



[itobiad], 2022, 11 (2): 1022-1044

<p>Yenilenebilir Enerji - Ekonomik Büyüme İlişkisi Açısından Türkiye ve AB Ülkelerinin Malmquist Endeksi ile Performans İncelemesi</p> <p>The Performance Analysis of Turkey and EU Countries with Malmquist Index in terms of Renewable Energy – Economic Growth Relationship</p> <p>Video Link: https://youtu.be/Qkqz2UZuQ5Q</p>	
<p>Nazlı SEYHAN Dr.Arş.Gör, Gümüşhane Üniversitesi İ.İ.B.F. PhD Res.Assist., Gumushane University F.E.A.S. nazliarik@gumushane.edu.tr / ORCID: 0000-0003-0759-9119</p> <p>Burak SEYHAN Arş.Gör., Gümüşhane Üniversitesi İ.İ.B.F. Res.Assist., Gumushane University F.E.A.S. burakseyhan@gumushane.edu.tr / ORCID: 0000-0003-1026-1805</p>	

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Type	: Araştırma Makalesi / Research Article
Geliş Tarihi / Received	: 14.05.2021
Kabul Tarihi / Accepted	: 02.06.2021
Yayın Tarihi / Published	: 15.06.2022
Yayın Sezonu	: Nisan-Mayıs-Haziran
Pub Date Season	: April-May-June

Atıf/Cite as: Seyhan, N. & Seyhan, B. (2022). Yenilenebilir Enerji - Ekonomik Büyüme İlişkisi Açısından Türkiye ve AB Ülkelerinin Malmquist Endeksi ile Performans İncelemesi . İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi , 11 (2) , 1022-1044 . DOI: 10.15869/itobiad.937202

Plagiarism/İntihal: Bu makale, iTenticate yazılımınca taranmıştır. İntihal tespit edilmemiştir/This article has been scanned by iTenticate.

Etik Beyan/Ethical Statement: Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur/It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited (Nazlı SEYHAN , Burak SEYHAN).

Yayıncı / Published by: Mustafa Süleyman ÖZCAN

Yenilenebilir Enerji - Ekonomik Büyüme İlişkisi Açısından Türkiye ve AB Ülkelerinin Malmquist Endeksi ile Performans İncelemesi

Öz

Nüfus artışı, teknolojik gelişmeler vb. birçok faktör dünyadaki enerji ihtiyacını ve tüketimini hızla artırmaktadır. Son dönemlerde kişi başına düşen enerji tüketiminin artması ciddi boyutlara ulaşmış, enerji üretiminde dışa bağımlılığı azaltma ve küresel ekonomik rekabette belirleyici bir aktör olma hususları enerji üretiminin önemini artırmıştır. Bu sebeple, enerji kaynaklarına sahip olan ülkeler, ekonomik olarak diğer ülkelerden farklı bir konuma geçmiştir. Bununla birlikte, günümüzdeki çevre sorunları, fosil kaynakların tükenebilir olması veya fosil kaynaklara sahip olunmaması vb. sebepler yenilenebilir enerji kaynaklarına ilgiyi artırmıştır. AB'ye üyelik sürecinde, Türkiye ve AB ülkelerinin yenilenebilir enerji performanslarının zaman içinde değerlendirilmesi literatüre ve yapılacak çalışmalara da katkı sağlayacaktır. Bu çalışmanın amacı, yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme ilişkisi açısından Türkiye ve AB ülkelerinin verimlilikleri değerlendirmektir. Çalışma kapsamında yapılan literatür incelemesi sonucu yenilenebilir enerji göstergeleri ile ilgili 5 değişken belirlenmiştir. Girdi değişkenleri; CO2 Salınımı, Toplam Enerji Tüketimindeki Yenilenebilir Enerji kullanımı (YEK), İşgücü (EMP) çıktı değişkenleri; Kişi Başına GSYİH ve Toplam Enerji Arzının İçindeki Yenilenebilir Enerji Oranı (TEAYEO)'dır. Çalışmada, bahsi geçen ekonomik ve yenilenebilir enerji göstergeleri yardımıyla 2008-2015 döneminde AB ülkeleri ve Türkiye'nin performanslarındaki değişimler değerlendirilmiştir. Zaman içindeki verimliliğin gelişimini değerlendirebilmek için Malmquist Toplam Faktör Verimliliği (TFV) endeksi kullanılmıştır. Malmquist Endeksi, Veri zarflama analizi (VZA) temelli bir endeks olduğundan karar verme birimleri (KVB) arasında homojeniteyi sağlayabilmek amacıyla kümeleme analizi yapılmış ve benzer ülkeler gruplandırılmıştır. Çalışma sonucunda, 2008-2015 dönemdeki TFV ortalama değerlerine göre ülkeleri sıraladığımızda, Lüksemburg'un diğer ülkelerden kayda değer bir farkla birinci sırada yer aldığı görülmektedir. Lüksemburg'u sırasıyla Belçika, Türkiye, Bulgaristan, Hırvatistan Slovenya, Kıbrıs vd. ülkeler takip etmektedir. Türkiye'nin de ortalama TFVG değerine göre başarılı ülkelerden olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Ekonomik Büyüme, Malmquist Endeksi, Toplam Faktör Verimliliği, Performans Değerlendirmesi.

The Performance Analysis of Turkey and EU Countries with Malmquist Index in terms of Renewable Energy – Economic Growth Relationship

Abstract

The need and consumption of energy in the world is increasing rapidly because of factors such as population growth and technological developments. In recent years, the increase in per capita energy consumption has reached remarkable levels, the purpose of reducing foreign dependency in energy production and being a determinant actor in global economic competition have increased the importance of energy production. For this reason, countries that have energy resources have moved to an economically different position than other countries. However, the reasons such as today's environmental

problems, the exhaustion of fossil resources or the lack of fossil resources have increased the interest in renewable energy sources. In the EU membership process, evaluating the performances of Turkey and EU countries in context of renewable energy will contribute to the literature and studies. The aim of this study was to evaluate the efficiency of Turkey and EU countries in terms of renewable energy and economic growth relationship. As a result of the literature review conducted within the scope of the study, 5 variables related to renewable energy indicators were determined. CO2 Emission, Percentage of Renewable Electricity Output in Total Electric Output, Labor are input variables; GDP per capita and the Percentage of Renewable Energy in Total Energy Supply are output variables. In this study, changes in performances of EU countries and Turkey during the period 2008-2015 are evaluated with the help of aforementioned economic and renewable energy indicators. The Malmquist Total Factor Productivity (TFP) index was used to evaluate the development of productivity over time. Since the Malmquist Index is an index based on Data Envelopment Analysis (DEA), a cluster analysis has been performed and similar countries have been grouped in order to ensure homogeneity among decision-making units. Since the Malmquist Index is an index based on DEA, a cluster analysis has been performed and similar countries have been grouped in order to ensure homogeneity among decision-making units. As a result of the study, when the countries have been ranked according to TFP average values in the period 2008-2015, it is seen that Luxembourg ranks first with a significant difference from other countries. Belgium, Turkey, Bulgaria, Slovenia, Croatia, Cyprus follow Luxembourg respectively and Turkey also appears to be one of the successful countries according to the average value TFPD.

Keywords: Renewable Energy, Economic Growth, Malmquist Index, Total Factor Productivity, Performance Evaluation.

Giriş

Fosil enerji kaynaklarının tükenmesi ve beraberinde gelen küresel ve çevresel sorunlar dünyayı yeni enerji kaynakları arayışına yönlendirmiştir. Bu arayış; insanlığı, doğada hazır bulunan, çevreyi kirletmeyen, tüketilmesi halinde kendini hızla yenileyebilen yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmiştir.

Gelecek açısından birçok alanda çalışmalarda yer alan ve birçok faydasına değinilen yenilenebilir enerji kaynakları, küresel alandaki enerji sektöründe henüz istenilen düzeyde kullanım oranına ulaşamamıştır. Bu durumun sebepleri arasında, yenilenebilir enerjinin fosil kaynaklara göre daha fazla maliyetlerle faaliyet göstermeleri ve fosil yakıtlara bağlı gelenekselleşmiş düzenin değiştirilmesinde ülkelerin çekingen kalması gösterilmektedir. Petrol ticaretiyle gelir sağlayan, petroldeki küresel bağımlılığın sürmesini arzulayan ve ülkelerin bireysel kalkınmalarını da önemli düzeyde etkileyecek yenilenebilir enerjiye sıcak bakmayan ekonomiler, enerji sektöründeki değişimde bir engel teşkil etmektedir (Yapar, 2020, s.15).

Ülkelerin siyasi ilişkilerinden de etkilenebilen enerji arzı, benzer pek çok gerekçeyle ülkeler için enerji güvenliğinin sağlanmasında çok önemli bir olgudur. Birçok uluslararası örgüt bu hususta değerlendirmelerde bulunmuştur. Örneğin, bu husus Avrupa Birliği Enerji Politikaları başlıklı “Yeşil Kitap” (1995)’ta gündeme getirilmiş ve enerji arzı konusunda pek çok risk değerlendirilmiştir. Bunlar; jeolojik riskler (kaynağın tükenmesi, enerjinin üretilme maliyeti), teknik riskler (enerjinin nakli esnasında

karşılaşılabilecek sorunlar), ekonomik riskler (arz-talep dengesizlikleri), jeopolitik riskler (siyasi sebepler, savaş gibi faktörler sonucunda ilişkilerin askıya alınması) vb. pek çok risk durumunu ele almaktadır (De Paoli vd. 2010, s.6). Bununla birlikte yenilenebilir enerji için önem teşkil eden Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Sözleşmesi'nin eki kabul edilen 2005 yılında yürürlüğe giren Kyoto Protokolü'nü Türkiye 2009 yılında imzalanmıştır. Protokole halen (çekincelerle birlikte) Avrupa Birliği ve 191 ülke taraftır (<http://www.mfa.gov.tr/kyoto-protokolu.tr.mfa>).

