

-ARAŞTIRMA MAKALESİ-

VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE OECD ÜYESİ ÜLKELERİN ÇEVRE KORUMA HARCAMALARI ETKİNLİĞİNİN ÖLÇÜLMESİ\*

Senem KOÇ ARSLAN<sup>1</sup> & Gülsüm GÜRLER HAZMAN<sup>2</sup>

Öz

*Kamu kaynaklarının etkin kullanılması ve kaynakların doğru yönlendirilmesi hem karar vericiler hem de kamu politikalarının başarısı açısından oldukça önemlidir. Veri zarflama analizi tam bu noktada kamu harcamalarının etkin kullanılmasının sağlanmasında ve karar vericilere politika belirlemelerinde iyi bir yol göstericidir. Değişen konjonktür gereği çevre koruma politikaları devletler için kritik öneme sahiptir. Çevre koruma politikalarının uygulanmasında çevre koruma harcamaları hayati bir öneme sahiptir. Bu çalışmayla veri zarflama analizi kullanarak 30 Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü OECD ülkesinin 2015-2020 yılları arasında yapmış olduğu çevre koruma harcamalarının etkinlik skorları WinDeap ve MaxDea programları kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışmada söz konusu ülkelerin etkinlik skorları için bir girdi (çevre koruma harcaması), beş çıktı (yenilenebilir enerji üretimi, ormanlık alan, kişi başı GSYH, P.M. 2,5 partikül madde maruziyeti ve karbondioksit emisyonu) kullanılmıştır. Veri zarflama analizinde çıktı maksimizasyonu temel hedeftir ancak P.M. 2,5 partikül madde maruziyeti ve karbondioksit emisyonu gibi çıktıların artması değil azalması hedeftir. Dolayısıyla istenmeyen çıktı olarak ifade edilen bu veriler analiz yapılmadan önce ilgili formül uygulanarak istenen çıktıya dönüştürülmüş ve bu şekilde kullanılmıştır. Kamu kaynaklarının minimum kullanılması kamu bütçesi açısından oldukça önemlidir. Bu kapsamda minimum kamu harcaması ile maksimum etkinliği sağlamak hedeflendiği için çalışmada girdi odaklı VRS ve CRS modelleri uygulanmıştır. Ayrıca referans değerleri detaylı bir şekilde değerlendirilmiş ve OECD ülkelerinin çevre koruma harcamalarının etkinliği yorumlanmıştır. Çalışmada OECD üyesi ülkeler açısından her iki modelde de paralel bir etkinlik skoru elde edilmiştir. Buna ek olarak elde edilen veriler ile referans ülkelerin çevre korumaya yönelik politikaları incelenmiş ve karar vericilere kamu çevre politikalarının daha etkin üretilmesi konusunda yol gösterici öneriler getirilmiştir.*

**Anahtar Kelimeler:** Çevre Koruma Harcamaları, Veri Zarflama Analizi, Etkinlik, İstenmeyen Çıktı.

**JEL Kodları:** H50, Q58, C13.

**Başvuru:** 02.04.2024 **Kabul:** 13.09.2024

\* Çalışma Senem KOÇ ARSLAN'ın devam etmekte olan "Çevre Koruma Harcamalarına İlişkin Etkinlik Analizi ve Belirleyicileri" isimli doktora tez çalışmasından türetilmiştir.

<sup>1</sup> Arş. Gör., Afyon Kocatepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Maliye Bölümü skoc@aku.edu.tr, Afyonkarahisar, Türkiye, ORCID No: 0000-0001-6423-2888

<sup>2</sup> Prof. Dr., Afyon Kocatepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Maliye Bölümü, gghazman@aku.edu.tr, Afyonkarahisar, Türkiye, ORCID No: 0000-0002-9953-4330

## MEASURING THE EFFECTIVENESS OF ENVIRONMENTAL PROTECTION EXPENDITURES OF OECD MEMBER COUNTRIES WITH DATA ENVELOPMENT ANALYSIS<sup>3</sup>

### **Abstract**

*Effective use of public resources and the correct direction of resources are very important for both decision-makers and the success of public politics. At this point, data envelopment analysis is a good guide to ensure the effective use of public expenditures and to determine policy for decision-makers. Due to the changing conjuncture, environmental protection policies are also critical for states at this point. Environmental protection expenditures are of vital importance in the implementation of environmental protection policies. In this study, using data envelopment analysis, the efficiency scores of environmental protection expenditures made by 30 Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) countries between 2015 and 2020 were calculated using WinDeap and MaxDea programs. In the study, one input (environmental protection expenditure) and five outputs (renewable energy production, forest area, GDP per capita, P.M. 2.5 particulate matter exposure, and carbon dioxide emission) were used for the efficiency scores of the countries in question. Output maximization is the main goal in data envelopment analysis, but P.M. The target is to reduce, not increase, outputs such as 2.5 particulate matter exposure and carbon dioxide emissions. Therefore, these data, expressed as unwanted output, were converted into the desired output by applying the relevant formula before analysis and used in this way. Minimum use of public resources is very important for the public budget. In this context, since it aimed to achieve maximum efficiency with minimum public expenditure, input-oriented VRS and CRS models were applied to the study. In addition, reference values were evaluated in detail, and the effectiveness of environmental protection expenditures of OECD countries was evaluated in the context of public expenditures. The study showed that OECD member countries achieved a parallel efficiency score in both models. In addition, examining the environmental protection policies of reference countries with the data obtained is expected to guide decision-makers in producing more effective public environmental policies.*

**Keywords:** *Environmental Protection Expenditure, Data Envelopment Analysis, Efficiency, Undesirable Output.*

**JEL Codes:** H50, Q58, C13.

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

---

<sup>3</sup> The Extended English Summary is located the end of the Article

## 1. GİRİŞ

Dünya genelinde nüfus artışı ve beraberinde endüstrileşmenin getirdiği sanayileşme ve çevresel sorunlar ile hızlı ve plansız şehirleşme, çevre kirliliği sorununu ciddi boyutlara ulaştırmıştır. Özellikle artan üretim, tüketim ve enerji ihtiyacı çevreyi tehdit etmekte çevre sorunlarına yol açmaktadır. Temel enerji kaynakları arasında yenilenemez nitelikte olanlar olduğu gibi yenilenebilir nitelikte olan kaynaklar da mevcuttur. Bunlar arasında yer alan kömür, petrol ve doğal gaz sınırlı rezerve sahip fosil enerji kaynakları olarak yenilenemez enerji grubundadırlar ve fosil enerji kaynaklarının enerji üretiminde kullanılması sonucu sera gaz salınımı oluşmakta ve bu salınım, canlıların sağlığına zarar vermekte, küresel ısınmaya yol açmaktadır. Küresel ısınma sorunu sadece yaşayan nesli değil elbette gelecek nesli de ilgilendiren küresel bir sorun halindedir.

Çevre sorunlarının küresel bir boyut kazanmasıyla çevre kirliliğinin önlenmesi için devletler tarafından etkili önlemler alınması elzem ve kaçınılmaz olmuştur. Bu çerçevede çeşitli yasalar çıkarılmış gerek ulusal gerekse uluslararası boyutta çeşitli çalışmalar başlatılmıştır. Dünyada çevresel riskleri belirlemek, kirliliği azaltmak ve gelecek nesiller için daha yaşanabilir bir dünya bırakmak için çevre politikaları belirlemek önem arz etmektedir ve bu politikaların sürdürülebilir performanslarını değerlendirmek için farklı indeksler oluşturulmaktadır. Bu indeksler sayesinde çevre ile ilgili politika amaçlarına ne kadar yaklaşıldığı ya da ne kadar uzakta kalındığı takip edilebilecektir. Çevre Performans İndeksi (EPI), Yaşayan Gezegen İndeksi (LPI), Ekolojik Ayak İzi (EF), Çevresel Sürdürülebilirlik İndeksi (ESI), bunlardan bazılarıdır.

EPI ortak bir proje çalışmasının ürünüdür. Bu proje Yale Üniversitesi ile Columbia Üniversitesi tarafından yürütülmektedir. 40 adet performans göstergesi kullanılarak, 180 ülkeyi çevre sağlığını koruma, ekosistem canlılığını artırma ve iklim değişikliğini hafifletmeye yönelik olarak sıralamaktadır. Bu göstergeler ülkeleri çevre sorunlarına karşı sürdürülebilir hedeflerine ne kadar uzak ya da yakın olduklarını ölçer (<https://epi.yale.edu/epi-team>, 19.02.2024).

Yaşayan Gezegen İndeksi (LPI) ise, küresel biyolojik çeşitliliğin durumunu takip eden dünyanın dört bir yanından memeli, kuş, balık, sürüngen ve çeşitli canlı türlerinden oluşan popülasyonu toplayan ve bunların çeşitli yöntemlerle omurgalı biyolojik çeşitliliğini takip eden, farklı tehditlerin popülasyonları nasıl etkilediğini belirlemeyi ve türleri korumayı amaçlayan fikirler vermeyi amaçlayan bir endekstir (<https://www.livingplanetindex.org/>, 19.02.2024).

