

ULAŞTIRMA SEKTÖRÜNDEKİ ENERJİ TÜKETİMİ, EKONOMİK BÜYÜME VE ÇEVRESEL KALİTE İLİŞKİSİ¹

THE RELATIONSHIP BETWEEN ENERGY CONSUMPTION IN THE TRANSPORTATION SECTOR, ECONOMIC GROWTH, AND ENVIRONMENTAL QUALITY

Mehmet UÇAR

Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi
Gülşehir Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu
Finans Bankacılık ve Sigortacılık Bölümü
mehmet.ucar@nevsehir.edu.tr
ORCID: 0000-0001-6078-7536

Serap ÇOBAN

Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
İktisat Bölümü
seraps@nevsehir.edu.tr
ORCID: 0000-0001-8076-5860

ÖZ

ABSTRACT

Geliş Tarihi:

03.01.2023

Kabul Tarihi:

08.02.2023

Yayın Tarihi:

31.03.2023

Anahtar Kelimeler

Çevresel Kalite,
Ekonomik Büyüme,
Enerji Tüketimi,
Ulaştırma Sektörü,
Yeşil Çevre

Keywords

Environmental
Quality,
Economic Growth,
Energy
Consumption,
Transportation
Sector,
Green Environment

Ülkeler ekonomik büyüme ve kalkınma hedefleri doğrultusunda ekonominin yapı taşı olan tüketimi karşılayabilmek için yoğun sanayi ve üretim tesisleri kurmuşlardır. Üretim ile tüketim arasındaki en önemli bağlantı ulaştırma sektörü olarak karşımıza çıkmaktadır. Ulaştırma sektöründeki enerji tüketimi dünya üzerinde yer alan fosil yakıtların %50 sini, toplam enerji kaynaklarının ise üçte birini kullanmaktadır. Bu çalışmada 1990-2018 yılları arasında 28'i OECD ülkesi olmak üzere toplam 36 ülkedeki ekonomik büyüme, ulaştırma sektöründeki enerji tüketimi, karbondioksit salınımı ve petrol fiyatlarından oluşan değişkenler analiz edilmiştir. OECD üyesi 28 ülke ile bu ülkelerle ticari ilişkileri yoğun olan ve ulaştırma enerjisi tüketimi bu 28 ülke arasında en az olan Lüksemburg'un enerji tüketiminin üzerinde ve ulaştırma enerjisi tüketimi en fazla olan Amerika Birleşik Devletleri'nin altında olan 8 ülke ile ülke gurubu oluşturulmuş ve veri seti Sistem-GMM yöntemiyle analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, literatüre destek veren bir şekilde ulaştırma sektöründe kullanılan enerji tüketiminin ve ekonomik büyümenin çevresel kaliteyi bozduğu yani karbondioksit salınımını artırdığı, petrol fiyatlarında meydana gelen artışın ise karbondioksit salınımını azalttığı sonucuna varılmıştır.

Countries have established intensive industrial and production facilities to meet the consumption, which is the building block of the economy, in line with their economic growth and development goals. The most important link between production and consumption is the transportation sector. The energy consumption in the transportation sector uses 50% of the fossil fuels and one-third of the total energy resources in the world. In this study, between 1990 and 2018, variables consisting of economic growth, energy consumption in the transportation sector, carbon dioxide emissions and oil prices in a total of 36 countries, 28 of which are OECD countries, were analysed. A country group was formed with 28 OECD member countries and 8 countries, which have intense commercial relations with these countries and whose transportation energy consumption is above the energy consumption of Luxembourg, which is the least among these 28 countries, and below the United States, which has the highest transportation energy consumption and the data set was analysed by the System-GMM method. As a result of the analysis, it was concluded that in a way that supports the literature, the energy consumption and economic growth used in the transportation sector deteriorates the environmental quality, that is, increases the carbon dioxide emissions, and the increase in oil prices reduces the carbon dioxide emission.

DOI: <https://doi.org/10.30783/nevsosbilen.1228732>

Atıf/Cite as: Uçar, M. ve Çoban, S. (2023). Ulaştırma sektöründeki enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve çevresel kalite ilişkisi. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi* 13(1), 485-506.

¹ Bu makale "Ulaştırma sektöründeki enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve çevresel kalite ilişkisi (2022)" başlıklı doktora tezinden türetilmiştir.

Giriş

Dünya üzerinde kaynakların plansız ve kontrolsüz kullanımı sonucu kaynakların hızlı ve düzensiz tüketimi neticesinde gelecek nesillere yaşanabilir bir çevre bırakma sorununu gündeme getirmektedir. Bu noktada çevre sorunları, iklim değişikliği, küresel ısınma ve sürdürülebilir kalkınma gibi temel konular küresel tartışmaların odağındadır. Ülkeler sanayileşme, kentleşme, nüfus artışı, teknoloji odaklı üretim ve uzmanlaşma ile hem doğal kaynakları hızla tüketmekte hem de büyüme hedefini yakalamaya çalışmaktadırlar. Ekonomik büyüme ülkeler için her dönem önemli bir hedef olarak farklı şekillerde çözülmeye çalışılmış, ekonomik karar alıcıların ve yöneticilerin özel bir uğraş alanı olmuştur. Ülkelerdeki artan sanayileşme, nüfus ve küreselleşme ile sürdürülebilir temiz (yeşil) çevre son dönemin en önemli ulusal ve küresel gündemlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Ekonomik büyüme ile çevre koruma arasındaki paradoksla yüzleşmek durumunda olan ülkeler, bu iki durumdan da vazgeçemez konumda bulunmaktadır.

Artan sanayileşme, nüfus ve küreselleşme, ulaştırma sektörüne duyulan ihtiyacı sürekli olarak artırmaktadır. Dünya üzerinde en fazla fosil yakıt tüketen sektör konumunda olan ulaştırma sektörü tüm sektörler içinde karbondioksit (CO₂) salınımının tek başına %37'sini salgılamaktadır. Bu oranın 2030 yılında %50'ye, 2050 yılında ise %80'e çıkacağı tahmin edilmektedir (Teter, 2022). Ulaşım sektörüne olan talebin artışı da dünya üzerindeki petrol ve gaz rezervlerinin de hızla azalmasına sebep olmaktadır (Walmsley, ve diğerleri, 2015).

Şimdiye kadar çok sayıda çalışma enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve çevresel bozulma arasındaki ilişkiyi ele almıştır. Bu çalışmalardan bir kısmı gelişmekte olan ekonomileri, bir kısmı gelişmiş ekonomileri, bazıları da farklı bölgelere göre konuyu ele almışlardır. Diğer yandan bazı çalışmalar bu ilişkiyi yeni ekonometrik yöntemler kullanarak araştırırken, bazı araştırmacılar da bu ilişkiyi sektörel verileri kullanarak incelemişlerdir. Ancak sektörel verilere odaklanan çalışmalar oldukça sınırlı kalmış ve çok az çalışma ulaşım sektörüne odaklanmıştır.

Bu çalışmada ise, ulaşımın alt sektörü olan havayolu sektörüne ilişkin enerji tüketimi, petrol fiyatı ve Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYH) değişkenlerinin çevresel kaliteye olan etkisini ölçmek için dinamik panel tahmin yöntemlerinden biri olan iki aşamalı Sistem Genelleştirilmiş Momentler Metodu (Generalized Methods of Moments-GMM) kullanılmıştır. OECD üyesi 28 ülke (*Türkiye, ABD, Almanya, Avustralya, Avusturya, Belçika, Çekya, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Kore Cumhuriyeti, Hollanda, Birleşik Krallık, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, Japonya, Kolombiya, Lüksemburg, Meksika, Norveç, Polonya, Portekiz, Şili, Yeni Zelanda, Yunanistan*) ve bu ülkelerle ticari ilişkileri yoğun olmakla birlikte ulaştırma enerjisi tüketimi bu ülke grupları arasında en az olan Lüksemburg'un üzerinde ve ulaştırma enerjisi tüketimi en fazla olan ABD'nin altında yer alan ancak OECD ülkesi olmayan 8 ülke (*Çin, Brezilya, Hindistan, Endonezya, Tayland, Güney Afrika, Fas, Singapur*) ile birlikte toplam 36 ülke veri seti kapsamında analiz edilmiştir. Bu doğrultuda 1990-2018 dönemi olmak üzere 29 yıllık zaman aralığındaki veriler incelenmiştir.

Kavramsal Çerçeve Açısından Çevresel Kalite, Ekonomik Büyüme ve Enerji

Çevresel kalite; toprak, hava ve suyun gelecek nesillere temiz biçimde bırakılmasını ve biyolojik açıdan çeşitliliğin sürdürülmesinin sağlanmasını ifade etmektedir. Bu sebeple çevresel kalitenin pek çok boyutunun olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır. Çevresel kalitenin boyutlarını su, hava, biyolojik çeşitlilik ve toprak oluşturmaktadır. Hava pek çok elementi kapsayan, önem taşıyan ve canlılığın devamı için gereken bir etmendir. Aynı şekilde biyolojik çeşitlilik de hayatın sürdürülmesinde önem taşımaktadır (Grossman & Krueger, 1995, s. 355). Bu noktada çevresel kalitenin ölçümü önem arz etmektedir. İktisadi açıdan ölçümü yapılırken pek çok değişken kullanılmaktadır. Çevresel kalitenin ölçülmesinde kullanılan değişkenler Çevresel Sürdürülebilirlik Endeksi (ESI) ve Ekolojik Ayak izi (EF) verileriyle sağlanan değişkenlerden oluşmaktadır. EF ve ESI, indeks verileridir. Bu veriler çevresel kaliteye ilişkin detaylı bilgi vermektedirler. ESI veri setinde, çevresel kaliteyi ölçen

dört değişken grubu bulunmaktadır. Bunlar; toprak, hava kalitesi, biyolojik çeşitlilik ve su kalitesidir (Tan, 2016, s. 50).

Hava kalitesinin ölçümü genel olarak, hava kirliliğine neden olan üç farklı kimyasal molekül emisyonu ile yapılmaktadır. Bunlar; nitrojen dioksit (NO₂), kükürt dioksit (SO₂), karbondioksit (CO₂) ve havada asılı haldeki partiküller (TSP)'dir. Bu gazların insan sağlığına önemli olumsuz etkileri bulunmaktadır. Partiküller, likit ve solid olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Solid ve likit, atmosferde parçalanmış biçimde bulunmaktadır. Fosil yakıtların tamamlanmamış şekilde yanması sebebi ile kükürt dioksit gazı açığa çıkmaktadır. Yoğunlukla şehirleşen ve sanayileşen alanlarda bulunmaktadır. Azot oksit (NOX) sabit kaynaklarla otomobil egzozlarından kaynaklı ortaya çıkmaktadır. Karbondioksit gazı ise yine fosil yakıtlar sebebiyle atmosfere yayılmaktadır (Melek Okur, 2019, s. 25).

Ekonomik büyüme kavramı, artan kişi başına düşen gelir neticesinde insanların daha fazla mal ve hizmetler talep etmesi sebebiyle refah düzeylerinin yükselmesini sağlayabilmektedir. Büyüme bakımından daha fazla mal ve hizmet arzı, uygulanan politikalar, kaynakların dağılımı, üretim kapasitesinin büyümesi gibi konular ülkeler açısından önemlidir. Bu noktada diğer önemli bir gösterge olan ülkelerin kalkınma seviyelerindeki değişiklikler, ekonomik büyüme sorununun çözümü dâhilinde farklı yöntemlerin ve uygulamaların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Yardımcı, 2006, s. 97).

