

-ARAŞTIRMA MAKALESİ-

**ELEKTRİKLİ ARAÇ TEKNOLOJİSİ, EKONOMİ VE ULAŞIM SEKTÖRÜ:
DOĞU ANADOLU BÖLGESİ ÖRNEĞİ**

Serdar ÖZTÜRK¹ & Tuğba İBİK²

Öz

Tarihsel süreçte teknolojinin etkisi ile araç sistemleri değişmiş ve elektrikle çalışan araçlar ortaya çıkmıştır. 19. yüzyılda yaşanan gelişmeler ile ortaya çıkan elektrikli araçlar, çevre bilincinin de artması ile birlikte daha önemli hale gelmiştir. Ancak halen Türkiye gibi birçok ülkede elektrikli araçlara verilen önemin ve altyapı çalışmalarının yeterli olmadığı görülmektedir. Özellikle Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan illerde elektrikli araçlar için yeterli altyapı sağlanamamıştır. Öte yandan bölgede bulunan illerde hava kirliliği oluşumuna çeşitli faktörler neden olabilir. Bu kirlilik üzerinde karayolu ulaşımının da etkisi bulunabilir. Bu durumda sürdürülebilirliğin sağlanmasını güç hale getirebilir. Bu bağlamda karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonunun ve hangi il için ne düzeyde bir tedbir alınması gerektiğinin belirlenmesi, buna uygun çözüm önerileri getirilmesi bakımından önemlidir. Bu nedenle bu çalışmada, 2010 ve 2023 yıllarında Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan illerin karayolu ulaşım emisyonunu hesaplamak amaçlanmaktadır. Bunun için IPCC tarafından önerilen yaklaşımlar arasında bulunan Tier 1 yöntemi kullanılmaktadır. Elde edilen sonuca göre, 2023 yılında en fazla CO₂ emisyonu oluşumuna 737,83 GgCO₂ ile Malatya ilinin neden olduğu görülmektedir. Bunu 672,67 GgCO₂ ile Erzurum, 613,25 GgCO₂ ile Elazığ, 510,38 GgCO₂ ile Van takip etmektedir. Dolayısıyla başta emisyonun yüksek olduğu iller olmak üzere emisyon artışı yüksek olan tüm iller için emisyon seviyesinde azaltıcı etkide bulunacak uygulama ve politika düzenlemelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Aksi takdirde bu emisyon seviyesi daha çok yükselerek ağır boyutlara ulaşabilir. Bu nedenle bölgede elektrik araç kullanımının yaygınlaştırılması için öncelikle bu araçlara yönelik ekonomik ve teknolojik konularda iyileştirmeler yapılması gerekmektedir. Bu sayede özellikle enerji, ekonomi, ulaşım ve çevre gibi alanlarda küresel boyutta sürdürülebilirliğin gerçekleşmesine katkı sağlanabilir.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli Araç Teknolojisi, Ekonomi, Ulaşım

JEL Kodları: L94, E20, O18.

Başvuru: 03.09.2024 **Kabul:** 19.01.2025

¹ Prof. Dr., Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, serdarozturk@nevsehir.edu.tr, Nevşehir, Türkiye, ORCID: 0000-0003-0650-0244

² Doktora Öğrencisi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, tugbaibik50@gmail.com, Nevşehir, Türkiye, ORCID: 0009-0001-8194-6740

ELECTRIC VEHICLE TECHNOLOGY, ECONOMY AND TRANSPORTATION SECTOR: THE EXAMPLE OF THE EASTERN ANATOLIA REGION³

Abstract

In the historical process, vehicle systems have changed with the influence of technology and electric vehicles have emerged. Electric vehicles, which emerged with the developments in the 19th century, have become more important with the increase in environmental awareness. However, it is still seen that the importance given to electric vehicles and infrastructure works are not sufficient in many countries such as Türkiye. Especially in the provinces in the Eastern Anatolia Region, sufficient infrastructure for electric vehicles has not been provided. On the other hand, various factors may cause air pollution in the provinces in the region. Road transportation may also have an impact on this pollution. In this case, it may make it difficult to ensure sustainability. In this context, it is important to determine the CO₂ emissions resulting from road transportation and what level of precautions should be taken for which province and to propose appropriate solutions. Therefore, this study aims to calculate the road transportation emissions of the provinces in the Eastern Anatolia Region between 2010 and 2023. For this, the Tier 1 method, which is among the approaches recommended by IPCC, is used. According to the results obtained, it is seen that Malatya province caused the highest CO₂ emissions in 2023 with 737.83 GgCO₂. This is followed by Erzurum with 672.67 GgCO₂, Elazığ with 613.25 GgCO₂, and Van with 510.38 GgCO₂. Therefore, implementation and policy regulations that will reduce the emission level are needed for all provinces with high emission increases, especially for the provinces with high emissions. Otherwise, this emission level may increase further and reach severe levels. Therefore, in order to popularize the use of electric vehicles in the region, it is necessary to make improvements in economic and technological matters regarding these vehicles. In this way, it can contribute to the realization of sustainability on a global scale, especially in areas such as energy, economy, transportation and environment.

Keywords: *Electric Vehicle Technology, Economy, Transportation.*

JEL Codes: *L94, E20, O18.*

“Bu çalışma Araştırma ve Yayın Etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.”

³ The Extended English Summary is located the end of the Article

1. GİRİŞ

Elektrikli araçların ortaya çıkış tarihinin 19.yüzyıla kadar uzandığı görülmektedir. Geliştirmeye yönelik girişimlerin yapılmasının ardından bu araçlar bir süre sonra ticari amaçlar için kullanılmaya başlanmıştır. Çevre konusunda farkındalığın oluşması sonucunda bu araçlara olan ilgi artmış ve günümüzdeki halini almıştır. İçten yanmalı motorla çalışan araçların aksine elektrikli araçlar, yalnızca elektrikle ya da elektrik ve yakıt ile birlikte kullanılabilir şekilde geliştirilmiştir. Elektrikli araçlar sektörel bakımdan pek çok alanda olduğu gibi, ekonomik bakımdan istihdam ve yatırım üzerinde etkili olabilir. Ancak toplum, enerji ve çevre için katkı sağlayan elektrikli araçlarda başta ekonomik ve teknik konular olmak üzere bazı yetersizlikler ile karşılaştığı için kullanımı sonraki dönemlerde de yaygınlık kazanmayabilir.

Elektrikli araç satışının bazı ülkelerde yapıldığı, diğer ülkelerde henüz yeterli gelişimin olmadığı görülmektedir. Özellikle çevre ve ulaşımda sürdürülebilirliğin sağlanması için önemli olan elektrikli araçlar başta CO₂ emisyonu olmak üzere sera gazı emisyonları üzerinde azaltıcı etkide bulunabilir. Dünya genelinde Çin, Avrupa ve ABD ile bazı ülkelerde satışı yapılan elektrikli araçların kullanımı Türkiye’de elektrikli ve hibrit şeklindedir. Ancak elektrikli araç kullanımı, altyapı ve şarj istasyonunda bazı eksikliklerin olduğu görülmektedir. Elektrikli araçlara olan ilgi Osmanlı Devleti dönemine kadar uzansa da son dönemlerde bu araçların kullanımı artış göstermiştir. Elektrikli araçların öneminden hareketle konu ile ilgili literatürde ulaşım emisyonları ile olan ilişkisini ele alan çok sayıda çalışma karşımıza çıkmaktadır. Elektrikli araç ve ulaşım ilişkisini ele alıp emisyonlar üzerinde azaltıcı etkide bulunduğunu (Alimujiang ve Jiang, 2020; Quillos-Ruiz vd., 2021; Obaid vd., 2021; Filigrana vd., 2022; Wang vd., 2022; Alanazi, 2023; Mehlig vd., 2023; Vega-Perkins vd., 2023; Zhao vd., 2023; Singh vd., 2024; Tetik-Kollugil vd., 2024; Wilczarska vd., 2024) ya da emisyonu artırıcı yönde etki ettiğini öne süren (Woo vd., 2017; Li ve Yan, 2024) çalışmalar yer almaktadır. Ayrıca elektrikli araçların ve motorlu araçların kullanılmamasının emisyonları azaltacağını belirten (Filigrana vd., 2022) çalışmalarda bulunmaktadır. Dolayısıyla literatürde özellikle elektrikli araçların emisyon üzerinde etkisinin olumlu ya da olumsuz olduğuna dair fikir birliği sağlanamasa da genellikle olumlu etkilediğine dair çalışmaların olduğu görülmektedir.

Türkiye’de özellikle yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanıldığı araçların daha yaygın olması ve çevre sorunlarının devam etmesi nedeniyle bu çalışmada konu elektrikli araçlar kapsamında ele alınmaktadır. Doğu Anadolu Bölgesi’nde hava kirliliğinin oluşmasında çeşitli faktörlerin etkisinin bulunması ve genellikle yakıt kaynaklı olması nedeniyle bu kirlilik üzerinde karayolu ulaşımının etkisinin belirlenmesi önemlidir. Yeterli şarj altyapısının olmadığı görülen Doğu Anadolu Bölgesi illerinde karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonunu belirlemenin, öncelikli olarak müdahale edilmesi gereken yerlerin ortaya çıkarılması bakımından gerekli olduğu görülmektedir. Literatürde Doğu Anadolu Bölgesi’nde bulunan illerde karayolu ulaşım emisyonunu belirlemeye yönelik kapsamlı bir çalışmaya rastlanmamaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada Ağrı, Ardahan, Bingöl, Bitlis, Elazığ,

Erzincan, Erzurum, Hakkari, Iğdır, Kars, Malatya, Muş, Tunceli ve Van illeri için Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından önerilen Tier 1, Tier 2 ve Tier 3 yöntemleri arasından Tier 1 yöntemi kullanılarak karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonu hesaplanmaktadır. Çalışmada ilk olarak ilgili literatür araştırması yapılmış, sonraki bölümde elektrikli araç, ekonomi ve ulaşım sektörü ilişkisine değinilmiş, bir sonraki bölümde karayolu ulaşım emisyonunun belirleneceği çalışma alanına, veri, materyal ve yöntem, bulgular ve tartışmaya yer verilmiştir. Çalışma sonuç ve değerlendirme bölümüyle tamamlanmıştır.

