

ULAŞIM SEKTÖRÜNÜN HAVA KİRLİLİĞİ VE ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: AKDENİZ BÖLGESİ ÖRNEĞİ

THE IMPACT OF THE TRANSPORTATION SECTOR ON AIR POLLUTION AND ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY: EXAMPLE OF THE MEDITERRANEAN REGION

Tuğba İBİK¹

ÖZ

Hava kirliliği, doğal ve antropojenik nedenlerle ortaya çıkan önemli bir sorundur. Ancak genellikle insanların faaliyetlerindeki artış hava kirliliğine yol açmaktadır. Çeşitli faaliyetler sonucunda ortaya çıkan hava kirliliği özellikle enerji kullanımı ve ulaşım sektörüne bağlı olarak artmaktadır. Ulaşım araçlarının kullanımının artması ve fosil yakıt kullanımının yaygın olması ulaşım ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasının önünde bir engel olarak görülebilir. Türkiye’de ulaşım sektöründen kaynaklanan CO₂ emisyonu önemli bir paya sahiptir. Dolayısıyla ülkede bulunan illerin emisyon seviyesinin belirlenmesi ve buna yönelik tedbir alınması çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması için gerekmektedir. Bu sebeple bu çalışmada IPCC tarafından 2006 yayınlanan kılavuzda önerilen yaklaşımlar arasında bulunan Tier 1 yöntemi kullanılmaktadır. Böylece karayolu ulaşımında yakıt kullanımı nedeniyle ortaya çıkan CO₂ emisyonunun belirlenmesi amaçlanmaktadır. 2010 ve 2022 yıllarında Akdeniz Bölgesi’nde bulunan iller için karayolu ulaşımından kaynaklanan emisyonlar hesaplanmaktadır. Yapılan hesaplama sonucunda 2022 yılında en fazla CO₂ emisyonuna 3,348,51 GgCO₂ ile Antalya ilinin neden olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra yıllık emisyon değişimlerine bakıldığında en fazla değişimin %107,23 ile Hatay iline ait olduğu görülmektedir. Ayrıca yakıt kullanımı sonucunda CO₂ emisyonu tüm iller için artmıştır. Ulaşılan sonuçtan hareketle karayolu ulaşım emisyonunun azaltılmasına yönelik tedbirler alınması gerekli görülmekte ve buna uygun politika önerileri getirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ulaşım Sektörü, Hava Kirliliği, Çevresel Sürdürülebilirlik, Akdeniz Bölgesi.


JEL Sınıflandırma Kodları: R40, Q53, O18, Q56.

ABSTRACT

Air pollution is an important problem that occurs due to natural and anthropogenic reasons. However, generally the increase in people's activities leads to air pollution. Air pollution resulting from various activities is increasing, especially due to energy use and the transportation sector. The increasing use of transportation vehicles and the widespread use of fossil fuels can be seen as an obstacle to ensure transportation and environmental sustainability. CO₂ emissions originating from the transportation sector in Türkiye have a significant share. Therefore, it is necessary to determine the emission level of the provinces in the country and take measures accordingly to ensure environmental sustainability. For this reason, the Tier 1 method, which is among the approaches recommended in the guide published by the IPCC in 2006, is used. Thus, it is aimed to determine the CO₂ emissions resulting from fuel use in road transportation. Emissions resulting from road transportation are calculated for the provinces in the Mediterranean Region in 2010 and 2022. As a result of the calculation, it is seen that Antalya province caused the most CO₂ emissions in 2022 with 3,348.51 GgCO₂. In addition, when looking at annual emission changes, it is seen that the biggest change belongs to Hatay province with 107.23%. Additionally, as a result of fuel use, CO₂ emissions have increased for all provinces. Based on the results obtained, it is deemed necessary to take measures to reduce road transportation emissions and appropriate policy recommendations are made.

Keywords: Transportation Sector, Air Pollution, Environmental Sustainability, Mediterranean Region.

JEL Classification Codes: R40, Q53, O18, Q56.

¹  Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Doktora Öğrencisi, tugbaibik50@gmail.com

EXTENDED SUMMARY

Purpose and Scope:

Environment can be defined as the environment where all communities in the ecosystem coexist. However, not everyone may benefit equally from the environment, which is an environment where living creatures in the ecosystem can survive. Although there are various reasons for this situation, one of the most important is due to the unconscious attitude of human beings. It is possible to see the behavior of people that cause the exploitation of natural resources as one of the obstacles to environmental sustainability. The effects of human activities shaped by economic changes in the world are especially seen in the transportation sector, which plays an important role in economic, social and environmental terms. In this sector, where the use of renewable energy resources is very low, CO₂ emissions resulting from the use of transportation vehicles and fuel type are among the most important factors causing air pollution. The release of these emissions into the atmosphere results in an increase in air pollution and thus prevents environmental sustainability from being achieved. It can be said that the increase in the number of vehicles used in road transportation, especially with the increasing population, plays a serious role in the increase of CO₂ emissions resulting from this type of transportation. For this reason, it is necessary to reduce the emissions caused by the transportation sector, which is among the sectors that cause the highest CO₂ emissions in Turkey, and for this, it is thought that the emission levels in the provinces in the country should first be known. When the literature on the subject is examined, many studies are found aimed at determining the emissions resulting from the transportation sector and determining their effects with different variables. However, there is no study to determine and compare CO₂ emissions resulting from road transportation in the provinces of a region in Turkey within the specified period. For this purpose, in the study, calculations are made to estimate the CO₂ emissions resulting from road transportation for the provinces of Adana, Antalya, Burdur, Hatay, Isparta, Kahramanmaraş, Mersin and Osmaniye in the Mediterranean Region of Turkey. With the calculations made in the study, answers are sought to questions such as the province that causes the most and least CO₂ emissions, whether emissions are increasing for all provinces and the annual change in emissions.

Design/methodology/approach:

In order to determine the CO₂ emissions caused by road transportation in the provinces of Adana, Antalya, Burdur, Hatay, Isparta, Mersin, Kahramanmaraş and Osmaniye in the Mediterranean Region in 2010 and 2022, calculations are made using the Tier 1 method, one of the approaches recommended by IPCC.

Findings:

According to the calculation made using the Tier 1 method recommended in the guidelines published by IPCC for the provinces of the Mediterranean Region between 2010 and 2022, road transportation causes the highest CO₂ emissions among the provinces of Adana, Antalya, Burdur, Hatay, Isparta, Kahramanmaraş, Mersin and Osmaniye. It is determined that the province that produces the most CO₂ emissions in 2022 is Antalya, and the province that causes the least CO₂ emissions in 2022 is Burdur. Accordingly, it is concluded that the CO₂ emission resulting from road transportation in Antalya province in 2022 is 3,348.51 GgCO₂, and that of Burdur province is 431.88 GgCO₂. In the specified year range, CO₂ emissions increase for all provinces, the highest annual change occurs in Hatay province with 107.23% and the least change occurs in Mersin province with 32.48%.

Conclusion and Discussion:

In the study, air pollution, environmental sustainability and CO₂ emissions resulting from the transportation sector are discussed, covering data between 2010 and 2022 for the provinces of Adana, Antalya, Burdur, Hatay, Isparta, Kahramanmaraş, Mersin and Osmaniye in the Mediterranean Region, using the Tier 1 method in the IPCC guidelines. In the calculation made, it is seen that the CO₂ emissions resulting from road transportation in the provinces in the Mediterranean Region have increased for all provinces. Therefore, it is thought that it is necessary to control the emission spread immediately. For this purpose, it can be said that in addition to various environmental measures that can be taken, priority should be given to energy, financial issues and criminal sanctions, and that each member of the society and policy makers have important duties. It is expected that the policies and regulations to be made, as well as the changes in the actions of individuals regarding transportation activities, will have a positive impact on the global scale, primarily on the air pollution problem and therefore on ensuring environmental sustainability.

1. GİRİŞ

Çevresel sürdürülebilirlik, sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasına yönelik gerçekleştirilmesi gereken hedefler arasında yer almaktadır. Sürdürülebilir kalkınmaya yönelik alınan kararlarda genellikle çevre konusu ön planda olmaktadır. İklim değişikliğinin etkileriyle mücadele edilmesi sürdürülebilir kalkınma hedefleri arasında yer almaktadır. Ancak hava kirliliğinin artması, iklimsel değişimleri azaltmanın ve sürdürülebilirliğin sağlanmasının önünde bir engel olabilir. Kirlilik, ekosistemi tehdit eden ve çevre sorunlarının ortaya çıkmasına neden olan tüm dünyayı ilgilendiren önemli bir sorundur. Farklı kirletici kaynakları bulunmakla birlikte bunlar kendi içinde doğal ve antropojenik olarak sınıflandırılabilir. Genellikle insan faaliyetleri nedeniyle meydana gelen çevre kirliliği türleri arasında hava kirliliği ön sıralarda yer alabilir. Hava kirliliğinin bu faaliyetler sonucunda ortaya çıktığı ve bunlar arasında ulaşım sektörünün önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir. Ulaşım sektöründe kullanılan yakıt türlerine bağlı olarak ortaya çıkan emisyonlar ulaşımın ve çevrenin sürdürülebilirliğini tehlike altına atabilir. Özellikle ulaşım türleri arasında bulunan karayolu ulaşımının hava kirliliğinin ortaya çıkmasında önemli bir etkisi olabilir. Türkiye’de ulaşım sektöründen kaynaklanan CO₂ emisyonu yüksek seviyelerdedir. Bu sebeple karayolu ulaşımının neden olduğu CO₂ emisyonunun belirlenmesi ve buna uygun hareket edilmesi ulaşım ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması için gerekmektedir.