Karbon ayak izi- Ekolojik Ayak İzi (EF) ise, sera gazlarının etkilerinin karbondioksit (CO<sub>2</sub>) cinsinden eşdeğerlerinin hesaplanması çalışmasıdır. Karbon ayak izi azaltma işleminden önce karbon ayak izi hesaplaması yapılmakta, nasıl ve ne kadar azaltılacağı tam olarak bilinmemekle birlikte çeşitli öneriler sunulabilmektedir (<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/emissions-factors>, 19.02.2024). Bir diğer endeks olarak Çevresel Sürdürülebilirlik İndeksi (ESI) ise, 67 adet değişken

kullanarak, hava kalitesinden atıkların azaltılmasına kadar her bir ülke havadaki kükürt dioksit ölümünü ve kötü sağlık koşullarını dikkate alınarak ölüm yapar. Bu lmde özellikle kirletici madde konsantrasyonları ve emisyonları, su kalitesi ve miktarı, enerji tüketimi ve verimliliği, araçlar için özel alanlar, tarım kimyasallarının kullanımı, nüfus artışı, yolsuzluk algısı, evre yönetimi vb. konuları yer almaktadır (<https://sedac.ciesin.columbia.edu/data/collection/esi/>, 19.02.2024).

Dünya genelinde çeşitli göstergeler ile ülkelerin çevresel performans değerlendirmelerinin yapılması, mevcut evre politikalarının etkinliğinin belirlenmesinde ve gelecek evre politikalarının başarısını tahmin etmede son derece önemlidir. Çünkü ülkelerin sergilediği çevresel performans, çevreci uygulamalar açısından bir gösterge olarak kabul edilebilmektedir. Çevreyi korumaya özenli, sürdürülebilir kalkınma odaklı ülkeler yüksek çevresel performans göstermektedir. Bu durum diğer ülkelere evre yönetiminde ne gibi iyileştirmeler tasarlanabileceği konusunda fikirler vermektedir.

Buradan hareketle ülkeler arası çevresel performansların değerlendirilmesi ve ülkelerin çevresel etkinlik açısından sıralanması, evre konusunda ne kadar etkin olduklarının belirlenmesi, yol gösterici bir veri olacaktır. Bu kapsamda çevresel performansların llmesinde veri zarflama analizi (VZA) kullanılabilen ve bu yöntem ile kıyaslanan ülkelerin birbirilerine göre ne kadar etkin oldukları belirlenebilmektedir.

### 1.1. Literatür zeti

Kamu kesimi tarafından yapılan evre koruma harcamaları, ülkelerin GSYİH'ları içinde hala gereken paya sahip olmasalar da evre kirliliğiyle mücadelede ve sürdürülebilir büyüme ve kalkınmanın sağlanmasıda büyük önem taşımaktadır. Bunun yanında, kamu kesiminin evre koruma harcamaları sayesinde devletlerin çevrenin korunmasında nasıl bir strateji izledikleri net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla kamu evre koruma harcamalarının düzenli takibinin yapılması ve incelenmesi ülkelerin evre politikalarının yönlendirilmesinde oldukça önemli bir yere sahiptir (Yalçın ve Gök, 2015: 66). Bu çalışmayla hem Türkiye'nin diğer ülkelerin evre koruması anlamında bulunduğu yerin fotoğrafı çekilmiş olacak hem de ülkelerin evre koruma harcamalarının belirleyicileri tahmin edilip daha yaşanabilir bir çevreye sahip olmak için çeşitli politika nerileri sunulabilecektir.

Literatür incelendiğinde çevresel etkinliği inceleyen birçok çalışmayla karşılaşmak mümkündür. Ancak evre koruma harcamalarının etkinliğini ve Türkiye'deki etkinliği şekillendiren koşulları uzun vadeli bir perspektiften değerlendiren kapsamlı bir çalışma yoktur. Bu alışma ile Türkiye açısından evre koruma harcamaları için belirlenen girdi ve çıktılar ile mevcut skor tahmin edilebilecek ve diğer ülkeler arasında yeri gözlenebilecektir. Ayrıca ilerleyen çalışmalar için Türkiye'deki evre politikalarına katkıda bulunma imknı söz konusu olacaktır. Ayrıca yapılan ulusal ve uluslararası literatür taramasında, iki aşamalı veri zarflama analizi ile yapılmış çok sınırlı sayıda çalışmaya rastlandığından, çalışmanın literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

Literatür bölümünde çeşitli dönemlerin ele alındığı ülkeler arası çevresel performans kıyaslamalarının VZA ile yapıldığı çalışmalara yer vermeye çalışılmıştır. Literatür incelemeleri sonucunda Tablo 1’de sunulan çalışmalar yöntem ve bulgular hakkında özet bilgi sunmaktadır. Ayrıca hangi ülke gruplarına ve hangi girdi ve çıktı değişkenlerine yer verildiği bilgisi aktarılmıştır.

Tablo 1. Literatür Özeti

LİTERATÜR TARAMASI					
Yazar/Çalışmanın Yılı	Analizin Yapıldığı Yer	Analizin Yapıldığı Yıllar	Kullanılan Yöntem	Girdi ve Çıktılar/ Değişkenler	Bulgular
Lacko vd., (2023)	AB	2010-2018	VZA- CRS ve VRS	Girdi değişkenleri: istihdam edilen kişi sayısı, brüt sabit sermaye miktarı ve ekilebilir alan; Çıktı değişkenleri: sera gazı emisyonları, GSYH.	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 edilmiştir.
Yasmeen vd., (2023)	OECD	1995-2020 2000-2020 1996-2020	Malmquist - Luenberger ve süper SBM-DEA	Çıktı değişkenleri: GSYH, CO <sub>2</sub> ; Girdi değişkenleri: toplam emek, gayri safi sabit sermaye oluşumu ve enerji tüketimi.	Çalışmada, çevre vergisinin ve yeşil teknolojinin, enerji verimliliğini ve üretkenliğini artırma ve enerji yoğunluğunu azaltma konusunda önemli itici güçler olduğunu vurgulanmıştır.
Barrell vd., (2021)	AB	2005-2015	VZA- CRS ve VRS	Girdi değişkenleri: çevre koruma harcamaları, Çıktı değişkenleri: ormanlık alan, yenilenebilir elektrik üretimi, CO <sub>2</sub> .	Çalışmada daha yüksek çevre koruma harcamalarının daha iyi çevresel sonuçlarla sonuçlanmadığı hipotezi doğrulanmıştır. Analiz, seçilen Avrupa Birliği üye devletlerinde, harcamalardaki artışların neden olduğu çevresel harcamaların verimliliğindeki bozulma sorununu doğrulamıştır
Iram vd., (2020)	Seçili OECD	2013-2017	VZA-SBM modeli ve panel veri	İstenmeyen çıktılar: GSYİH, karbondioksit emisyonları, girdi olarak birincil enerji tüketimi ve nüfus	Yapılan analizler doğrultusunda çalışmada enerji verimliliğinin karbon emisyonları ile güçlü bir bağı olduğu tespit edilmiştir. 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.
Lacko & Hajduová, (2018)	AB	2008-2016	İki aşamalı VZA	Çıktı değişkenleri: CO <sub>2</sub> , metan ve nitroz oksit sera gazı emisyonları Girdi değişkenleri: kişi başı GSYH.	Sonuçlar, çevresel açıdan daha az etkin ülkeler ve daha etkin ülkeler için çeşitlendirilmiş modellerin yanı sıra tüm AB için toplu modellerin de kullanılabilirliğini göstermiştir.
Özkan & Özcan, (2018)	OECD	2015	VZA	Değişkenler: kentsel nüfus, kişi başına enerji kullanımı, ormanlık arazi oranı, toplam bütçe içindeki çevre ile	Çalışmada gerek sabit getiri varsayımı gerek değişken getiri varsayımı altında olsun; Avustralya, Kanada, Çekya, Macaristan, İzlanda, İrlanda, İsrail, İtalya, Güney Kore,

**VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE OECD ÜYESİ ÜLKELERİN ÇEVRE KORUMA HARCAMALARI ETKİNLİĞİNİN ÖLÇÜLMESİ**

