

VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (VZA) İLE SEÇİLMİŞ ÇEVRESEL GÖSTERGELER ÜZERİNDEN BİR DEĞERLENDİRME: OECD PERFORMANS İNCELEMESİ***1

Dr. Öğr. Üyesi. Mustafa ÖZKAN^{2*} & Prof. Dr. Ayşe ÖZCAN^{3**}

Öz

Bu çalışma kapsamında OECD ülkelerinin çevre performansları -seçilmiş çevresel göstergeler üzerinden ve hedef bir yıl temel alınarak- VZA (veri zarflama analizi) ile değerlendirilmekte ve bu ülkelerin göreceli etkinlikleri mevcut ölçütler dâhilinde yorumlanmaktadır. Araştırmada analize konu olan veri seti için güncel Çevre Performans İndeksi (EPI-Environmental Performance Index) sınıflaması temel alınmıştır. EPI, Yale Üniversitesi ve Columbia Üniversitesi işbirliği ile 2006 yılından beri iki yıl arayla ülkelerin çevre sağlığı ve ekosistem canlılığını farklı gösterge grupları üzerinden değerlendiren önemli bir çalışmadır. Bu kapsamda bu makalede EPI göstergeleri çerçevesinde belirlenen girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkiye dayalı bir “verimlilik” değerlendirmesi yapılmaktadır. “Yaşam kalitesinin sürdürülebilirliği” politika ilkesi dikkate alınarak seçilen veriler, kullanılan yöntem ile ilişkilendirilerek değerlendirilmektedir. OECD ülkeleri arasında etkinliğin artması ve etkinlik skoru yetersiz olan ülkelerin etkin hale gelebilmeleri için hangi ülkeleri rol-model almaları gerektiği de çalışmanın sonuçları arasında verilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çevre Göstergeleri, Çevre Performansı, Çevre Performans İndeksi-ÇPI, Veri Zarflama Analizi-VZA

AN EVALUATION OF SELECTED ENVIRONMENTAL INDICATORS BY USING DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA): OECD PERFORMANCE REVIEW

Abstract

In this study, environmental performance of OECD countries -based on the selected environmental indicators and a target year- is evaluated by DEA (Data Envelopment Analysis) and the relative activities of these countries are interpreted within the context of existing criteria. For the dataset subject to analysis in the survey, the current EPI (Environmental Performance Index) classification is used. EPI is an important tool, created in collaboration by Yale and Columbia Universities, which has been utilized to evaluate the environmental health and ecosystem viability objectives of countries over different sets of indicators for two years since 2006. An “efficiency” assessment is made based on the relationship between inputs and outputs identified by EPI indicators. The data selected by considering the “Sustainability of the quality of life” policy principle are evaluated by being associated with the method used in consideration of

1***Bu çalışma, 3-5 Mayıs 2018 tarihlerinde Çanakkale 18 Mart Üniversitesi’nde düzenlenen “7th International Conference on Business Administration” adlı bilimsel etkinlikte özet olarak sunulmuş, daha sonra literatür ve yöntem genişletilerek makale haline getirilmiştir.

2 *Giresun Üniversitesi, (Anastaselos, Simeon ve Alexandros)İİBF İşletme Bölümü, Güre Yerleşkesi, Giresun/Türkiye waveyla@hotmail.com, mustafa.ozkan@giresun.edu.tr

3**Giresun Üniversitesi, İİBF Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü, Güre Yerleşkesi, Giresun/Türkiye ayoz_61@hotmail.com, ayse.ozcan@giresun.edu.tr

the conceptual framework. The results of the study also show which countries should to take role-models in order to increase the effectiveness among the OECD countries and to make effective the countries with inefficiency scores.

Key Words: *Environmental Indicators, Environmental Performance, EPI-Environmental Performance Index, Data Envelopment Analysis-DEA.*

1. GİRİŞ

Çevre sorunlarının küresel boyutta tartışılması ve küresel çözümlerin üretilmesi çabaları 1970’li yıllardan beri Birleşmiş Milletler’in (BM’nin) öncü çalışmaları ile günümüzde de sürmektedir. 1972 Stockholm, 1992 Rio, 2002 Johannesburg BM tarafından düzenlenmiş ve çevre sorunlarına yönelik ortak politik yaklaşımları hedeflemiş önemli konferanslardır. 2002 yılı sonrasında da bu tür çabalar devam etmiştir. Bu çabaların ortaya çıkardığı en önemli araçlardan birisi ülkeler ölçeğinde çevresel veri setlerinin oluşturulmasını ve yıllara göre bu veri setleri üzerinden ülkelerin “çevre yönetimi ve çevre politikaları” konusunda performans durumunun incelenmesini sağlayan metodolojik yaklaşımlardır. Bu yaklaşımlar önemli çevresel gösterge setlerinden oluşmakta olup, ülkelere uygulayacakları politikalar konusunda yol göstermektedir. Bunlardan birisi oluşturulan politikaların performansını ölçmek için kullanılan indekslerdir.

Küresel ölçekte, kirliliği azaltmak ve sürdürülebilir bir yaşam kalitesi sunmak için, uygulanan politika performanslarını ölçen bu indekslerden verimliliğin test edilebilmesi amacıyla sıklıkla yararlanılmaktadır. Çevre Performans İndeksi (EPI), Ekolojik Ayak İzi (EF), Çevresel Sürdürülebilirlik İndeksi (ESI), Sürdürülebilirlik Gösterge Tablosu (DS), Sürdürülebilir Ekonomik Refah İndeksi (ISEW), Yaşayan Gezegen İndeksi (LPI), Kent- sel Gelişmişlik İndeksi (CDI), İnsani Sürdürülebilir Gelişim İndeksi (HSDI), Sürdürülebilir Toplum İndeksi (SSI), Refah İndeksi (WI) bunlara verilebilecek bazı örneklerdir (Tektüfekçi ve Kutay, 2016: 269). Bu indekslerin her biri farklı yaklaşımlarla ülkelerin çevresel performanslarını doğrudan veya dolaylı olarak ölçmeyi hedeflemektedir.

EPI, Yale Üniversitesi tarafından 2006 yılından beri iki yıl arayla ülkelerin çevre sağlığı ve ekosistem canlılığını farklı gösterge grupları üzerinden değerlendiren önemli bir çalışmadır. 2018 EPI, çevresel sağlık ve **ekosistem canlılığını** kapsayan 10 konu sınıflaması altında 24 performans göstergesi ile 180 ülkeyi sıralamıştır. Ayrıca EPI, sürdürülebilirlik derecesi açısından da ülkelere bir sıralama fikri sunmaktadır. Böylece, politika geliştirmek ve daha sağlam analitik temeller üzerine çevreye ve çevre sorunlarının önlenmesine dair kararlar almak isteyen ülkelere güçlü bir araç sunmaktadır (EPI, 2018a).