Literatürde hava kirliliği, çevre ve ulaşım sektörünü farklı yaklaşımlarla ele alan çalışmalar bulunmaktadır. Buna göre ulaşım ve çevre ilişkisini ele alarak ulaşımdan kaynaklanan emisyonların arttığını (Dhakal ve Schipper 2005; Pietrzak ve Pietrzak, 2020) ve olumsuz etkilerinin olduğunu öne süren (Profillidis vd., 2014; Puscaciu vd., 2014) çalışmalara rastlanmaktadır. Hava kirliliği ve ulaşım sektörü arasındaki ilişkiyi karayolu ulaşımına göre ele alan (Shrivastava vd., 2013; Kishimoto vd., 2017; Chlebowska-Stys vd., 2019; Xue vd., 2020; Duan vd., 2021; Vichova vd., 2021; Mbandi vd., 2023) çalışmalar da karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca Akdeniz Bölgesi’nde ortaya çıkan emisyonları farklı kategorilerde ele alan (Özgünoğlu ve Uygur 2017; Kumaş vd., 2019; Bıyık ve Civelekoğlu, 2020; Kırbaş ve Kocakulak, 2022; Yavuz vd., 2023) çalışmalarda yer almaktadır. Konu ile ilgili literatürde yer alan çalışmaların bazılarında ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonların belirlenmesine yönelik farklı yöntemler kullanılmaktadır. Akdeniz Bölgesi illerine yönelik emisyonların belirlenmesi için Tier yönteminin kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır. Ancak bu çalışmalar oldukça sınırlıdır. Ayrıca bölge düzeyinde kıyaslama yapan bir çalışma ise karşılaşılmamaktadır. “Ulaşım Sektörünün Hava Kirliliği ve Çevresel Sürdürülebilirlik Üzerindeki Etkisi: Akdeniz Bölgesi Örneği” isimli makale çalışmasında ise Akdeniz Bölgesi’nde bulunan Adana, Antalya, Burdur, Hatay, Isparta, Kahramanmaraş, Mersin, Osmaniye illerinde karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonunu hesaplayarak kıyaslama yapmak amaçlanmaktadır. Ulaşım sektöründeki faaliyetler sonucu meydana gelen emisyonlar çevrenin sürdürülebilirliği için tehlikeli olabilir. İşte bu nedenle bu çalışma hava kirliliğinin ortaya çıkmasına neden olan karayolu ulaşım emisyonunun belirlenmesi ve emisyon seviyesinin yüksek olduğu yerler için uygun tedbirlerin alınması için önemlidir.

Çalışmanın amacı ve önemine göre araştırmada cevap aranan sorular şu şekilde sıralanabilir;

S₁: Akdeniz Bölgesi illerinde karayolu ulaşımından kaynaklanan en fazla CO₂ emisyonu ulaşımına neden olan il hangisidir?

S₂: Akdeniz Bölgesi illerinde karayolu ulaşımında CO₂ emisyonu 2022 yılında 2010 yılına kıyasla bütün iller için artmış mıdır?

S₃: Akdeniz Bölgesi illerinde 2022 yılında karayolu ulaşımında CO₂ emisyonunun diğer illere kıyasla en az olduğu il hangisidir?

S₄: Akdeniz Bölgesi illerinde 2010 ve 2022 yıllarında karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonu değişimi nedir?

Çalışmada zaman, yer, yöntem ve kapsama göre kısıtlamalar yapılmaktadır. Zaman bakımından sadece 2010 ve 2022 dönem verileri kullanılmıştır. EPDK’dan en son 2022 yılı verilerine ulaşıldığı için çalışma bu dönem ile sınırlı kalmıştır. Yer bakımından Akdeniz Bölgesi’nde bulunan Adana, Antalya, Burdur, Hatay, Isparta, Kahramanmaraş, Mersin, Osmaniye illeri seçilmekte, yöntem bakımından Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından yayınlanan kılavuzda önerilen Tier 1, Tier 2 ve Tier 3 yöntemleri arasından Tier 1 yöntemi seçilmektedir. Bu yöntem detaylı veri kullanımına ihtiyaç duyulmadan hesaplama yapılabildiği için tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra yalnızca Akdeniz Bölgesi illeri için Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)

tarafından yayınlanan raporlardan ulaşılan yakıt tüketim verileri aracılığıyla karayolu ulaşımının neden olduğu CO₂ emisyonuna yönelik hesaplama yapılmaktadır.

Tier 1 yöntemi ile yapılan hesaplama sonucunda şu cevaplara ulaşılmaktadır;

C₁: Akdeniz Bölgesi illerinde karayolu ulaşımından kaynaklanan en fazla CO₂ emisyonu ulaşımına neden olan il Antalya'dır.

C₂: Akdeniz Bölgesi illerinde karayolu ulaşımında CO₂ emisyonu 2022 yılında 2010 yılına kıyasla bütün illerde artmıştır.

C₃: Akdeniz Bölgesi illerinde 2022 yılında karayolu ulaşımında CO₂ emisyonunun diğer illere kıyasla en az olduğu il Burdur'dur.

C₄: Akdeniz Bölgesi illerinde 2010 ve 2022 yıllarında karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonu değişimi Adana ilinde %62,32, Antalya ilinde %53,06, Burdur ilinde %61,84, Hatay ilinde %107,23, Isparta ilinde %48,59, Kahramanmaraş ilinde %72,86, Mersin ilinde %32,48, Osmaniye ilinde %55,09'dur.

Bu çalışmada ilk olarak konu ile ilgili literatür taraması yapılmış, bir sonraki kısımda çevresel sürdürülebilirlik, hava kirliliği ve ulaşım sektöründe CO₂ emisyon salımına değinilmiştir. Sonraki bölümde Akdeniz Bölgesi ile ilgili çalışma alanı, veri, materyal ve yöntem ve bulgular kısmına alt başlıklar halinde yer verilmiştir. Çalışma sonuç ve değerlendirme bölümüyle tamamlanmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Hava kirliliği ve çevre konusu günümüzde giderek önemi artan bir konu haline gelmiştir. Literatürde hava kirliliğine sebep olan etkenlerin başında gelen emisyon salımının ulaşım sektörüyle olan ilişkisine yönelik çalışmalara ağırlık verilmeye başlandığı görülmektedir. Bu kapsamda hava kirliliği, çevre ve ulaşım konularını farklı bakış açılarıyla ele alan çalışmalar karşımıza çıkmaktadır.

Hava kirliliği, çevre ve çevresel sürdürülebilirlik ilişkisini ele alan çalışmalara bakıldığında; Sharma vd. (2013) hava kirliliğinin çevre ve sağlık üzerindeki etkisini ele almakta, fosil yakıtların kullanımının çevreye zarar verdiğini, bunun yalnızca sağlık açısından değil küresel ısınma bakımından da olumsuz neticelere neden olduğunu ifade etmektedir. Mentеше (2017) toprak, su ve hava kirliliğini sürdürülebilir çevre kapsamında ele almakta ve bu kaynakların doğal yapısına zarar vermeden korunmasının sürdürülebilirlik için önemli olduğunu belirtmektedir. Seydaei vd. (2018) İsfahan'da hava kirliliği ve çevresel sürdürülebilirliği ele almakta, 1386 ve 1390 yıllarını incelemekte ve 1390 yılında kirliliğin çok fazla olduğu sonucuna ulaşmaktadır. Sonwani ve Maurya (2019) hava kirliliğinin çevre ve ekonomi üzerindeki etkisini ele almakta, hava kirliliğinin çevre ve sağlık üzerinde olumsuz etkilerinin olacağını ve ülke ekonomilerinde kirliliğin farklı boyutlara ulaşacağını ifade etmektedir. Manisalidis vd. (2020) hava kirliliğinin çevre ve sağlık üzerindeki etkisini ele almakta, hava kirliliğinin sağlık ve çevre üzerinde olumsuz etkisinin olduğunu, bunun önlenmesi için konuyla ilgili bilinç oluşması ve kuruluşların düzenleme yapması gerektiğini öne sürmektedir. Babu vd. (2022) hava kirliliğinin çevre ve sağlık üzerindeki etkisini ele aldıkları çalışmada, hava kirliliğinin sağlık ve iklim üzerinde olumsuz etkilerinin olduğunu, bunun kuruluşların alacağı tedbirle, farkındalık yaratılarak engellenebileceğini ifade etmektedir. Singh ve Singh (2022) hava kirliliğinin çevre ve sağlık üzerindeki etkisini ele aldıkları çalışmada, modern teknoloji kullanımının hava kirliliğine yol açtığını, hava kirliliğine neden olan faaliyetlerin sağlığa zarar verdiğini, ayrıca iklim değişimine yol açtığını öne sürmektedir. Nüfusun giderek artmasının ve enerji kullanımının emisyonlara neden olduğunu ve çevre ile sağlık için tehlikeli olduğunu belirtmektedir.

Hava kirliliği ve ulaşım sektörünü ele alan çalışmalara bakıldığında; Colvile vd. (2001) ulaşım sektörü ve hava kirliliğini ele aldıkları çalışmada, kentlerde karayolu ulaşımı ile sağlık, uçak emisyonu ile küresel atmosfer değişimini, gemilerde sülfür emisyonunun asitler üzerindeki etkisini incelemekte, emisyonların tehlikeli boyutlara ulaşabileceğini, katalizör teknolojisinin emisyonları azaltmada etkili olabileceğini öne sürmektedir. Shrivastava vd. (2013), Hindistan'da karayolu ulaşımı ve hava kirliliğini ele almakta, ulaşım sektörünün %70 oranında çevre kirliliğine neden olduğu, en fazla payın %90 ile CO gazına ait olduğu, PM₁₀ ve NO_x'in en önemli hava kirleticileri olduğu sonucuna ulaşmaktadır. Titos vd. (2015) Granada ve Ljubljana'da hava kalitesi ve ulaşımın etkisini ele almakta, uygulanan bazı değişikliklerin siyah karbonu Ljubljana'da %72, Granada'da %37 azalttığı, PM₁₀'u %33 azalttığı sonucuna ulaşmaktadır. Ancak bunun sadece bölgeye özgü olduğunu, toplu ulaşımaya yönelik yapılacak

düzenlemelerin etkili olacağını ifade etmektedir. Kishimoto vd. (2017) Çin’de karayolu ulaşımı ve hava kirliliğini ele almakta, 30 eyalette araç emisyon standartlarının 2030 yılına kadar hava kalitesindeki bozulmayı düşüreceğini öne sürmektedir. Brohi vd. (2018) Malezya’da hava kirliliğini ve ulaşımı ele almakta, ülkede hava kirliliğinin emisyonlar nedeniyle yüksek olduğunu, hükümet uygulamalarının ve insanların farkındalıklarının artırılması gerektiğini ifade etmektedir. Napitupulu vd. (2018) ulaşım ve hava kirliliğini ele almakta, toz numune ve simülasyon yöntemini uygulamakta, buna göre hava kirliliğinin arttığı, ancak farklı ulaşım türlerinin kullanılmasıyla NO_x ’te %48,19, SO_2 ’de %51,77, PM_{10} ’de %29,86, kurşunda %52,22, CO ’da %52,15 düşme olduğu sonucuna ulaşmaktadır. Ayrıca toplu ulaşımın kullanılmasına yönelik tavsiyede bulunmaktadır. Chlebowska-Stys vd. (2019) hava kalitesi ve karayolu ulaşımını ele aldıkları çalışmada, Polonya’da bulunan dört il için 2010 ve 2015 dönem verilerini kullanmaktadır. Buna göre CO , NO_2 , NO_x , PM_{10} ve $PM_{2,5}$ ’in yüksek olduğu sonucuna ulaşmaktadır. Bunun yanı sıra trafikten kaynaklanan kirliliğin yüksek olduğunu, en yüksek kirliliğin ise Krakow iline ait olduğunu belirtmektedir.

