

Sürdürülebilir Kent İçi Ulaşım ve CO₂ Emisyonu: İstanbul İli Örneği

Tuğba İBİK*

ÖZ

Kentleşme 19.yüzyıldan itibaren gündeme gelen bir olgu olarak görülmektedir. Nüfusun artmasına bağlı olarak kentleşmenin hızlanması insanların kent alanlarında daha yoğun faaliyet göstermelerine neden olmaktadır. Bu faaliyetler arasında görülen ulaşım ekonomik, sosyal ve çevresel bakımdan etkide bulunan önemli bir sektördür. Ancak genellikle yenilenemeyen enerji kaynaklarının tercih edilmesi nedeniyle emisyonlar çevrenin yanı sıra ulaşım sektörü ve kentlerdeki yaşamın sürdürülebilirliği için tehlikeli bir unsur haline gelmektedir. Özellikle nüfus bakımından en kalabalık il olarak kabul edilen İstanbul ili için kentleşmenin pek çok sorunu beraberinde getirdiği görülmektedir. Bu sorunlar arasında görülen emisyon salınımı, nüfusun giderek yoğunlaşması ve insanların ulaşım araçlarına daha çok gereksinim duyması sonucu artmakta ve çevresel sorunların da belirginleşmesine neden olmaktadır. İstanbul ilinde enerji kullanımından sonra en fazla CO₂ emisyon salınımına neden olan ulaşım sektöründe sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için bu durumun kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle çalışmada emisyonların belirlenebilmesi için IPCC tarafından yayınlanan kılavuzda önerilen metodoloji aracılığıyla hesaplamalar yapılmıştır. 2010 ve 2022 yılları arasında Tier 1 yöntemi ile yapılan hesaplamalar doğrultusunda ulaşılan sonuca göre karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyon salınımı 2010 yılında 9,847,58 GgCO₂ dir. 2022 yılında 15,039,68 GgCO₂ olarak gerçekleşmiştir. Toplam CO₂ emisyonu değişiminin ise 2022 yılında 2010 yılına kıyasla %52,72 arttığı sonucuna ulaşılmaktadır. Ancak bazı dönemlerde karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonu önceki yıla göre azalış göstermiştir. Bu durum üzerinde alınan önlemler, alternatif ulaşım araçlarına yönelim ve salgın nedeniyle karantina dönemi tedbirleri etkili olabilir. Ulaşım emisyonunun belirli dönemlerdeki azalışına bakıldığında il için alınacak önlemlerin etkili olması, çalışmada bu doğrultuda yer verilen önerilerin ve yapılacak olan düzenlemelere katkı sağlaması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir Kent İçi Ulaşım, CO₂ Emisyonu, İstanbul
JEL Sınıflandırması: O18, Q56, R42

Sustainable Urban Transport and CO₂ Emissions: The Example of Istanbul

ABSTRACT

Urbanization is seen as a phenomenon that has been on the agenda since the 19th century. Acceleration of urbanization due to population growth causes people to operate more intensively in urban areas. Among these activities, transportation is an important sector that has an economic, social and environmental impact. However, due to the fact that non-renewable energy sources are generally preferred, emissions become a dangerous element for the environment, as well as the transportation sector and the sustainability of life in cities. It is seen that urbanization brings with it many problems, especially for the province of Istanbul, which is considered the most populous province in terms of population. Emissions, which are among these problems, are increasing as a result of the population becoming denser and people needing more means of transportation, causing environmental problems to become evident. This situation needs to be controlled in order to ensure

*Doktora Öğrencisi. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Bölümü, tugbaibik50@gmail.com ,ORCID Bilgisi: 0009-0001-8194-6740

(Makale Gönderim Tarihi: 11.05.2024 / Yayına Kabul Tarihi: 12.09.2024)

Doi Number: 10.18657/yonveek.1482257

Makale Türü: Araştırma Makalesi

sustainability in the transportation sector, which causes the highest CO₂ emissions after energy use in Istanbul. For this reason, in order to determine emissions in the study, calculations were made through the methodology recommended in the guide published by IPCC. According to the results obtained in line with the calculations made with the Tier 1 method between 2010 and 2022, the CO₂ emission release resulting from road transportation is 9,847.58 GgCO₂ in 2010. In 2022, it was realized as 15,039.68 GgCO₂. It is concluded that the total CO₂ emission change will increase by 52.72% in 2022 compared to 2010. However, in some periods, CO₂ emissions resulting from road transportation decreased compared to the previous year. The measures taken, the orientation towards alternative means of transportation, and the quarantine period measures due to the epidemic may be effective in this situation. Considering the decrease in transportation emissions in certain periods, it is expected that the measures to be taken for the province will be effective and the suggestions included in the study in this regard will contribute to the regulations to be made.

Key Words: Sustainable Urban Transportation, CO₂ Emission, Istanbul

JEL Classification: O18, Q56, R42

GİRİŞ

Sürdürülebilirlik, hemen her alanda devamlılığın sağlanması için gerekli olan, ekonomik, sosyal ve çevresel alanlarda sürekliliğin esas alındığı bir kavram olarak görülmektedir. Özellikle kentleşmenin ortaya çıkması ile çevresel anlamda sürdürülebilirliğin sağlanmasının giderek önemli hale gelmektedir. Kentleşme ile birlikte insanların bu alanlarda faaliyet göstermesi çevresel sorunların ortaya çıkmasına neden olmakta ve kentlerde sürdürülebilirlik konusunu gündeme getirmektedir. Kentlerde sürdürülebilirlik konusunun, özellikle kentler için ekonomik, sosyal ve çevresel anlamda önemli bir yere sahip olan ulaşım sektörü bakımından ele alınması gerekmektedir. Giderek artan nüfus ve kentleşme konuları bir arada ele alındığında ulaşım sektöründe insan kaynaklı faaliyetlerin daha çok artması çevre kirliliğinin ortaya çıkmasına zemin hazırlamaktadır.

Başta nüfusun yoğun olduğu yerler olmak üzere tüm kentlerde ulaşımında sürdürülebilirliğin sağlanmasına yönelik çalışmaların yapılması, özellikle nüfusun ve kentleşmenin yoğun olduğu İstanbul ilinde sürdürülebilirliğin sağlanması için önemli hale gelmiştir. İstanbul, tarih boyunca pek çok uygarlığa ev sahipliği yapmış olan metropol bir kenttir. Ancak artan nüfus ve kentleşme ile birlikte çevre sorunlarının meydana gelmesi kaçınılmaz bir son olabilir. Çevresel sorunların ortaya çıkmasında en önemli etkenler arasında olan ulaşım sektörü emisyonlarının İstanbul ilinde ciddi boyutlara ulaştığı görülmektedir.

İstanbul ili için İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı İklim Değişikliği Müdürlüğü tarafından yapılan hesaplamalar doğrultusunda 2021 yılında sektörlere göre emisyon dağılımının sabit enerji kullanımından kaynaklanan emisyonun %64, ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonun %28, atıklardan kaynaklanan emisyonun ise %8'lik paya sahip olduğu sonucuna ulaşılmaktadır (İBB Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı, tarihsiz). Dolayısıyla enerji kullanımının ardından en fazla emisyon salınımına ulaşım sektörünün neden olduğu görülmektedir.

Buna göre İstanbul ilinde halen ulaşımın yoğun olarak kullanılmakta, dolayısıyla giderek artan nüfus ve araç sayıları nedeniyle emisyonların kontrol altına alınması gerekli olmaktadır. Bu çalışmada ilk olarak literatür araştırmasına, sonraki bölümde kavramsal çerçeve ile kentleşme, ulaşım ve sürdürülebilirlik

ilişkinine, ardından İstanbul'da sürdürülebilir kent içi ulaşımına yer verilmiştir. Bir sonraki bölümde İstanbul ilinde karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonunun belirlenmesi için veri, materyal, yöntem ve bulgulara alt başlıklar halinde yer verilmiş, çalışma sonuç bölümüyle tamamlanmıştır.

I. ARAŞTIRMANIN AMACI

“Sürdürülebilir Kent İçi Ulaşım ve CO₂ Emisyonu: İstanbul İli Örneği” isimli makale çalışmasının amacı, İstanbul ilinde karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonunu hesaplamaktır.

II. ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ

Kentlerde ulaşım sektöründe sürdürülebilirlik hem ulaşım sektörünün devamlılığının sağlanması hem de çevrenin korunması açısından önemli olup, özellikle en fazla emisyon salınımına neden olan sektörler arasında olan ulaşım sektörünün neden olduğu emisyonların belirlenmesinin buna yönelik doğru tedbirler alınması açısından gerekli olduğu görülmektedir. Bu sebeple kentlerde yoğun olarak faaliyet gösterilen karayolu ulaşımına odaklanılması gerekmektedir. Bu bağlamda İstanbul ilinde karayolu ulaşım emisyonunun belirlenmesinin yerel ve ulusal sürdürülebilirliğin sağlanmasına yönelik atılacak adımlar için önemli olduğu düşüncesinden hareketle yapılan bu çalışmada, ulaşılan sonuçların ve yer verilen önerilerin hem ekonomik hem de çevresel bakımdan alınacak tedbirler ve düzenlemeler için katkı sağlaması beklenmektedir.

III. ARAŞTIRMANIN SORULARI

Çalışmanın amacı ve önemi doğrultusunda araştırmada cevap aranan sorular şu şekilde sıralanabilir;

S₁: İstanbul ilinde karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonu artmakta mı azalmakta mıdır?

S₂: İstanbul ilinde karayolu ulaşımında CO₂ emisyonuna en çok hangi yakıt türü neden olmaktadır?

S₃: İstanbul ilinde 2010 ve 2022 yıllarında karayolu ulaşımından kaynaklanan toplam CO₂ emisyonu ve değişimi nedir?

S₄: İstanbul ilinde karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonu yıllık değişiminin en yüksek olduğu yıl hangisidir?

S₅: İstanbul ilinde karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonu bir önceki yıla göre hangi dönemlerde azalmıştır?

IV. ARAŞTIRMANIN SINIRLILIKLARI

Bu çalışma yer, zaman, yöntem ve kapsam bakımından sınırlamalara tabi tutulmaktadır. Bunlardan biri yalnızca İstanbul ilinin seçilmesidir. Diğer sınırlama hesaplamaların 2010 ve 2022 dönemleri ile sınırlandırılmasıdır. Bir diğer sınırlama Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change- IPCC) tarafından yayımlanan kılavuzda önerilen yöntemler arasından Tier 1 yöntemi seçilerek yapılan kısıtlamadır. Bu yöntem daha az veri kullanımı ve CO₂ emisyonunu tahmin ederken daha doğru sonuçlara ulaştırdığı için seçilmektedir.

V. ARAŞTIRMANIN SONUCU

Bu çalışmada IPCC tarafından önerilen yaklaşımlar arasından Tier 1 yöntemi kullanılarak yapılan hesaplama sonucunda şu cevaplara ulaşılmaktadır;

C₁: İstanbul ilinde CO₂ emisyonu artma eğilimindedir.

C₂: İstanbul ilinde en çok dizel yakıt türü CO₂ emisyon salınımına yol açmaktadır.

C₃: İstanbul ilinde karayolu ulaşımından kaynaklanan toplam CO₂ emisyonu 2010 yılında 9,847,58 GgCO₂, 2022 yılında 15,039,68 GgCO₂ ve 2022 yılında 2010 yılına kıyasla gerçekleşen toplam değişim %52,72'dir.

C₄: İstanbul ilinde karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonu yıllık değişimi bir önceki yıla kıyasla 2015 yılında oldukça yüksek gerçekleşmiştir.