Bu çalışmada yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme ilişkisi açısından Türkiye ve AB ülkelerinin verimlilikleri değerlendirilmektedir. Etkinlik analizlerinde, etkin (referans) olan karar verme birimleri (KVB) farklı zaman diliminde etkinliğini kaybetmektedir veya tersi durum söz konusu olabilmektedir. Örneğin Veri Zarflama Analizi (VZA)'da etkin olmayan bir KVB, diğer dönemlerde etkin duruma gelebilmekte ve dolayısı ile referans kümesine girebilmektedir. Bu sebeple performans analizinde, zaman değişiminin verimliliği nasıl etkilediğini incelemek önemlidir. Verimliliğin zaman içerisindeki değişimini görebilmek için Malmquist Toplam Faktör Verimliliği (TFV) Endeksi gibi performans düzeyinde zaman içindeki değişimleri göz önünde bulunduran bir metot kullanılması önerilmektedir (Topçuoğlu, 2016, s.67).

Bu çalışmanın giriş başlığı altında, enerji kaynakları ile ekonomik büyüme ilişkisinin temel teorik çerçevesine değinilerek yenilenebilir enerjinin önemine vurgu yapılmaktadır. Literatür kısmında, yöntemsel olarak araştırmanın kapsamına giren ampirik çalışmalardan derlenmiş bir seçilmiş literatür özeti sunulmaktadır. Yöntem başlığı altında, çalışmanın yöntemi tanıtılmakta, ampirik bulgular kısmında ise kümeleme analizi ve toplam faktör verimliliği endeksi uygulamasının sonuçları değerlendirilmektedir. Uygulama kısmında, araştırma kapsamına dâhil edilen seçilmiş AB ülkeleri ve Türkiye'nin yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme göstergeleri kullanılarak performanslarının değerlendirilmesini yapabilmek amacıyla Malmquist TFV Endeksi kullanılmıştır. Bu analiz yapılmadan önce VZA için önemli bir varsayım olan KVB'lerin homojenliği durumunun sağlanması amacıyla değişkenlerin ortalamaları alınarak kümeleme analizi yapılmıştır. Kümeleme analizi sonucunda KVB'ler üç grupta toplanmıştır. Bu analizde ele alınan değişkenler kapsamında VZA'nın zaman boyutuyla ele alınmasına olanak tanıyan Malmquist (TFV) Endeksi uygulanarak sadece Türkiye'nin içinde bulunduğu grubun dönemsel performansları değerlendirilmiştir. Bu bağlamda ülkelerin dönemsel performans değerleri ve performanslarında artış ve düşüş yaşanan ülkeler değerlendirilmiştir. Ayrıca Türkiye'nin durumu da gruptaki diğer ülkelerle kıyaslanarak ele alınmıştır. Çalışmanın sonuç kısmında ise uygulama sonucu elde edilen bulgular ışığında Türkiye'nin durumu ve performansına ilişkin genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Araştırma kapsamında ele alınan değişkenler ve yöntem açısından literatür tarandığında, farklı değişkenler ve yöntemlerle konuyu inceleyen birçok çalışma olmasına karşın; bu çalışmada ele alınan değişkenler kullanılarak Türkiye ve AB ülkeleri açısından Malmquist Endeksi ile performans analizi yapılan çalışmalara rastlanmamıştır. Bu bağlamda çalışmanın literatüre, kapsam ve yöntem açısından özgün bir katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Literatür

Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme ilişkisi konusunda Zaim ve Taşkın (2000), 1980–1990 döneminde toplam emek, toplam sermaye stoku değişkenlerini girdi olarak; GSYİH ve CO2 salınımı değişkenlerini çıktı olarak kullanmış ve 25 OECD ülkesinin toplam faktör verimliliklerini değerlendirmişlerdir. Zofío ve Prieto (2001), girdi olarak; toplam net stok, sabit sermaye, toplam işgücü çıktı olarak; imal edilmiş üretim ve istenmeyen çıktı CO2 emisyonu değişkenlerini kullanarak 14 OECD ülkesinin 1990-1995 dönemindeki verimliliklerini incelemişlerdir. Fare vd. (2004), VZA yöntemiyle enerji tüketimi, sermaye stoku ve işgücü girdi değişkenleriyle GSYİH çıktı değişkeni CO2, nitrojen oksit (NOX) ve kükürt oksit (SOX) emisyonları istenmeyen çıktılar olarak kullanmış, 1990 yılında 17 OECD ülkesinin çevresel performansını değerlendirmişlerdir. Kumar (2006), 1971'den 1992'ye kadar 41 gelişmiş ve gelişmekte olan ülkede Malmquist Endeks ile çevreye duyarlı üretkenliklerini değerlendirmiştir. Zhou vd. (2006), sırasıyla toplam birincil enerji arzını ve nüfusu girdi olarak ve GSYİH ve CO2 emisyonlarını sırasıyla istenen ve istenmeyen çıktılar olarak kullanmış, 30 OECD ülkesinin çevresel performans ölçümü için iki gevşek temelli VZA tekniği geliştirmiştir. Chien ve Hu (2007), 19 OECD ülkesinin girdi; toplam sermaye stoku, toplam emek, enerji tüketimi, çıktı; GSYİH değişkenleriyle 2001-2002 döneminde verimliliklerini değerlendirmişlerdir. Kortelainen (2008), gerçek GSYİH ve 12 farklı kirleticiden kaynaklanan emisyonlar dahil olmak üzere çeşitli hava kirletici emisyonlarını kullanarak 1990'dan 2003'e kadar 20 AB ülkesinin genel çevresel performansını değerlendirmek için sınır verimlilik teknikleri uygulamıştır. Oh (2010), 1990'dan 2003'e 26 OECD ülkesinin çevreye duyarlı üretkenlik performansını analiz etmek için VZA temelli Malmquist-Luenberger endeksini kullanmıştır. Zhou vd. (2010), en büyük CO2 emisyonuna sahip olan 18 ülkenin, Girdi; toplam sermaye stoku, toplam emek, toplam birincil enerji tüketimi, çıktı; GSYİH ve istenmeyen CO2 emisyonu değişkenleri yardımıyla 1997–2004 dönemindeki performanslarını ele almışlardır. Şimşek (2011), 1995-2008 döneminde, 24 OECD ülkesi için enerji, emek ve sermaye, GSYİH girdi değişkenleri, CO2 salınımı çıktı değişkenlerini kullanarak VZA ve Malmquist Endeksi ile Türkiye'nin enerji verimliliği ve etkinliğinin, OECD ülkeleri ile karşılaştırmalı olarak ele almıştır. Halkos & Tzeremes (2012), 2006-2008 dönemindeki Yunanistan yenilenebilir enerji sektöründe faaliyet gösteren 78 firmanın VZA yöntemiyle üç girdi ve dört çıktı değişkeni kullanarak finansal performanslarını değerlendirmiştir. Chiu vd. (2013) 2005-2007 yıllarında 24 AB ülkesi için gevşek tabanlı VZA yöntemi ile emisyon izlerini analiz etmişlerdir. Menegaki (2013), 31 Avrupa ülkesinin kişi başına reel GSYİH, brüt yurt içi enerji üretimindeki RES yüzdesini, nihai enerji tüketimini, CO2 eşdeğeri üzerindeki sera emisyonları, istihdam oranı değişkenleri kullanılarak 1997-2010 dönemi için toplam faktör verimliliklerini incelemişlerdir. Sueyoshi ve Goto (2013) 1999-2009 dönemi üç girdinin ortalaması (yanıcı, nükleer, hidro ve yenilenebilir enerjilere göre ana üretici tesislerin net elektrik kapasitesi), istenen tek bir çıktı (toplam elektrik üretimi) ile için 10 ülkenin toplam faktör verimliliklerini ele almışlardır. Wang vd. (2013), 1997-2010 döneminde Çin'in 30 bölgesinin enerji ve emisyon verimliliğini araştırmak için girdi değişkenleri enerji, işgücü, sermaye çıktılar; GSYH ve CO2 emisyonu değişkenleri yardımıyla çok yönlü verimlilik analizi (MEA) yaklaşımını kullanmışlardır. Cicea vd. (2014), girdi; enerji yoğunluğu (TPES/GDP), GSYİH/kişi, GSYİH/yenilenebilir enerji yatırımı çıktı; CO2 salınımı değişkenleriyle 22 OECD ülkesinin 1990-2008 dönemindeki performanslarını değerlendirmiştir. Halkos ve Tzeremes (2014), girdi; toplam işgücü, toplam sermaye stoku, çıktı; GSYİH ve istenmeyen