Tablo.1’de EPI 2018 için temel 10 konu sınıflaması altında ilgili göstergeler ve bu göstergelerin performans ağırlıkları verilmektedir. EPI kapsamındaki bu 10 temel konu ve bunların performans ölçümündeki yüzdelik oranı sırasıyla şöyledir (EPI, 2018b):

Tablo.1: EPI 2018 Çerçeve Veriler (2018 EPI Framework)

Çevre Sağlığı (Environmental Health-%40)		Ekosistem Canlılığı-Ecosystem Vitality (%60)	
1. Hava Kalitesi (%65)	Evlerde Kullanılan Katı Yakıtlar (%40)	4. Biyo-çeşitlilik ve Habitat (%25)	Deniz Koruma Alanları (%20)
	Ortaya Çıkan Partiküler Maddeler-PM2.5 Exposure (%30)		Biome Protection Global (%20)
	PM2.5’u Aşan Partiküler Madde Oranı (%30)		Biome Protection National (%20)
	Türleri Koruma İndeksi (%20)		
	Temsil Edilebilirlik İndeksi (%10)		
	Tür Habitatı İndeksi (%10)		
2. Su Kalitesi (%30)	Sanitasyon (%50)	5. Ormanlar (%10)	Ağaç Örtüsü Kaybı-Tree Cover Loss (%100)
	İçilebilir Su (%50)		
3. Ağır Metaller (%5)	Açığa Çıkan Kurşun (%100)	6. Balıkçılık (%10)	Balık Stok Durumu (%50)
			Bölgesel Deniz Tropik İndeksi (%50)
		7. İklim ve Enerji (%30)	CO2 Emisyonları-Toplam (%50)
			CO2 Emisyonları-Güç (%20)
			Metan Emisyonları (%20)
			N2O Emisyonları (%5)
		8. Hava Kirliliği (%10)	Siyah Karbon Emisyonları (%5)
			SO2 Emisyonları (%50)
		9. Su Kaynakları (%10)	NO2 Emisyonları (%50)
			Atık su arıtma (%100)
		10. Tarım (%5)	Sürdürülebilir Nitrojen Yönetimi (%100)

Kaynak: (EPI Policy Makers’ Summary, 2018b: 3-4; EPI, 2018c)

Çalışma kapsamında “çevre sağlığı” ve “ekosistem canlılığı” olarak belirlenen iki ana hedef altında belirlenen göstergelerden –OECD ve Dünya Bankası veri havuzundan yararlanılarak- özellikle “iklim ve enerji” ağırlıklı “veri seçimi” tercih edilmiştir. Bunun nedeni BM tarafından belirlenen yeni küresel çevre politikalarında “Sürdürülebilir Kalkınma” ve “İklim ve Enerji” konusunun öne çıkmasıdır. BM tarafından, 2015 yılında gelecek 15 yıl için “Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri” yeniden güncellenmiştir. Hedef yılının 2030 olarak alındığı toplam 17 adet olan bu hedeflerden üçü (7, 11 ve 13 numaralı hedefler) doğrudan iklim ve enerji yönetimi ile ilgilidir. İlgili 17 hedef şunlardır: 1. Yoksulluğa son, 2. Açlığa son, 3. Sağlıklı Bireyler, 4. Nitelikli Eğitim, 5. Toplumsal Cinsiyet Eşitliği, 6. Temiz Su ve Sıhhi Koşullar, 7. Erişilebilir ve Temiz Enerji, 8. İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme, 9. Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı, 10. Eşitsizliklerin Azaltılması, 11. Sürdürülebilir Şehir ve Yaşam Alanları, 12. Sorumlu Tüketim ve Üretim, 13. İklim Eylemi, 14. Sudaki Yaşam, 15. Karasal Yaşam, 16. Adalet ve Barış, 17. Hedefler İçin Ortaklıklar.

BM 2015 yılı Paris İklim Anlaşması da yeni küresel politikaların üretilmesi konusunda ülkelere genel bir çerçeve çizmekte ve güçlü bir yol haritası sunmaktadır. 12 Aralık 2015 tarihinde kabul edilen ve toplam küresel emisyonların %99,76'sını oluşturan 195 ülkenin imzaladığı Paris Antlaşması, 22 Nisan 2016 tarihinde Türkiye tarafından da imzalanmıştır. Ancak Anlaşma'ya ilişkin TBMM onay süreci henüz tamamlanmamıştır. Paris Anlaşması, iklim değişikliği ile küresel mücadelede 195 ülkenin güçlü ortaklık isteklerini birleştirebilmiş ve enerjide düşük karbonlu ekonomiye geçiş açısından önemli kararlar almış olması nedeniyle küresel çevre politikalarında bir dönüm noktasını temsil etmektedir (CA- Climate Analytics-Paris Agreement Ratification Tracker, 2018). Bu kapsamda Paris Anlaşması fosil yakıtlardan, kömür, petrol ve doğalgazdan uzaklaşmayı ve sera gazlarını azaltmayı öngören bir küresel uzlaşma sağlamış görünmektedir.

Bu çalışmada, EPI'nin dayandığı göstergeler üzerinden belirlenen girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkiye dayalı bir "verimlilik" değerlendirme yapılmaktadır. Belirlenen girdiler ve çıktılar şunlardır: (1) Girdiler (kentsel nüfus, kişi başına enerji kullanımı, ormanlık arazi oranı, toplam bütçe içindeki çevre ile ilgili harcama-geliştirme oranı, GSMH içinde toplam sera gazı emisyon oranı, toplam kamu enerji bütçesi (AR-GE) içinde fosil yakıt AR-GE bütçe oranı), (2) Çıktılar (kişi başına sera gazı emisyon miktarı-GHG, ortalama nüfusa göre solunabilir partikül madde oranı, kişi başına ulaşım kaynaklı CO₂ emisyon oranı). Değerlendirmenin yapılmasında ise verimlilik ve performans ölçme tekniklerinden veri zarflama analizinden (VZA) yararlanılmaktadır.

VZA'nın temel amacı, en az girdiyle en yüksek çıktıyı üreten girdi-çıkıtı bileşimini bulmaktır. VZA, birbirine benzer yapıların görece verimliliğini kolaylıkla ölçebilmektedir. "Çıktılar ile girdiler arasındaki oran" olarak bilinen verimlilik, etkinlik ile doğru orantılı bir kavram olarak kabul edilir ve organizasyonların faaliyetleri sonucunda hedeflerine ulaşmasının değerlendirilmesinde önemli bir göstergedir. OECD ülkeleri arasında etkinliğin artması ve etkinlik skoru yetersiz olan ülkelerin etkin hale gelebilmeleri için hangi ülkeleri rol-model almaları gerektiği de çalışmanın sonuçları arasında verilmekte ve "yaşam kalitesinin sürdürülebilirliği" politika ilkesi dikkate alınarak seçilen veriler kavramsal çerçeve ile birlikte ilişkilendirilerek yorumlanmaktadır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Veri Zarflama Analizi

Bazen etkinlik ve verimlilik kavramlarının ifade ettiği anlamda kargaşaya düşüldüğü görülmektedir. Mal üreten örgütlerde, örgütün etkinlik durumunu belirtmek üzere verimlilik kavramı kullanılmaktadır. Verimlilik, elde bulunan kaynaklardan optimum çıktının sağlanmasıdır. Çıktı ve girdi fiziksel miktar olarak ifade edildiğinde, verimlilik kavramı çıktı ve bunu üretmek için kullanılan girdiler arasındaki ilişki olarak da tanımlanabilir (Yüklü ve Atağan, 20019: 2-4). Bir organizasyonun birimlerindeki verimlilik durumunun belirlenebilmesi, stratejik olarak verimsiz olan fonksiyonlar ve/veya birimlerde yapılacak iyileştirmelerin hayati olabilmesi sebebiyle çok önemli bir konudur. Özünde VZA bir karar verme birimindeki etkin olmama miktarını ve buna sebep olan kaynakları tanımlayarak, alınması gereken önlemlerle yönetici veya karar vericilere yol gösterme ayrıcalığına

sahiptir (Ertuğrul ve Işık, 2003: 205).

Etkinlik ölçümünde üç farklı yöntem olduğu söylenebilir. Bunlar; oran analizi, parametrik yöntemler ve parametrik olmayan yöntemlerdir Ertuğrul ve Işık, 2003: 203). Tek girdi veya tek çıktı sorunlarında, oran analizi ya da grafiksel teknikler yaygın olarak kullanılırken; etkinlik sınırının belirlenmesinde ya da girdi-çıkıtı sayısının birden çok olduğu durumlarda, parametrik ve parametrik olmayan yöntemler kullanılmaktadır. Parametrik yöntemlerde girdi-çıkıtı arasında matematiksel bir fonksiyona uyma zorunluluğu ortaya çıkarken; parametrik olmayan teknikler karar vericiyi böyle bir fonksiyona uyma zorunluluğundan kurtararak, ona daha esnek hareket edebilme ve esnek karar verebilme olanağı sağlamaktadır (Tütek vd., 2012: 221).