C₅: İstanbul ilinde karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonu bir önceki yıla göre değişimi 2012, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 ve 2022 yılında azalmaktadır.

VI. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Ulaşım sektörünün, kentlerin ekonomik, sosyal ve çevresel anlamda temel dinamiği olduğu görülmektedir. Ancak özellikle kentleşmenin hız kazanması ile ulaşım sektöründe yaşanan değişim çevresel sorunların oluşumuna ve bu sebeple sürdürülebilirliği tehdit eden unsurların ortaya çıkmasına neden olabilir. Günümüzde giderek daha önemli hale gelen bu konu ile ilgili farklı çalışmalar yapılmıştır.

Konu ile ilgili literatür incelendiğinde sürdürülebilir kent ulaşımını ele alan çalışmalara bakıldığında; Wadhwa (2000) kentlerde sürdürülebilirliğin sağlanması için teknolojinin buna elverişli olduğunu ancak bunun politika ve davranışlara da yansımaları gerektiğini öne sürmektedir. Qureshi ve Huapu (2007), Pakistan'ın Karaçi kenti için sürdürülebilir ulaşımı ele aldıkları çalışmada, henüz sürdürülebilirliğin sağlanmadığını bunun için toplu taşımaya yönelik projeler geliştirilmesinin etkili olabileceğini ifade etmektedir. Yigitcanlar vd., (2008) Avustralya'nın Gold Coast kentinde sürdürülebilir kentsel ulaşımı akıllı ulaşım ile birlikte analiz ettikleri çalışmada, toplu taşımaya yönelik uygulama ve düzenlemelerin katkı sağladığını ancak akıllı ulaşımın daha çok önem verilmesi gerektiğini belirtmektedir. Debnath vd., (2011) Singapur'da sürdürülebilir kentsel ulaşımı akıllı teknolojiler ile birlikte ele almakta, ulaşımın bu teknolojilerin kullanılmasının sürdürülebilirliğin sağlanmasına katkı sağlayacağını ifade etmektedir. Rahman ve Chin (2013) sürdürülebilir kentsel ulaşımın performansı değerlendirmesi yaptığı çalışmada, Singapur'da parametrelerin dengeli bir biçimde birbiriyle etkileşim içinde olması ile sürdürülebilirliğin sağlanabileceğini öne sürmektedir. Pojani ve Stead (2015), dünyada sürdürülebilir kentsel ulaşımı mega kentler için ele aldıkları çalışmada, sürdürülebilirlik için küçük ve orta büyüklükteki şehirlere yoğunlaşılması gerektiğini belirtmektedir. Ayrıca henüz gelişme aşamasında olan kentler için yapılacak olan uygulamaların mega kentlere göre farklılık göstereceği, bu kentlerde trafik ve çevreye yönelik düzenlemeler ve ücretlendirmelerin yapılması gerektiğini ifade etmektedir. Persia vd., (2016) İtalya'da bulunan 50 kent için sürdürülebilir kent ulaşımını 200'ü aşkın gösterge ile analiz ettikleri çalışmada, sürdürülebilirliğin toplu ulaşımının yoğun olduğu yerlerde artma eğiliminde olduğu, toplu ulaşımın kullanılmasıyla, bisiklet kullanımı ve yürüme gibi ulaşım türlerinin tercih edilmesinin sürdürülebilirliğe

olumlu etki edeceğini öne sürmektedir. Ayrıca bireysel araç kullanımının azaltılması gerektiği, park yerinin daha yüksek ücretlere tabi tutulması, kentlerde ücretli park yerlerinin azaltılması gerektiğini, kirlilik seviyesi ile ilgili sonuçların tutarlı olmadığını vurgulamaktadır. Jittrapirom vd., (2017) Tayland'ın Chiang Mai kentinde motosiklet kullanımı ve kent ulaşımında sürdürülebilirliği ele aldıkları çalışmada, motosiklet kullanımının sürdürülebilirlik üzerinde olumsuz etkisinin bulunabileceğini, çeşitli konularda fayda sağlasa da belirli düzenlemeler ile bazı kolaylıklar sağlanabileceğini belirtmektedir. Pojani ve Stead (2018) Küresel Güney'de bulunan kentlerde sürdürülebilir kentsel ulaşımı ele almakta, sürdürülebilirliğe yönelik politikalar yapılması gerektiğini ifade etmektedir. Creutzig vd., (2019) sürdürülebilir kent ulaşımı ve dijitalleşmeyi ele aldıkları çalışmada, dijitalleşmenin paylaşma, elektrifikasyon ve otomasyon ile mümkün olduğu, çeşitli riskler barındıracağı ve kamu politikalarının etkili olacağını öne sürmektedir. Arora ve Raj (2021) Hindistan'da sürdürülebilir kentsel ulaşımını ele almakta, elde edilen sonuca göre Delhi'de ulaşımın sürdürülebilir olmadığını, bunun için ulaşım türlerinin artırılması, altyapı için mali destek sağlanması, kısa mesafelerde ulaşım araçlarının kullanılmaması ve plânların uzun süre için yapılması gerektiğini belirtmektedir. Jasim vd., (2021) kentsel ulaşımında sürdürülebilirliği ele aldıkları çalışmada, sürdürülebilirlik için bireysel araçlar yerine toplu taşıma araçlarının teşvik edilmesi gerektiğini ifade etmektedir.

Kentsel ulaşım ve emisyon salınımını ele alan çalışmalara bakıldığında; McCahill ve Garrick (2008) Cambridge'de araç km'sinin azalmasının emisyonlar üzerinde azaltıcı etkisinin bulunduğu, Cambridge'de ise ulaşımdan kaynaklanan sera gazı emisyonunun Massachusetts'ten az olduğu sonucuna ulaşmaktadır. Sobrino ve Monzon (2013) İspanya'da iklim değişimi ve kentsel hareketliliği ele aldıkları çalışmada, 2000 ve 2006 yılında anket verileri ile günlük hareketliliğin yükseldiğini ve CO₂ emisyonunun ise artışının %17 olduğunu öne sürmektedir. Ulaşımında sırasıyla otomobillerin ve toplu ulaşımın etkisinin olduğunu belirtmektedir. Wang vd., (2014) Çin'in Pekin şehrinde ulaşımında CO₂ emisyonu ve kentsel formları ele aldıkları çalışmada, 2000 ve 2009 dönem verilerini kullanmaktadır. Elde edilen sonuca göre işe gitme ve gelmede emisyonun arttığı, kent forumunun değişmesinin de bu artışta etkili olduğu sonucuna ulaşmaktadır. Cheng vd., (2015) kentsel ulaşımında enerji ve karbondioksit arasındaki ilişkiyi Tayvan'ın Kaohsiung şehri için ele aldıkları çalışmada, 1995 ve 2025 dönemlerinde yakıt vergileri, park yönetimi ve ücretsiz otobüs hizmetini incelemektedir. Simülasyon sonucunda ise bu yöntemlerin araçların sayısında, emisyon salınımında ve yakıt kullanımını azaltıcı etkide bulunacağını belirlemektedir. Bunun yanı sıra kapsayıcı bir politika önerisinde bulunmaktadır. Jiaru ve Xiangchao (2015), Çin'de araç, yakıt, yolculuk ve yola yönelik bütünsel politikaların emisyon azaltımında etkili olduğunu öne sürmektedir. Wang vd., (2015) Pekin'de 2010 yılında kentsel yolcu taşımacılığında kaynaklanan emisyonun 15 mtCO₂ olarak gerçekleştiği ve bunun %75,5'inin otomobillerden, %42,5'inin araba seyahatlerinden kaynaklandığı sonucuna ulaşmaktadır. Bunun yanı sıra 28,6 gCO₂ ile otobüs seyahati etkili bir ulaşım türü olarak görülmekte, demiryolu kullanımı ve özel

araçların kullanımına kısıtlama getirilerek emisyonların 4,39 mtCO₂ azaltılacağını öne sürmektedir. Gebre (2016) Etiyopya'nın Mekelle şehrinde anket ve ikincil verilerden yararlanmaktadır. Buna göre bazı araba modellerinin ve motorlarının daha fazla emisyon salınımına neden olduğu, bireysel araç kullanımından kaynaklanan emisyonun 209,93 GCO₂/km iken yakıt veriminin 12,115 km/litre olduğu belirlenmektedir. Otomobil kaynaklı ortalama emisyonların ise 21,768,09 kg olduğu, yıllık ise 264,845,1 olduğu sonucuna ulaşmaktadır.

Jovanovic (2016) Belgrad'da otomobillerden kaynaklanan emisyonların düşük olsa da enerji kullanımında önemli bir yere sahip olduğunu belirtmektedir. Bunun yanı sıra Asya'da yapılan plânlamaları kendi ülkelerinde uyguladıkları taktirde emisyonların düşük seviyede tutulacağını ifade etmektedir. Costa vd., (2018) Sao Poulo ve Şangay'da kentsel karayolu ulaşımı ve CO₂ emisyonlarını ele aldıkları çalışmada, otomotiv sektörünün çevre kirliliğini artırdığını belirtmekte, Sao Poulo'da yakıt ve araç kullanımındaki kısıtlamaların, Şangay'da toplu ulaşım yapılan yatırımların emisyon azaltımında etkili olmadığını öne sürmektedir. Bunun için kamusal politikalara yoğunluk verilmesi önerisinde bulunmaktadır. Taczanowski vd., (2018) Polonya'da emisyon yayılımının düşük olmasını sağlayan toplu taşıma araçları üzerinde durmakta, elektrik, hibrit ve az sayıda otobüs satın alınması gibi yaklaşımlar öne sürmektedir. Batur vd., (2019) İstanbul'da kentsel ulaşım, CO₂ emisyonu ve enerji kullanımını ele aldıkları çalışmada, farklı senaryolar öne sürmekte, bu senaryolarda emisyonların ve enerji kullanımının azalması beklenmektedir. Rui-Qiang vd., (2019) Çin'de 2000 ve 2014 yıllarında GSYH'nin, nüfusun ve kentlerde yolcu taşımacılığının arttığı, özel araçların ise toplu ulaşım araçlarına kıyasla artışının daha yüksek olduğu sonucuna ulaşmaktadır. 2014 yılında kişi başına özel araçlardan kaynaklanan emisyonun %65-88 arasında artış gösterdiğini öne sürmektedir. Bunun yanı sıra Pekin ve Tayvan'da özel araçların, Şangay, Guangshou ve Urumçi'de ise özel aracın yanı sıra GSYH'inde emisyon salınımında etkili olduğunu ifade etmektedir. Domon vd., (2020) trafik yoğunluğunun ücretlendirilmesi, karbonun vergilendirilmesi, refah ve emisyonlarla ilgili yapılacak olan düzenlemeleri incelemektedir. Buna göre bu politikaların refah üzerinde %99 olumlu etkisinin olacağı, emisyon üzerinde %22 azaltıcı etkisinin olacağı ve yapılan ücretlendirmenin emisyon üzerinde azaltıcı etkisinin bulunacağını öne sürmektedir.