Ekonomik büyüme genel hatları ile içsel faktörler sonucunda meydana gelen bir aşama olarak ifade edilmektedir. Bu durum ise ekonomik büyümenin kendiliğinden oluşabilecek bir olgu olduğunun göstergesi niteliğindedir. Ayrıca ekonomik büyüme, mikro ve makro özellikleri olan bir değişkendir. Zira belli bir firma, iş kolu ya da bölgenin büyümesinden bahsederken ekonomik büyüme kavramının kullanılıyor olması bu kavramın mikro niteliklere sahip olduğunu göstermektedir (Berber, 2006, s. 12). Diğer bir ifade ile ekonomik büyüme kavramı bir ülkenin ekonomik gelişimini ifade etmek için kullanılabilceği gibi küçük bir bölge veya sektörün gelişimini anlatmak için de kullanılmaktadır.

Ekonomik büyüme hem gelir seviyesini ve yaşam standartlarını etkilemekte hem de yoksulluğun azalmasını ve insani gelişme seviyesinin yükselmesini sağlayabilmektedir (Acemoğlu, 2009, s. 7-8; Aghion & Howitt, 2009, s. 1-2). Başka bir tanımlamaya göre ekonomik büyüme kavramı, teoride GSYH büyüme oranının değer olarak ifade edilen yıllık üretim artışını ifade etmektedir (Ivic, 2015, s. 55-61). Ekonomik büyüme, ekonomiye ait rakamlar yani ekonomi alanının sayısal kısmı ile ilgilidir. Ekonomik büyüme sürecinin tamamlanmasında KBGSYH ve GSYH ifadelerinin bulunuyor olması, bunun bir göstergesidir. Bir başka ifadeyle ekonomik büyüme sayısal olarak tanımlanabilmesi nedeniyle sayısal bir kavram olarak kabul edilmektedir (Karagül, 2002, s. 9). Öte yandan ekonomik büyüme hareketli ve etkin bir süreç olduğundan, durağan kavramlarla ifade edilmesi mümkün değildir (Kaya Kıraçlar, 2005, s. 18).

Enerji kavramı fizikte iş yapma potansiyelini ifade etmektedir. Enerji; ışık, elektrik, ısı, nükleer, kimyasal, hareket ve elektrik enerjisi gibi farklı türlerde karşımıza çıkmaktadır. Toplam enerji, bir sistem tarafından sahip olunan enerjinin tüm çeşitlerinin toplamıdır (Demirel, 2012, s. 6). Sosyal bilimlere göre enerji, kişilerin yaşamlarını sürdürebilmeleri amacıyla gereksinim duydukları önemli bir kavramdır. İnsanlar hayatlarını sürdürmek için devamlı üretmelidir. Bu üretimi yapmak için ise enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Küreselleşme ile enerjinin önemi de artış göstermiş ve ülkelerin ekonomileri dışında siyasi ve sosyal yapılarına dahi etki edebilen bir duruma gelmiştir. Dünyada sürekli artan enerji tüketimi ülkelerin gelişme seviyelerinin belirleyicisi olan kriterlerden biridir. Dünyada yapılan savaşların ya da bölgesel anlaşmazlıkların esas nedeninin enerji kaynaklarının paylaşımıyla ilgili olduğu tartışılmaktadır (Yılmaz B. , 2019, s. 2773). Bu doğrultuda enerji kaynaklarının üzerinde kısaca durmak gerekmektedir.

Enerji kaynaklarının sınıflandırılmasında farklılıklar görülebilmektedir. Genel olarak yenilenebilir, fosil ve yeni enerji kaynakları olmak üzere üç türü bulunmaktadır. Fosil enerji kaynakları doğal gaz, petrol, kömür ve gibi

kaynaklar iken; yenilenebilir enerji kaynakları ise dalga, jeotermal ve güneş enerjisidir. Hidrojen ve nükleer enerji gibi kaynaklar ise yeni enerji kaynağıdır (Kablamacı, 2004, s. 4).

Ulaştırma sektörü diğer tüm reel sektörlerin bağlayıcısı konumunda olan en önemli sektörlerden bir tanesidir. Bu sektör ana ivmesini enerji kullanımından sağlamaktadır. Dünya üzerinde tüketilen enerji kaynaklarının çok büyük bir kısmı ulaştırma sektörü kaynaklıdır. 2021 yılında tüm sektörlerden kaynaklanan CO₂ emisyonunun %37'si ulaşım sektörü kaynaklıdır (Teter, 2022). Ulaşım sektöründe içten yanmalı motorlar sebebiyle enerji tüketimi genel itibarıyla fosil yakıtlarla sağlanmaktadır. Bu durum dünya üzerinde yer alan enerji kaynaklarının hızla tüketilmesi ve çevrenin de buna paralel kirlenmesi anlamına gelmektedir (IEA, 2022).

Ekonomik yönden ihtiyaçların karşılanabilmesi için mal ve hizmetlerin bir yerden bir yere taşınmasına ulaşım denilmektedir (Saatçioğlu, 2006, s. 1). Ulaştırma; şehir ve bölge planlama kavramlarından, hizmet sektörüne ve ekonomik hayata kadar günlük yaşamda önemli bir yer tutan üretim, tüketim, erişim, ısınma gibi tüm aktivitelerinin önemli aktörlerinden biri olan ve günümüz dünyasında tedarik zincirinin en önemli halkası haline gelen hem kendi içerisinde hem de diğer sektörler ile ülke ekonomisinin dinamosu olan bir sektör olarak kabul edilmektedir (Erdoğan, 2016, s. 188). Ulaştırma sektörü; karayolu, havayolu, denizyolu, demiryolu ve boru hattı olarak beş farklı şekilde ekonomik ve toplumsal hayata girmiştir.

Çalışmada seçilen ülke grubunun OECD ülkeleri ile OECD üyesi olmayan fakat bu ülkelerle ticari ve ekonomik açıdan yoğun ilişki içerisinde bulunan ayrıca enerji tüketimi açısından en yüksek tüketime sahip olan ülke grubu olması literatür açısından bir yenilik oluşturmaktadır.

Ulaştırma Sektöründeki Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Çevresel Kalite İlişkisi: Literatür Taraması

Ulaştırma sektöründe enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve çevresel kalite ile ilgili yapılan literatür taraması ulaştırma sektörü ve ekonomik büyüme ilişkisi, ulaştırma sektörü ve CO₂ emisyonu ilişkisi ve ekonomik büyüme ile CO₂ emisyonu ilişkisi olmak üzere üç ayrı başlık altında aktarılacaktır.

Ulaştırma Sektörü-Ekonomik Büyüme İlişkisi

Enerji tüketimi ile GSYH arasında nedensellik bağı bulunup bulunmadığına dair Kraft ve Kraft (1978) ABD örneğinde, Abosedra ve Baghestani (1989) ABD örneğinde ve Cheng ve Lai (1997) Tayvan örneğinde nedensellik ilişkisinin yalnızca GSYH'den enerjiye doğru tek yönlü ve doğrusal olduğunu; enerjiden GSYH'ye dönük olarak herhangi bir nedensellik bağının bulunmadığını ileri sürmektedirler. Buna karşın Akarca ve Long II (1980), Kraft ve Kraft (1978)'in çalışmasını vurgulayarak hata yapıldığını, yeniden incelendiğinde ABD için toplam enerji tüketimi ile gelir arasında nedensellik ilişkisini ortaya çıkaracak herhangi bir kanıtın bulunmadığını söylemişlerdir. Yine Hwang ve Gum (1991) Tayvan'da, Masih ve Masih (1997) Kore'de enerji tüketimi ve GSYH arasında iki yönlü nedensellik ilişkisinin gözlemlendiğini belirtmektedirler.

Soytaş vd. (2001) zaman serisi yöntemi ile yaptıkları çalışmada enerji tüketiminden GSYH'ye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğunu ve enerji tasarrufunun uzun vadede ekonomik büyüme açısından sorunlara yol açabileceğini söylemektedirler. Bowden ve Payne (2009) ABD'de, 1949-2006 arası verileriyle Toda – Yamamoto Nedensellik yöntemini kullanarak yaptıkları çalışmada enerji tüketimi ile reel GSYH arasındaki ilişkinin belirtilen dönemde sektörel anlamda tek tip olmadığını ileri sürerek, enerji tüketimi ile reel GSYH arasında nedensel bir ilişkinin bulunmadığı hipotezini, toplam ve ulaştırma birincil enerji tüketimi ölçümlerinin sonuçlarıyla desteklemektedirler.

Hindistan'dan alınan verilerle Angle-Granger düzeltme yöntemini kullanan Paul ve Bhattacharya (2004), enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında ikili bir nedensellik ilişkisi olduğunu göstermişlerdir. Yine Erdal vd.

(2008) nedensellik yöntemini kullanarak Türkiye’de enerji tüketimindeki artışın ekonomik büyümeyi artırdığını ve bu durumun tersinin de geçerli olduğunu ortaya koymuşlardır. Aynı şekilde Dagher ve Yacoubian (2012) Granger nedensellik yöntemi ile Lübnan üzerinde yaptıkları çalışmada; kısa ve uzun vadede enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir ilişkiye dair güçlü kanıtlar bulduklarından bahsetmişlerdir. Ayrıca enerjinin, Lübnan'daki ekonomik büyümeyi sınırlayan bir faktör olduğunu belirtmişlerdir. Muhammad (2019) ise MENA ülkelerinde enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi olumsuz yönde etkilediğini, ancak gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyümeye hız kattığını; enerji tüketimi, CO₂ emisyonu ve ekonomik büyüme değişkenlerini kullanarak GMM yöntemiyle yaptığı çalışmada ortaya koymuştur. Aynı çalışmada elde edilen diğer sonuçlar ekonomik büyümenin gelişmiş ve MENA ülkelerindeki CO₂ emisyonunu artırdığı, CO₂ emisyonunun gelişmiş ve MENA ülkelerindeki ekonomik büyümeyi artırdığı ve ekonomik büyümenin gelişmekte olan ülkelerde enerji tüketimini artırdığıdır. Koç (2020) 132 ülke verileri ile yaptığı panel veri analizinde; ulaşım, sanayi, tarım ve hizmet sektörlerindeki enerji kullanımı ile ekonomik büyüme arasındaki pozitif bir ilişkiyi ortaya koymuştur. Usta ve Berber (2017) Toda-Yamamoto Nedensellik yöntemini kullanarak Türkiye’de ulaştırma ve sanayi sektörlerindeki enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit etmişlerdir. Bernard ve Obi (2016) Nijerya’da sektörel (sanayi, tarım, ulaştırma, ticaret ve konut) enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında zaman serisi yöntemiyle yaptıkları çalışmada bütün değişkenlerin Nijerya açısından ekonomik büyümeye katkı sağladığını, sektörler içerisinde ise en fazla katkıyı konut sektörünün sağladığını tespit etmişlerdir. Costantini ve Martini (2010) gelişmiş ve gelişmekte olan 71 ülkede (26 OECD ve 45 OECD dışı) vektör hata düzeltme modeli (VECM) ve nedensellik yöntemleri ile Ekonomik Büyüme (ulaştırma sektörü için) ve tüm ekonomi ve ana sektörler, sanayi, ticaret ve kamu hizmetleri, ulaşım ve konut sektörü için nihai enerji tüketimi değişkenlerini kullanarak yaptıkları çalışmada alternatif ülke örneklerinin, özellikle çok değişkenli çok sektörlü bir çerçevede nedensellik ilişkilerini neredeyse hiç etkilemediğini tespit etmiş; ulaştırma sektörü için, her üç nedensellik türünün de OECD ve OECD üyesi olmayan ülkeler için birbirine zıt sonuçlar gösterdiğini ve yapısal olarak farklı ülkelerde benzer enerji politikalarının uygulanmasının karşıt etkiler yaratabileceğini ortaya koymuşlardır.