Farrell'e (1957) göre, verimlilik kriterinin tatmin edici olmayan doğası, bir firmanın veya sistemin, kendine farklı faktörlerin girdilerini ekleyerek, tüm üretim faktörlerini dikate alan verimlilik önlemleri üretme girişimine yöneltmektedir (Farrel, 1957: 253-281). Çalışmasında, birden çok girdisi ve tek bir çıktısı olan birimlerin etkinliklerini incelemiş ve ilk kez etkinlik ölçümünde doğrusal programlamayı kullanmıştır Ertuğrul ve Işık, 2003: 205). Verimlilik temelli olan ve üretim sınırını değer alan bu çalışma, VZA'nın da temelinin oluşturmaktadır. Parametrik olmayan bir yöntem olan VZA, sistematik olarak ilk kez Farrell'in çalışmasına dayanarak Charnes, Cooper ve Rhodes(1978) tarafından yapılmış olan, benzer mal ve hizmet üreten karar verme birimlerinin (KVB) görelî karşılaştırılması esasına dayanan etkinlik ölçümü ile ortaya çıkmıştır (Charnes vd., 1978: 429). Bu sistem, günümüzde birçok alanda karşılaştırma yapmak için sıklıkla tercih edilmektedir. Çözüm tekniği olarak, arka planda doğrusal programlama modelini kullanan VZA, güçlü bir performans analizi yöntemidir. Parametrelî yöntemlere alternatif olarak çıkan parametresiz teknikler, doğrusal programlamayı çözüm tekniği olarak kullanırken diğer yöntemlerden farklı olarak üretim fonksiyonunu analitik bir yapıda varsaymazlar. Bu yönü ile verimlilik ölçümlerine oldukça esneklik kazandırır ve çoklu girdi-çıkıtlı üretim ortamlarında verimlilik ölçümü için oldukça uygun bir yapıdadırlar (Yolalan, 1993: 5). Ancak, sadece girdi tüketimi ve çıktı üretimi ile ilgili verileri kullanan, doğrudan üretim tekniği ile ilgili yöntem ve bilgileri kullanmayan, parametrik olmayan bir yöntem bilim olduğu da asla unutulmamalıdır (Lozana, 2017: 7581). Oran analizi ve parametrik yöntemlerin eksik kaldığı durumlarda -özellikle çok girdili ve çok çıkıtlı durumlarda- VZA yöntemi, çözüme yönelik oldukça geniş olanaklar sunmaktadır (Gülcü vd., 2004: 94).

Genel olarak verimlilik; birim başına maliyet, birim başına kar, birim başına memnuniyet gibi durumlarda bilinen bir fonksiyon olarak;

çıkıtı

girdi

şeklinde ifade edilir ve bu oran, verimlilik için kullanılan yaygın bir ölçümdür (Cooper vd., 2000: 1). VZA'da etkinlik ölçümü, üretim fonksiyonunun bilindiği varsayımı altında yapılır (Yolalan, 1993: 5). Burada hesaplanan etkinlik, Farrell'in ortaya attığı üretim sınırını ile karşılaştırılmak suretiyle, yani görelî olarak değerlendirilir. VZA'nın parametrik

olmayan ve statik bir yöntem olması sebebiyle, hem sonuçların istatistiksel olarak test edilmesi zor hem de gelecekle ilgili herhangi bir öngörü için uygun değildir. Ancak, bu yöntem esas alınarak gelecekle ilgili bir değerlendirme yapılmak isteniyorsa bu durumda, zaman boyutunu da içeren Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi ile birlikte kullanılabilir (Özkan ve Bircan, 2015: 27-29).

2.2.VZA Modelleri

VZA ile ilgili pek çok model geliştirilmiştir. Charnes-Cooper-Rhodes(CCR) ve Banker-Charnes-Cooper (BCC) modelleri bunlardan iki tanesidir. BCC modelleri, yalnızca her bir KVB için yerel teknik etkinliğini ölçmektedir. Esasen bir KVB'nin, CCR modelinde etkin olabilmesi için, hem teknik etkin hem de ölçek etkin olması gerekirken; BCC modelinde, teknik etkin olmak yeterlidir. Buradan hareketle CCR modelinin sabit getiri altındaki toplam etkinliği; BCC modelinin ise değişken getiri oranlarına göre teknik etkinliği ölçtüğü söylenebilir (Demir, 2014: 38). Yöntem, girdi yönelimli ise toplam girdi bileşimini minimize etmek için; çıktı yönelimli ise toplam çıktı bileşimini maksimize etmek üzere tasarlanmıştır (Ertuğrul ve Sarı, 2017: 71).

VZA tekniği, 1978 yılından başlayıp günümüze kadar, hem teorik hem de metodolojik olarak birçok değişimden geçmiştir. En yaygın temel VZA modeli CCR olarak bilinmekte olup Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilmiştir (Cooper vd., 2007: 21). Önceleri ölçeğe göre sabit getiri (CRS) varsayımı ile kullanılan bu teknik, daha sonrasında 1984 yılında teknikte gerçekleştirilen metodolojik düzenlemelerle Banker, Charnes ve Cooper (BCC) tarafından ölçeğe göre değişken getiri (VRS) varsayımı ile ölçek ve verimliliğinin ayrı ayrı ölçülmesini sağlayacak bir şekil almıştır (Keçek, 2010: 57).

VZA modellerinin uygulanmasında genel olarak aşağıdaki adımlar izlenmektedir (Oruç vd., 2009: 281).

1. KVB'lerin seçimi
2. Girdi ve çıktuların seçimi
3. Göreli etkinliğin ölçümü
4. Referans kümelerinin belirlenmesi
5. Etkin olmayan KVB'ler için hedef belirlenmesi
6. Sonuçların yorumlanması

2.2.1. CCR Modeli

VZA tekniği olarak adlandırılan parametrik olmayan programlama yaklaşımı esas olarak kesirli programlama (Fractional Programming-FP₁) formundadır (Kaynar vd., 2005: 40). VZA modellerinde, birbirleriyle kıyaslanacak "n" adet KVB olduğu ve her bir KVB'nin "m" adet girdi kullanarak "s" adet çıktı ürettiği varsayılır. Bu durumda j ($j = 1, 2, 3, \dots, n$) tane, KVB'nin etkinliği aşağıda verilen kesirli programlama modelinin çözümünden elde edilir. Girdi ve çıktı yönelimli olarak ikiye ayrılır. Charnes ve arkadaş-

ları tarafından geliştirilen bu model CCR modeli olarak isimlendirilir;

Model FP_i

$$Max h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{i0}}$$

(1)

Kısıtlayıcılar;

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_j}{\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_j} \leq 1 \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad \begin{array}{l} r = 1, 2, 3, \dots, s \\ i = 1, 2, 3, \dots, m \end{array}$$

Burada;

x_{i0} : etkinliği ölçülen o. karar verme birimine ait i. girdi miktarı

y_{r0} : etkinliği ölçülen o. karar verme birimine ait r. çıktı miktarı

x_{ij} : etkinliği ölçülen j. KVB'nin i. girdi miktarı,

y_{rj} : etkinliği ölçülen j. KVB'nin r. çıktı miktarı,

u_r : etkinliği ölçülen o. KVB'ye ait r. çıktıya verilen faktör ağırlığı,

v_i : etkinliği ölçülen o. KVB'ye ait i. girdiye verilen faktör ağırlığı.