				İlgili harcama-geliştirme oranı, GSMH içinde toplam sera gazı emisyon oranı, fosil yakıt AR-GE bütçe oranı.	Lüksemburg, Meksika, Polonya, Slovakya, Slovenya, Türkiye, İngiltere ve A.B.D. ülkelerinin etkin oldukları görülmüştür.
Halkos ve Tzeremes, (2014)	49 ülke	1995-2000	VZA- non-parametrik regresyon modelleri	Değişkenleri: istihdam, sermaye stoku çıktı olarak reel GSYİH, kükürt emisyonları, yolsuzluk algı endeksi.	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 ülke	1996-2007	Tobit regresyon	Girdi değişkenler: brüt sabit sermaye oluşumu, işgücü, enerji kullanımı; Çıktı değişkenler: GSYİH, CO2 emisyonu.	Sonuç olarak 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 gelirli ülkelerde çevresel verimliliğin arttığı ancak düşük gelirli ülkelerde düştüğü belirlenmiştir.
Şimşek, (2011)	24 OECD	1995-2008	Süper Etkinlik, Malmquist İndeksi	Girdi değişkenler: petrol ve doğal gaz tüketim toplamı, hidrojen ve nükleer tüketim toplamı, kömür tüketimi, çalışan sayısı, sermaye stoku; Çıktı değişkenler: GSYİH ve CO2.	Çalışma sonucunda etkinlik sıralaması yıldan yıla değişimle birlikte, etkin ülkeler olarak İrlanda, Norveç, Japonya, son yıllarda İsveç, ABD ve Birleşik Krallık bulunmuştur. En etkisiz ülkelerin ise Kore, Portekiz, Türkiye, Yeni Zelanda, Kanada ve Yunanistan olduğu görülmüştür.
Zhou vd. (2007)	26 OECD	1995-1997	VZA	Değişkenler: işgücü ve birincil enerji tüketimi girdi; istenen çıktı olarak GSYİH, karbondioksit, kükürt oksitler ve nitrojen oksit ve karbon monoksit.	Çalışmaya göre çevresel performans karşılaştırmalarında radyal olmayan VZA tabanlı modelin radyal olanlara göre daha yüksek bir ayırıtme gücüne sahip olduğu bulunmuştur.
Zaim ve Taskin, (2000)	25 OECD	1980-1990	VZA	Girdi değişkenler: toplam emek ve toplam sermaye stoku; Çıktı değişkenler: GSYİH ve CO2.	Çalışmaya göre çevresel hususları dikkate alarak üretim süreçlerini dönüştürme konusunda Fransa ve Japonya öncü ülkeler olarak dikkati çekmektedir. Ayrıca 1990 yılı değerlerine göre CO2

					emisyununun orantılı olarak azaltılması 25 OECD ülkesinin sadece dokuz tanesinde istenen çıktıda etkin bir karşılık bulabilecektir
Aksu ve Gencer, (2018)	35 OECD ülkesi	2016	VZA-CCR Modeli	Girdi değişkenler: Sanal girdi oluşturulmuş, bütün KVB' ler için 1 alınmıştır;  Çıktı değişkenler: sağlık etkileri, hava kalitesi, su ve sanitasyon, su kaynakları, tarım, biyolojik çeşitlilik ve yaşam alanı, iklim ve enerji CO2 emisyonundaki değişim.	EPI (Environmental Performance Index)'yi konu alan veri seti kullanılarak çıktı yönlü CCR modeli ile etkinlik analizi yapılmıştır. EMS etkinlik sıralamaları ile EPI sıralamaları ve süper etkinlik skorları ile EPI değerleri karşılaştırılmış ve aralarında sırasıyla 0,75 korelasyon katsayısı ile ve -0,81 korelasyon katsayısı ile kuvvetli bir ilişki olduğu görülmüştür.
Halkos ve Tzeremes, (2013)	ABD bölgesi	Mevcut yıl	VZA ve Non-Parametrik Regresyon	Girdi değişkenler: sermaye stoku ve toplam işgücü, iyi çıktı; bölgesel GSYİH, kötü çıktı, bölgesel karbondioksit emisyon seviyeleri; Dışsal değişkenler kişi başı bölgesel GSYİH olarak belirlenmiştir.	Ampirik sonuçlar, bölgesel kişi başına düşen GSYİH etkisi altında bölgelerin çevresel verimlilik düzeylerinin düştüğünü ortaya koymuştur. Son olarak, parametrik olmayan regresyon analizi, incelenen ilişkinin ters çevrilmiş bir "U" şekline sahip olduğunu ortaya koymaktadır.
Jia ve Liu, (2012)	Çin'de 30 şehir	2003-2009	VZA Malmquist İndeks Tobit Regresyon	Girdi değişkenler: enerji tüketimi, CO2 emisyonu, SO2 emisyonu;  Çıktı değişkenler: kişi başı GSYİH değişkenler, şehirleşme oranı çevre koruma yatırımının bölgesel GSYİH' ya oranı nüfus yoğunluğu.	Pekin ve diğer güneydoğu kıyı illerinin nispeten verimli olduğunu, Çin'in orta ve batı bölgelerindeki illerin ise verimsiz olduğunu göstermiştir. Pekin ile düşük enerji-çevre verimliliğine sahip iller arasındaki fark önemlidir ve sürekli olarak arttığı görülmüştür. Kişi başına Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH), üçüncül sanayi oranı ve kentleşme oranı, enerji/çevre verimliliğini etkileyen temel unsurlar olarak bulunmuştur ve ilk iki faktör anlamlı pozitif korelasyonlar ve ikinci faktör negatif korelasyon sergilemiştir.
Koçak vd., (2021)	26 OECD ülkesi	2015-2017	Geleneksel VZA ve Bootstrap VZA	Girdi değişkenler: enerji verimliliği Ar-Ge fosil yakıt, yenilenebilir enerji Ar-Ge, nükleer enerji Ar-Ge, hidro ve tam hücre Ar-Ge (milyon USD ve PPP);	ABD, enerji Ar-Ge harcamalarında çevresel verimlilik sağlamıştır. Japonya, Kanada, Fransa ve Almanya, etkin sınırdan biraz daha yüksek bir süper verimlilik puanına sahiptir. Portekiz, Macaristan ve Slovak Cumhuriyeti, enerji Ar-Ge harcamalarında çevresel



**VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE OECD ÜYESİ ÜLKELERİN ÇEVRE KORUMA HARCAMALARI ETKİNLİĞİNİN ÖLÇÜLMESİ**

				Çıktı değişkenler: kişi başına CO <sub>2</sub> (metrik ton).	verimliliğin en düşük olduğu ülkelerdir.
Mollavelio ğlu. vd., (2014)	30 OECD Ülkesi	2000-2010	VZA Pencere Analizi	Girdi değişkenler: toplam istihdam (1000 kişi), hane halkı nihai tüketim harcamaları (GSYİH içindeki payı), sabit sermaye tüketimi (GSYİH içindeki payı), devlet harcamaları (GSYİH içindeki payı), ihraçat (GSYİH içindeki payı), ithalat (GSYİH içindeki payı); Çıktı değişkenler: büyüme oranı ve CO <sub>2</sub> emisyonu.	Ana ampirik bulgular, birkaç OECD ülkesinin analiz periyodu sırasında çevresel verimliliğe ulaştığını doğrulamıştır. Çek ve Slovak Cumhuriyetleri, yüksek ortalama verimlilik oranları açısından 30 OECD ülkesi arasında en iyi performans gösterenler gibi görünmektedir. Bu çerçevede Macaristan, Polonya, Finlandiya ve İsveç'in de görece yüksek performans gösterdiği göz ardı edilmemelidir. Yukarıdaki ülkelerin performansı, sadece iyi çıktının göstergesi olan yüksek büyüme oranlarından değil, aynı zamanda kötü çıktıyı temsil eden düşük gaz emisyonlarından da kaynaklandığı ifade edilmiştir.
Shuai ve Fan, (2020)	Çin	2007-2018	VZA ve TOBIT modeli	Girdi değişkenler: çeşitli bölgelerde istihdam, sermaye stoku, toplam enerji tüketimi, GSYİH; Çıktı değişkenler: endüstriyel egzoz emisyonları, endüstriyel atık su deşarjı, endüstriyel katı atıkdeşarjı.	Yeşil kalkınmanın genel eğilimi ve tüm toplumun ortak eylemi altında, Çin'in yeşil ekonomi verimliliği ve çevresel düzenleme düzeyi bariz mekânsal farklılıklar gösterse de her bölgenin yeşil ekonomi verimliliği zamanın geçışı ile istikrarlı bir artış eğilimi göstermiştir.
Song vd., (2014)	-	-	SBM Modeli VZA, İstenmeye n çıktı modeli	Değişkenler: kullanılan toplam su miktarı GSYİH, toplam endüstriyel atık su miktarı, atık su arıtma tesisi sayısı, atık sudeşarj miktarı vedeşarj olmayan atık su miktarı.	Çalışmada çevresel etkinliğin ölçününde iki aşamalı veri zarflama analizi yaklaşımı teorik olarak ele alınmıştır.
Taşkın ve Zaim, (2001)	Birleşik Krallık ve ABD	1977, 1980, 1985 ve 1990	VZA	İstenen çıktı; reel GSYİH İstenmeyen çıktı; CO <sub>2</sub> Girdi değişkenler: toplam istihdam ve toplam sermaye stoku.	Çalışmada, çevresel Kuznets tipi bir ilişki sergileyen kişi başına düşen gelire ek olarak, ticaretin bileşiminin, kirletici ihraçat payı ve bir ülkenin dışı açıklığı gibi ticaretle ilgili değişkenlerin çevresel verimliliğin önemli belirleyicileri olduğunu görülmüştür.
Zaim, (2004)	ABD Eyaletleri İmalat Sektörleri	1972- 1983,1985 -1986	VZA	Girdi değişkenler: imalat istihdamı ve sermaye stokunun devlet toplamları;	Sonuçlar, üretimin toplam devlet ürünündeki payının ve çevre kirliliğine neden olan endüstrilerin toplam üretim