Xue vd. (2020) Çin’de bulunan Pekin şehrinde ulaşım sektörü ve hava kirliliğine neden olan emisyonların ele alındığı çalışmada, taşımacılıkta en fazla payın karayolu ulaşımına ait olduğu, ulaşım sektörünün emisyonlar içinde etkisinin fazla olduğu, 2013 yılında NO_x , emisyonunun %54 iken 2018 yılında %58 olarak gerçekleştiği sonucuna ulaşmaktadır. Bunun yanı sıra bu emisyonların azaltılması için düzenlemelere, temiz araçlara ve enerjiye gereksinim olduğunu öne sürmektedir. Duan vd. (2021) Çin’de kentlerde karayolu ulaşımında CO_2 emisyonunu ve hava kirliliğini ele aldıkları çalışmada, 2017 ve 2035 dönemlerini incelemektedir. Buna göre ulaşım türleri, enerji tasarrufu ve emisyonlara yönelik olan senaryolar ile 2035 yılına kadar değişim olacağı, dolayısıyla enerji kullanımı ve CO_2 emisyonları ile havanın kirlenmesine neden olan etkenlerin sırasıyla %30,9 ve %27-%32 azalacağı sonucuna ulaşmaktadır. Ancak alternatif yakıt senaryosu ile $PM_{2,5}$ ’in artabileceğini, temiz elektriğin emisyonları %2,2 azaltabileceğini de öne sürmektedir. Eregowda vd. (2021) Hindistan’da Covid-19 döneminde ulaşım sektöründe emisyonu ve hava kalitesini ele aldıkları çalışmada, Bengaluru, Chennai, Haydarabad ve Pune’de salgında karantina döneminde önceki yıla kıyasla $PM_{2,5}$ ’in %40-45, 2020 yılında normal çalışma dönemine göre %20-45 azalma gerçekleştiği sonucuna ulaşmaktadır. Bunun yanı sıra anket verilerine göre Haydarabad’da $PM_{2,5}$ ’in %54 düşüş gösterdiğini, diğer emisyonlarında engellenebileceğini, bunun için bazı politika ve düzenlemelere ihtiyaç duyulduğunu öne sürmektedir. Fan vd. (2021) Çin’de Covid-19 döneminde ulaşım ve hava kirliliğini ele aldıkları çalışmada, 2020 yılının Ocak ayının bitiminde emisyonlarda düşüş gerçekleştiği, 2020 yılının Şubat ve Mart aylarında bir önceki yıla kıyasla %24 ve aynı dönem için %17’nin üzerinde bir azalma olduğu, ozonda ise %60 artış olduğu sonucuna ulaşmaktadır. Gorzelanczyk ve Wojtasik (2021) Pila’da ulaşım ve hava kirliliğini ele almakta, bir hafta boyunca tüm gün incelemelerde bulunmakta, buna göre Kasım ve Aralık aylarında ısınma süresi nedeniyle emisyonların Şubat ve Mart ayına kıyasla daha fazla olduğu sonucuna ulaşmaktadır. Vichova vd. (2021) karayolu ulaşımı ve hava kirliliğini Covid-19 dönemi için ele almakta, Çek Cumhuriyeti’nde bulunan Uherske Hradiste’de PM_{10} ve NO_2 ’nin saatlik ölçümü yapılmakta, istatistiksel analiz ile kıyaslama yapmakta ve 2020 yılında bir önceki yıla göre azalma olduğu sonucuna ulaşmaktadır. Mbandi vd. (2023) Kenya’da hava kirliliği, karayolu ulaşımı ve sera gazı emisyonlarını ele aldıkları çalışmada, emisyonların 2010 yılından 2050 yılına kadar 4 ile 31 kat artış gösterdiğini, toplu taşıma ile araç yakıtlarına yönelik düzenlemelerin emisyon ve iklim değişiminde olumlu etkisinin olacağını öne sürmektedir.

Ulaşım ve çevre ilişkisini ele alan çalışmalara bakıldığında; Dhakal ve Schipper (2005) Asya şehirlerinde ulaşım ve çevre ilişkisini ele aldıkları çalışmada, ulaşımdan kaynaklanan emisyonların arttığını öne sürmekte, bunun için uygun politika önerilerine yer vermektedir. Profillidis vd. (2014), ulaşım sektörü ve çevre ilişkisini ele aldıkları çalışmada, ulaşım sektörünün çevre ve sağlık için tehlikeli olan emisyon salınımına neden olduğunu öne sürmektedir. Bunun yanı sıra siyasi kararların emisyon azaltımında etkili olabileceği, maliyetlerin azaltılması, çevreye zarar vermeyen enerjinin kullanılması önerisinde bulunmaktadır. Ayrıca, ulaşım sektörünün ekonomik, sosyal ve çevresel konularda etkilerinin azaltılması gerektiğini vurgulamaktadır. Puscaciu vd. (2014) Romanya’da 2000 ve 2012 dönem verilerini kullanarak ulaşımda enerji tüketimi ve GSYH ilişkisini ele almakta, ulaşımın çevre üzerindeki etkisinin AB ülkelerine kıyasla tehlikeli olduğunu öne sürmekte ve farkındalık yaratmaya çalışmaktadır. Pietrzak ve Pietrzak (2020) kentlerde toplu ulaşım ve elektromobilitenin çevresel etkilerini ele aldıkları çalışmada, ulaşımın ve fosil yakıt kullanımının Avrupa’da oldukça yüksek olduğunu, elektrikli araçlar ve elektromobilitenin kullanılmasıyla emisyonların düşüş gösterebileceğini öne sürmektedir. Rudneva (2020) ulaşım ve çevre ilişkisini ele aldığı çalışmada, ulaşımın çevreyi olumsuz etkilememesi gerektiğini, emisyon, gürültü gibi unsurlara yönelik iyileştirilme yapılması gerektiğini vurgulamaktadır.

Ulaşım ve çevresel sürdürülebilirlik ilişkisini ele alan çalışmalara bakıldığında; Chatti (2020) karayolu ulaşımı, çevresel sürdürülebilirlik ile bilgi ve iletişim teknolojilerini ele aldığı çalışmada, 43 ülke için 2002 ve 2014 yılları verilerini kullanmaktadır. GMM analizine göre karayolu ulaşımının çevre sürdürülebilirliğini olumsuz etkilemesinin azaltılabileceği sonucuna ulaşmaktadır. Ayrıca telefon teknolojisi ile karayolu ulaşımının etkilerinin azaltılabileceğini öne sürmektedir. Chatti (2021) bilgi ve iletişim teknolojisi, ulaşım, CO₂ emisyonu ve çevre sürdürülebilirliğini analiz ettiği çalışmada, 2002 ve 2014 dönem verilerini kullanmaktadır. GMM yöntemi sonucunda bilgi ve iletişim teknolojisinin kirlenmeyi azaltacağını, özellikle telefonların demiryolu ve taşımacılıkta, internetin ise hava yolunda kullanılabileceğini öne sürmektedir. Din vd. (2023) çevre sürdürülebilirliği ve karayolu ulaşımını Güney Asya ülkeleri için 1990 yılı ve sonrası için ele almakta, altyapı ile trafik sıkışıklığının çevre sürdürülebilirliğine katkı sağladığı, enerji tüketimi ve yoğunluğunun olumsuz etkilediği sonucuna ulaşmaktadır. Ayrıca nüfus yoğunluğunun enerji kullanımını, yoğunluğunu ve çevresel sürdürülebilirliği artırıcı yönde bir etkide bulunduğunu öne sürmektedir. Bunun yanı sıra nüfus yoğunluğunun yol yoğunluğu ve çevresel sürdürülebilirlik üzerinde ters etkisinin olduğunu belirtmekte, bunun için toplu ulaşım, alternatif ulaşım yöntemleri ve altyapı gibi konular üzerinde durulması gerektiği önerisinde bulunmaktadır. Erçetin (2023) ulaşım ve çevresel sürdürülebilirliği ele almakta, sürdürülebilirliğin önünde engel olarak araç bağımlılığını görmekte ve bisiklet kullanımının önemine vurgu yapmaktadır. Qi vd. (2023) Asya ülkelerinde reel gelir, kentleşme, ulaşım altyapısı, Ar- Ge ile çevresel sürdürülebilirlik ilişkisini analiz ettikleri çalışmada, 1997 ve 2019 yılları arasındaki verileri kullanmaktadır. Panel veri analizinin uygulandığı çalışmada regresyon analizi ve FMOLS yöntemiyle elde edilen bulgulara göre, ulaşım altyapısı hariç diğer değişkenlerin CO₂ emisyonu üzerinde anlamlı ve olumlu etkisinin olduğu sonucuna ulaşmaktadır. DOLS yönteminde ise değişkenlerin tamamının CO₂ emisyonu üzerinde anlamlı etkisinin bulunduğunu belirtmektedir. Bunun yanı sıra CO₂ emisyonu üzerinde reel gelir, kentleşme, nüfus yoğunluğunun olumlu etkisinin, Ar-Ge harcaması ve ulaşım altyapısının anlamsız etkisinin olduğunu tespit etmektedir.