Ulaştırma Sektörü-CO₂ Emisyonu İlişkisi

Chen ve Lei (2017) Çin (Pekin) özelinde yaptıkları çalışmada ulaştırma sektörü, enerji tüketimi ve CO₂ arasındaki nedenselliği ölçmeyi hedeflemişlerdir. Sonuç olarak kişi başına GSYH’nin CO₂ üzerinde doğrudan olumlu etkisi tespit edilmiş olup, taşımacılık sektörünün CO₂ emisyonuna dolaylı yünden etkisi ortaya konulmuştur. Bununla birlikte, ekonomik büyüme modelindeki değişim, ulaştırma sektörünün enerji yoğunluğunu doğrudan ve ulaşım yoğunluğunu dolaylı olarak azaltarak, CO₂ emisyonunun büyüme oranını bir şekilde engellemektedir. Enerji yoğunluğunun karbon emisyonu üzerinde önemli bir olumlu etkisi tespit edilmiştir. Bu nedenle ulaştırma sektöründe enerji yoğunluğunun azalmasının karbon emisyonundaki artışı bir ölçüde engellediği belirlenmiştir. Wang vd. (2017), Çin özelinde LMDI yöntemini kullanarak ulaşım sektörlerini etkileyen faktörlerin eğilimini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre yolcu ve yük taşımacılığının CO₂ emisyonunun 1990'dan 2015'e büyüme gösterdiği, kişi başına GSYH ve nüfus hem yolcu hem de yük taşımacılığı için CO₂ emisyonunun artışı teşvik ettiği ve nakliye yapısı, yük için CO₂ emisyonunun artışı teşvik etmektedir. Bunların arasında ekonomik faktörün en büyük katkıyı yaptığı ortaya konulmuştur. Aktivite yoğunluğunun CO₂ emisyonunun artmasını ve ulaşım yapısının ise yolcular için CO₂ emisyonunun artmasını sınırladığını tespit etmişlerdir. Yine Wang vd. (2011) Çin özelinde LMDI yöntemini kullanarak ulaştırma sektörü CO₂ emisyonunun değişimini etkileyen potansiyel faktörleri tespit etmeye çalıştıkları çalışmada, karayolu taşımacılığının en büyük CO₂ yayıcısı olduğu ortaya konulmuş ve kişi başına ekonomik aktivite etkisinin artan CO₂ emisyonundan sorumlu olduğu tespit edilmiştir. Çin özelinde yapılan diğer bir çalışmaya göre ise Li vd. (2019) LMDI yöntemini kullanarak ulaştırma sektörünün gelişimi ile CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi tespit etmeye çalışmışlardır. Sonuç olarak ise ulaştırma

sektöründen kaynaklanan CO₂ emisyonunun 2000'den 2015'e kadar yıllık %10,5'lik bir büyüme oranında sürekli arttığı görülmüştür. Hao vd. (2015) ise Çin'de yük taşımacılığı enerji tüketimi ve sera gazı emisyonu arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için çalışma yapmışlardır. Çalışmaya göre Çin'in yük taşımacılığı sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonunun 2013 yılında 788 mt.² CO₂ olduğu ve bu miktarın ülke çapındaki sera gazı emisyonunun yaklaşık %8'ini oluşturduğu belirlenmiştir. BAU³ senaryosuna göre, enerji tüketimi ve sera gazı emisyonunun önümüzdeki on yıllarda hızla artacağı ve 2010'dan 2050'ye kadar yaklaşık 1,5 kat artacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca sera gazı emisyonunun tahmini olarak 2045'te zirve yapacağı ve bu durumun en büyük sebebinin karayolu taşımacılığı olduğu belirtilmektedir. Mustapa ve Bekhet (2016) Malezya açısından ulaşım sektörü ve CO₂ arasındaki ilişkiyi ortaya koymak amacıyla optimizasyon yaklaşımını kullanmışlardır. Neticede Malezya'da ulaştırma sektörünün toplam CO₂ emisyonunun %28'ini oluşturduğu ve bunun %85'inin karayolu taşımacılığından kaynaklandığı tespiti yapılmıştır. Aynı zamanda optimizasyon yaklaşımı ile Malezya'da karayolu taşımacılığının neden olduğu CO₂ emisyonunun %6,55 azaltılabileceği sonucuna varılmıştır. Kharbach ve Chfadi (2017) yaptıkları çalışmada LMDI yöntemini kullanarak karayolu taşımacılığındaki CO₂ emisyonunda ortaya çıkan yükselmenin ana nedeni olarak nüfus ve araç sayısındaki artışı tespit etmişlerdir. Alkathlan ve Javid (2013) Suudi Arabistan'da 1980-2011 döneminde ekonomik büyüme, karbon emisyonu ve enerji tüketimi ilişkisini inceledikleri çalışmada, kişi başına düşen karbon emisyonunun Suudi Arabistan'da kişi başına gelirdeki artışla arttığını ve karbon emisyonu ile kişi başına düşen gelir arasında durağan olarak artan bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır. Ancak Suudi Arabistan ekonomisinin petrolden gaz tüketimine geçmesi durumunda kişi başına gelir arttığında karbon emisyonunun azaltılabileceği de ortaya konulmuştur.

Timilsina ve Shrestha (2009) Asya ülkelerinde ulaştırma sektörü CO₂ emisyonunun büyümesini etkileyen potansiyel faktörleri, yıllık emisyon artışını yakıt karışımı, modal değişim, kişi başına GSYH'deki değişiklikleri temsil eden bileşenlere ayırarak analiz etmektedirler. Kişi başına düşen GSYH, nüfus artışı ve ulaşım enerji yoğunluğundaki değişimlerin, dikkate alınan ülkelerde ulaştırma sektörü CO₂ emisyonu büyümesini yönlendiren ana faktörler olduğu tespit edilmiştir. Mrahi vd. (2013) Tunus'ta araç yakıt yoğunluğu, araç yoğunluğu, kişi başı GSYH, 1990–2006 döneminde karayolu taşımacılığı sektöründe enerji tüketimindeki değişimin ana itici güçlerinin kentleşmiş kilometreler ve ulusal karayolu ağı olduğunu ortaya koymuşlardır. Ong vd. (2012) Malezya için ulaşım sektörüne yönelik olarak enerji modeli ve politikası tavsiyesinde bulunmuşlardır. 2012 verilerine göre tek başına ulaşım sektörü toplam enerji tüketiminin %36'sını oluşturmaktadır ve bu oran giderek artmaktadır. 1995 yılında yaklaşık 24 milyon ton CO₂ salındığı ve 2008 yılında 50 milyon tona çıktığı ortaya çıkmıştır. Bu nedenle bu sektörde enerji talebini dengelemek ve emisyonu azaltmak için uygun enerji politikasının benimsenmesine duyulan ihtiyaç belirtilmiştir. Bu noktada yakıt tüketimini azaltmak için karayolu taşımacılığında uygulanan yakıt ekonomisi standardı, yakıt ekonomisi etiketi ve yakıt değiştirme gibi birçok politikadan bahsedilmiştir. Yakıt ekonomisinin zorunlu olarak uygulanmasının birçok ülkede ulaştırma sektöründen enerji talebi ve sera gazı emisyonunu kontrol etmede etkili bir araç olduğu görülmüştür. Bunun da ötesinde, yakıtın alternatif yenilenebilir yakıtla geçişi, fosil yakıt tüketimi kılığını çözebileceği görüşüyle birlikte biyodizel, çevre dostu bir alternatif dizel yakıt olarak pazarda giderek kabul görmektedir. Malezya, palmiye yağı bazlı biyodizel üretimi için büyük bir potansiyele sahiptir ve biyodizel, fosil yakıtın çevreye olan olumsuz etkisini azaltmada önemli bir rol oynayacaktır. Ancak yenmeyen bitkisel yağların dizel motora alternatif yakıt olarak kullanılması, gıda olarak yemeklik yağ ihtiyacı ve biyodizel üretim maliyetinin düşmesi ile hızlanmaktadır. Bu nedenle, jatropha ve calophyllum inophyllum, Malezya'da biyodizel için hammadde olarak büyük bir potansiyele sahiptir. Bunun dışında, biyodizelin tesis edilebilmesi ve piyasada olgunlaşmaya devam edebilmesi için çeşitli hususların incelenmesi ve üstesinden gelinmesi gerekmektedir. Rasool vd. (2019) Pakistan'ın ulaşım sektörünün CO₂ emisyonu üzerindeki petrol fiyatları, karayolu taşımacılığının enerji yoğunluğu, ekonomik büyüme ve nüfus

² Mt.: Megaton (1 milyon ton değerindeki kütle birimi).

³ BAU: Olağan Durum Senaryosu

yoğunluğunun etkisini inceledikleri çalışmada, uzun vadeli sonuçlar açısından petrol fiyatlarındaki ve ekonomik büyümedeki artışların ulaşım sektörünün CO₂ emisyonunu azaltmaya yardımcı olduğunu, artan enerji yoğunluğu, nüfus yoğunluğu ve yol altyapısının bunları artırdığını ve nüfusun baskın bir rol oynadığını ortaya koymuşlardır. Ahmed vd. (2020) Hindistan'daki karayolu taşımacılığı enerjisini, ekonomik büyümeyi, sanayileşmeyi, kentleşmeyi, petrol fiyatlarını ve karayolu altyapısını birleştiren emisyonun itici faktörlerini inceledikleri çalışmada, karayolu taşımacılığı enerjisinin, karayolu altyapısının, ekonomik büyümenin ve sanayileşmenin Hindistan'da ulaştırma CO₂ emisyonunun temel faktörleri olduğunu belirlemişlerdir. Pablo-Romero vd. (2017) 27 Avrupa ülkesinde kişi başına enerji kullanımı açısından toplam ulaşım enerji kullanımı, evsel ulaşım enerji kullanımı ve üretken ulaşım enerjisi kullanımını incelemişlerdir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, veriler içbükey bir şekli desteklemekte olup, dönüm noktasına ulaşmamıştır. Sonuçlar EKC'nin dönüm noktasına hiçbir durumda ulaşılmadığını göstermiştir.