Tikoudis vd., (2021) 2015 ve 2050 dönemlerinde 29 OECD ülkesinde bulunan 247 il için ele aldıkları çalışmada, destekleyici politikaların 2050 yılında yolcu ulaşımının neden olduğu emisyonun %6,3 'ten daha az gerçekleşeceğini öne sürmektedir. Ancak bu durumun şehirlerin yapısına ve sosyal politikalarına göre ilden ile farklılık gösterdiğini belirtmektedir. Forsberg ve Krook-Riekkola (2021), hava kalitesi, iklim değişimi ve kentsel ulaşım ilişkisini ele aldıkları çalışmada, biyoyakıtların hava kirliliğini azaltma üzerinde etkisinin az olduğu, elektrikli ve hidrojenli araçların emisyonu artırıcı etkisinin olabileceği, yeşil elektrikle emisyonların azaltılabileceğini öne sürmektedir. Nghah vd., (2022) 2020 yılında Afrika'da bulunan Kamerun'un Yaounde şehrinde kentlerde motorlu ulaşım ve CO₂ emisyonunu ele aldıkları çalışmada, motorlu araçların emisyonu artırdığı, kişi

başına düşen yolculuk sayısı ile emisyon arasında ters U ilişkisinin geçerli olduğu sonucuna ulaşmaktadır. Ayrıca sürdürülebilir politikalar yapılması gerektiği, ulaşım türleri ve araçların eski olmaması gerektiğini ifade etmektedir. Wu vd., (2023) Çin’de İç Moğolistan’da kent ulaşımında karbon emisyonunu ele aldıkları çalışmada, 383,0 milyon ton CO₂ emisyonunun ortaya çıktığı sonucuna ulaşmakta ve en yüksek emisyonun 2013 yılında gerçekleştiğini belirtmektedir. Ayrıca elektrikli araçlara geçilmesinin karbon emisyonunun azalmasına olumlu etki edeceğini öne sürmektedir.

Literatür incelendiğinde sürdürülebilir kentsel ulaşım ve emisyon salınımı ilişkisini ele alan çalışmaların zaman, yer ve yöntem bakımından farklılaştığı görülmektedir. Konu başlıklarının ve ulaşılan sonuçların farklı olduğu çalışmalarda verilen öneriler de farklı olmaktadır. Bu çalışmada İstanbul ilinde 2010 ve 2022 yılları arasında karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonu IPCC kılavuzunda önerilen Tier 1 yaklaşımıyla hesaplanmaya çalışılmakta, yapılan önerilerin sonraki çalışma ve düzenlemelere katkı sağlaması beklenmektedir.

VII. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK, KENTLEŞME, ULAŞIM İLİŞKİSİ

Sürdürülebilirlik, kentleşme ve ulaşım konularının öneminin günümüzde giderek daha çok arttığı, nüfus artışı sonucu yapılan faaliyetlerin çevreyi etkilediği, dolayısıyla kentlerde yaşayan insan sayısının artması ve araç kullanımının yoğunluk kazanmasıyla birlikte çevre sorunlarının meydana geldiği görülmektedir. Bu sebeple kentleşme, ulaşım ve çevresel bakımdan sürdürülebilirliğin sağlanması gerekmektedir.

Kavramsal olarak sürdürülebilirlik, “zamanla devamlılığı sağlanabilen” şeklinde tanımlanmakta ve bu tanım ile bir toplumun devamlılığının sağlanamaması durumunda son bulacağı ifade edilmektedir. Sürdürülebilirlik kavramı giderek daha geniş kitleler tarafından kullanılmakta, özellikle çevresel anlamda kullanım alanı bulmaktadır (Heinberg ve Lerch,2010:1). Çevresel sürdürülebilirlik ile yaşamın idame ettirilmesi için gerekli olan sistemlerin devamlılığı sağlanmaya çalışılmaktadır (Goodland,1995:6). Çevresel ve sosyoekonomik koşullarda meydana gelen sorunlar nedeniyle özellikle kentlerde sıkıntılar yaşanmakta, bu nedenle kentlerde insanların refahını artırıp fırsatlardan aynı şekilde yararlanmaları sağlanmaya çalışılmaktadır. Yani kentlerde nicelik ve niteliksel anlamda gelişme gösterebilmek için uğraş verilmektedir (Michalina vd.,2021:1). Sürdürülebilirlik ile kentler ve bu alanlarda yaşayan bireylerin ilişkileri ele alınabilir ve böylece kent yapılarında değişiklik yapılabilir. Bu sayede kentlerde yaşayan bireylerin ve çevrenin faydası gözetilip, refah ve üretim artırılabilir (Anthony vd.,2018:27).

Kent kavramı mekânsal anlamda, tarımsal olmayan faaliyetleri yapan insanların buldukları yer olarak tanımlanabilmektedir. Nüfusun giderek artması ve insanların büyük bir kısmının kentlerde yaşamaları, teknoloji ile birlikte toplum yapısında değişimler meydana getirmektedir (Weeks,2010:34). Kentler farklı faaliyetlerin yapılmasına olanak tanıyan yapıya sahip olmakta ve bu faaliyetlere erişim ulaşım aracılığıyla olmaktadır. Ulaşım sayesinde tarım ve sanayi ürünleri

kentlerde kullanılacakları yerlere taşınmakta, dolayısıyla kentlerin işlevinde ve kalkınmasında etkili bir araç olarak yerini almaktadır (Solanke, 2013:892). Kavramsal olarak kentleşme, kent nüfusunun toplam nüfus içindeki oranının yükselmesi şeklinde ifade edilmektedir. 19. yüzyıl ile birlikte daha çok önem kazanan kentleşmenin yanı sıra bu dönemde pek çok ulaşım türünün değişimi ile karşılaşmıştır. Önceleri topluluk halinde yaşayan insanlar ulaşım araçlarına gereksinim duymamış ancak Sanayi Devrimi ile birlikte tam tersi bir durum ortaya çıkmıştır (Kehinde,2019:316-317). Kentleşme ve kentsel kalkınma özellikle Sanayi Devrimi'nin gerçekleşmesinin ardından ortaya çıkmış, bu dönemde farklı ekonomik düşüncelerinde etkisiyle farklı kent kavramları gelişim göstermiştir. Ancak kentleşme ile birlikte çevresel konularda çeşitli sıkıntılar da meydana gelmiştir (Ahmadi ve Toghyani,2011:23). Kentlerde ikamet eden insan sayısı 1990'lı yıllardan itibaren artmış ve bu artış giderek devam etmiştir. Kentleşme özellikle küresel bir dönüşümün ortaya çıkabilmesi için gerekli olan olgulardan biri haline gelmiştir. Ekonomi ve yaşam kalitesinde gelişmelerin yaşanabilmesi için kentler etkili bir güç olarak görülmekte, burada meydana gelen ekonomik, sosyal, çevresel sorunların birbiriyle ilişkisi bulunmakta ve bu nedenle sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması için gerekli olan politikaların oluşturulmasında önemli olduğu düşünülmektedir (Moreno,2017:2).

Kavramsal olarak kentsel sürdürülebilirlik, Rees aracılığıyla her dönemde kaynakların ve çevrenin kullanımının devam etmesi şeklinde ifade edilmektedir. Bu ifadeyle çevre ve sürdürülebilirlik konularına dikkat çekilmek istenmektedir (Prasad ve Bansal,2015:721). Sürdürülebilirlik, kentsel alanlarda iyileştirmelerin yapılması gerektiğine dair görüşlerin ortaya çıkması ile birlikte yaygınlık kazanmakta ve kentsel kalkınmanın sonunun getirilmesinde ya da kentsel kalkınmanın sağlanmasında bir araç olarak kullanılabilir. Kentlere yönelik plânlamalar bu alanlarda ortaya çıkan sorunların çözülmesi ve sürdürülebilirliğin sağlanması için yapılmaktadır. Kentsel sürdürülebilirlik, kentteki faaliyetlerin desteklenmesi ve refahın artması şeklinde ifade edilmektedir. Bu kavram dar anlamda kentlerin uzun bir süreçte teknolojik, demografik ve sosyo-ekonomik bakımdan gelişme göstermesi şeklinde ifade edilmektedir. Geniş anlamda ifade etmek gerekirse, kentsel gelişim sürecine kamu kesiminin katılım sağladığı, eşitliğin sağlandığı, sosyal geleceğin temeli şeklinde tanımlanabilir (Basiago,1999:148). Kentler, yapıları gereği farklı koşullara sahip olmakta ve sürdürülebilirliğin sağlanmasında temel bir rol üstlenmektedir. Yerel yönetimler aracılığıyla kentlere yönelik stratejiler geliştirilebilmekte ve sürdürülebilirlik üzerinde durulması gereken bir konu olarak görülmektedir (Requena ve Vanhuyse,2022:1).

Kentler tıpkı insanların farklı gelişim evrelerinden geçtiği gibi kentleşme, banliyöleşme, kentlerin boşaltılması olmak üzere çeşitli gelişim evrelerinden geçmektedir. Bunlardan farklı olarak yeniden kentleşme aşaması da ortaya çıkmaktadır. İlk aşama olan kentleşme ile nüfus bu bölgelere yayılmakta, ikinci aşama olan banliyöleşme nüfusun kente yakın bölgelere yayılımı olmakta ve bireysel ulaşım araçları tercih edilmeye başlanmaktadır. Üçüncü aşama olan

kentlerin boşalması aşamasında kentlere yakın alanlarda yoğunluk artmakta ve bireysel araçlara olan bağlılık giderek artmaktadır. Son aşamada kentsel yoğunlaşmanın olduğu uzaklığın az olduğu alanlar da ulaşım sağlanmaya çalışılmaktadır (Doi,2015:12). Başta büyükşehirler olmak üzere ulaşım sektöründe karşılaşılan sorunlar giderek artmakta, özellikle belirli dönemlerde mevsimlerinde etkisiyle bu faaliyetler yoğunlaşmaktadır. Nüfus sayısının belirli bir bölgede artması sonucunda kentin yapısı ve yönetimi buna elverişli değilse ya da belirli bir dönemde araç sayısındaki artışa bağlı olarak sorunlar ortaya çıkmaktadır (Konovalola vd.,2021:1).

Ulaşım sektörü, tarih boyunca ulaşım türleri ve hareketlilik bakımından büyük bir dönüşüm geçirmektedir (Noussan vd.,2020:1). Tarihsel süreçte ulaşımın, toplumun gelişimi üzerinde etkili olan önemli bir işlevi bulunmaktadır. 18. yüzyıl boyunca taşımacılık için doğada bulunan kaynaklardan ve canlıların gücünden yararlanılmıştır. Miktarsal ve zamansal açıdan uygun olmayan bu yöntemler nedeniyle yerleşimler su kenarlarında verimli alanlarda kurulmuş ve sadece bölgesel taşımacılık faaliyetinde bulunulmuştur. Uluslararası boyutta yapılan ulaşım ise genellikle lüks malların taşımacılığı yapılmaktadır.18.yüzyılın ortalarında buhar makinesinin bulunmasıyla devrim niteliğinde bir adım atılmış, 19.yüzyıl süresince sanayi ve taşımacılıkta etkin bir şekilde kullanılmıştır. Böylece demir yolu taşımacılığı öne çıkmış ve ulaşım kısa bir sürede gerçekleşmiştir. Bunun ardından içten yanmalı motorlar ile otomobiller devreye girmiş daha sonra hava yolu ulaşımı da kendini göstermeye başlamıştır. Karayolu ve havayolu ulaşımı Birinci Dünya Savaşı'nın ardından Amerika Birleşik Devletleri ile Avrupa'da önemli hale gelmiş ve tüm dünyayı etkisi altına almaya başlamıştır (Dostal ve Adamec,2011:45).