Akdeniz Bölgesi'nde bulunan illere yönelik emisyon konusunu ele alan çalışmalara bakıldığında; Özgünoğlu ve Uygur (2017) Kahramanmaraş ilinde uçak emisyonlarını ele almakta, Tier 2 yöntemini kullanmaktadır. Buna göre 2015 ve 2016 yıllarında emisyonların %2,7 oranında arttığı sonucuna ulaşmaktadır. Kumaş vd. (2019) Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bucak Yerleşkesinde yüksek öğretim kurumlarından kaynaklanan emisyonu ele almaktadır. 2017 yılının kullanıldığı çalışmada, Tier 1, Tier 2 ve Tier 3 yöntemini kullanmaktadır. Buna göre Emin Gülmez Teknik Bilimler MYO, Hikmet Tolunay MYO ve Zeliha Tolunay Uygulamalı İşletmecilik Yüksekokulu emisyonlarının sırasıyla 230.8 CO₂e, 311.305 CO₂e ve 417.48 CO₂e, kurumlarda kullanılan araçlardan kaynaklanan emisyonların benzin, dizel ve LPG'nin kullanıldığı araçlarda sırasıyla 201,689 kg, 138,659 kg ve 156,644 kg olduğunu belirtmektedir. Bıyık ve Civelekoğlu (2020) Isparta'da karayolu ulaşımının neden olduğu karbon ayak izini ele almakta, bunun için 2010 ve 2016 yılları arası dönem verilerini kullanmaktadır. Tier 1 ve Tier 2 yönteminin kullanıldığı çalışmada, Tier 1 yöntemi sonucu emisyonların %34, Tier 2 yöntemi sonucunda ise %43 arttığı sonucuna ulaşmaktadır. Kırbaş ve Kocakulak (2022) Burdur ilinde karbon ayak izini ele aldıkları çalışmada, Tier 1, Tier 2 ve Tier 3 yöntemini kullanmaktadır. Buna göre toplam emisyonun 1,097,60 bin ton/yıl olduğu sonucuna ulaşmaktadır. Tier 1 yöntemine göre en fazla CO₂ emisyonunun sırasıyla konut, ulaşım ve serbest tüketicilerden oluştuğunu, Tier 2 yöntemine göre ise sırasıyla dizel, benzin, LPG ve elektrikli araçların CO₂ emisyonuna neden olduğunu belirtmektedir. Tier 2 yönteminde ise sırasıyla konut, sanayi, ticaret ve kurumlar, aydınlatma, tarımsal sulamanın CO₂ emisyon salımına neden olduğunu ifade etmektedir. Ayrıca il için 45 milyar ağaç bulunması durumunda emisyonların azaltılabileceğini öne sürmektedir. Yavuz vd. (2023) Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi'nde karbon ayak izini ele aldıkları çalışmada, Tier 1 ve Tier 2 yöntemini kullanmaktadır. 2019, 2020 ve 2021 döneminin kullanıldığı çalışmada, CO₂e emisyonlarının sırasıyla 2955.30 CO₂e, 1913.96CO₂e ve 2659.14 CO₂e olduğu sonucuna ulaşmaktadır. Ayrıca koronavirüs salgını döneminde emisyonların düşüş gösterdiğini belirtmektedir.

“Ulaşım Sektörünün Hava Kirliliği ve Çevresel Sürdürülebilirlik Üzerindeki Etkisi: Akdeniz Bölgesi Örneği” isimli makale çalışması ile ilgili literatür incelendiğinde çalışmaların konu başlıklarında, ele alınan zaman, mekân ve yöntem bakımından farklılıklar bulunmaktadır. Özellikle ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonların belirlenmesinde farklı yöntemlerin kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada Akdeniz Bölgesi illerinde 2010 ile 2022 yıllarında karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonu hesaplanmaktadır. Bunun için Tier 1 yöntemi kullanılmaktadır. Literatürde Akdeniz Bölgesi'nde yalnızca il düzeyinde karayolu ulaşım emisyonunu hesaplayan yöntemler bulunmakta, ancak bölgedeki bütün illeri belirtilen yöntemle hesaplayıp kıyaslama yapan çalışmaya

rastlanmamaktadır. Bu çalışmanın konu ile ilgili yayın eksikliğini gidererek yapılacak olan çalışma ve düzenlemelere katkı sağlaması beklenmektedir.

3. ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK, HAVA KİRLİLİĞİ VE ULAŞIM SEKTÖRÜ

Tarihsel süreçte çevre farklı dış etkenlere maruz kalmıştır. Yaşam tarzının zamanla değişime uğraması insanların çevre üzerindeki etkisini artırmıştır. Çeşitli insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan hava kirliliği küresel boyutta çevreyi ve sürdürülebilirliği etkileyebilir.

Çevre, kavramsal olarak Fransızca kökenli bir kelime olup “environia” yani çevrelemek şeklinde ifade edilmektedir (Mukhopadhyay, 2016, s. 39; Kumar, 2018, s. 314). 20.yüzyılın başından itibaren farklı anlamlarda kullanılan çevre kelimesi, 21.yüzyılda bireylerin yaşamını devam ettirmesi ve amaçladığı şeyleri gerçekleştirebilmesi için kullandığı ev şeklinde tanımlanabilir (Ogunbode vd., 2021, s. 218). Milyonlarca yıl öncesine Afrika’ya kadar uzanan insanın değişim süreci, Asya ve Avrupa’da da gerçekleşmiştir. Avcılık ve toplayıcılık faaliyetlerinde bulunan bireyler bazı dönemlerde iklim ve çevre kaynaklı sıkıntılara maruz kalmıştır. Ateşin keşfi ile birlikte geliştirilen aletler icat etmişlerdir. Giderek çevreyi daha etkin kullanmaya başlayan insanoğlu faklı kıtalarda yaşamaya başlamış ve bir süre sonra tarımsal faaliyetlerde bulunmuştur. Göçebe yaşam tarzının yerini alan yerleşik yaşam tarzı çevreyi etkilemiştir (Chu ve Karr, 2017, s. 1-2). Çevre üzerinde nispeten daha az etkisi bulunan ilk insanlar yaşamını konforlu bir alanda sürdürmüş, zamanlı araçların ve endüstriyel faaliyetlerin gelişimi çevresel sorunların daha ciddi boyutlara ulaşmasına neden olmuştur. 21. yüzyılda çevre sosyal, siyasi ve ekonomik alanlarla etkileşime geçen ve üzerinde istenmeyen etkilerinin olacağı bir alan haline gelmiştir (Valadbigi ve Ghobadi, 2013, s. 23).

Çevre, farklı disiplinleri bir araya getirmekte, karşılıklı etkileşim içinde bulunan çeşitli unsurlardan oluşmaktadır. Bu ifade ile çevre genellikle insanlarla ve doğal unsurlarla özdeşleşmektedir (Saremi, 2020, s. 567). İnsan sayısındaki artışla birlikte faaliyetlerinde artması kaynakların devamlılığının sağlanmasını giderek daha zor hale getirmektedir (Arora, 2018, s. 1). Kavramsal bakımdan çevresel sürdürülebilirlik bilimsel yazında 20.yüzyılın sonlarına doğru ortaya çıkmıştır (Hyrslava vd., 2015). 1960’lı yıllarda sürdürülebilirlik raporu ortaya çıkmış, bu dönemde çevre ve toplumun önemi anlaşılmaya başlanmış, çevre ve ekonomi ilişkisi sorgulanmıştır (Gokten vd., 2020, s. 103). Uluslararası Doğayı Koruma Birliği’nin ortaya koyduğu 1980 Dünya Koruma Stratejisiyle çevresel sürdürülebilirlik için sürdürülebilir kalkınma öne sürülmüştür. Sürdürülebilir kalkınmayı bugünün ve gelecekteki kuşakların gereksinimlerini birbirinin hakkını gözeterek karşılayabilme anlamında kullanan 1987 yılında Brundtland Raporu ile kalkınma kavramı yeni bir anlam kazanmıştır. 1992 yılında BM Çevre ve Kalkınma Konferansı, Gündem 21 ve Yerel Gündem 21’in yapılması ekonomi, sosyal ve çevresel alanların bir arada olması gerektiği düşüncesini ortaya çıkarmıştır (Sutton, 2004, s. 5). 2012 yılında Rio+20 ile sürdürülebilirlik gündeme gelmiş, Binyıl Kalkınma Hedefleri yerine 2015 yılında yeni amaçlar belirlenmiştir. Bu dönemde 17 kalkınma hedefi ortaya çıkmıştır (Fayomi vd., 2018, s. 3). Kalkınma hedefleriyle yoksulluk, eşitsizlik, adaletsizlik ve iklim değişikliği gibi konular ile 2030 yılına kadar geçen süreçte etkili bir uğraş verilmesi kararlaştırılmıştır (Singh-Tomar, 2021). Çevrenin insanlığın gelişim gösterebilmesinin önünde engelleyici yönde etkide bulunması nedeniyle sosyal ve çevresel bakımdan sürdürülebilirliğin sağlanması gerekmektedir (Goodland, 1995, s. 2). Çevresel sürdürülebilirlik, gereksinimleri karşılarken ekosisteme ve çevreye zarar vermeden istikrarın korunması şeklinde ifade edilebilir (Morelli, 2011, s. 5).

Tüm dünyayı ilgilendiren çevre sorunları bireylerin hareketleri sonucunda buldukları yerlerin tahribatına neden olmakta (Yekimov vd., 2021, s. 1), toprak, su, hava, gürültü ve ışık kirliliği gibi çeşitli çevre sorunları türleri bulunmaktadır (Bentley, 2022, s. 1). Çevre ve burada yaşayan canlılar için en tehlikeli sorunlar arasında olan hava kirliliği, ekonomi ve sağlık bakımından da sıkıntılar ortaya çıkmasına tüm ekosistemin zarar görmesine neden olmaktadır (Sonwani ve Maurya, 2018, s. 114). Hava kirliliğinin ortaya çıkmasında fosil yakıt kullanımı, araçların yol açtığı sera gazı emisyonları, tarım sektörü ve sanayiden kaynaklanan kimyasallar, evsel atıklar etkili olmaktadır (Khasanova vd., 2023, s. 2-3).

Kirlilik, çevrede ekosistemdeki topluluklar için tehlikeli olan maddelerin bulunması şeklinde ifade edilmektedir. Farklı formlarda bulunan maddelerin yoğunluklarının fazla olması sonucunda çevrenin bozulmasına yol açan kirlilik ortaya çıkmaktadır (Manisalidis vd., 2020, s. 1). Birincil ve ikincil olmak üzere iki kategoriye ayrılan kirlilikte, birincil kirlitciler hava kirliliğine doğrudan etki eden, ikincil kirlitciler ise dolaylı olarak etki eden ve doğrudan etki eden kirlitcilerin tepkimeye girmesi sonucu meydana gelen kirlitcilerdir (Choudhary ve Garg, 2013). Hava kirliliği, ekosistem ve ekosistemde yaşayan topluluklar için tehlikeli olan kimyasal, partikül ve

