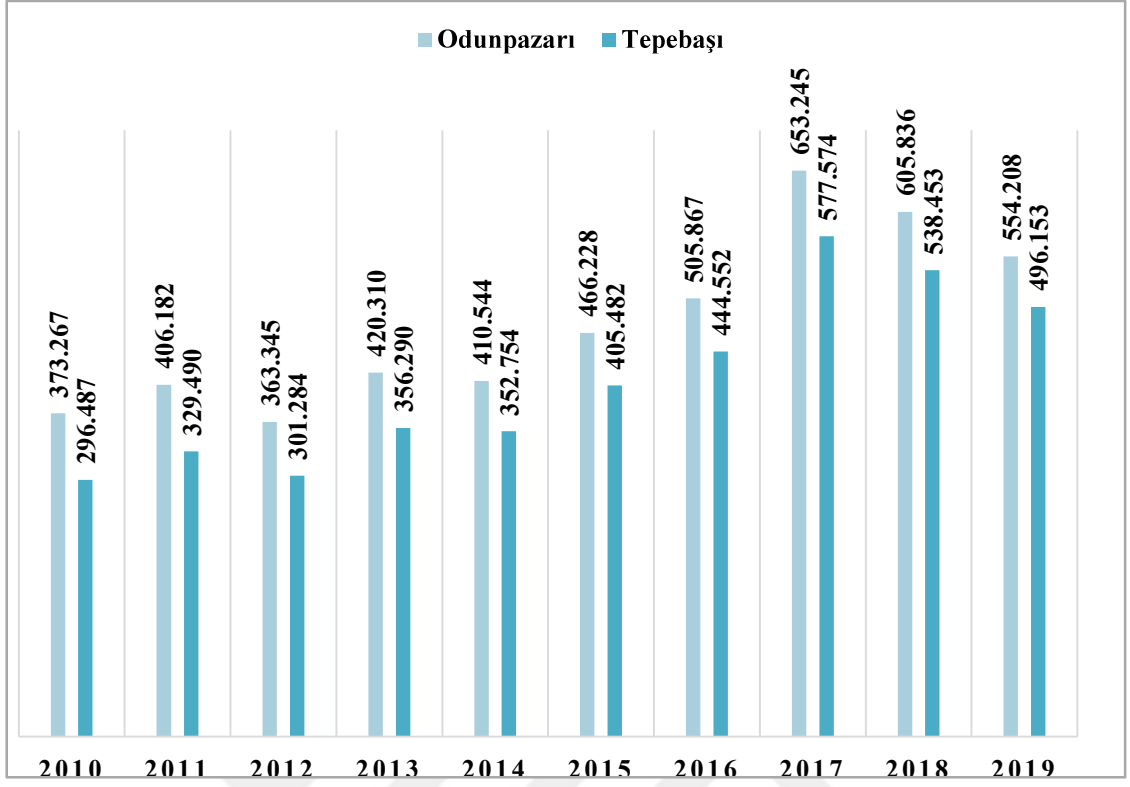
Ulaşımın kaynaklı karbon emisyonları, karayolu ve havayolu kaynaklı yakıt tüketim verileri ile çalışmanın üçüncü bölümünde bahsedilen karbon emisyon hesaplama metodolojileri ve metodolojilere ait formüller kullanılarak belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda, çalışmanın başlangıç yılı olarak kabul edilen 2010 yılında karayolu ulaşımında motorin, benzin ve LPG tüketimi ile açığa çıkan emisyon miktarları sırasıyla; 634,36, 73,62, 87,63 Gg CO₂ ve toplamda 795.604 ton CO₂ emisyonuna sebep olduğu tespit edilmiştir. Sırasıyla diğer yıllardaki bulguları incelediğimizde; 2011 yılında karayolu ulaşımında motorin, benzin ve LPG tüketimi ile açığa çıkan emisyon miktarları sırasıyla; 699,70, 74,23, 93,65 Gg CO₂ ve toplamda 867.576 ton CO₂ olarak tespit edilmiştir. 2012 yılında karayolu ulaşımında motorin, benzin ve LPG tüketimi ile açığa çıkan emisyon miktarları sırasıyla; 614,12, 69,67, 94,72 Gg CO₂ ve toplamda 778.514 ton CO₂ olarak tespit edilmiştir. 2013 yılında karayolu ulaşımında motorin, benzin ve LPG tüketimi ile açığa çıkan emisyon miktarları sırasıyla; 736,58, 70,23, 98,90 ve toplamda 905.704 ton CO₂ olarak tespit edilmiştir. 2014 yılında karayolu ulaşımında motorin, benzin ve LPG tüketimi ile açığa çıkan emisyon miktarları sırasıyla; 709,78, 70,62, 105,02 Gg CO₂ ve toplamda 885.419 ton CO₂ olarak tespit edilmiştir. 2015 yılında karayolu ulaşımında motorin, benzin ve LPG tüketimi ile açığa çıkan emisyon miktarları sırasıyla; 813,62, 76,20 , 114,19 Gg CO₂ ve havayolu ulaşımında 0,98 Gg CO₂ toplamda da 1.004.994 ton CO₂ olarak tespit edilmiştir. 2016 yılında karayolu ulaşımında motorin, benzin ve LPG tüketimi ile açığa çıkan emisyon miktarları sırasıyla; 885,86, 83,83, 122,13 Gg CO₂ ve havayolu ulaşımında 0,92 Gg CO₂ toplamda da 1.092.741 ton CO₂ olarak tespit edilmiştir. 2017 yılında karayolu ulaşımında motorin, benzin ve LPG tüketimi ile açığa çıkan emisyon miktarları sırasıyla; 1.201,86, 85,95, 118,72 Gg CO₂ ve havayolu ulaşımında 0,89 Gg CO₂ toplamda da 1.407.420 ton CO₂ olarak tespit edilmiştir. 2018 yılında karayolu ulaşımında motorin, benzin ve LPG tüketimi ile açığa çıkan emisyon miktarları sırasıyla; 1.098,15, 88,40, 118,04 Gg CO₂ ve havayolu ulaşımında 0,98 Gg CO₂ toplamda da 1.305.565 ton CO₂ olarak tespit edilmiştir. 2019 yılında karayolu ulaşımında motorin, benzin ve LPG tüketimi ile açığa çıkan emisyon miktarları sırasıyla; 984,60, 88, 53, 115,39 Gg CO₂ ve havayolu ulaşımında 1,06 Gg CO₂ toplamda da 1.189.581 ton CO₂ olarak tespit edilmiştir.

