

Senem KOÇ ARSLAN* Gülsüm GÜRLER HAZMAN** 

* Arş. Gör., Afyon Kocatepe Üniversitesi, İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi, Maliye Bölümü, skoc@aku.edu.tr

** Sorumlu Yazar, Prof. Dr., Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Maliye Bölümü, gulsumgurler@hotmail.com

OECD Üyesi Ülkelerin Çevre Koruma Harcamalarının Etkinliğinin Belirleyicileri: İki Aşamalı Veri Zarflama Analizi Uygulaması¹

Öz

Günümüzde yaşanan ve giderek ciddileşen çevresel sorunlar devletleri ve uluslararası örgütleri iklim, çevre ve bunların yönetimi ile ilgili çalışmalar yapmaya, tedbirler almaya ve alternatif politikalar üretmeye zorlamaktadır. Bu kapsamda ülkelerin çevre politikalarına bir perspektif sunmak ve politika geliştirmede yol gösterici olması adına çevre koruma harcamalarını incelemek önem arz etmektedir. Bu çalışmada seçili OECD ülkelerinin çevre koruma harcamalarının etkinliğini görmek ve bu etkinliği belirleyen faktörleri tespit etmek üzere iki aşamalı veri zarflama analizi uygulanmıştır. 30 OECD ülkesinin 2008-2020 yılları arası çevre koruma harcamalarının etkinliğini belirlemek için veri zarflama analizi-süper etkinlik modeli kullanılmıştır. Yapılan ekinlik analizinde kamu çevre koruma harcamaları girdi olarak kullanılırken ülkelerin yenilenebilir enerji üretimi, ormanlık alan miktarı, CO2 emisyonu, P.M. 2.5 partikül madde maruziyeti ve kişi başı GSYH miktarı çıktı olarak kullanılmıştır. Kullanılan çıktılarda karbondioksit emisyonu ve P.M. 2.5 partikül madde maruziyeti istenmeyen çıktı (undesirable output) olarak yer almıştır. İkinci aşamada ise bu etkinlik skorlarının belirleyicilerini ölçmek üzere klasik panel veri analizi uygulanmıştır. Analiz sonucunda ekonomik büyüme arttıkça çevre koruma harcamalarının etkinliği artmakta; nüfus yoğunluğu dikkate alındığında ise, nüfus yoğunluğu arttıkça çevre koruma harcamalarının etkinliği azalmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Süper Etkinlik, Çevre Koruma Harcamaları, İki Aşamalı Veri Zarflama, OECD.

JEL Sınıflama Kodları: H50, Q58, C13.

¹ Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Maliye Anabilim Dalında Prof. Dr. Gülsüm Gürler Hazman danışmanlığında yürütülen "Çevre Koruma Harcamalarına İlişkin Etkinlik Analizi ve Belirleyicileri" isimli doktora tez çalışmasından türetilmiştir.

Determinants of the Effectiveness of Environmental Protection Expenditures of OECD Countries: Two-Stage Data Envelopment Analysis²

Abstract

Today's environmental problems are becoming increasingly serious, forcing states and international organizations to study climate, environment, and their management, take measures and produce alternative policies. In this context, it is essential to examine environmental protection expenditures to provide a perspective on countries' environmental policies and to guide policy development. In this study, a two-stage data envelopment analysis was applied to see the effectiveness of environmental protection expenditures of selected OECD countries and to identify the factors that determine this effectiveness. Data envelopment analysis-super efficiency model was used to determine the effectiveness of environmental protection expenditures of 30 OECD countries between 2008-2020. In the efficiency analysis, public environmental protection expenditures were used as inputs. In contrast, countries' renewable energy production, forest area amount, CO2 emissions, P.M. 2.5 particulate matter exposure, and per capita GDP were used as outputs. Carbon dioxide emissions and P.M. 2.5 particulate matter exposure were included as undesirable outputs in the outputs used. In the second stage, classical panel data analysis was applied to measure the determinants of these efficiency scores. As a result of the analysis, as economic growth increases, the effectiveness of environmental protection expenditures increases; however, when population density is taken into account, the effectiveness of environmental protection expenditures decreases as population density increases.

Keywords: Super Efficiency, Environmental Protection Expenditure, Two Stage-DEA, OECD.

JEL Codes: H50, Q58, C13.

To Cite: Koç-Arslan, S., & Gürler-Hazman, G. (2024). OECD Üyesi Ülkelerin Çevre Koruma Harcamalarının Etkinliğinin Belirleyicileri: İki Aşamalı Veri Zarflama Analizi Uygulaması. *Gümrük ve Ticaret Dergisi*. 11(36). doi: 10.70490/gumrukticaretdergisi.1536364

Extended Summary

Determinants of the Effectiveness of Environmental Protection Expenditures of OECD Countries: Two Stage Data Envelopment Analysis¹

OECD Üyesi Ülkelerin Çevre Koruma Harcamalarının Etkinliğinin Belirleyicileri: İki Aşamalı Veri Zarflama Analizi Uygulaması

Today's environmental problems are becoming increasingly serious, forcing states and international organizations to study climate, environment, and their management, take measures and produce alternative policies. In this context, it is essential to examine environmental protection expenditures to provide a perspective on countries' environmental policies and to guide policy development. In this study, a two-stage data envelopment analysis was applied to see the effectiveness of environmental protection expenditures of selected OECD countries and to identify the factors that determine this effectiveness. Data envelopment analysis-super efficiency model was used to determine the effectiveness of environmental protection expenditures of 30 OECD countries between 2008- 2020. In the efficiency analysis, public environmental protection expenditures were used as inputs.

In contrast, countries' renewable energy production, forest area amount, CO2 emissions, P.M. 2.5 particulate matter exposure, and per capita GDP were used as outputs. Carbon dioxide emissions and P.M. 2.5 particulate matter exposure were included as undesirable outputs in the outputs used. In the second stage, classical panel data analysis was applied to measure the determinants of these efficiency scores. As a result of the analysis, as economic growth increases, the effectiveness of environmental protection expenditures increases; however,

when population density is taken into account, the effectiveness of environmental protection expenditures decreases as population density increases

Environmental protection expenditures are very important in the successful implementation of environmental policies. Especially in today's world, where issues such as climate change, sustainability, and green economy are gaining importance daily, it is very important for states to give extra importance to environmental policies.

In this context, a comprehensive evaluation of environmental protection expenditures and their examination in the context of countries are very important in terms of determining the right policy. The study aims to contribute to the literature exactly in this context.

In the study, public environmental protection expenditures of 30 OECD countries between 2008 and 2020 were evaluated using data obtained from the IMF database. The aim of the study was to see both the effectiveness of public environmental protection expenditures and to determine the factors affecting this effectiveness. The data envelopment analysis super efficiency model was used to calculate the effectiveness of environmental protection expenditures. According to the results of the DEA-super efficiency model, Germany, Finland, and Chile stand out as the countries that use environmental protection expenditures most effectively; Hungary and Greece stand out as the countries with the lowest efficiency scores. Turkey, on the other hand, achieved an efficiency ranking compatible with the OECD average.

In the second stage of the study, the factors affecting this efficiency were investigated by using the efficiency scores obtained as dependent

¹ Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Maliye Anabilim Dalında Prof. Dr. Gülsüm Gürler Hazman danışmanlığında yürütülen "Çevre Koruma Harcamalarına İlişkin Etkinlik Analizi ve Belirleyicileri" isimli doktora tez çalışmasından türetilmiştir.

variables. In the second stage, in the classical panel data analysis, it was observed that the countries' per capita GDP and population density used as independent variables affected the effectiveness of environmental protection expenditures in line with expectations. When all these analysis results were evaluated, it was seen that as countries grow and their economies develop, the final product produced will continuously increase, and therefore, they can give more space to the necessary investments in taking the necessary precautions for environmental protection on time and in place. In addition, with green budgeting, they can give more space to environmental protection in public expenditures and offer more incentives for the use of renewable energy resources. Especially with economic growth, the opportunities to provide the necessary infrastructure for the use of renewable energy resources for environmental protection increase, and the possibilities for the use of renewable energy resources expand. In short, we can say that developed countries are more successful in terms of effectiveness in environmental protection expenditures. Efficiency scores also contain results that support this situation. The increase in population density reduces the effectiveness of environmental protection expenditures for the countries included in the analysis. The increase in the number of people per km² brings with it the cost of crowding and negatively affects the effectiveness of environmental protection expenditures. To minimize the costs of crowding, it is important for local and central governments to work in coordination and develop stable solutions.