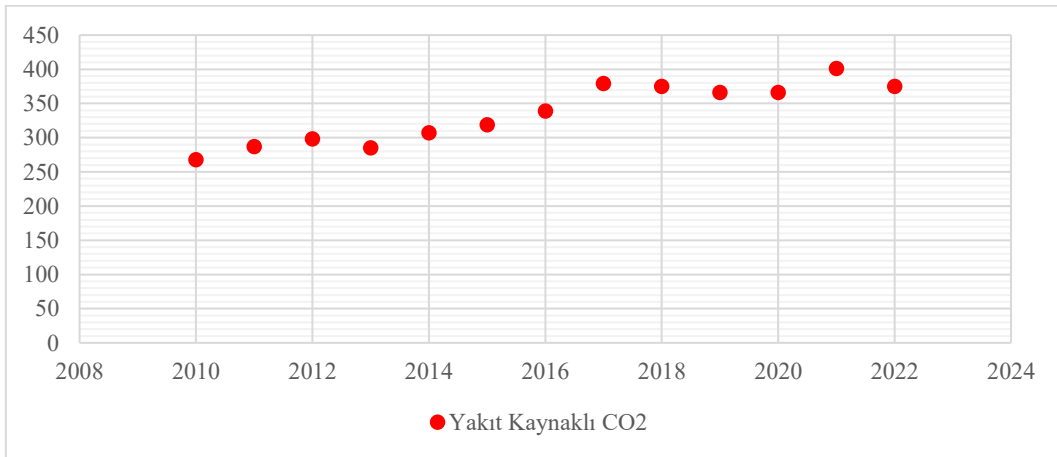
biyolojik maddelerin havaya karışması şeklinde ifade edilebilir. İnsanların faaliyetlerinden kaynaklanan hava kirliliği aynı zamanda doğal afetlerin etkisi ile de ortaya çıkabilir (Hutton, 2011, s. 4). Hava kirliliği için farklı tanımlamalar yapılabilmekte ve yakıt kullanımı sonucu ortaya çıktığına yönelik görüşler bulunmaktadır. Dolayısıyla insanların eylemleri sonucu ortaya çıkan emisyonlar hava kirliliği şeklinde nitelendirilebilmekte, bu durum sera gazlarının yoğunluklarının artması sonucu ortaya çıkmaktadır (Daly ve Zannetti, 2007, s. 2; Chandrakar, 2020, s. 251). Zararlı kimyasal maddelerin yayılımı sonucunda sağlık sorunları ortaya çıkmakta, ekosistemdeki canlılar zarar görmekte ve çevresel sorunlar meydana gelmektedir (Sharma vd., 2013, s. 391). Hava kirliliğine özellikle CO₂ emisyonu neden olmakta, partiküllerin ve bu emisyonların ortaya çıkmasında ulaşım, sanayi ve enerji kullanımına yönelik faaliyetler etkili olmaktadır (WHO, 2024).

Genellikle ulaşımında fosil yakıt kullanımına bağlı olarak hava kirliliği ortaya çıkmaktadır (Colville vd., 2001, s. 1538-1539). Ulaşım, hareket etmeyi, her türlü gereksinime ulaşabilmeyi, ekonomik ve sosyal kalkınmayı sağlayan faaliyetler şeklinde tanımlanabilir (UNEP, 2001, s. 2). Ekonominin gelişmesi ile birlikte ulaşımına yönelik faaliyetler de giderek artmakta, önceleri nüfusun her kesimi özel ulaşım araçlarına sahip olamasa da zamanla ulaşım araçlarına sahip olanların sayısı artış göstermektedir. Petrol arzının sürekli artmasına rağmen farklı enerji kullanımına gerek duyulmaktadır. Ancak özellikle maliyetinin düşük olması nedeniyle fosil yakıt kullanımı tercih edilmekte, bu durumda karbon emisyonlarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Ribeiro vd., 2007, s. 325).

Ulaşımında sürdürülebilirliğin sağlanması ekonomik, sosyal ve çevresel bakımdan katkı sağlamaktadır. Bu ekosisteme zarar vermeden yenilenebilir enerji kaynakları ile sağlanabilir. Böylece enerji kullanımı ve sera gazı emisyon salınımı azaltılabilir (Petrenko, 2021, s. 6). Ulaşımında sürdürülebilirliğin sağlanmasına kullanılan enerji kaynaklarının yenilenebilir olmaması ve kirlilik gibi nedenler engel olmaktadır (Ferrary, 1995, s. 303). Hükümetler tarafından ulaşım ile ilgili güvenlik sorunları, enerji, hava kirliliği ve yoğun trafik sıkıntısı önemli bir konu olarak görülmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkeler için henüz kalıcı hale gelmeyen bu konuda öncelik sera gazı emisyonlarının düşürülmesine verilebilir (Ribeiro vd., 2007, s. 325). Küresel boyutta en büyük sera gazı kaynağı arasında olan ulaşım sektöründe (Lutsey ve Sperling, 2008), en fazla etki eden CO₂ emisyonunun doğru bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir (Eggleston ve Walsh, 1998, s. 56).

Dünyada yakıt nedeniyle ortaya çıkan CO₂ emisyonları 2021 yılında %6 civarında artış göstermekte, bu durum üzerinde %80'lik oran ile fosil yakıtların, %30 petrol, %27 kömür, %24'lük oranlar ile doğalgaz arzının etkisi bulunmaktadır (IEA, 2023). Türkiye'de 2000 ve 2022 yılları arasında yakıt yanması nedeniyle ortaya çıkan CO₂ emisyonun gösterildiği Şekil 1'de 2000 yılında 201 MtCO₂ olan emisyonun 2022 yılına geldiğinde 375 MtCO₂ olduğu, buna göre yakıt yanması nedeniyle ortaya çıkan emisyonların artma eğiliminde olduğu görülmektedir.

Şekil 1. Türkiye'de Yakıt Yanmasından Kaynaklanan CO₂ Emisyonları (MtCO₂)



Kaynak: (IEA, 2024a).

Türkiye'de 2021 yılında sektörlere göre CO₂ emisyonu elektrik ve ısı kullanımında 144 MtCO₂, sanayi sektöründe 81 MtCO₂, ulaşım sektöründe 89 MtCO₂, konut sektöründe 37 MtCO₂, tarım sektöründe 10 MtCO₂, ticari ve kamu kaynaklı 25 MtCO₂, diğer enerji sektörü kaynaklı 15 MtCO₂ dir (IEA, 2024b). Dolayısıyla Türkiye'de en fazla CO₂ emisyonu salınımında elektrik ve ısı kullanımı, ulaşım ve sanayi sektörünün önde geldiği görülmektedir.

4. AKDENİZ BÖLGESİ İLLERİNDE KARAYOLU ULAŞIMINDAN KAYNAKLANAN CO₂ EMİSYONUNUN BELİRLENMESİ

Çalışmanın bu bölümünde konu ile ilgili çalışma alanı, veri, materyal ve yöntem ile bulgular yer almaktadır.

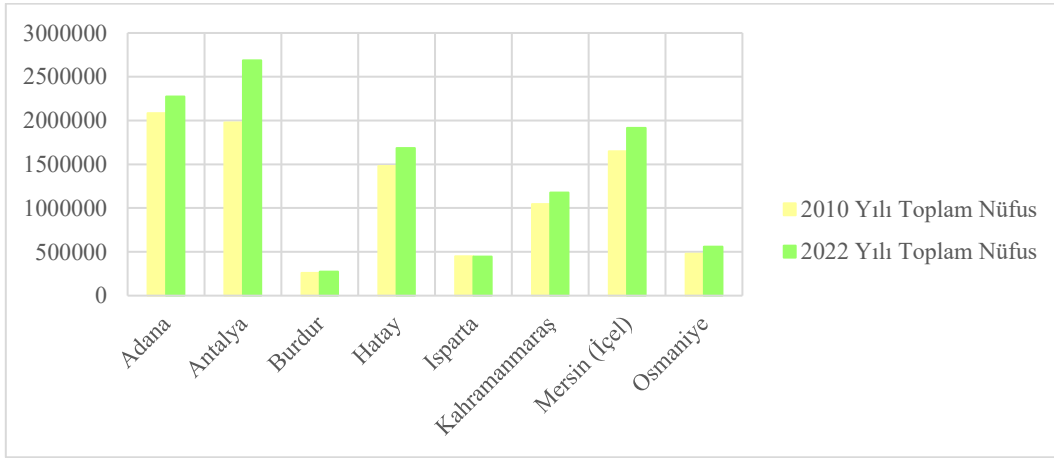
4.1. Çalışma Alanı

Coğrafi bakımdan zengin bir yapıya sahip olan Akdeniz Bölgesi'nin ülke ekonomisine önemli katkısının olduğu, illerin demografik anlamda nüfusunun ve ulaşım bakımından da araç sayısının birbirinden farklı olduğu görülmektedir.

Akdeniz Bölgesi Adana, Antalya, Burdur, Hatay, Kahramanmaraş, Mersin ve Osmaniye illerinin bulunduğu ve çeşitli doğal ve tarihi güzelliklere sahip olan bir yerdir (Bingöl, 2004, s. 127). Ekonomik ve sosyal anlamda önemli bir yere sahip olan bölge, ekonomisi sayesinde ileride daha çok gelişme göstereceğinin sinyallerini vermektedir (Eroğlu, 2012, s. 167). TÜİK'e göre 2022 yılında illerin Türkiye GSYH'sına olan katkısına bakıldığında Adana ilinin % 0,15 Antalya ilinin %0,65, Burdur ilinin %0, Hatay ilinin %-0,06, Isparta ilinin %0,01, Kahramanmaraş ilinin %0,07, Mersin ilinin %0,15, Osmaniye ilinin -0,03 olduğu görülmektedir (TÜİK, 2023).

Demografik açıdan toplam nüfus düzeyinin gösterildiği Şekil 2'de 2010 ve 2022 yılında Akdeniz Bölgesi illerindeki nüfusa bakıldığında, Isparta ili hariç diğer illerde nüfusun arttığı görülmektedir. En fazla nüfus Antalya iline, en az nüfus Burdur iline aittir. Buna göre 2022 yılında Adana ilinin nüfusu 2,274,106, Antalya ilinin nüfusu 2,688,004, Burdur ilinin nüfusu 273,799, Hatay ilinin nüfusu 1,686,043, Isparta ilinin nüfusu 445,325, Kahramanmaraş ilinin nüfusu 1,177,436, Mersin ilinin nüfusu 1,916,432, Osmaniye ilinin nüfusu 559,405 tir.