Ekonomik Büyüme-CO₂ Emisyonu İlişkisi

Kaika ve Zervas (2013) ile Cole vd. (2011) Çin'de ekonomik büyüme, endüstriyel kirlilik, DYY ve enerji tüketimi nedeniyle gelir ve emisyon arasında geniş kapsamlı pozitif ilişki bulmuşlardır. Mbarek vd. (2014) Tunus örneğinde enerji tüketimi ile GSYH ile ölçülen ekonomik büyüme arasında olumlu bir etkinin varlığını ortaya koymuşlardır. Dolayısıyla, kısa vadede GSYH ile CO₂ emisyonu arasında tek yönlü bir ilişki vardır. Begum vd. (2015) Malezya örneğinde hem kişi başına enerji tüketiminin hem de kişi başına GSYH'nin kişi başına karbon emisyonu üzerinde uzun vadeli olumlu etkileri olduğunu, ancak nüfus artış oranının kişi başına CO₂ emisyonu üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir. Ancak çalışma, uzun vadede ekonomik büyümenin Malezya'daki CO₂ emisyonu üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olabileceğini öne sürmektedir. Sasana ve Aminata (2019) Endonezya örneğinde ekonomik büyümenin, birincil enerji tüketiminin ve nüfus artışının CO₂ emisyonunu olumlu etkilediği, yenilenebilir enerji tüketiminin ise CO₂ emisyonunu olumsuz etkilediği sonucuna varmışlardır. Mohmand vd. (2021) Pakistan örneği içinse ulaşım altyapısı, ekonomik büyüme ve yakıt tüketiminden CO₂'ye kadar uzanan kısa vadeli bir nedensellik tespit etmişlerdir. Sonuçlar aynı zamanda uzun vadede ekonomik büyüme ile altyapı arasında çift yönlü bir ilişkinin var olduğunu da ortaya koymaktadır. Ayrıca ekonomik büyüme, altyapı ve tüketimden emisyon kadar tek yönlü bir nedensellik vardır. Dolayısıyla ekonomik büyüme, geri bildirimle birlikte altyapı ve emisyonda artışa neden olmaktadır.

Ajmi vd. (2015) Almanya haricindeki G7 ülkelerinde enerji tüketimi, CO₂ emisyonu ve GSYH arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Ülkelerin bazılarında tek yönlü bazılarında çift yönlü olacak şekilde farklı nedensellikler çıkmıştır. Bu durum ülkelerin farklı derecelerde olacak şekilde bir bütün olarak düşünüldüğünde yüksek derecede enerjiye bağımlı ekonomiler olduğunu göstermektedir.

Arvin vd. (2015) G20 ülkeleri düzeyinde ulaşım yoğunluğu, ekonomik büyüme, CO₂ emisyonu ve kentleşme arasındaki ilişkiyi çalışmışlardır. Kısa vadede bu dört değişken arasında bir nedensel bağlantı ağı bulunmuştur. Ayrıca ekonomik büyümenin, diğer değişkenlerdeki değişikliklere yanıt olarak uzun vadeli denge yoluna yakınsama eğiliminde olduğu görülmektedir. Temel sonuç olarak bulunan ise ekonomik büyümeyi ilerletmek için gelişmekte olan ülkelerde G20 kapsamında yolcu taşıma yoğunluğunun iyileştirilmesi gerektiğidir.

Andreoni ve Galmarini (2012) Avrupa taşıma emisyonu açısından hem su hem de havacılık taşımacılığı faaliyetlerinde AB'de bulunan 27 ülkedeki CO₂ emisyonundaki artışın arkasındaki ana faktör olduğunu belirlemiştir. Enerji kaynaklı CO₂ emisyon artışlarını etkileyen ana faktör ekonomik büyüme olarak ortaya konulmuştur.

Govindaraju ve Tang (2013) Çin ve Hindistan örneklemlerinde CO₂ emisyonu, ekonomik büyüme ve kömür tüketimi ilişkisini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre Çin'de eş bütünleşmenin varlığı ortaya çıkmıştır,

ancak Hindistan'da durum bu şekilde değildir. Yine Çin'de tek yönlü nedensellik, ekonomik büyümeden CO₂ emisyonuna kadar uzanmaktadır. Hindistan örneğinde ise sadece kısa vadeli bir nedensellik tespit edilmiştir.

Heidari vd. (2015) 5 ASEAN ülkesi açısından ekonomik büyüme, CO₂ emisyonu ve enerji tüketimi değişkenleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. İncelenen değişkenler arasında net bir doğrusal olmayan ilişki olduğu saptanmıştır. Çalışmaya göre ASEAN ülkelerindeki EKC hipotezinin geçerliliğini desteklemektedir. Narayan vd. (2016) 181 ülke için çapraz korelasyon tahmini yöntemini kullanarak ekonomik büyüme ile CO₂ emisyonunu incelemişlerdir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre 181 ülkeden 21'i (%12) için, EKC hipotezini destekleyen net kanıtlar tespit edilmiştir. Ayrıca gelirdeki artışın gelecekte emisyonu azaltıp azaltmadığı sorusuna 49 ülke için (%27), gelir artışının gelecekte emisyonu azaltacağı öngörüsü ortaya çıkmıştır.

Nasreen vd. (2017) Güney Asya ülkeleri açısından finansal istikrar, ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve CO₂ emisyonu ilişkisi üzerine çalışmışlardır. Çalışma da finansal istikrarın çevre kalitesini iyileştirdiği gösterilmekte olup; ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve nüfus yoğunluğundaki artışın uzun vadede çevre kalitesi için zararlı olacağı belirtilmiştir. Sonuçlar ayrıca, gelir ve çevre kalitesi arasında ters U şeklinde bir yol olduğunu varsayan EKC hipotezini de desteklemektedir. Dahası çalışma, finansal istikrardan CO₂'ye uzanan tek yönlü nedenselliğin kanıtını ortaya koymuştur.

Apergis ve Payne (2009) 6 tane Orta Amerika ülkesi üzerinde yaptığı çalışmada enerji kullanımının emisyon üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak önemli derecede etkisini ortaya koymuşlardır. Emisyonun gerçek çıktıyla arttığı, dengelendiği ve sonra azaldığı EKC hipotezini desteklemektedir. Hem enerji tüketiminin hem de büyümenin kısa vadede emisyonu azaltacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Ulaştırma Sektöründeki Enerji Tüketimini, Ekonomik Büyüme ve Çevresel Kalite İlişkisi Üzerine Bir Uygulama

Bu bölümde çalışmanın uygulaması, kurulan dört ayrı model ile yapılacak olup; veri seti, modeller, Sistem-GMM yöntemi ve ampirik bulgulardan ve sonuçlardan bahsedilecektir.

Veri Seti

Ekonomik büyüme, ulaştırma sektöründeki enerji tüketimi, CO₂ tüketimi ve petrol fiyatlarından oluşan değişkenler ile OECD üyesi 28 ülke (Türkiye, ABD, Almanya, Avustralya, Avusturya, Belçika, Çekya, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Kore Cumhuriyeti, Hollanda, Birleşik Krallık, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, Japonya, Kolombiya, Lüksemburg, Meksika, Norveç, Polonya, Portekiz, Şili, Yeni Zelanda, Yunanistan) ve bu ülkelerle ticari ilişkileri yoğun olmakla birlikte ulaştırma enerjisi tüketimi bu ülke grupları arasında en az olan Lüksemburg'un üzerinde ve ulaştırma enerjisi tüketimi en fazla olan ABD'nin altında olan 8 ülke (Çin, Brezilya, Hindistan, Endonezya, Tayland, Güney Afrika, Fas, Singapur) ile birlikte toplam 36 ülke veri seti kapsamında analiz edilmiştir. 1990-2018 dönemi olmak üzere 29 yıllık zaman aralığında ulaştırma enerjisi tüketimi fazla olan bu ülkelerin aynı zamanda endüstri enerji tüketimleri de ulaştırma sektöründeki enerji tüketimine paralel olarak yüksek olduğu gözlemlenmiş ve ulaştırma sektörü ile endüstri sektörünün tedarik zinciri açısından birbirine bağlı ve bağımlı sektörler olduğu düşüncesi ile veri seti oluşturulmuştur. Oluşturulan modellerde kullanılan değişkenler; CO₂ (metric tons per capita), Oil Prices (Oil: Crude oil prices-US dollars per barrel-\$ money of the day), Total Energy Consumption of Transport (PJ= Petajoule) ve GDP per capita (constant 2015 US\$) kullanılmaktadır.

Kullanılan Değişkenler ve Model

Çalışmada çevresel kaliteyi etkileyen faktörleri ölçmek amacıyla kullanılan değişkenler şu şekildedir:

(i) *Bağımlı Değişken: Karbondioksit Tüketimi (CO₂)*

Tablo 1. Bağımlı Değişken Tablosu

Bağımlı Değişken	Değişken Tanımı
CO ₂	Karbondioksit emisyonu (Kişi başına metrik ton)

Karbondioksit tüketimi, çevresel kaliteyi ölçme açısından literatürde sık kullanılan bir değişken olduğu için (Çetin, Kırıcı, Saygın, & Alaşahan, 2018) bu çalışmada çevresel kaliteyi ölçmek için bağımlı değişken olarak CO₂ kullanılacaktır.

(ii) *Bağımsız Değişkenler: Çevresel Kaliteyi Etkileyen Değişkenler*

Tablo 2. Bağımsız Değişkenler Tablosu

Bağımsız Değişken	Değişken Tanımı
Oilprice	Ham Petrol Varil Fiyatı / 2020\$ Fiyatları ile
Encon	Ulaştırma Sektöründeki Enerji Tüketimi (PJ)
GDPpc	Kişi Başına GSYH (2015 Sabit ABD \$)

Tablo 3. Veri Kaynakları

Değişken Adı	Kaynağı
Karbondioksit Emisyonu (CO ₂ , Metric tons per capita)	World Bank (Dünya Bankası)
Oilprice (Ham petrol varil fiyatı/2020\$ Fiyatları ile)	BP Statistical
Encon (Ulaştırma sektöründeki enerji tüketimi (PJ))	IEA (International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı))
GDPpc (Kişi Başına GSYH)	World Bank (Dünya Bankası)

Seçili ülkelerde çevresel kaliteyi etkileyen ulaştırma sektöründeki enerji tüketimi, petrol fiyatları ve kişi başına GSYH değişkenleri kullanılarak değişkenler doğrultusunda çevresel kalitenin ülkelerin ithalat ve ihracatı için en önemli sektörlerden biri olan lojistik sektörü kapsamında ulaştırma sektöründe kullanılan enerji tüketiminden, kişi başına GSYH ve ham petrol fiyatlarından nasıl etkilendiği ortaya konulmaya çalışılmaktadır.

Bu çalışmada ele alınan değişkenlerin tamamının birlikte yer aldığı Model 1 ve her bir değişkenin bireysel etkisinin ortaya konulması amacıyla oluşturulmuş Model 1, Model 2, Model 3 ve Model 4 Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (Generalized Method of Moments-GMM) ile tahmin edilmektedir.