Hesaplanan veriler yıldan yıla artan nüfus, taşıt sayısı ve yakıt tüketiminin artması sonucu oluşan CO₂ emisyonlarının 2013 yılından itibaren artış eğilimi gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Benzin ve LPG tüketiminden kaynaklı CO₂ yıllara göre incelendiğinde yaklaşık olarak her yıl bir artış olduğu tespit edilmiştir. Benzin ve LPG'ye göre tüketimi de fazla olan motorinden kaynaklı CO₂ emisyonlarının da genel olarak artış gösterdiği özellikle de 2017 yılında artış gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. 2010-2019 Yılları aralığına ait ilçe düzeyinde ulaşımdan kaynaklanan toplam CO₂ emisyonları (ton)

Yıl	Ulaşımdan kaynaklı toplam CO ₂ emisyonu (ton)	Odunpazarı ilçesi CO ₂ emisyonu (ton)	Tepebaşı ilçesi CO ₂ emisyonu (ton)
2010	795.604	373.267	296.487
2011	867.576	406.182	329.490
2012	778.514	363.345	301.284
2013	905.704	420.310	356.290
2014	885.419	410.544	352.754
2015	1.004.994	466.228	405.482
2016	1.092.741	505.867	444.552
2017	1.407.420	653.245	577.574
2018	1.305.565	605.836	538.453
2019	1.189.581	554.208	496.153

Yıllara göre ulaşımdan kaynaklı CO₂ emisyonlarına ait grafiksel gösterim Şekil 4.22'de verilmektedir. Kent merkezinde 2017 yılından sonra ulaşımdan kaynaklı CO₂ emisyonlarının azalış eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.22. Yıllara göre Odunpazarı ve Tepebaşı ilçelerinde ulaşımdan kaynaklı CO₂ emisyonu

4.5. CORINE Arazi Kullanım Değişimi

Bu bölümde CORINE arazi kullanımı değişimlerine ait bulgulara yer verilecektir. Tarım ve Orman Bakanlığından ve Copernicus Arazi İzleme Servisi'nden elde edilen veriler doğrultusunda elde edilen bulgular değerlendirilmiştir. 2012 ve 2018 yılına ait CORINE Seviye 1 sınıflandırmasına göre kapladıkları alanlar Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da verilmektedir.

Çizelge 4.5. 2012 Yılı CORINE Seviye 1 sınıflandırmasına göre kapladıkları alan ([http-3](#))

2012 Yılı CORINE Seviye 1 Sınıfları	Odunpazarı		Tepebaşı	
	Alan (ha)	Yüzde (%)	Alan (ha)	Yüzde (%)
Yapay Bölgeler	6.53	5,8	6.87	4,9
Tarımsal Alanlar	57.03	50,7	69.66	49,9
Orman ve Yarı Doğal Alanlar	48.22	42,9	62.49	44,8
Sulak Alanlar	39	0,0		
Su Kütleleri	638	0,6	482	0,4

Çizelge 4.6. 2018 yılı CORINE Seviye 1 sınıflandırmasına göre kapladıkları alan ([http-3](#))

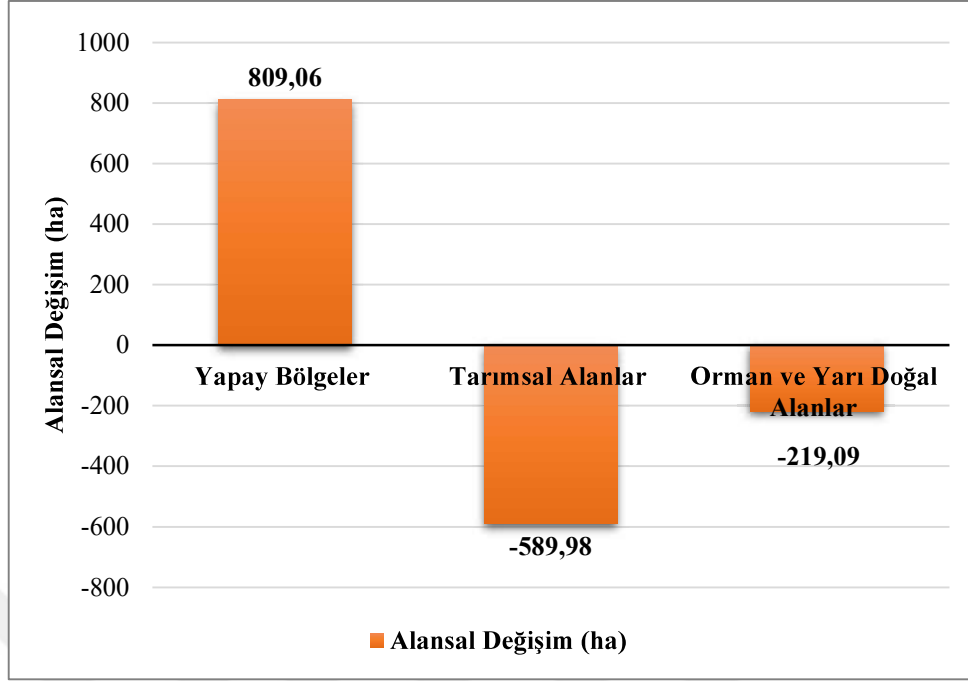
2018 Yılı CORINE Seviye 1 Sınıfları	Odunpazarı		Tepebaşı	
	Alan (ha)	Yüzde (%)	Alan (ha)	Yüzde (%)
Yapay Bölgeler	7.08	6,3	7.08	5,1
Tarımsal Alanlar	56.60	50,3	69.59	49,9
Orman ve Yarı Doğal Alanlar	48.10	42,8	62.34	44,7
Sulak Alanlar	39	0,0		
Su Kütleleri	638	0,6	482	0,4

2012 ve 2018 yılı karşılaştırıldığında yapay bölgelerde artış gerçekleşirken, tarımsal alanlar, orman ve yarı doğal alanlarda azalma tespit edilmiştir. 2012 ve 2018 yıllarına ait Odunpazarı ilçesinde Seviye 3'e göre belirlenen CORINE arazi kullanım değişimi Çizelge 4.7'de sunulmaktadır. Elde edilen sonuçlar ışığında Odunpazarı ilçesinde kentsel alanlar kapsamında yer alan alanlarda artışların olduğu sonucuna varılmıştır.