Referans kümesi olarak kullanılan KVB'lerin tamamından elde edilen verilerle bu problemin çözümü ile u_r ve v_i ağırlıkları belirlenir ve bu referans kümesindeki herhangi bir KVB'nin etkinliği diğerlerine bağlı olarak değerlendirilir. Bunun içinde fonksiyonel gösterimde "o" alt indisi atanarak, modelde o kısım ayırt edilir. Yukarıdaki modelin optimize edilmiş çözümü, ilgili j. KVB için en iyi ağırlıklandırmayı sağlamış olacaktır (Charnes vd., 1978: 430). Ancak bu kesirli programlama probleminin çözümü zor ve zaman alıcıdır. Ayrıca, etkinliği ölçülen KVB kendisi için en avantajlı faktör ağırlıklarını belirlerken, bazı faktörler için bu ağırlıklar sıfır değerini alabilmektedirler. Bu durum,

ilgili girdi ve çıktı faktörünün modelde kullanılmasına rağmen, etkinlik skorunu etkilememesine yol açacaktır (Kaynar vd., 2005: 41).

Charnes ve diğerleri, Eşitlik 1’de bulunan $u_{rj} \geq 0$ ve $v_{ij} \geq 0$ ve kısıtlarının, $u_{rj} > 0$ ve $v_{ij} > 0$ şeklinde değiştirilmesi gerektiğini iddia etmişlerdir. Bunun nedeni, etkinlik ölçümü gerçekleştirilirken, faktör ağırlıkları belirlenirken bazı ağırlıkların değerinin sıfır olabilmesidir. “ \geq ” yerine “ $>$ ” gelmesi ile yeniden tanımlanmış olan model, Arşimedgil Olmayan Model olarak isimlendirilir. Yapılan değişiklik Eşitlik 1’deki kısıt $u_{rj} > \varepsilon$ ve $v_{ij} > \varepsilon$ ve şeklinde değiştirilmesinden başka bir şey değildir. Burada, ε sabiti, pratikte 10^{-6} gibi çok küçük bir değerdir.

Tüm DP modelleri gibi VZA modelleri de primal ve dual olmak üzere iki farklı formda ifade edilebilir. VZA’da dual model, primal modele göre optimal çözüme ulaşmak için hem daha az matematiksel işlem hem de önemli yönetsel bilgiler sağlar. Bu sebeple çözüm algoritmaları içerisinde dual form, zımnî faktör değerlendirmeleri yapılabilmesi açısından daha kullanışlıdır (Özden, 2008: 171). Girdi ve çıktı yönelimli CCR modellerinin matematiksel gösterimi aşağıda görülmektedir (Zhu ve Cook, 2007: 3-5; Charnes vd., 1978: 434).

GİRDİ YÖNELİMLİ CCR	ÇIKTI YÖNELİMLİ CCR
Primal Model (Çarpan Modeli)	Primal Model (Çarpan Modeli)
$\max z = \sum_{r=1}^s \mu_r y_{ro} \quad (2)$ <p>Kısıtlayıcılar;</p> $-\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} \leq 0 \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$ $\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$ $\mu_r, v_i \geq 0 \quad \forall r, i$	$\min q = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} \quad (3)$ <p>Kısıtlayıcılar;</p> $\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} \geq 0 \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$ $\sum_{j=1}^n \mu_r y_{rj} = 1$ $\mu_r, v_i \geq 0 \quad \forall r, i$

<p>Dual Model (Zarflama Modeli)</p> $\theta^* = \min \theta \quad (4)$ <p>Kısıtlayıcılar,</p> $\sum_{i=1}^n x_{ij} \lambda_j \leq \theta x_{i0} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq y_{r0} \quad r = 1, 2, 3, \dots, s$ $\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$	<p>Dual Model (Zarflama Modeli)</p> $\phi^* = \max \phi \quad (5)$ <p>Kısıtlayıcılar;</p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_j \leq x_{i0} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_j \leq \phi y_{r0} \quad r = 1, 2, 3, \dots, s$ $\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$
--	--

Eşitlik 2 ve 3'ün dual formları alınmış şekilleri zarflama modelleri olarak bilinir. Bu modeller, eşitlik 4 ve 5'te görülmektedir. Burada karar birimlerinin göreceli etkin olabilmesi için girdi yönelimli modelde θ^* (çıktı yönelimli modelde ϕ) değerinin 1 olması gerekmektedir. Bunun yanında; ayrıca s_i^- girdi fazlalıklarını ve s_i^+ çıktı eksikliklerini temsil etmek üzere $s_i^+ = s_i^- = 0$ olması şarttır (Zhu ve Cook, 2007: 5).

2.2.2. BCC Modeli

1984 yılında Banker, Charnes ve Cooper, temel CCR yöntemini esas alarak; ölçüğe göre değişken getiri (Variable Returns to Scale: VRS) varsayımı altında girdiye yönelik BCC modelini geliştirmişlerdir (Peker ve Baki, 2009: 76). CCR modeline, konvekslik kısıtı

denilen $\sum_{j=1}^n \lambda_{j0} = 1$ kısıtlayıcının modele eklenmesi ile geliştirilmiştir.^{4 5}

BCC modellerini primal ve dual formları aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Özden, 2008: 174; Keçek, 2010: 70-77).

4 Özden, Ü. H., a.g.e, 2008, s.173-174.

5 Keçek, G., Veri Zarflama Analizi/ Teori ve Uygulama Örneği (Ankara: Siyasal Kitabevi, 2010), s.70-77.

GİRDİ YÖNELİMLİ BCC	ÇIKTI YÖNELİMLİ BCC
Primal Model (Çarpan Modeli)	Primal Model (Çarpan Modeli)
$\min \theta = \theta_0 \quad (6)$ <p>Kısıtlayıcılar;</p> $-\sum_{j=1}^n \lambda_{j0} x_j + \theta_0 x_{i0} \geq 0$ $\sum_{j=1}^n \lambda_{j0} y_j \geq y_{r0}$ $\sum_{j=1}^n \lambda_{j0} = 1$ $\lambda_{j0} \geq 0$	$\max z = z_0 \quad (8)$ <p>Kısıtlayıcılar;</p> $z_0 Y_{r0} - \sum_{j=1}^n \eta_{j0} Y_j \leq 0$ $\sum_{j=1}^n \eta_{j0} X_j \leq X_b$ $\sum_{j=1}^n \eta_{j0} = 1$ $\eta_{j0} \geq 0$
Dual Model (Zarflama Modeli)	Dual Model (Zarflama Modeli)
$\theta^* = \max \sum_{r=1}^s u_r Y_{r0} - u_0 \quad (7)$ <p>Kısıtlayıcılar;</p> $\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{i0} \leq \theta x_{i0} \leq 0$ $\sum_{i=1}^m v_i X_{i0} = 1$ $u_r, v_i \geq \varepsilon > 0$ $u_0 \text{ serbest}$	$\phi^* = \min \sum_{i=1}^m v_i X_{i0} - v_0 \quad (9)$ <p>Kısıtlayıcılar;</p> $-\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} + \phi \geq 0$ $\sum_{i=1}^m u_r Y_{r0} = 1$ $u_r, v_i \geq \varepsilon > 0$ $v_0 \text{ serbest}$

2.2. Çevresel Performans Hakkındaki Çalışmaların Özeti

Çevresel performans ölçümü konusunda BM, OECD, Dünya Bankası gibi küresel politika üreten ve ortak veri havuzu sunan küresel kuruluşların çalışmaları dışında son 20 yıldır bilimsel araştırmaların da önemli bir veri alt yapısı oluşturmaya başladığı görülmektedir.

Performans ölçümü özellikle “enerji”, “sürdürülebilir kentleşme”, “iklim ve enerji”,

“ekosistemin korunması” gibi konular/kavramlar üzerinden değerlendirildiğinde 2000’li yılların başından bu yana hızlı bir literatürün oluştuğu söylenebilir.