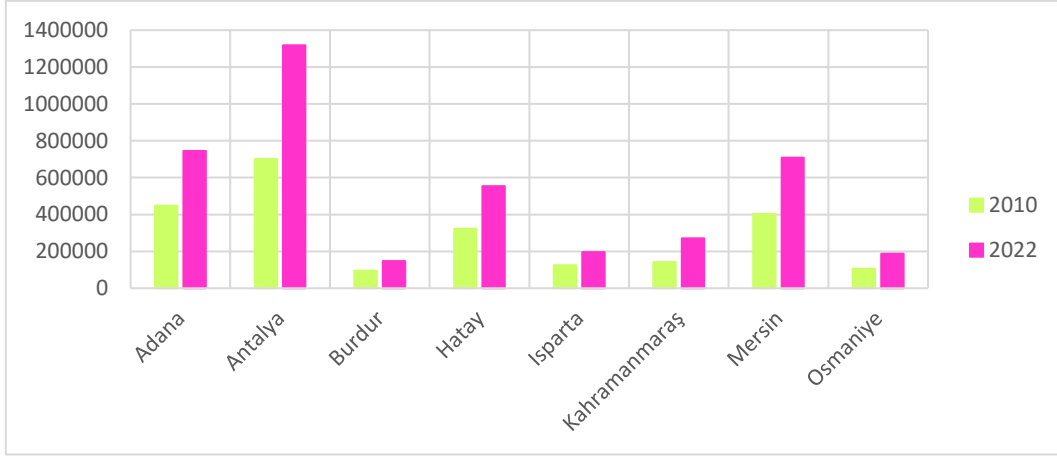
Şekil 2. 2010 ve 2022 Yılı Akdeniz Bölgesi İllerine Göre Toplam Nüfus



Kaynak: (TÜİK, 2024).

2010 ve 2022 yılında Akdeniz Bölgesi illerinde toplam araç sayılarına bakıldığında ise Şekil 3'te 2022 yılında araçların 2010 yılına kıyasla arttığı, en fazla araç sayısının Antalya ilinde olduğu görülmektedir. Isparta ilinde ise nüfus azalmasına rağmen araç sayısı artmıştır.

Şekil 3. 2010 ve 2022 Yılı Akdeniz Bölgesi İlleri Toplam Araç Sayıları



Kaynak: (TÜİK, 2024).

4.2. Veri

Akdeniz Bölgesi'nde bulunan Adana, Antalya, Burdur, Hatay, Isparta, Kahramanmaraş, Mersin, Osmaniye illerinde hava kirliliğinin nedenlerinden biri olan karayolu ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonların tahmin edilmesinin ulaşım ve çevresel sürdürülebilirlik için önemli olduğu düşüncesinden hareketle, IPCC'nin kılavuzunda belirtilen metodoloji ve yaklaşımlar kullanılarak Tier 1 yöntemi ile hesaplama yapılmaktadır. Bunun için Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından 2011 ve 2023 yıllarında yayınlanan raporlarda belirtilen ton cinsinden yakıt tüketim verileri kullanılmaktadır. En son 2022 yılı verilerine erişildiği için çalışma bu dönem ile sınırlanmaktadır. Akdeniz Bölgesi'nde bulunan Adana, Antalya, Burdur, Hatay, Isparta, Kahramanmaraş, Mersin, Osmaniye illerinde 2010 ve 2022 yıllarında ton cinsinden yakıt tüketim miktarı EPDK'dan elde edilen veriler doğrultusunda Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Akdeniz Bölgesi İlleri Yakıt Tüketimi (Ton)

	2010			2022		
	Benzin	Dizel	LPG	Benzin	Dizel	LPG
Adana	43,662	317,459	106,497	68,939	559,156	128,235
Antalya	89,223	462,422	154,502	146,295	775,907	154,115
Burdur	6,687	57,439	22,040	10,849	105,722	22,092
Hatay	26,673	200,989	60,240	48,303	462,798	82,797
Isparta	10,145	72,463	31,194	16,649	122,962	28,499
Kahramanmaraş	11,770	130,123	56,785	26,237	236,156	80,195
Mersin (İçel)	42,119	531,445	89,728	71,604	694,021	113,368
Osmaniye	6,754	59,426	28,218	12,752	94,399	39,058

Kaynak: (EPDK 2011a; EPDK, 2011b; EPDK 2023a; EPDK 2023b).

4.3. Materyal ve Yöntem

Karbondiyoksit, içeriğinde karbon bulunan yakıtlar nedeniyle ortaya çıkmakta ve bu emisyonlar belirlenmeye çalışılırken tüketimi gerçekleşen yakıt miktarı esas alınmaktadır. Böylece kullanılan yakıtla ilgili olarak karbondiyoksit emisyonu gerçekçi bir şekilde belirlenebilir (IPCC,1996a, s. 2). Her ülkenin kendine özgü emisyon faktörleri göz önünde bulundurularak Tier 1, Tier 2 ve Tier 3 yöntemleri arasında seçim yapılmaktadır (IPCC, 2006a, s. 16). Tier yöntemleri seviyelerine göre ayrıma tabi tutulmaktadır. Tier 2 ve Tier 3 yöntemlerine göre Tier 1 yöntemi karmaşık olmayan bir yöntemdir (IPCC, 2006b, s. 6). Tier 1 yöntemi ile yakıt ve teknik verilere detaylı bir şekilde erişime ihtiyaç duyulmadan emisyon düzeyleri belirlenebilir (IPCC,1996b, s. 7). IPCC kılavuzunda yer alan yakıt kullanımına bağlı emisyon hesaplama şu şekildedir (IPCC, 2006c, s. 5);

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

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

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

Tablo 2’de IPCC emisyon, dönüşüm faktörleri, oksitlenme ve molekül ağırlık oranları gösterilmektedir. Bu faktör ve oranlar IPCC kılavuzlarında yer almaktadır.

Tablo 2. 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 1996b, IPCC 2006d).

4.4. Bulgular

Tablo 1 ve Tablo 2’de yer alan veriler ve oranlar kullanılarak eşitlik (1), (2) ve (3)’te bulunan denklemler aracılığıyla IPCC kılavuzunda önerilen Tier 1 yöntemi ile hesaplama yapılmaktadır. Akdeniz Bölgesi illerinde karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonunu belirlemek için yapılan hesaplama sonucunda elde edilen bulgular Tablo 3, Şekil 4 ve Tablo 4’te gösterilmektedir. Buna göre Tablo 3’te illerde 2010 ile 2022 yıllarında karayolu ulaşımında yakıt türlerine göre ortaya çıkan CO₂ emisyonları gösterilmektedir.

Tablo 3. Akdeniz Bölgesi İlleri CO₂ Emisyonu

	2010			2022		
	Benzin	Dizel	LPG	Benzin	Dizel	LPG
Adana	132,70	1,000,95	316,10	209,53	1,763,03	380,62
Antalya	271,17	1,458,02	458,58	444,63	2,446,45	457,43
Burdur	20,32	181,11	65,42	32,97	333,34	65,57
Hatay	81,07	633,72	178,80	146,81	1,459,21	245,75
Isparta	30,83	228,48	92,59	50,60	387,70	84,59
Kahramanmaraş	35,77	410,28	168,55	79,74	744,60	238,03
Mersin (İçel)	128,01	1,675,66	266,33	217,63	2,188,26	336,49
Osmaniye	20,53	187,37	83,75	38,76	297,64	115,93

2010 ve 2022 yıllarında Adana, Antalya, Burdur, Hatay, Isparta, Kahramanmaraş, Mersin ve Osmaniye illerinde ulaşım sektöründen kaynaklanan toplam CO₂ emisyonları ise Şekil 4’te gösterilmektedir. Buna göre Adana ilinde karayolu ulaşımından kaynaklanan toplam CO₂ emisyonu 2010 yılında 1,449,75 GgCO₂, 2022 yılında 2,353,18 GgCO₂ dir. Antalya ilinde 2010 yılında 2,187,77 GgCO₂, 2022 yılında 3,348,51 GgCO₂ dir. Burdur ilinde 2010 yılında 266,85 GgCO₂, 2022 yılında 431,88 GgCO₂ dir. Hatay ilinde 2010 yılında 893,59 GgCO₂, 2022 yılında 1,851,77 GgCO₂ dir. Isparta ilinde 2010 yılında 351,90 GgCO₂, 2022 yılında 522,89 GgCO₂ dir. Kahramanmaraş ilinde 2010 yılında 614,60 GgCO₂, 2022 yılında 1,062,37 GgCO₂ dir. Mersin ilinde 2010 yılında 2,070,00 GgCO₂, 2022 yılında 2,742,38 GgCO₂ dir. Osmaniye ilinde 2010 yılında 291,65 GgCO₂, 2022 yılında 452,33 GgCO₂ dir. Buna göre Akdeniz Bölgesi’nde bulunan illerde 2010 ve 2022 yıllarına bakıldığında 2022 yılında diğer yıla kıyasla tüm illerde karayolu ulaşım sektörünün neden olduğu CO₂ emisyonunun arttığı görülmektedir. En fazla CO₂ emisyon salınımı ise 2022 yılında sırasıyla Antalya, Mersin, Adana, Hatay, Kahramanmaraş, Isparta, Osmaniye ve Burdur illerinde gerçekleşmektedir.

Şekil 4. 2010 ve 2022 Yılı Akdeniz Bölgesi İlleri Toplam CO₂ Emisyonu (GgCO₂)



2010 ve 2022 yıllarında Akdeniz Bölgesi illerinde karayolu ulaşımında CO₂ emisyonu ve nüfus değişimlerinin gösterildiği Tablo 4'te en fazla CO₂ emisyon değişiminin Hatay ilinde, en az değişimin Mersin ilinde gerçekleştiği görülmektedir. Nüfus değişimi ise en fazla Antalya ilindedir.

Tablo 4. 2010 ve 2022 Yılları Akdeniz Bölgesi İlleri CO₂ ve Nüfus Değişim (%)

	2010-2022 CO ₂ Değişim (%)	2010-2022 Nüfus Değişim (%)
Adana	62,32	9,06
Antalya	53,06	35,87
Burdur	61,84	5,77
Hatay	107,23	13,88
Isparta	48,59	-0,66
Kahramanmaraş	72,86	12,69
Mersin (İçel)	32,48	16,30
Osmaniye	55,09	16,73

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Çevre insanoğlunun ortaya çıkması ile birlikte yaptığı faaliyetler ve göçebe yaşam tarzının bırakılması sonucunda değişime uğramıştır. Zamanla çevresel değişime yönelik farkındalığın artması bu doğrultuda hareket edilmesine neden olmuştur. Hava kirliliği, çeşitli sektörlerde yapılan faaliyetlere bağlı olarak ortaya çıkan ve toplum sağlığını tehdit eden bir konudur. Yalnızca bireyleri değil evrendeki tüm canlıları olumsuz etkileyen bu sorun nüfusun artmasına bağlı olarak endişe verici boyutlara ulaşabilir. Özellikle ulaşım sektöründe artan araç kullanımı ve yakıt türüne bağlı olarak ortaya çıkan emisyonlar hem ulaşım sektörünün hem de çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasını zorlaştırmaktadır. Bu emisyonlar içinde en çok yayılım gösteren CO₂ emisyonu özellikle karayolu ulaşımında ciddi boyutlara ulaşmakta ve kontrol altına alınması gerekmektedir.