Model 1

$$CO_{2,i,t} = \alpha_1 + \alpha_2 CO_{2,i,t-1} + \alpha_3 OILPRICE_{i,t} + \alpha_4 ENCON_{i,t} + \alpha_5 GDP_{i,t} + \epsilon_{1i,t}$$
$$i=1,\dots,N, t=1,\dots,T$$

Model 2

$$CO_{2,i,t} = \beta_1 + \beta_2 CO_{2,i,t-1} + \beta_3 OILPRICE_{i,t} + \epsilon_{2i,t}$$
$$i=1,\dots,N, t=1,\dots,T$$

Model 3

$$CO_{2,i,t} = \gamma_1 + \gamma_2 CO_{2,i,t-1} + \gamma_3 ENCON_{i,t} + \epsilon_{3i,t}$$
$$i=1,\dots,N, t=1,\dots,T$$

Model 4

$$CO_{2,i,t} = \theta_1 + \theta_2 CO_{2,i,t-1} + \theta_3 GDP_{i,t} + \epsilon_{4i,t}$$

Analiz Yöntemi: Sistem-GMM

Çalışmamızda bağımsız değişkenlerin (encon, oilprice, GDP) çevresel kaliteye CO₂ (metric tons per capita) olan etkisini ölçmek için dinamik panel tahmin yöntemlerinden biri olan GMM sistem versiyonu kullanılmıştır. Dinamik panel veri analizi metodu ekonometri literatüründe ilk olarak (Hansen & Singleton, 1982) tarafından geliştirilmiş, daha sonra GMM yöntemi panel veriye Anderson ve Hsiao (1982) ve Anderson ve Hsiao (1981) tarafından uyarlanmıştır.

Analizlerde kullanılan panel veri, zaman serisi ve yatay kesit veri olmak üzere kullanılan üç tür veri çeşidi bulunmaktadır (Tatoğlu F. Y., 2020). *Panel Veri*; yatay kesit gözlemlerinin belli bir dönemde bir araya getirilmesi (Tatoğlu F. Y., 2020); *Zaman Serisi*; gün, ay, yıl gibi zaman içinde tekrarlanan ölçümlerle elde edilen verilerin, *Yatay Kesit Veriler* ise zamanın belli bir noktasında birçok konuyu bir araya getirerek gözlemleyen panel veri türüdür (Yılmaz S. , 2017). Panel veri, birimlerden (N adet) ve her birime karşılık gelen gözlemlerden oluşmaktadır (T sayıda). Ekonometrik analiz yaparken yatay kesit ve zaman serisi verilerinde boyutların yetersizliği sebebiyle panel veri kullanımı ortaya çıkmıştır (Tatoğlu F. Y., 2020). Panel veri, yatay kesit veri ve zaman serisinin birleşimidir. Panel veri metodolojisi, daha az çoklu bağlantı ile daha güvenilir bir model sağlaması sebebiyle 1990'lı yıllardan itibaren istatistik ve ekonomi analizlerinde panel veri setleri kullanımı yoğunlaşmıştır. Panel veri setleri kullanılarak oluşturulan ekonomik ilişkilerin tahmin edilmesine panel veri analizi ismi verilmektedir. Sabit ve eğim katsayısı olan bir panel verinin model gösterimi şu şekildedir;

$$X_{it} = \alpha_{it} + \beta_{it}Y_{it} + \varepsilon_{it}$$

Modelde;

$i= 1,\dots,N$ (veri seti, ülke, birey...)

$t= 1,\dots,T$ (zaman)

X: Bağımlı değişken

Y: Bağımsız değişken

α : Sabit katsayı

β : Eğim katsayısı

ε : Hata Terim'ini ifade etmektedir.

Çalışılan veriler tüm veriler her zaman kesiti için belirlenmişse dengeli panel, bazı zamanlarda veriler yoksa dengesiz panel durumu vardır.

Birçok verinin bir araya gelmesi ile ortaya çıkan panel veri özelliklerini gösteren değişkenlere *birim etkisi* adı verilmektedir. Birim verilerinin yanında zaman kapsamı da yer almakta olup, zaman kapsamında yer alan verilere ise *zaman etkisi* adı verilmektedir. Zaman birimler açısından sabit zamana göre ise değişkendir. (Tatoğlu F. , t.y.).

Bağımsız değişkenler ile hata terimi arasında bir korelasyon olması durumu *işsellik*, bağımsız değişkenler ile hata terimi arasında korelasyon olmaması durumu ise *dışsallık* olarak tanımlanmaktadır (Tatoğlu F. , t.y.). Dışsallığın zayıf ve katı dışsallık olmak üzere iki farklı ifadesi bulunmaktadır. Aynı zaman diliminde korelasyon olmaması *zayıf dışsallık*, önceki ve sonraki dönemlerde korelasyon olmaması *katı dışsallıktır*.

Dışsallık varsayımının sağlanmadığı verilerde GMM yöntemi ile tahminler daha doğru ve tutarlı sonuçlar vermektedir (Tatoğlu F. Y., 2020). Bu tekniğin modeli (Arellona, 2003) tarafından şu şekilde gösterilmektedir;

$$X_{it} = X_{i(t-1)} + Y_{it}\alpha + n_i + \mu_{it}$$

Arı ve Özcan (2011) ise Duch (2008)'dan atıf yaptıkları modeli şu şekilde göstermişlerdir;

$$Y_{jt} = \vartheta Y_{jt-1} + \varnothing Z_j + \gamma X_{jt} + \theta_j + \varepsilon_{jt}$$

Modelde;

J: 1,...,N (birim)

T: 1,...,T (zaman)

Y_j : Birim Etkisi

Z_j : Zamanda sabit ilave değişkenler

X_{jt} : Açıklayıcı değişkeni ifade etmektedir.

Modelde tüm açıklayıcı değişkenlerin katı dışsal olduğu ve ε_{jt} ile θ_j 'nin sıfır ortalama ile sabit varyansa sahip olduğu tahmin edilmektedir.

Gecikmeli değişken kullanılması durumunda rassal ve sabit etkili modellerde gecikmeli bağımlı değişkenin hata katsayısı ile olan bağımlılığı bildik tahmin yöntemleriyle elde edilen sonuçlar tutarsız olacağından gecikmeli bağımlı değişken yerine araç bağımlı değişkeni kullanılması ortaya çıkmıştır (Cameron & Trivedi, 2005). Ortaya çıkan bu sebepler Anderson ve Hsiao (1981) tarafından dinamik modellerde birinci farkın kullanılması birim etkinin dışlanacağı ortaya atmıştır.

Modelde birim etkiden kurtulmak için birinci fark alındığında ve araç değişken kullanıldığında artık hata terimi ile araç değişkenler artık bağımlı olmayacaktır. Yalnız bu durumda kullanılan araç değişkenlerin açıklayıcı terimlerle açıklayıcı değişkenler ile bağımlı hata terimi ile bağımsız olması gerekmektedir. Ancak modelin tahmini için önerilen araç değişken tahmini, bütün moment koşullarının kullanımına olanak vermediğinden model tutarlı olacaktır ama etkin olmayacaktır (Arı & Özcan, 2011). Bu durumun olası tüm değişkenler kullanılmadığından ortaya çıktığı bunu engellemenin de tüm geçerli değişkenleri kullanmakla ortadan kalkacağı Arellano ve Bond (1991) tarafından ortaya atılmış ve GMM modeli ortaya çıkmıştır. Bu model daha sonra Arellano ve Bover (1995) tarafından Sistem-GMM tahminci halini almış ve Blundell ve Bond (1998) tarafından geliştirilerek fark tahmincisinden daha iyi hale getirilmiştir.

Sistem-GMM şu durumlarda kullanılmaktadır;

- “küçük T, büyük N panelleri (zaman boyutunun kısa ve kesit sayısının fazla olduğu paneller) için tasarlanmış genel tahmincilerdir.
- Doğrusal bir fonksiyonel ilişki mevcut olmalıdır.
- Kendi geçmiş gerçekleştirmelerine bağlı olarak dinamik olan bir bağımlı değişken var olmalıdır.
- Kesin olarak dışsal olduğu söylenemeyecek bağımsız değişkenler olmaları, yani hatalarının geçmişteki ve mevcut gerçekleştirmeleriyle ilişkili olmaları gerekir.
- Sabit kesitlere ait heterojenlik olmalıdır.
- Kesitler arasında heteroskedastisite ve otokorelasyon olmamalıdır. Ancak bu durum kesitlerde olmalıdır” (Doğanay & Değer, 2020, s. 88).

Sistem-GMM ekonometrik yönteminde GMM yönteminde olduğu gibi modelleme yaparken bazı testlerin kullanılması önerilmektedir. Araç değişkenlerin geçerli olup olmadığını ölçmek için kullanılan bu testler, Sargan ve Hansen J testleridir. İki testte de boş hipotez araç değişkenlerin boşluk hipotezinin kabul edilmesi beklenir. “Sargan Testi” hata terimleri sabit varyanslı olduğunda geçerli sonuçlar verirken aynı zamanda optimal ağırlıklandırma matrisine bağımlı olmadığından araç değişkenlerin geçerliliğine ilişkin zayıflıktan etkilenmemektedir, bu sebeple “Hansen J” tercih öncelikli olabilmektedir (Yılmaz S. , 2017, s. 72). Daha sonra kurulan modelde spesifikasyon hataları ile otokorelasyon sorununun olup olmadığı test edilmelidir (Bahar &

Bozkurt, 2010). AR(1) testinde birinci dereceden, AR(2) testinde ikinci dereceden otokolerasyon yoktur boşluk hipotezi ölçülmektedir. AR(1) testinin anlamlı ve negatif, AR(2) testinin anlamsız olması beklenmektedir (Yılmaz S. , 2017, s. 72).

Çalışmanın Ampirik Bulguları

Çalışmada elde edilen ampirik bulgular ile tanımlayıcı istatistikler bağımsız değişkenlerin (encon, oilprice, GDP) çevresel kaliteye (CO₂ (metric tons per capita)) olan etkisini gösteren sonuçlar aşağıda alt başlıklarda gösterilmiştir.

Tanımlayıcı İstatistikler

Çalışmada kullanılan serilere ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 4'te belirtilmiştir.

Tablo 4. Tanımlayıcı İstatistikler				
	CO₂	GDP	OILPRICE	ENCON
Ortalama	7,57	28595,74	61,30	1621,33
Standart Sapma	4,73	22296,59	33,09	4058,25
Basıklık	2,60	0,48	-0,78	24,92
Çarpıklık	1,22	0,84	0,75	4,97
En Küçük	0,64	527,51	20,19	36,83
En Büyük	30,44	105454,73	128,01	26715,96

Buna göre veri setinin panel yapısı göz ardı edildiğinde CO₂ değişkeni ele alınan dönemde ve ele alınan ülkeler için ortalama 7,57 ton olarak gerçekleşmiştir. Seri pozitif basıklık değeri ve pozitif çarpıklık değeri ile normal dağılıma göre daha sivri ve sağa çarpık bir yapıdadır. Seri bu dönemde 0,64 ile 30,44 ton arasında değişkenlik göstermektedir.

GDP değişkeni ele alınan dönemde ve ele alınan ülkeler için ortalama 28595,74 ABD Doları olarak gerçekleşmiştir. Seri pozitif basıklık değeri ve pozitif çarpıklık değeri ile normal dağılıma göre daha sivri ve sağa çarpık bir yapıdadır. Seri bu dönemde 527,51 ile 105454,73 ABD Doları arasında değişkenlik göstermektedir.

OILPRICE değişkeni ele alınan dönemde ve ele alınan ülkeler için ortalama 61,30 ABD Doları olarak gerçekleşmiştir. Seri negatif basıklık değeri ve pozitif çarpıklık değeri ile normal dağılıma göre daha basık ve sağa çarpık bir yapıdadır. Seri bu dönemde 20,19 ile 128,01 ABD Doları arasında değişkenlik göstermektedir.