Kentleşmeyle birlikte bu bölgelere yolculuk yapılması nedeniyle daha fazla ulaşım imkânı sağlanmaya çalışılmakta, bu durumda yeni yollar ve rotalar belirlenmesine, araç sayısının artmasına neden olmaktadır (Rodrigue,2013:111). Kentsel ulaşım, uzun mesafe taşımacılığıyla ilişkili olsa da ondan farklılaşan, çeşitli hizmetlere ulaşımı sağlayan özel ve kamu mülkiyetinde bulunan taşıtlarla ulaşımın sağlandığı (Gudmundsson ve Regmi,2017), insanların ve eşyaların çeşitli teknolojik araçlardan yararlanarak yaptıkları hareket şeklinde tanımlanabilir (Msigwa, 2013:19). Kent ulaşımı, ekonomik bakımdan hem kenti hem de ülkeyi olumlu ya da olumsuz etkileyebilmektedir. Ancak ulaşımın kentlerde doğru yönetilememesi çevresel sorunların ortaya çıkmasında en büyük etkenler arasındadır (Balachandran,2005:1). Kentlerde genellikle trafiğin yoğun olmasından ve motorlu araçlardan kaynaklanan hava kirliliği ortaya çıkmaktadır (Satterthwaite,2010:4). Genellikle fosil yakıt kullanımı gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımı kentlerde yoğun bir CO₂ emisyon salınımına neden olmaktadır (Lin vd., 2018:2326). Rengi ve kokusu olmayan, zehri bulunmayan bir sera gazı olarak bilinen CO₂ emisyonu çeşitli gazların ve fosil yakıtların yanması sonucu ortaya çıkmaktadır (Zainordin ve Zahra,2020:177). Ancak CO₂ gazının yoğunluğunun artması sonucunda emisyonlar yükselmekte ve iklim krizinin oluşumunda rol alan temel etkenler arasında görülmektedir (Rieckels

vd.,2023:742). Fosil yakıt kullanımı sonucu etrafa yayılan CO₂ emisyonu, sera etkisi nedeniyle gezegenin ısınmasına neden olmakta küresel bir iklim ve çevre sorunun meydana gelmesine zemin hazırlamaktadır (Chen vd.,1980:318). CO₂ emisyonu ulaşım sektörünün en önemli sorunları arasında görülmektedir (Ribeiro vd.,2003:334).

Kentlerin gelişiminde ulaşımın önemli bir yere sahip olması yadsınamaz bir gerçektir. Ancak kentlerde kontrolsüz ve hızlı artış yeterli seviyede gelişme gösteremeyen ulaşım altyapısı ile bir arada düşünüldüğünde içinden çıkılmaz bir hâl almaktadır (Alama ve Tochukwu,2021:7). Başta karayolu ulaşımının önemli bir yere sahip olduğu ulaşım sektöründe, çevre ve güvenlik bakımından olumsuz neticeler ortaya çıkabilmekte ancak yine de en çok kullanılan taşımacılık sistemi olarak görülmektedir (Dostal ve Adamec,2011:47). Kentlerde sürdürülebilirlik için gerekli olan sürdürülebilir ulaşımın sağlanması giderek zorlaşmaktadır. Ancak yine de sürdürülebilirliğin sağlanmasına yönelik hareket edilmesinin faydalı olması beklenmektedir (Wadhwa,2000:281-282). Ulaşımında sürdürülebilirliğin, motorlu ulaşım araçlarının kullanımını düşürmek, motorlu araçlara alternatif ulaşım türlerini tercih etmek, kaynak kullanımını en aza indirmek, enerji verimliliğini ve emisyonların belirli bir ölçüde olmasını sağlamak gibi amaçları bulunmaktadır. Bu amaçlara ulaşabilmek için kentsel alanların buna uygun düzenlenmesi, alternatif sürdürülebilir ulaşım araçlarına erişimin kolaylaştırılması, çeşitli ulaşım türlerinin kullanımına imkân tanınması, teknolojik ölçütlerin belirlenmesi, yük taşımacılığında yapılan düzenlemeler ile bu alanda verimliliği artırılmasını sağlamak gibi tedbirler alınabilmektedir (UNESCAP,2012:5).

Kısaca ifade etmek gerekirse, tarih boyunca ulaşımın önemli bir yere sahip olduğu, özellikle kentleşme ile birlikte ulaşım duyulan ihtiyacın da arttığı, ulaşım türlerinin ekonomik gelişmelere bağlı olarak değişim gösterdiği ve günümüzde yoğun kullanım nedeniyle çevreye zarar verecek boyutlara ulaştığı görülmektedir.

A. İstanbul'da Sürdürülebilir Kent İçi Ulaşım

İstanbul, milyonlarca nüfusun barındığı, çeşitli ekonomik, sosyal, çevresel faaliyetlerin yapıldığı bir kent olarak görülmektedir. Bölgede nüfus artışının oluşmasında buraya yapılan göçlerin de etkisi olmakta, artan insan sayısı ile ortaya çıkan sorunlar da İstanbul için sürdürülebilirlik konusunu gündeme getirmektedir.

Uygarlıkların seviyesi, kent içi ulaşımında modernleşme ve niteliksel anlamda gelişme göstermesi ile sembolleştirilmektedir. İstanbul, dünyadaki en büyük metropoller arasında bulunmakta, kente yapılan göç nedeniyle ulaşım bakımından olumsuz neticelerle karşılaşmaktadır. Bu sorunların çözülmesi yalnızca bölgeyi yöneten kesimlerin yapacakları düzenlemelerle sınırlı kalmamakta, ulusal anlamda bir sorun olarak nitelendirilmektedir. Bu bölgede yol yapıları ve araç park edilecek alanlarda yaşanan sıkıntılar, kullanılan araçların artması çevre sorunlarına neden olmakta ve sağlık için tehlikeli boyutlara ulaşmaktadır (Özer ve Kocaman,2022:78). 20.yüzyılın ortalarında kentleşmenin artması, Avrupa'nın en büyük kenti olarak kabul edilen İstanbul'da değişimi kaçınılmaz kılmıştır. Ekonomik bakımdan da ülkeye en fazla katkı sağlayan il olarak görülen bu kentin büyümesi gerekli görülmüş, 20.yüzyılın sonlarına doğru

kentleşmenin de etkisiyle burada doğada bulunan kaynakların sürdürülebilirliğinin sağlanmasına yönelik adımlar atılmaya çalışılmıştır (Enil ve Dinçer,2022:2).

İstanbul, pek çok uygarlığın barınması ve stratejik konumu itibariyle önemli bir yer olarak görülmektedir. Nüfusu en fazla olan Avrupa şehri olarak bilinen İstanbul'un sanayi, turizm ve ticarete önemli bir yer olarak görülmesi bu bölgeye olan göç hareketinin de artmasına neden olmaktadır. Bu göç hareketi kentlerde çeşitli sorunların meydana gelmesini kaçınılmaz kılsa da ulaşım en önemli sorun olarak görülmektedir (Özer ve Kocaman,2022:78-79). Dolayısıyla çeşitli sebeplerle artan nüfus ve göç burada ikamet eden insan sayısının yoğunluk kazanmasına neden olmaktadır.

İstanbul'da nüfus sayısındaki değişim Türkiye İstatistik Kurumu Nüfus İstatistik Portalı'ndan elde edilen verilere göre, 1980 yılında İstanbul ilinin nüfus sayısı 4,7 milyon civarındayken, 1990 yılında 7,3 milyona ulaşmakta, 2000 yılında 10 milyon, 2010 yılında 13 milyon, 2020, 2021 ve 2022 yıllarında 15 milyon civarında gerçekleşmiştir (TÜİK Nüfus İstatistik Portalı,2024). Nüfusun giderek arttığı İstanbul ilinde kentlerde ve civarındaki alanlarda yerleşimlerin artması, nüfusun yoğunlaşması, büyük ölçekli projelerin yapılması, altyapı değişimini gerekli kılmakta ve trafik yoğunluğunun artmasına neden olmaktadır. Bu sorunun çözülmesi için yapılan altyapı iyileştirmeleri sonucunda da özel araçlar ile seyahat etme isteği daha baskın hala gelmektedir (İstanbul Planlama Ajansı,2023:12).

Ulaşım sektörüne 2004 yılından 2013 yılına kadar geçen süreçte 24,45 milyar TL'lik yatırım yapılmış ve bu yatırımlar içinde önemli bir paya sahip olmuştur. Bireysel araçların tercihini ve mesafeleri azaltmaya yönelik toplu ulaşım giderek artmış, bir günde 242 ton kadar yakıt kullanımı yapılmamış ve dolayısıyla hava kirliliğinde düşüş meydana gelmiştir. "Park et ve Devam et" uygulaması hayata geçirilmiş ve bu sayede toplu ulaşım araçları ile seyahat edilerek yolculuk süresi azaltılmaya çalışılmış, akıllı ulaşım sistemleri sayesinde yol durumu görülebilmüş, çevreyle uyumlu olacak şekilde araç kullanımına yönelik eğitim verilmiştir (İstanbul Hava Kalitesi İzleme Merkezi, tarihsiz).

İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından 2013 yılında CO₂ emisyon seviyeleri uluslararası ölçütlere göre belirlenmiştir. 2015 ve 2018 yılları arasında "İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planı" için harekete geçilmiş, sektörlerin sera gazı emisyonları yeniden gözden geçirilmiştir. 2016 yılında sera gazı emisyonu artışının önüne geçmek ve kentsel direnç sağlamaya yönelik "Global Covenant of Mayors for Climate and Energy-GCoM"a dahil olunmuş, 2019 yılında C40 Zirvesi'nde "Deadline 2020" sözleşmesi ile 2050 yılı ile birlikte ilin karbonsuz ve dirençli bir yer haline geleceği taahhüt edilmiştir. Böylece 2021 yılında "İklim Değişikliği Eylem Planı" yeniden gözden geçirilerek harekete geçilmiştir. Ayrıca SECAP planı ile sera gazı emisyonları düşürmeye çalışılmıştır (İBB Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı,2023:49-50).

Kentlere yönelik yapılan ulaşım plânlamalarının Türkiye genelinde ve İstanbul ili için köklü bir geçmişi bulunmakla birlikte, giderek farklı bir boyut kazanmaktadır. Daha önce kullanılan geleneksel plânlama ile yapılan kentsel hareketlilikten kaynaklanan ihtiyaçların giderilmesi ve büyük yatırımlar yapılması

yerini İstanbul Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planı'na bırakmakta ve bu sayede insan ve çevre odaklı çalışmalar ön plâna çıkmaktadır (İstanbul Planlama Ajansı,2023:13). Avrupa'da 2013 yılında başlatılan bir hareket olan "Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planı" kentlerde daha iyi yaşam alanları sunmak ve kentlerdeki hareketliliği karşılamak için yapılmıştır. 2019 yılında İstanbul'da başlatılan "İstanbul Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planı Projesi" çeşitli iş birlikleri ile yürütülmekte olup, küresel boyutta 16 milyona yaklaşan nüfusu bulunan bir il için yapılan ilk çalışma niteliğindedir (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, tarihsiz). Türkiye'de yapılan ilk Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planı olan bu çalışmada İstanbul'da alternatif ulaşım araçlarının kullanımı ön plânda tutulmakta ve insan odaklı bir yaklaşım sergilenmektedir. Bunun yanı sıra otomobil kullanımı, karbon salınımının azaltılması, trafik güvenliğinin sağlanması ve çevre kirliliğinin azaltılması hedef haline getirilmektedir (İstanbul Büyükşehir Belediyesi,2022:15).

Kısacası, İstanbul önemli bir tarihi geçmişe sahip olan, ancak günümüz dünyasının değişen şartları ile birlikte değişime uğrayan bir kent olarak görülebilir. Bölgede ciddi bir sorun oluşturabilecek, nüfus, göç ve kentleşme olguları özellikle yerel yönetimler tarafından fark edilen ve üzerinde durulan bir konu haline gelmektedir. Yapılan çalışmalar ile çevresel sürdürülebilirliğinin sağlanmasına yönelik sürdürülebilir kentsel hareketlilik kapsamında bazı adımların atılmakta olduğu görülmektedir.