Türkiye'de ulaşım faaliyetlerinin neden olduğu emisyonları belirlemeye yönelik çalışmalar bulunmaktadır. Ancak bu çalışmalar oldukça sınırlıdır. Özellikle Akdeniz Bölgesi'nde bulunan farklı iller için ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonları belirlemeye yönelik Özgünoğlu ve Uygur (2017); Bıyık ve Civelekoğlu (2020); Kırbas ve Kocakulak (2022) çalışmalar karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmaların genellikle belirli bir ile özgü emisyon seviyelerini belirlemeye yönelik yapıldığı görülmektedir. Özellikle bölgesel düzeyde illerin kıyaslanması ve emisyon seviyelerinin belirlenmesi buna uygun tedbir alınması ve politika önerileri getirilmesi için önemlidir. Bu nedenle bu çalışmada Akdeniz Bölgesi'nde 2010 ve 2022 yılları arası dönemde karayolu ulaşımının neden olduğu CO₂ emisyonu kıyaslanmaktadır.

Bu bağlamda bu çalışmada IPCC kılavuzunda önerilen ve daha basit düzeyde veri kullanımının gerektiren Tier 1 yöntemi kullanılmaktadır. Yapılan hesaplamalar sonucunda Akdeniz Bölgesi illerinde 2010 ve 2022 yılında karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonunun Adana'da 2010 yılında 1,449,75 GgCO₂, 2022 yılında 2,353,18 GgCO₂, Antalya'da 2010 yılında 2,187,77 GgCO₂, 2022 yılında 3,348,51 GgCO₂, Burdur'da 2010 yılında 266,85 GgCO₂ yılında 431,88 GgCO₂, Hatay'da 2010 yılında 893,59 GgCO₂, 2022 yılında 1,851,77 GgCO₂, Isparta'da 2010 yılında 351,90 GgCO₂, 2022 yılında 522,89 GgCO₂, Kahramanmaraş'ta 2010 yılında 614,60 GgCO₂, 2022 yılında 1,062,37 GgCO₂, Mersin'de 2010 yılında 2,070,00 GgCO₂, 2022 yılında 2,742,38 GgCO₂, Osmaniye'de 2010 yılında 291,65 GgCO₂, 2022 yılında 452,33 GgCO₂ olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Buna göre 2022 yılında en fazla CO₂ emisyonu Antalya'da en az ise Burdur'da meydana gelmiştir. Ayrıca karayolu ulaşımı nedeniyle ortaya çıkan CO₂ emisyonunun 2022 yılında 2010 yılına göre değişimi ise Adana'da %62,32, Antalya'da %53,06, Burdur'da %61,84, Hatay'da %107,23, Isparta'da %48,59, Kahramanmaraş'ta %72,86, Mersin'de %32,48, Osmaniye'de %55,09 dur.

Çalışmada ulaşılan sonuca göre, Akdeniz Bölgesi'nde yer alan illerin emisyonlarında belirtilen zaman aralığında önemli artışlar meydana gelmiştir. Özellikle yıllık değişimlerine bakıldığında Hatay ilinde büyük bir emisyon artışı olduğu görülmektedir. Mersin ilinde diğer illere kıyasla daha az artış görülse de bütün illerdeki emisyon salınımının kontrol altına alınması gerekmektedir. Aksi takdirde sonraki yıllarda bu emisyonların salınımı artarak devam edebilir. Bunun için yakıt kullanımında yenilenebilir enerji kullanımının sağlanması ya da araç kullanımının azaltılarak çevre dostu alternatif ulaşım araçlarının teşvik edilmesi tavsiye edilebilir. Ancak bu

konuda özellikle karbon vergisi, belirlenen emisyon ölçümlerini aşan araçları trafikten men etme, yüksek miktarda para cezaları gibi mali yaptırımların uygulanması ve bunların caydırıcı nitelikte olması gerekmektedir. Nüfusun azalmasına rağmen bazı illerde emisyonun artması araç sayısı ve buna bağlı olarak yakıt kullanımının artmasıyla ilişkilendirilebilir. Dolayısıyla özellikle en fazla emisyon salınımına neden olan yakıtların kullanıldığı araçların satışına yönelik sınırlama getirilebilir. Emisyon seviyelerinin azaltılması konusunda başta politika yapıcılar olmak üzere toplumun tüm fertlerine önemli görevler düşmektedir. Günümüzde kullanılan kaynakların gelecek kuşaklara da aktarılabilmesi için giderek artan hava kirliliğinin önüne geçilmesi gerekmektedir. Bu önerilerin uygulamaya geçirilmesi halinde kısa ve uzun vadede çevre açısından faydalı neticeler ortaya çıkabilir.

Elde edilen bulgular ulaşım sektörüne yönelik faaliyetlerin ve iklim değişikliğine uyum stratejilerinin geliştirilmesi için önemli bilgiler sunmaktadır. Bu çalışmada artan ulaşım faaliyetlerinin ve yakıt kullanımının Türkiye'nin iklimini olumsuz etkilediği görülmektedir. Bu bulgular, ulaşım sektörünün iklim ve çevre üzerindeki etkilerini anlamak için önemli bir adım oluşturmaktadır. Dolayısıyla günümüzün değişen dünyasında bu konuya daha çok ağırlık verilmesi gerekmektedir. Çalışmada kullanılan dönem ve yöntemler geliştirilerek farklı çalışmalar yapılması literatüre katkı sağlayacaktır.

YAZARIN BEYANI

Katkı Oranı Beyanı: Yazar, çalışmanın tümüne tek başına katkı sağlamıştır.

Destek ve Teşekkür Beyanı: Çalışmada herhangi bir kurum ya da kuruluştan destek alınmamıştır.

Çatışma Beyanı: Çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması söz konusu değildir.

KAYNAKÇA

- Arora, N. K. (2018). Environmental sustainability-necessary for survival, *Environmental Sustainability*, 1, 1-2.
- Babu, B., Nallasivam, J. D. ve Natrayan, M. (2022). Air pollution's environmental and health effects: A review, *YMER*, 21(12), 948-960.
- Bentley, R. (2022). Types, causes and effects of environmental degradation, *African Journal of Geography and Regional Planning*, 9(3), 1-2.
- Bıyık, Y. ve Civelekoğlu, G. (2020). Isparta ilinde karayolu kaynaklı karbon ayak izinin hesaplanması, *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 4(2), 78-87.
- Bingöl, Z. (2004). Akdeniz bölgesinin kültür ve inanç turizmi potansiyeli açısından değerlendirilmesi, *Bilgi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8, 125-137.
- Brohi, S. N., Pillai, T. R., Asirvatham, D., Ludlow, D. ve Bushell, J. (2018). Towards smart cities development: A study of public transport system and traffic-related air pollutants in Malaysia, *8th International Conference on Environment Science and Engineering, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 167, 012015.
- Chandrakar, K. (2020). Air pollution: causes, effects and solution, *The Pharma Innovation*, 9(3), 251-253.
- Chatti, W. (2020). Information and communication technologies, road freight transport and environmental sustainability, *Environmental Economics*, 11(1), 124-132.
- Chatti, W. (2021). Moving towards environmental sustainability: information and communication technology (ICT), freight transport and CO₂ emissions, *Heliyon* 7, e08190, 1-8.
- Chlebowska-Stys, A., Kobus, D., Zathay, M ve Sowka, I. (2019). The impact of road transport on air quality in selected polish cities, *Ecological Chemistry and Engineering. A*, 26(1-2), 19-36.

- Choudhary, M. P. ve Gang, V. (2013). Causes, consequences and control of air pollution, *All India Seminar on Methodologies for Air Pollution Control Held at MNIT*.
- Chu, E. W. ve Karr, J. R. (2017). Environmental impact: Concept, consequences, measurement, *Reference Module in Life Sciences*.
- Colville, R. N., Hutchinson, E. J., Mindell, J. S. ve Warren, R. F. (2001). The transport sector as a source of air pollution, *Atmospheric Environment*, 35, 1537-1565.
- Daly, A. ve Zannetti, P. (2023). An introduction to air pollution-definitions, classifications and history, *Ambient Air Pollution P. Zannetti, D Al-Ajmi and S Al-Rashied, The Arab School for Science and Technology and The EnviroComp Institute*, 1-14.
- Dhakal, S. ve Schipper, L. (2005). Transport and environment in Asian cities: Reshaping the issues and opportunities into a holistic framework, *International Review for Environmental Strategies*, 5(2), 399-424.
- Din, A. U., Ming, J., Rahman, I. U., Han, H., Yoo, S. ve Alhrahshah, R. R. (2023). Green road transportation management and environmental sustainability: The impact of population density, *Heliyon* 9, e19771, 1-12.
- Duan, L., Hu, W., Deng, D., Fang, W., Xiong, M., Lu, P., Li, Z. ve Zhai, C. (2021). Impacts of reducing air pollutants and CO₂ emissions in urban road transport through 2035 in Chongqing, China, *Environmental Science and Ecotechnology*, 8, 100125, 1-12.
- Eggleston, S. ve Walsh, M. (1998). Emissions: energy, road transport, *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Intergovernmental Panel on Climate Change, Japan*.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu-EPDK. (2011a). *Petrol piyasası sektör raporu 2010*. <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu> adresinden 5 Nisan 2024 tarihinde alınmıştır.
- 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> adresinden 5 Nisan 2024 tarihinde alınmıştır.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu-EPDK. (2023a). *Petrol piyasası sektör raporu 2022*. <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu> adresinden 5 Nisan 2024 tarihinde alınmıştır.
- 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> adresinden 5 Nisan 2024 tarihinde alınmıştır.
- Erçetin, C. (2023). Çevresel sürdürülebilirlik ve ulaşım aracı olarak bisiklet: İyi uygulama örnekleri, *Çevre, Şehir ve İklim Dergisi*, 2(3), 238-269.
- Eregowda, T., Chatterjee, P. ve Pawar, D. S. (2021). Impact of lockdown associated with COVID19 on air quality and emissions from transportation sector: Case study in selected Indian metropolitan cities, *Environment Systems and Decisions*, 41, 401-412.
- Eroğlu, A. S. (2012). Akdeniz bölgesinin sosyo-ekonomik yapısı, *Discussion Paper, No:2012/58, Turkish Economic Association, Ankara*.