CO2 emisyonu değişkenlerini kullanarak 110 ülkenin 2007 yılındaki verimliliklerini incelemişlerdir. Jin vd. (2014), girdi değişkenleri olarak toplam enerji tüketimi ve işgücü, istenen çıktı değişkeni olarak GSYİH ve istenmeyen çıktı değişkeni olarak CO2 emisyonları 2010 yılı verileriyle VZA 'yı kullanarak Asya Pasifik Ekonomik İşbirliği (APEC) ekonomilerinin 20 üyesinin rastgele koşullar altında karbon emisyon performansını değerlendirmişlerdir. Çalışmada, APEC ekonomilerinin stokastik saf çevresel performansının rastgele faktörlerden etkilendiği sonucuna varmışlardır. Xie vd. (2014), toplam emek, kurulu kapasite, yakıt ve nükleer girdiler, güç üretimi ve istenmeyen karbon emisyonu çıktı değişkenleriyle 26 OECD ve BRICS ülkelerinin 1996–2010 dönemindeki toplam faktör verimliliklerini ele almışlardır. Wei vd. (2015), Çin'in Zhejiang eyaletinin 2004 ve 2008 Nüfus Sayımı verilerini, Çin'in kömürle çalışan enerji işletmelerinden kaynaklanan enerji azaltma alanını ve buna bağlı CO2 emisyonunu değerlendirmek için girdi değişkenleri işgücü, sermaye, enerji tüketimi çıktılar; elektrik enerjisi ve CO2 yayılımı değişkenlerini kullanarak VZA ile performanslarını incelemişlerdir. Woo vd. (2015), 2004-2011 dönemi için 31 OECD ülkesinin performansını işgücü, sermaye ve yenilenebilir enerji arzı girdi değişkenleri, CO2 emisyonu, GSYİH ve yenilenebilir enerji, üretilen elektrik miktarını çıktı değişkenlerini kullanarak Malmquist Endeksi ile verimliliklerini incelemişlerdir. Aydoğan vd. (2017), 2010-13 yılları arasında 29 AB ülkesi için girdi değişkeni olarak enerji tüketimi ve iş gücünü; çıktı değişkeni olarak GSYİH ve CO2 yayılımını kullanarak çevre ve enerji performansını değerlendirmişlerdir. Chen ve Geng (2017), 26 OECD ülkesi ve BRICS ülkelerinin girdiler; yenilenebilir enerji, fosil enerji, sermaye stoku ve işgücü, çıktılar; reel GSYİH ve CO2 emisyonları değişkenleriyle ülkelerin 2002-2011 döneminde toplam faktör verimliliklerini ve her yılın etkinlik skorlarını değerlendirmişlerdir. Guo vd. (2017), Çin'de çevre açısından sıkı bir şekilde izlenen 109 şehrin çevresel performansını ölçmek için VZA yöntemini uygulamıştır. Sanz-Diaz vd. (2017), İstihdam, enerji tüketimi ve gayri safi sabit sermaye oluşumunu girdi olarak, GSYİH'yi istenen çıktı olarak ve sera gazı emisyonlarını istenmeyen çıktı değişkenleri olarak 2005'ten 2012'ye kadar İspanya'nın ve tüm AB-28 ülkelerinin verimliliğini değerlendirmek için hem VZA hem de Malmquist Endeksini kullanmışlardır. Wu vd. (2017), 2006-2010 yılları için VZA tabanlı Malmquist endeksini uygulayarak Çin'in çevresel üretkenliğini değerlendirmişlerdir. Carboni ve Russu (2018), 2004'ten 2011'e kadar VZA ve ME (TFV) yi kullanarak 20 İtalyan bölgesinin ekonomik ve ekolojik performansını değerlendirmişlerdir. Gökgöz ve Güvercin (2018), 14 AB ülkesi için GSYİH, elektrik talebi, enerji ithalatı, tribünlerden gelen enerji ithalatı, nükleer santrallerden gelen elektrik üretimi, yenilenebilir kaynaklardan sağlanan elektrik üretimi, doğalgaz/kömür/petrol ürünü ithalatı değişkenlerini kullanılarak 2004-2014 dönemindeki toplam faktör verimliliklerini ele almışlardır. Küpeli ve Alp (2018), G20 ülkelerinde girdi değişkeni olarak enerji yoğunluğu ve iş gücünü; çıktı değişkeni olarak GSYİH, CO2 emisyon miktarı, yenilenebilir enerji kaynakları tarafından üretilen elektriğin toplam elektrik içindeki yüzdesi değişkenlerini kullanarak ülkelerin performanslarını değerlendirmişlerdir. Yang ve Zhang (2018), 2003'ten 2014'e kadar Çin'deki eko-verimlilik eğilimlerini değerlendirmek için GML endeksi ile birlikte genişletilmiş bir VZA modeli kullanmıştır. Mavi ve Mavi (2019), işgücü, GSYİH başına enerji kullanımı girdileri, GSYİH, yenilenebilir enerji, sera gazı emisyonu, belediye atıkları çıktı değişkenleri yardımıyla 34 OECD ülkesinin 2012-2015 dönemindeki verimliliklerini incelemişlerdir. Zurano-Cervelló vd. (2019), 28 AB üye ülkesinin 2015 yılı

enerji verilerini kullanarak VZA ile ülkelerin verimliliklerini değerlendirmiş ve optimize projeksiyonlarıyla hedefler değerlendirilmiştir. Hermoso-Orzáez vd. (2020), Avrupa Birliği'ne üye 28 ülkenin 2005-2012 dönemi için çevresel verimliliğini VZA yöntemi ile ele almışlardır. Çalışma sonucunda, göreceli olarak 28 ülkeden 14'ünün yüksek çevresel verimliliğe sahip olduğu ve bununla birlikte önümüzdeki yıllarda iyileştirilmesi gereken çevresel verimliliği çok düşük ülkelerin de olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Matsumoto vd. (2020), 2000-2017 dönemi için VZA temelli pencere analizi yöntemiyle küresel Malmquist-Luenberger endeksini kullanarak 27 Avrupa Birliği (AB) ülkelerinin çevresel performansını değerlendirmiştir. Çalışmada emek, sermaye ve enerji, gayri safi yurtiçi hasıla, karbondioksit ve partikül madde emisyonları ve atık dahil olmak üzere farklı çıktılarının bir kombinasyonu kullanmış ve çalışma sonucunda genel olarak AB ülkelerinin, dalgalanmalar gözlemlenmesine rağmen, çalışma süresi boyunca verimlilik artışı yaşadığı bulgusuna ulaşmıştır. Wang vd. (2020), enerji tüketiminde yenilenebilir enerjinin payı, işgücü verimliliği ve brüt sermaye oluşumu girdi değişkenleri, CO2 emisyonları istenmeyen çıktı ve GSYİH istenen çıktı değişkenleri olarak kullanarak seçilmiş 2013-2017 yılları arasında 17 Avrupa ülkesi için gevşek temelli VZA ve Malmquist Endeks ile eko-verimlilik değişikliğini incelemişlerdir.

Yöntem

Uluslararası literatürde, çeşitli metodolojiler kullanarak enerji ve çevresel performansın değerlendirilmesi ile ilgili birçok çalışma yer almaktadır. Bu çalışmalarda kullanılan metodolojilerden biri de VZA'dır (Matsumoto vd., 2020, s.3). Malmquist-Luenberger endeksi de ülkelerin çevreye duyarlı üretkenlik artışını ölçmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Yörük ve Zaim, 2005, s.402)

Bu çalışmanın amacı, yenilenebilir enerji göstergeleri ve bazı ekonomik göstergelerin AB ülkeleri ve Türkiye'nin 2010-2018 döneminde performanslarını değerlendirmektir. Performansların zaman içinde verimlilik gelişimini değerlendirebilmek için Malmquist Toplam Faktör Verimliliği (TFV) endeksi kullanılmıştır. VZA uygulamasında seçilen karar verme birimlerinin (KVB) girdiler ve çıktılar açısından benzer olması ve benzer çevre şartlarında faaliyet göstermesi gereklidir. KVB'ler arasında homojeniteyi sağlayabilmek amacıyla Kümeleme Analizi yapılmış ve benzer ülkeler gruplandırılmıştır.

Çalışma kapsamında yapılan literatür incelemesi sonucu yenilenebilir enerji göstergeleri ile ilgili 5 değişken belirlenmiştir. Girdi değişkenleri; CO2 Salınımı, Toplam Enerji Tüketimindeki Yenilenebilir Enerji kullanımı (YEK), İşgücü (EMP) çıktı değişkenleri; Kişi Başına GSYİH ve Toplam Enerji Arzının İçindeki Yenilenebilir Enerji Oranı (TEAYEO) şeklindedir. 27 AB ülkesine ait veriler World Bank veri bankasından derlenmiş ve analizler gerçekleştirilmiştir.

Avrupa Birliği ülkeleri; Belçika, Fransa, Almanya, İtalya, Lüksemburg, Hollanda, Danimarka, İrlanda, Yunanistan, Portekiz, İspanya, Avusturya, Finlandiya, İsveç, Kıbrıs, Çekya, Estonya, Macaristan, Litvanya, Letonya, Malta, Polonya, Slovakya, Slovenya, Bulgaristan, Romanya, Hırvatistan'dır (https://europa.eu/european-union/about-eu/countries_en#tab-0-1). Veri setinde tüm AB ülkeleri yer almaktadır.

Kümeleme Analizi

Kümeleme Analizi, gerçekte herhangi bir gruba (sınıfa) ait olduğunu bilmediğimiz nesnelere (birimleri), bazı ölçüler yardımıyla homojen alt gruplara ayırır (Tinsley ve

Brown, 2000: s.298). Kümeleme analizi, önceden belirlenmiş kriterlere göre birbirine daha çok benzeyen birimleri aynı grup içerisinde toplayan, içsel bağımlılık (bağımlı ve bağımsız değişken ayrımı olmayan) içeren çok değişkenli istatistik yöntemidir. Analiz sonucunda bir kümeyi oluşturan birimler birbirine yaklaşıırken diğer kümelerdeki birimlerden uzaklaşır. Her bir grup kendi içinde homojen iken, diğer kümelerle heterojenlik söz konusudur (Kalaycı, 2005: s.349). Kümeleme analizi, bir dizi varlıkları ve bunları açıklayan gözlemleri ölçümlerle birlikte düşündüğümüzde, böyle bir kümede kümelenme adı verilen alt kümeleri bulma sorunuyla ilgilenir. Genellikle, kümelerin homojen veya iyi ayrılmış olması gerekir (Seyhan ve Tolun Tayalı, 2019: s.1002) . Homojenlik, aynı kümelenme içindeki varlıkların birbirine benzemesi ve farklı kümelerdeki varlıkların diğerinden farklı olması gerektiği anlamına gelir (Hansen ve Jaumard, 1997: s.191). Kümeleme analizinde ortaya çıkan kümelerin benzememe (benzeme) durumunu ölçmek için bazı ölçü birimleri kullanılır. Birimler arasında benzeme durumunun ölçülmesi için en sık kullanılan ölçü birimi Öklid uzaklığıdır (Karagöz, 2016, s.890).

Küme sayısının önceden yaklaşık olarak bilinip bilinmeme durumuna göre, kümeleme analizindeki yöntemler hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan yöntemler şeklinde iki grupta sınıflandırılır. Tek bağlantı, tam bağlantı, ortalama bağlantı, ward yöntemi ve merkezi yöntem hiyerarşik bağlantı yöntemlerindedir (Kangallı vd., 2014, s.103). Hiyerarşik olmayan kümelemede ise, araştırmacının anlamlı olacak şekilde bir küme sayısına karar verdiği yani küme sayısının belirlenmiş olduğu durumlarda kullanılır (Çokluk vd., 2014, s.153).