Giriş

Kamu kesimi tarafından yapılan çevre koruma harcamaları, ülkelerin GSYİH'ları içinde hala amacını gerçekleştirmek üzere yeterli paya sahip olmasalar da, çevre kirliliğiyle mücadelede ve sürdürülebilir büyüme ve kalkınmanın sağlanmasında büyük önem taşımaktadır. Dolayısıyla kamu çevre koruma harcamalarının düzenli takibinin yapılması ve incelenmesi ülkelerin çevre politikalarının yönlendirilmesine katkı sağlamaktadır (Yalçın ve Gök, 2015: 66). Çevrenin korunması ve çevre politikalarının etkinliği çevrenin bir kamusal mal olduğu göz önüne alındığında kamu yararı açısından oldukça önemlidir. Çünkü çevresel sorunlarının neden olduğu negatif dışsallıklar piyasa mekanizmasını yetersiz kılmaktadır bu açıdan çevre politikalarının etkinliğinin hükümetlerin piyasaya müdahalesiyle sağlanacağı açıktır (He vd., 2018: 7456-57).

Çevre koruma harcamaları kamu malı niteliği taşıyan bir alan olarak, kamu yararı sağlayan harcamalar arasındadır (Pearce ve Palmer, 2001: 404). Çevre koruma faaliyetleri, kirliliği önleme ve azaltma amacını taşırken, bu süreçte devletin rolü daha da belirgin hale gelmektedir. Ekonomik teoriye göre bireylerin maliyetleri düşürme ve kârı maksimize etme eğilimleri çevreye zarar veren uygulamalara yol açabilmektedir (Chang vd., 2019: 3). Dolayısıyla çevresel bozulma, ulusal sınırları aşan bir sorun olduğu için, uluslararası iş birlikleri ve anlaşmalar büyük önem taşımaktadır. 1970'lerden itibaren artan uluslararası düzenlemeler, çevre koruma konusundaki ortak çabaların önemini ortaya koymaktadır (Ercolano ve Romano, 2018: 2). Çevresel performansın, çevre koruma harcamalarıyla bağlantılı olduğu da çeşitli araştırmalarla desteklenmektedir (Chang vd., 2019: 5). Bu kapsamda uluslararası finans kuruluşları, kamu çevre koruma harcamalarını atık yönetimi, biyoçeşitlilik koruma gibi alt başlıklar altında sınıflandırmakta ve bu harcamaların ülkelerin gayri safi yurtiçi hasılası içindeki payının küçük olmasına rağmen, çevre sorunlarıyla mücadelede büyük

önem taşıdığını vurgulamaktadır (Değirmenci ve Aydın, 2020: 397; Yalçın ve Gök, 2015: 66). Ayrıca, çevre kirliliğinin artması ve iklim değişikliği gibi kavramların gündeme gelmesi, uluslararası alanda çevre sorunlarına çözüm arayışlarını hızlandırmıştır (Yalçın ve Gök, 2015: 66).

Çevre korumaya yönelik yapılan kamu harcamaları, Çevre Koruma Etkinlikleri ve Sınıflandırması (CEPA)¹'nin yaptığı tanımlamaya uygun olarak çevrenin korunması bağlamında temel bir garanti sağlamakta ve çevresel kalitenin belirleyici bir faktörü olarak önem taşımaktadır (Zhang vd., 2019, s. 1). Sonuç olarak, çevre koruma alanındaki kamu harcamaları, sürdürülebilir büyüme ve kalkınma için kritik bir strateji oluşturmaktadır. Devletlerin bu harcamaları izleyerek çevre politikalarını yönlendirmeleri, çevre sorunlarına etkili çözümler geliştirmeleri açısından önemlidir.

Kamu çevre koruma harcamaları da bu müdahale araçlarından biri olarak ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmayla hem Türkiye'nin diğer OECD ülkelerin çevre koruması anlamında bulunduğu yerin fotoğrafı çekilmiş olacak, hem de ülkelerin çevre koruma harcamalarının belirleyicileri tahmin edilip daha yaşanabilir bir çevreye sahip olmak için çeşitli politika önerileri sunulabilecektir.

Literatür incelendiğinde çevresel etkinliği inceleyen birçok çalışmayla karşılaşmak mümkündür. Ancak Türkiye dahil OECD ülkelerinin çevre koruma harcamalarının etkinliğini ele alarak uzun vadeli bir perspektiften değerlendiren kapsamlı bir çalışma yoktur. Buradan hareketle Türkiye'deki çevre politikalarına katkıda bulunma imkânı, çalışmayı özgünleştiren en önemli noktadır. Ayrıca ülkelerin çevre koruma hizmetlerini nelerin etkilediği sorusuna cevap almak açısından çalışma, çeşitli fikirler sunmaktadır. Bunun yanında yapılan kapsamlı literatür taramasında, konu ile ilgili benzer teknik ile yapılmış çok sınırlı sayıda çalışmaya rastlandığından, çalışmanın literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

1 <https://unstats.un.org/unsd/classifications/Family/Detail/1009>

1. Literatür Taraması

Çalışmada değişkenlerin belirlenmesinde yapılan literatür taraması yol gösterici olmuştur. Değişkenlerin belirlenmesinde referans olan ve veri zarflama analizi kullanarak çevresel etkinlik ölçümü yapan çalışmalardan öne çıkanlardan bazıları şunlardır;

Taşkın ve Zaim (2001), düşük, orta ve yüksek geliri ülkeler üzerinde yaptıkları çalışmada 1977, 1980, 1985 ve 1990 yıllarına ait çevresel etkinlik skorunu veri zarflama analizi yardımıyla hesaplamıştır. Yapılan veri zarflama analizinde girdi olarak toplam istihdam ve toplam sermaye stoku, çıktı olarak ise reel GSYİH ve CO₂ emisyonu kullanılmıştır. Ayrıca çalışmada en küçük kareler yöntemi kullanılarak yapılan regresyon ile kişi başına düşen milli gelir, kirlenici ihracat payı ve bir ülkenin dışa açıklığı gibi ticaretle ilgili değişkenlerin çevresel verimliliğin önemli belirleyicileri olduğunu görülmüştür.

Halkos ve Tzeremes (2014), 49 ülkenin 1995-2000 yılları arasındaki çevresel performanslarını hesaplamıştır. Çalışmada girdi olarak toplam istihdam, sermaye stoku çıktı olarak reel GSYİH, kükürt emisyonları (kiloton) dış faktör olarak yolsuzluk algıları endeksi kullanılarak veri zarflama analizi ve non-parametrik regresyon modelleri birlikte uygulanmıştır. Çevresel performans, çevre düzenlemeleri ve politikalarının bir ürünü olduğundan ve şeffaflık yolsuzluğun tersi olduğundan; ampirik bulgular, ülkelerin çevre politikaları ile kamu yolsuzluk seviyeleri arasındaki ilişkiyi araştıran diğer birçok çalışma için destekleyici kanıtlar sağlamaktadır.

Li ve Wang, (2014), 95 ülkenin 1996-2007 yılları arası çevresel etkinliğini brüt sabit sermaye oluşumu, işgücü, enerji kullanımı girdileri ve GSYİH, CO₂ emisyonu çıktıları kullanılarak ölçülmüştür. Ayrıca Tobit regresyon modeli kullanılarak çevresel etkinliğin belirleyicileri araştırılarak ekonomik kalkınmanın olumlu bir etkisi olduğunu, fosil yakıt enerjisi kullanımı ve ticarete açıklığın ise olumsuz etkileri olduğu görülmüştür. Ayrıca farklı gelir

grupları arasındaki teknolojik farkın uluslararası çevresel verimlilik farkında da kendini gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca yüksek ve üst-orta geliri ülkelerde çevresel verimliliğin arttığı ancak düşük geliri ülkelerde düştüğü belirlenmiştir.

Lacko ve Hajduová, (2018), AB ülkelerinin etkinliğini belirleyen unsurları iki aşamalı VZA yöntemiyle analiz etmişlerdir. Birçok çalışmadan farklı olarak bu çalışmada CO₂, metan ve nitroz oksit sera gazı emisyonlarını girdi olarak kişi başı GSYH da çıktı olarak değerlendirilmiştir. Genel olarak sonuçlar, çevresel açıdan daha az etkin ülkeler ve daha etkin ülkeler için çeşitlendirilmiş modellerin yanı sıra tüm AB için toplu modellerin de kullanılabilirliğini göstermiştir.