Tyteca (1996) çalışmasında ‘çevresel performans’ ile endüstriyel faaliyetlerin, sağlık ve çevre üzerindeki gerçek küresel etkileri arasındaki ilişki üzerine geniş bir literatür taraması yapmış ve çevresel verimsizliklerin nedenlerini analiz etmiştir. Yazar, firmaların çevresel performans analizinde kullanılan göstergelere genel bir bakış sunmuştur. Bu çerçevede çalışmada çevresel performansın ölçülmesi, firmalar ölçeğinde iş çevresi yönetimi için teorik çerçevenin merkezi olarak görülmüştür .

Azzone ve diğerleri (1996), şirketlerin çevresel performanslarını ölçmeye yönelik göstergelere ilişkin genel bir teorik çerçeve sundukları çalışmalarında mevcut çevresel raporların yapısını ve içeriğini analiz etmiş ve çevresel raporlamanın tasarlanmasına yönelik öneriler sunmuşlardır.

Tyteca ve diğerleri (2001), Avrupa Komisyonu 4. Çerçeve Programı (Çevre ve İklim başlıklı program) kapsamında yürütmüş oldukları MEPI (Measuring Environmental Performance of Industry) adlı araştırma ile Avrupa ülkelerindeki altı sanayi sektörü değerlendirilmiştir.

Firmaların çevresel performansını ölçmek için genel çevre yönetimi, girdi, süreç, çıktı ve sonuç olmak üzere beş kategoriden oluşan ‘Gscore’ adlı bir çerçeve öneren Jung ve diğerleri (2001), bu kurumsal çevre performansı ölçümünü petrol firmalarındaki etkinlik analizi uygulaması ile örneklendirmişlerdir. Gscore, gönüllü çevre, sağlık ve güvenlik (ÇSG-EHS-Environment-Health and Safety) raporuna dayanan kurumsal çevresel performansın bir ölçümüdür ve yukarıdaki beş kategorinin puanlarının toplanmasıyla hesaplanır. Çalışmada ölçüm çerçevesi İnternet’te bulunan 39 firmanın gönüllü ÇSG raporlarının verisine uygulanmıştır.

Charles ve Pan (2002) çalışmalarında çevresel performans ölçümünde istatistiksel süreç kontrolü (SPC) tekniklerini kullanarak bir sürecin performansına yönelik ölçme ve değerlendirmenin nasıl yapılacağını tartışmışlardır. Bu kapsamda CUSUM (the cumulative sum) grafiğini, emisyon verilerini izlemek ve olağanüstü değişiklikleri zamanında saptamak için bir araç olarak önermişlerdir. Ayrıca ortaya çıkan uyumsuzluk riskleri açısından çevresel performans değerlendirmesi için süreç yeterlilik indeksleri kullanılmasına dikkat çekmişlerdir.

Lundgren ve Zhou (2017) çalışmalarında, firma performansının ölçümünde çevre yönetimine odaklanmışlar ve firma performansının üç boyutu -verimlilik, enerji etkinliği ve çevresel performans- arasındaki etkileşimleri analiz etmişlerdir.

Scheuer ve diğerleri (2003) tarafından yapılan çalışmada, bir üniversite binası örneği kullanılmıştır. Burada, enerji tabanlı yaşam döngüsü analiz edilmiş ve gelecekteki tasarımların etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada, ABD’nin Michigan Üniversitesi yerleşkesinde bulunan 75 yıllık bir yaşam süresi ile 7300m² alana sahip altı katlı bir binanın kapsamlı bir vaka çalışması ile yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılmıştır. Binanın ya-

şam döngüsü üzerindeki birincil enerji yoğunluğu hesaplanmış ve bu kapsamda yapı malzemelerinin üretimi, sahaya taşınmaları ve bina inşaatı, elektrik, su hizmetleri, atıkların yıkılması ve taşınması etki kategorileri açısından ele alınmış ve yaşam döngüsü birincil enerji tüketimindeki payları hesaplanmıştır.

Anastaselos ve diğerleri (2016) yaptıkları çalışmalarında, yaşam döngüsü analizini konut binalarında kullanılan enerji sistemleri açısından inceleyen ve çevresel performansını ölçen bir değerlendirme sunmuşlardır. Bu açıdan araştırma yeni ve mevcut binaların toplam çevresel etkisinin en aza indirilmesini sağlayacak uygun enerji sistemlerinin seçimi üzerinde yoğunlaşmıştır.

Fare ve diğerleri (2004) yaptıkları araştırmalarında eş zamanlı kullanılan kaynaklar, iyi çıktılar ve kirletici ya da istenmeyen çıktılarda eş zamanlı açıklayan bir endeks üzerinde çalışmışlardır. Burada, VZA teknikleri kullanılarak hesaplanabilen resmi bir çevresel performans indeksine yoğunlaşmışlardır. Yöntem 1990 yılı için OECD ülkeleri örneğine uygulanarak test edilmiştir.

Kortelainen (2008) çalışmasında dinamik çevresel performans analizi için genel bir çerçeve sunmuştur. Çalışmada sınır verimliliği teknikleri ve bir Malmquist indeks yaklaşımı uygulanmasıyla bir EPI oluşturmuştur. Sunulan yöntem makro düzeyde, 1990-2003 yıllarında Avrupa Birliği üyesi 20 ülkenin dinamik çevresel performans analizine uygulanmıştır.

Yu ve Wen (2010), Çin'deki 46 kentin kentsel çevresel sürdürülebilirliğini VZA ile değerlendirmişlerdir. Çalışmada 2006-2007 arasındaki değişimi tanımlamak için Malmquist Verimlilik Endeksi kullanılmıştır. Çevresel sürdürülebilirliğin etki faktörleri olarak kişi başına düşen GSYİH, şehir ölçeği ve endüstriyel yapının rolleri araştırılmıştır ve kentsel çevresel sürdürülebilirliğin bölgesel eşitsizliği etkileri de değerlendirilmiştir.

Siong ve Hussein (2008), CCR modelini kullanarak Malezya'da kentsel yaşam kalitesinin ölçüm performansı için VZA'nın kullanımını dört ayrı kent örneğinde incelemişlerdir.

Li ve diğerlerinin (2009), yaptıkları çalışmada, Çin'in Shandong Eyaletindeki Jining kenti bir örnek olay incelemesi olarak ele alınmış ve özellikle kentsel ekolojik planlama ve sürdürülebilirlik açısından gösterge setlerinden oluşan bir yöntem ihtiyacı duyulduğu vurgulanmıştır. Yazarlar, ekonomik büyüme ve verimlilik ilişkisi, ekolojik yapı ve altyapı inşaatı, çevresel koruma, sosyal ve refah iyileşmelerini hedef alan toplam 52 kentsel sürdürülebilir kalkınma göstergesinden oluşan bir sistem geliştirmişlerdir.

Wang ve diğerleri (2011), Çin'in Beijing kenti örneğinde enerji kullanımının çevresel performansını ölçmek amacıyla bir model denemesi sunmuşlardır. Modelde, enerji kullanımından kaynaklanan çevresel performansın 18 alt göstergesi dört kategoriye ayrılmıştır: enerji kullanımı ve sanayinin yapısı, enerji kullanımının teknoloji ve verimliliği, enerji kullanımından kaynaklanan çevresel etkiler ve enerji kullanımının sosyo-ekonomik yararı.

Meng ve diğerleri (2013), Çin'in sanayi sektörüne yönelik bir çevresel performans çalışması yapmışlardır. Buna göre çevresel performansı ölçmek için statik ve dinamik bir EPI değerinden oluşan radyal olmayan bir VZA yaklaşımı önerilmiştir. Bu radyal olmayan VZA yaklaşımı 1998'den 2009'a kadar Çin'in farklı illerinde sanayi sektörlerinin çevresel performansını modellemek için uygulanmıştır.