VIII. İSTANBUL İLİNDE KARAYOLU ULAŞIMINDAN KAYNAKLANAN CO₂ EMİSYONUNUN TESPİTİ

Çalışmanın bu bölümünde veri, materyal ve yöntem ile bulgular yer almaktadır.

B. Veri

İstanbul ilinde karayolu ulaşımının neden olduğu CO₂ emisyonunu hesaplamada IPCC tarafından önerilen metodolojiye uygun olarak Tier 1 yöntemi kullanılmaktadır. Bunun için 2010 ve 2022 yılları arası gerekli olan veriler Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)'dan elde edilmektedir.

C. Materyal ve Yöntem

IPCC tarafından 2006 yılında yayınlanan kılavuza göre, Tier 1 yaklaşımı yakıtların yanmasına, Tier 2 yaklaşımı yakıtların özelliklerine, Tier 3 yaklaşımında ise yakıtlar ile ilgili teknik verilere gereksinim olmaktadır (IPCC,2006a:6). Tier 1 yöntemi yakıt miktarı ve ortalama emisyon faktörler ile ilgili bir tahminde bulunmak için kullanılmaktadır. Çeşitli sera gazları bulunmakta ve bu gazların emisyon faktörleri de değişim göstermektedir. CO₂ emisyonunda yakıtların karbon içeriğine bakılmakta ancak diğer koşullar ihmal edilmektedir. Bu bağlamda yakıtların miktarı ve içeriğindeki karbona göre doğru bir tahmin yapılabilir (IPCC,2006b:6) IPCC tarafından yayınlanan kılavuza göre Tier 1 yaklaşımında detaylı veri kullanımı gerekmemektedir (IPCC,2006a:11). IPCC tarafından yayınlanan kılavuzda yakıt tüketimi nedeniyle ortaya çıkan emisyon hesaplama yöntemi şu şekildedir (IPCC,2006c:5);

$$\text{Enerji Tüketimi [TJ]} = \text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü} \left[\frac{\text{TJ}}{\text{kt}} \right] \quad (1)$$

$$\text{Karbon Emisyonu [Gg C]} = \text{Karbon İçeriği [Gg C]} \times \text{Oksitlenme Oranı} \quad (2)$$

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyon Miktarı [Gg CO}_2] = \text{Karbon Emisyonu [Gg C]} \times 44/12 \quad (3)$$

Tablo 1’de IPCC tarafından hazırlanan kılavuzlara göre dönüşüm faktörü, emisyon faktörü, oksitlenme ve molekül ağırlık oranı gösterilmektedir.

Tablo 1: IPCC Emisyon ve Dönüşüm Faktörleri

	Dönüşüm Faktörü (TJ/kt)	CO ₂ Emisyon Faktörü (tC/TJ)	Oksitlenme Oranı	Molekül Ağırlık Oranı
Benzin	44,3	18,90	0,99	44/12
Dizel	43,0	20,20	0,99	44/12
LPG	47,3	17,20	0,995	44/12

Kaynak: IPCC 1996, IPCC 2006b

Tablo 2’de 2010 ve 2022 yılları arasında İstanbul ili yakıt tüketim miktarları ton cinsinden gösterilmektedir.

Tablo 2: İstanbul İli Yakıt Tüketim Miktarı (Ton)

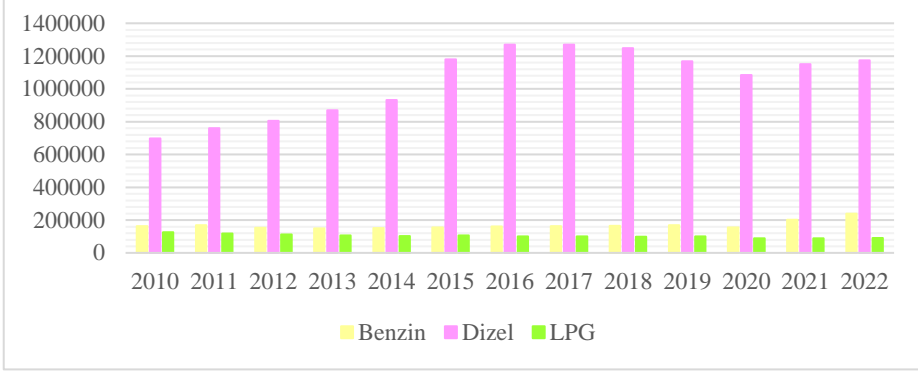
	BENZİN	DİZEL	LPG
2010	534,495	2,211,314	421,401
2011	556,725	2,414,442	397,310
2012	504,752	2,552,297	379,213
2013	491,780	2,758,796	357,948
2014	495,516	2,957,392	345,571
2015	511,446	3,742,084	356,416
2016	529,398	4,026,170	340,874
2017	534,431	4,026,741	336,711
2018	542,808	3,960,615	335,153
2019	554,999	3,702,353	338,885
2020	510,329	3,439,428	299,546
2021	665,029	3,649,697	301,090
2022	784,918	3,725,027	306,255

Kaynak: EPDK,2011a; EPDK,2011b; EPDK,2012a; EPDK,2012b; EPDK,2013a; EPDK,2013b; EPDK,2014a; EPDK,2014b; EPDK,2015a; EPDK,2015b; EPDK,2016a; EPDK,2016b; EPDK,2017a; EPDK,2017b; EPDK,2018a; EPDK,2018b; EPDK,2019a; EPDK,2019b; EPDK,2020a; EPDK,2020b; EPDK,2021a; EPDK,2021b; EPDK 2022a; EPDK 2022b; EPDK 2023a; EPDK 2023b

D. Bulgular

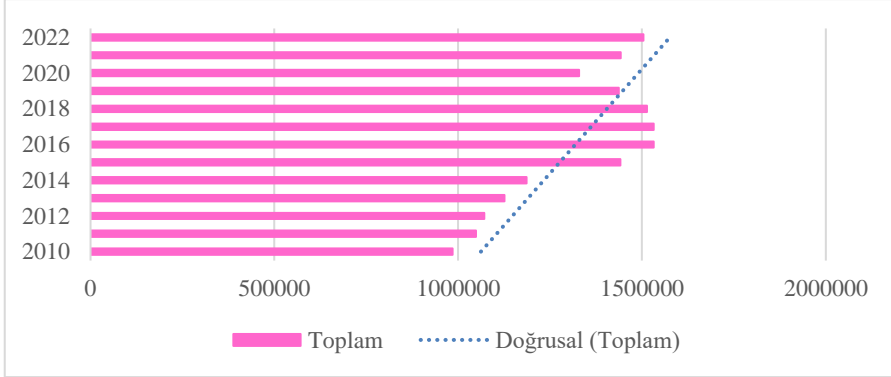
Tablo 1 ve Tablo 2’deki veriler ve oranlar aracılığıyla eşitlik (1), (2), (3)’te gösterilen denklemler kullanılarak hesaplamalar yapılmaktadır. Şekil 1’de yapılan hesaplamalar sonucunda 2010 ve 2022 yılında İstanbul ilinde yakıt tüketiminden kaynaklanan CO₂ emisyon miktarları gösterilmektedir. Buna göre en fazla CO₂ emisyonuna neden olan yakıt türünün dizel olduğu görülmektedir.

Şekil 1: İstanbul Benzin, Dizel ve LPG Tüketiminden Kaynaklanan CO₂ Emisyonu (GgCO₂)

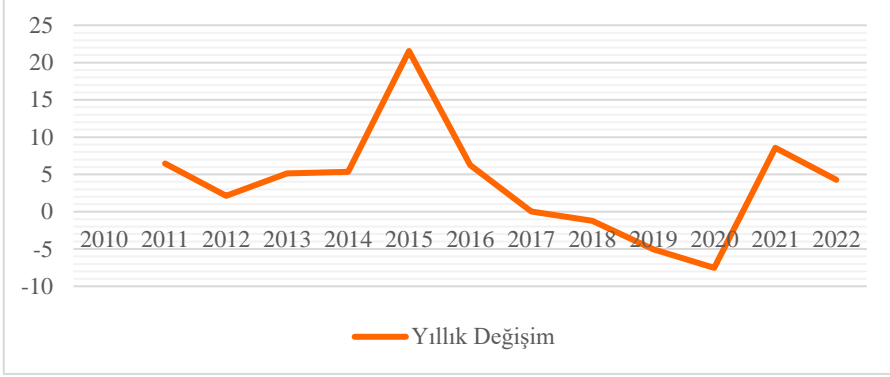


Şekil 2’de 2010 ve 2022 yıllarında toplam CO₂ emisyon miktarları gösterilmektedir. Buna göre 2010 yılında İstanbul ilinde 9,847,58 GgCO₂ olan emisyon salınımı 2022 yılında 15,039,68 GgCO₂’ye ulaşmıştır. Ayrıca 2018 yılında 15,132,42 GgCO₂ olan emisyon, 2019 yılında 14,366,25 GgCO₂, 2020 yılında 13,284,71 GgCO₂, 2021 yılında 14,422,46 GgCO₂ olarak gerçekleşmiştir. Buna göre genel olarak artma eğilimi içinde olduğu görülen toplam CO₂ emisyonu 2019 ve 2020 yıllarında düşüş gösterse de 2021 ve 2022 yıllarında tekrar artış eğilimine girmiştir.

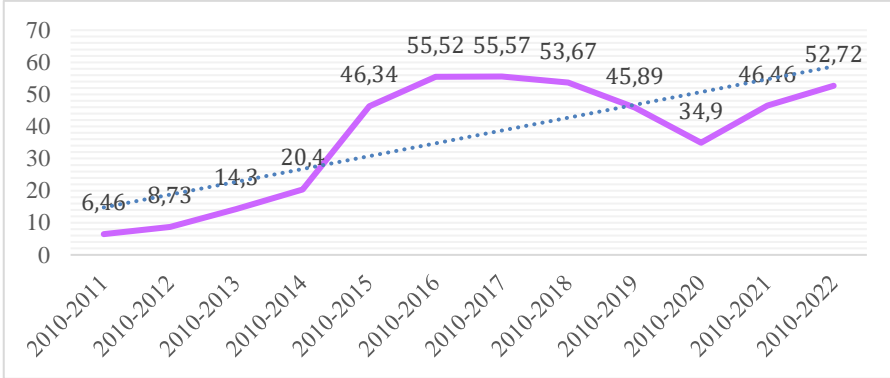
Şekil 2: İstanbul Yakıt Tüketiminden Kaynaklanan Toplam CO₂ Emisyonu (GgCO₂)



İstanbul yakıt tüketiminden kaynaklanan toplam CO₂ emisyonunun yıllık değişiminin gösterildiği Şekil 3’te en yüksek değişim 2015 yılında gerçekleşmiş, 2012, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 ve 2022 yıllarında da bir önceki yıla kıyasla azalmıştır.

Şekil 3: İstanbul Yakıt Tüketiminden Kaynaklanan Toplam CO₂ Emisyonu Yıllık Değişim (%)

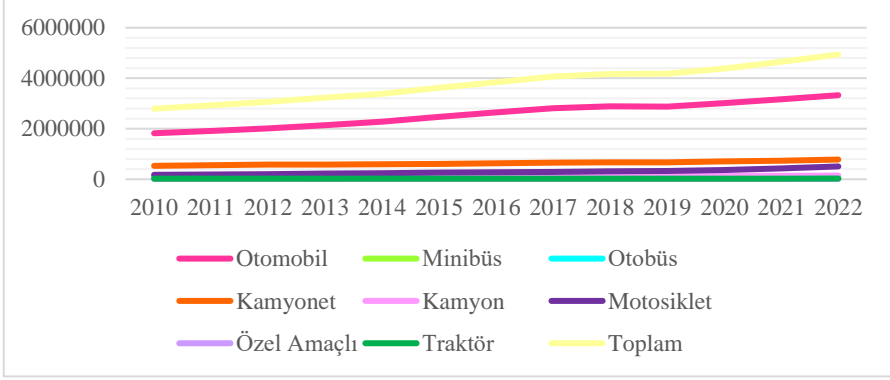
Şekil 4'te İstanbul ilinde 2010 ve 2022 yılları arasında toplam CO₂ emisyonunun toplam değişimi gösterilmektedir. Buna göre 2010-2011 yılında değişim %6,46 iken 2022 yılında 2010 yılına kıyasla artarak %52,72 olarak gerçekleşmiştir.