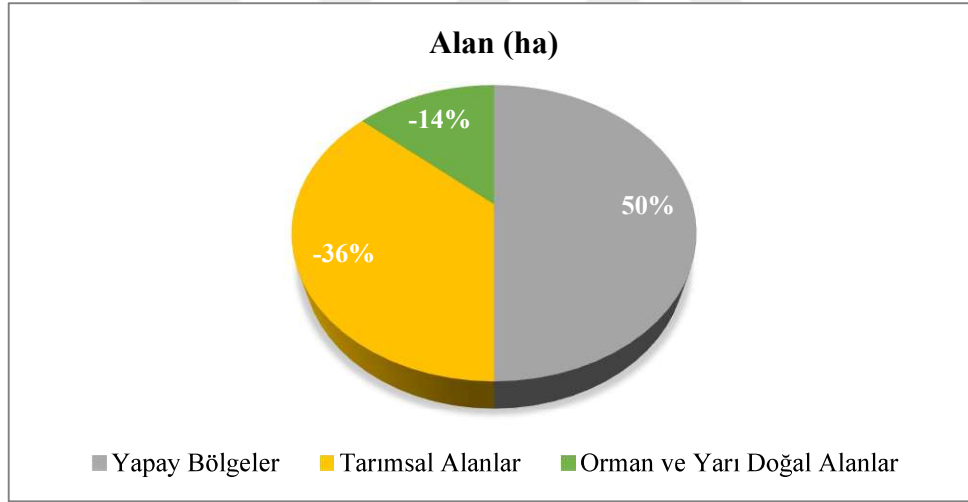
Çizelge 4.7. *Odunpazarı ilçesi CORINE arazi kullanımı Seviye 3'e göre alansal değişimi (ha) (http-3)*

2012-2018 Yılları Odunpazarı ilçesi Seviye 3'e göre CORINE Arazi Kullanım Değişimi		
Önceki Katman	Sonraki Katman	Alan (ha)
İnşaat Sahaları	Endüstriyel ve Ticari Birimler	222
Sulanmayan Ekilebilir Alanlar	İnşaat Sahaları	201
Mera Alanları	Sürekli Olmayan Kırsal Yerleşim Alanları	82
Sulanmayan Ekilebilir Alanlar	Maden Çıkarım Sahaları	71
Doğal Çayırliklar	Maden Çıkarım Sahaları	64
Sulanmayan Ekilebilir Alanlar	Endüstriyel ve Ticari Birimler	49
Doğal Bitki Örtüsü İle Karışık Tarım Alanları	İnşaat Sahaları	47
Seyrek Bitki Alanları	Maden Çıkarım Sahaları	46
Doğal Çayırliklar	Boşaltım Sahaları	38
İnşaat Sahaları	Sürekli Olmayan Kırsal Yerleşim Alanları	38
Doğal Çayırliklar	Endüstriyel ve Ticari Birimler	35
Karışık Ormanlar	Bitki Değişim Alanları	31
Mera Alanları	İnşaat Sahaları	27
Doğal Bitki Örtüsü İle Karışık Tarım Alanları	Maden Çıkarım Sahaları	22
Sulanmayan Ekilebilir Alanlar	Sürekli Olmayan Kırsal Yerleşim Alanları	22
Sürekli Sulanan Alanlar	Endüstriyel ve Ticari Birimler	20
Sürekli Sulanan Alanlar	İnşaat Sahaları	20
Maden Çıkarım Sahaları	Maden Çıkarım Sahaları	18
Sulanmayan Ekilebilir Alanlar	Boşaltım Sahaları	18
Doğal Çayırliklar	İnşaat Sahaları	14
İğne Yapraklı Ormanlar	Bitki Değişim Alanları	13
Karışık Ormanlar	Maden Çıkarım Sahaları	11
Bitki Değişim Alanları	Maden Çıkarım Sahaları	10
Mera Alanları	Spor ve Eğlence Alanları	10

Odunpazarı ilçesinde değişim gösteren alanlar CORINE verilerinin 1.düzeyine göre arazi kullanımındaki alansal değişiminin grafiksel gösterimleri Şekil 4.23 ve Şekil 4.24'de sunulmaktadır.



Şekil 4.23. Odunpazarı ilçesi CORINE arazi kullanımı Seviye 1'e göre alansal değişimi



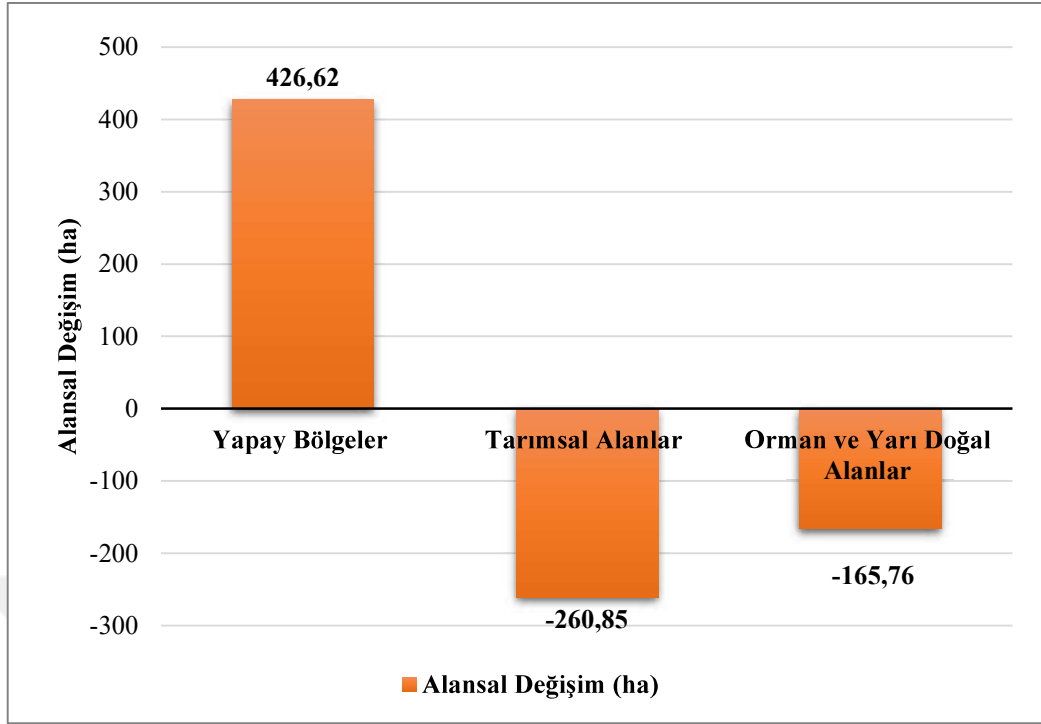
Şekil 4.24. Odunpazarı ilçesi CORINE arazi kullanımı Seviye 1'e göre yüzde olarak alansal değişimi

Alansal değişimler incelendiğinde yapay bölgeler olarak isimlendirilen kentin ana yaşam merkezi olarak nitelendirilen kentsel alanlarda artışların olduğu, tarımsal alanlar, orman ve yarı doğal alanlarda azalış olduğu belirlenmiştir.