				Kötü çıktılar: imalattan kaynaklanan SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> ve CO <sub>2</sub> emisyonları.	faaliyetindeki payının, zamanla kirlilik yoğunluklarındaki değişimi belirleyen iki önemli faktör olduğunu göstermektedir.
Zhang vd., (2019).	Çin	2007-2016	VZA, Mekânsal Ekonometri	Girdi değişkenler: çevre korumaya yönelik hükümet harcamalarının bölgesel GSYİH'ye oranı; Çıktı değişkenler: endüstriyel atık su arttırma 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 arttırma oranı.	Çalışmada ilk olarak, çevre koruma harcamaları etkinliğinin, 2009 ve 2016 yılları haricinde arttığı görülmüştür. İkinci olarak, DYY'nin 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.
Zofio ve Prieto, (2001)	OECD ülkeleri	1990-1995	VZA)	Girdi değişkenler: üretim, emek, toplam net sabit sermaye stoku; Çıktı değişkenler: CO <sub>2</sub> emisyonu.	İncelenen 14 ülkenin çoğunun ya CO <sub>2</sub> nin zayıf atılabilirliğini göz önünde bulundurarak ya da %5'lik bir azaltma yönetmeliği oluşturduğunu düşünerek tıkanıklık yaşadığını gözlemledik. Zayıf tek kullanımlık tıkanıklığın maliyeti, OECD'nin 1990 ve 1995 yıllarında toplam imalat üretiminin sırasıyla %5.26 ve %7.57'sini oluşturuyor. Öte yandan, 1990 ve 1995'te sadece yedi ülke için uygulanabilir azalmaların tahmin edilebileceği göz önüne alındığında, %5 düzenleme ile ilişkili maliyet, arzu edilen çıktı üretiminin %1,96'sını ve %0,03'ünü temsil etmektedir.
He vd., (2018)	Çin'de 30 il	2013-2018	VZA	Girdi değişkenler: evre koruma harcamaları; Çıktı değişkenler: atık su deşarjı, kükürt dioksit deşarjı ve endüstriyel katı atık üretimi, endüstriyel katı atıkların kapsamlı kullanımı ve evsel çöplerin zararsız arıtılma oranı, ekolojik çevre	Çin'in 2013-2018 il paneli verilerinin yardımıyla bu çalışma, yılları arasında çevre korumaya yönelik hükümet harcamalarının verimliliğini ölçmek için beklemedik çıktıya dayalı SBM süper verimlilik modelinin kullanımını vurguladı ve Sıradan En Küçük Kareler'i (OLS) oluşturdu. Verimlilik ölçümünün sonuçları, Çin'deki toplam EPEE'nin yetersiz olduğunu göstermektedir.

**VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE OECD ÜYESİ ÜLKELERİN ÇEVRE KORUMA HARCAMALARI ETKİNLİĞİNİN ÖLÇÜLMESİ**

				kalitesini ölçmek amacıyla dönem içindeki yapay ağaçlandırma alanı ve yapılaşma alanının yeşil kapsama oranı.	
Halkos ve Petrou, (2019)	AB Ülkeleri	2008-2010-2012-2014	VZA	Girdi değişkenler: emek, yatırım, nüfus yoğunluğu, belediye katı atık üretimi, istihdam oranı, sermaye oluşumu, GSYİH, nüfus yoğunluğu ve kükürt oksit (SOx), nitrojen oksit (NOx) ve sera gazları (GHG); Çıktı değişkenler: İlgili ülkeler için atık sektörden kaynaklanan emisyonlar.	Genel olarak en verimli ülkelerin Almanya, İrlanda ve Birleşik Krallık olduğu görüldü. Almanya AB'de atıkların en fazla yakıldığı, malzeme geri dönüştürüldüğü ve kompostlaştırıldığı ülkelerden biridir ve atık depolama alanlarında yalnızca küçük bir miktar atığı artmaktadır. Fransa, İtalya, Hollanda, İspanya ve İsveç genel olarak İsveç ile tüm artıma seçeneklerini neredeyse hiç atık depolama sahasında arıtılmamış atık olmadan kullanmaktadır.
Wang, (2018)	Çin	2007-2015	VZA ve Tobit Regresyon	Girdi değişkenler: çevre korumaya yönelik hükümet yatırımları; Çıktı değişkenler: yıllık atık su deşarjı, çöp imhası, endüstriyel seragazı emisyonları.	Orta Çin'deki Hubei Eyaleti dışında kalan beş eyalette çevre korumaya yönelik mali harcamaların teknik olarak verimsiz olduğunu 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.
Liu ve Zhao, (2023)	Çin	2015-2020	SBM-VZA	Girdi değişkenler: emek girdisi, sermaye girdisi ve enerji girdisi; Çıktı değişkenler: GSYİH ve endüstriyel atık su deşarjı.	Anhui Eyaletindeki tüm il düzeyindeki şehirlerin 2015'ten 2020'ye kadar çevresel verimliliği ideal değildir ve ortalama toplam verimlilik 0,846 ile dalgalı bir düşüş göstermektedir. Ortalama saf teknik verimlilik 0,954, ortalama ölçek verimliliği ise 0,887'dir. Anhui Eyaletindeki çevresel verimliliğin gelişimi istikrarsızdır ve iyileştirilmesi gerekmektedir.

Çalışmalar incelendiğinde çevresel performans ölçümünde farklı girdi ve çıktı değişkenleri kullanıldığı, çıktı değişkenleri olarak çoğunlukla GSYİH, CO2 emisyonunun kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada araştırılan literatüre dayalı olarak girdi ve çıktı değişkenleri belirlenmiştir.

## 2. YÖNTEM

Veri zarflama analizi karar verme birimi (KVB) olarak tanımlanan homojen yapıdaki ekonomik aktörlere ait birden fazla girdi ve çıktıının karşılaştırıldığı görel bir performans ölçüm yöntemidir. Veri zarflama analizinin en önemli özelliği herhangi bir fonksiyon gerekliliği olmadan her bir karar verme biriminin ayrı ayrı ve etkin sınıra olan uzaklığına göre tahmin yapan parametrik olmayan bir uygulama olmasıdır (Bayrak, 2019: 23).

VZA, birden çok değişkeni belli kısıtlar altında analiz edebilen "Matematiksel Programlama" tekniklerini kullandığı için gerçek hayatta meydana gelen sorunlara karşı daha başarılı politikalar üret ilmesinde ve yönetim kararlarının doğru alınmasında oldukça etkilidir (Kutlar ve Bakırcı, 2018: 129). Matematiksel süreç ise ilk olarak girdi ve çıktıların ağırlıklandırılarak oranlanmasıyla kesirli toplam faktör verimliliği hesaplanarak başlamış ve kavramsal olarak VZA'nın temelini oluşturmuştur. Sonrasında kesirli programlama modelleri doğrusal programlama modellerine dönüştürülerek analizlerde kullanılmaya başlanmıştır. Temel olarak literatürde iki veri zarflama modelinden bahsedilmektedir:

1. Ölçeğe Göre Sabit Getiri (CRS) Modeli
2. Ölçeğe Göre Değişken Getiri (VRS) Modeli

CRS modeli aynı zamanda geliştiricileri Charnes, Cooper ve Rhodes un baş harfleriyle anılarak CCR modeli olarak da bilinmektedir (Charnes vd., 1978: 443) . Ölçeğe göre değişken getiri (VRS ) modeli ise Banker, Charnes ve Cooper'ın çalışmalarıyla geliştirildiği için BCC modeli olarak da bilinmektedir (Banker vd., 1984: 1088). CCR modeli ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında toplam etkinliği ölçerken BCC modeli ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında benzer ölçekteki birimleri kendi içlerinde karşılaştırabilmektedir (Demir ve Bakırcı, 2014: 113).

Veri Zarflama Analizinde ölçeğe göre sabit ve değişken getiri varsayımlarının yanı sıra planlanan modeller mevcut girdi ile maksimum çıktıyı elde etmeye odaklı olan çıktı yönelimli ve mevcut çıktıyı minimum girdiyle üretme odaklı olan girdi yönelimli yaklaşımlar söz konusudur. Girdi ve çıktı odaklı yaklaşımlar CRS şartlarında aynı sonucu verebilirken VRS şartlarında farklı sonuçlar verebilmektedirler (Coelli, Rao, O'Donnell, ve Battese, 2005: 180).

Veri zarflama analizi uygulaması planlanırken en önemli nokta sürecin eksiksiz tanımlanması gerekliliğidir. Veri zarflama analizi bir durum tespit yöntemidir, bu yüzden de tamamen girdi ve çıktılarına odaklıdır. Analize hazırlık sürecinde girdi ve çıktıların yanlış belirlenmesi etkinlik skorlarının hesaplanmasını direkt olarak hatalı hale getirecektir. Çünkü VZA' da karar verme birimleri "etkin" ve "etkin olmayan" olarak net bir şekilde ayrılmaktadır. Bir karar verme birimi etkinlik sınırının üstünde kalıyorsa etkindir ve diğer birimler etkin birimlerin bileşimlerini uyguladıklarında etkin hale geleceklerdir (İşbilen Yücel, 2015: 114). Analiz edilecek ÷lkelerin seçilen girdi ve çıktı değişkenleri ve araştırma dönemlerinin sürekliliği, yine söz konusu ÷lkelerin en güncel verilerine ulaşılması çalışmanın uygulanabilirliği açısından oldukça önem arz etmektedir. KVB olarak kullanılacak ÷lkelerin veri sürekliliği,

homojenliği, eksik veri olmaması VZA'da oldukça önemlidir. Ayrıca çalışmada veri zarflama analizi uygulamasında kullanılan verilerin pozitif olması, KVB sayısının ise girdi ve çıktı sayısının iki veya üç katı olması (Demirci, 2018: 51) gerekmektedir. Bu kapsamda çalışmada OECD ülkeleri içinde çevre koruma harcama verileri ve uluslararası alanda kullanılan birçok çevresel göstergenin sürekliliğine dikkat edilmiş ve çalışmanın amacına uygun olarak yapılan veri tabanı taraması yapılmış girdi ve çıktı sayıları etkinlik skorlarını yapılmayacak şekilde belirlenmiştir.