Şekil 4: İstanbul İlinde CO₂ Emisyonunun Toplam Değişimi (%)

Covid-19 salgını döneminde CO₂ emisyonu kısa süreli de olsa salgından önceki döneme göre azalmakta, bu durum üzerinde kapanma sürecinin yaşanması etkili olmaktadır (İBB,2023:40). Şekil 3 ve Şekil 4'te İstanbul ilinde toplam CO₂ emisyonu ve yıllık değişiminde özellikle 2020 yılında düşüş olduğu görülmektedir. Bu durumun nedenleri arasında Covid-19 döneminde alınan tedbirlerin etkisi olabilir.

Toplu ulaşım araçlarının 2019 yılında %30'luk bir seyahat payı bulunmakta, ancak 2015 ve 2016 yıllarında bu pay %13 seviyesinde gerçekleşmektedir (Kesten,2020:51). İstanbul ilinde motorlu araçların sayısına dair verilerin gösterildiği Şekil 5'te otomobil sayısının diğer ulaşım araçlarına kıyasla daha fazla olduğu, toplam araç sayısına bakıldığında 2022 yılında 2010 yılına kıyasla toplam araç sayısının %76,79 arttığı görülmektedir.

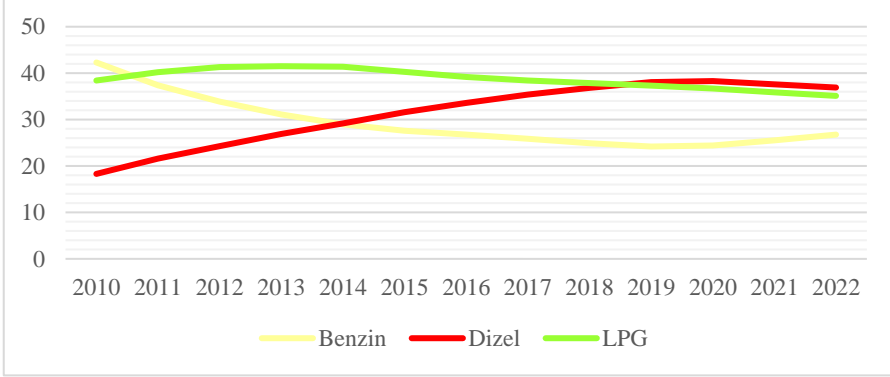
Şekil 5: İstanbul İli Motorlu Kara Taşıt Sayısı¹



Kaynak: TÜİK,2024

Özetle, İstanbul ilinde en fazla dizel yakıt kullanımının yapıldığı, motorlu araç sayısının verilerine bakıldığında ise en fazla aracın otomobil olduğu görülmektedir. Türkiye’de ise otomobillerde yakıt cinsine göre dağılım oranlarının gösterildiği Şekil 6’ya bakıldığında ise dizel kullanımının artma eğiliminde olduğu söylenebilir.

Şekil 6: Türkiye’de Trafikte Kayıtlı Otomobillerin Yakıt Cinsine Göre Dağılımı (%)



Kaynak: TÜİK

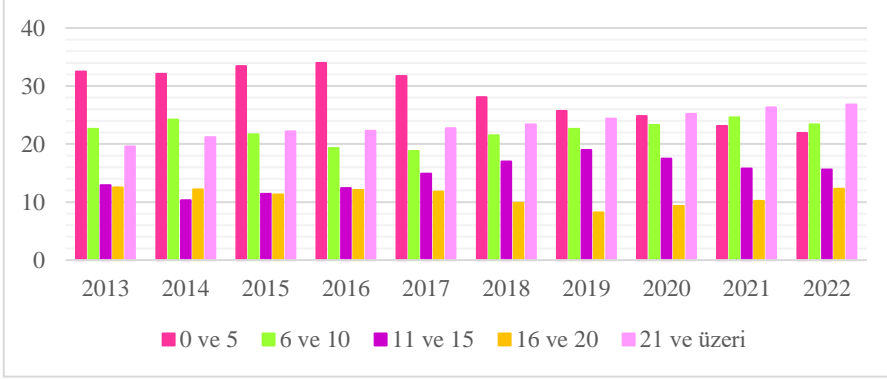
2003 yılında araç yaşı ve silindir hacimleri ile ilgili değişikliğe gidilmiş, motor hacimleri yüksek olan araçlara daha yüksek vergi uygulanmıştır. Motor hacminin yüksek olduğu araçların emisyon salınımının yüksek olması nedeniyle bu durum çevre için olumlu bir gelişmedir (Ertekin ve Dam,2020:80). Türkiye’de Motorlu Taşıtlı Vergisi ile servet üzerinden vergilendirme yapılmakta, yaşı büyük olan araçlardan daha düşük vergi, silindir hacmi fazla olanlardan da yüksek vergi alınmaktadır. Ancak bu çevresel sorunlarla başa çıkabilmek için etkili olmamakta, bunun nedeni yaşı büyük araçların daha yüksek karbondioksit emisyonuna neden olarak çevreyi kirletmesi olarak görülmektedir (Yalçın,2013:156).

Türkiye’de yaş ve silindir hacmine göre araç sayılarına bakıldığında durum daha net anlaşılmaktadır. Öncelikle yaş grubuna göre toplam araç sayısının

¹ Toplam araç sayısı yazar tarafından hesaplanmıştır.

gösterildiği Şekil 7’de 0 ile 5 yaş arası araçların 2022 yılına kadar geçen süreçte azaldığı, bunun aksine 21 yaş ve üzeri araçların sayısında ise artış olduğu görülmektedir.

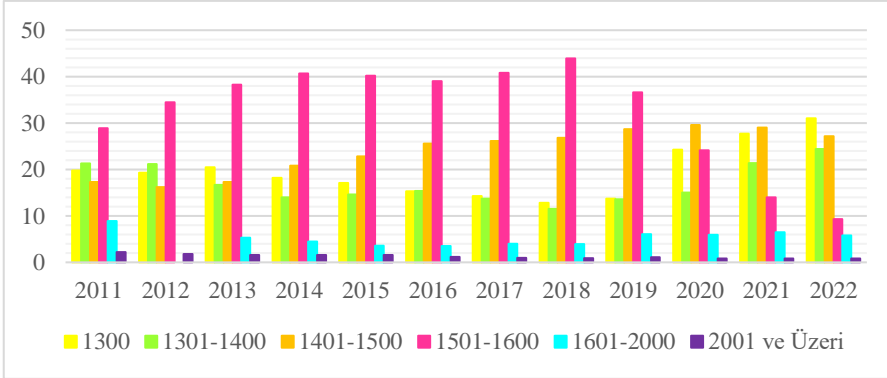
Şekil 7: Türkiye’de Yaş Grubuna Göre Toplam Araç Dağılımı (%)



Kaynak: TÜİK

Türkiye’de motor silindir hacmine göre araç dağılımının gösterildiği Şekil 8’de en fazla 1501 ile 1600 arası silindir hacmine sahip araçların olduğu, bunun 2018 yılından sonra azaldığı görülmektedir. 1300 ve 1301 ile 1400 silindir hacmine sahip olan araçlar ise son yıllarda artış göstermiştir.

Şekil 8: Türkiye’de Silindir Hacmine Göre Araç Dağılımı (%)



Kaynak: TÜİK

SONUÇ

Kentleşme olgusu özellikle 19.yüzyıl ve sonrasında karşımıza çıkmakta olup, giderek önemi artan bir konu haline gelmektedir. Sürekli artan insan sayısı ile birlikte yaygınlaşan kentleşmenin İstanbul’da sürdürülebilirliğin sağlanmasının önünde bir engel olarak görülebilir. Nüfusun artmasıyla birlikte artan araç kullanımının çevresel sürdürülebilirliğin yanı sıra kent içi ulaşımında sürdürülebilirliğin sağlanmasını da tehlikeye atabilir.

2010 ve 2022 yılları arasında IPCC tarafından yayınlanan kılavuzda önerilen Tier 1 yöntemiyle yapılan hesaplamalar doğrultusunda ortaya çıkan karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonunun en fazla dizel kullanımından kaynaklandığı görülmektedir. Toplam CO₂ emisyonunun ise 2010 yılında İstanbul

ilinde 9,847,58 GgCO₂ olarak gerçekleştiği bu yıldan sonra genel olarak artma eğilimi içinde olduğu, ancak 2019 ve 2020 yıllarında düştüğü, 2021 yılında 14,422,46 GgCO₂ seviyesine ulaşarak tekrar artmaya başladığı, 2022 yılında ise 15,039,68 GgCO₂'ye ulaştığı görülmektedir. Bunun yanı sıra 2010 ve 2022 yılları arasında İstanbul ilinde toplam CO₂ emisyonunun değişimine bakıldığında 2010-2011 yılında %6,46 olan değişimin 2010-2022 yıllarında %52,72'ye ulaştığı görülmektedir. Karayolu ulaşımının neden olduğu CO₂ emisyonunun yıllık değişimin en yüksek olduğu yılın 2015 olduğu, bir önceki yıla kıyasla toplam CO₂ emisyonunun 2012, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 ve 2022 yıllarında azaldığı belirlenmiştir.

Kısaca ifade etmek gerekirse, İstanbul ilinde karayolu ulaşımının neden olduğu CO₂ emisyonunun arttığı ancak bu artışın sürekli olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır. Özellikle bu artış üzerinde nüfus ve kentleşmenin payı dikkate alındığında, bu durumun kontrol altına alınmasının çevreye verilen zararların azaltılmasında etkili bir yöntem olabilir.

Bir diğer önemli husus ise İstanbul'da ulaşımın özel araçlar ile yapılmasıdır. Bireysel araçlara yönelimin olmasının emisyon salınımı üzerinde etkili olacağı, bunun yerine elektrikli, hibrit araçlara yönelimin olması, toplu ulaşım, yürüyüş ya da alternatif ulaşım araçlarının tercih edilmesinin gerekli olduğu, İstanbul'da sürdürülebilir kentsel hareketlilik bağlamında çalışmaların daha fazla yapılmasının, buna yönelik devlet desteğinin artırılmasının, uygun politika ve düzenlemeler ile teşvik edilmesinin de sürdürülebilirlik açısından yarar sağlayacağı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra nüfusun yoğunluğunda etkili olduğu düşünülen göç konusunda sınırlamalar getirilmesi, araç yaş sınırının belirlenmesi ve belirli bir yaşın üzerindeki araçların trafiğe çıkmasına izin verilmemesi, egzoz muayenesi sonucunda emisyon sınırını geçen araçlara daha ağır yaptırımlar uygulanması alınabilecek alternatif önlemler arasında yer alabilir.