Malmquist (Toplam Faktör Verimliliği) Endeksi

Performans ölçümü için kullanılan yöntemler belirli bir dönem için etkinlik-verimlilik değerlerini ele almaktadır. Fakat verimlilikteki zaman içindeki değişim, göz ardı edilmemesi gereken bir husustur. Verimlilikteki zaman içindeki değişimleri de dikkate alan yöntemlerden biri de Malmquist (TFV) Endeksi'dir (Topçuoğlu, 2016, s.67).

$$d_0^s(\vec{x}, \vec{y}) = \min \left\{ \delta \left(\frac{\vec{y}}{\delta} \in \Omega \left(\frac{\rho}{x} \right) \right) \right\}$$

Uzaklık fonksiyonundan hareketle hesaplanan ME, verimlilikteki değişimleri iki ayrı bileşene göre incelemektedir. Bunlar, etkinlik değişimi ve teknik değişimdir. Etkinlik değişimi, ekonomi birimlerinin etkinlik sınırına yaklaşma sürecinin bir değerlendirirken, teknik değişim etkinlik sınırının zaman içindeki değişimini vermektedir.

Uzaklık fonksiyonu $d_0^s(\vec{x}, \vec{y})$ eğer (y) çıktı vektörü P(x) üretim kümesinin bir elemanı ise, 1'den küçük veya 1'e eşit bir değer olacaktır.

Uzaklık fonksiyonlarına dayalı olarak hesaplanan ME (çıktı-eksenli) aşağıdaki gibidir. Bu endekste baz yılı (t) dönemi ile bir sonraki yıl ise (t+1) dönemi ile belirtilmektedir.

$$m_0(\vec{x}_t, \vec{y}_t, \vec{x}_{t+1}, \vec{y}_{t+1}) = \sqrt{\frac{d_0^t(\vec{x}_{t+1}, \vec{y}_{t+1})}{d_0^t(\vec{x}_t, \vec{y}_t)} \times \frac{d_0^{t+1}(\vec{x}_{t+1}, \vec{y}_{t+1})}{d_0^{t+1}(\vec{x}_t, \vec{y}_t)}}$$

Bu denklemde $d_0^s(\vec{x}, \vec{y})$, (t+1) dönemi teknolojinin (t) dönemi teknolojiye olan uzaklığını verir. Denklem, (t) ve (t+1) dönemi endekslerinin geometrik ortalamasıdır. Birincisi (t) dönemi teknolojiyi, ikincisi ise (t+1) dönemi teknolojiyi gösterir.

Bu denklem şu şekilde de formüle edilebilir:

$$m_0(\vec{x}_t, \vec{y}_t, \vec{x}_{t+1}, \vec{y}_{t+1}) = \frac{d_0^{t+1}(\vec{x}_{t+1}, \vec{y}_{t+1})}{d_0^t(\vec{x}_t, \vec{y}_t)} \sqrt{\frac{d_0^t(\vec{x}_{t+1}, \vec{y}_{t+1})}{d_0^{t+1}(\vec{x}_{t+1}, \vec{y}_{t+1})} \times \frac{d_0^t(\vec{x}_t, \vec{y}_t)}{d_0^{t+1}(\vec{x}_t, \vec{y}_t)}}$$

Bu denklemde karekökün dışındaki oran, (t) ve (t+1) yılları arasındaki, çıktı-eksensel teknik etkinlikteki değişimi ölçmektedir. (t+1) dönemdeki teknik etkinliğin, (t) dönemdeki teknik etkinliğe olan oranı etkinlikteki değişimdir. Karekök içindeki iki oranın geometrik ortalaması, $(X^{t+1}$ ve $X^t)$ iki dönem arasındaki teknolojiye meydana gelen değişimi göstermektedir. Yani, teknik etkinlikteki ve teknolojiye meydana gelen değişimle, toplam faktör verimliliğindeki değişimler (TFVD) elde edilmektedir. Bu da Malmquist Endeksin (ME) geometrik ortalamasıdır (Fare vd., 1994, s.71).

Burada her iki faktörün TPF'ye olan katkısını göstermek için ME'nin teknik etkinlikteki değişime ve teknolojik değişime ayrıştırılması mümkündür. Yukarıdaki denklem iki kısma ayrıldığında etkinlikteki değişim ve teknolojik değişim aşağıdaki gibi ölçülebilir:

$$\text{Teknik Etkinlikteki Değişim} = \frac{d_0^{t+1}(\vec{x}_{t+1}, \vec{y}_{t+1})}{d_0^t(\vec{x}_t, \vec{y}_t)}$$

$$\text{Teknolojik Değişim} = \sqrt{\frac{d_0^t(\vec{x}_{t+1}, \vec{y}_{t+1})}{d_0^{t+1}(\vec{x}_{t+1}, \vec{y}_{t+1})} \times \frac{d_0^t(\vec{x}_t, \vec{y}_t)}{d_0^{t+1}(\vec{x}_t, \vec{y}_t)}}$$

Buradaki teknik etkinlikteki değişim, üretim sınırına ulaşma etkisi olarak ifade edilirken teknolojik değişim, üretim sınırları eğrisinin kayması olarak gösterilmektedir (Mahadevan, 2002, s. 590).

Öte yandan, teknik etkinlikteki değişim ile teknolojik değişimin çarpımı TFPC'yi verir.

$$M_0^{t,t+1} = \text{TEC} \times \text{TC}$$

M_0 endeksinin 1'den büyük olması TFV'nin (t) döneminden, (t+1) dönemine arttığını, 1'den küçük olması ise TFV'nin (t) döneminden (t+1) dönemine azaldığını göstermektedir (Fulginitiy vd.,1997, s. 377).

Ampirik Bulgular

Tablo 1. Ülkelerin 2008-2015 yılları Değişken Ortalamaları

Ülkeler	GSYİH	TEAYEO	EMP	CO2	YEK
Avusturya	24,09461219	7589500000	57,1307687	63411,39	32,42685
Belçika	23,98465889	8868375000	49,54846191	99601,83	6,922308
Bulgaristan	23,04734023	1621375000	49,83461527	44456,67	14,72258
Hırvatistan	21,98534295	461875000	45,66538473	19021,95	29,66632
Kıbrıs	18,92770067	199500000	56,88999968	7057,345	7,797669
Çekya	27,04711996	4966375000	56,48923052	105528,9	7,797669
Danimarka	20,81997714	14297625000	58,44538469	38645,7	25,15157
Estonya	26,1198854	1038750000	56,89153877	17201,49	24,57224

Yenilenebilir Enerji - Ekonomik Büyüme İlişkisi Açısından Türkiye ve AB Ülkelerinin Malmquist Endeksi ile Performans İncelemesi

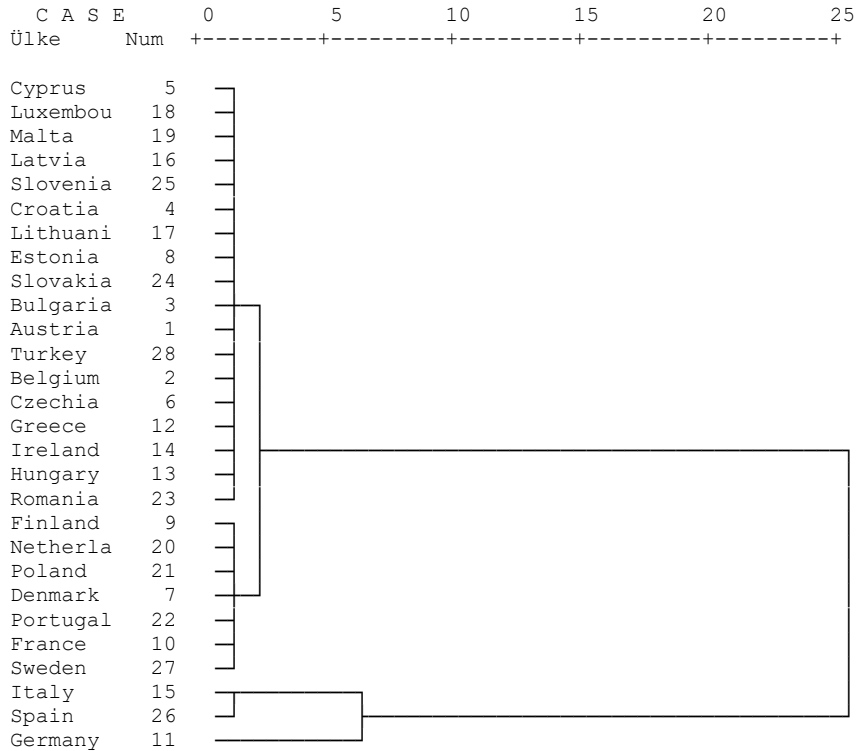
Finlandiya	23,2526307	11725875000	54,72769224	51204,36	37,24033
Fransa	22,92003105	21512000000	50,48000013	263740,4	12,14393
Almanya	20,44739372	1,12622E+11	57,0600002	739891	11,44994
Yunanistan	14,26440955	5330875000	42,42461542	77350,48	12,82754
Macaristan	22,60152387	2619125000	49,59846144	46768,92	13,53111
İrlanda	25,37558695	4485625000	56,32307639	37482,44	6,626052
İtalya	18,60845231	41841750000	43,90384557	298592,4	14,04773
Letonya	24,62284161	407125000	53,46692364	7287,144	37,37497
Litvanya	19,76593456	708625000	53,15230766	13349,1	23,69345
Lüksemburg	18,70654015	217250000	54,9399998	10193,45	5,110262
Malta	20,53108412	30875000	50,85307693	2275,985	2,298508
Hollanda	20,35467722	11650125000	60,89769275	174469,7	4,811295
Polonya	20,93749601	12189250000	52,30538442	302074	10,32355
Portekiz	18,00001484	12977750000	53,25999979	48850,96	27,05432
Romanya	25,8751314	3499375000	51,26307737	78417,17	22,55632
Slovakya	23,18731425	1255375000	52,97692314	33643,91	10,6336
Slovenya	21,47047736	376000000	54,03076935	14371,38	19,48252
İspanya	20,54886499	59981625000	47,20923086	265474,5	15,38377
İsveç	23,92950939	18678625000	59,07230817	45861,95	48,26534
AB Ortalama	21,90468709	13376027778	52,9200285	107637,9	17,92266
Türkiye	28,08049795	7331875000	44,55538442	322659,3	13,06404

Kümeleme Analizi Bulguları

Grafik 1. Hiyerarşik Kümeleme Analizi Dendogramı

Ward Metodu ile Yapılan Dendogram

Rescaled Distance Cluster Combine



Toplam enerji tüketimindeki yenilenebilir enerji kullanımı, istihdam, CO2 salınımı, kişi başına düşen GSYİH, Toplam enerji arzının içindeki yenilenebilir enerji oranı

değişkenlerinin 2008-2015 yılları ortalamalarına göre, Türkiye ve 27 AB ülkesinin hiyerarşik kümeleme analizi sonuçları elde edilmiştir. Kümeleme analizi sonucu elde edilen dendogram Grafik 1’de verilmiştir.