ENCON değişkeni ele alınan dönemde ve ele alınan ülkeler için ortalama 1621,33 PJ olarak gerçekleşmiştir. Seri pozitif basıklık değeri ve pozitif çarpıklık değeri ile normal dağılıma göre daha sivri ve sağa çarpık bir yapıdadır. Seri bu dönemde 36,83 ile 26715,96 PJ arasında değişkenlik göstermektedir.

Sistem-GMM Tahmin Sonuçları

Ulaştırma sektörü için çevresel kalite göstergesi olarak ele alınan kişi başı CO₂ emisyonu üzerinde GDP, OILPRICE ve ENCON değişkenlerinin etkisini ölçmek amacıyla iki aşamalı Sistem-GMM tahmin edicileri kullanılmıştır. Bu amaçla yukarıda belirtilen 4 farklı model oluşturularak tahmin edilmiştir.

Öncelikle birinci model sonuçları Tablo 5'te belirtilmiştir.

Tablo 5. Birinci Model Tahmin Sonuçları				
LNCO₂	Katsayı	Std. Hata	Test İst.	p-değeri

$\ln\text{CO}_2$ (t-1)	0,9562	0,0103	93,0300	0,0000
$\ln\text{oilprice}$	-0,0171	0,0044	-3,8800	0,0000
$\ln\text{encon}$	0,0046	0,0024	1,9100	0,0570
$\ln\text{GDP}$	0,0122	0,0035	3,5300	0,0000
<i>AR(1)</i>			-4,2900	0,0000
<i>AR(2)</i>			-0,5200	0,6010
<i>Hansen Test</i>			35,6000	0,3930
<i>Araç Değişken Sayısı</i>			38	
<i>Gözlem Sayısı</i>			1008	

Tahmin edilen modele ilişkin otokorelasyonun varlığı ve derecesine ilişkin elde edilen AR(1) katsayısı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş, diğer taraftan AR(2) katsayısı ise istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Bu çerçevede modelin uygunluğu için gerekli koşullardan biri olan birinci derece otokorelasyonun var olması, ancak ikinci derece otokorelasyonun var olmaması koşulu da gerçekleşmiştir.

Modelde tahmin edilen katsayılara bakıldığında modeldeki tüm değişkenlerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu söylenebilir. Buna göre CO₂ emisyonunun bir gecikmeli değerleri mevcut dönemdeki emisyon üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahiptir. Bu değişkendeki bir birimlik artışın mevcut dönemdeki emisyonu 0,9562 birim artıracığı söylenebilir.

Petrol fiyatlarına ilişkin katsayı -0,0171 olarak tahmin edilmiştir. Bu değişken bağımlı değişken üzerinde negatif ve istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahiptir. Petrol fiyatlarındaki bir birimlik artışın mevcut dönemdeki emisyonu 0,0171 birim azaltacağı söylenebilir.

Enerji tüketimine ilişkin katsayı 0,0046 olarak tahmin edilmiştir. Bu katsayıya ilişkin p-değeri ise 0,0570'dir. Havacılık sektörünün enerji tüketimi, CO₂ üzerinde pozitif ve %90 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahiptir. Bu değişkendeki bir birimlik artışın mevcut dönemdeki emisyonu 0,0046 birim artıracığı söylenebilir.

GSYH (GDP)'ye ilişkin katsayı 0,0122 olarak tahmin edilmiştir. GSYH, bağımlı değişken üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahiptir. Bu değişkendeki bir birimlik artışın mevcut dönemdeki emisyonu 0,0122 birim artıracığı söylenebilir.

Çalışmada ele alınan bağımsız değişkenlerin her birinin etkilerinin ayrıca ortaya konulması amacıyla, bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerini içeren değişken hariç modele dahil edilerek analiz edilmiştir. Buna göre aşağıdaki modellerde elde edilen sonuçlarda, bazı bağımsız değişkenlerin açıklayıcılığı daha düşük seviyelerde kaldığı da görülmektedir.

Petrol fiyatları ile CO₂ arasındaki ilişkinin analiz edildiği, ikinci modele sonuçlar Tablo 6'da görülmektedir.

Tablo 6. İkinci Model Tahmin Sonuçları

LNCO₂	Katsayı	Std. Hata	Test İst.	p-değeri
$\ln\text{CO}_2$ (t-1)	0,9971	0,0247	40,3100	0,0000
$\ln\text{oilprice}$	-0,0150	0,0039	-3,8400	0,0000
<i>AR(1)</i>			-4,2700	0,0000
<i>AR(2)</i>			-0,5200	0,6000
<i>Hansen Test</i>			34,0500	0,2790
<i>Araç Değişken Sayısı</i>	32			
<i>Gözlem Sayısı</i>	1008			

Tahmin edilen modele ilişkin otokorelasyonun varlığı ve derecesine ilişkin elde edilen AR(1) katsayısı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş, diğer taraftan AR(2) katsayısı ise istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Bu çerçevede modelin uygunluğu için gerekli koşullardan biri olan birinci derece otokorelasyonun var olması, ancak ikinci derece otokorelasyonun var olmaması koşulu da gerçekleşmiştir.

Modelde tahmin edilen katsayılara bakıldığında modeldeki tüm değişkenlerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu söylenebilir. Buna göre CO₂ emisyonunun bir gecikmeli değerleri mevcut dönemdeki emisyonu üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahiptir. Bu değişkendeki bir birimlik artışın mevcut dönemdeki emisyonu 0,9971 birim artıracığı söylenebilir.

Petrol fiyatlarına ilişkin katsayı -0,0150 olarak tahmin edilmiştir. Bu katsayıya ilişkin p-değeri ise yaklaşık 0'dır. Yani bu değişken bağımlı değişken üzerinde negatif ve istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahiptir. Bu değişkendeki bir birimlik artışın mevcut dönemdeki emisyonu 0,0150 birim azaltacağı söylenebilir.

İkinci model tahmin sonuçları petrol fiyatlarında meydana gelen artış petrol tüketimini azaltacağı için petrol fiyatları arttığında çevresel kalitenin pozitif yönden etkileneceği, yani çevresel kalitede artış olacağı öngörülmektedir.

Model 1 ile kıyaslandığında, işaret ve anlamlılık bakımından bir değişme olmazken, petrol fiyatlarının açıklayıcılığı bir miktar azalmıştır. Bununla birlikte, söz konusu değişkenin çevresel kaliteyi açıklamada önemli bir gösterge olduğu da buradan anlaşılmaktadır.

Aynı şekilde, bu kez havacılık sektöründeki enerji tüketiminin CO₂ üzerindeki etkisinin ortaya konulması amacıyla oluşturulmuş üçüncü modelin sonuçları Tablo 7'de verilmektedir.

Tablo 7. Üçüncü Model Tahmin Sonuçları

LNCO₂	Katsayı	Std. Hata	Test İst.	p-değeri
lnCO _{2 (t-1)}	0,9796	0,0093	105,4400	0,0000
lnencon	0,0060	0,0025	2,4400	0,0150
<i>AR(1)</i>			<i>-4,2700</i>	<i>0,0000</i>
<i>AR(2)</i>			<i>-0,5100</i>	<i>0,6130</i>
<i>Hansen Test</i>			<i>35,7200</i>	<i>0,3880</i>
<i>Araç Değişken Sayısı</i>	36			
<i>Gözlem Sayısı</i>	1008			

Çalışmada kurulan üçüncü modele ilişkin Wald test sonuçlarına göre modelin bütünsel olarak anlamlı olduğu söylenebilir. Buna ek olarak modelin etkinliği için seçilen araç değişkenlerin geçerliliğine ilişkin yapılan dirençsiz Sargan Testi anlamlı bulunurken dirençli Hansen Testi ise anlamsız bulunmuştur. Dolayısıyla Sistem-GMM yöntemi ile tahmin edilen üçüncü modeldeki araç değişkenlerin geçerli olduğu söylenebilir.

Tahmin edilen modele ilişkin otokorelasyonun varlığı ve derecesine ilişkin elde edilen AR(1) katsayısı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş, diğer taraftan AR(2) katsayısı ise istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Bu çerçevede modelin uygunluğu için gerekli koşullardan biri olan birinci derece otokorelasyonun var olması, ancak ikinci derece otokorelasyonun var olmaması koşulu da gerçekleşmiştir.

Modelde tahmin edilen katsayılara bakıldığında modeldeki tüm değişkenlerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu söylenebilir. Buna göre karbondioksit emisyonunun bir gecikmeli değerleri mevcut dönemdeki emisyon üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahiptir. Bu değişkendeki bir birimlik artışın mevcut dönemdeki emisyonu 0,9796 birim artıracığı söylenebilir.

Enerji tüketimine ilişkin katsayı 0,0060 olarak tahmin edilmiştir. Bu katsayıya ilişkin p-değeri ise 0,0150'dir. Yani bu değişken bağımlı değişken üzerinde pozitif ve %95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahiptir. Bu değişkendeki bir birimlik artışın mevcut dönemdeki emisyonu 0,0060 birim artıracığı söylenebilir.

Enerji tüketimi arttığı zaman doğrusal olarak çevre kirliliği yani emisyonu artırmaktadır. Model 1 ile kıyaslandığında, işaret ve anlamlılık bakımından bir değişme olmazken, havacılık sektörünün enerji tüketimini temsil eden değişkenin katsayısının bir miktar arttığı görülmektedir. Çevresel kaliteyi açıklamada, sektörel enerji tüketiminin ve özellikle de ulaşım sektörünün enerji tüketiminin önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Ekonomik büyüme ile emisyon arasındaki ilişkinin ele alındığı dördüncü model sonuçları Tablo 8'de belirtilmiştir.

Tablo 8. Dördüncü Model Tahmin Sonuçları

LNCO₂	Katsayı	Std. Hata	Test İst.	p-değeri
lnCO ₂ (t-1)	0,9553	0,0193	49,5700	0,0000
lngdp	0,0085	0,0037	2,3100	0,0210
AR(1)			-4,2600	0,0000
AR(2)			-0,5000	0,6140
Hansen Test			34,9800	0,4690
Araç Değişken Sayısı	37			
Gözlem Sayısı	1008			

Tahmin edilen modele ilişkin otokorelasyonun varlığı ve derecesine ilişkin elde edilen AR(1) katsayısı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş, diğer taraftan AR(2) katsayısı ise istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Bu çerçevede modelin uygunluğu için gerekli koşullardan biri olan birinci derece otokorelasyonun var olması, ancak ikinci derece otokorelasyonun var olmaması koşulu da gerçekleşmiştir.

Modelde tahmin edilen katsayılar bakıldığında modeldeki tüm değişkenlerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu söylenebilir. Buna göre CO₂ emisyonunun bir gecikmeli değerleri mevcut dönemdeki emisyon üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahiptir. Bu değişkendeki bir birimlik artışın mevcut dönemdeki emisyonun 0,9553 birim artıracığı söylenebilir.

GSYH (GDP)'ye ilişkin katsayı 0,0085 olarak tahmin edilmiştir. Bu katsayıya ilişkin p-değeri ise 0,0210'dur. Yani bu değişken bağımlı değişken üzerinde pozitif ve %95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahiptir. Bu değişkendeki bir birimlik artışın mevcut dönemdeki emisyonun 0,0085 birim artıracığı söylenebilir.