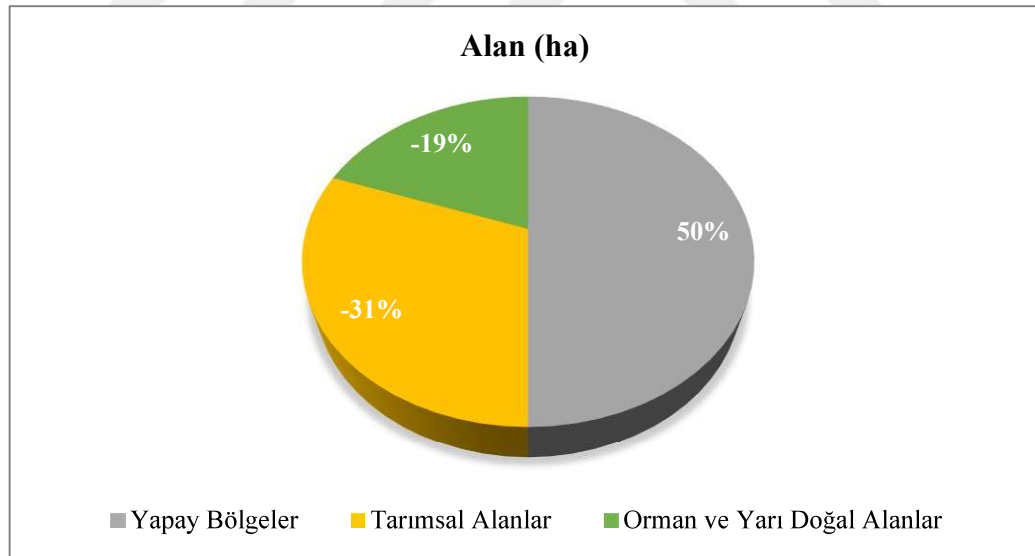
Tepebaşı ilçesinde Seviye 3'e göre belirlenen CORINE arazi kullanım değişimi Çizelge 4.8'de sunulmaktadır. Elde edilen veriler ışığında Tepebaşı ilçesinde kentsel alanlar kapsamında yer alan alanlarda artışların olduğu sonucuna varılmıştır. Elde edilen sonuçlar, Tepebaşı ilçesinde genelde orman ve doğal alanlar sınıfında yer alan alanların yapay bölgeler sınıfında yer alan alanlara dönüştüğü tespit edilmiştir.

Çizelge 4.8. Tepebaşı ilçesi CORINE arazi kullanımı Seviye 1'e göre alansal değişimi (ha) (http-3)

2012-2018 Yılları Tepebaşı ilçesi Seviye 3'e göre CORINE Arazi Kullanım Değişimi		
Önceki Katman	Sonraki Katman	Alan (ha)
Sklerofil Bitki Örtüsü	Bitki Değişim Alanları	253
Seyrek Bitki Alanları	Maden Çıkarım Sahaları	104
İğne Yapraklı Ormanlar	Bitki Değişim Alanları	88
Sulanmayan Ekilebilir Alanlar	Sürekliliği Olmayan Kırsal Yerleşim Alanları	71
Sulanmayan Ekilebilir Alanlar	Endüstriyel ve Ticari Birimler	54
Mera Alanları	İnşaat Sahaları	51
Sulanmayan Ekilebilir Alanlar	İnşaat Sahaları	27
Bitki Değişim Alanları	Maden Çıkarım Sahaları	23
Doğal Bitki Örtüsü İle Karışık Tarım Alanları	Maden Çıkarım Sahaları	23
Mera Alanları	Maden Çıkarım Sahaları	19
Doğal Çayırliklar	Sulanmayan Karışık Tarım Alanları	16
Seyrek Bitki Alanları	Boşaltım Sahaları	15
Maden Çıkarım Sahaları	Maden Çıkarım Sahaları	13
Sürekli Sulanan Alanlar	Spor ve Eğlence Alanları	13
Mera Alanları	Endüstriyel ve Ticari Birimler	10
Sulanmayan Ekilebilir Alanlar	Sürekliliği Olmayan Yerleşim Alanları	9
Bitki Değişim Alanları	İnşaat Sahaları	6
Bitki Değişim Alanları	Sürekliliği Olmayan Kırsal Yerleşim Alanları	5
Boşaltım Sahaları	Bitki Değişim Alanları	4
Geniş Yapraklı Ormanlar	Bitki Değişim Alanları	3
Karışık Ormanlar	Bitki Değişim Alanları	3



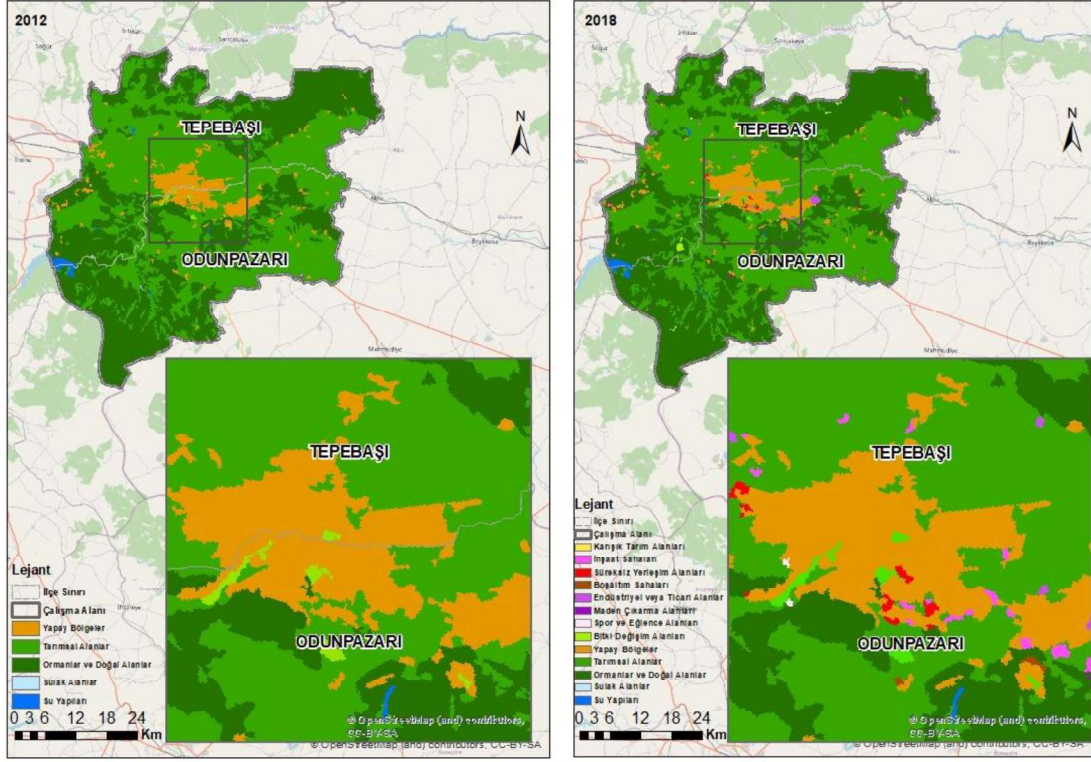
Şekil 4.25. Tepebaşı ilçesi CORINE arazi kullanımı Seviye 1'e göre alansal değişimi