Tablo 2. Hiyerarşik Kümeleme Analizinde Küme Üyeleri

Küme Numarası	Kümede Yer Alan Ülkeler	
2008-2015 ortalaması	1.küme	Kıbrıs, Lüksemburg, Malta, Litvanya, Slovenya, Hırvatistan, Letonya, Estonya, Slovakya, Bulgaristan, Avusturya, TÜRKİYE; Belçika, Çekya, Yunanistan, İrlanda, Macaristan, Romanya.
	2.küme	Finlandiya, Hollanda, Polonya, Danimarka, Portekiz, Fransa, İsveç.
	3.küme	İtalya, İspanya, Almanya

2008-2015 periyodundaki yıllık serilerin ortalaması alınarak Ward Metodu ile yapılan kümeleme analizinde Tablo 2’ de görüldüğü gibi ülkeler 3 kümeye ayrılmıştır. I. kümedeki ülkelerden toplam enerji arzının içindeki yenilenebilir enerji oranı değişkeninde Türkiye’ye (7 331 875 000) en yakın değere sahip ülkenin Avusturya (7 589 500 000) olduğu görülmektedir. Yenilenebilir enerji kullanımı değişkeninde ise, Türkiye’ye (13,06404) en yakın değere sahip ülkenin Yunanistan (13,53111) olduğu görülmektedir.

Malmquist Endex (ME) Uygulaması ve Bulguları

Malmquist endeksleri ile elde edilen ilk endeks, ikinci yıldan başlamak üzere tüm endeksler önceki yıla göre hesaplanır ve her bir KVB için sabit getiri varsayımı altında hesaplanan teknik etkinlik değişimi, teknolojik değişim, ölçeğe göre değişen getiri varsayımı altında hesaplanan salt teknik etkinlik değişimi, ölçek etkinliği değişimi ve son olarak toplam faktör verimlilik değişimi olmak üzere 5 adet endeks üretilir. Teknik etkinlik değişimi ve teknolojik değişimin çarpımı toplam faktör verimliliği (TFP) değişimini verir. Salt etkinlik değişimi ile ölçek etkinliği değişiminin çarpımı da teknik etkinlik değişimini vermektedir. Her endeks için 1’den büyük değerler bir önceki döneme göre artışı, 1’den küçük değerler ise düşüşü göstermektedir. Malmquist Index analizine göre, toplam faktör verimlilik değişimi (TFVD) değeri 1 olan ülkeler girdileri ve çıktıları bakımından herhangi bir ilerleme veya gerileme kaydetmemişler anlamına gelir. TFVD değeri 1 den büyük olan ülkeler toplam faktör verimliliğini artırma eğiliminde ve 1 den küçük olan ülkeler ise toplam faktör verimliliğini geriletmişler anlamına gelmektedir. DEA analizi toplam faktör verimlilik değişimi (tfpch) tahminine Malmquist Index ile ulaşılabilmektedir. Kümeleme analizi sonucunda elde edilen Türkiye’nin de içinde bulunduğu grubun Malmquist (TFV) Endeks analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

2008-2009, 2009-2010, 2010-2011, 2011-2012, 2012-2013, 2013-2014, 2014-2015 dönemleri için hesaplanan 7 etkinlik değişimi ve ortalama değişim verilmiştir.

Tablo 3. 2008-2009 Dönemi İtibarıyla AB Ülkeleri ve Türkiye’nin Toplam Faktör Verimliliklerindeki Değişme ve Bileşenleri

No	ÜLKE (KVB)	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
1	Kıbrıs	0.234	5.186	1.000	0.234	1.214

Yenilenebilir Enerji - Ekonomik Büyüme İlişkisi Açısından Türkiye ve AB Ülkelerinin Malmquist Endeksi ile Performans İncelemesi

2	Lüksemburg	5.640	6.560	1.000	5.640	36.999
3	Malta	1.000	5.439	1.000	1.000	5.439
4	Litvanya	0.316	7.017	1.000	0.316	2.221
5	Slovenya	0.445	4.298	1.000	0.445	1.913
6	Hırvatistan	1.124	4.250	1.000	1.124	4.776
7	Letonya	0.316	7.017	1.000	0.316	2.221
8	Estonya	0.184	4.401	1.000	0.184	0.810
9	Slovakya	0.184	5.221	1.000	0.184	0.961
10	Bulgaristan	2.430	5.056	1.000	2.430	12.285
11	Avusturya	1.000	0.946	1.000	1.000	0.946
12	TÜRKİYE	0.576	3.175	1.000	0.576	1.829
13	Belçika	2.847	10.759	1.000	2.847	30.634
14	Çekya	0.081	6.795	1.000	0.081	0.554
15	Yunanistan	1.014	1.631	1.000	1.014	1.653
16	İrlanda	0.729	3.034	1.000	0.729	2.212
17	Macaristan	0.647	2.367	1.000	0.647	1.533
18	Romanya	0.201	3.411	1.000	0.201	0.686
	Ortalama	0.588	4.206	1.000	0.588	2.472

Not: TED= Teknik Etkinlikteki Değişme; TD= Teknolojik Değişme; PED= Pür Etkinlikteki Değişme; ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme ve TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme.

Tablo 3 incelendiğinde, 2008 yılına göre 2009 yılında, Lüksemburg'un performansını %35999 arttırarak en iyi performansa sahip ülke olduğu görülmektedir. Bu grup içinde, TFV'de en çok artış sağlayan diğer ülkeler ise Belçika ve Bulgaristan'dır. Türkiye'de, TFV'nin %82,9 artış gösterdiği görülmektedir. Bu küçük gelişimin teknolojik etkinlikten kaynaklandığı görülmektedir. Çekya ve Romanya'da ise TFV düşüş yaşandığı gözlenmektedir. Ortalamaya baktığımızda, 18 ülkenin de TFV artış gözlenmektedir. Bu dönemde yaşanan verimlilik artışının teknolojik etkinlikten kaynaklandığını söylemek mümkündür. Sonuçlar incelendiğinde, 2008 yılına göre 2009 yılında, gruptaki ülkelerde çoğunlukla ortalama TFVG'nin artış yaşandığı gözlenmektedir.

Tablo 4. 2009-2010 Dönemi İtibariyle AB Ülkeleri ve Türkiye'nin Toplam Faktör Verimliliklerindeki Değişme ve Bileşenleri

No	ÜLKE (KVB)	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
1	Kıbrıs	24.936	2.106	1.000	24.936	52.526
2	Lüksemburg	0.036	1.234	1.000	0.036	0.045
3	Malta	0.092	1.678	1.000	0.092	0.155
4	Litvanya	0.837	0.941	1.000	0.837	0.788
5	Slovenya	1.123	1.292	1.000	1.123	1.451
6	Hırvatistan	1.354	1.108	1.000	1.354	1.500
7	Letonya	0.837	0.941	1.000	0.837	0.788
8	Estonya	1.941	1.203	1.000	1.941	2.336
9	Slovakya	1.171	0.870	1.000	1.171	1.019
10	Bulgaristan	0.167	0.848	1.000	0.167	0.141
11	Avusturya	1.000	1.115	1.000	1.000	1.115
12	TÜRKİYE	2.277	0.796	1.000	2.277	1.814
13	Belçika	0.768	0.240	1.000	0.768	0.184
14	Çekya	3.443	0.619	1.000	3.443	2.130
15	Yunanistan	1.988	0.814	1.000	1.988	1.618
16	İrlanda	1.459	0.667	1.000	1.459	0.973
17	Macaristan	1.956	0.817	1.000	1.956	1.598

18	Romanya	1.232	1.359	1.000	1.232	1.675
	Ortalama	1.019	0.949	1.000	1.019	0.967

2009 yılına göre 2010 yılında, Kıbrıs'ın performansını fazlaca arttırdığı ve en iyi performansa sahip ülke olduğu görülmektedir. Kıbrıs'taki bu TFV artışın teknik etkinlikten kaynaklandığı görülmektedir. Performans düşüşü yaşayan ülkeler ise, Bulgaristan, Lüksemburg ve Belçika'dır. Bu ülkelerin bir önceki dönem maksimum verimlilik artışı sağlayan ülkeler olduğu görülmektedir. 2009 yılında bu ülkelerdeki performans artışı çok yüksek olduğundan bu yıldaki performansında önceki yıla göre artış yaşanmaması anormal bir durum değildir. Türkiye'de ise TFVG'nin %81,4 ile artış gösterdiği görülmektedir. Toplam ortalama baktığımızda, 18 ülkenin genel olarak ortalama TFV artış olduğu gözlenmektedir (Tablo 4).