### 2.1. Veri Seti

Çalışmada VZA yöntemiyle 30 OECD<sup>4,5</sup> ülkesinin 2015-2020 dönemi için çevre koruma harcamaları etkinlik analizi gerçekleştirilmiştir. Analizde kullanılan veriler tüm veri tabanlarında sürekliliği göz önüne alınarak ve KVB sayısı ile de uyumlu olmak üzere beş çıktı bir girdi olarak belirlenmiştir.

**Tablo 2. Modelde Kullanılan Değişkenler ve Açıklamaları**

Değişkenler	Göstergeler	Değerler	Veri Kaynağı
Çıktı 1- REG	Yenilenebilir Enerji Üretimi	Twh	Energy Institute
Çıktı 2- FRST	Ormanlık Alan	Km <sup>2</sup>	DB
Çıktı 3- GDP	Kişi Başı GSYH	Dolar	DB
Çıktı 4- P.M. 2.5.	Ortalama Kişi Başı P.M. 2.5. maruziyeti	M <sup>3</sup> mikrogram	OECD
Çıktı 5- CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> Emisyonu	CO <sub>2</sub> eşdeğeri, bin ton	OECD
Girdi 1- CKH	Çevre Koruma Harcamaları	% GSYH	IMF

Girdi olarak kullanılacak veriler IMF, OECD veri tabanlarından, çıktı olarak kullanılacak veriler ise Dünya Bankası, OECD ve Energy Institute veri tabanlarından temin edilmiştir.

### 3. BULGULAR

Çevre koruma stratejileri ile ilgili çalışmaların önemli bir kısmında çıktılarından ziyade girdilere odaklanıldığı ve kamu harcamaları açısından minimum girdi ile maksimum çıktıyı elde etmek hedeflendiği için bu çalışmada da girdi odaklı veri zarflama analizi modelleri tercih edilmiştir. Ayrıca çalışmalarda hem ölçüğe göre sabit getiri hem de ölçüğe göre değişken getiri varsayımı birlikte kullanılmıştır (Barrell vd., 2021: 10).

4 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, İsviçre, Türkiye, Birleşik Krallık"

5 38 OECD ülkesinden Kanada, Kosta Rika, Yeni Zelanda, Kolombiya, Estonya, Amerika Birleşik Devletleri, Meksika ve Kore çeşitli verilerdeki eksiklikler nedeniyle analize dahil edilmemiştir.

Dolayısıyla çevre koruma harcamaları etkinliğin hesaplanmasında girdi yönlü olarak ölçüğe göre sabit getiri ve ölçüğe göre değişken getiri modelleri kullanılmıştır.<sup>6</sup>

VZA' da etkin sınır belirlendikten sonra, etkin olmayan KVB'ler, mevcut çıktı düzeylerini artırarak veya mevcut girdi düzeylerini azaltarak etkin sınıra ulaşmak için performanslarını iyileştirebilir. Etkinlik hesaplamaları genellikle girdilerin en aza indirilmesi ve çıktılarının en üst düzeye çıkarılması gerektiği varsayımına dayanır. Ancak, özellikle çevre ve enerji ile ilgili çalışmalarda en aza indirilmesi gereken istenmeyen çıktılar üretim modeline dahil edilmektedir (Scheel, 2001: 400). Dolayısıyla çalışmalara hem istenen (iyi) hem de istenmeyen (kötü) faktörler mevcut olabilir (Seiford ve Zhu, 2002: 16). Söz konusu istenmeyen faktörler bu çalışmada P.M. 2.5. maruziyeti ve CO2 Emisyonu çıktılarıdır. Bu çıktılar istenmeyen çıktı ya da kötü çıktı olarak tanımlanır. Bunun nedeni de söz konusu çıktıların maksimize edilmesinin istenmemesidir.

Bu nedenle çalışmada CO2 ve P.M. 2.5 maruziyeti istenmeyen çıktı (u),  $f(u) = 1/u$  dönüşümüyle arzu edilen çıktıya dönüştürülmüştür (Golany ve Roll, 1989:18 ; Koçak vd., 2021: 19385 ; Scheel, 2001: 402).

Elde edilen veriler analiz edilmeden önce veriler arasında korelasyon olup olmadığı incelenmiştir. Analizde kullanılmış olan verilerin korelasyon değerleri Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3. Korelasyon Matrisi**

	REG	FRST	GDP	P.M. 2.5	CO <sub>2</sub>	ÇKH
REG	1					
FRST	0.1204	1				
GDP	-0.0242	0.06823	1			
P.M. 2.5	0.0366	0.3083	0.5395	1		
CO <sub>2</sub>	-0.2663	-0.2071	0.1570	0.3121	1	
ÇKH	-0.0388	-0.0294	-0.0802	-0.0589	-0.0132	1

Tablo 3' de görüldüğü üzere çalışmada kullanılan girdi ve çıktıların birbiri arasında yüksek korelasyon yoktur. Girdi ve çıktıların arasında yüksek korelasyon olmaması analizden çıkarılması gereken bir veri olmadığını göstermektedir.

<sup>6</sup> Veri zarflama analizini yapmak üzere tasarlanmış çeşitli programlar bulunmaktadır. DEAP 2.1, MaxDea, Frontier Analiyst, EMS 3.1 gibi çeşitli programların kullanılması mümkündür. MaxDea oldukça kapsamlı bir programdır ve hem ücretli hem ücretsiz olarak kullanıcıların hizmetine sunulmuştur. EMS 3.1.'de ücretsiz ancak MaxDea'ya göre daha yalın bir programdır. Frontier Analiyst ise diğer programlara kıyasla görselleştirme açısından oldukça başarılı ve ücretli bir programdır. DEAP 2.1 IBM uyumlu bilgisayarlar için tasarlanmış ücretsiz bir DOS programıdır (Coelli, 1996: 30). Bu çalışmada kullanım ve erişim kolaylığı göz önüne alınarak DEAP 2.1. ve MaxDea programları birlikte kullanılmıştır.

Tablo 4'te 2015-2020 yılları arasında her yıl için girdi odaklı CRS ve girdi odaklı VRS varsayımları ile OECD ülkelerinin çevre koruma harcamalarının etkinliği hesaplanmıştır.

**Tablo 4. OECD Ülkeleri Çevre Koruma Harcamaları Etkinlik Analizi**

KVB	GİRDİ ODAKLI VRS							GİRDİ ODAKLI CRS						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	ORT.	2015	2016	2017	2018	2019	2020	ORT.
Avustralya	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.868	0.880	0.847	0.797	0.889	0.899	0.863
Avusturya	0.610	0.632	0.584	0.558	0.510	0.546	0.573	0.600	0.622	0.571	0.547	0.503	0.537	0.563
Belçika	0.180	0.186	0.153	0.148	0.143	0.153	0.161	0.180	0.185	0.152	0.146	0.142	0.152	0.160
Şili	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Çek Cumhuriyeti	0.097	0.149	0.135	0.132	0.148	0.157	0.136	0.092	0.132	0.112	0.109	0.113	0.118	0.113
Danimarka	0.808	0.803	0.793	0.742	0.716	0.758	0.770	0.703	0.702	0.619	0.617	0.616	0.703	0.660
Finlandiya	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Fransa	0.252	0.261	0.240	0.240	0.244	0.274	0.252	0.252	0.260	0.239	0.240	0.241	0.272	0.251
Almanya	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Yunanistan	0.074	0.074	0.075	0.077	0.085	0.083	0.078	0.073	0.069	0.065	0.066	0.069	0.072	0.069
Macaristan	0.095	0.241	0.172	0.180	0.174	0.189	0.175	0.078	0.187	0.128	0.139	0.126	0.139	0.133
İzlanda	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
İrlanda	0.877	0.823	1.000	1.000	1.000	1.000	0.950	0.754	0.717	0.735	0.792	0.848	1.000	0.808
İsrail	0.359	0.363	0.334	0.321	0.335	0.366	0.346	0.355	0.357	0.327	0.311	0.326	0.347	0.337
İtalya	0.311	0.312	0.290	0.285	0.281	0.282	0.294	0.310	0.311	0.288	0.285	0.275	0.275	0.291
Japonya	0.303	0.316	0.311	0.336	0.346	0.359	0.329	0.277	0.290	0.280	0.297	0.318	0.332	0.299
Letonya	0.461	0.572	0.621	0.579	0.561	0.749	0.591	0.429	0.529	0.583	0.541	0.515	0.701	0.550
Litvanya	0.353	0.414	0.477	0.477	0.433	0.517	0.445	0.330	0.379	0.440	0.440	0.386	0.469	0.407
Lüksemburg	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.813	0.852	0.665	0.614	0.580	0.639	0.694
Hollanda	0.190	0.177	0.165	0.160	0.164	0.182	0.173	0.185	0.172	0.155	0.153	0.155	0.180	0.167
Norveç	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.336	0.889	0.466	0.393	0.364	0.372	0.326	0.289	0.368
Polonya	0.203	0.288	0.274	0.192	0.220	0.236	0.236	0.186	0.262	0.246	0.184	0.195	0.211	0.214
Portekiz	0.287	0.312	0.238	0.247	0.253	0.256	0.266	0.283	0.306	0.235	0.243	0.247	0.247	0.260
Slovakya	0.129	0.169	0.158	0.155	0.170	0.176	0.160	0.120	0.142	0.127	0.131	0.129	0.142	0.132
Slovenya	0.184	0.331	0.441	0.388	0.374	0.428	0.358	0.173	0.294	0.380	0.347	0.324	0.386	0.317