Şekil 4.26. Tepebaşı ilçesi CORINE arazi kullanımı Seviye 1'e göre yüzde olarak alansal değişimi

Alansal değişimler incelendiğinde kentsel alanlarda artışların olduğu, tarımsal alanlar, orman ve yarı doğal alanlarda azalış olduğu tespit edilmiştir. CORINE arazi kullanım haritalarının Seviye 1 düzeyinde hazırlanması için kullanılan aşamalar ve alan hesaplamalarına çalışmanın üçüncü bölümünde yer verilmiştir. 2012 ve 2018 yılları CORINE arazi

kullanımındaki değişimi gösteren haritalar Seviye 1 ve Seviye 3 düzeyleri kullanılarak hazırlanmıştır. Şekil 4.27’de CORINE arazi kullanımı değişimi haritası sunulmaktadır.



Şekil 4.27. Seviye 1'e göre düzenlenmiş ve 2012-2018 yılları CORINE arazi kullanımı değişimi haritası

Elde edilen sonuçlara göre, 2012 yılından 2018 yılına kadar projede yapay bölgeler olarak isimlendirilen, kentsel alanları kapsamakta olan bölgelerin artış eğilimi gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. En önemli karbon yutaklarından biri olan ormanlar ve doğal alanların azalış eğiliminde olduğu tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Eskişehir ilinde CBS ve Uzaktan Algılama teknolojileri kullanılarak kent merkezinde yer alan Tepebaşı ve Odunpazarı ilçelerindeki kentsel alanlarda yayılan karbon emisyonunun haritalandırılması ve arazi kullanım haritaları ile ilişkisinin ortaya koyulmasını amaçlayan bu çalışmada, 2010-2019 zaman serisinde kentsel alanlar kapsamında ele alınan yerleşim alanları için doğalgaz ve elektrik tüketimi verileri, sanayi için doğalgaz ve elektrik tüketimi verileri, ulaşım için taşıtlarda kullanılan yakıt tüketimi verileri ve CORINE arazi kullanım verileri kullanılmıştır. Her bir kentsel alan türü için IPCC kılavuzunda belirtilen emisyon hesaplama metodolojileri kullanılarak kentsel alanlardan kaynaklı karbon emisyonu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, ArcGIS CBS yazılımında haritalandırılmıştır. Elde edilen sonuçları arazi kullanımı ile ilişkilendirebilmek için arazi kullanım haritaları hazırlanmıştır.

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar doğrultusunda, yıllara göre karbon emisyonunun fazla olduğu kentsel alan türlerinin farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışmanın başlangıç yılı olan 2010 yılında, en yüksek karbon emisyonuna sahip kentsel alan türü sırasıyla; sanayi, ulaşım ve yerleşim alanlarının olduğu görülmüştür. 2011 ve 2017 yılları arasında, en yüksek karbon emisyonuna sahip kentsel alan türü sırasıyla; yerleşim alanları, ulaşım ve sanayi olarak sıralanmıştır. 2018 yılında, en yüksek karbon emisyonuna sahip kentsel alan türü sırasıyla; ulaşım, yerleşim alanları ve sanayi olarak belirlenmiştir. 2019 yılında ise, en yüksek karbon emisyonuna sahip kentsel alan türü sırasıyla; yerleşim alanları, ulaşım ve sanayi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yıllara göre kentsel alanlardan kaynaklı karbon emisyonuna genel olarak bakıldığında, yerleşim alanlarının en büyük paya sahip olduğu tespit edilmiştir. Yerleşim alanlarında nüfusun her yıl artış oranına bağlı olarak enerji tüketim ihtiyacı da artmıştır. ESGAZ firması 2010 yılı sonunda bağımsız birim sayısını 283.752'e çıkarttığı gözlenmektedir. Bu durumun 2011 yılında doğalgaz tüketimini arttırdığı, buna bağlı olarak da doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunda artış olduğu tespit edilmiştir. 2017 yılına kadar doğalgaz ve elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun artış eğiliminde olduğu, bu yıldan sonra azalış eğilimine geçtiği görülmüştür. Bu sonucun, 2017 yılından itibaren elektrik ve doğalgaz enerjisi için ödenen enerji bedelindeki artışlar ya da halkın çevresel sorumluluk bilincinin arttığı varsayımı değerlendirilmektedir. Tepebaşı Belediyesi'nin 2014 yılında hazırladığı Sürdürülebilir Enerji Eylem Planı hazırlanması kapsamında yapılan Eskişehir kent merkezinde gerçekleştirilen anket çalışması sonucunda bireylerin küresel ısınmaya karşı farkındalıkları sorgulanmıştır. Çalışma sonucunda, Eskişehir kent merkezinde yaşayan bireylerin küresel ısınmaya karşı farkındalık düzeyinin yüksek olduğu sonucuna

ulaşılmıştır. Bu doğrultuda Eskişehir halkının çevresel farkındalık bilincinin yüksek olduğu düşünülmektedir.