1.1. Araştırmanın Amacı

“Elektrikli Araç Teknolojisi, Ekonomi ve Ulaşım Sektörü: Doğu Anadolu Bölgesi Örneği” isimli makale çalışmasında, Doğu Anadolu Bölgesi’nde bulunan Ağrı, Ardahan, Bingöl, Bitlis, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Hakkari, Iğdır, Kars, Malatya, Muş, Tunceli ve Van illerinde karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonunu hesaplamak amaçlanmaktadır.

1.2. Araştırmanın Önemi

Dünya çapında önemli bir rol oynayan otomotiv sektöründe araçlarda kullanılan yakıtların karakteristiğine bağlı olarak farklı çevresel etkiler ortaya çıkabilir. Küresel boyutta önemi artan çevre konusunda özellikle elektrikli araçların ön plana çıktığı ancak henüz geniş kullanım imkânı bulamadığı görülmektedir. Çevreye ulaşım kaynaklı yayılan CO₂ emisyonunun azaltılmasında etkili olduğu düşünülen elektrikli araçların kullanımının ve şarj altyapısının Türkiye’de yeni gelişmeye başladığı, Doğu Anadolu Bölgesi illerinde yeterli şarj sisteminin oluşmadığı görülmektedir. Çeşitli sebeplerle hava kirliliğinin ortaya çıktığı bölgede bulunan illerde öncelikle karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonunun belirlenmesi ve ekonomi, enerji ve çevre gibi konularda etkili olduğu düşünülen elektrikli araç konusu kapsamında ele alınması önemli bir yere sahiptir.

1.3. Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu çalışmada zaman, yer ve yöntem bakımından çeşitli sınırlamalar yapılmaktadır. Çalışmada yalnızca Doğu Anadolu Bölgesi’nde bulunan Ağrı, Ardahan, Bingöl, Bitlis, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Hakkari, Iğdır, Kars, Malatya, Muş, Tunceli ve Van illeri için CO₂ emisyonu hesaplaması yapılmaktadır. Bunun için 2010 ve 2023 yılları verileri kullanılmaktadır. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından yayınlanan raporlarda en son 2023 yılına ait verilere ulaşılması nedeniyle çalışma bu dönem ile sınırlandırılmıştır. Yöntem bakımından yapılan sınırlama ise IPCC tarafından önerilen Tier 1 yönteminin kullanılması şeklindedir. Bu yöntem emisyonların belirlenmesinde detaylı bir şekilde veri kullanımına ihtiyaç duyulmadan doğru bir tahmin yapılmasına imkân tanıdığı için tercih edilmiştir.

1.4. Araştırmanın Soruları

Çalışmanın amacı ve öneminden hareketle şu sorulara cevap aranmaktadır;

S₁: 2023 yılında 2010 yılına kıyasla Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan tüm iller için karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonu artmış mıdır?

S₂: 2023 yılında Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan hangi ilin karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonu daha yüksektir?

S₃: 2023 yılında Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan hangi ilin karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonu daha düşüktür?

S₄: 2010-2023 yılları arası dönemde Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan hangi ilin karayolu ulaşımından kaynaklanan toplam CO₂ emisyon değişimi daha yüksektir?

S₅: 2010-2023 yılları arası dönemde Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan hangi ilin karayolu ulaşımından kaynaklanan toplam CO₂ emisyon değişimi daha düşüktür?

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Elektrikli araç kullanımının giderek artan önemiyle birlikte literatürde ekonomi ve ulaşım ile olan ilişkisini ele alan çok sayıda çalışmaya rastlanmaktadır. Buna göre elektrikli araç ve ekonomi ilişkisini ele alan çalışmalara bakıldığında; Galati vd., (2022) elektrikli araçların ekonomi ve sera gazı emisyonu üzerindeki etkisini ele aldıkları çalışmada, ekonomik bakımdan elektrikli araçların daha avantajlı olduğunu ve emisyonlar üzerinde azaltıcı etkisinin olduğunu öne sürmektedir. Pirmana vd., (2023) Endonezya'da elektrikli araçların ekonomi ve çevre üzerindeki etkisini ele aldıkları çalışmada, elektrikli araçların ekonomiye olumlu etkisinin olacağını öne sürmektedir. Bunun yanı sıra, bu araçların üretim, brüt katma değer ve istihdam üzerinde etkili olduğunu, çevre üzerinde ise etkisinin küçük olduğunu ifade etmektedir. Urbanova vd., (2023) Avrupa'da ekonomik bakımdan elektrikli araçları ele aldıkları çalışmada, 2010 ve 2021 yılları arası dönemler için araç satışlarını analiz etmektedir. Elde edilen bulgulara göre, küresel boyutta elektrikli araçların artış gösterdiğini, Slovakya ülkesinde ise özellikle 2021 yılında artış gerçekleştiğini belirtmektedir. Ancak yine de bu artışın az olduğunu ifade etmektedir. Zhao vd., (2024) elektrikli araç ve sürdürülebilir ekonomik büyüme ilişkisini ele almaktadır. Buna göre, şarj sistemine yönelik altyapı çalışmalarının ve dışarıdan gelen yatırımların katkısının olduğunu, elektrikli araç ve ekonomik büyüme ilişkisinin geliştiğini, elektrikli araçların artışının teknolojiyi geliştirdiğini ve dolayısıyla ekonomik büyümeyi sağladığını öne sürmektedir.

Elektrikli araç ve ulaşım sektöründe emisyon salınımını ele alan çalışmalara bakıldığında; Woo vd., (2017) elektrikli araç ve sera gazı emisyonunu ele aldıkları çalışmada, 70 ülkenin analizini yapmaktadır. Elde edilen bulgulara göre, fosil yakıtın yoğun olarak kullanıldığı bazı ülkelerde elektrikli araçların içten yanmalı motorlu araçlara göre daha çok emisyon salınımına neden olduğu sonucuna ulaşmaktadır. Alimujiang ve Jiang (2020) Şangay'da elektrikli araç ve CO₂ emisyonunu ele aldıkları çalışmada, elektrikli otobüs kullanımının emisyon üzerinde azaltıcı etkide bulunduğunu öne sürmektedir. CO, NO_x, NMHC ve PM₁₀ emisyonlarının düşürülmesinde ise bireysel elektrikli araç kullanımının katkısının olduğunu

belirtmektedir. Quillos-Ruiz vd., (2021) Peru’da elektrikli araç ve emisyon ilişkisini ele almaktadır. Buna göre, ulaşımda yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımına bağlı olarak 26,666,537 tCO₂/yıl emisyon salınımının olduğunu ve bunun büyük bir kısmının dizel yakıtından kaynaklandığını öne sürmektedir. Elektrikli araçların kullanımında bir artış olması durumunda 348,437 tCO₂/yıl emisyon salınımının azalacağını belirtmektedir. Bunun yanı sıra yenilenemeyen enerji kaynaklarının tercih edilmesinde %59,70’lik bir düşüş meydana geleceğini ve bunun karbon emisyonlarını %0,78 oranında düşüreceğini ifade etmektedir.

Obaid vd., (2021) elektrikli araç, otonom araç ve emisyon konusunu ele aldıkları çalışmada, COPERT ile emisyon hesaplaması yapmaktadır. Otonom araçların emisyon azaltmada farklı etkilerinin olduğunu ve sürdürülebilirliğin sağlanmasına katkı sağlayacağını öne sürmektedir. Sudjoko vd., (2021) Endonezya’da elektrikli araç ve karbon emisyonunu ele aldıkları çalışmada, elektrikli araçların çevre ile uyumlu olacağını ifade etmektedir. Ayrıca bu araçların enerji kullanımını ve emisyon salınımını azaltabileceğini belirtmekte, buna uygun tavsiyelerde bulunmaktadır. Filigrana vd., (2022) Washington Seattle’da elektrikli araç, ulaşım hareketliliği ve sağlık konusunu ele aldıkları çalışmada, elektrikli araç ve motorlu araç kullanılmadan yapılan ulaşımın emisyonlar üzerinde azaltıcı etkide bulunacağını öne sürmektedir. Öte yandan trafik güvenliğini artıracığını, sağlıkla ilgili sorunların birçoğunu azaltacağını ifade etmektedir. Wang vd., (2022) akülü elektrikli araçları ve karbon emisyonları ilişkisini analiz ettikleri çalışmada, bu araçların sera gazı emisyonları üzerinde %36,18 ile %54,69 arasında düşürücü etkide bulunabileceği sonucuna ulaşmaktadır. Zimakowska-Laskowska ve Laskowski (2022) Polonya’da elektrikli araç, içten yanmalı motor ve emisyon salınımını ele aldıkları çalışmada, COPERT modelini kullanmaktadır. Elde edilen bulgulara göre, CO, CO₂, TSP emisyonlarının aksine NO_x ve SO_x emisyonlarının yükseliş gösterdiği sonucuna ulaşmaktadır. Bunun yanı sıra, elektrikli araçlar için içten yanmalı motorlu araçların kaldırılmasının mümkün olmadığını vurgulamaktadır.

Alanazi (2023) elektrikli araçların olumlu ve olumsuz yönlerini ele aldığı çalışmada, ulaşımda sera gazı emisyon salınımı yapmadığı için faydalı olsa da altyapının masrafının yüksek olması, şarj sıkıntısı, menzil ve pil gibi konularda bazı sorunların olduğunu ifade etmektedir. Bu konularda iyileştirmeler yapılması gerektiği önerisinde bulunmaktadır. Ayrıca hükümetin bu araçlara yönelik özendirici faaliyetlerde bulunması gerektiğini belirtmektedir. Mehlig vd., (2023) elektrikli araç ve sera gazı emisyonu ilişkisini ele aldıkları çalışmada, 2050 yılında bu araçların CO₂ emisyonlarını ve eşdeğerini, NO₂ emisyonlarını azaltabileceğini öne sürmektedir. Ancak PM_{2.5} üzerinde etkisinin yüksek olmadığını, araç kilometresinde düşüşün bu emisyonu azaltmada etkili olabileceğini ifade etmektedir. Vega-Perkins vd., (2023) ABD’de elektrikli araç, sera gazı emisyonu, yakıt maliyeti ve enerji adaleti ilişkisini ele aldıkları çalışmada, %90’ın üzerinde elektrikli araçların kullanılmasının sera gazını ve enerji yükünü düşürücü etkide bulunacağını öne sürmekte, bunun özellikle Batı Amerika ve ABD’nin Kuzeydoğu bölgesinde bulunan bazı yerlerde gerçekleşeceğini belirtmektedir. Ayrıca adaletin sağlanabilmesi için politika ve

desteklemelerin yapılması, yüksek elektrik masraflarının ve altyapının geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Zhao vd., (2023) Çin’de elektrikli araç ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi analiz ettikleri çalışmada, elektrikli araçların %1 artmasının iki şehirden birinde %0,096 diğerinde %0,087 oranında CO₂ emisyonunu düşürücü etkide bulunduğu sonucuna ulaşmaktadır. Yenilenebilir enerjideki %1’lik yükselişinde araç karbonunun azaltılması üzerinde %0,036 katkısının olduğunu öne sürmektedir.