Tektüfekçi ve Kutay (2016), seçilen 14 ülke örneğinde (yedi tane gelişmiş yedi tane de gelişmekte olan ülke) EPI puanları ile Gayrisafi Yurt İçi Hâsıla arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışma teorik olarak çevresel sürdürülebilirlik ile konuyu analiz etmiştir.

Özkan Aksu ve Temel Gencer (2018) tarafından yapılmış en güncel Türkçe çalışmalarından birisi olan araştırmada ise güncel Çevre Performans İndeksi verileri ile OECD ülkelerinin çevre performansları VZA ile değerlendirilmiş ve Türkiye'nin bu ülkeler arasındaki durumu analiz edilmiştir.

3. VERİ SETİ VE YÖNTEM

Bu çalışmada, Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü'nün (OECD), seçilmiş bazı göstergeleri temel alınarak, üye ülkelerin çevresel etkinliklerinin stokastik olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. OECD ülkeleri özellikle 2015 yılı Paris İklim Anlaşması sonrasında ekolojik dengenin korunmasına yönelik ülke ölçekli karbon emisyon oranını takip edip, bunun sonucunda ortak bir politika geliştirilmesini amaçlamışlardır. VZA yöntemi ile elde edilmiş veriler sayesinde etkinlik skoru yakalayamamış olan ülkeler belirlenmiş ve bu ülkelerin etkin olabilmeleri için diğer hangi ülke veya ülkeleri rol-model almaları gerektiğine ilişkin genel bir değerlendirme sunulmuştur.

Analize kaynaklık eden veriler, 2015yılı OECD ve Dünya Bankası (Word bank) resmi veri havuzlarından derlenmiş ve analiz EMS paket programı ile VZA tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada girdi ve çıktı olarak değerlendirilen değişkenler, Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2: Araştırma İçin Kullanılan Girdi ve Çıktı Değişkenler ve Kodları

Girdiler		Çıktılar	
Orijinal İsim	Kodu	Orijinal İsim	Kodu
-Kentsel Nüfus (Geçerli %)	X ₁	-Kişi Başına Sera Gazı Emisyon Miktarı(GHG)	Y ₁
-Kişi Başına Enerji Kullanımı	X ₂	- Ortalama Nüfusa Göre Solunabilir Partikül Madde Oranı (P.M.2,5)	Y ₂
-Ormanlık Arazi Oranı	X ₃		
-Toplam Bütçe İçindeki Çevre İle İlgili Harcama Geliştirme Oranları	X ₄	- Kişi Başına Ulaşım Kaynaklı CO2 Emisyonu Oranı	Y ₃
-GSMH İçinde Toplam Sera Gazı Emisyon Oranı (1000 \$)	X ₅		
-Toplam Kamu Enerji Bütçesi İçinde Fosil Yakıt AR-GE Bütçe Oranı	X ₆		

VZA analizine tabi tutulacak olan 34 ülkenin isimleri ve onlara ait isim kısaltmaları

ise Tablo 3’te sunulmaktadır. Çalışmada değerlendirmeler girdi ve çıktı yönelimli olarak ayrı ayrı yorumlanmaktadır.

Tablo 3: Çalışmadaki Ülkelerin İsimleri ve Kısaltmalar

Ülke ismi	Ülke İsmi nin Kısaltması	Ülke ismi	Ülke İsmi nin Kısaltması
AVUSTRALYA	KVB1	JAPONYA	KVB18
AVUSTURYA	KVB2	GÜNEY KORE	KVB19
BELÇİKA	KVB3	LÜKSEMBURG	KVB20
KANADA	KVB4	MEKSİKA	KVB21
ŞİLİ	KVB5	HOLLANDA	KVB22
ÇEKYA	KVB6	YENİ ZELANDA	KVB23
DANİMARKA	KVB7	NORVEÇ	KVB24
ESTONYA	KVB8	POLONYA	KVB25
FİNLANDİYA	KVB9	PORTEKİZ	KVB26
FRANSA	KVB10	SLOVAKYA	KVB27
ALMANYA	KVB11	SLOVENYA	KVB28
YUNANİSTAN	KVB12	İSPANYA	KVB29
MACARİSTAN	KVB13	İSVEÇ	KVB30
İZLANDA	KVB14	İSVİÇRE	KVB31
İRLANDA	KVB15	TÜRKİYE	KVB32
İSRAIL	KVB16	İNGİLTERE	KVB33
İTALYA	KVB17	ABD	KVB34

4. UYGULAMA

VZA sonucunda, her bir ülke için yapılacak işlemler, etkinlik skoru yakalayamamış ülkeler için tek tek açıklandığında gereğinden fazla tekrara sebep olacağından, değerlendirmeler sadece Türkiye (KVB 32) temel alınarak yapılmıştır. Türkiye’nin etkin olduğu durumlarda ise girdi veya çıktı yönelimli durumlarda etkin olmayan ilk sıradaki ülkeler için birer iyileştirme önerisi sunulmaktadır.