Sanayi alanlarından kaynaklı karbon emisyonuna ait sonuçlar incelendiğinde, literatürde son 10 yıl içerisinde Eskişehir OSB'deki firmaların doğalgaz tüketimleri %18, elektrik tüketimleri ise %114 artış gösterdiği tespit edilmiştir (EOSB, 2019). Buna bağlı olarak Eskişehir OSB'de faaliyette bulunan işletme sayısının artması yıllara göre sanayiden kaynaklı karbon emisyonlarını arttırdığı tespit edilmiştir. Çalışmanın başlangıç yılı olan 2010 yılında çalışmanın başlangıcındaki diğer yıllara göre daha fazla karbon emisyonuna sahip olması Doğalgaz Çevrim Santrali'nin faaliyetine devam etmesinden kaynaklı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Santral, 2017 yılına kadar faaliyet gösterse de 2017 yılında ölçüm ve bakım çalışmaları dışında elektrik üretimi yapılamamıştır (ESO, 2017). Buna bağlı olarak 2017 yılında doğalgaz çevrim santralinden kaynaklı karbon emisyonunun daha az olduğu tespit edilmiştir. Santralin faaliyette bulunduğu 2017 yılına kadar elektrik tüketimine bağlı karbon emisyonun doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonuna göre daha az olduğu sonucuna varılmıştır. Santralin üretime devam etmediği 2017 yılından itibaren elektrik tüketiminden kaynaklı karbon emisyonunun daha fazla olduğu ancak doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon emisyonu ile birbirine yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir.

Ulaşımdan kaynaklı karbon emisyonlarına ait sonuçlar incelendiğinde, Eskişehir'de çalışma yıllarında her yıl motorlu taşıt sayısında artış olduğu belirtilmektedir (TÜİK, 2020). Çalışma bulgularında, 2017 yılına kadar karbon emisyonlarında artış eğilimi olduğu, bu yıldan sonra azalış eğilimine gidildiği gözlenmektedir. Bu sonuç neticesinde, Eskişehir'de şehrin topoğrafik yapısından ve kent merkezinin yaya ulaşımını cazip hale getirecek biçimde düzenlenmesinden kaynaklı yaya ulaşımının cazip olması ve yaya olarak karşılanamayan mesafeler için tramvay, elektrikli otobüs gibi ulaşım imkânları olması halkı toplu taşıma kullanmaya yönlendirmiş olabileceği düşünülmektedir. Tepebaşı Belediyesi'nin Akıllı Kentsel Dönüşümün Hızlandırılması Projesi kapsamında 2016 yılından itibaren 4 adet %100 elektrikli araçların hizmete açılması kentte 44 aylık süreçte 43.511 kg CO₂ emisyonunu engellemeyi başardığı gözlenmektedir (http-6).

Birçok çalışma, arazi kullanım özelliklerinin enerji tüketimi ve sonuçta sera gazı emisyonu üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir (Holden ve Norland, 2005; Ewing ve Rong, 2008; Wang ve Han, 2019). Karbon emisyonlarının mekânsal dağılımının incelenmesi, karbon azaltma stratejileri için kritik öneme sahiptir. Karbon emisyonları arazi

kullanımı haritaları ile ilişkilendirildiğinde, enerji ve yakıt tüketimi verileri kullanılarak hesaplanan karbon emisyon değerleri incelendiğinde kentte en fazla karbon emisyonuna sahip mahallelerin kentsel alanların yoğun olduğu bölgede yani kent merkezinde yer aldığı görülmektedir. Eskişehir'de bina yerleşimi şehir merkezinde yoğunlaşmakta ve çok sayıda bitişik nizam yapı bulunmaktadır. Bu nedenle Eskişehir merkezinin kentsel yoğunluğunun yüksek olduğu söylenebilir. Kentsel yoğunluk ve enerji tüketimi arasında pozitif yönlü bir ilişki vardır (Wang ve Han, 2019). Dolayısıyla yoğunluğun yüksek olduğu kent merkezlerinde karbon emisyon miktarları da yüksek olmaktadır. Kentsel alanlarda artış olması, en önemli karbon yutak alanlarından biri olan orman alanlarının azalmasına neden olmaktadır.

Bu çalışmanın bulgularının, kentlerin karbon azaltma stratejilerini belirlemeleri açısından kentin karar vericilerine ve özellikle karbon emisyonlarının belirlendiği çalışmaların gelişimine katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Elde edilen bulguların sonraki çalışmalara da katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir. Çalışma, Eskişehir kent merkezinde bulunan ilçeler için kentsel alanlardan kaynaklı karbon emisyonunun incelenmesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Benzer bir çalışmanın tüm ili ya da bölgeyi kapsayacak bir şekilde yapılması ya da enerji tüketim değerlerini bina bazında incelenmesi ile mahalle düzeyinde kararların geliştirilmesi ve kentlerin karbon emisyonlarını azaltma yönünde stratejiler geliştirme açısından literatüre önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Araştırma sonucunda ortaya çıkan diğer önerilere aşağıda yer verilmektedir:

- Küresel iklim değişikliğinin hayatın döngüsü üzerinde yarattığı olumsuz etkilerinin önüne geçilmesi için özellikle nüfus yoğunluğunun fazla olduğu metropol kentler hakkında gerekli kentsel kararlar verilmelidir.
- Elektrik kullanımında alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması gerekmektedir.
- Doğalgazın kullanım amaçları doğrultusunda yerleşim alanlarında bu kullanımı azaltmak için birtakım uygulamaları teşvik etmek ve bireyleri bilinçlendirmek önem taşımaktadır.
- Sanayide özellikle işverenlerin enerji tasarrufu hakkında bilinçlendirilmesi ve işletmelerinde karbon emisyonunu azaltan teknolojiler kullanması gerekmektedir.

Gece faaliyetine devam eden işletmelerde özellikle aydınlatmadan kaynaklı enerji tüketimlerini azaltıcı çözümler geliştirilmelidir.

- Ulaşımında motorlu taşıtların daha az kullanılması, elektrikli araç kullanımının yaygınlaşması, halkın toplu taşıma, yaya ve bisiklet kullanımına özendirilmesi gerekmektedir.