Li ve Yan (2024) Çin’de elektrikli araç, yenilenemeyen elektrik ve karayolu ulaşım emisyonu ilişkisini analiz etmektedir. Elde edilen bulgulara göre, elektrik ile elektrikli araç kullanımının artmasının NO_x, SO₂, PM_{2,5} ve PM₁₀ üzerinde artırıcı etkide bulunacağını öne sürmektedir. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artmadığı sürece emisyon azaltmada etkili bir sonuç elde edilemeyeceğini vurgulamaktadır. Singh vd., (2024) ABD’de elektrikli araç ve PM_{2,5} emisyonunu ele aldıkları çalışmada, Tier 3 yöntemini kullanmaktadır. Buna göre elektrikli araçların içten yanmalı motora sahip araçlara kıyasla emisyon üzerinde düşürücü etkisinin olduğunu ve sağlık açısından daha faydalı olduğunu öne sürmektedir. Tetik-Kollugil vd., (2024) elektrikli araç ve emisyon ilişkisini ele aldıkları çalışmada, 2015 ve 2020 yılları arası dönemde elektrikli araçların kullanımını analiz etmektedir. Bu araçların CO₂ emisyon salınımını azaltmada etkili olduğu sonucuna ulaşmaktadır. Ayrıca hız ve mevsim koşullarına göre emisyondaki düşüşün değişim gösterdiğini ifade etmektedir. Wilczarska vd., (2024) ulaşım şirketlerinde elektrikli araçların durdurulma ihtimalini ele aldıkları çalışmada, uzun mesafe gerektirmeyen yerlerde bu araçların kullanıldığı ve emisyonların azaltılmasında etkili olduğunu öne sürmektedir.

Ekonomi ve ulaşım arasındaki ilişkiyi ele alan çalışmalara bakıldığında; Kayode vd., (2013) Nijerya’da ulaşım altyapısı ve ekonomik büyüme ilişkisini analiz ettikleri çalışmada, 1977 ve 2009 dönem verilerini kullanmaktadır. Elde edilen bulgulara göre, ulaşımın ekonomik büyüme üzerinde etkisinin önemli olmadığı sonucuna ulaşmaktadır. Tsikai (2016) ulaşım, sosyo-ekonomik büyüme ve kalkınma ilişkisini ele aldıkları çalışmada, 1994 ve 2015 yıllarını incelemektedir. Buna göre, ulaşımın ekonomik büyümede etkili olduğunu ifade etmektedir. Ayrıca altyapı ve proje çalışmalarına önem verilmesi gerektiğini, Güney Afrika ülkesinde turizm kaynaklı ulaşımın ekonomi üzerinde olumlu etkisinin olduğunu belirtmektedir. Saidi vd., (2018) MENA ülkelerinde ulaşım altyapısı, enerji kullanımı ve ekonomik büyüme ilişkisini ele aldıkları çalışmada, 2000 ve 2016 dönem verilerini kullanmaktadır. GMM yöntemi ve Dumitrescu-Hurlin analizi sonucunda MENA, META ve N-GCC bölgelerinde ulaşım sektöründe enerji kullanımının ve altyapının ekonomik büyümeyi olumlu etkilediğini öne sürmektedir. Zhang ve Cheng (2023) Birleşik Krallık’ta ekonomik büyüme ve ulaşım altyapısı ilişkisini analiz ettikleri çalışmada, 1970 ve 2017 dönem verilerini kullanmaktadır. Vektör Hata Düzeltme Modeli’nin kullanıldığı çalışmada elde edilen bulgulara göre, ulaşım altyapısının kısa vadenin aksine uzun vadede ekonomik büyümeye katkı sağladığı sonucuna ulaşmaktadır.

“Elektrikli Araç Teknolojisi, Ekonomi ve Ulaşım Sektörü: Doğu Anadolu Bölgesi Örneği” isimli makale çalışması için yapılan literatür araştırmasında elektrikli araç kullanımı, ekonomi ve ulaşım ilişkisini farklı yöntem, zaman, ülke için ele alan çalışmaların olduğu görülmektedir. Ancak konuyu öncelikle Tier 1 yöntemi kullanıp karayolu ulaşım emisyon hesaplaması yaparak Doğu Anadolu Bölgesi için kapsamlı bir şekilde ele alan çalışmaya rastlanmamaktadır. Bu nedenle çalışmanın literatürdeki yayın eksikliğini gidererek, yapılacak olan çalışma ve düzenlemelere fayda sağlaması beklenmektedir.

3. ELEKTRİKLİ ARAÇ TEKNOLOJİSİ, EKONOMİ VE ULAŞIM SEKTÖRÜ

Otomotiv sektöründe ekonomi, sağlık, sosyal ve çevresel bakımdan etkisi olduğu görülen elektrikli araçların kullanımının 19. yüzyıla kadar uzandığı görülmektedir. Zaman içinde gelişmelerle birlikte günümüzdeki halini almıştır.

Otomotiv, tüm dünya için ekonomi, bilim ve teknoloji faaliyetleri bakımından önemli yere sahip olan bir sektördür. Teknoloji sayesinde araçlar geliştirilmekte, ulaşım kolaylığı sağlanmaktadır. Fakat bu durum atmosferi etkileyen kirliliğin artmasına yol açmaktadır (Sanguesa vd., 2021: 372). Otomotiv sektöründe zamanla içten yanmalı motorlu araçların yerini elektrikli ve hibrit araçlar almaktadır. Bu araçların karbon yoğunluğu yüksek olmamaktadır. Bu sayede sektörde önemli bir dönüşüm gerçekleşmektedir (Altenburg, 2014: 3). Elektrikli araç, motorların elektrik ile çalışabildiği ve bataryaların dolularının yapılması ile kullanılan araç şeklinde ifade edilebilir. Başlıca elektrikli araç türleri arasında bulunan bataryalı araçlarda şarj yöntemi ile kullanım yapılmaktadır. Kablolü hibrit elektrikli araçlarda ise batarya ve yakıt bir arada bulunmakta ve iki türlü kullanımı yapılmaktadır (IRENA, 2017: 8).

İklim krizine ve ulaşım sektöründe devamlılığın sağlanmasına en iyi alternatiflerden birisi olarak ortaya çıkan elektrikli araçlar, yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımını ve sera gazı emisyon salınımına karşı küresel boyutta tercih edilmeye başlanmıştır. Elektrikli araçlar, sera gazı emisyonunun önüne geçilmesinde ve özellikle kentlerde hava kirliliği ve iklim sorunlarının azaltılmasında etkili olmaktadır. Sağlık ve sürdürülebilirlik bakımından etkili olan bu araçlar aynı zamanda ekonomiye üretim, istihdam ve piyasaların gelişmesi açısından katkı sağlamaktadır. Bunun yanı sıra enerji kaynaklarında dışa bağımlılığın azalmasına imkân tanımaktadır (Joseph vd., 2023: 7). Özellikle CO₂ emisyonu salınımının düşüş göstermesinde en etkili alternatifler arasında görülen elektrikli araçların (Petrovic vd., 2020: 2880), yeterli şarj altyapısının olmaması, uzun mesafe kat edilmesine uygun olmaması, diğer araçlara nispeten daha yüksek fiyatlara sahip olması, şarj etmek için gereken istasyon sayısının az olması ve masrafının yüksekliği, performans açısından gelişmiş bir yapıya sahip olmaması, bataryaların çevreye zarar verme potansiyelinin olması gibi çeşitli sıkıntıları bulunmaktadır (Durmus-Senyapar ve Akıl, 2023: 167-168).

Elektrikli araçların esas tarihi bataryaların bulunmasına kadar uzanmıştır. 1821 yılında Michael Faraday tarafından ilk elektrikli motor üzerine yaptığı tasarım tüm dünyaya sunulmuştur. Bir sonraki yıl ise Peter Barlow tarafından geliştirilmiştir. 1831

yılında ortaya çıkan Faraday diski sayesinde araçlarda elektrik kullanımı yapılmaya çalışılmıştır. 1835 yılına gelindiğinde ABD’de elektrik enerjisi ile lokomotif üretimi yapılmış ve üç yıl sonra toplumun kullanımına sunulmuştur. Ancak 1841 yılında Davidson’un lokomotifi maliyeti ile bazı işçilerin karşı çıkması ve 1832-1839 yıllarında Robert Anderson’un bataryanın kullanıldığı bir araç üretimi ise pilin tekrar dolununun yapılamaması nedeniyle piyasaya sürülemedi. Sibrandus Stratingh ise batarya ile çalışan bir sistem geliştirmiş, ancak çevresel zararlara neden olmuştur. Bataryalara dolum yapılma imkânı olmadığı için tekrar kullanılmadığını ifade eden Gaston Plante ‘in sayesinde 1881 yılında ilk kez dolumu yapılabilen bir elektrikli araç üretilmiştir (Aderibigbe ve Gumbo, 2023: 778). 1881 yılında ilk defa elektrik ile çalışan bir aracı dünyaya sunan Gustave Trousse’u üç yıl sonra Thomas Parker takip etmiştir. 1887 yılına gelindiğinde ticari bakımdan araçların kullanımı yapılmıştır. Bir sonraki yıl Flocken Electrowagen tarafından üretilen araç ilk kez elektriğin kullanıldığı otomobil olarak tanıtılmıştır (Githere, 2022).