İspanya	0.355	0.361	0.312	0.312	0.313	0.339	0.332	0.347	0.353	0.305	0.306	0.309	0.333	0.326
İsveç	1.000	1.000	0.731	0.605	0.584	0.647	0.761	0.722	0.663	0.545	0.466	0.482	0.545	0.571
İsviçre	1.000	0.885	0.927	0.854	0.794	0.668	0.855	0.796	0.722	0.614	0.605	0.612	0.654	0.667
Trkiye	0.373	0.401	0.403	0.457	0.614	0.797	0.508	0.347	0.372	0.368	0.410	0.567	0.741	0.468
Birleşik Krallık	0.511	0.477	0.465	0.533	0.571	0.609	0.528	0.495	0.477	0.464	0.533	0.568	0.604	0.524
<b>OECD</b>	<b>0.534</b>	<b>0.552</b>	<b>0.543</b>	<b>0.533</b>	<b>0.534</b>	<b>0.537</b>	<b>0.539</b>	<b>0.474</b>	<b>0.488</b>	<b>0.462</b>	<b>0.456</b>	<b>0.462</b>	<b>0.500</b>	<b>0.474</b>

Tablo 4 incelendiğinde Avusturalya ve Lüksemburg lkelerinin VRS modelinde 2015-2020 yılları arasında tam etkin olduğu görülmüştür. 2015-2019 yılları arasında VRS modelinde tam etkin olan Norveç'in 2020 yılı itibariyle çevre koruma harcamalarının etkinliği açısından ciddi bir düşüş gösterdiğini söylemek mümkün. Avusturya, Danimarka, İrlanda, İsviçre'nin ise CRS modelinde etkinlik sınıra yakın bir etkinlik skoruna sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca İrlanda'nın VRS modelinde 2015-2016 yıllarında etkinlik sınırına yakın olduğu, 2018-2019-2020 yıllarında ise tam etkin olduğu görülmektedir. Fransa, Çek Cumhuriyeti, Belçika, Yunanistan, Macaristan, Polonya, Portekiz, Slovakya ve Hollanda çevre koruma harcamalarının etkinliğinin ölçüldüğü hem VRS hem de CRS modellerinde etkinlik sınırının oldukça altında kalmışlardır.

OECD lkelerinin çevre koruma harcamalarının etkinliğini ölçmeye yönelik yapılan analizlerin 2020 yılına ait referans tablo5'te verilmiştir.

**Tablo 5. 2020 Yılı Referans Tablosu**

KVB	VRS MODELİ		CRS MODELİ	
	Sıralama	Referans	Sıralama	Referans
Avustralya	1	Avustralya (1)	6	Şili (7.358591)
Avusturya	14	Şili (0.010013); Finlandiya (0.989987)	14	Finlandiya (0.501404); İrlanda (0.282782)
Belçika	29	Şili (0.100362); Finlandiya (0.883639); Almanya (0.016)	26	Finlandiya (0.90378); Almanya (0.023075)
Şili	1	Şili (1)	1	Şili (1)
Çek Cumhuriyeti	28	Şili (0.727046); Finlandiya (0.272954)	29	Finlandiya (0.381659); İrlanda (0.049483)
Danimarka	9	Finlandiya (0.625576); Almanya (0.0298); İzlanda (0.025394); İrlanda (0.31923)	8	Finlandiya (1.236467); İzlanda (0.002018)
Finlandiya	1	Finlandiya (1)	1	Finlandiya (1)
Fransa	22	Şili (0.267875); Finlandiya (0.536138); Almanya (0.195987)	22	Şili (0.122428); Finlandiya (0.565327); Almanya (0.206242)



**VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE OECD ÜYESİ ÜLKELERİN ÇEVRE KORUMA HARCAMALARI ETKİNLİĞİNİN ÖLÇÜLMESİ**

Almanya	1	Almanya (1)	1	Almanya (1)
Yunanistan	30	Şili (0.826544); Finlandiya (0.162377); İzlanda (0.011079)	30	Finlandiya (0.295362); Almanya (0.035161); İzlanda (0.033507)
Macaristan	25	Şili (0.815813); Finlandiya (0.162129); İzlanda (0.022058)	28	Finlandiya (0.310962); İzlanda (0.043031)
İzlanda	1	İzlanda (1)	1	İzlanda (1)
İrlanda	1	İrlanda (1)	1	İrlanda (1)
İsrail	17	Şili (0.120066); Finlandiya (0.879934)	17	Finlandiya (0.099681); İrlanda (0.467636)
İtalya	21	Şili (0.463719); Finlandiya (0.30468); Almanya (0.231601)	21	Finlandiya (0.397743); Almanya (0.264295)
Japonya	18	Avustralya (0.075504); Şili (0.230523); Finlandiya (0.245187); Almanya (0.448786)	19	Şili (0.884345); Finlandiya (0.183626); Almanya (0.412961)
Letonya	10	Şili (0.545755); İzlanda (0.454245)	9	Şili (0.185973); İzlanda (0.469303)
Litvanya	15	Şili (0.559249); Finlandiya (0.238606); İzlanda (0.202145)	15	Finlandiya (0.340632); İzlanda (0.216522)
Lüksemburg	1	Lüksemburg (1)	11	Finlandiya (2.115902); İzlanda (0.226685)
Hollanda	26	Finlandiya (0.849421); Almanya (0.063799); İrlanda (0.08678)	25	Finlandiya (1.008565); Almanya (0.054985)
Norveç	20	Finlandiya (0.558016); İrlanda (0.343451); Lüksemburg (0.098533)	20	Finlandiya (0.526182); İrlanda (0.497163)
Polonya	24	Şili (0.89625); Finlandiya (0.080292); Almanya (0.023458)	24	Şili (0.239621); Finlandiya (0.192041); Almanya (0.071449)
Portekiz	23	Şili (0.503692); Finlandiya (0.479752); İzlanda (0.016555)	23	Finlandiya (0.55672); Almanya (0.029467); İzlanda (0.030493)
Slovakya	27	Şili (0.839689); Finlandiya (0.096611); İzlanda (0.063699)	27	Finlandiya (0.301046); İzlanda (0.08075)
Slovenya	16	Şili (0.716313); Finlandiya (0.059109); İzlanda (0.224578)	16	Finlandiya (0.233507); İzlanda (0.239123)
İspanya	19	Avustralya (0.010498); Şili (0.419605); Finlandiya (0.27447); Almanya (0.295427)	18	Şili (0.51287); Finlandiya (0.264017); Almanya (0.2904)
İsveç	12	Avustralya (0.080559); Finlandiya (0.719174); Almanya (0.086879); İzlanda (0.01652); İrlanda (0.096868)	13	Şili (0.368499); Finlandiya (0.918234); Almanya (0.060658)
İsviçre	11	Avustralya (0.003715);	10	Finlandiya (0.065292); İrlanda (0.96518)

		İrlanda (0.984977); Lüksemburg(0.011308)		
Türkiye Cumhuriyeti	8	Avustralya (0.042887); Şili (0.816292); Almanya (0.140821)	7	Şili (1.144108); Almanya (0.12132)
Birleşik Krallık	13	Şili (0.212086); Finlandiya (0.280887); Almanya (0.507027)	12	Finlandiya (0.32345); Almanya (0.52198)

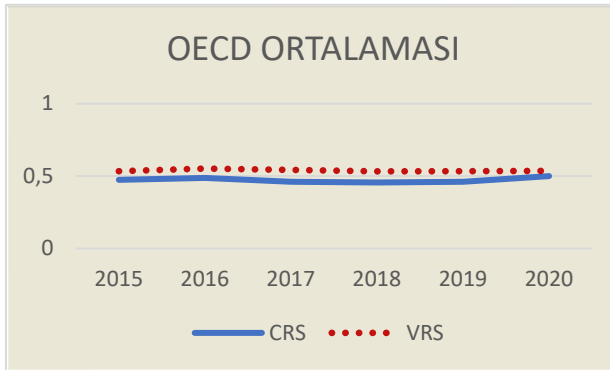
Tablo 5’de girdi odaklı olmak üzere hem VRS hem de CRS veri zarflama analizi modellerinin referans tabloları ve ülkelerin etkinlik skoru sıralamaları verilmiştir. Tablo 4’te görülen etkinlik skorları ile tablo 5’te verilen sıralamaların tutarlı olduğunu söylemek mümkündür. Yani tablo 4’te yer alan tam etkin ülkelerin tablo 5’te daha fazla referans olduklarını görmekteyiz, bu sonuç elbette beklenen bir sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır.