KAYNAKÇA

- Altıntaş, H. (2013). Türkiye’de birincil enerji tüketimi, karbondioksit emisyonu ve ekonomik büyüme ilişkisi: eşbütünleşme ve nedensellik analizi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 8(1), 263-294.
- Arnold, C. L. and Gibbons, C. J. (1996). Impervious surface coverage: the emergence of a key environmental indicator. *Journal of the American planning Association*, 62(2), 243-258.
- Arıkan, Y. (2006). Birleşmiş milletler iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi ve kyoto protokolü metinler ve temel bilgiler. *Bölgesel Çevre Merkezi, REC Türkiye Yayınları*, 62s, Ankara.
- Bashirov, G. (2016). *Renewable energy consumption, carbon emissions and oil prices: a panel data analysis for G-7 and brict countries*, master of arts in international trade management, Istanbul: Boğaziçi University, Institute for Graduate Studies in Social Sciences.
- Bayraç, H. N. (2010). Enerji kullanımının küresel ısınmaya etkisi ve önleyici politikalar. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), 229-259.
- Civelekoğlu, G. ve Bıyık, Y. (2018). Ulaşım sektöründen kaynaklı karbon ayak izi değişiminin incelenmesi. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 2(2), 157-166.
- Bi, J., Zhang, R., Wang, H., Liu, M., Wu, Y. (2011). The benchmarks of carbon emissions and policy implications for China's cities: case of Nanjing. *Energy Policy*, 39(9), 4785-4794.
- Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı (2018), Eskişehir ili yatırım destek ve tanıtım stratejisi, http://www.bebka.org.tr/admin/datas/yayins/184/bebkaesyatirimdestek_1527055116.pdf, Erişim Tarihi: 15.07.2020
- Ceylan, H., Karaşahin, M. ve Haldenbilen, S. (2007). Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ulaşım: yenilenebilir enerjiye karşı enerji azaltımı. *Ulaştırma Kongresi*, 438-447.

- Crawford, E. (1997). Arrhenius 1896 model of the greenhouse effect in context, *Royal Swedish Academy of Sciences*, Vol26(1), 6-11.
- Çınar, H., Döğeroğlu, T., Yay, O.D., Altan M., Yazıcı, B., Ayday, C., Kara, S. (2003). Eskişehir için hava kirliliği envanterinin hazırlanması ve cbs kullanılarak kirlilik haritalarının oluşturulması, yanma ve hava kirliliği kontrolü. *VI. Ulusal Sempozyumu*, İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, s.106-118.
- Çömert, R., Bilget, Ö. ve Çabuk, A. (2015). Kyoto protokolüne imza atan g20 ülkelerinin yıllara göre karbon salınımlarının (1990-2012) coğrafi bilgi sistemleri yardımı ile analizi. *Anadolu Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü*, 883-891.
- Durmuşoğlu, B. (2018). *Renewable energy and carbon emission reduction: analysis of Turkey and top emitting regions*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- European Environment Agency. (2019). Air pollutant emission inventory guidebook 2019. Technical guidance to prepare national emission inventories.
- Environmental Protection Agency (EPA). (2002). Greenhouse gases and global warming potential values, the inventory of us greenhouse emissions and sinks: 1990- 2000. US. 4-9.
- EPA United States Environment Protection Agency, <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>, Erişim Tarihi:15.05.2020.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2006). *Enerji Sektöründe Sera Gazı Azaltımı Çalışma Grubu Raporu*, Ankara.
- Eskişehir Büyükşehir Belediyesi (EBB). (2010-2017). *Eskişehir Büyükşehir Belediyesi İstatistikleri*, Eskişehir: Eskişehir Büyükşehir Belediyesi Yayını, https://www.eskisehir.bel.tr/dosyalar/istatistiklerle_eskisehir/, Erişim Tarihi: 08.03.2020.
- Eskişehir Tepebaşı Belediyesi .(2014). *Sürdürülebilir enerji eylem planı*, <http://www.skb.gov.tr/wp-content/uploads/2017/01/Tepebasi-Belediyesi-Surdurulebilir-Enerji-Eylem-Plani.pdf> , Erişim Tarihi: 09.10.2019.

- Eskişehir Sanayi Odası. (2015). *2014-2017 Stratejik planı*, <http://www.eso.org.tr/storage/file/cfd8700db68044c19d64c9736b55a29b.pdf>, Erişim Tarihi: 26.03.2020.
- Eskişehir Sanayi Odası. (2017). *Faaliyet Raporu*, <http://www.eso.org.tr/faaliyet-raporlari>, Erişim Tarihi: 10.12.2019.
- Eskişehir Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. (2019). *Eskişehir 2018 çevre durum raporu*, https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/esk-seh-r_-cdr2018-20190702163628.pdf, Erişim Tarihi: 25.11.2019.
- Eskişehir Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. (2014). *Eskişehir ili 2014-2019 temiz hava eylem planı*, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/eskisehir/webicerik/webicerik1221.pdf>, Erişim Tarihi: 20.06.2020.
- Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi. (2019). *EOSB dergi faaliyet raporu*, <http://dergi.eosb.org.tr/?page=news&NId=104>, Erişim Tarihi: 01.06.2020.
- Eskişehir Sanayi Odası. (2020). *Eskişehir organize sanayi bölgesi ve çevre sanayi sitelerine tramvayla ulaşım*, <http://www.eso.org.tr/storage/file/9200541f5d11472c981501bb125b6a58.pdf>, Erişim Tarihi: 05.07.2020.
- Esri. (2018). Beş kolay adımda Arcgis pro ile harita hazırlama. 2-7.
- Grossman, G. M. and Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal Of Economics*, 110(2), 353-377.
- Glaeser, E. L. and Kahn, M. E. (2010). The greenness of cities: carbon dioxide emissions and urban development. *Journal Of Urban Economics*, 67(3), 404-418.
- Hansen, A. J., Knight, R. L., Marzluff, J. M., Powell, S., Brown, K., Gude, P. H., Jones, K. (2005). Effects of exurban development on biodiversity: patterns, mechanisms, and research needs. *Ecological Applications*, 15(6), 1893-1905.
- Hayrulloğlu, B. (2012). Çevresel sorunlarla mücadelede karbon vergisi. *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 4(2), 1-11.

- Hidayatno, A., Destyanto, A. R. and Noor, S. T. (2019). Conceptualizing carbon emissions from energy utilization in Indonesia's industrial sector. *Energy Procedia*, 156, 139-143.
- IPCC. (1997). Ipcc guidelines for national greenhouse gas inventories volume II: workbook (chapter 1). Paris: International Energy Agency.
- IPCC. (1997). Ipcc guidelines for national greenhouse gas inventories volume III: reference manual (chapter 1). Paris: International Energy Agency.
- IPCC. (2006). Ipcc fourth assessment report: climate change intergovernmental panel on climate change.
- Jensen, J. R. (2009). *Remote sensing of the environment: an earth resource perspective (2nd Edition)*. Pearson Education India.
- Francey, R. J., Trudinger, C. M., Van Der Schoot, M., Law, R. M., Krummel, P. B., Langenfelds, R. L., Rödenbeck, C. (2013). Atmospheric verification of anthropogenic CO₂ emission trends. *Nature Climate Change*, 3(5), 520.
- Kennedy, C., Steinberger, J., Gasson, B., Hansen, Y., Hillman, T., Havranek, M., Mendez, G. V. (2009). Greenhouse gas emissions from global cities. *Environmental Science & Technology*, 43(19), 7297-7302.
- Khorshid, K. (2016). *Impervious surface estimation and mapping via remotely sensed techniques*. Unpublished Master Thesis. Istanbul: Istanbul Technical University, Graduate School of Science Engineering and Technology.
- Kostic, M. M. (2007). Energy global and historical background. *Encyclopedia Of Energy Engineering And Technology*, 601, 615.
- Li, J., Zhang, D. and Su, B. (2019). The impact of social awareness and lifestyles on household carbon emissions in China. *Ecological economics*, 160, 145-155.
- Longman Dictionary. (2020), <https://www.ldoceonline.com/dictionary/impervious>, Erişim Tarihi: 17.06.2020.
- Malik, A., Lan, J. and Lenzen, M. (2016). Trends in global greenhouse gas emissions from 1990 to 2010. *Environmental Science & Technology*. 50, 4722–4730.