GSYH arttığı zaman ekonomik büyümenin etkisi kişilerin gelirleri üzerinde bir artış sağladığı ve kişilerin bu durumda daha fazla tüketim yaptığı, bunun da tedarik zinciri ve kişisel sebepler ile daha fazla araç kullanımına sebep olduğu anlamında yorumlanırsa GSYH artışı daha fazla ulaştırma sektörü enerji tüketimine bu durumda çevresel kirlenmeye sebep olacaktır.

Sonuç

Bu çalışmada, 1990-2018 yılları arasında OECD üyesi 28 ülke ("Türkiye, ABD, Almanya, Avustralya, Avusturya, Belçika, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Kore Cumhuriyeti, Hollanda, Birleşik Krallık, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, Japonya, Kolombiya, Lüksemburg, Meksika, Norveç, Polonya, Portekiz, Şili, Yeni Zelanda, Yunanistan") ve bu ülkelerle ticari ilişkileri yoğun olmakla birlikte ulaştırma enerjisi tüketimi bu ülke grupları arasında en az olan Lüksemburg'un üzerinde ve ulaştırma enerjisi tüketimi en fazla olan ABD'nin altında olan 8 ülke (Çin, Brezilya, Hindistan, Endonezya, Tayland, Güney Afrika, Fas, Singapur) ile birlikte toplam 36 ülke ekonomik büyüme, ulaştırma sektöründeki enerji tüketimi, karbondioksit tüketimi ve petrol fiyatlarından oluşan değişkenler ile veri seti oluşturulmuş ve ulaştırma sektörü için çevresel kalite göstergesi olarak ele alınan

kişi başı CO₂ emisyonu üzerinde GDP, OILPRICE ve ENCON değişkenlerinin etkisini ölçmek amacıyla iki aşamalı Sistem-GMM tahmin edicileri ile 4 farklı model tahmin edilmiştir.

Buna göre karbondioksit emisyonunun bir gecikmeli değerleri mevcut dönemdeki emisyonu üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahiptir. Analize dahil edilen değişkenlerin tahmin edilen katsayıların tamamı istatistiksel olarak anlamlı olduğu ve literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir. Buna göre karbondioksit emisyonunun bir gecikmeli değerleri mevcut dönemdeki emisyonu üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahipken, petrol fiyatlarındaki artışların emisyonu azalttığı, artan enerji tüketiminin emisyonu artırdığı ve ekonomik büyümenin emisyonu artırdığı şeklinde sonuçlara ulaşılmıştır.

Ampirik analiz, OECD üyesi ve bu ülkelerle enerji tüketimi ile ticari ilişkileri gelişmiş aynı zamanda endüstri enerji tüketimi yüksek 36 ülkenin çevresel kalite, ekonomik büyüme ve ulaştırma enerji tüketimi arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir. Ulaştırma enerjisi tüketimi ve sera gazı salınımı gelecek nesillere yaşanabilir ve sürdürülebilir yeşil bir çevre ile ekonomi bırakma açısından endişe verici bir tehdit olarak görülmektedir. Ulaşımında kullanılan fosil yakıtlar, karbondioksit emisyonu salınımında önemli bir yer almaktadır. Bu durum, tüm paydaşların enerji ve çevre politika kararlarını planlarken göz önünde tutması gereken önemli bir çevresel faktör olarak görülmektedir. Çevresel kalitenin sera gazı ve egzoz salınımı ile negatif etkilenmesinin önüne geçmek için politika yapımcıların enerji açısından daha verimli ve sağlıklı ulaşım yollarını teşvik etmeleri gerekmektedir. Böylece ulaşım enerji tüketiminin zararlı etkileri azaltılabilir.

Taşımacılıkta kullanılan enerji tüketiminin CNG⁴, LPG⁵, elektrik gibi alternatif enerji kaynakları ve geri dönüştürülmüş biyoyakıtlar ile yapılmasını teşvik eden ve destekleyen politikalar, sürdürülebilir ve gelecek nesillere aktarılacak yaşanabilir bir çevre için en önemli politikalardan biri olmalıdır. Temiz enerjinin yanında yakıt tüketimini artırdığı düşünülen konforsuz yollar ve eski teknolojiye sahip motorlar yerine daha konforlu yollar yapılması ve yakıt tasarruflu yeni nesil motorlu araçların kullanımının teşvik edilmesi de CO₂ tüketiminin azalmasına ve çevresel kalitenin korunmasına katkı sağlayacaktır.

Bireysel araç kullanım sayısının artması da verimsiz bir kaynak kullanımı olarak değerlendirilmektedir. Bu durum da yine CO₂ salınımının artmasına ve çevresel kalitenin bozulmasına neden olmaktadır, özellikle çalışma kampüslerine ve toplu yaşam alanlarına insanların toplu taşıma ile gitmesini teşvik etmek önemli bir politika olacaktır.

Kaynakça

- Abosedra, S., & Baghestani, H. (1989). New evidence on the casual relationship between United States energy consumption and gross national product. *The Journal of Energy and Development*, 14(2), 285-292.
- Acemoğlu, D. (2009). *Introduction to Modern Economic Growth*. Princeton, New Jersey & Woodstock, Oxfordshire: Princeton University Press.
- Aghion, P., & Howitt, P. W. (2009). *The Economics of Growth*. London: The MIT Press.
- Ahmed, Z., Ali, S., Saud, S., & Shahzad, S. J. (2020). Transport CO₂ emissions, drivers, and mitigation: an empirical investigation in India. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 13, 1367-1374.
- Ajmi, A. N., Hammoudeh, S., Nguyen, D. K., & Sato, J. R. (2015). On the relationships between CO₂ emissions, energy consumption and income: the importance of time variation. *Energy Economics*, 49, 629-638.
- Akarca, A. T., & Long II, T. V. (1980). On the relationship between energy and GNP: A reexamination. *The Journal of Energy and Development*, 5(2), 326-331.

⁴ CNG: Compressed Natural Gas (Sıkıştırılmış Doğalgaz)

⁵ LPG: Liquid Petroleum Gas (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı)

- Alkhatlan, K., & Javid, M. (2013). Energy consumption, carbon emissions and economic growth in Saudi Arabia: An aggregate and disaggregate analysis. *Energy Policy*, 62, 1525-1532.
- Andreoni, V., & Galmarini, S. (2012). European CO₂ emission trends: A decomposition analysis for water and aviation transport sectors. *Energy*, 45, 595-602.
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2009b). CO₂ emissions, energy usage, and output in Central America. *Energy Policy*, 37, 3282-3286.
- Arellano, M. (2003). *Panel Data Econometrics*. Oxford University Press.
- Arı, A., & Özcan, B. (2011). İşçi gelirleri ve ekonomik büyüme ilişkisi: Dinamik panel veri analizi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 101-117.
- Arvin, M. B., Pradhan, R. P., & Norman, N. R. (2015). Transportation intensity, urbanization, economic growth, and CO₂ emissions in the G-20 countries. *Utilities Policy*, 35, 50-66.
- Bahar, O., & Bozkurt, K. (2010). Gelişmekte olan ülkelerde turizm-ekonomik büyüme ilişkisi: Dinamik panel veri analizi. *Anatolia:Turizm Araştırmaları Dergisi*, 255-265.
- Begum, R. A., Sohag, K., Abdullah, S. M., & Jaafar, M. (2015). CO₂ emissions, energy consumption, economic and population growth in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 594-601.
- Berber, M. (2006). *İktisadi Büyüme ve Kalkınma* (3. Baskı b.). Trabzon: Derya Kitabevi.
- Bernard, O. A., & Obi, K. O. (2016). Sectoral consumption of non-renewable energy and economic growth in Nigeria. *International Journal of Research in Management, Economics and Commerce*, 06(07), 15-22.
- Bowden, N., & Payne, J. E. (2009). The causal relationship between U.S. energy consumption and real output: A disaggregated analysis. *Journal of Policy Modeling*, 31, 180-188.
- Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (2005). *Microeconometrics Method and Applications*. Cambridge University Press.
- Chen, W., & Lei, Y. (2017). Path analysis of factors in energy-related CO₂ emissions from Beijing's transportation sector. *Transportation Research Part D*, 50, 473-487.
- Cheng, B. S., & Lai, T. W. (1997). An investigation of co-integration and causality between energy consumption and economic activity in Taiwan. *Energy Economics*, 19, 435-444.
- Costantini, V., & Martini, C. (2010). The causality between energy consumption and economic growth: A multi-sectoral analysis using non-stationary cointegrated panel data. *Energy Economics*, 32, 591-603.
- Çetin, M., Kırcı, B., Saygın, S., & Alaşahan, Y. (2018). Economic growth, financial development, energy consumption and foreign trade impact on the environmental: a causality analysis for Turkish economy (1960-2013). *Balkan Journal of Social Sciences/Balkan Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(13), 26-43.
- Dagher, L., & Yacoubian, T. (2012). The causal relationship between energy consumption and economic growth in Lebanon. *Energy Policy*, 50, 795-801.
- Demirel, Y. (2012). *Energy Production Conversion Storage, Conservation and Coupling*. U.S.A.: Springer: Green Energy and Technology.
- Doğanay, M. A., & Değer, M. K. (2020). Kurumlar ve ekonomik büyüme: Panel veri analizi (2002-2018). *Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Dergisi*, (19), 75-99.
- Erdal, G., Erdal, H., & Esengün, K. (2008). The causality between energy consumption and economic growth in Turkey. *Energy Policy*, 36, 3838-3842.
- Erdoğan, H. T. (2016). Ulaşım hizmetlerinin ekonomik kalkınma üzerine etkisi. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(1), 187-215.
- Govindaraju, V. C., & Tang, C. F. (2013). The dynamic links between CO₂ emissions, economic growth and coal. *Applied Energy*, 104, 310-318.

- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353-377.
- Hansen, L. P., & Singleton, K. J. (1982). Generalized Instrumental Variables Estimation of Nonlinear Rational Expectations Models. *Econometrica*, 1269-1286.
- Hao, H., Geng, Y., Li, W., & Guo, B. (2015). Energy consumption and GHG emissions from China's freight transport sector: Scenarios through 2050. *Energy Policy*, 85, 94-101.
- Heidari, H., Katircioğlu, S. T., & Saeidpour, L. (2015). Economic growth, CO2 emissions, and energy consumption in the five ASEAN countries. *Electrical Power and Energy Systems*, 64, 785-791.
- Hwang, D. B., & Gum, B. (1991). The casual relationship between energy and GNP: the case of Taiwan. *The Journal of Energy and Development*, 16(2), 219-226.
- IEA. (2022). 25 Ekim 2022 tarihinde International Energy Agency Resmi Sitesi: <https://www.iea.org/reports/transport> adresinden alındı.
- Ivic, M. M. (2015). Economic growth and development. *Journal of Process of Managemant New Technologies International*, 3(1), 55-62.
- Johansson, B. (2009). Will restrictions on CO2 emissions require reductions in transport demand? *Energy Policy*, 37(8), 3212-3220.
- Kablamacı, B. (2004). Enerji kaynaklarının ekonomik boyutu ve dünya enerji kaynakları piyasalarının genel durumu. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimle Enstitüsü.
- Kaika, D., & Zervas, E. (2013). The environmental Kuznets curve (EKC) theory-part A: concept, causes and the CO2 emissions case. *Energy Policy*, 62, 1392-1402.
- Karagül, M. (2002). *Beşeri Sermayenin İktisadi Gelişimdeki Rolü ve Türkiye Boyutu*. Afyonkarahisar: Afyon Kocatepe Üniversitesi Yayınları No: 37.
- Kaya Kıracılar, F. (2005). Ekonomik büyüme modellerinde beşeri sermaye: içsel büyüme modelinin analizi. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. Kayseri: Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Kharbach, M., & Chfadi, T. (2017). CO2 emissions in Moroccan road transport sector: Divisia, cointegration, and EKC analyses. *Sustainable Cities and Society*, 35, 396-401.
- Koç, Ü. (2020). Sektörel enerji tüketimi ve ekonomik büyüme. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 55(1), 508-521.
- Kraft, J., & Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and GNP. *The Journal of Energy and Development*, 3(2), 401-403.
- Li, Y., Du, Q., Lu, X., Wu, J., & Han, X. (2019). Relationship between the development and CO2 emissions of transport sector in China. *Transportation Research Part D*, 74, 1-14.
- Masih, A. M., & Masih, R. (1997). On the Temporal Causal Relationship Between Energy Consumption, Real Income, and Prices: Some New Evidence From Asian-Energy Dependent NICs based on a multivariate cointegration error-correction approach. *Journal of Policy Modeling*, 19(4), 417-440.
- Mbarek, M. B., Ali, N. B., & Feki, R. (2014). Causality relationship between CO2 emissions, GDP and energy intensity in Tunisia. *Environ Dev Sustain*, 16, 1253-1262.
- Melek Okur, M. (2019). Özel hastanelerin kentsel çevre kalitesine etkisine yönelik bir inceleme: Acıbadem hastanesi örneği. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. Hatay: Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Mohmand, Y. T., Mehmood, F., Mughal, K. S., & Aslam, F. (2021). Investigating the causal relationship between transport infrastructure, economic growth and transport emissions in Pakistan. *Research in Transportation Economics*, 88, 1-9.

- Mraïhi, R., Abdallah, K., & Abid, M. (2013). Road transport-related energy consumption: Analysis of driving factors in Tunisia. *Energy Policy*, 62, 247-253.
- Muhammad, B. (2019). Energy consumption, CO2 emissions and economic growth in developed, emerging and Middle East and North Africa countries. *Energy*, 179, 232-245.
- Mustapa, S. I., & Bekhet, H. A. (2016). Analysis of CO2 emissions reduction in the Malaysian transportation sector: An optimisation approach. *Energy Policy*, 89, 171-183.
- Narayan, P. K., Saboori, B., & Soleymani, A. (2016). Economic growth and carbon emissions. *Economic Modelling*, 53, 388-397.
- Nasreen, S., Anwar, S., & Öztürk, İ. (2017). Financial stability, energy consumption and environmental quality: evidence from South Asian economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 1105-1122.
- Ong, H., Mahlia, T., & Masjuki, H. (2012). A review on energy pattern and policy for transportation sector in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 532-542.
- Pablo-Romero, M. P., Cruz, L., & Barata, E. (2017). Testing the transport energy-environmental Kuznets curve hypothesis in the EU27 countries. *Energy Economics*, 62, 257-269.
- Paul, S., & Bhattacharya, R. N. (2004). Causality between energy consumption and economic growth in India: a note on conflicting results. *Energy Economics*, 26, 977-983.
- Rasool, Y., Zaidi, S. H., & Zafar, M. W. (2019). Determinants of carbon emissions in Pakistan's transport sector. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 22907-22921.
- Saatçioğlu, C. (2006). *Ulaştırma Sistemleri ve Politikaları Türkiye-Avrupa Birliği Uygulamaları*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Sasana, H., & Aminata, J. (2019). Energy subsidy, energy consumption, economic growth and carbon dioxide emission: Indonesian case studies. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(2), 117-122.
- Soytaş, U., Sari, R., & Özdemir, Ö. (2001). Energy consumption and GDP relation in Turkey: a cointegration and vector error correction analysis. *Economics and Business in Transition: Facilitating Competitiveness and Change in the Global Environment Proceedings*, 838-844.
- Suri, V., & Chapman, D. (1998). Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 25(2), 195-208.
- Tan, M. (2016). Sağlık hizmetlerinde kalite ölçümü ve değerlendirmesi Bingöl Devlet Hastanesi'nde bir uygulama. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. Bingöl: Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Tatoğlu, F. (t.y.). *Ekonometri. Ekonometri Ders Notları*. İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi.
- Tatoğlu, F. Y. (2020). *Panel Zaman Serileri Analizi*. İstanbul: Beta Yayınları.
- Teter, J. (2022, Eylül). *Transport*. 17 Ekim 2022 tarihinde IEA Resmi Sitesi: <https://www.iea.org/topics/transport> adresinden alındı
- Timilsina, G. R., & Shrestha, A. (2009). Transport sector CO2 emissions growth in Asia: Underlying factors and policy options. *Energy Policy*, 37, 4523-4539.
- Usta, C., & Berber, M. (2017). Türkiye'de enerji tüketimi ekonomik büyüme ilişkisinin sektörel analizi. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 13(1), 173-187.
- Walmsley, M. R., Walmsey, T. G., Atkins, M. J., Kamp, P. J., Neale, J. R., & Chand, A. (2015). Carbon emissions pinch analysis for emissions reductions in the New Zealand transport sector through to 2050. *Energy*, 1000, 1-8.
- Wang, B., Sun, Y., Chen, Q., & Wang, Z. (2017). Determinants analysis of carbon dioxide emissions in passenger and freight transportation sectors in China. *Structural Change and Economic Dynamics*, 1-35.

- Wang, W. W., Zhang, M., & Zhou, M. (2011). Using LMDI method to analyze transport sector CO2 emissions in China. *Energy*, 36, 5909-5915.
- Yardımcı, P. (2006). İçsel büyüme modelleri ve Türkiye ekonomisinde içsel büyümenin dinamikleri. *Selçuk Üniversitesi Karaman İ.İ.B.F. Dergisi*, 10(9), 96-115.
- Yılmaz, B. (2019). Yenilenebilir enerji (rüzgar enerjisi) üreten işletmelerin Türkiye muhasebe standartları açısından değerlendirilmesi. *Yayınlanmamış Doktora Tezi*. Ankara: Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Yılmaz, S. (2017). Finansman, ihracat davranışı, sahiplik yapısı ve firmaların yenilik performansı arasındaki ilişkinin analizi. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. Nevşehir: Nevşehir Hacıbektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

EXTENDED SUMMARY

In this study, between 1990 and 2018, variables consisting of economic growth, energy consumption in the transportation sector, carbon dioxide emissions and oil prices in a total of 36 countries, 28 of which are OECD countries, were analyzed. A country group was formed with 28 OECD member countries and 8 countries, which have intense commercial relations with these countries and whose transportation energy consumption is above the energy consumption of Luxembourg, which is the least among these 28 countries, and below the United States, which has the highest transportation energy consumption and the data set was analyzed by the System-GMM method.

Current empirical literature has been reviewed under 3 different headings: the Relationship between the Transportation Sector-Economic Growth, the Relationship between the Transport Sector-Carbon Dioxide Emissions, and the Relationship between Economic Growth-Carbon Dioxide. It is generally agreed in the literature that energy consumption in the transport sector causes an increase in CO₂ emissions. However, there are different results in the literature that may arise from empirical findings, methodological differences, country scope and time period.

Economic growth, energy consumption in the transport sector, CO₂ consumption and oil prices, and 28 OECD member countries (Turkey, USA, Germany, Australia, Austria, Belgium, Czechia, Denmark, Finland, France, Republic of Korea, Netherlands, United Kingdom, Ireland, Spain, Sweden, Switzerland, Italy, Japan, Colombia, Luxembourg, Mexico, Norway, Poland, Portugal, Chile, New Zealand, Greece), Luxembourg, which has the lowest transportation energy consumption and has intense commercial relations with these countries, and a total of 36 countries, including 8 countries (China, Brazil, India, Indonesia, Thailand, South Africa, Morocco, Singapore) with the highest transportation energy consumption, were analyzed within the scope of the dataset. It has been observed that these countries, which have high transportation energy consumption in the period of 29 years, 1990-2018, and the data set was created with the thought that the transportation sector and the industrial sector are interconnected and dependent sectors in terms of supply chain.

Variables used in the models created: CO₂ (“metric tons per capita”), Oil Prices (“Oil: Crude oil prices-US dollars per barrel-\$ money of the day”), Total Energy Consumption of Transport (“PJ= Petajoule”) ve GDP per capita (“constant 2015 US\$”)

In order to find answers to the questions in the study, analysis will be made with the Generalized Method of Moments (GMM).

According to the results obtained in the study, when the panel structure of the data set is ignored, the CO₂ variable was realized as 7.57 tons on average in the period and in the countries. The series has a more pointed and right skewed structure compared to the normal distribution with positive kurtosis value and positive skewness value. The series varies between 0.64 and 30.44 tons in this period.

The GDP variable was realized as 28595.74 USD on average for the period and for the countries covered. The series has a more pointed and right skewed structure compared to the normal distribution with positive kurtosis value and positive skewness value. The series varies between US\$ 527.51 and US\$ 105454.73 in this period.

The OILPRICE variable averaged US\$ 61.30 for the period covered and for the countries covered. The series has a more flattened and right-skewed structure compared to the normal distribution with negative kurtosis value and positive skewness value. The series varies between 20.19 and 128.01 USD in this period.

The ENCON variable averaged 1621.33 PJ for the period covered and for the countries covered. The series has a more pointed and right skewed structure compared to the normal distribution with positive kurtosis value and positive skewness value. The series varied between 36.83 and 26715.96 PJ in this period.

According to the Wald test results in all 4 models established in the study, it can be said that the model is significant holistically. In addition, Sargan Test without resistance was found to be significant for the validity of the instrument variables selected for the effectiveness of the model, while the Hansen Test with resistance was found to be meaningless.

Therefore, it can be said that the instrumental variables in the first model estimated by the System-GMM method are valid and all the variables in the model are statistically significant when the coefficients estimated in the model are considered. Accordingly, one-lagged values of carbon dioxide emissions have a positive and statistically significant effect on emissions in the current period.

In the second model, the instrumental variables in the second model estimated by the system-GMM method were estimated to be valid. Considering the coefficients estimated in the model, it can be said that all variables in the model are statistically significant. Accordingly, one-lagged values of carbon dioxide emissions have a positive and statistically significant effect on emissions in the current period.

In the third model, the instrumental variables in the third model estimated by the System-GMM method were estimated to be valid. Considering the coefficients estimated in the model, it can be said that all variables in the model are statistically significant. Accordingly, one-lagged values of carbon dioxide emissions have a positive and statistically significant effect on emissions in the current period.

In the fourth model, the instrumental variables in the fourth model estimated by the System-GMM method were estimated to be valid. Considering the coefficients estimated in the model, it can be said that all variables in the model are statistically significant. Accordingly, one-lagged values of carbon dioxide emissions have a positive and statistically significant effect on emissions in the current period.