Tablo 5. 2010-2011 Dönemi İtibariyle AB Ülkeleri ve Türkiye'nin Toplam Faktör Verimliliklerindeki Değişme ve Bileşenleri

No	ÜLKE (KVB)	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
1	Kıbrıs	1.000	0.041	1.000	1.000	0.041
2	Lüksemburg	5.831	0.378	1.000	5.831	2.207
3	Malta	10.853	0.038	1.000	10.853	0.412
4	Litvanya	0.626	0.510	1.000	0.626	0.320
5	Slovenya	6.767	1.973	1.000	6.767	13.354
6	Hırvatistan	0.755	0.357	1.000	0.755	0.269
7	Letonya	0.626	0.510	1.000	0.626	0.320
8	Estonya	8.234	0.816	1.000	8.234	6.716
9	Slovakya	7.758	0.282	1.000	7.758	2.186
10	Bulgaristan	5.121	0.277	1.000	5.121	1.421
11	Avusturya	1.000	1.492	1.000	1.000	1.492
12	TÜRKİYE	3.304	5.230	1.000	3.304	17.277
13	Belçika	1.302	1.900	1.000	1.302	2.473
14	Çekya	1.520	1.182	1.000	1.520	1.796
15	Yunanistan	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
16	İrlanda	1.918	1.121	1.000	1.918	2.149
17	Macaristan	0.964	0.781	1.000	0.964	0.753
18	Romanya	4.034	0.347	1.000	4.034	1.401
	Ortalama	2.240	0.567	1.000	2.240	1.270

2010 yılına göre 2011 yılında, Türkiye'nin performansının arttığı ve en iyi performans artışı yaşanan ülke olduğu görülmektedir. Türkiye'deki bu TFV artışının hem teknik etkinlikten hem de teknolojik etkinlikten kaynaklandığı görülmektedir. Performansında kayda değer artış yaşayan diğer ülkeler ise Slovenya ve Estonya'dır. Performans düşüşü yaşayan ülkeler; Kıbrıs, Malta, Litvanya, Hırvatistan, Letonya, Macaristan'dır (Tablo 5).

Tablo 6. 2011-2012 Dönemi İtibariyle AB Ülkeleri ve Türkiye'nin Toplam Faktör Verimliliklerindeki Değişme ve Bileşenleri

No	ÜLKE (KVB)	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
1	Kıbrıs	1.000	5.510	1.000	1.000	5.510
2	Lüksemburg	0.659	2.046	1.000	0.659	1.347
3	Malta	1.000	4.960	1.000	1.000	4.960
4	Litvanya	0.724	1.749	1.000	0.724	1.267
5	Slovenya	0.216	0.436	1.000	0.216	0.094

Yenilenebilir Enerji - Ekonomik Büyüme İlişkisi Açısından Türkiye ve AB Ülkelerinin Malmquist Endeksi ile Performans İncelemesi

6	Hırvatistan	0.629	2.036	1.000	0.629	1.281
7	Letonya	0.724	1.749	1.000	0.724	1.267
8	Estonya	0.608	0.963	1.000	0.608	0.586
9	Slovakya	1.200	1.424	1.000	1.200	1.710
10	Bulgaristan	0.469	1.967	1.000	0.469	0.923
11	Avusturya	0.708	0.869	1.000	0.708	0.615
12	TÜRKİYE	1.000	0.218	1.000	1.000	0.218
13	Belçika	1.000	1.100	1.000	1.000	1.100
14	Çekya	0.942	0.911	1.000	0.942	0.858
No	ÜLKE (KVB)	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
15	Yunanistan	0.570	1.070	1.000	0.570	0.610
16	İrlanda	0.715	1.017	1.000	0.715	0.727
17	Macaristan	0.762	1.519	1.000	0.762	1.158
18	Romanya	1.000	1.652	1.000	1.000	1.652
	Ortalama	0.728	1.347	1.000	0.728	0.981

2011 yılına göre 2012 yılında, en iyi verimlilik artışı yaşayan ülkelerin Kıbrıs ve Malta olduğu görülmektedir. Türkiye'nin bir önceki yıla göre verimliliğinde düşüş gözlenmektedir. Türkiye'nin 2011 yılındaki verimliliğindeki artışı çok yüksek olduğundan bu yıldaki performansında önceki yıla göre artış yaşanmaması anormal bir durum değildir. Slovenya Türkiye, Estonya, Yunanistan, Avusturya, İrlanda, Çekya ve Bulgaristan'dır. Ortalamaya baktığımızda, TFV azalma gözlenmektedir. Bu dönemde yaşanan verimlilik azalışının teknik etkinlikten kaynaklandığını söylemek mümkündür (Tablo 6).

2012 yılına göre 2013 yılında, Lüksemburg'un performansının fazlaca arttırdığı ve en iyi performansa sahip ülke olduğu görülmektedir. Lüksemburg'un bu TFV artışının hem teknik etkinlikten hem de teknolojik etkinlikten kaynaklandığı görülmektedir. Performans düşüşü yaşayan ülkeler ise, Kıbrıs, Slovakya, Romanya, Macaristan, İrlanda, Türkiye ve Malta'dır. Bir önceki yılda, Kıbrıs ve Malta'nın TFV de maksimum artış yaşayan ülkeler olduğu gözlenirse de diğer ülkelerin yüksek performansa sahip olmadığı görülmektedir ve bu performans kaybı yaşayan ülkelerin ortalama verimliliklerinin de düştüğü söylenebilir. Genel düşümlere rağmen toplam ortalama bakıldığında, 18 ülkenin genel olarak ortalama TFV artış olduğu gözlenmektedir (Tablo 7).

Tablo 7. 2012-2013 Dönemi İtibariyle AB Ülkeleri ve Türkiye'nin Toplam Faktör Verimliliklerindeki Değişme ve Bileşenleri

2012-2013	No	ÜLKE (KVB)	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
	1	Kıbrıs	1.000	0.273	1.000	0.273	0.273
	2	Lüksemburg	8.818	20.478	1.000	20.478	180.577
	3	Malta	1.000	0.950	1.000	0.950	0.950
	4	Litvanya	1.000	1.310	1.000	1.310	1.310
	5	Slovenya	0.895	1.320	1.000	1.320	1.181
	6	Hırvatistan	1.224	1.293	1.000	1.293	1.583
	7	Letonya	1.000	1.310	1.000	1.310	1.310
	8	Estonya	0.730	3.689	1.000	3.689	2.693
	9	Slovakya	0.202	1.716	1.000	1.716	0.347
	10	Bulgaristan	2.028	1.408	1.000	1.408	2.855
	11	Avusturya	1.413	11.358	1.000	11.358	16.054
12	TÜRKİYE	0.288	2.551	1.000	2.551	0.735	

	13	Belçika	1.000	2.121	1.000	2.121	2.121
	14	Çekya	0.512	9.917	1.000	9.917	5.082
	15	Yunanistan	1.434	1.916	1.000	1.916	2.747
	16	İrlanda	0.362	1.984	1.000	1.984	0.718
	17	Macaristan	0.421	1.501	1.000	1.501	0.632
	18	Romanya	0.456	1.302	1.000	1.302	0.594
		Ortalama	0.855	2.099	1.000	2.099	1.796

Tablo 8. 2013-2014 Dönemi İtibariyle AB Ülkeleri ve Türkiye'nin Toplam Faktör Verimliliklerindeki Değişme ve Bileşenleri

	No	ÜLKE (KVB)	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2013-2014	1	Kıbrıs	1.000	1.602	1.000	1.602	1.602
	2	Lüksemburg	0.879	0.145	1.000	0.145	0.127
	3	Malta	0.981	0.335	1.000	0.335	0.328
	4	Litvanya	1.252	0.897	1.000	0.897	1.123
	5	Slovenya	1.213	0.937	1.000	0.937	1.137
	6	Hırvatistan	1.097	0.817	1.000	0.817	0.896
	7	Letonya	1.252	0.897	1.000	0.897	1.123
	8	Estonya	0.858	0.727	1.000	0.727	0.624
	9	Slovakya	2.457	0.825	1.000	0.825	2.028
	10	Bulgaristan	0.827	0.810	1.000	0.810	0.670
	11	Avusturya	0.736	0.257	1.000	0.257	0.189
	12	TÜRKİYE	1.716	0.938	1.000	0.938	1.609
	13	Belçika	1.000	0.888	1.000	0.888	0.888
	14	Çekya	8.305	0.425	1.000	0.425	3.529
	15	Yunanistan	0.762	0.996	1.000	0.996	0.759
	16	İrlanda	1.899	0.812	1.000	0.812	1.541
	17	Macaristan	2.469	0.639	1.000	0.639	1.577
	18	Romanya	2.092	0.779	1.000	0.779	1.630
		Ortalama	1.358	0.675	1.000	0.675	0.917

2013 yılına göre 2014 yılında, Çekya ve Slovakya'nın en iyi verimlilik artışı yaşayan ülkeler olduğu görülmektedir. Lüksemburg, Avusturya, Malta, Estonya, Bulgaristan, Yunanistan ve Belçika TFV'de düşüş yaşayan ülkelerdir. Türkiye'nin TFV'de %60,9 artış yaşandığı görülmektedir. Toplam ortalamaya bakıldığında, genel olarak ortalama TFV düşüş olduğu gözlenmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde, performanslarında artış yaşayan ülkelerin ortalama bir artış yaşadığı söylenebilir (Tablo 8).