- Karlı, M. (2019). *İstanbul arazi kullanımının karbon salımı üzerindeki etkisi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Packer, N. (2011). A beginner's guide to energy and power. *Staffordshire university, UK*.
- Perdeli, C. (2018). *Developing a gis-based carbon footprint accounting methodology for residential buildings: the case study of Nilufer district in Bursa*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Pekin, M.A. (2006). *Ulaştırma sektörlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonları*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- R. Dassı , C. (2017). *A gis-based study to estimate and analyze carbon dioxide emissions in Odunpazari district of Eskişehir*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sarıtürk, B. (2015). *Türkiye'deki geomatik mühendisleri arasında yaşam standartları ve karbon ayak izi arasındaki ilişkinin belirlenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Satterthwaite, D. (2008). Cities' contribution to global warming: notes on the allocation of greenhouse gas emissions. *Environment and Urbanization*, 20(2), 539-549.
- Sinha, R. K. and Chaturvedi, N. D. (2019). A review on carbon emission reduction in industries and planning emission limits. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 114, 109304.
- Soruşbay, C. (2005). Karayolu ulaşımından kaynaklanan karbondioksit emisyonlarının çevreye etkisi ve kontrolü. *TMMOB Makine Mühendisleri Odası, IX. Otomotiv Yan Sanayi Sempozyumu*, 27-28.
- Toptaş, T. E. (2018). Uzaktan algılama temel kavramlar. U. Avdan (Editör), *Uzaktan Algılama Uygulamaları I* içinde (s.3-5). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları

- Turanlı, A. (2015). *Estimation of carbon footprint: a case study for Middle East Technical University*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Türkay, M. (2018). *Karayolu ulaşımından kaynaklanan sera gazı emisyonunun (karbon ayak izinin) hesaplanması: Eskişehir ili örneği*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Sivas: Cumhuriyet Üniversitesi.
- Türe, C. (2014). Eskişehir il merkezindeki enerji tüketiminin küresel ısınma ve iklim değişikliği üzerine etkisi: karbon ayak izi, *TMMOB Eskişehir Kent Sempozyumu*. 268.
- Oruç, N., Ataman, E. ve Kırkgöz, H. (2012). History of air pollution and natural gas usage in Eskişehir: a general review. *Journal of History Culture and Art Research*, 1(4), 161-170.
- Öztürk, Z.P. (2001). Eskişehir’de konutsal ısıtma sistemleri, enerji kullanımı ve emisyon kaynaklarının mahalleler bazında dağılımlarının haritalandırılması. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özmen, M. T. (2009). Sera Gazı-Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü. *İMO Dergisi*, 453(1), 42-46.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) . (2020). Bölgesel istatistikler veri tabanı yıllara göre taşıt sayısı istatistikleri, <https://biruni.tuik.gov.tr/bolgeselistatistik/degiskenlerUzerindenSorgula.do>, Erişim Tarihi: 13.02.2020.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2020). Bölgesel istatistikler veri tabanı yıllara göre nüfus istatistikleri, <https://biruni.tuik.gov.tr/bolgeselistatistik/degiskenlerUzerindenSorgula.do>, Erişim Tarihi: 21.05.2020.
- United Nations. (2019). *Department Of Economic And Social Affair*. <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>, Erişim Tarihi: 12.05.2020.

- Uyguçgil, H. (2018). *Coğrafi bilgi sistemlerine giriş* (1. Baskı). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Wang, G. ve Han, Q. (2019). Assessment of the relation between land use and carbon emission in Eindhoven, the Netherlands. *Journal of Environmental Management*, 247, 413-424.
- Waheed, R., Sarwar, S., and Wei, C. (2019). The survey of economic growth, energy consumption and carbon emission. *Energy Reports*, 5, 1103-1115.
- Wei, Z., Wu, S., Yan, X. and Zhou, S. (2014). Density and stability of soil organic carbon beneath impervious surfaces in urban areas. *Plos one*, 9(10).
- World Bank, (2007). Growth and Co₂ emissions: how do different countries fare?environment department, Washington, DC.
- Xu, H. (2007). Extraction of urban built-up land features from landsat imagery using a thematic-oriented index combination technique. *Photogrammetric Engineering Remote Sensing*, 73(12), 1381-1391.
- Yılmaz, E., Karakaş, A., Ağaçsapan, B. ve Çabuk, A. (2019). Cbs tabanlı ulaşım kaynaklı hava kirletici emisyon miktarlarının belirlenmesi. *GIS Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies*, 1(2), 37-57.
- Yomralıoğlu, T. (2000), *Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel kavramlar ve uygulamalar* (5.Baskı). İstanbul.

İnternet Kaynakları

http-1: <https://www.gazbir.org.tr/uploads/page/Karbon%20Emisyonu-Rev-Son.pdf>,

(Erişim Tarihi:25.01.2020)

http - 2: <https://corine.tarimorman.gov.tr/corineportal/alanlar.html>

(Erişim Tarihi: 20.04.2020)

http -3 : <https://corine.tarimorman.gov.tr/corineportal/>

(Erişim Tarihi:20.04.2020)

http-4: http://www.eee.com.tr/index_tr.html

(Erişim Tarihi: 19.12.2019)

http-5: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>

(Erişim Tarihi: 13.03.2020)

http-6: <http://www.tepebasi.bel.tr/hd.asp?hid=9104>

(Erişim Tarihi: 06.05.2020)

ÖZGEÇMİŞ

ORCID NO: 0000-0002-1619-0393

Kişisel Bilgiler

Adı-Soyadı : Burcu SAĞLAM DOĞAN

Doğum Tarihi/ Yeri : 02.12.1992 / Samsun

Eğitim

Lisans: Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği

İletişim Bilgileri

E-Posta: bsaglam12@gmail.com