#### 4. TARTIŞMA

Çalışmada yapılan veri zarflama analizi kapsamında 30 OECD ülkesinin çevre koruma harcamalarının 6 yıllık etkinlik skorları görülmektedir. Hem ölççeğe göre değişken getiri hem de ölççeğe göre sabit getiri modelleri kullanılarak yapılan veri zarflama analizinde dikkat çeken nokta ölççeğe göre değişken getiri (VRS) modelinde tam etkin ülke sayısının ölççeğe göre sabit getiri modelindeki (CRS) tam etkin ülke sayısından fazla olmasıdır. Bunun en temel nedeni olarak VRS modelinin daha esnek bir yapıya sahip olması gösterilebilir. Yine hem VRS hem de CRS modelinde dikkat çeken bir diğer nokta ise Şili, Finlandiya, Almanya ve İzlanda’nın tüm yıllarda % 100 etkin olmasıdır.

İsrail, İtalya, Japonya, Letonya, Litvanya İspanya, Slovenya’nın her iki modelde de OECD ortalamasının altında kaldığını söylemek mümkündür. Ancak İsveç, Türkiye ve Birleşik Krallık, her iki modelde de her ne kadar etkinlik sınırına yakın bir değere sahip olmasalar da OECD ortalamasına paralel bir etkinlik skoruna sahip olduklarını söylemek mümkündür.

#### Grafik 1. OECD Ülkeleri Girdi Odaklı CRS ve VRS Modelleri Etkinlik Skoru Ortalamaları



Girdi odaklı VRS modeline göre etkin olan ülke sayısı 2015 yılında 9 iken, 2020 yılı itibariyle aynı modele göre etkin olan ülke sayısının 7'ye düştüğü görülmüştür. Etkinlik skorlarının OECD ortalamaları değerlendirildiğinde ise Grafik 1'de de görüldüğü üzere VRS modelinin etkinlik skorları ortalamasının, ölçeğe göre sabit getiri CRS modelinin etkinlik skoru ortalamasından daha yüksektir. Ancak yine grafikte görüldüğü üzere yıllar bazında meydana gelen değişim oldukça benzerdir.

Öte yandan çalışmada tercih edilen modellerden VRS modeline göre 2020 yılı itibariyle çevre koruma harcamalarının etkinlik sıralamasında Avustralya, Şili, Finlandiya, Almanya, İzlanda, İrlanda ve Lüksemburg ilk sırayı paylaşmaktadırlar. Yunanistan etkinlik sıralamasında en sonuncu olurken; sırasıyla Belçika, Çek Cumhuriyeti ve Slovakya Yunanistan'ı takip etmektedir. Türkiye ise söz konusu ülkeler arasında 8. Sırayı almıştır. Referans tablosunda da görüldüğü üzere Türkiye çevre koruma harcamalarının etkinliği açısından Avustralya, Şili ve Almanya'yı referans olarak tam etkin ülkeler arasına girebilir.

## **SONUÇ**

Dünyanın teknolojik gelişmeler ve küreselleşmenin etkisiyle giderek daha fazla çevre korumaya ihtiyaç duyduğu bir gerçektir. Bu açıdan enerji kullanımının etkinliği ve çevre duyarlılığının önemi giderek artmaktadır. Mevcut kıt kaynakların daha etkin şekilde kullanımının yanı sıra çevreye duyarlı üretim ve endüstrinin gerekliliği birçok ülke tarafından kabul edilmektedir. Dolayısıyla etkinlik kavramının önemi ve kullanımı da gün geçtikçe artmaktadır. Etkin olmanın önemi tüm sektörlerde değerlendirilmektedir. Bu açıdan etkinlik arayışları ve ölçümleri işlevsel olarak artmaktadır. Çevre koruma açısından insanoğlunun çabaları mevcut olup yeterliliği tartışma konusudur. Doğal kaynaklar sınırlı olduğundan gelecek nesillere de daha yaşanabilir bir çevre bırakma adına küresel iş birliği şarttır.

Bu çalışmada, çevresel duyarlılığın artmasının öneminden hareketle, OECD ülkeleri özelinde çevre korumaya yönelik harcamaların etkinlik skorları analiz edilerek, ülkelerin etkinlik sonuçlarının belirlenmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu skorların elde edilmesinde matematiksel bir analiz yöntemi olan veri zarflama analizi kullanılmıştır. Etkinlik ölçümünde yaygın bir şekilde kullanılan veri zarflama analizi temelde iki modelden oluşur. Bu modellerden CRS aynı zamanda CCR modeli, VRS ise BCC modeli olarak da literatürde kendine yer bulmuştur. Veri zarflama analizi uygun model seçildikten sonra girdi odaklı ya da çıktı odaklı olarak gerçekleştirilebilir. Girdi odaklı VZA, minimum girdi kullanarak hedeflenen çıktıyı en etkin şekilde elde etmeyi hedeflerken, çıktı odaklı VZA ise belirli bir girdi birleşimi ile maksimum çıktıyı elde etmeyi hedefler.

Bu çalışmada 30 OECD ülkesinin 2015-2020 yılları arasında yapmış olduğu çevre koruma harcamalarının etkinlik hesaplaması yapılmıştır. Etkinlik skorlarının hesaplanmasında WinDeap ve MaxDea programları kullanılmıştır. Çalışmada söz konusu ülkelerin etkinlik skorları 1 girdi (çevre koruma harcaması), 5 çıktı

(yenilenebilir enerji üretimi, ormanlık alan, kişi başı GSYH, P.M. 2,5 partikül madde maruziyeti ve karbondioksit emisyonu) kullanılarak girdi odaklı VRS ve CRS modelleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Türkiye'nin tam etkin olmasa da yıllara göre OECD ortalamasına paralel bir trende sahip olduğunu söylemek mümkündür. Özellikle ele alınan dönem itibarıyla son yıllarda Türkiye'nin skorunun OECD ortalamasına yakın olduğu görülmektedir her ne kadar tam etkin skorlar söz konusu olmasa da Türkiye'nin kısmen başarılı olduğu söylenebilir. Özellikle gelişmiş ülkelerin sahip olduğu tam etkin skorları yakalaması için çeşitli çevresel politikalar tasarlanmalı ve var olan çevre politikaları güçlendirilmelidir. Yapılan etkinlik analizi gösteriyor ki elde edilen skorlar kamu harcamaları bağlamında değerlendirildiğinde etkinlik skoru açısından daha başarılı ülkeler dikkate alınarak; bu sonucu nelerin etkilediği araştırılıp, ülkeler açısından çevre koruma harcamalarının tahsisinde daha etkin sonuçlar elde etmek mümkündür. Bu durum kamu kaynaklarında da tahsis etkinliği sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Buna ek olarak elde edilen veriler ile referans ülkelerin çevre korumaya yönelik politikaları incelenerek karar vericilere kamu çevre politikalarının daha etkin üretilmesi konusunda yol gösterici olacaktır.

## **MEASURING THE EFFECTIVENESS OF ENVIRONMENTAL PROTECTION EXPENDITURES OF OECD MEMBER COUNTRIES WITH DATA ENVELOPMENT ANALYSIS**

### **1. INTRODUCTION**

With the impact of technological advancements and globalization, it is an undeniable fact that the world increasingly needs environmental protection. In this regard, the importance of energy efficiency and environmental awareness is growing. The necessity of environmentally sensitive production and industry, along with the more efficient use of existing scarce resources, is acknowledged by many countries. As environmental issues take on a global dimension, it has become essential and inevitable for states to take effective measures to prevent environmental pollution. Consequently, various laws have been enacted, and numerous initiatives have been launched at both national and international levels. Therefore, environmental protection expenditures constitute a significant financial instrument utilized by governments for environmental conservation. Within this context, determining whether environmental protection expenditures are effectively utilized is crucial for implementing appropriate policies.

Assessing countries' environmental performance through various indicators globally is highly important for evaluating the effectiveness of current environmental policies and predicting the success of future environmental policies. Because countries' environmental performance can serve as an indicator of their environmentally friendly practices. Countries focused on environmental conservation and sustainable development demonstrate high environmental performance. This situation provides insights into potential improvements in environmental management for other

countries. With the increasing importance of environmental sensitivity in mind, this study aims to analyze the efficiency scores of environmental protection expenditures specifically within OECD countries and to determine and compare countries' efficiency results.

A review of the literature reveals numerous studies that calculate countries' environmental efficiency scores using DEA. However, the number of studies conducting efficiency analysis of countries' environmental protection expenditures is quite limited.

## **2. METHODS**

Data Envelopment Analysis (DEA), a mathematical analysis method, was employed to calculate efficiency scores. DEA consists of two main models: the Constant Returns to Scale (CRS), also known as the CCR model, and the Variable Returns to Scale (VRS), also known as the BCC model. Once the appropriate model is selected, DEA can be conducted in either input-oriented or output-oriented manner. Input-oriented DEA aims to achieve the targeted output using minimum input efficiently, while output-oriented DEA aims to achieve maximum output with a given input combination.