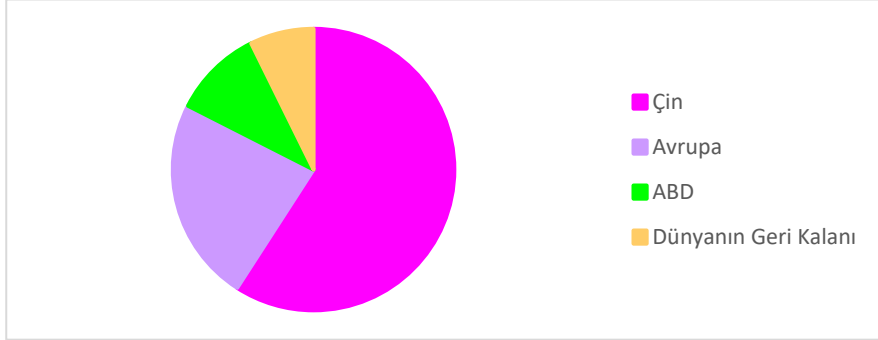
Elektrik araçlar giderek yaygınlık kazanmaya başlamış, makine kullanılmadan elektrikli araçlar üretilmiştir. 1910 yılına gelindiğinde ise yakıt olarak benzinin kullanıldığı araçların üretimi yapılmaya başlanmıştır (EEA, 2005). 1912 yılında Henry Ford tarafından Model T’nin üretimi yapılsa da yüksek masraflı olmasından dolayı tercih edilmemiştir. Özellikle ABD’de 1920 yılında bu araçların kullanımı düşüş göstermiş ve 1935 yılında oldukça az sayıda görülmeye başlanmıştır. 20.yüzyılın ortalarında meydana gelen petrol fiyatlarındaki değişim sonucu bu araçlar tekrar rağbet görmüştür. Uzun yolculukların yapılamaması ve hız gibi konularda yaşanan sıkıntılar nedeniyle bir süre sonra tekrar kullanımı düşmeye başlasa da 1990 yılından itibaren emisyon azaltımında etkili olması nedeniyle tekrar tercih edilmeye başlanmıştır (Siemens, 2020). 20. yüzyılın sonlarına doğru emisyon seviyesindeki yükseliş sonucu bazı ülkelerde elektrikli araçlara yönelim olmuştur. 1996 yılında General Motors, 1997 yılında Japonya’da Toyota Prius hibrid, 2008 yılında Snake Mask tarafından Tesla piyasaya sürülmüştür. 2009 yılında ise Çin kanunlarda düzenlemeler ve projeler yaparak 21. yüzyılda en güçlü elektrikli araç ülkesi haline gelmeyi hedef haline getirmiştir (Fayziyev vd., 2022: 90). 19. yüzyılın bitimine doğru gelişim gösteren elektrikli araçlar teknoloji ve piyasa bakımından büyük dönüşüm geçirmiş ve özellikle çevrenin öneminin daha net anlaşılmasını sağlayan bir araç haline gelmiştir. Bu çevre sorunları sonraki dönemlerde elektrikli araçlara olan ilginin artmasında etkili olmuştur (Abhiroop, 2022: 1630).

Çevre, yenilenemeyen enerji kaynaklarının yakıt olarak kullanımı, iklim koşulları ve ulaşımında sürekliliğin sağlanması bakımından küresel boyutta büyük bir değişime uğramaktadır. Özellikle elektrikli araçlar ulaşımında dönüşüm sağlamakta ve etkili bir alternatif olarak görülmektedir. Bu araçların teknik anlamda gelişmesi ile birlikte toplumsal, çevresel ve ekonomik konularda farklı etkilerde bulunmaktadır (Patil, 2019: 20). Elektrikli araçları satın alırken yüksek fiyatlar ile karşılaşılrsa da bir süre sonra bakım yapma ve yakıt kullanımı gibi konularda faydalı olabilir (Patil, 2020: 7). Ulaşım sayesinde bireyler ve eşyaların bir yere erişimi sağlanmakta, ekonomik ve sosyal bakımdan önemli bir rolü bulunmaktadır. Ancak refah, çevre ve ulaşımın yönetimi konusunda sorunlar ortaya çıkabilmektedir (Mnjavac, 2001: 3). Ulaşımın

işleyişinde etkinliğin sağlanamadığı durumlarda ekonomik anlamda istenmeyen sonuçlar ortaya çıkabilir (Lim vd., 2007: 4). Sektörel anlamda bütün alanlar ile bağlantısı olan ulaşım sektörü, işlerin bölünmesine dayalı olan ve canlı ve cansız her şeyin mekânsal olarak değişimini sağlayan bir sektördür. Ekonomik anlamda ulaşım sektörü arz ve talebin dağılımını sağlamakta, fiyat konusunda rekabet ortamı oluşturmaktadır (Heldmann, 1973: 340-341). Ulaşım eşyalar, insanlar ve hizmetlerin kesişim noktasında olan, sosyal gelişim, refah, ekonomi için önemli olsa da sera gazı emisyonlarının salınımında da etkili olan bir sektördür. Bu durumda yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımının bırakılması ve elektrikli araçların kullanımının artırılması önemli olsa da başta gelişmekte olan ülkeler de bu araçların sık kullanımı yapılmamaktadır (Aderibigbe ve Gumbo, 2023: 785).

Çin, Avrupa, ABD ve dünyanın geri kalan ülkelerinde elektrikli otomobil satışının gösterildiği Şekil 1’de, 2023 yılında en fazla satışın Çin’de gerçekleştiği bunu sırasıyla Avrupa, ABD ve dünyadaki diğer ülkelerin takip ettiği görülmektedir.

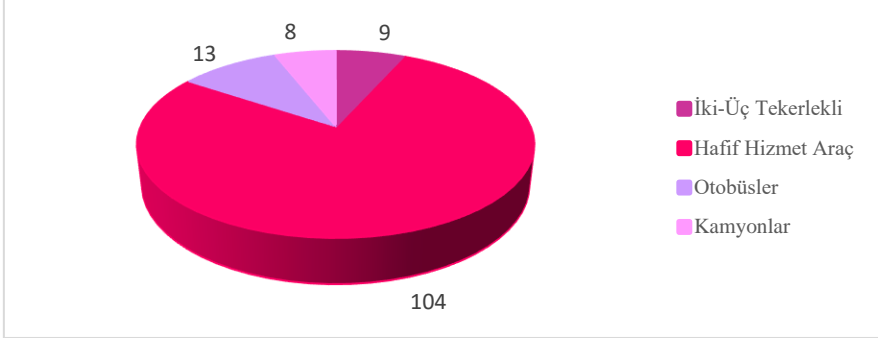
Şekil 1: 2023 Yılı Ülkelere Göre Elektrikli Otomobil Satışı (Milyon)



Kaynak: IEA, 2024a

Elektrikli araç kullanımına bağlı olarak küresel boyutta elektrik talebinin gösterildiği Şekil 2’de 2023 yılında hafif hizmet araçları için daha fazla elektrik kullanımının olduğu görülmektedir. Bunu otobüsler, kamyonlar ve iki ya da üç tekerlekli araçlar takip etmektedir.

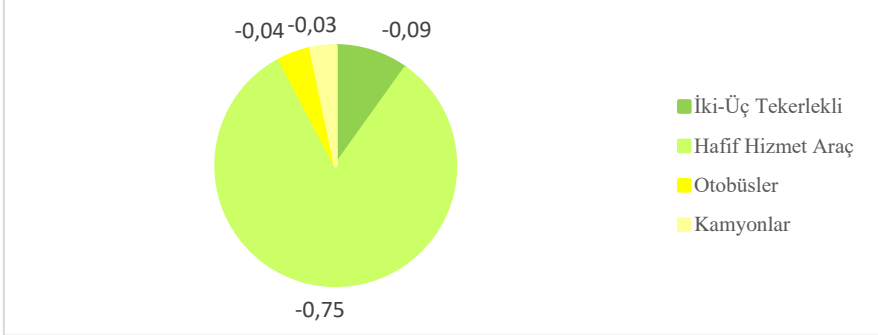
Şekil 2: 2023 Yılında Elektrikli Araç Kullanımından Dolayı Elektrik Talebi (Twh)



Kaynak: IEA, 2024a

2023 yılında elektrikli araç kullanımına bağlı olarak küresel boyutta petroldeki değişimin gösterildiği Şekil 3'te tüm araçların petrol kullanımının azaldığı görülmektedir.

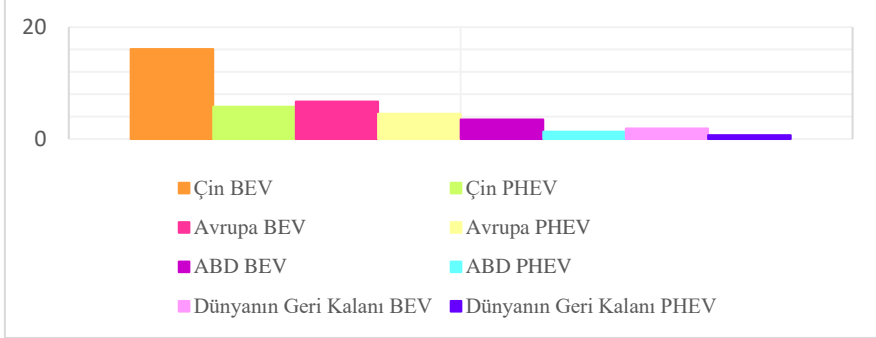
Şekil 3: 2023 Yılında Elektrikli Araç Kullanımı Sonucu Petrol Değişimi (Mbb/d)



Kaynak: IEA, 2024a

Çin, Avrupa, ABD ve dünyanın geri kalan ülkelerinde 2023 yılında elektrikli otomobil stok sayısının gösterildiği Şekil 4'te elektriğin kullanıldığı araçların diğerine kıyasla daha fazla olduğu görülmektedir.

Şekil 4: 2023 Yılı Elektrikli Otomobil Stok Sayısı (Milyon)

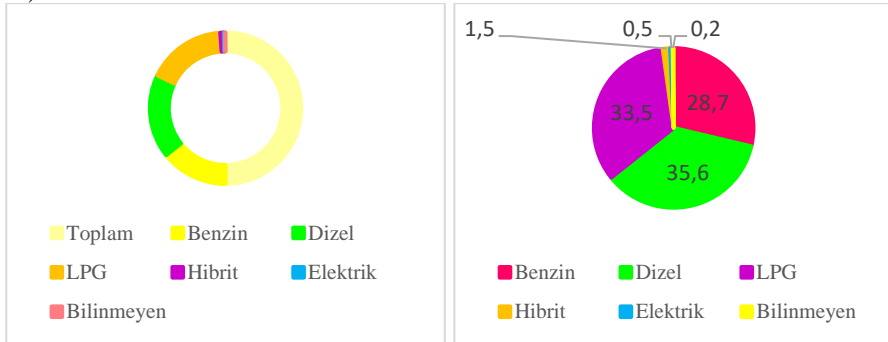


Kaynak: IEA, 2024b

Kısaca ifade etmek gerekirse, elektrikli araç satışının yalnızca bazı ülkelerde yaygın olduğu, diğer ülkelerde henüz yeterince gelişim göstermediği görülmektedir. Ayrıca elektrik kullanımına bağlı olarak petrol tüketimi üzerinde azaltıcı değişimler meydana gelebilir.