Wang (2018), çalışmasında Çin'in 2007-2015 yılları arasında veri zarflama analizi ve Tobit regresyon yardımıyla çevre korumaya yönelik hükümet yatırımlarının etkinliğini hesaplamıştır. Çalışmada girdi olarak çevre korumaya yönelik hükümet yatırımlarını; çıktı olarak ise yıllık atık su deşarjı, çöp imhası, endüstriyel sera gazı emisyonlarını kullanmıştır. Tobit regresyonda ise bağımlı değişken olarak çevre koruma harcamalarının etkinliği, bağımsız değişken olarak da kişi başı GSYİH, şehirleşme ve endüstrileşme oranları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Orta Çin'deki Hubei Eyaleti dışında kalan beş eyalette çevre korumaya yönelik mali harcamaların teknik olarak verimsiz olduğu ortaya koyulmuştur. Kişi başına düşen GSYİH, çevre korumaya yönelik mali harcamaların etkinliği üzerinde önemli bir pozitif etkiye sahipken, kentleşme ve sanayileşme düzeyi, çevre korumaya yönelik mali harcamaların etkinliği üzerinde önemli bir olumsuz etkiye sahiptir.

He vd. (2018), Çin'de 30 ili ve 2013-2018 yıllarını kapsayan bir etkinlik analizi yapmıştır. Veri zarflama analizi kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada girdi olarak çevre koruma harcamaları; çıktı olarak atık su deşarjı, kükürt dioksit deşarjı ve endüstriyel katı atık üretimi, endüstriyel katı atıkların kapsamlı kullanımı ve evsel çöplerin zararsız atılma oranı,

ekolojik çevre kalitesini ölçmek amacıyla dönem içindeki yapay ağaçlandırma alanı ve yapılaşma alanının yeşil kapsama oranı belirlenmiştir. Çalışmada Çin'in 2013-2018 yılları arasında çevre korumaya yönelik hükümet harcamalarının verimliliğini ölçmek için istenmeyen çıktıya dayalı SBM süper etkinlik modelinin kullanılmıştır. VZA ile yapılan etkinlik ölçümünün sonuçları Çin'de yapılan çevre koruma harcamalarının yetersiz olduğunu göstermiştir.

Zhang vd. (2019), çalışmada Çin'in 2007-2016 arasında çevre korumaya yönelik hükümet harcamalarının etkinliği VZA ile hesaplanmış ve sonrasında mekânsal ekonometri ile elde edilen etkinlik skorları değerlendirilmiştir. Çalışmada girdi olarak çevre korumaya yönelik hükümet harcamalarının bölgesel GSYİH' ye oranı çıktı olarak ise endüstriyel atık su arıtma oranı, kaldırılan endüstriyel kükürt dioksit oranı, kaldırılan endüstriyel nitrojen oksit oranı, kaldırılan endüstriyel duman ve toz oranı, endüstriyel katı atık kapsamlı kullanım oranı evsel çöp zararsız arıtma oranı kullanılmıştır. Çalışmada ilk olarak, çevre koruma harcamaları etkinliğinin, 2009 ve 2016 yılları haricinde arttığı görülmüştür. İkinci olarak, DYY' in hem niceliği hem de kalitesi çevre koruma harcamaları etkinliği ile pozitif ilişkili bulunmuştur ve dolayısıyla DYY miktarı çevre koruma harcamaları etkinliğini olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Genel olarak, DYY kalitesinin etkisi, DYY miktarının etkisinden daha güçlü bulunmuş; Üçüncü olarak da mekânsal etkiler açısından çevre koruma harcamaları etkinliği jeo-uzamsal uzayda komşu alanlara uzamsal bağımlılık ile tanımlanmıştır.

Iram vd., (2020), Seçili OECD ülkelerinin 2013-2017 yılları arasındaki ekonomik- çevresel etkinliğini VZA-SBM modeli ve panel veri analizi kullanarak hesaplamıştır. Çalışmada sırasıyla arzu edilen ve istenmeyen çıktılar olan gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH) ve karbondioksit emisyonlarını; birincil enerji tüketimi (PEC) ve nüfus girdi olarak kullanılmıştır. Yapılan analizler doğrultusunda

çalışmada enerji verimliliğinin karbon emisyonları ile güçlü bir bağı olduğunu göstermektedir; ancak ekonomik-çevresel verimlilik arasında daha zayıf bir ilişki olduğu görülmüş; bu nedenle, OECD bölgesindeki ülkelerde çevresel verimliliği artırmak için optimal enerji verimliliği seviyesine ulaşmak, ekonomik verimlilikten daha önemli hale gelmiştir.

Shuai ve Fan (2020), çalışmalarında 2007-2018 yılları için Çin'de yeşil ekonomi verimliliğini hesaplamıştır. VZA Süper Etkinlik ve TOBIT modeli kullanılan çalışmada girdi olarak çeşitli bölgelerde istihdam, sermaye stoku, toplam enerji tüketimi ve GSYİH; çıktı olarak ise endüstriyel egzoz emisyonları, endüstriyel atık su deşarjı, endüstriyel katı atık deşarjı kullanılmıştır. Çalışmada yapılan analizlerin sonuçlarına göre Çin'in yeşil ekonomi verimliliği ve çevresel düzenleme düzeyi bariz mekânsal farklılıklar gösterse de her bölgenin yeşil ekonomi verimliliği değişen zamanla birlikte ile istikrarlı bir artış eğilimi göstermiştir.

Jialu vd., (2022 , Çin'in 2013-2018 yılları arasında çevre korumaya yönelik hükümet harcamalarının etkinliğini istenmeyen çıktıya dayalı SBM süper etkinlik modelini kullanarak ölçmüştür. Akabinde sıradan en küçük kareler (OLS) yöntemini kullanarak devletin çevre koruma harcamalarını etkileyen faktörleri araştırmıştır. Etkinlik ölçümünün sonuçlarına göre, Çin'deki toplam çevre koruma harcamalarının yetersiz olduğu görülmüştür. Regresyon sonuçlarına göre nüfus büyüklüğü ve kentleşme düzeyi etkinlik değeri üzerinde olumsuz etkiye sahipken, bölgesel ekonomik gelişmişlik düzeyi çevre korumaya yönelik devlet harcamalarının etkinliğini olumlu yönde etkilemektedir.

Lacko vd., (2023), Avrupa Birliği ülkelerinde 2010-2018 yılları arasında çevresel etkinliğin sosyoekonomik belirleyicilerine ilişkin modellerini değerlendirmiştir. Çalışmada girdi olarak istihdam edilen kişi sayısı, brüt sabit sermaye miktarı ve ekilebilir alan; çıktı olarak ise sera gazı emisyonları ve GSYH kullanılmıştır. Veri zarflama analizinde hem CRS hem de VRS modelleri kullanılmış akabinde

dört alandan (turizm, döngüsel ekonomi, enerji ve kaynak kullanımı ve yaşam kalitesi) çevresel etkinliğin belirleyicileri modeli kurulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre sürdürülebilir turizm kavramına önem verilmesi, ekonomilerin daha az enerji yoğun ve bilgiye dayalı ekonomilere dönüştürülmesi çevresel etkinliğin sağlanmasında önemli rol oynayacağı iddia edilmektedir.

2. Çalışmanın Yöntemi

Çalışmada yöntem olarak veri zarflama analizi ile panel regresyon kullanılmıştır. Simar ve Wilson, (2007)but the contextual variables may be correlated with each other. Monte Carlo simulations are carried out to compare the performance of our two-stage approach with one-stage and two-stage parametric approaches. Simulation results indicate that DEA-based procedures with OLS, maximum likelihood, or even Tobit estimation in the second stage perform as well as the best of the parametric methods in the estimation of the impact of contextual variables on productivity. Simulation results also indicate that DEA-based procedures perform better than parametric methods in the estimation of individual decision-making unit (DMU'nin literatüre kazandırdığı, "İki Aşamalı Veri Zarflama Analizi" çalışmanın temel yöntemini oluşturmaktadır. İki aşamalı veri zarflama analizi yöntemi, etkinliği belirleyen faktörleri ve bunların etkinlik değerleri üzerindeki etki derecelerini daha detaylı araştırmak için geliştirilmiş bir yöntemdir. İlk aşamada her bir karar verme biriminin etkinlik skoru veri zarflama analizi yöntemi kullanılarak hesaplanır. İkinci aşamada ise regresyon analizi için ilk aşamada hesaplanmış olan etkinlik değeri bağımlı değişken; etkinliği etkileyen muhtemel faktörler ise bağımsız değişken olarak kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir (Tan vd., 2023, s. 299).