4.1. CCR Yaklaşımlı VZA Sonuçları

Tablo.4: Girdi Yönelimli CCR-VZA Sonuçları

DMU	Score	X1 (0 N)	X2 (0 N)	X3 (0 N)	X4 (0 N)	X5 (0 N)	X6 (0 N)	Y1 (0 N)	Y2 (0 N)	Y3 (0 N)	Benchmarks	(S) X1 (0)	(S) X2 (0)	(S) X3 (0)	(S) X4 (0)	(S) X5 (0)	(S) X6 (0)	(S) Y1 (0)	(S) Y2 (0)	(S) Y3 (0)	
KVB1	100.00%	0.89	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00		2									
KVB2	92.45%	0.91	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.37	0.40	0.23	20 (0.15) 21 (0.29) 27 (0.40) 28 (0.06)	0.00	711.42	8.55	0.00	0.04	0.13	0.00	0.00	0.00	
KVB3	97.12%	0.00	0.06	0.68	0.21	0.00	0.02	0.29	0.54	0.17	13 (0.34) 14 (0.13) 16 (0.03) 20 (0.07) 21 (0.28) 33 (0.15)	14.66	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	
KVB4	100.00%	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.69	0.03	0.28		4									
KVB5	90.24%	0.00	0.79	0.11	0.00	0.00	0.10	0.00	0.71	0.29	13 (0.24) 20 (0.04) 21 (0.28) 32 (0.35)	13.15	0.00	0.00	0.74	0.11	0.00	8.85	0.00	0.00	
KVB6	100.00%	0.61	0.00	0.33	0.04	0.00	0.01	0.36	0.57	0.07		0									
KVB7	86.74%	0.00	0.00	0.52	0.00	0.48	0.00	0.35	0.43	0.22	14 (0.01) 15 (0.43) 16 (0.24) 20 (0.02) 21 (0.16)	11.95	0.05	0.00	1.13	0.00	7.59	0.00	0.00	0.00	
KVB8	88.11%	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.84	0.00	0.16	4 (0.17) 20 (0.02) 21 (0.57)	0.00	1456.04	20.25	4.64	0.38	0.00	0.00	2.11	0.00	
KVB9	98.53%	0.89	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.69	0.00	0.31	4 (0.10) 20 (0.09) 21 (0.41)	0.00	1485.19	21.79	0.00	0.09	2.80	0.00	1.36	0.00	
KVB10	65.82%	0.60	0.00	0.23	0.00	0.18	0.00	0.19	0.66	0.15	13 (0.31) 20 (0.10) 21 (0.22) 25 (0.04) 27 (0.03)	0.00	498.16	0.00	0.67	0.00	0.72	0.00	0.00	0.00	
KVB11	98.29%	0.82	0.00	0.19	0.00	0.00	0.42	0.46	0.13	0.23	13 (0.27) 20 (0.08) 21 (0.46) 28 (0.07)	0.00	1295.40	0.00	1.45	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	
KVB12	98.07%	0.00	0.76	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.71	0.29	13 (0.52) 20 (0.04) 21 (0.43)	2.74	0.00	3.31	0.75	0.22	0.00	2.80	0.00	0.00	
KVB13	100.00%	0.27	0.00	0.46	0.00	0.27	0.00	1.00	1.00	0.00		8									
KVB14	100.00%	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.10		2									
KVB15	100.00%	0.00	0.04	0.56	0.40	0.00	0.00	0.67	0.00	0.33		1									
KVB16	100.00%	0.00	0.09	0.91	0.00	0.00	0.00	0.85	0.15			4									
KVB17	100.00%	0.42	0.32	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.79	0.21		0									
KVB18	64.85%	0.44	0.54	0.00	0.02	0.00	0.00	0.13	0.62	0.25	13 (0.04) 20 (0.05) 21 (0.40) 27 (0.36) 28 (0.03) 32 (0.01)	0.00	0.00	11.68	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	
KVB19	100.00%	0.51	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00		0									
KVB20	100.00%	0.00	0.08	0.16	0.00	0.35	0.40	0.00	1.00	1.00		16									
KVB21	100.00%	0.00	0.00	0.00	0.76	0.00	0.24	1.00	0.00	0.00		17									
KVB22	84.89%	0.00	0.00	0.23	0.77	0.00	0.00	0.00	0.72	0.28	16 (0.59) 21 (0.08) 34 (0.07)	10.16	1375.39	0.00	0.00	0.01	0.02	2.00	0.00	0.00	
KVB23	66.64%	0.66	0.34	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.42	1.00	1 (0.30) 20 (0.15) 21 (0.21)	0.00	0.00	8.58	4.55	0.16	18.79	0.00	1.19	0.00	
KVB24	95.32%	0.77	0.00	0.11	0.00	0.12	0.00	0.79	0.00	0.22	1 (0.88) 4 (0.28) 20 (0.04) 21 (0.56)	0.00	2051.58	0.00	0.99	0.00	11.00	0.00	5.96	0.00	
KVB25	100.00%	0.67	0.03	0.30	0.00	0.00	0.00	0.38	0.62	0.00		2									
KVB26	90.05%	0.82	0.04	0.13	0.00	0.00	0.01	0.53	0.32	0.15	4 (0.02) 20 (0.04) 21 (0.42) 25 (0.04) 27 (0.05) 28 (0.13)	0.00	0.00	0.00	2.15	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	
KVB27	100.00%	0.80	0.00	0.08	0.11	0.00	0.01	0.18	0.82	0.00		4									
KVB28	100.00%	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.57	0.17		4									
KVB29	72.73%	0.00	0.81	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.59	0.41	13 (0.31) 20 (0.10) 21 (0.32)	2.13	0.00	5.50	1.34	0.07	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00
KVB30	52.06%	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.37	0.48	0.16	13 (0.03) 20 (0.15) 21 (0.34)	2.25	1096.83	18.59	0.28	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
KVB31	98.12%	0.85	0.00	0.00	0.08	0.07	0.00	0.00	0.71	0.29	16 (0.12) 20 (0.02) 21 (0.58) 34 (0.17)	0.00	417.33	4.03	0.00	0.00	1.13	6.55	0.00	0.00	0.00
KVB32	100.00%	0.00	0.88	0.05	0.07	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00		2									
KVB33	100.00%	0.00	0.24	0.76	0.00	0.00	0.00	0.40	0.37	0.22		1									
KVB34	100.00%	0.00	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00		2									

Etkinlik skoru “1” olarak kabul edilerek (superefficiency göz ardı edilerek), ortalama etkinlik skoru %90,58 olarak hesaplanmıştır. Bu orana göre 17 ülke etkinlik ortalamasının üzerinde ve 17 ülke ise ortalama etkinlik skorunun altında kalmışlardır. Teorik olarak, etkinlik skorunu yakalayamamış olan her bir ülkenin, rol model olması gereken ülke/ülkeler; bununla birlikte girdi kısıtları içerisinde uygulamaları gereken adımlar Tablo.4’te görülmektedir. Tablo.4 incelendiğinde, KVB 1 (Avustralya), KVB 4 (Kanada), KVB 6 (Çekya), KVB 13 (Macaristan), KVB 14 (İzlanda), KVB 15 (İrlanda), KVB 16 (İsrail), KVB 17 (İtalya), KVB 19 (Kore), KVB 20 (Lüksemburg), KVB 21 (Meksika), KVB 25 (Polonya), KVB 27 (Slovakya), KVB 28 (Slovenya), KVB 32 (Türkiye), KVB 33 (İngiltere) ve KVB 34 (ABD) kodlu ülkelerin etkin oldukları görülmektedir. Bunlar dışında kalan KVB 2 (Avusturya), KVB 3 (Belçika), KVB 5 (Şili), KVB 7 (Danimarka), KVB 8 (Estonya), KVB 9 (Finlandiya), KVB 10 (Fransa), KVB 11 (Almanya), KVB 12 (Yunanistan), KVB 18 (Japonya), KVB 22 (Hollanda), KVB 23 (Yeni Zelanda), KVB 24 (Norveç), KVB26 (Portekiz), KVB 29 (İspanya), KVB 30 (İsveç) ve KVB 31 (İsviçre) kodlu ülkelerin ise etkin olmadıkları görülmektedir. (CRS_RAD_IN).

Tablo.4 incelendiğinde, Türkiye’nin “girdi yönelimli” etkinlik skoruna sahip bir ülke olduğu görülmektedir. Bu amaçla, değerlendirme “girdi yönelimli VZA” sonuçları içinde etkin olmayan ülkelere en düşük skora sahip ülke olan “KVB 30” olarak kodlanmış İsveç üzerinden yapılacaktır. İsveç’in şu anki etkinlik skoru %52,06’dır ve bu skoru elde etmesinde girdilerden %100 oranla “toplam kamu enerji bütçesinde fosil yakıt AR-GE bütçe oranı (X_6)” girdisi etken olmuştur. Diğer yandan, %37 oranla “kişi başına sera gazı emisyon miktarı (Y_1)”, %48 oranla “ortalama nüfusa göre solunabilir partikül madde ora-

$n(Y_2)$ ” ve %16 oranla “kişi başına ulaşım kaynaklı CO₂ emisyonu oranı (Y₃)” çıktıları bu skorun alınmasında etkindir.

Girdi yönelimli etkinliğin yakalanabilmesi için İsveç’in, Meksika (KVB 21) Lüksemburg (KVB 20)ve Macaristan (KVB 13) ülkelerini rol-model alması gerekmektedir. Deneysel test sonuçlarına göre, İsveç’in etkin olabilmesi için, “kentsel nüfus (X₁)” girdisini %2,25 oranında azaltması, “kişi başına enerji kullanımı(X₂)”girdisini 1096,83 br. azaltması, “ormanlık arazi oranı(X₃)” girdisini %18,59 oranında arttırması, “toplam bütçe içindeki çevre ile ilgili harcama geliştirme oranı (X₄)” girdisini %0,28 oranında arttırması ve “GSMH içinde toplam sera gazı bütçe emisyon oranı(X₅)” girdisini %0,02 oranında azaltması gerekmektedir. Bu iyileştirmeler gerçekleştirilirse, İsveç rol-model ülkelerine benzeyerek etkin hale gelebilecektir.