Elektrikli araçlara yönelik yapılan faaliyetler ve yatırımlar Türkiye'yi etkilemiş, 21. yüzyılın başında TÜBİTAK aracılığıyla bu konuda incelemelerde bulunmuştur. Bu araçlara Osmanlı Devleti döneminden itibaren ilgi gösterilse de son dönemlerde yatırımlar artış göstermiştir (Karahan vd., 2022: 285). Türkiye'de 2023 yılında trafiğe kayıtlı otomobillerin yakıt cinslerine göre gösterildiği Şekil 5'te elektrikli ve hibrit araçların kullanımı benzin, dizel ve LPG ile çalışan araçlara kıyasla oldukça düşük gerçekleşmiştir.

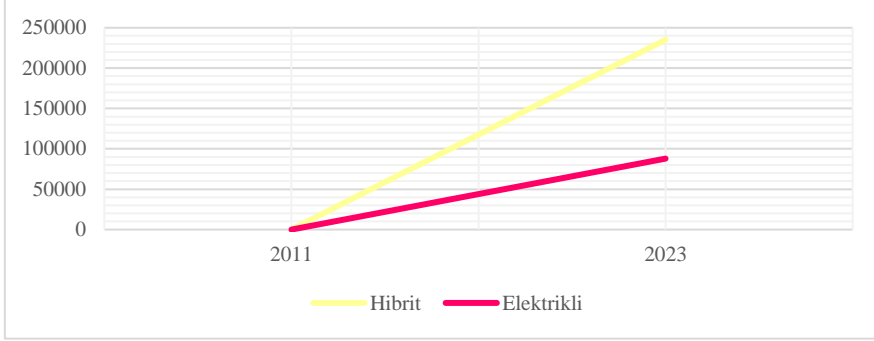
Şekil 5: 2023 Yılı Türkiye'de Trafiğe Kayıtlı Otomobiller ve Yakıt Cinsleri (Milyon-%)



Kaynak: TÜİK,2024a

Türkiye'de 2011 ile 2023 yılları arası dönemde trafiğe kayıtlı olan hibrit ve elektrikli araçlar Şekil 6'da gösterilmiştir. Buna göre elektrikli araçların kullanımı hibrit araçların kullanımına göre oldukça geride kalmıştır.

Şekil 6: Türkiye’de 2011-2023 Yılları Arası Hibrit ve Elektrikli Araçlar⁴



Kaynak: TÜİK, 2024a

4. DOĞU ANADOLU BÖLGESİ İLLERİNİN KARAYOLU ULAŞIM EMİSYONUNUN BELİRLENMESİ

Çalışmanın bu bölümünde çalışma alanı, veri, materyal ve yöntem, bulgular ve tartışma yer almaktadır.

4.1. ÇALIŞMA ALANI

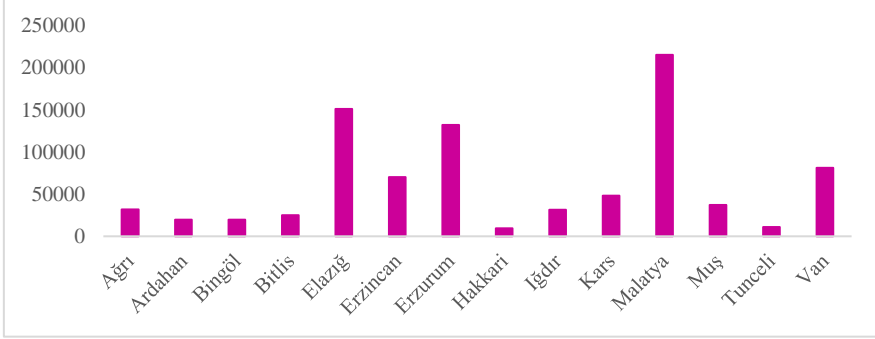
Bu kısımda Doğu Anadolu Bölgesi hakkında genel bir bakış açısı oluşması için bölgenin illeri, nüfusu, araç sayısı ve şarj istasyonlarına kısaca değinilmektedir.

Ağrı, Ardahan, Bitlis, Bingöl, Erzincan, Elazığ, Erzurum, Hakkari, Iğdır, Kars, Muş, Malatya, Tunceli ve Van illerinin bulunduğu Doğu Anadolu Bölgesi (DAP,2014:22), coğrafi bakımdan en geniş bölge olarak bilinmektedir (Kavut ve Çakır-Sümer, 2024: 166). TÜİK’e göre illerin nüfusu 2023 yılında Ağrı ilinde 511,238, Ardahan ilinde 92,819, Bingöl ilinde 285,655, Bitlis ilinde 359,747, Elazığ ilinde 604,411, Erzincan ilinde 243,399, Erzurum ilinde 749,993, Hakkari ilinde 287,625, Iğdır ilinde 209,738, Kars ilinde 278,335, Malatya ilinde 742,725, Muş ilinde 399,879, Tunceli ilinde 89,317, Van ilinde 1,127,612 kişidir (TÜİK, 2024b). İnsan sayısı ve sanayi faaliyetleri bakımından atmosferin kirlenmesine olan katkısının yüksek olmasına ihtimal verilirse de iklim yapısının yazın sıcak kışın ise soğuk bir özellik göstermesinden kaynaklı yakıt kullanımı hava kirliliğine etki etmektedir. Bunun yanı sıra işlemeye dayalı olan sanayi faaliyetleri de bazı illerde kirliliğin artmasına neden olmuştur. Özellikle bölgede bulunan bazı illerde tercih edilen yakıtlara bağlı olarak kirlenme ortaya çıkmakta ve boyutları bazı zamanlarda atılan adımlar sayesinde değişim göstermektedir (Garipağaoğlu, 2003: 69).

Doğu Anadolu Bölgesi’nde bulunan illerin araç sayısının gösterildiği Şekil 7’de, 2023 yılında en fazla araç sayısının Malatya ilinde en az araç sayısının ise Hakkari ilinde olduğu görülmektedir.

⁴ TÜİK’te 2011 yılı ve sonrasında ait veriler bulunmaktadır.

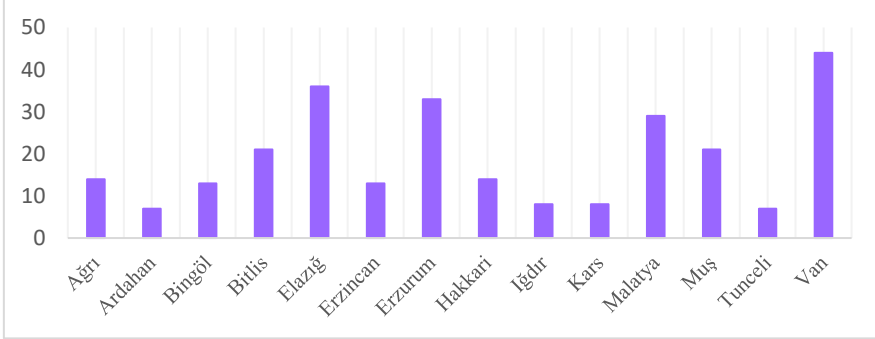
Şekil 7: 2023 Yılı Do ğu Anadolu Bölgesi İllerinde Araç Sayısı



Kaynak: TÜİK,2024c

Şekil 8’de Do ğu Anadolu Bölgesi’nde bulunan illerde bulunan şarj istasyon sayıları gösterilmekte, mevcut verilere göre en fazla şarj istasyonunun Van ilinde bulunduğu görülmektedir.

Şekil 8: Do ğu Anadolu Bölgesi İllerinde Şarj İstasyonu



Kaynak: EPDK

4.2. VERİ

Do ğu Anadolu Bölgesi’nde bulunan Ağrı, Ardahan, Bingöl, Bitlis, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Hakkari, Iğdır, Kars, Malatya, Muş, Tunceli ve Van ilinde karayolu ulaşımının IPCC tarafından önerilen Tier 1 yöntemi ile hesaplanabilmesi için gerekli olan yakıt tüketim verileri EPDK’dan elde edilmekte ve Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1: Doğu Anadolu Bölgesi İllerinde Yakıt Tüketim Miktarı (Ton)

	2010			2023		
	Benzin	Dizel	LPG	Benzin	Dizel	LPG
Ağrı	2,801	33,950	6,203	6,002	85,938	10,641
Ardahan	1,215	16,974	1,169	2,412	25,916	1,691
Bingöl	1,889	17,881	3,626	4,933	40,483	5,689
Bitlis	2,264	15,780	5,277	4,499	78,056	6,982
Elazığ	8,046	80,648	15,330	18,997	153,397	24,207
Erzincan	3,968	47,617	7,703	9,719	83,638	11,178
Erzurum	9,893	95,649	16,942	22,743	170,226	22,512
Hakkari	1,183	5,609	370	2,439	28,350	1,485
Iğdır	1,212	4,396	1,478	3,553	21,052	1,833
Kars	3,135	24,007	3,712	5,923	46,005	4,674
Malatya	9,830	115,130	22,224	23,657	172,976	40,608
Muş	2,029	14,409	5,515	4,524	52,553	8,122
Tunceli	1,062	8,434	1,271	2,205	15,819	1,659
Van	7,131	27,338	9,800	15,112	130,393	17,965

Kaynak: EPDK, 2011a; EPDK, 2011b; EPDK, 2024a; EPDK, 2024b

4.3. MATERYAL VE YÖNTEM

Tier 1 ve Tier 2 yöntemleri yakıt ve emisyon faktörlerinin kullanımı ile emisyon hesaplanmasında kullanılmaktadır. Tier 3 yaklaşımında ise kullanılan faktörler ve veriler farklılık göstermektedir (IPCC, 2006a: 12). Tier 1, CO₂ emisyonunu ve diğer gazların yaydığı emisyonları belirlemek için etkili ve karmaşık olmayan bir yöntemdir. Yakıt kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan emisyonlar üzerinde yakıtların nitelikleri ve teknik detaylar etkili olmaktadır. Buna rağmen her ülkede bu verilerin bulunması zor olduğundan Tier 1 yönteminin kullanılması bu verilere gerek olmadan hesaplama yapma imkânı sunmaktadır (IPCC, 1996: 7). IPCC kılavuzunda yakıtların yanmasına göre belirlenmek üzere karar ağacı bulunmaktadır. Tier 2 ve Tier 3 yöntemleri karayolu ulaşımından kaynaklanan metan ve nitroz oksiti belirlemek için uygun iken, CO₂ emisyonu için Tier 1 yönteminin kullanılması en uygun seçim olabilir (IPCC, 2006b, 8). Yakıt kullanımına bağlı CO₂ emisyonunun belirlenmesinde kullanılan denklemler şu şekildedir (IPCC, 2006c: 5);

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

$$\text{Karbon İçeriği [Gg C]} = \text{Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]} \quad (2)$$

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

$$\text{Karbon Emisyonu [Gg C]} = \text{Karbon İçeriği [Gg C]} \times \text{Oksitlenme} \quad (4)$$

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyon Miktarı [Gg CO}_2] = \text{Karbon Emisyonu [Gg C]} \times 44/12 \quad (5)$$

Tablo 2’de IPCC kılavuzlarında bulunan dönüşüm faktörü ve oranlar gösterilmektedir.