Tablo 9. 2014-2015 Dönemi İtibariyle AB Ülkeleri ve Türkiye'nin Toplam Faktör Verimliliklerindeki Değişme ve Bileşenleri

	No	ÜLKE (KVB)	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
2014-2015	1	Kıbrıs	0.572	1.826	1.000	1.826	1.045
	2	Lüksemburg	1.138	2.697	1.000	2.697	3.069
	3	Malta	1.019	6.291	1.000	6.291	6.411
	4	Litvanya	1.899	0.793	1.000	0.793	1.506
	5	Slovenya	2.553	0.613	1.000	0.613	1.566
	6	Hırvatistan	5.324	0.639	1.000	0.639	3.404
	7	Letonya	1.899	0.793	1.000	0.793	1.506
	8	Estonya	0.681	0.589	1.000	0.589	0.401
	9	Slovakya	1.195	0.651	1.000	0.651	0.779
	10	Bulgaristan	2.982	0.968	1.000	0.968	2.886

Yenilenebilir Enerji - Ekonomik Büyüme İlişkisi Açısından Türkiye ve AB Ülkelerinin Malmquist Endeksi ile Performans İncelemesi

11	Avusturya	0.966	1.108	1.000	0.966	1.070
12	TÜRKİYE	2.022	0.899	1.000	2.022	1.818
No	ÜLKE (KVB)	TED	TD	PED	ÖED	TFVD
13	Belçika	1.000	0.966	1.000	1.000	0.966
14	Çekya	0.526	0.352	1.000	0.526	0.185
15	Yunanistan	1.384	1.110	1.000	1.384	1.536
16	İrlanda	0.770	1.056	1.000	0.770	0.813
17	Macaristan	1.302	1.134	1.000	1.302	1.476
18	Romanya	1.049	0.811	1.000	1.049	0.850
	Ortalama	1.304	1.002	1.000	1.304	1.306

2014 yılına göre 2015 yılında, Malta, Hırvatistan, Lüksemburg ve Bulgaristan'ın en iyi verimlilik artışı yaşayan ülkeler olduğu görülmektedir. Çekya, Estonya, Slovakya, İrlanda ve Romanya TFV'de düşüş yaşayan ülkelerdir. Türkiye'nin TFV'de %81,8 artış yaşandığı görülmektedir. Toplam ortalamaya bakıldığında, 18 ülkenin genel olarak ortalama TFV artış olduğu gözlenmektedir (Tablo 9).

Tablo 10'da 2008-2015 döneminde Türkiye ve 17 AB ülkesinin TFV'lerindeki ortalama değişim verilmiştir. Araştırma kapsamındaki tüm ülkelerin bu dönemdeki ortalama TFV değişimde artış olduğu görülmektedir. Ortalama artış yaşayan ülkelerden en iyi performansa sahip olan ülkenin (%130,6 artışla) Lüksemburg olduğu görülmektedir. Türkiye'nin bu dönemdeki ortalama performansında yaşayan (%60) artış yaşayan ve genel olarak performansını koruyan ülkelerden olduğunu söyleyebiliriz. Bu dönemdeki ortalama TFV değişime göre sıralandığında bu grupta, Türkiye'nin 3. Sırayı aldığı görülmektedir.

Tablo 10. Bazı AB Ülkeleri ve Türkiye'nin Toplam Faktör Verimliliklerindeki Ortalama Değişimler

No	ÜLKE (KVB)	TED	TD	PED	TFVD	Sıralama
1	Kıbrıs	1.188	1.100	1.000	1.307	7
2	Lüksemburg	1.318	1.750	1.000	2.306	1
3	Malta	1.000	1.193	1.000	1.193	11
4	Litvanya	0.836	1.276	1.000	1.066	17
5	Slovenya	1.106	1.202	1.000	1.330	6
6	Hırvatistan	1.264	1.127	1.000	1.425	5
7	Letonya	0.836	1.276	1.000	1.066	18
8	Estonya	0.962	1.309	1.000	1.259	10
9	Slovakya	1.025	1.077	1.000	1.105	16
10	Bulgaristan	1.253	1.145	1.000	1.435	4
11	Avusturya	0.952	1.237	1.000	1.178	13
12	TÜRKİYE	1.233	1.297	1.000	1.600	3
13	Belçika	1.161	1.386	1.000	1.609	2
14	Çekya	0.985	1.313	1.000	1.293	8
15	Yunanistan	1.082	1.170	1.000	1.266	9
16	İrlanda	0.964	1.215	1.000	1.171	14
17	Macaristan	1.033	1.140	1.000	1.178	12
18	Romanya	1.000	1.118	1.000	1.118	15
	Ortalama	1.058	1.233	1.000	1.304	

Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışmada, benzer KVB'leri elde etmek için kümeleme analizi kullanılmış ve kümeleme analizi sonrasında Türkiye ve 17 AB ülkesinin literatür taramasıyla belirlenen girdi ve çıktı değişkenlerine göre yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme performansları karşılaştırılmıştır. Performans değerlendirmesi için Malmquist (TFV) Endeksi ve bileşenleri hesaplanmıştır. Elde edilen bulgularda 2008-2015 döneminde ortalama TFV'de tüm ülkelerin verimlilik ortalamalarının 1'in üzerinde olduğu görülmüştür. Belirlenen dönemdeki TFV ortalama değerlerine göre ülkeleri sıraladığımızda, Lüksemburg'un diğer ülkelere göre bir farkla birinci sırada yer aldığı görülmektedir. Lüksemburg'u sırasıyla Belçika, Türkiye, Bulgaristan, Hırvatistan Slovenya, Kıbrıs vd. ülkeler takip etmektedir. Türkiye'nin ortalama TFVG değerine göre başarılı ülkelere göre olduğu görülmektedir.

2008-2015 dönemindeki her bir yıl için TFVG'yi ayrı ayrı değerlendirdiğimizde genellikle bu dönemde ortalama her yıl verimlilik artışı sağlayan ülkelerin, Slovenya, Lüksemburg, Kıbrıs, Türkiye, Litvanya, Hırvatistan, Letonya, Yunanistan, Macaristan olduğu görülmektedir. Ortalama her yıl için verimlilik artışı sağlayamayan ülkelerin ise, İrlanda, Romanya, Slovakya olduğu görülmektedir. Analiz sonuçlarında bazı ülkelerin bazı dönemlerde verimliliklerinde aşırı artış gözlemlenirken sonra bir sonraki dönemde verimliliklerinde düşüş olduğu gözlemlenmektedir. Bu durumun ülke genel performansı için değerlendirdiğimizde aslında ülkelerin başarısız olduğu değil bir önceki dönem performansıyla kıyaslandığı için önceki dönem performansını yakalayamadığı şeklinde yorumlamak daha tutarlı bir değerlendirme olacaktır. Ayrıca elde edilen toplam verimlilik değerleri, çalışmada ele alınan değişkenlerle sınırlıdır, yani farklı değişkenler ele alındığında farklı sonuçlar elde etmek mümkündür.

Avrupa Birliği ülkeleri için yenilenebilir enerji verimliliklerini VZA ve ME yöntemleriyle ele alan çalışmalar incelendiğinde; Lüksemburg'un, ekonomik verimliliği, GSYİH'si büyümesine rağmen dönem boyunca enerji tüketimini ve emisyonlarını azaltmasından kaynaklandığından başarısının farklı bir durumda olduğu (Sanz-Diaz vd., 2017), Avrupa'daki yenilenebilir enerji kaynaklarında (YEK) geride kalanlar olarak da nitelendirilen küçük ekonomilerin teknik açıdan en verimli ülkeler arasında yer aldığı (Menegaki, 2013) görülmüştür. Ayrıca kümeleme analizi bulgularıyla uyumlu şekilde Wang vd. (2013)'nin ele aldığı 17 AB ülkesi ve Gökgöz & Güvercin (2018)'in nükleer Avrupa ülkelerini ayrı bir grupta ele alması da çalışmayı destekler niteliktedir. Çalışma bulgularının aksine çalışmada ele alınan dönem, girdi ve çıktı değişkenlerinin farklılığından kaynaklı olarak Hermoso-Orzáez vd. (2020) 2005-2012 dönemi için Slovakya, Romanya, Macaristan, Çekya ve Bulgaristan'ın çevresel etkinliklerinin düşük olduğu bulgusuna ulaşmıştır.

Yenilenebilir enerjide verimlilik artışındaki süreklilik, doğal çevreye verilen zararları azaltmasının yanında ülkelerin enerji konusunda dışa bağımlılığının azaltılmasını sağlaması bağlamında üzerinde durulması gereken önemli bir husustur. Türkiye'nin performansı araştırma kapsamındaki AB ülkeleriyle karşılaştırıldığında ortalama verimlilik artışında birçok AB üyesi ülkeden daha başarılı bir performansa sahip olduğu

gözlenmiştir. Öte yandan Türkiye'nin ortalama CO2 salınımı değerine bakıldığında ise AB ülkelerinin genel ortalamasından daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu da diğer ülkelere oranla Türkiye'de petrol, gaz ve kömür gibi fosil kaynaklı yakıt tüketimi ve fosil kaynaklara dayalı elektrik üretiminin fazla olduğunun göstergesidir. Türkiye'nin CO2 salınımının azaltılabilmesi ve bunun için de yüksek yenilenebilir enerji potansiyelini değerlendirilebilmesi daha verimli ve daha etkin politika alternatifleri belirlenmesi yönünden oldukça büyük önem arz etmektedir. Öyle ki Türkiye'de bazı teşviklerle yenilenebilir enerjiye olan yatırımların desteklendiği bilinmektedir ve fakat yeni yatırımları özendirerek ilave politika alternatifleri geliştirilmesi mevcut durumun daha da iyiye gitmesine katkıda bulunacaktır. Bununla birlikte CO2 gazı salınımını önleyen teknolojilerin kullanılmasının artırılması, fosil yakıtla elektrik üreten santrallerden karbon vergisi alınması, yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımı sonucu ortaya çıkan negatif dışsallıkların maliyetlendirilmesi vb. çözümlerle sürdürülebilir bir büyüme/kalkınma sürecine önemli katkılar sağlanabileceği değerlendirilmektedir.

Yazar Katkıları/ Author Contributions

Çalışmanın Tasarlanması | Design of Study: NS (%70), BS (%30)

Veri Toplanması | Data Acquisition: NS (%70), BS (%30)

Veri Analizi | Data Analysis: NS (%70), BS (%30)

Makalenin Yazımı | Writing up: NS (%70), BS (%30)

Makale Gönderimi ve Revizyonu | Submission and Revision: NS (%70), BS (%30)

Finansman/ Grant Support

Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir. | The authors declared that this study has received no financial support.