Veri zarflama analizinde sıklıkla ölçüğe göre sabit getiri (CRS) ve ölçüğe göre değişken getiri (VRS) modelleri kullanılmaktadır. Ayrıca bahsedilen modellerin yanı sıra Andersen ve Petersen, (1993), tarafından geliştirilen süper etkinlik modelinde,

etkin olan karar verme birimleri kendi aralarında sıralanarak etkinlik sıralamasında daha net bir sonuç elde edilmektedir. Süper etkinlik modeli girdi odaklı CRS modelini temel almaktadır (Doğan, 2015, s. 193). Süper etkinlik modellerinin kullanılması, yapılan veri zarflama analizinin hassasiyetini arttıracığı için daha istikrarlı ve benzersiz sonuçlar elde edilmektedir. Ayrıca karar verme birimlerinin yapacağı değişiklikler ile söz konusu etkinlik skorlarının nasıl etkileneceği daha net ortaya konabilecektir (Zhu, 2001, s. 454)DEA sensitivity analysis can be done in (1. Bu kapsamda seçili OECD ülkeleri merkezi hükümetlerinin çevre koruma harcamalarının etkinlik performanslarını belirlemek üzere veri zarflama analizi süper etkinlik modeli kullanılmıştır.

Veri zarflama ile elde edilen skorlar (etkinlik skorları) bağımlı değişken olarak kullanılarak panel veri analiz ile regresyon modeli tahmin edilmiştir. Ekonometrik çalışmalarda en önemli aşamalardan biri değişkenlerin belirlenerek verilerin temin edilmesidir. Güvenilir kaynaklardan veri temin etmek çalışmanın güvenilirliği açısından da oldukça önemlidir. Bu noktada ekonometrik çalışmalarda yatay kesit, zaman serisi ve panel veri olmak üzere 3 değişik veri türünden söz etmek mümkündür. Zaman serisi verisi, değişkenlerin zaman birimlerine göre değişimini; yatay kesit verileri belli bir zaman biriminde farklı birimlerden toplanan verileri içerirken; panel veri ise zaman serisi ve yatay kesit verilerin toplamından oluşan veri setini ifade eder (Tatoğlu, 2020, s. 1-2).

Bu çerçevede genel olarak kullanılan doğrusal panel veri modeli;

$$Y_{it} = \beta_{0it} + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kit} + \epsilon_{it} \quad i=1, \dots, N; \quad t=1, \dots, T \quad (1)$$

Y_{it} : bağımlı değişkenin t zamanında i. birim için değeri
i: yatay kesit boyutu
t: zaman boyutu
 X_{kit} : k. Açıklayıcı değişkenin t zamanında i. birim için değeri
 β_{0it} : sabit terim

şeklinde ifade edilebilir (Tatoğlu, 2020; 37). Klasik panel veri yönteminde havuzlanmış en küçük

kareler modeli, sabit etkiler modeli ve tesadüfi etkiler modeli olmak üzere 3 model bulunmaktadır.

Klasik panel veri analizinde kullanılacak modelin belirlenirken ilk olarak En Küçük Kareler (OLS), Tesadüfi Etkiler (TE) ve Sabit Etkiler (SE) olmak üzere üç farklı tahmin modeli arasından hangisinin kullanılacağına dair bir karar verilmelidir. Bu üç modelden OLS, havuzlanmış verilerle spesifik birimlere ait etkilerin olmadığı durumda bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişken üzerindeki etkilerini araştırmaktadır. Her bir birime ait farklı kesit katsayıları içerebilen panel verilerin söz konusu birimlere ait sabit katsayılarının tahmini için SE; yine bu birimlerin katsayılarını bağımsız tesadüfi değişkenler olarak ele alındığı tahminlerde ise TE model tercih edilmektedir (Karasoy ve Demirtaş, 2018, s. 1929).

Bu kapsamda sabit etkiler modeli ile havuzlanmış en küçük kareler modellerinden uygun olanı belirlemek için F testi kullanılırken, tesadüfi etkiler modeli ile havuzlanmış en küçük kareler regresyon modelini karşılaştırmak için LM testi kullanılmaktadır. Her iki testte de sıfır hipotezinin reddedilmemesi halinde, havuzlanmış OLS regresyonu tercih edilmektedir. Sabit ve tesadüfi etkiler modellerini karşılaştırmada ise Hausman testi, bireysel etkilerin diğer bağımsız değişkenlerle ilişkisiz olduğu sıfır hipotezini reddederse, sabit etkiler modeli tesadüfi etkilere tercih edilir (Das, 2019, s. 500).

Çalışmada vergi zarflama yöntemi ile edilen skorlar, çevre koruma harcamalarının başarı/başarısızlığı şeklinde sıralanarak, kamu çevre koruma harcamalarının etkinlik sıralaması veri zarflama analizi süper etkinli modeli kullanılarak yapılmıştır. Buradan elde edilen sonuçlar hazırlanacak bir modele dahil edilerek, panel regresyon için uygun ekonometrik model belirlenerek seçili OECD ülkeleri açısından, çevre koruma harcamalarında etkinliği nelerin etkilediği tahmin edilmiştir (Tan vd., 2023, s. 6; Shuai ve Fan, 2020, s. 3).

3. Uygulama

Çalışmanın ilk aşamasında kamu çevre koruma harcamalarının etkinliği veri zarflama analizi kullanılarak hesaplanmıştır. Yapılan veri zarflama analizinde Jialu vd., (2022); Sun vd., (2016); Wang, (2018) ve Zhang vd., (2019) çalışmalarından yararlanılarak kamu çevre koruma harcamaları² girdi olarak; kişi başı GSYH³ (Jebali vd., 2017; Lacko vd., 2023; Li ve Wang, 2014; Liu ve Zhao, 2023; Zhou vd., 2016), P. M. 2,5⁴ partikül madde maruziyeti (Ma vd., 2021; Özkan ve Özcan, 2018; Wu ve Guo, 2021) air pollution, especially fine particulate matter (PM2.5, ülkelerin ormanlık alanı⁵ (Arltová ve Kot, 2023; Barrell vd., 2021), ülkelerin yenilenebilir enerji üretimi⁶ (Barrell vd., 2021; Koçak vd., 2021) ve karbondioksit emisyonları (Gómez-Calvet vd., 2020; Lacko vd., 2023; Zhou vd., 2016) çıktı olarak belirlenmiştir.

2 Çalışmada kullanılan ve IMF veri tabanından temin edilen çevre koruma harcamaları; Hükümet İşlevlerinin Sınıflandırılması (COFOG) çerçevesinde kirliliğin azaltılması ve çeşitli çevresel faktörlerin yönetilmesine dair belirli bir dizi faaliyete ilişkin hükümet harcamalarını ifade eder (*Climate Change Indicators Dashboard*, 2024.)

3 Kişi başına düşen GSYİH, gayri safi yurt içi hasılanın yıl ortası nüfusa bölünmesiyle elde edilir. GSYİH, ekonomideki tüm yerleşik üreticilerin brüt katma değeri artı ürün vergileri ve ürünlerin değerine dahil edilmeyen sübvansiyonlar hariç toplamıdır. Fabrikasyon varlıkların amortismanı veya doğal kaynakların tükenmesi ve bozulması nedeniyle kesinti yapılmadan hesaplanır. Veriler güncel ABD doları cinsindedir (*World Development Indicators | DataBank*, erişim tarihi: 19.12.2023).

4 İnce partikül madde (PM2,5), küresel olarak sağlık açısından en büyük riski oluşturan ve diğer kirleticilerden daha fazla insanı etkileyen hava kirleticidir. PM2.5'e kronik maruz kalma, özellikle solunum ve kardiyovasküler hastalık riskini önemli ölçüde artırır. Veriler nüfusun 10 mikrogram/m³'ten fazla maruziyetine atfta bulunmaktadır ve yıllık ortalamalar olarak ifade edilmektedir (*Air Pollution Exposure*, erişim tarihi:06. 12.2023).