Tablo 2: IPCC Faktör ve Oranlar

	Dönüşüm Faktörü (TJ/kt)	CO ₂ Emisyon Faktörü (tC/TJ)	Oksitlenme Oranı	Molekül Oranı	Ağırlık
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	

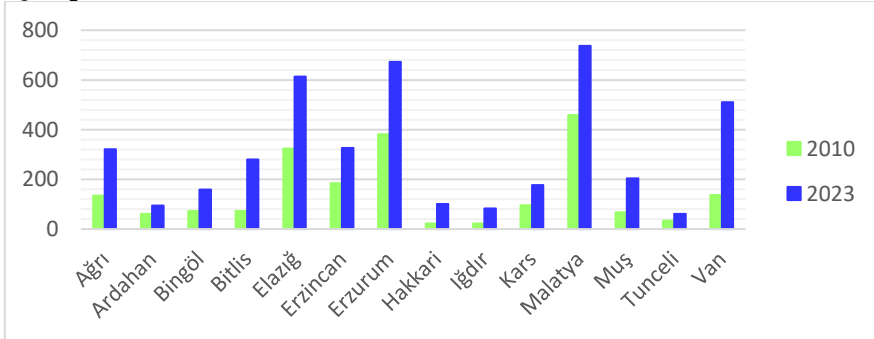
Kaynak: IPCC, 1996; IPCC, 2006b

4.4. BULGULAR

Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan iller için karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonunun belirlenmesinde Tablo 1 ve Tablo 2'de bulunan veri ve oranlar ile eşitlik (1), (2), (3), (4) ve (5)'te yer alan denklemler kullanılmaktadır. Yapılan hesaplama sonucunda elde edilen sonuçlar Şekil 9 ve Şekil 10'da gösterilmektedir.

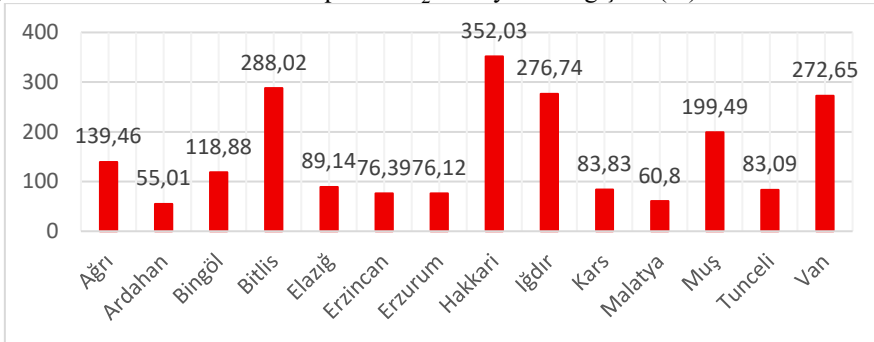
Şekil 9'da Doğu Anadolu Bölgesi illerinde 2010 ve 2023 yıllarında karayolu ulaşımının neden olduğu toplam CO₂ emisyonu gösterilmektedir. Buna göre, karayolu ulaşımının neden olduğu emisyonların 2010 yılında Ağrı'da 133,96 GgCO₂, Ardahan'da 60,68 GgCO₂, Bingöl'de 72,88 GgCO₂, Bitlis'te 72,29 GgCO₂, Elazığ'da 324,23 GgCO₂, Erzincan'da 185,06 GgCO₂, Erzurum'da 381,94 GgCO₂, Hakkari'de 22,39 GgCO₂, Iğdır'da 21,93 GgCO₂, Kars'ta 96,24 GgCO₂, Malatya'da 458,85 GgCO₂, Muş'ta 67,97 GgCO₂, Tunceli'de 33,59 GgCO₂ ve Van'da 136,96 GgCO₂ olarak gerçekleştiği sonucuna ulaşılmaktadır. 2023 yılında ise Ağrı ilinde 320,78 GgCO₂, Ardahan İlinde 94,06 GgCO₂, Bingöl ilinde 159,52 GgCO₂, Bitlis ilinde 280,50 GgCO₂, Elazığ ilinde 613,25 GgCO₂, Erzincan ilinde 326,43 GgCO₂, Erzurum ilinde 672,67 GgCO₂, Hakkari ilinde 101,21 GgCO₂, Iğdır ilinde 82,62 GgCO₂, Kars ilinde 176,92 GgCO₂, Malatya ilinde 737,83 GgCO₂, Muş ilinde 203,56 GgCO₂, Tunceli ilinde 61,50 GgCO₂, Van ilinde 510,38 GgCO₂'dir. Dolayısıyla en yüksek CO₂ emisyonunun Malatya ilinde en düşük CO₂ emisyonunun ise Tunceli ilinde gerçekleştiği görülmektedir.

Şekil 9: Doğu Anadolu Bölgesi İllerinde Karayolu Ulaşımı Toplam CO₂ Emisyonu (GgCO₂)



Şekil 10'da Doğu Anadolu Bölgesi illerinde 2010-2023 yılları arası dönemde toplam CO₂ emisyon değişimi gösterilmektedir. Buna göre en yüksek emisyon artışı %352,03 ile Hakkari ilinde, en düşük emisyon artışı ise %55,01 ile Ardahan ilinde gerçekleşmiştir.

Şekil 10: 2010-2023 Yılları Toplam CO₂ Emisyonu Değişimi (%)



4.5. TARTIŞMA

Bu çalışmada ekonomi içinde önemli bir yere sahip olan karayolu ulaşım sektörüne ve bu sektörden kaynaklanan emisyonlara yoğunlaşılmaktadır. Bu emisyonlara yönelik alınabilecek önlemler elektrikli araçların etkinliği kapsamında değerlendirilmektedir. Bu konuda özellikle literatürde elektrikli araç ve ulaşım ilişkisinin emisyonları düşüreceğine yönelik sonuca ulaşan Alimujiang ve Jiang (2020); Quillos-Ruiz vd., (2021); Obaid vd., (2021); Filigrana vd., (2022); Wang vd., (2022); Alanazi (2023); Mehlig vd., (2023); Vega-Perkins vd., (2023); Zhao vd., (2023); Singh vd., (2024); Tetik-Kollugil vd., (2024); Wilczarska vd., (2024) çalışmaları rastlanmaktadır. Öte yandan emisyonu artırdığını öne süren Woo vd., (2017); Li ve Yan (2024) ve elektrikli araçlarında içinde bulunduğu motorlu araçların kullanılmasının emisyonları azaltacağı sonucuna ulaşan Filigrana vd., (2022) çalışmalarda yer almaktadır. Ancak genellikle elektrikli araçların emisyon üzerinde düşürücü etkide bulunduğunu öne süren çalışmaların ağırlıkta olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu çalışmaların elektrikli araç kullanımının etkili olacağını savundukları çıkarımı yapılabilir.

Bu çalışmada ulaşılan sonuçlar, yenilenemeyen enerji kaynaklarını kullanmanın karayolu ulaşım emisyonlarını artırdığını gösterebilir. Ancak bunun dışında farklı faktörlerin etkisi de bulunabilir. Kullanılan araçların bazı teknik özellikleri bu duruma yol açabilir. Ayrıca elektrikli araç kullanımının ulaşımından kaynaklanan emisyonları azalttığı yönünde pek çok görüş olsa da artırıcı yönde etkide bulunabileceği ihtimalinin de göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Nitekim bu konuda atılabilecek en önemli adımlardan birisi elektrikli araçlarda temiz enerji kullanımı olabilir.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Otomotiv sektöründe, içten yanmalı motorların bulunduğu araçların kullanımı devam etse de bazı ülkelerde elektrikli araçların kullanımının arttığı, ancak halen yeteri kadar yükseliş olmadığı görülmektedir. Elektrikli araçların ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonu azaltıp azaltmayacağına ve ulaşımın ekonomi üzerindeki etkisine yönelik farklı görüşler yer almıştır. Ancak genellikle emisyon salınımını azaltacağı ve ekonomik büyümeyi olumlu etkileyeceği yönünde uzlaşa sağlanmıştır. Türkiye için TÜİK'ten elde edilen veriler doğrultusunda bakıldığında elektrikli ve hibrit araç kullanımı 2011 yılından itibaren başlamış, ancak 2023 yılına kadar daha çok hibrit araç kullanımı artmıştır. Her ne kadar bu araçların kullanımı artsa da halen fosil yakıtların kullanıldığı araçların kullanımının nispeten daha fazla olduğu söylenebilir.