Ulaşılan sonuçlar ve elde edilen veriler doğrultusunda bakıldığında, İstanbul ilinde çevre ve iklimi korumaya yönelik adımların atıldığı, bunun yanı sıra toplu ulaşımın artmaya başladığı görülmektedir. Belirtilen yıl aralığında da karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonunun düşük bir hızla arttığı hatta bazı dönemlerde önceki yıla kıyasla düştüğü söylenebilir. Bunun üzerinde alınan tedbirlerin, salgın dönemindeki kısıtlamaların ve yapılan düzenlemelerinin etkisinin olduğu, dolayısıyla İstanbul iline yönelik yapılacak olan iyileştirmelerin emisyon seviyesini azaltmada etkili olacağı düşünülmektedir. Türkiye açısından değerlendirildiğinde emisyon seviyesinin artmasında etkili olan araç yaş ve motor silindir hacimlerine yönelik etkin adımlar atılması gerekmektedir. Özellikle büyük yaşta araçların kullanımı arttığı için buna uygun belirli kısıtlamalar getirilmesi etkili olabilir. Bu araçlarda vergi indirimi yerine daha yüksek vergi getirilmesi ya da küçük yaşlı araçları satın almada büyük yaşta araçların iade edilmesi sonucunda araç sahibine kolay satın alabilme imkânı tanınması fayda sağlayabilir. Bu çalışmada İstanbul ilinde yapılan düzenlemelerin halen yeterli olmadığı görülmekte, bu önlemlerin İstanbul ilinde emisyon seviyelerinin azaltılmasında ve sürdürülebilir kentsel ulaşımın sağlanmasında etkili olacağı düşünülmektedir. Bu

sayede yalnızca bir yere özgü olarak değil aynı zamanda küresel boyutta çevre kalitesinin artması beklenmektedir.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Makalenin tüm süreçlerinde Yönetim ve Ekonomi Dergisi'nin araştırma ve yayın etiği ilkelerine uygun olarak hareket edilmiştir.

Yazarların Makaleye Katkı Oranları

Makalenin tamamı Doktora Öğrencisi Tuğba İBİK tarafından kaleme alınmıştır.

Çıkar Beyanı

Yazarın herhangi bir kişi ya da kuruluş ile çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKÇA

- Ahmadi, F. and Toghyani, S. (2011). The Role of Urban Planning in Achieving Sustainable Urban Development, *OIDA International Journal of Sustainable Development*, 2(11),23-26.
- Alama, E.T. and Tochukwu, A.A. (2021). Urbanization and Transportation Crisis in Urban Centres: The Panacea, *Quest Journals, Journals of Research in Humanities and Social Science*, 9(6),07-17.
- Anthony, A.F., Offia, I.E., Abidemi, B.R. and Kamoru, O.K.G. (2018). Urban Sustainability Concepts and Their Implications on Urban Form, *Urban and Regional Planning*, 3(1), 27-33.
- Arora, R. and Raj, M. (2021). Shift Towards Sustainable Urban Transport: The Case of India, *International Journal of Creative Research Thoughts*, 9(6),438-445.
- Balachandran, B., Adhvaryu, B. and Lokre, A. (2005). Urban Transport in India, Problems, Responses and Strategies, *Environmental Planning Collaborative*.
- Basiago, A.D. (1999). Economic, Social and Environmental Sustainability in Development Theory and Urban Planning Practice, *The Environmentalist*, 19, 145-161.
- Batur, İ., Bayram, I.S., ve Koc, M. (2019). Impact Assessment of Supply-Side and Demand-Side Policies on Energy Consumption and CO₂ Emissions from Urban Passenger Transportation: The Case of Istanbul, *Journal of Cleaner Production*,219,391-410.
- Chen, K., Winter, R.C. and Bergman, M.K. (1980). Carbondioxide from Fossil Fuels: Adapting to Uncertainty, *Energy Policy*, 8(4),318-330.
- Cheng, Y-H., Chang, Y-H. and Lu, I.J. (2015). Urban Transportation Energy and Carbon Dioxide Emission Reduction Strategies, *Applied Energy*,157,953-973.
- Costa, E., Seixas, J., Baptista, P., Costa, G. and Turrentine, T. (2018). CO₂ Emissions and Mitigation Policies for Urban Road Transportation: Sao Paulo Versus Shanghai, *Brazilian Journal of Urban Management*, 10,143-158.
- Creutzig, F., Franzen, M., Moeckel, R., Heinrichs, D., Nagel, K., Nieland, S. and Weisz, H. (2019). Leveraging Digitalization for Sustainability in Urban Transport, *Global Sustainability*,2,e14,1-6.
- Debnath, A.K., Haque, M.M., Chin, H.C. and Yuen, B. (2011). Sustainable Urban Transport: Smart Technology Initiatives in Singapore, *Transportation Research Record*,2243,38-45.
- Doi, K. (2015). Cities and Transportation, Traffic and Safety Sciences, Interdisciplinary Wisdom of IATSS, *International Association of Traffic and Safety Sciences*, 12-21.
- Domon, S., Hirota, M., Kono, T., Managi, S. And Matsuki, Y. (2020). Congestion Tolls Efficiently Reduce CO₂ Emissions from Homes in addition to Urban Transportation in the Long Run, *MPRA Paper No.102220*.
- Dostal, I. and Adamec, V. (2011). Transport and its Role in the Society, *Transactions on Transport Sciences*, 4(2),43.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2011a). Petrol Piyasası Sektör Raporu 2010, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu>, Erişim Tarihi: 05.02.2024.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2011b). Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) Piyasası 2010 yılı Sektör Raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> , Erişim Tarihi: 05.02.2024.

- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2012a). Petrol Piyasası Sektör Raporu 2011, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu>, Erişim Tarihi: 05.02.2024.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2012b).Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) Piyasası 2011 yılı Sektör Raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> , Erişim Tarihi: 05.02.2024.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2013a). Petrol Piyasası Sektör Raporu 2012, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu>, Erişim Tarihi: 05.02.2024.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2013b).Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) Piyasası 2012 yılı Sektör Raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> , Erişim Tarihi: 05.02.2024.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2014a). Petrol Piyasası Sektör Raporu 2013, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu>, Erişim Tarihi: 05.02.2024.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2014b).Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) Piyasası 2013 yılı Sektör Raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> , Erişim Tarihi: 05.02.2024.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2015a). Petrol Piyasası Sektör Raporu 2014, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu>, Erişim Tarihi: 05.02.2024.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2015b).Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) Piyasası 2014 yılı Sektör Raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> , Erişim Tarihi: 05.02.2024.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2016a). Petrol Piyasası Sektör Raporu 2015, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu>, Erişim Tarihi: 05.02.2024.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2016b).Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) Piyasası 2015 yılı Sektör Raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> , Erişim Tarihi: 05.02.2024.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2017a). Petrol Piyasası Sektör Raporu 2016, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu>.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2017b).Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) Piyasası 2016 yılı Sektör Raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> , Erişim Tarihi: 05.02.2024.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2018a). Petrol Piyasası Sektör Raporu 2017, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu>, Erişim Tarihi: 05.02.2024.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2018b).Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) Piyasası 2017 yılı Sektör Raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> , Erişim Tarihi: 05.02.2024.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2019a). Petrol Piyasası Sektör Raporu 2018, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu>, Erişim Tarihi: 05.02.2024.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2019b).Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) Piyasası 2018 yılı Sektör Raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> , Erişim Tarihi: 05.02.2024.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2020a). Petrol Piyasası Sektör Raporu 2019, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu>, Erişim Tarihi: 05.02.2024.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2020b).Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) Piyasası 2019 yılı Sektör Raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> , Erişim Tarihi: 05.02.2024.

- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2021a). Petrol Piyasası Sektör Raporu 2020, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu>, Erişim Tarihi: 05.02.2024.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2021b).Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) Piyasası 2020 yılı Sektör Raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> , Erişim Tarihi: 05.02.2024.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2022a). Petrol Piyasası Sektör Raporu 2021, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu>, Erişim Tarihi: 05.02.2024.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2022b).Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) Piyasası 2021 yılı Sektör Raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> , Erişim Tarihi: 05.02.2024.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2023a). Petrol Piyasası Sektör Raporu 2022, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu>, Erişim Tarihi: 05.02.2024.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2023b).Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) Piyasası 2022 yılı Sektör Raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu> , Erişim Tarihi: 05.02.2024.
- Enlil, Z. ve Dinçer, İ. (2022). Political Dilemmas in the Making of a Sustainable City-Region,: The Case of Istanbul, *Sustainability*,14,3299, <https://doi.org/10.3390/su14063299> .
- Ertekin, Ş. ve Dam, M.M. (2020). Türkiye’de Çevre Vergilerinin Çevresel Etkileri Üzerine Bir Değerlendirme, *Special Issue on 3rd International EUREFE Congress*,66-87.
- Forsberg, J. and Krook-Riekkola, A. (2021). Recoupling Climate Change and Air Quality: Exploring Low-Emission Options in Urban Transportation Using the TIMES-City Model, *Energies*,14,3220.
- Gebre, T. (2016). Assessment of CO2 Emission Level in Urban Transport of Mekelle City, Ethiopia, *Ethiopian Journal of Environmental Studies&Management*, 9(6),748-759.
- Goodland, R. (1995). The Concept of Environmental Sustainability, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 26(1), 1-24.
- Gudmundsson, H. and Regmi, M.B. (2017). Developing The Sustainable Urban Transport Index, *Transport and Communications Bulletin for Asia and the Pacific*, No.87.
- Heinberg, R and Lerch, D. (2010). What is Sustainability, *The Post Carbon Reader*,11,19.
- Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC .(1996), Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 3, Chapter 1, <https://www.ipcc.nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6a.html> , Erişim Tarihi: 05.02.2024.
- Intergovernmental Panel on Climate Change -IPCC (2006a). 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Mobile Combustion Volume 2 Chapter 2 , Erişim Tarihi: 05.02.2024.
- Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC .(2006b). 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2, Chapter 1, https://www.jpcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_1_Ch1_Introduction.pdf , Erişim Tarihi:05.02.2024.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006c). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Reference Approach, Volume 2,Chapter 6, https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_6Ch6_Reference_Approach.pdf .
- İBB (2023). İklim İzleme Raporu, Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı, İklim Değişikliği Şube Müdürlüğü, <https://cevre.ibt.istanbul/wp-content/uploads/2023/04/2022-iklim-izleme-raporu-tr.pdf> .
- İBB Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı, (tarihsiz). <https://cevre.ibt.istanbul/iklim-degisikligi-sube-mudurlugu/istanbul-2021-yili-sera-gazi-envanteri-onaylandi/>, Erişim Tarihi:05.02.2024.
- İBB Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı (2023). İstanbul Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planı, <https://cevre.ibt.istanbul/wp-content/uploads/2024/04/TR-SECAP-v14.pdf> .