5 Dünya bankası ormanlık alanı şehir park bahçeleri ve tarımsal sistemin dışında kalan; en az 5 metre uzunluğa sahip doğal ya da dikilerek oluşturulmuş ağaçlık alan olarak tanımlanmaktadır(*World Development Indicators | DataBank*, erişim tarihi: 19.12.2023).

6 Yenilenebilir enerji, rüzgar, jeotermal, güneş, biyokütle ve atık dahil olmak üzere yenilenebilir kaynaklardan elde edilen brüt üretime dayanmaktadır (Energy Institute, erişim tarihi: 13.12.2023)

Belirlenen çıktılarından CO₂, emisyonu ve P.M. 2.5 maruziyeti etkinlik analizi yapılırken maksimizasyonu istenmeyen çıktılar oldukları için “undesirable output (istenmeyen çıktı)” ya da “bad output (kötü çıktı)” kategorisinde değerlendirilmiştir (Zhou vd., 2008, s. 4-13) . Bu nedenle çalışmada kullanılmış olan istenmeyen çıktılar istenmeyen çıktı (u), $f(u) = 1/u$ formülü uygulanarak istenen çıktıya (desirable output) dönüştürülmüştür (Golany ve Roll, 1989; Koçak vd., 2021; Scheel, 2001).

Tablo- 1: Modelde Kullanılan Değişkenler ve Açıklamaları

Değişkenler	Göstergeler	Değerler	Kaynak
Çıktı 1- Yen. Üretimi	Yenilenebilir Enerji Üretimi	Twh	Energy Institute
Çıktı 2- Orman	Ormanlık Alan	Km ²	Dünya Bankası
Çıktı 3- GSYH/kişi başı	Kişi Başı GSYH	Us \$	Dünya Bankası
Çıktı 4- P.M. 2.5.	Ortalama Kişi Başı P.M. 2.5. maruziyeti	M ³ mikrogram	OECD
Çıktı 5- CO ₂	CO ₂ Emisyonu	CO ₂ eşdeğeri, bin ton	OECD
Girdi 1- ÇKH	Çevre Koruma Harcamaları	% GSYH	IMF

Çalışma ilk olarak 2008-2020 yılları arasında 30 OECD⁷ ülkesinin merkezi hükümet olarak çevre koruma harcamalarının etkinliğinin hesaplanması amaçlanmıştır. Girdi olarak kullanılacak veri IMF veri tabanından, çıktı olarak kullanılacak veriler ise Dünya Bankası, OECD ve Energy Institute veri tabanlarından temin edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada kullanım ve erişim kolaylığı göz önüne alınarak EMS 3.1. programı kullanılmıştır. EMS (Efficiency Measurement System) programı ise Holgar Scheel tarafından geliştirilmiş olan bir programdır. Program temelinde Excel’de verilerin uygun şekilde düzenlenip programa yüklenerek istenilen modelin seçilmesi ile çalışır.

Tablo 2’de 2008-2020 yılları arasında her yıl için girdi odaklı Süper Etkinlik modeli kullanılarak OECD ülkelerinin çevre koruma harcamalarının etkinliği hesaplanmıştır. Süper etkinlik modelinin geleneksel veri zarflama analizinden farkı etkin çıkan karar verme birimlerini de ayrıca değerlendiriyor olmasıdır. Dolayısıyla yapılan analizde etkinlik skoru % 100’ün altında olan karar verme birimleri için tam etkinliği sağlayamadıklarını söylemek mümkündür. Ancak etkinlik skoru % 100’ün üzerinde olan karar verme birimlerinde ise etkinlik sınırının ne kadar üstüne çıktıklarına göre en etkin karar verme birimini belirlemek mümkündür. Geleneksel veri zarflama analizinde aynı etkinlik sırasını paylaşan karar verme birimleri varken, süper etkinlik modeli kullanılan veri zarflama analizinde sıralama daha net bir şekilde oluşturulabilmektedir.

7 Analizdeki sırasıyla “Avusturalya, Avusturya, Belçika, Şili, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İzlanda, İrlanda, İsrail, İtalya, Japonya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Hollanda, Norveç, Polonya, Portekiz, Slovakya, Slovenya, İspanya, İsveç, İsviçre, Türkiye, Birleşik Krallık”

Tablo 2. 2008- 2020 Girdi Odaklı Süper Etkinlik Analizi

KVB	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
1	Avustralya	92,67%	94,06%	80,23%	74,33%	73,97%	66,50%	71,38%	86,82%	87,98%	84,73%	79,69%	88,94%	89,89%
2	Avusturya	61,47%	63,09%	48,41%	50,25%	50,36%	57,75%	57,00%	60,04%	62,16%	57,07%	54,68%	50,32%	53,65%
3	Belçika	28,66%	30,80%	21,34%	14,88%	14,88%	15,53%	17,54%	18,04%	18,48%	15,18%	14,65%	14,23%	15,24%
4	Şili	198,97%	175,71%	200,39%	191,64%	196,43%	204,00%	190,04%	167,52%	169,03%	173,54%	180,65%	159,61%	164,69%
5	Çek Cumhuriyeti	14,33%	20,85%	11,93%	8,23%	7,83%	10,35%	10,04%	9,23%	13,21%	11,18%	10,89%	11,29%	11,77%
6	Danimarka	80,32%	94,69%	83,38%	76,46%	76,76%	66,26%	68,50%	70,33%	70,21%	61,95%	61,72%	61,64%	70,27%
7	Finlandiya	109,81%	107,00%	99,40%	111,81%	114,59%	134,29%	135,57%	160,03%	185,02%	205,84%	190,20%	218,57%	233,42%
8	Fransa	29,47%	31,98%	25,74%	24,72%	23,56%	23,97%	25,67%	25,18%	26,05%	23,86%	23,96%	24,14%	27,20%
9	Almanya	269,87%	280,52%	284,91%	304,34%	252,40%	247,20%	309,51%	289,25%	231,70%	210,40%	174,78%	190,08%	183,90%
10	Yunanistan	10,04%	24,15%	20,24%	14,24%	12,82%	6,65%	7,95%	7,27%	6,91%	6,54%	6,58%	6,93%	7,23%
11	Macaristan	50,48%	16,97%	14,44%	13,05%	14,05%	11,22%	9,35%	7,82%	18,72%	12,81%	13,89%	12,64%	13,89%
12	İzlanda	195,49%	59,91%	126,04%	277,86%	269,07%	279,12%	235,57%	252,70%	216,10%	195,28%	203,39%	213,11%	154,74%
13	İrlanda	16,72%	35,62%	30,05%	34,05%	32,91%	45,84%	48,92%	75,36%	71,74%	73,46%	79,16%	84,83%	103,10%
14	İsrail	38,70%	36,30%	30,35%	28,81%	28,99%	33,15%	33,89%	35,49%	35,66%	32,65%	31,10%	32,65%	34,67%
15	İtalya	33,24%	38,09%	33,47%	34,08%	35,51%	34,74%	34,70%	31,00%	31,09%	28,78%	28,46%	27,51%	27,51%
16	Japonya	22,69%	27,11%	29,59%	25,84%	24,85%	25,75%	26,53%	27,72%	28,97%	28,00%	29,73%	31,75%	33,19%
17	Letonya	36,06%	251,61%	88,29%	37,56%	38,95%	38,21%	45,32%	42,85%	52,88%	58,29%	54,11%	51,47%	70,12%
18	Litvanya	83,29%	13,25%	14,04%	27,32%	26,30%	35,79%	35,22%	33,02%	37,88%	44,01%	44,01%	38,65%	46,85%
19	Lüksemburg	50,89%	91,40%	82,47%	79,67%	73,74%	79,50%	87,51%	81,32%	85,20%	66,47%	61,41%	58,02%	63,90%
20	Hollanda	35,19%	21,89%	18,47%	16,19%	15,87%	17,41%	18,60%	18,45%	17,17%	15,54%	15,26%	15,53%	17,99%
21	Norveç	34,11%	70,35%	62,77%	59,83%	64,11%	66,22%	58,75%	46,56%	39,32%	36,35%	37,23%	32,62%	28,89%
22	Polonya	21,67%	14,12%	12,57%	14,53%	15,85%	17,57%	18,79%	18,64%	26,23%	24,56%	18,35%	19,54%	21,12%
23	Portekiz	24,43%	30,65%	24,43%	24,66%	24,55%	29,19%	34,09%	28,31%	30,64%	23,49%	24,30%	24,68%	24,71%
24	Slovakya	21,12%	13,98%	12,43%	14,09%	13,59%	12,51%	15,16%	12,02%	14,16%	12,72%	13,12%	12,89%	14,24%
25	Slovenya	29,90%	21,84%	28,16%	22,93%	21,92%	23,00%	20,68%	17,27%	29,36%	37,98%	34,71%	32,38%	38,60%
26	İspanya	55,39%	40,41%	39,93%	37,67%	38,83%	45,94%	40,74%	34,70%	35,28%	30,55%	30,58%	30,94%	33,33%
27	İsveç	70,59%	76,20%	71,29%	67,28%	64,92%	67,13%	71,93%	72,20%	66,33%	54,45%	46,62%	48,16%	54,50%
28	İsviçre	23,91%	81,50%	76,08%	73,84%	74,37%	74,85%	77,54%	79,60%	72,17%	61,39%	60,50%	61,22%	65,44%
29	Türkiye Cumhuriyeti	83,60%	30,96%	29,15%	26,24%	26,10%	33,49%	37,87%	34,70%	37,16%	36,75%	40,96%	56,68%	74,08%
30	Birleşik Krallık	26,20%	33,79%	29,45%	31,46%	31,84%	41,14%	44,53%	49,46%	47,70%	46,40%	53,32%	56,80%	60,45%
	OECD	62%	64%	58%	61%	59%	61%	63%	63%	62%	59%	57%	59%	61%