Türkiye'de henüz elektrikli araç kullanımı için gereken altyapının sağlanmadığı, özellikle Doğu Anadolu Bölgesi şarj istasyonlarına bakıldığında bu istasyonların sayısının düşük olduğu görülmektedir. Bölgede bulunan illerde karayolu ulaşımının neden olduğu CO₂ emisyonunu belirlemek için, IPCC tarafından yayınlanan kılavuzda önerilen Tier 1 yöntemi ile hesaplama yapılmaktadır. Elde edilen bulgulara göre, tüm illerde 2023 yılında 2010 yılına kıyasla CO₂ emisyonunun arttığı sonucuna ulaşılmaktadır. Bu sonuçtan hareketle özellikle bazı iller için tedbir alınması gerekmektedir. Buna göre, 2010 yılında emisyonun Malatya ilinde 458,85 GgCO₂, Erzurum'da 381,94 GgCO₂ ve Elazığ'da 324,23 GgCO₂ olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. 2023 yılında ise en fazla CO₂ emisyonuna 737,83 GgCO₂ ile Malatya ilinin neden olduğu, bunu Erzurum'un 672,67 GgCO₂, Elazığ'ın 613,25 GgCO₂ ve Van'ın 510,38 GgCO₂ ile takip ettiği görülmektedir. Ayrıca 2023 yılında Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan Tunceli ilinde karayolu ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonu en düşüktür. 2010-2023 yılları arasında toplam CO₂ emisyon değişiminin en yüksek olduğu ilin %352,03 ile Hakkari, en düşük olduğu ilin %55,01 ile Ardahan olduğu görülmektedir.

Dolayısıyla başta Malatya ili olmak üzere emisyon seviyesindeki yükselişin fazla olduğu iller için tedbir alınmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için öncelikle elektrikli araç altyapısının geliştirilmesi, şarj istasyonlarının artırılması gerekmektedir. Öte yandan elektrikli araçların satın alınmasında caydırıcı etkide bulunan maliyetlerin düşürülmesi, elektrikli araçların teknolojsi ile ilgili oluşan sıkıntılar üzerinde çalışılması, elektrikli araç sahipliğinin artmasına yönelik teşvik edici uygulamaların yapılması etkili olabilir. Özellikle Türkiye'de büyük oranda fosil yakıt kullanımının olduğu otomotiv sektöründe, enerji kaynaklarında dış ülkelere olan bağımlılığın azaltılabilmesi için elektrikle çalışan araçların kullanımının artırılması fayda sağlayabilir. Ayrıca elektrikli araçlarda sadece yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması emisyon seviyesini azaltma ile ilgili verilen mücadelede etkili bir çözüm olabilir. Bunun yanı sıra elektrikli araç kullanımına yönelik devlet desteği sağlanması bu araçlara olan talebi artırabilir. Bu araçları satın almak isteyenlere vergi indirim ya da kredi kolaylığı sağlanması faydalı olabilir. Bunun dışında fosil yakıt kullanımına imkân veren araçlara mali ve finansal açıdan bazı yükler getirilmesi bu araçlara sahip olmak isteyenler için caydırıcı bir adım olabilir.

Bu tür adımların yalnızca yeni araç alımına yönelik olmaması daha etkili bir çözüm için gerekmektedir. Araç yaşı büyük olan ve araç muayenelerinde egzoz ölçümü sonucu emisyonu yüksek çıkan araçlara sahip olanlara takas yoluyla yeni araba sahibi olma fırsatı sunularak teşvik edici yönde uygulamalar yapılabilir. Çevre ve ekonomi başta olmak üzere pek çok alanda etkili olan elektrikli araç kullanımının ulaşım ve çevre sürdürülebilirliğinin sağlanmasına katkı sağlayacağı, ulaşım sürdürülebilirliğinin ise ekonomi üzerinde olumlu etkide bulunacağı düşünülmektedir. Bu sayede mevcut kaynakların geleceğe aktarılarak yalnızca ulusal düzeyde değil küresel boyutta sürdürülebilir bir geleceğin inşa edilmesine katkı sağlanması beklenmektedir.

ELECTRIC VEHICLE TECHNOLOGY, ECONOMY AND TRANSPORTATION SECTOR: THE EXAMPLE OF THE EASTERN ANATOLIA REGION

1. INTRODUCTION

Historically, electric vehicles can be seen as a vehicle that emerged in the 19th century and is gradually developing in the automotive industry. Although they have become widespread with the development of technology, the use of these tools is not preferred much. There have been increases and decreases in its use in some periods throughout history, but its use began to increase after it was understood that it would contribute to the environment. It is seen that the sales of electric vehicles, which are considered important for the economy and the environment, are limited to some countries. Although the interest in these vehicles increased during the Ottoman Empire in Turkey, it can be said that the demand for these vehicles has increased today. In particular, it is seen that the use of electric and hybrid vehicles started in the 21st century and that electric vehicles are used less than hybrid vehicles. However, it can be said that there is less demand compared to other vehicles due to the infrastructure and technical features of electric vehicles not being sufficiently developed, and the charging infrastructure has just begun to develop in some regions in Turkey.

The provinces of the Eastern Anatolia Region can be seen as a place where the charging systems required for electric vehicles are not widespread. Although many reasons are effective on the air quality of the region, estimating the CO₂ emission resulting from road transportation is thought to be important in determining its impact on pollution. In this context, the study aims to calculate the road transportation emissions of the provinces in the region with the Tier 1 method recommended by IPCC. Therefore, based on the results obtained, it is thought that it is necessary to make an evaluation within the scope of the use of electric vehicles in terms of both economy and environment.

2. METHODS

In this study, to determine the CO₂ emissions resulting from road transportation for the provinces of Ağrı, Ardahan, Bingöl, Bitlis, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Hakkari, Iğdır, Kars, Malatya, Muş, Tunceli and Van in the Eastern Anatolia Region between 2010 and 2023. Calculation is made with the Tier 1 method recommended in the guidelines published by IPCC.

3. RESULTS

It was obtained as a result of the calculation made with the Tier 1 method, an approach recommended by IPCC, for the provinces of Ağrı, Ardahan, Bingöl, Bitlis, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Hakkari, Iğdır, Kars, Malatya, Muş, Tunceli and Van in the Eastern Anatolia Region. According to the findings, Malatya province will have the highest CO₂ emissions in 2023, with 737.83 GgCO₂ and Erzurum province will have the highest CO₂ emissions, with 672.67 GgCO₂. Between 2010 and 2023, a total of CO₂ was caused by Elazığ province with 613,25 GgCO₂ and Van province with 510.38 GgCO₂. It is seen that the province with the highest emission change is Hakkari with 352.03%.

4. DISCUSSION

Transportation can be considered a sector that is important for carrying out various activities. It can be said that the transportation sector, which plays a key economic and environmental role, causes emissions and that the use of electric vehicles will be effective in reducing or eliminating these emissions. Considering that it is important to determine transportation-related emissions, especially in the provinces of the Eastern Anatolia Region, where charging systems are thought to be underdeveloped, in order to take appropriate measures, the study calculates the CO₂ emissions resulting from road transportation in the provinces in the region. It can be said that it would be economically and environmentally beneficial to try to determine which of the provinces in the region causes high levels of emission, which province has a higher increase in emission levels compared to the others, and to make appropriate evaluations and suggestions, and to evaluate the result within the scope of electric vehicles.

CONCLUSION

Vehicles with internal combustion engines that use fossil fuels, which are widely used in the automotive industry, may have negative effects on the environment. It can be said that the use of electric vehicles, which emerged as an alternative to these vehicles, is low. Lack of improvements for electric vehicles and problems encountered in their use may have a deterrent effect. It can be said that there has been an increasing trend in the use of electric and hybrid vehicles in Turkey over the last ten years, but the use of electric vehicles is not higher than that of hybrid vehicles. Considering the results obtained based on the calculations made in the study, it is seen that the use of non-

renewable resources such as gasoline, diesel and LPG in road transportation increases the CO₂ emission level of the provinces in the Eastern Anatolia Region. In order to reduce the level of these emissions, the charging infrastructure system, which is thought to be underdeveloped, and the problems related to the use of electric vehicles need to be resolved. In this way, it is thought that more economic returns will be achieved, it will have a positive impact on reducing environmental problems, and it will contribute to regional and global sustainability.

KAYNAKÇA

- Abhiroop (2022). The Evolution of Electric Vehicles: Technological Advancements and Market Dynamics, *International Journal of Science and Research*, 13(5), 1630-1634.
- Aderibigbe, O-O., Gumbo, T. (2023). The Role of Electric Vehicles in Greening the Environment: Prospects and Challenges, *Proceedings of the REAL CORP*, Ljubljana, Slovenia, 777-786.
- Alanazi, F. (2023). Electric Vehicles: Benefits, Challenges and Potential Solutions for Widespread Adaption, *Applied Sciences*, 13, 6016.
- Alimujiang, A. ve Jiang, P. (2020). Synergy and Co-Benefits of Reducing CO₂ and Air Pollutants Emissions by Promoting Electric Vehicles- A Case of Shanghai, *Energy for Sustainable Development*, 55, 181-189.
- Altenburg, T. (2014). From Combustion Engines to Electric Vehicles, A Study of technological Parth Creation and Disruprion in Germany, *Discussion Paper*, ISBN 978-3-88985-654-8.
- DAP (2014). Doğu Anadolu Projesi (DAP) Eylem Planı (2017-2018), T.C. Kalkınma Bakanlığı, www.sp.gov.tr/upload/xSPTemelBelge/files/mnlom+DAP_Eylem_Plani_2014-2018.pdf.
- Durmus-Senyapar, H.N. ve Akıl, M. (2023). Analysis of Consumer Behaviour Towards Electric Vehicles: Intentions, Concerns and Policies, *Journal of Science*, 11(1), 161-183.
- EEA (2005). Electric Vehicle History, <https://www.fveaa.org/docs/EAA/EAA-Flyer-evhistory.pdf>.
- EPDK, Erişim: 20 Ağustos 2024. <https://lisans.epdk.gov.tr/epvys-web/faces/pages/lisans/elektrikSarjAgiIsletmeci/sarjIstasyonuOzetSorgula.xhtml>.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2011a). Petrol Piyasası Sektör Raporu 2010, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu>.
- 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>.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2024a). Petrol Piyasası Sektör Raporu 2023, <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu>.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK (2024b). Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) Piyasası 2023 Yılı Sektör Raporu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108/yillik-sektor-raporu>.