- İstanbul Büyükşehir Belediyesi, (tarihsiz). <https://surdurulebilirulasim.istanbul/skhp-nedir/>, Erişim Tarihi:03.02.2024.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi (2022). İstanbul Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planı SKHP, https://surdurulebilirulasim.istanbul/wp-content/uploads/2022/08/271487-60-IS-IMP-M9REP-Arup-001-TR-10_rs_compressed.pdf .
- İstanbul Hava Kalitesi İzleme Merkezi (tarihsiz), <https://havakalitesi.ibb.gov.tr/Icerik/istanbul-hava-kalitesi/azaltim-calismalari>. Erişim Tarihi:05.02.2024.
- İstanbul Planlama Ajansı (2023). İstanbul’da Sürdürülebilir Ulaşım Doğru, Kent Gündemine Bakış, <https://ipa.istanbul/wp-content/uploads/2023/11/KENT-GUNDEMI-SURDURULEBILIR-ULASIM-2.pdf> .
- Jasim, I.A., Farhan, S.L. and Hasan, H.M. (2021). Ways to Activate Urban Transport to Achieve Urban Sustainability, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*,1090,012034.
- Jiaru, H. and Xiangzhao, F. (2015). An Evaluation of China’s Carbon Emission Reduction Policies on Urban Transport System, *Journal of Sustainable Development Law and Policy*, 6(1),31-51.
- Jittrapirom, P., Knoflachner, H. and Mailer, M. (2017). The Conundrum of the Motorcycle in the Mix of Sustainable Urban Transport, *Transportation Research Procedia*, 25,4869-4890.
- Jovanovic, M. (2016). Belgrade’s Urban Transport CO₂ Emissions from an International Perspective, *Polish Journal of Environmental Studies*, 25(2), 635-646.
- Kehinde, A.O. (2019). A Review of Urbanisation and Transport Challenges in Developing Countries, *International Journal of Innovation Education and Research*, 7(4),315-323.
- Kesten, A.S. (2020). Esnek Toplu Taşıma Sistemleri, Karayolu Toplu Taşıma Sistemleri, *İstanbul Sürdürülebilir Ulaşım Kongresi*, 17-18 Aralık 2019, <https://ipa.istanbul/wp-content/uploads/2021/08/surdurulebilir-ulasim-kongresi-raporu.pdf> .
- Konovalola, T., Kotenkova, I. and Senin, I. (2021). Problems of Sustainable Functioning of Urban Transport Systems, *MATEC Web of Conferences*,334,01031.
- Lin, J.C., Mitchell, L., Crosman, E., Mendoza, D.L., Buchert, M., Bares, R., Fasoli, B., Bowling, D.R., Pataki, D., Catharine, D., Strong, C., Gurney, K.R., Patarasuk, R., Baasandorj, M., Jacques, A., Hoch, S., Horel, J. and Ehleringer, J. (2018). CO₂ and Carbon Emissions from Cities, Linkages to Air Quality, Socioeconomic Activity and Stakeholders in the Salt Lake City Urban Area, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 99(11),2325-2339 .
- McCahill, C.T. and Garrick, N.W. (2008). The Impact of Transportation and Urban Planning on Carbon Emissions: A Case Study of Cambridge, MA, *In Proceedings of the Congress for the New Urbanism*, 16,1-8.
- Michalina, D., Medely, P., Diefenbacher, H. and Held, B. (2021). Sustainable Urban Development: A Review of Urban Sustainability Indicator Frameworks, *Sustainability*,13,9348.
- Msigwa, R.E. (2013). Challenges Facing Urban Transportation in Tanzania, *Mathematical Theory and Modeling*,3(5).
- Moreno, E.L. (2017). Concepts, Definitions and Data Sources for the Study of Urbanization: The 2030 Agenda for Sustainable Development, United Nations Expert Group Meeting on Sustainable Cities, *Human Mobility and International Migration*, New York.
- Ngah, EB., Patrick, M.O.J. and Valerie, O.Z. (2022). Motorized Urban Transport and CO₂ Emission in African Metropolises: The Case of the City of Yaounde, Cameroon, *Revue Africaine des Sciences Economiques et de Gestion-Serie Sciences Economiques*, No.24,95-131.
- Noussan, M., Hafner, M., Tagliapietra, S., Noussan, M., Hafner, M. and Tagliapietra, S. (2020). The Evolution of Transport Across World Regions, The Future of Transport Between Digitalization and Decarbonization: Trends, Strategies and Effects on Energy Consumption, 1-28.
- Özer, D. ve Kocaman, S. (2022). İstanbul’un Kentiçi Ulaşımı: Mevcut Durum, Sorunlar ve Öneriler, *Civilacademy Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(3),77-89.
- Persia, L., Cipriani, E., Sgarra, V. and Meta, E. (2016). Strategies and Measures for Sustainable Urban Transport Systems, *Transportation Research Procedia*,14,955-964.

- Pojani, D. and Stead, D. (2015). Sustainable Urban Transport in the Developing World: Beyond Megacities, *Sustainability*, 7,7784-7805.
- Pojani, D. and Stead, D. (2018). Policy Design for Sustainable Urban Transport in the Global South, *Policy Design and Practice*, 1(2), 90-102.
- Prasad, R. and Bansal, S. (2015). Basics of Urban Sustainability, 2nd International Conference on Recent Innovations in Science, *Engineering and Management*, ICRİSEM-15.
- Qureshi, I.A. and Huapu, L. (2007). Urban Transport and Sustainable Transport Strategies: A Case Study of Karachi, Pakistan, *Tsinghua Science and Technology*, 12(3),309-317.
- Rahman, Md.R. and Chin, H.C. (2013). A Balanced Scorecard for Performance Evaluation of Sustainable Urban Transport, *International Journal of Development and Sustainability*,2(3), 1671-1702.
- Requena, A. and Vanhuysse, F. (2022). Urban Sustainability Metrics, How Can Cities Measure Their Sustainability Performance to Provide Actionable Information to Reach Their Goals?, *Stockholm Environment Institute*.
- Ribeiro, S.K., Real, M.V. and D'Agosto, M.A. (2003). Transport and Carbon Dioxide Emission: The Brazilian Case, *WIT Transactions on the Built Environment*,64.
- Rieckels, W., Meler, F. and Quaas, M. (2023). The Historical Social Cost of Fossil and Industrial CO₂ Emissions, *Nature Climate Change*, 13, 742-747.
- Rodrigue, J.P. (2013). Urban Transportation and Land Use, *The SAGE Handbook of Transport Studies*, 1(1), 105-118.
- Rui-Qiang, Y., Xin, T. and Xiang-Long, Y. (2019). CO₂ Emission of Urban Passenger Transportation in China from 2000 to 2014, *Advances in Climate Change Research*, 10,59-67.
- Satterthwaite, D. (2010). The Role of Cities in Sustainable Development, *Sustainable Development Insights*,4,1-8.
- Sobrinho, N. and Monzon, A. (2013). Management of Urban Mobility to Control Climate Change in Cities in Spain, *Transportation Research Record*,2375(1),55-61.
- Solanke, M.O. (2013). Challenges of Urban Transportation in Nigeria, *International Journal of Development and Sustainability*, 2(2), 891-901.
- Taczanowski, J., Kolos, A., Gwosdz, K., Domanski, B. and Guzik, R. (2018). The Development of Low-Emission Public Urban Transport in Poland, *Bulletin of Geography, Socio Economic Series*, 41,79-92.
- Tikoudis, I., Martinez, L., Farrow, K., Bouyssou, C.G., Petrik, O. and Oueslati, W. (2021). Ridesharing Services and Urban Transport CO₂ Emissions: Simulation-Based Evidence from 247 Cities, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*,97,102923.
- TÜİK, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Ulastirma-ve-Ulastirma-ve-Haberlesme-112>, Erişim Tarihi:02.02.2024
- TÜİK (2024) <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>, Erişim Tarihi:02.02.2024.
- TÜİK Nüfus İstatistik Portalı (2024). <https://nip.tuik.gov.tr>, Erişim Tarihi:02.02.2024.
- UNESCAP-United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific and CITYNET (2012). Sustainable Urban Transportation Systems, https://www.unclearn.org/wp-content/uploads/library/unescap20_0.pdf.
- Wadhwa, L.C. (2000). Sustainable Transportation: The Key to Sustainable Cities, *WIT Transactions on Ecology and The Environment*, 39.
- Wang, Y., Hayashi, Y., Chen, J. and Li, Q. (2014). Changing Urban Form and Transport CO₂ Emissions: An Empirical Analysis of Beijing, China, *Sustainability*,6,4558-4579.
- Wang, Z., Chen, F. and Fujiyama, T. (2015). Carbon Emission from Urban Passenger Transportation in Beijing, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*,41,217-227.
- Weeks, J.R. (2010). Defining Urban Areas, Remote Sensing of Urban and Suburban Areas, 33-45, DOI:10.1007/978-1-4020-4385-7_3.
- Wu, R-Y., Shao, C-F., Wang, X-Y. and Yin, X-Y. (2023). Carbon Emission of Urban Transport with Different Data Sources, *Modern Transportation*, 12(1),1-12.
- Yalçın, A.Z. (2013). Potansiyel Bir Çevre Vergisi Olarak Motorlu Taşıtlar Vergisi: Avrupa Birliği ve Türkiye Arasında Karşılaştırmalı Bir Analiz, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 27(2),141-158.

Yigitcanlar, T., Fabian, L. and Coiacetto, E. (2008). Challenges to Urban Transport Sustainability and Smart Transport in a Tourist City: The Gold Coast, Australia, *The Open Transportation Journal*,2,29-46.

Zainordin, N. and Zahra, D.B.F. (2020). Factors Contributing to Carbon Emission in Construction Activity, *In Third International Conference on Separation Technology*, (ICoST 2020), ss.176-182, Atlantis Press.

SUMMARY

Sustainability is an issue that concerns societies today and is necessary to ensure the continuity of existing resources. Ensuring environmental sustainability is becoming especially important for cities. Urbanization, which increases with the increase in population, also appears as an obstacle to ensuring sustainability. Especially as a result of the actions of individuals in these areas, it becomes difficult to ensure sustainability in cities. The intensive use of the transportation sector, which contributes primarily to the country economically, brings the issue of sustainability in cities and transportation to the agenda. The transportation sector is among the sectors that cause the highest emissions, and it can be said that emissions especially from road transportation have reached serious levels. It is thought that reducing the release of these emissions is important to ensure sustainable urban transportation. For this, it is necessary to know the level of CO₂ gas that causes the most emissions. In this context, it is considered necessary to determine the CO₂ emissions resulting from the road transportation sector in Istanbul, where the population and urbanization are high. For this reason, in order to determine emissions, calculations are made in accordance with the methodology in the guidelines published by IPCC. Tier 1 method is chosen among the Tier 1, Tier and Tier 3 approaches included in these guidelines. This method is preferred because it does not require the use of detailed data and a more accurate estimate of CO₂ emissions can be made.

By calculating the CO₂ emissions resulting from road transportation in the province of Istanbul between 2010 and 2022 with the Tier 1 method, it is determined whether the emissions caused by road transportation have increased, the fuel type that causes the most emissions, which fuel type causes the emission to decrease, and the emissions and emissions between 2010 and 2022. Answers are sought to questions about what the annual change is. For this purpose, the calculation is made using the fuel consumption data obtained from EMRA and it is concluded that CO₂ emissions tend to increase in Istanbul, the use of diesel fuel causes the most CO₂ emissions, and the CO₂ emissions caused by LPG fuel type decrease. In addition, it was determined that the emission, which was 9,847.58 GgCO₂ in 2010, will be 15,039.68 GgCO₂ in 2022. It is seen that the annual emission change is 52.72% in 2022 compared to 2010.

Accordingly, as a result of the emission calculations resulting from road transportation for Istanbul, it can be said that CO₂ emissions are at high levels in Istanbul. It is seen that the urbanization phenomenon, which is thought to accelerate due to the increasing population, is one of the important factors affecting the CO₂ emissions resulting from the transportation sector. In this regard, although some

steps have been taken to prevent the increase in emissions in Istanbul, it seems that these are not yet at a sufficient level. It can be said that the lifestyles of people residing especially in Istanbul have an impact on this. Intensive vehicle use, the preference for personal vehicles, and the constant increase in the number of people living in the region can be given as examples of this. For this reason, steps taken by both individuals and the government are needed to reduce emissions resulting from the transportation sector for the province of Istanbul. It is thought that not only the activities of people in the transportation sector should be restricted, the type of fuel used and transportation methods should be changed, but also the migration and urbanization movement to this region should be reduced with the regulations to be made. In addition, legal regulations and support for environmental protection are expected to be effective in ensuring sustainability. It is thought that the steps to be taken as a result of the emission calculation determined for the province of Istanbul, which has a high population and vehicle usage, will make a significant contribution not only for the province of Istanbul but also on a global scale.