## **3. RESULTS**

This study conducted efficiency calculations of environmental protection expenditures made by 30 OECD countries between 2015 and 2020. In this study, the efficiency scores of the countries were calculated using input-oriented VRS and CRS models with 1 input (environmental protection expenditure) and 5 outputs (renewable energy production, forest area, GDP per capita, PM 2.5 particle exposure, and carbon dioxide emissions). The results firstly highlight that in the Variable Returns to Scale (VRS) model, the number of fully efficient countries exceeds that in the Constant Returns to Scale (CRS) model. This can primarily be attributed to the more flexible nature of the VRS model. According to the input-oriented VRS model in the study, the number of efficient countries decreased from 9 in 2015 to 7 in 2020. Another notable point in both models is that Chile, Finland, Germany, and Iceland have been 100% efficient in all years. Additionally, while Turkey is not fully efficient, it can be said to follow a trend parallel to the OECD average over the years. Moreover, input-oriented efficiency analysis indicates that it is possible to achieve more efficient results with less environmental protection expenditure.

## **4. DISCUSSION**

Within the scope of the data envelopment analysis conducted in the study, the 6-year effectiveness scores of environmental protection expenditures of 30 OECD countries are seen. The primary point that draws attention in the data envelopment analysis performed using both variable returns to scale and constant returns to scale models is that the number of fully efficient countries in the variable returns to scale (VRS) model

is more than the number of fully efficient countries in the constant returns to scale model (CRS). The main reason for this is that the VRS model has a more flexible structure. Another point that draws attention in both models is that Chile, Finland, Germany and Iceland are 100% efficient in all years.

## CONCLUSION

According to the results obtained, it is possible to say that Turkey has a trend parallel to the OECD average over the years, although it is not fully effective. In addition, input-oriented efficiency analysis shows that when the obtained scores are evaluated in the context of public expenditures, it is possible to obtain more effective results by spending less on environmental protection. This plays an important role in ensuring allocation efficiency in public resources. In addition, by examining the environmental protection policies of reference countries with the data obtained, it will guide decision makers in producing more effective public environmental policies.

## KAYNAKÇA

Aksu, E. Ö., ve Gencer, C. T. (2018). Veri Zarflama Analizi ile OECD Ülkelerinin Çevre Performansının İncelenmesi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 18. EYİ Özel Sayısı, 191-206.

Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, W. W. (1984). Some Models For Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092.

Barrell, A., Dobrzanski, P., Bobowski, S., Siuda, K., and Chmielowiec, S. (2021). Efficiency of Environmental Protection Expenditures in EU Countries". *Energies*, 14(24), 8443.

Bayrak, Rıza. (2019). *Uygulamalı Veri Zarflama Analizi* (1. Bs). Ankara: Detay Yayıncılık.

Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E. (1978). Measuring The Efficiency of Decision Making Units. *European Journal Of Operational Research*, 2(6), 429-444.

Coelli, T. (1996). A Guide To Deap Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program. Ceba Working Paper.

Coelli, T. (Ed.). (2005). *An Introduction to Efficiency And Productivity Analysis* (2nd Ed). Springer.

Demirci, A. (2018). *Teori ve Uygulamalarla Veri Zarflama Analizi*. Ankara: Gazi Kitabevi.

Golany, B., and Roll, Y. (1989). An Application Procedure For DEA. *Omega*, 17(3), 237-250.

Halkos, G. E., and Tzeremes, N. G. (2013). Economic Growth And Environmental Efficiency: Evidence From US Regions. *Economics Letters*, 120(1), 48-52.

- Halkos, G. E., and Tzeremes, N. G. (2014). Public Sector Transparency And Countries' Environmental Performance: A Nonparametric Analysis. *Resource And Energy Economics*, 38, 19-37.
- Halkos, G., and Petrou, K. N. (2019). Assessing 28 EU Member States' Environmental Efficiency in National Waste Generation with DEA. *Journal Of Cleaner Production*, 208, 509-521.
- Iram, R., Zhang, J., Erdogan, S., Abbas, Q., and Mohsin, M. (2020). Economics of Energy and Environmental Efficiency: Evidence From OECD Countries. *Environmental Science And Pollution Research*, 27(4), 3858-3870.
- İşbilen Yücel, L. (2015). Excel-Solver Eklentisiyle Oluşturulan Portföylerin CCR Model ile Etkinlik Ölçümüne Yönelik Bir Uygulama. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, 23, 112-146 .
- Jia, Y. P., and Liu, R. Z. (2012). Study Of The Energy And Environmental Efficiency of The Chinese Economy Based on a DEA Model. *Procedia Environmental Sciences*, 13, 2256-2263.
- Koçak, E., Kınacı, H., and Shehzad, K. (2021). Environmental Efficiency of Disaggregated Energy R&D Expenditures in OECD: A Bootstrap DEA Approach. *Environmental Science And Pollution Research*, 28(15), 19381-19390.
- Kumar, S., and Khanna, M. (2009). Measurement of Environmental Efficiency And Productivity: A Cross-Country Analysis. *Environment and Development Economics*, 14(4), 473-495.
- Kutlar, Aziz ve Bakırcı, Fehim. (2018). *Veri Zarflama Analizi Teori ve Uygulama*. Ankara: Orion Yayınevi.
- Lacko, R., and Hajduová, Z. (2018). Determinants of Environmental Efficiency of The EU Countries Using Two-Step DEA Approach. *Sustainability*, 10, 3525.
- Lacko, R., Hajduová, Z., and Markovič, P. (2023). Socioeconomic Determinants Of Environmental Efficiency: The Case Of The European Union. *Environmental Science And Pollution Research*, 30(11), 31320-31331.
- Li, M., and Wang, Q. (2014). International Environmental Efficiency Differences and Their Determinants. *Energy*, 78, 411-420.
- Liu, J.-B., and Zhao, B.-Y. (2023). Study On Environmental Efficiency Of Anhui Province Based On SBM-DEA Model And Fractal Theory. *Fractals*, 31(04), 2340072.
- Mollavelioğlu, M.Ş., Taşdoğan, Celal, & Mıhçı, H.H. (2014). Environmental Efficiency Analysis in OECD Countries. *European Journal Of Social Sciences*, 42(3), 427-439.
- Özkan, M., and Özcan, A. (2018). Veri Zarflama Analizi (Vza) ile Seçilmiş Çevresel Göstergeler Üzerinden Bir Değerlendirme: OECD Performans İncelemesi. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 16(32), 485-508.

Scheel, H. (2001). Undesirable Outputs in Efficiency Valuations. *European Journal Of Operational Research*, 132(2), 400-410.

Seiford, L. M., and Zhu, J. (2002). Modeling Undesirable Factors in Efficiency Evaluation. *European Journal Of Operational Research*, 142(1), 16-20.

Shuai, S., and 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, 110227.

Song, M., Wang, S., and Liu, W. (2014). A Two-Stage Dea Approach For Environmental Efficiency Measurement. *Environmental Monitoring And Assessment*, 186(5), 3041-3051.

Şimşek, N. (2011). Türkiye'nin Çevresel Enerji Etkinliği ve Toplam Faktör Verimliliği: Karşılaştırmalı Bir Analiz. *Ege Akademik Bakış (Ege Academic Review)*, 11(3), 379-379.

Taşkın, F., ve Zaim, O. (2001). The Role Of International Trade on Environmental Efficiency: A Dea Approach. *Economic Modelling*, 18(1), 1-17.

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, 43-48.

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), Sayı 25.

Yasmeen, R., Zhang, X., Tao, R., and 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, 1308-1319.

Zaim, O. (2004). Measuring Environmental Performance of State Manufacturing Through Changes in Pollution Intensities: a DEA Framework. *Ecological Economics*, 48(1), 37-47.

Zaim, O., and Taskin, F. (2000). Environmental Efficiency in Carbon Dioxide Emissions in The OECD: A Non-Parametric Approach. *Journal Of Environmental Management*, 58(2), 95-107.

Zhang, J., Qu, Y., Zhang, Y., Li, X., and 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), 2496.

Zhou, P., Poh, K. L., and Ang, B. W. (2007). A Non-Radial Dea Approach to Measuring Environmental Performance. *European Journal Of Operational Research*, 178(1), 1-9.

Environmental Performance Index (2024), Erişim: 19 Şubat 2024, <https://epi.yale.edu/epi-team>



IMF Climate Data Indicators, Erişim: 28 Kasım 2023, <https://climatedata.imf.org>

Living Planet Index (2024). Erişim: 19 Şubat 2024, <https://www.livingplanetindex.org/>

International Energy Agency (2024), Erişim: 19 Şubat 2024, <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/emissions-factors>

OECD Stats, Erişim: 28 Kasım 2023, <https://stats.oecd.org>

Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC), Erişim: 19 Şubat 2024, <https://sedac.ciesin.columbia.edu/data/collection/esi/>

Statistical Review of World Energy (2023), Erişim: 10 Aralık 2023, <https://www.energyinst.org/statistical-review/resources-and-data-downloads>

World Bank Open Data, Erişim: 10 Aralık 2023, <https://data.worldbank.org/>

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