- Fayziyev, P.R., Ikronov, I.A., Abduraximov, A.A. ve Dehqonov, Q.M. (2022). Timeline: History of the Electric Car, *Trends and the Future Developments*, Eurasian Research Bulletin, 6, 89-94.
- Filigrana, P., Levy, J.I., Gauthier, J., Batterman, S. ve Adar, S. D. (2022). Health Benefits from Cleaner Vehicles and Increased Active Transportation in Seattle, Washington, *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 32(4), 538-544.
- Galati, A., Adamashvili, N. ve Crescimanno, M. (2022). A Feasibility Analysis on Adopting Electric Vehicles in the Short Food Supply Chain Based on GHG Emissions and Economic Costs Estimations, *Sustainable Production and Consumption*, 36, 49-61.
- Garipağaoğlu, N. (2003). Türkiye’de Hava Kirliliği Sorununun Coğrafi Bölgelere Göre Dağılımı, *Eastern Geographical Review*,9.
- Githere, D. (2022). The Great Green Road, https://www.researchgate.net/publication/365715089_THE_GREAT_GREEN_ROAD .
- Heldmann, H. (1973). The Role of Transport and Traffic in National Economy, *Intereconomics*, 8(11), 340-343.
- IEA (2024a). Erişim:19 Ağustos 2024 ,<https://www.iea.org/energy-system/transport/electric-vehicles> .
- IEA (2024b). Erişim:19 Ağustos 2024 ,<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-electric-car-stock-2013-2023> .
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (1996), Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 3(1), <https://www.ipcc.nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6a.html> .
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006a). IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, Stationary Combustion, 2(2), https://www.ipccngip.iges.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf .
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006b). 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2(1), https://www.jpcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_1_Ch1_Introduction.pdf.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006c). IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, Reference Approach, 2(6), https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_6Ch6_Reference_Approach.pdf .
- IRENA (2017). Electric Vehicles: Technology Brief, *International Renewable Energy Agency*, Abu Dhabi.
- Joseph, Z.S., Oluropo, O.J., Rotimi, A.S. ve Oladotun, D.F. (2023). Advancement in Electric Vehicle Technology: Challenges and Opportunities for a Sustainable Future, *International Journal of Latest Engineering Research and Applications*,8(8), 07-18.
- Karahan, İ., Kaplan, Y.A. ve Tolun, G.G. (2022). The Current Situation of the Development of Electric Vehicle Technology in Turkey, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Özel Sayı1, 36, 284-287.

- Kavut, S. ve Çakır-Sümer, G. (2024). İklim Değişikliği Bağlamında Doğu Anadolu Bölgesi Belediyelerinde Kentsel Katı Atık Yönetimi, *Bingöl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(1), 161-181.
- Kayode, O., Babatunde, O.A. ve Abiodun, F. (2013). An Empirical Analysis of Transport Infrastructure Investment and Economic Growth in Nigeria, *Social Sciences*, 2(6), 179-188.
- Li, X. ve Yan, X. (2024). Fast Penetration of Electric Vehicles in China Cannot Achieve Steep Cuts in Air Emissions from Road Transport Without Synchronized Renewable Electricity Expansion, *Energy*, 301, 131737.
- Lim, B., Jacob, S.M., Isaac, B. ve Ling, E.A.L. (2007). Efficient Transport and Economic Development: A Transport Survey Analysis, <https://core.ac.uk/pdf/12117867.pdf>.
- Mehlig, D., Staffell, I., Stettler, M. ve ApSimon, H. (2023). Accelerating Electric Vehicle Uptake Favours Greenhouse Gas Over Air Pollutant Emissions, *Transportation Research Part D*, 124, 103954.
- Mnjavac, E. (2001). Transport System as an Element of Sustainable Economic Growth in the Torist Region, 41st Congress of the European Regional Science Association: "European Regional Development Issues in the New Millennium and Their Impact on Economic Policy", Zagreb, Croatia.
- Obaid, M., Torok, A. ve Ortega, J. (2021). A Comprehensive Emissions Model Combining Autonomous Vehicles With Park and Ride and Electric Vehicle Transportation Policies, *Sustainability*, 13, 4653.
- Patil, P. (2019). Innovations in Electric Vehicle Technology: A Review of Emerging Trends and Their Potential Impacts on Transportation and Society, *Reviews of Contemporary Business Analytics*, 2(1), 20-32.
- Patil, P. (2020). An Empirical Study of the Factors Influencing the Adoption of Electric Vehicles, *Contemporary Issues in Behavioral and Social Sciences*, 4(1), 1-13.
- Petrovic, D.T., Pesic, D.R., Petrovic, M.M. ve Mijailovic, R.M. (2020). Electric Cars- Are They Solution to Reduce CO₂ Emission?, *Thermal Science*, 24(5), 2879-2889.
- Pirmana, V., Alisjahbana, A.S., Yusuf, A.A., Hoekstra, R. ve Tukker, A. (2023). Economic and Environmental Impact of Electric Vehicles Production in Indonesia, *Clean Technologies and Environmental Policy*, 25, 1871-1885.
- Quillos-Ruiz, S., Escalante-Espinoza, N. ve Nahui-Ortiz, J. (2020). Introduction of Electric Vehicles in Peru: Potential Contribution to Carbon Emission Reduction, 18th LACCEI International Multi Conference for Engineering, Education and Technology "Engineering, Integration and Alliances for a Sustainable Development" "Hemispheric Cooperation for Competitiveness and Prosperity on a Knowledge-Based Economy", Virtual Edition.
- Saidi, S., Shahbaz, M. ve Akhtar, P. (2018). The Long-Run Relationship Between Transport Energy Consumption and Transport Infrastructure on Economic Growth in MENA Countries, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.03.013>.

- Sanguesa, J.A., Torres-Sanzi V., Garrido, P., Martinez, F.J. ve Marquez-Barja, J.M. (2021). A Review on Electric Vehicles: Technologies and Challenges, *Smart Cities*,4, 372-404.
- Siemens (2020).The Evolution of the Electric Vehicle Market, White Paper, <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:0109b0ae-c47b-4175-a331-3a3daeb64a1c/sids-m40030-00-4aus-lo-res.pdf> .
- Singh, M., Tessum, C.W., Marshall, J.D. ve Azevedo, M.I. (2024). Distributional Impacts of Fleet-Wide Change in Light Duty Transportation: Mortality Risks of PM_{2,5} Emissions from Electric Vehicles and Tier 3 Conventional Vehicles, *Environmental Research Letters*, 19, 034034.
- Sudjoko, C., Sasongko, N.A., Utami, I. ve Maghfuri, A. (2021). Utilization of Electric Vehicles as an Energy Alternative to Reduce Carbon Emissions, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,926, 012094.
- Tetik-Kollugil, E., Sarıca, K. ve Topcu, Y.I. (2024). Electric Vehicles as an Emission Mitigation Option: Expectations and Reality, *Clean Technologies and Environmental Policy*, 1-22.
- Tsikai, E. (2016). Transport a Catalyst for Socio-Economic Growth and Development Opportunities to Improve the Quality of Life,Conference 35th Annual Southern African Transport Conference.
- TÜİK (2024a). Erişim: 20 Ağustos 2024, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Ocak-2024-53453> .
- TÜİK (2024b). Erişim: 20 Ağustos 2024, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2023-49684> .
- TÜİK (2024c) , Erişim:21 Ağustos 2024, <https://data.tuik.gov.tr> .
- Urbanova, M., Ceryova, D., Bend'akova, V. ve Husarova, P. (2023). Electric Vehicles from an Economic Point of View, *Economics and Culture*, 20(1), 102-113.
- Vega-Perkins, J., Newell, J.P. ve Keoleian, G. (2023). Mapping Electric Vehicle Impacts: Greenhouse Gas Emissions, Fuel Costs and Energy Justice in the United States, *Environmental Research Letters*, 18, 014027.
- Wang, H., Zhang, H., Zhao, L., Luo, Z., Hou, K., Du, X., Cui, Z. ve Lu, Y. (2022). Real-World Carbon Emissions Evaluation for Prefabricated Component Transportation by Battery Electric Vehicles, *Energy Reports*,8, 8186-8199.
- Wilczarska, J., Prusiewicz, A., Kulis, E. ve Martinez, J.M. (2024). Analysis of the Possibility of Using Electric Vehicles in a Transport Company, MATEC Web of Conferences, 391, 01016.
- Woo, J., Choi, H. ve Ahn, J. (2017). Well-to-Whell Analysis of Greenhouse Gas Emissions for Electric Vehicles Based on Electricity Generation Mix: A Global Perspective, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*,51, 340-350.
- Zhang, Y. ve Cheng, L. (2023). The Role of Transport Infrastructure in Economic Growth: Empirical Evidence in the UK, *Transport Policy*, 133, 223-233.

- Zhao, X., Hui Hui, Yuan, H. ve Chu, X. (2023). How Does Adoption of Electric Vehicles Reduce Carbon Emissions? Evidence from China, *Heliyon*, 9, e20296.
- Zhao, X., Li, X., Mao, Y. ve Sun, J. (2024). Electric Vehicle Industry and Sustainable Economic Growth: A Measurement, *Coupling and Casual Analysis, Sustainable Futures*, 8, 100242.
- Zimakowska-Laskowska, M. ve Laskowski, P. (2022). Emission from Internal Combustion Engines and Battery Electric Vehicles: Case Study for Poland, *Atmosphere*, 13, 401.

KATKI ORANI / CONTRIBUTION RATE	AÇIKLAMA / EXPLANATION	KATKIDA BULUNANLAR / CONTRIBUTORS
Fikir veya Kavram / <i>Idea or Notion</i>	Araştırma hipotezini veya fikrini oluşturmak / <i>Form the research hypothesis or idea</i>	Serdar ÖZTÜRK Tuğba İBİK
Tasarım / <i>Design</i>	Yöntemi, ölçeği ve deseni tasarlamak / <i>Designing method, scale and pattern</i>	Serdar ÖZTÜRK Tuğba İBİK
Veri Toplama ve İşleme / <i>Data Collecting and Processing</i>	Verileri toplamak, düzenlenmek ve raporlamak / <i>Collecting, organizing and reporting data</i>	Serdar ÖZTÜRK Tuğba İBİK
Tartışma ve Yorum / <i>Discussion and Interpretation</i>	Bulguların değerlendirilmesinde ve sonuçlandırılmasında sorumluluk almak / <i>Taking responsibility in evaluating and finalizing the findings</i>	Serdar ÖZTÜRK Tuğba İBİK
Literatür Taraması / <i>Literature Review</i>	Çalışma için gerekli literatürü taramak / <i>Review the literature required for the study</i>	Serdar ÖZTÜRK Tuğba İBİK