Analiz sonucu elde edilen girdi odaklı süper etkinlik skorlarına göre; Şili, Finlandiya, Almanya ve İzlanda (2008 yılı hariç) kamu çevre koruma harcamalarının etkinliği açısından analize tabi tutulan 30 ülke içinde ön plana çıkmışlardır. Özellikle Almanya 2018 yılı dışında tüm yıllarda çevre koruma harcamalarının etkinliği göz önüne alındığında oldukça başarılı bir tablo ortaya koymuştur. Türkiye'nin ise 2008 yılında bir kırılma yaşadığı görülmekte ve her ne kadar tam etkinlik sınırına gelmemiş olsa da 2009-2017 arası neredeyse stabil etkinlik skorlarına sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca Türkiye'nin etkinlik skorlarında 2017 yılından itibaren de sürekli bir artış olduğu da dikkat çekmektedir.

Çalışmanın ikinci aşamasında 30 OECD ülkesinin kamu çevre koruma harcamalarının etkinliğini belirleyen faktörleri belirlemek üzere panel veri analizi yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde uygulanan ekonometrik yöntem için değişkenlerin belirlenmesinde yapılan literatür taraması yol gösterici olmuştur. Kamu çevre koruma harcamalarının etkinliğinin belirleyicilerini tahmin etmek adına uygulanan olan ekonometrik modelde bağımlı değişken olarak süper etkinlik skorları (Jialu vd., 2022; Shuai ve Fan, 2020) bağımsız değişken olarak ise nüfus yoğunluğu⁸ (Antonelli ve De Bonis, 2019; Iram vd., 2020; Jialu vd., 2022; Tu vd., 2017), kişi başı GSYH⁹ (Jia ve Liu, 2012; Jialu vd., 2022; Yasmeen vd., 2023), dış ticaret¹⁰ (Kumar ve Khanna, 2009; Li ve Wang, 2014; Yasmeen vd., 2023) belirlenmiştir. Belirlenen değişkenler çerçevesinde çalışmada kullanılacak ekonometrik model;

$$\log_SUPETK_{it} = \beta_{0it} + \beta_1 \log_NFSY_{it} + \beta_2 \log_GSYHKB_{it} + \beta_3 \log_TCRT_{it} \quad (2)$$

şeklinde oluşturulmuştur. Modelde kullanılan değişkenlere ilişkin bilgilere Tablo 3' de yer verilmiştir.

8 Nüfus yoğunluğu yıl ortası nüfusun kilometrekare cinsinden arazi alanına bölümüdür. Nüfus, yasal statüleri veya vatandaşlıkları ne olursa olsun tüm sakinleri sayan fiili nüfus tanımına dayanmaktadır (*World Development Indicators | DataBank*, erişim tarihi: 19.12.2023)

9 Bkz. 2 numaralı dipnot

10 Ölçülen mal ve hizmet ihracat ve ithalatlarının gayri safi yurtçi hasılanın payı olarak toplamıdır (*World Development Indicators | DataBank*, 19.12.2023).

Tablo 3. Değişken Tablosu

Değişken	Kısaltma	Tanım	Kaynak
Süper Etkinlik Skorları	SUPETK	Çevre Koruma Harcamalarının Etkinlik Skoru	Kendi Hesaplamamız
Nüfus Yoğunluğu	NFSY	Km ² 'ye düşen kişi sayısı	Dünya Bankası
Kişi Başı GSYH	GSYHKB	Dolar cinsi kişi başı GSYH	Dünya Bankası
Dış Ticaret	TCRT	İthalat ve ihracat toplamının GSYH içindeki yüzdelik oranı	Dünya Bankası

İki aşamalı Veri Zarflama Analizinde, ilk olarak her karar verme biriminin göreceli etkinliği hesaplanır; ikinci aşamada ise etkinlik üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı olan faktörleri belirlemek üzere etkinlik skoru potansiyel bağımlı değişkenler kullanılarak regresyona tabi tutulur. Banker ve Natarajan, (2008)but the contextual variables may be correlated with each other. Monte Carlo simulations are carried out to compare the performance of our two-stage approach with one-stage and two-stage parametric approaches. Simulation results indicate that DEA-based procedures with OLS, maximum likelihood, or even Tobit estimation in the second stage perform as well as the best of the parametric methods in the estimation of the impact of contextual variables on productivity. Simulation results also indicate that DEA-based procedures perform better than parametric methods in the estimation of individual decision-making unit (DMU) iki aşamalı veri zarflama analizinin ikinci aşaması olan ekonometrik model tahmininde yaygın olarak kullanılan Tobit regresyon modeli yerine klasik panel modellerini kullanılmasının daha tutarlı sonuçlar vereceğini belirtmiştir. McDonald, (2009)within the context of a censoring data generating process (DGP) çalışmasında

Banker ve Natarajan (2008)'in çalışmasını destekleyecek sonuçlar elde ederek OLS kullanımının iki aşamalı veri zarflama analizinde yeterli olacağını savunmuştur. Simar ve Wilson, (2011) ise çalışmasında hem McDonald (2009) hem de Banker ve Natarajan (2008)'in önerdiği regresyon modellerine eleştiride bulunarak gerekli ekonometrik ön testlerin yapılmadan direkt olarak OLS uygulanmasının modeli tutarsız kılacağını belirtmiştir. Bu kapsamda söz konusu çalışmaların yönlendirmesiyle çalışmada tüm değişkenlerin logaritması (Shuai ve Fan, 2020) alınarak ekonometrik modellemenin gerektirdiği ön testler uygulanmış ve değişkenler regresyona tabi tutulmuştur.

Bu kapsamda çalışmada hangi modelin kullanılması gerektiğini belirlemek için yapılan testler tabloda belirtilmiştir.

Tablo 4. Model Belirleme Testleri

	F Testi	Breusch-Pagan LM Testi	Hausman Testi
Test İstatistikleri	75.34 (0.00)	1678.65 (0.00)	0,35 (0.95)

Modelin tahmin yöntemine karar vermek için yapılan testlerin sonuçları tabloda verilmiştir. Klasik model sabit etkiler modeli arasında karar vermek üzere yapılan F testi sonuçlarına göre klasik modeli öneren H0 hipotezi reddedilmekte sabit etkiler modeli ön plana çıkmaktadır. Klasik model ile tesadüfi etkiler modeli arasında karar vermek üzere yapılan Breusch- Pagan LM testi sonucuna göre ise yine klasik modeli öneren H0 hipotezi reddedilmekte tesadüfi etkiler modeli ön plana çıkmaktadır. Son olarak sabit etkiler modeli ile tesadüfi etkiler modeli arasında karar vermek üzere yapılan Hausman testi sonucuna göre tesadüfi etkiler modelini öneren H0 hipotezi kabul edilmekte dolayısıyla sabit etkiler modeli geçersiz kalmaktadır.