Çıkar Çatışması/ Conflict of Interest

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir. | The authors have no conflict of interest to declare.

Kaynakça / Reference

- Aydoğan, S., Şahin, M., & Söylemez, İ. (2017). Avrupa Ülkelerinin Çevre ve Enerji Performansına Yönelik Etkinlik Değerlendirmesi: Veri Zarflama Analizi Uygulaması. *The International New Issues in Social Sciences*, 5(5), 267-282.
- Chen, W., ve Geng, W. (2017). Fossil energy saving and CO2 emissions reduction performance, and dynamic change in performance considering renewable energy input. *Energy*, 120, 283-292. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.11.080>
- Chien, T., ve Hu, J. L. (2007). Renewable energy and macroeconomic efficiency of OECD and non-OECD economies. *Energy Policy*, 35(7), 3606-3615.
- Chiu, Y. H., Lin, J. C., Hsu, C. C., & Lee, J. W. (2013). Carbon Emission Allowances of Efficiency Analysis: Application of Super SBM ZSG-DEA Model. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(3).
- Cicea, C., Marinescu, C., Popa, I., ve Dobrin, C. (2014). Environmental efficiency of investments in renewable energy: Comparative analysis at macroeconomic level. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 555-564.
- Çokluk, Ö., Şekercioğlu, G. ve Büyüköztürk, Ş. (2010). Sosyal bilimler için çok değişkenli istatistik. SPSS ve lisrel uygulamaları. Ankara: Pegem Akademi.
- De Paoli L., Maura S. ve Nicola P., (2010). Evaluating Security of Energy Supply in the EU: Implications for Project Appraisal, European Investment Bank.
- Doğanay, H., ve Coşkun, O. (2017). Enerji kaynakları. Pegem Atıf İndeksi, 1-328.
- Eskin, M. C. (2018). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevreye ve Ekonomiye Etkisi. [Mali Hizmetler Uzmanlığı uzmanlık tezi]. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı.
- Färe, R., Grosskopf, S., & Hernandez-Sancho, F. (2004). Environmental performance: an index number approach. *Resource and Energy economics*, 26(4), 343-352.
- Fulginiti, L. E. Ve Perrin L. K. (1997). LDC agriculture: non-parametric malmquist indexes, *Journal of Development Economics*, 53(2), 373-390.
- Gökgöz, F., ve Güvercin, M. T. (2018). Energy security and renewable energy efficiency in EU. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 96, 226-239. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.07.046>
- Guo, J., Zhu, D., Wu, X., & Yan, Y. (2017). Study on environment performance evaluation and regional differences of strictly-environmental-monitored cities in China. *Sustainability*, 9(12), 2094.
- Halkos, G. E., & Tzeremes, N. G. (2012). Analyzing the Greek renewable energy sector: A Data Envelopment Analysis approach. *Renewable and sustainable energy reviews*, 16(5), 2884-2893.
- Halkos, G. E., ve Tzeremes, N. G. (2014). Measuring the effect of Kyoto protocol agreement on countries' environmental efficiency in CO 2 emissions: an application of conditional full frontiers. *Journal of Productivity Analysis*, 41(3), 367-382.

- Hansen, P. ve Jaumard, B. (1997). Cluster analysis and mathematical programming, *Mathematical Programming*, 79(1-3), 191-215.
- Hermoso-Orzáez, M. J., García-Alguacil, M., Terrados-Cepeda, J., & Brito, P. (2020). Measurement of environmental efficiency in the countries of the European Union with the enhanced data envelopment analysis method (DEA) during the period 2005–2012. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(13), 15691-15715.
- Jin, J., Zhou, D., & Zhou, P. (2014). Measuring environmental performance with stochastic environmental DEA: The case of APEC economies. *Economic Modelling*, 38, 80-86.
- Kalaycı, Ş. (2005). SPSS Uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri. Asil Yayın Dağıtım LTD.ŞTİ. 3. Baskı, s.350–369.
- Kangallı, S. G., Uyar, U. ve Buyrukoğlu, S. (2014). OECD ülkelerinde ekonomik özgürlük: bir kümeleme analizi, *Journal of Alanya Faculty of Business/Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 6(3), 95-109.
- Karağöz, Y. (2016). SPSS 23 ve AMOS 23 uygulamalı istatistiksel analizler. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Kortelainen, M. (2008). Dynamic environmental performance analysis: A Malmquist index approach. *Ecological Economics*, 64(4), 701-715.
- Kumar, S. (2006). Environmentally sensitive productivity growth: a global analysis using Malmquist–Luenberger index. *Ecological Economics*, 56(2), 280-293.
- Mahadevan, R. (2002). A DEA approach to understanding the productivity growth of Malaysia's manufacturing industries, *Asia Pasific Journal of Management*, 19(4), 587-600.
- Matsumoto, K. I., Makridou, G., & Doumpos, M. (2020). Evaluating environmental performance using data envelopment analysis: The case of European countries. *Journal of cleaner production*, 272, 122637.
- Mavi, N. K., & Mavi, R. K. (2019). Energy and environmental efficiency of OECD countries in the context of the circular economy: Common weight analysis for malmquist productivity index. *Journal Of Environmental Management*, 247, 651-661. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.069>
- Menegaki, A. N. (2013). Growth and renewable energy in Europe: Benchmarking with data envelopment analysis. *Renewable Energy*, 60, 363-369. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.05.042>
- Oh, D. H. (2010). A global Malmquist-Luenberger productivity index. *Journal of productivity analysis*, 34(3), 183-197.
- Sanz-Díaz, M. T., Velasco-Morente, F., Yñiguez, R., & Díaz-Calleja, E. (2017). An analysis of Spain's global and environmental efficiency from a European Union perspective. *Energy Policy*, 104, 183-193.
- Seyhan, N., & Tolun Tayalı, S. (2019). Türkiye'nin Avrupa Birliği ülkelerine makroekonomik olarak yakınsaması üzerine. *Turkish Studies-Economics, Finance, Politics*, 14(3), 995-1010. <http://dx.doi.org/10.29228/TurkishStudies.36852>

- Sueyoshi, T., ve Goto, M. (2013). DEA environmental assessment in a time horizon: Malmquist index on fuel mix, electricity and CO₂ of industrial nations. *Energy Economics*, 40, 370-382. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.07.013>
- Şimşek, N. (2011). Türkiye'nin Çevresel Enerji Etkinliği ve Toplam Faktör Verimliliği: Karşılaştırmalı Bir Analiz. *Ege Academic Review*, 11(3), 379-396.
- Tinsley, H. E., ve Brown, S. D. (Eds.). (2000). *Handbook of applied multivariate statistics and mathematical modeling*. Academic press.
- Topçuoğlu, Ö. (2016). Özelleştirmenin etkinlik ve verimliliğe yansması: çimento sektörü üzerine bir uygulama, [Yayımlanmamış doktora tezi]. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Wang, K., Wei, Y. M., & Zhang, X. (2013). Energy and emissions efficiency patterns of Chinese regions: a multi-directional efficiency analysis. *Applied Energy*, 104, 105-116.
- Wei, C., Löschel, A., & Liu, B. (2015). Energy-saving and emission-abatement potential of Chinese coal-fired power enterprise: A non-parametric analysis. *Energy Economics*, 49, 33-43
- Woo, C., Chung, Y., Chun, D., Seo, H. ve Hong, S. (2015). The Static and Dynamic Environmental Efficiency of Renewable Energy: A Malmquist Index Analysis of OECD Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 367-376.
- Woo, C., Chung, Y., Chun, D., Seo, H., ve Hong, S. (2015). The static and dynamic environmental efficiency of renewable energy: A Malmquist index analysis of OECD countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 367-376. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.070>
- Wu, J., Zhu, Q., Yin, P., & Song, M. (2017). Measuring energy and environmental performance for regions in China by using DEA-based Malmquist indices. *Operational Research*, 17(3), 715-735.
- Xie, B. C., Shang, L. F., Yang, S. B., ve Yi, B. W. (2014). Dynamic environmental efficiency evaluation of electric power industries: Evidence from OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) and BRIC (Brazil, Russia, India and China) countries. *Energy*, 74, 147-157. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.04.109>
- Yang, L., & Zhang, X. (2018). Assessing regional eco-efficiency from the perspective of resource, environmental and economic performance in China: A bootstrapping approach in global data envelopment analysis. *Journal of cleaner production*, 173, 100-111.
- Yapar, M., (2020). Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı-iktisadi büyüme ilişkisi: gelişmekte olan ülkeler ve türkiye örneği. [Yayımlanmamış doktora tezi]. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Yörük, B. K., & Zaim, O. (2005). Productivity growth in OECD countries: A comparison with Malmquist indices. *Journal of Comparative Economics*, 33(2), 401-420.
- Zaim, O., ve Taşkın, F. (2000). Environmental efficiency in carbon dioxide emissions in the OECD: A non-parametric approach. *Journal of Environmental Management*, 58(2), 95-107.

Zhou, P. A. B. W., Ang, B. W., & Poh, K. L. (2006). Slacks-based efficiency measures for modeling environmental performance. *Ecological Economics*, 60(1), 111-118.

Zhou, P., Ang, B. W., ve Han, J. Y. (2010). Total factor carbon emission performance: a Malmquist index analysis. *Energy Economics*, 32(1), 194-201. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.10.003>

Zofío, J. L., & Prieto, A. M. (2001). Environmental efficiency and regulatory standards: the case of CO2 emissions from OECD industries. *Resource and Energy Economics*, 23(1), 63-83. [https://doi.org/10.1016/S0928-7655\(00\)00030](https://doi.org/10.1016/S0928-7655(00)00030)

Zurano-Cervelló, P., Pozo, C., Mateo-Sanz, J. M., Jiménez, L., & Guillén-Gosálbez, G. (2019). Sustainability efficiency assessment of the electricity mix of the 28 EU member countries combining data envelopment analysis and optimized projections. *Energy Policy*, 134, 110921.