- Fan, H., Wang, Y., Zhao, C., Ynag, Y., Yang, X., Sun, Y. ve Jiang, S. (2021). The role of primary and transboundary transport in the air quality changes during and after the COVID-19 lockdown in China, *Geophysical Research Letters*, 48, e2020GL091065.
- Fayomi, O. S. I., Okokpujie, I. P. ve Mfon, U. (2018). The role of research in attaining sustainable development goals, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 413, 012002.
- Ferrary, C. K. (1995). Sustainability and transport: Helping ensure policies and infrastructure proposals can be sustainable, *Transactions on the Built Environment*, 16, 301-307.
- Gokten, S., Ozerhan, Y. ve Gokten, P. O. (2020). The historical development of sustainability reporting: A periodic approach, *International Cooperation*, 107(163), 99-117.
- Goodland, R. (1995). The concept of environmental sustainability, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 26, 1-24.
- Gorzalanczyk, P. ve Wojtasik, M. (2021). Research on air pollutant emissions from transport sources in Pila, *Scientific Journal of Silesian University of Technology*, 111, 57-74.
- Hutton, G. (2011). Air pollution global damage costs of air pollution from 1990 to 2050, *Assessment Paper Copenhagen Consensus on Human Challenges*.
- Hyrslava, J., Beckova, H. ve Kubankova, M. (2015). Sustainability scounting: Brief history and perspectives, *The 9th International Days of Statistics and Economics: Conference Proceedings*.
- IEA. (2023). <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/greenhouse-gas-emissions-from-energy-data-explorer> adresinden 25 Nisan 2024 tarihinde alınmıştır.
- IEA. (2024a). <https://www.iea.org/countries/turkiye/emissions> adresinden 23 Nisan 2024 tarihinde alınmıştır.
- IEA. (2024b). <https://iea.org/data-and-statistics/charts/global-co2-emissions-by-sector-2019-2022> adresinden 25 Nisan 2024 tarihinde alınmıştır.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (1996a). *Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Volume 2, Chapter 1*, <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs5a.html> adresinden 4 Nisan 2024 tarihinde alınmıştır.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (1996b). *Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Volume 3, Chapter 1*, <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6a.html> adresinden 4 Nisan 2024 tarihinde alınmıştır.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006a). *2006 guidelines for national greenhouse gas inventories: mobile combustion. Volume 2 Chapter 3*, https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf adresinden 4 Nisan 2024 tarihinde alınmıştır.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006b). *IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, Introduction to the 2006 Guidelines*. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/1_Volume1/V1_1_Ch1_Introduction.pdf adresinden 4 Nisan 2024 tarihinde alınmıştır.
- 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 adresinden 4 Nisan 2024 tarihinde alınmıştır.

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006d). *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 adresinden 4 Nisan 2024 tarihinde alınmıştır.
- Khasanova, S., Alieva, E. ve Shemilkhanova, A. (2023). Environmental pollution: types, causes and consequences, *BIO Web of Conferences* 63, 07014.
- Kırbaşı, İ. ve Kocakulak, T. (2022). Burdur ili karbon ayak izinin belirlenmesi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 24(70), 317-327.
- Kumaş, K., Akyüz, A. ve Güngör, A. (2019). Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bucak Yerleşkesi Yükseköğretim Birimlerinin karbon ayak izi tespiti, *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2), 1277-1291.
- Kishimoto, P. N., Karplus, V. J., Zhong, M., Saikawa, E., Zhang, X. ve Zhang, X. (2017). The impact of coordinated policies on air pollution emissions from road transportation in China, *Transportation Research Part D*, 54, 30-49.
- Kumar, A. (2018). Brief introduction of environment, ecology and environmental pollution, *Inspira-Journal of Modern Management&Entrepreneurship*, 8(1), 314-322.
- Lutsey, N. P. ve Sperling, D. (2008). Transportation and greenhouse gas mitigation, *UC Davis: Institute of Transportation Studies*.
- Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A. ve Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and health impacts of air pollution: A Review, *Frontiers in Public Health*, 8(14), 1-13.
- Mbandi, A. M., Malley, C. S., Schwela, D., Vallack, H., Emberson, L. ve Ashmore, M. R. (2023). Assessment of the impact of road transport policies on air pollution and greenhouse gas emissions in Kenya, *Energy Strategy Reviews*. 49, 101120, 1-14.
- Menteşe, S. (2017). Çevresel sürdürülebilirlik açısından toprak, su ve hava Kirliliği: Teorik bir inceleme, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(53), 381-389.
- Morelli, J. (2011). Environmental sustainability: a definition for environmental professionals, *Journal of Environmental Sustainability*, 1(1), 1-9.
- Mukhopadhyay, J. (2016). Environment in context: a perspective from environment behaviour relation, *International Journal of Humanities and Social Science Invention*, 5(3), 37-43.
- Napitupulu, B., Ismiyati, I. ve Handajani, M. (2018). Analysis of air pollution caused by mass transportation design changes, *MATEC Web of Conferences*, 195, 04021, 1-10.
- Ogunbode, T. O., Omotayo, O. E., Olatubi, I. V., Ogungbile, P. O., Asifat, J. T. ve Oyebamiji, V. O. (2021). Challenges of degradation in the tropical environment: Causes, footprints and remedies, *Aswan University Journal of Environmental Studies*, 2(4), 218-23.
- Özgünoğlu, K. ve Uygur, N. (2017). Kahramanmaraş havalimanı için uçaklardan kaynaklanan emisyonların belirlenmesi, *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(3), 24-30.
- Petrenko, L. D. (2021). Sustainable transport in the “green economy” system, *International Scientific and Practical Conference on Sustainable Development of Regional Infrastructure*, 5-9.

- Pietrzak, K. ve Pietrzak, O. (2020). Environmental effects of electromobility in a sustainable urban public transport, *Sustainability*, 12, 1052, 1-21.
- Profillidis, V. A., Botzoris, G. N. ve Galanis, A. T. (2014). Environmental effects and externalities from the transport sector and sustainable transportation planning-a review, *International Journal of Energy Economics and Policy*, 4(4), 647-661.
- Puscaciu, V., Mihalache, M. ve Puscaciu, R-M. (2014). Transport and environment, *Conferintei Internationale Challenges of Doing Business in the Global Economy, Knowledge Horizons Economics, Vol:6*.
- Qi, F., Abu-Rumman, A., Shraah, A. A., Muda, I., Huerta,-Soto, R., Yen, T. T. H., Abdul-Samad, Z. ve Michel, M. (2023). Moving a step closer towards environmental sustainability in Asian countries: Focusing on real income, urbanization, transport infrastructure and research and development, *Economic Research*, 36(2), 2111317, 1-20.
- Ribeiro, K., Kobayashii, S. S., Beuthe, M., Gasca, J., Greene, D., Lee, D. S., Muromachi, Y., Newton, P. J., Plotkin, S., Sperling, D., Wit, R. ve Zhou, P.J. (2007). Transport and its infrastructure, B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave ve L. A. Meyer (Ed.), *Climate Change 2007: mitigation, contribution of working group iii to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press.
- Rudneva, S. E. (2020). Future development of transport and environment, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 941,01261, 1-5.
- Saremi, P. (2020). Environmental pollution and ways to reduce contamination with use of environmental engineering techniques in metropolises of developing countries, *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 5(3), 566-581.
- Seydaei, S. S., Hosseini, S. S. ve Yazdanbakhsh, B. (2018). Evaluation of the environmental sustainability of Isfahan with an emphasis on air pollution, *Journal of Geography and Environmental Planning*, 29(1), 69.
- Sharma, S. B., Jain, S. Khirwadkar, P. ve Kulkarni, S. (2013). The effects of air pollution on the environment and human health, *Indian Journal of Research in Pharmacy and Biotechnology*, 1(3), 391-396.
- Shrivastava, R. K., Neeta, S. ve Geeta, G. (2013). Air pollution due to road transportation in India: A review on assessment and reduction strategies, *Journal of Environmental Research and Development*, 8(1), 69-77.
- Singh, A. ve Singh, K. K. (2022). An overview of the environmental and health consequences of air pollution, *Iranian (Iranica) Journal of Energy & Environment*, 13(3), 231-237.
- Singh-Tomar, A. (2021). Sustainable development goals: An economic and social perspective, *MPRA Paper No.116597*.
- Sonwani, S. ve Maurya, V. (2019). Impact of air pollution on the environment and economy, *Air Pollution: Sources, Impacts and Controls*, 113-134.
- Sutton, P. (2004). A perspective on environmental sustainability, *Paper on the Victorian Commissioner for Environmental Sustainability*, 1, 32.
- Titos, G., Lyamani, H., Drinovec, L., Olmo, F. J., Mocnik, G. ve Alados-Arboledas, L. (2015). Evaluation of the impact of transportation changes on air quality, *Atmospheric Environment*, 114, 19-31.
- TÜİK. (2023). [https://data.tuik.gov.tr/Bulten\(Index?p=Il-Bazinda-Gayrisafi-Yurt-Ici-Hasila-2022-45867#:~:text=Kişi%20başına%20GSYH'de%202022%20yılında%2C%20Kocaeli%20302%20bin%20772,son%20üç%2,sırada%20yer%20aldı](https://data.tuik.gov.tr/Bulten(Index?p=Il-Bazinda-Gayrisafi-Yurt-Ici-Hasila-2022-45867#:~:text=Kişi%20başına%20GSYH'de%202022%20yılında%2C%20Kocaeli%20302%20bin%20772,son%20üç%2,sırada%20yer%20aldı) adresinden 25 Nisan 2024 tarihinde alınmıştır.

- TÜİK. (2024). <https://www.tuik.gov.tr> adresinden 25 Nisan 2024 tarihinde alınmıştır.
- UNEP. (2001). The role of the transport sector in environmental protection, *Department of Economic and Social Affairs, Commission on Sustainable Development Ninth Session*, New York.
- Valadbigi, A. ve Ghobadi, S. (2010). Sustainable development and environmental challenges, *OIDA International Journal of Sustainable Development*, 2(3), 23-28.
- Vichova, K., Veselik, P., Heinzova, R. ve Dvoracek, R. (2021). Road transport and its impact on air pollution during the COVID-19 pandemic, *Sustainability*, 13, 11803.
- WHO. (2024). <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-energy-and-health/health-impacts/climate-impacts-of-air-pollution> adresinden 23 Nisan 2024 tarihinde alınmıştır.
- Xue, Y., Cao, X., Ai, Y., Xu, K. ve Zhang, Y. (2020). Primary air pollutants emissions variation characteristics and future control strategies for transportation sector in Beijing, China, *Sustainability*, 12, 5222, 1-10.
- Yavuz, A. B., Kara, O. ve Yanıktepe, B. (2023). Karbon ayak izi tespiti: Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi örneği, *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(4), 1523-1530.
- Yekimov, S., Nianko, V., Kulagin, D., Lunkina, T. ve Haponenko, S. (2021). The importance of environmental education for effective environmental management, *E3S Web of Conference* 296,08002.