Tüm bu değerlendirme sonucunda çalışma için

kullanılacak olan en uygun modelin tesadüfi etkiler modeli olduğuna karar verilmiştir.

Tablo 5. Çevre Koruma Harcamalarının Etkinliğinin Belirleyicileri; RE Tahmin Sonuçları

Bağımlı Değişken: log_SUPETK; Örneklem (N):30 ülke; T: 13 yıl (2008-2020); N*T= 390	
Değişkenler	RE (Tesadüfi Etkiler)
Sabit	-0.8088497 (0.55)
log_NFSY	-0.2689533 (0.00)*
log_GSYHKB	0.6119487 (0.00) *
log_TCRT	-0.1484561 (0.27)
R ²	0.36

Not: Parantez içi değerler, anlamlılık (prob.) değerleridir.

*: % 1 düzeyinde istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir.

Kamu çevre koruma harcamalarının etkinliğinin belirleyicilerini tahmin etmek üzere yapılan analizler yukarıdaki tabloda yer almaktadır. Her iki tahmin yönteminden elde edilen sonuçlara göre nüfus yoğunluğu ve kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla anlamlı sonuçlar vermiştir. Bu kapsamda modelde yer alan log_NFSY, bağımlı değişken olan log_SUPETK ile negatif yönlü ve anlamlı bir ilişkiye sahiptir. Beklentilere uygun olan bu sonuç bize göstermektedir ki ülkelerin nüfus yoğunluğu arttıkça çevre koruma harcamalarından beklenen etkinlik düzeyi azalmaktadır. Analiz sonuçlarına göre nüfus yoğunluğunda meydana gelecek % 1'lik bir artış çevre koruma harcamalarının etkinliğinde %0,27'lik bir azalmaya neden olacağını söylemek mümkündür. Modelde yer alan log_GSYHKB ise bağımlı değişken olan log_SUPETK ile pozitif yönlü ve anlamlı bir ilişkiye sahiptir. Bu sonuç da beklentilere uygun olarak bize göstermektedir ki ülkeler ekonomik olarak büyüdükünde diğer bir ifadeyle kişi başına düşen

milli gelirden meydana gelen %1'lik bir artış çevre koruma harcamalarının etkinliğinde %0,61'lik bir artış sağlayacaktır. Dolayısıyla ekonomik anlamda gelişmiş ülkeler çevre koruma konusunda daha başarılıdır diyebiliriz. Modelde yer alan bir diğer değişken olan log_TCRT değişkeninin ise çevre koruma harcamalarının etkinliği üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olmadığı görülmektedir.

Sonuç

Çevre koruma harcamaları çevresel politikaların başarıyla uygulanmasında oldukça önemli bir yere sahiptir. Özellikle iklim değişikliği, sürdürülebilirlik ve yeşil ekonomi gibi konuların her geçen gün önem kazandığı günümüzde devletlerin çevresel politikalara ayrıca önem vermesi oldukça önem arz etmektedir.

Bu kapsamda çevre koruma harcamalarının kapsamlı bir değerlendirmeye alınması ve ülkeler bağlamında incelenmesi doğru politika belirlenmesi noktasında oldukça önemlidir. Yapılan çalışma da tam olarak bu kapsamda literatüre katkıda bulunmayı hedeflemektedir.

Çalışmada 30 OECD ülkesinin 2008-2020 yılları kamu çevre koruma harcamaları IMF veri tabanından elde edilen verilerle değerlendirilmiştir. Çalışmanın uygulamasında hem kamu çevre koruma harcamalarının etkinliğini görmek hem de bu etkinliğe etki eden faktörleri belirlemek hedeflenmiştir. Çevre koruma harcamalarının etkinliğini hesaplamada veri zarflama analizi süper etkinlik modeli kullanılmıştır. VZA- süper etkinlik modeli sonuçlarına göre Almanya, Finlandiya, Şili çevre koruma harcamalarını en etkin şekilde kullanan; Macaristan ve Yunanistan ise etkinlik skoru en düşük ülkeler olarak ön plana çıkmaktadır. Türkiye ise OECD ortalaması ile uyumlu bir etkinlik sıralaması elde etmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise elde edilen etkinlik skorları bağımlı değişken olarak kullanılmak suretiyle bu etkinliği etkileyen faktörler araştırılmıştır. İkinci aşamada uygulanan klasik

panel veri analizinde ise bağımsız değişken olarak kullanılan ülkelerin kişi başı GSYH ve nüfus yoğunlukları beklentilerle uyumlu olarak çevre koruma harcamalarının etkinliğini etkiledikleri görülmüştür.

Elde edilen tüm bu analiz sonuçları değerlendirildiğinde ülkeler büyüdükçe ve ekonomileri geliştikçe üretilen nihai hasıla sürekli artış göstereceğinden, çevre koruma için gerekli önlemleri yerinde ve zamanında alma konusunda gerekli yatırımlara daha fazla yer verebilmektedir. Bununla birlikte yeşil bütçeleme ile kamu harcamaları içerisinde çevre korumaya daha fazla yer verebilmekte, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı konusunda daha fazla teşvikler sunabilmektedir. Özellikle ekonomik büyüme ile birlikte çevre korumaya yönelik olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı için gerekli alt yapının sağlanma imkanları artmakta ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım olanakları genişlemektedir. Özetle gelişmiş ülkeler çevre koruma harcamaları etkinlik konusunda daha başarılıdır diyebiliriz. Etkinlik skorları da bu durumu destekler nitelikte sonuçlar içermektedir. Nüfus yoğunluğunun artması ise analize dahil edilen ülkeler açısından çevre koruma harcamalarının etkinliğini azaltmaktadır. Km²'ye düşen kişi sayısının artması kalabalıklaşma maliyetini beraberinde getirmekte ve çevre koruma harcamalarının etkinliğini olumsuz etkilemektedir. Kalabalıklaşmanın getirdiği maliyetin minimize edilmesine yönelik olarak özellikle yerel yönetim ve merkezi yönetimin koordineli olarak çalışması ve istikrarlı çözümler geliştirmesi önem arz etmektedir.

Yazar Katkıları

Senem Koç Arslan % 70, Gülsüm Gürler Hazman %30

Teşekkür Beyanı

Yazar(lar), çalışma için teşekkür beyanında bulunmamışlardır.

Destek Beyanı

Yazar(lar), çalışma için herhangi bir destekleyen beyanında bulunmamışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazar(lar), çalışma için herhangi bir çıkar çatışması beyanında bulunmamışlardır.

Etik Beyanı

Yazar(lar), çalışma için Etik Kurul Onayı alınması gerektiğini beyan etmişlerdir.

Kaynakça

1. Andersen, P., ve Petersen, N. C. (1993). A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 9(10), s. 1261-1264.
2. Antonelli, M. A. ve De Bonis, V. (2019). The Efficiency of Social Public Expenditure in European countries: A Two-Stage Analysis. *Applied Economics*, 51(1), s. 47-60.
3. Arltová, M., ve Kot, J. (2023). Do Environmental Taxes Improve Environmental Quality? Evidence from OECD Countries. *Prague Economic Papers*, 32(1), 26-44.
4. Banker, R. D., ve Natarajan, R. (2008). Evaluating Contextual Variables Affecting Productivity Using Data Envelopment Analysis. *Operations Research*, 56(1), s. 48-58.
5. Barrell, A., Dobrzanski, P., Bobowski, S., Siuda, K., ve Chmielowiec, S. (2021). Efficiency of Environmental Protection Expenditures in EU Countries. *Energies*, 14(24).
6. Climate Change Indicators Dashboard. (T.y.). Erişim tarihi 20 Temmuz 2024, <https://climatedata.imf.org/>
7. Chang, C.-P., Dong, M., & Liu, J. (2019). Environmental Governance and Environmental Performance. SSRN Scholarly Paper, Rochester, NY. .
8. Das, P. (2019). *Econometrics in Theory and Practice: Analysis of Cross Section, Time Series and Panel Data with*

Stata 15.1. Springer.

9. Değirmenci, T., & Aydın, M. (2020). Çevre Koruma Harcamaları ile Gelir Dağılımı ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Dinamik İlişkiler: Seçili OECD Ülkeleri için Panel Nedensellik Yaklaşımı. *Sosyoekonomi*, 28(46), 391-406.
10. Doğan, N. (2015). VZA Süper Etkinlik Modelleri ile Etkinlik Ölçümü: Kapadokya'da Faaliyet Gösteren Balon İşletmeleri Üzerine Bir Uygulama. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 29(1).
11. Ercolano, S., & Romano, O. (2018). Spending for the Environment: General Government Expenditure Trends in Europe. *Social Indicators Research*, 138(3), 1145-1169.
12. Golany, B., ve Roll, Y. (1989). An Application Procedure for DEA. *Omega*, 17(3), s. 237-250.
13. Gómez-Calvet, R., Conesa, D., Gómez-Calvet, A. R., ve Tortosa-Ausina, E. (2020). European Energy Efficiency Evaluation Based on the Use of Super-Efficiency Under Undesirable Outputs in SBM Models. İçinde J. Aparicio, C. A. K. Lovell, J. T. Pastor, ve J. Zhu (Ed.), *Advances in Efficiency and Productivity II* (ss. 193-208). Springer International Publishing.
14. Halkos, G. E., ve Tzeremes, N. G. (2014). Public sector transparency and countries' environmental performance: A nonparametric analysis. *Resource and Energy Economics*, 38, s. 19-37.
15. He, L., Wu, M., Wang, D., ve Zhong, Z. (2018). A study of the influence of regional environmental expenditure on air quality in China: The effectiveness of environmental policy. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(8), s. 7454-7468.
16. Institute, E. (t.y.). About the statistical review. *Statistical Review of World Energy*. Erişim tarihi: 20 Temmuz 2024, <https://www.energyinst.org/statistical-review/about>
17. Iram, R., Zhang, J., Erdogan, S., Abbas, Q., ve Mohsin, M. (2020). Economics of energy and environmental efficiency: Evidence from OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(4), s. 3858-3870.
18. Jebali, E., Essid, H., ve Khraief, N. (2017). The analysis of energy efficiency of the Mediterranean countries: A two-stage double bootstrap DEA approach. *Energy*, 134(C), s. 991-1000.
19. Jia, Y. P., ve Liu, R. Z. (2012). Study of the Energy and Environmental Efficiency of the Chinese Economy Based on a DEA Model. *Procedia Environmental Sciences*, 13, s. 2256-2263.
20. Jialu, S., Zhiqiang, M., Mingxing, L., Agyeman, F. O., ve Yue, Z. (2022). Efficiency Evaluation and Influencing Factors of Government Financial Expenditure on Environmental Protection: An SBM Super-efficiency Model Based on Undesired Outputs. *Problemy Ekorożwoju*, 17(1).
21. Karasoy, A., ve Demirtaş, G. (2018). Sağlık Harcamalarının Belirleyicileri Üzerine Bir Uygulama: Çevre Kirliliği ve Yönetişimin Etkilerinin İncelenmesi. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 7(3).

22. Koçak, E., Kinaci, H., ve Shehzad, K. (2021). Environmental efficiency of disaggregated energy R&D expenditures in OECD: A bootstrap DEA approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(15), s. 19381-19390.
23. Kumar, S., ve Khanna, M. (2009). Measurement of environmental efficiency and productivity: A cross-country analysis. *Environment and Development Economics*, 14(4), s. 473-495.
24. Lacko, R., ve Hajduová, Z. (2018). Determinants of Environmental Efficiency of the EU Countries Using Two-Step DEA Approach. *Sustainability*, 10(10).
25. Lacko, R., Hajduová, Z., ve Markovič, P. (2023). Socioeconomic determinants of environmental efficiency: The case of the European Union. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(11), s. 31320-31331.
26. Li, M., ve Wang, Q. (2014). International environmental efficiency differences and their determinants. *Energy*, 78, s. 411-420.
27. Liu, J.-B., ve Zhao, B.-Y. (2023). Study on environmental efficiency of anhui province based on sbm-dea model and fractal theory. *Fractals*, 31(04), s. 2340072.
28. Ma, D., Li, G., ve He, F. (2021). Exploring PM2.5 Environmental Efficiency and Its Influencing Factors in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(22).
29. McDonald, J. (2009). Using least squares and tobit in second stage DEA efficiency analyses. *European Journal of Operational Research*, 197(2), s. 792-798.
30. Özkan, M., ve Özcan, A. (2018). Veri Zarflama Analizi (VZA) ile Seçilmiş Çevresel Göstergeler Üzerinden Bir Değerlendirme: OECD Performans İncelemesi. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 16(32).
31. Pearce, D., ve Palmer, C. (2001). Public and Private Spending for environmental Protection: A Cross-Country Policy Analysis. *Fiscal Studies*, 22(4), 403-456.
- 32.
33. Scheel, H. (2001). Undesirable Outputs in Efficiency Valuations. *European Journal of Operational Research*, 132(2), s. 400-410.
34. Shuai, S., ve Fan, Z. (2020). Modeling The Role of Environmental Regulations in Regional Green Economy Efficiency of China: Empirical evidence from super efficiency DEA-Tobit model. *Journal of Environmental Management*, 261, s. 110227.
35. Simar, L., ve Wilson, P. W. (2007). Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. *Journal of Econometrics*, 136(1), s. 31-64.
36. Simar, L., ve Wilson, P. W. (2011). Two-stage DEA: Caveat emptor. *Journal of Productivity Analysis*, 36(2), s. 205-218.
37. Sun, K., Sun, L., School, T. and F. of, ve Northeast, E. and F. of U. (2016). A Study of Expenditure Efficiency of Fiscal Environment Protection Based on Input-output Ratio A DEA-Tobit Analysis Based on Panel Data of Prefectural-Level Cities of Jilin Province. *Taxation and Economy*, 5, s. 101-106.
38. Tan, J., Su, X., ve Wang, R. (2023). Exploring the Measurement of Regional Forestry Eco-Efficiency and Influencing Factors in China Based on the Super-Efficient DEA-Tobit Two Stage Model. *Forests*, 14(2).
39. Tatoğlu, F. Y. (2020). *Panel Veri Ekonometrisi (5. Baskı)*. Beta Yay.
40. Tu, B., Tao, X., ve Guo, N. (2017). Governmental Spending on Public Cultural Services: Efficiency and Influencing Factors Analysis Based on DEA-Tobit. *Journal of Service Science and Management*, 10(03).
41. Wang, P. (2018). Analysis of the efficiency of public environmental expenditure based on data envelopment analysis (DEA)-Tobit model: Evidence from central China. *Nature Environment and Pollution Technology*, 17, s. 43-48.
42. World Development Indicators, DataBank. (t.y.). Erişim tarihi 20 Temmuz 2024, <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
43. Wu, X., ve Guo, J. (2021). Inputs Optimization to Reduce the Undesirable Outputs by Environmental Hazards: A DEA Model with Data of PM2.5 in China. İçinde X. Wu ve J. Guo (Ed.), *Economic Impacts and Emergency Management of Disasters in China* (ss. 547-580). Springer Nature.
44. Yalçın, A. Z., ve Gök, M. (2015). Avrupa Birliği ve Türkiye'de Kamu Çevre Koruma Harcamalarının Analizi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 11(25).
45. Yasmeeen, R., Zhang, X., Tao, R., ve Shah, W. U. H. (2023). The Impact of Green Technology, Environmental Tax And Natural Resources On Energy Efficiency And Productivity: Perspective of OECD Rule of Law. *Energy Reports*, 9, s. 1308-1319.
46. Zhang, J., Qu, Y., Zhang, Y., Li, X., ve Miao, X. (2019). Effects of FDI on the Efficiency of Government Expenditure on Environmental Protection Under Fiscal Decentralization: A Spatial Econometric Analysis for China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(14).
47. Zhou, P., Ang, B. W., ve Poh, K. L. (2008). A Survey of Data Envelopment Analysis in Energy And Environmental Studies. *European Journal of Operational Research*, 189(1), s. 1-18.
48. Zhou, P., Poh, K. L., ve Ang, B. W. (2016). Data Envelopment Analysis for Measuring Environmental Performance. İçinde S.-N. Hwang, H.-S. Lee, ve J. Zhu (Ed.), *Handbook of Operations Analytics Using Data Envelopment Analysis* (ss. 31-49). Springer US.
49. Zhu, J. (2001). Super-efficiency and DEA sensitivity analysis. *European Journal of Operational Research*, 129(2), s. 443-455.
50. OECD Veri Tabanı, Air pollution exposure. (2023). OECD. Erişim tarihi: 20 Temmuz 2024, <https://www.oecd.org/en/data/indicators/air-pollution-exposure.html>