Tablo.5: Çıktı Yönelimli CCR-VZA Sonuçları

DMU	Score	X1 (H/V)	X2 (H/V)	X3 (H/V)	X4 (H/V)	X5 (H/V)	X6 (H/V)	Y1 (H/V)	Y2 (H/V)	Y3 (H/V)	Benchmarks	(S) X1 (I)	(S) X2 (I)	(S) X3 (I)	(S) X4 (I)	(S) X5 (I)	(S) X6 (I)	(S) Y1 (I)	(S) Y2 (I)	(S) Y3 (I)	
KVB1	100.00%	0.89	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00		2									
KVB2	108.17%	0.91	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.37	0.40	0.23	20 (0.16)	21 (0.31)	27 (0.43)	28 (0.07)							
KVB3	102.97%	0.00	0.08	0.68	0.21	0.00	0.02	0.29	0.54	0.17	13 (0.35)	14 (0.14)	16 (0.03)	20 (0.08)	21 (0.28)	33 (0.15)					
KVB4	100.00%	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.69	0.03	0.28		4									
KVB5	110.82%	0.00	0.79	0.11	0.00	0.00	0.10	0.00	0.71	0.29	13 (0.27)	20 (0.04)	21 (0.31)	32 (0.39)							
KVB6	100.00%	0.61	0.00	0.33	0.04	0.00	0.01	0.36	0.57	0.07		0									
KVB7	115.29%	0.00	0.00	0.52	0.00	0.48	0.00	0.35	0.43	0.22	14 (0.01)	15 (0.50)	16 (0.27)	20 (0.03)	21 (0.18)						
KVB8	113.49%	0.93	0.00	0.00	0.00	0.07	0.84	0.00	0.16	4 (0.19)	20 (0.02)	21 (0.64)									
KVB9	170.86%	0.89	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.69	0.00	0.31	4 (0.18)	20 (0.15)	21 (0.71)								
KVB10	151.93%	0.60	0.00	0.23	0.00	0.18	0.00	0.19	0.66	0.15	13 (0.48)	20 (0.15)	21 (0.34)	25 (0.06)	27 (0.04)						
KVB11	113.26%	0.92	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.42	0.45	0.13	13 (0.30)	20 (0.09)	21 (0.53)	27 (0.00)	28 (0.08)						
KVB12	101.56%	0.00	0.78	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.71	0.29	13 (0.53)	20 (0.04)	21 (0.43)								
KVB13	100.00%	0.27	0.00	0.46	0.00	0.27	0.00	1.00	1.00	0.00		8									
KVB14	100.00%	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.10		2									
KVB15	100.00%	0.00	0.04	0.56	0.40	0.00	0.00	0.67	0.00	0.33		1									
KVB16	100.00%	0.00	0.09	0.91	0.00	0.35	0.00	0.00	0.85	0.15		4									
KVB17	100.00%	0.42	0.32	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.79	0.21		0									
KVB18	154.21%	0.44	0.54	0.00	0.02	0.00	0.00	0.13	0.62	0.25	13 (0.06)	20 (0.08)	21 (0.61)	27 (0.55)	28 (0.05)	32 (0.01)					
KVB19	100.00%	0.51	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00		0									
KVB20	100.00%	0.00	0.08	0.16	0.00	0.35	0.40	0.00	0.00	1.00		16									
KVB21	100.00%	0.00	0.00	0.00	0.76	0.00	0.24	1.00	0.00	0.00		17									
KVB22	117.80%	0.00	0.00	0.23	0.77	0.00	0.00	0.00	0.72	0.28	16 (0.70)	21 (0.10)	34 (0.08)								
KVB23	150.06%	0.66	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	0.00	0.42	1 (0.46)	20 (0.22)	21 (0.32)								
KVB24	104.91%	0.77	0.00	0.11	0.00	0.12	0.00	0.78	0.00	0.22	1 (0.98)	4 (0.27)	20 (0.04)	21 (0.59)							
KVB25	100.00%	0.67	0.03	0.30	0.00	0.00	0.00	0.38	0.66	0.00		2									
KVB26	124.53%	0.82	0.04	0.13	0.00	0.00	0.01	0.53	0.32	0.15	4 (0.02)	20 (0.05)	21 (0.53)	25 (0.06)	27 (0.06)	28 (0.16)					
KVB27	100.00%	0.80	0.00	0.08	0.11	0.00	0.01	0.18	0.82	0.00		5									
KVB28	100.00%	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.57	0.17		4									
KVB29	138.18%	0.00	0.81	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.59	0.41	13 (0.43)	20 (0.13)	21 (0.44)								
KVB30	192.08%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.37	0.48	0.16	13 (0.06)	20 (0.29)	21 (0.65)								
KVB31	101.91%	0.85	0.00	0.00	0.08	0.07	0.00	0.00	0.71	0.29	16 (0.12)	20 (0.02)	21 (0.59)	34 (0.17)							
KVB32	100.00%	0.00	0.88	0.05	0.07	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00		2									
KVB33	100.00%	0.00	0.24	0.76	0.00	0.00	0.00	0.40	0.37	0.22		1									
KVB34	100.00%	0.00	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00		2									

Eğer etkinlik skoru “1” olarak kabul edilirse (superefficiency göz ardı edilerek), ortalama etkinlik skoru %110,97 olarak hesaplanmıştır. Teorik olarak her bir ülkenin, rol model alması gereken ülkeler ve girdi değişkenler için uygulamaları gereken adımlar yine Tablo.5’te görülmektedir. Tablo.5 incelendiğinde, Türkiye’nin çıktı yönelimli olarak etkinlik skorunun %100 olduğu görülmektedir. Etkinlik skorunu yakalayamamış en yüksek skora sahip ülkenin ise “KVB 30” olarak kodlanmış olan İsveç olduğu görülmektedir. Tablo.5’teki veriler çerçevesinde; KVB 1 (Avustralya), KVB 4 (Kanada), KVB 6 (Çekya), KVB 13 (Macaristan), KVB 14 (İzlanda), KVB 15 (İrlanda), KVB 16 (İsrail), KVB 17 (İtalya), KVB 19 (Güney Kore), KVB 20 (Lüksemburg), KVB 21 (Meksika), KVB 25 (Polonya), KVB 27 (Slovakya), KVB 28 (Slovenya), KVB 32 (Türkiye), KVB 33 (İngiltere) ve KVB 34 (ABD) kodlu ülkelerin etkin oldukları görülmektedir. KVB 2 (Avusturya), KVB 3 (Belçika), KVB 5 (Şili), KVB 7 (Danimarka), KVB 8 (Estonya),

KVB 26, KVB 27, KVB 28, KVB 29, KVB 31, KVB 32, KVB 33 ve KVB 34 kodlu ülkelerin etkin iken; bunlar dışındaki KVB 3, KVB 5, KVB 7, KVB 8, KVB 9, KVB 10, KVB 18, KVB 23, KVB 24 ve KVB 30 kodlu ülkelerin etkin olmadıkları görülmektedir. (CRS_RAD_IN)

Japonya'nın bu skoru almasında girdilerden %76 oranla “kentsel nüfus oranı (X_1)”, %13 oranla “kişi başına enerji kullanımı (X_2)” ve %11 oranla “toplam bütçe içindeki çevre ile ilgili harcama geliştirme oranları (X_4)” etken olmuştur. Japonya'nın etkinlik skoru yakalayabilmesi için Slovakya (KVB 27), Meksika (KVB 21), Slovenya (KVB 28), Lüksemburg (KVB 20) ve İrlanda (KVB 15) ülkelerini rol-model alması gerekmektedir. Japonya'nın etkinlik skorunu yakalayabilmesinde yapılması gereken iyileştirmeler; %11,04 oranında “toplam bütçe içindeki çevre ile ilgili harcama geliştirme oranları (X_4)” girdisinin artırılması ve %0,06 oranında “GSMH içinde toplam sera gazı emisyon oranı (X_5)” girdisinin azaltılmasıdır. Bununla birlikte, kişi başına sera gazı emisyon miktarı (Y_1)” çıktısının 1,5 br. azaltılması ve “ortalama nüfusa göre solunabilir partikül madde oranı (Y_2)” %2,08 çıktısının da oranında azaltılması, alınması gereken iyileştirme önlemleridir.

Tablo.7: Çıktı Yönelimli BCC-VZA Sonuçları

DMU	Score	X1 (0 V)	X2 (0 V)	X3 (0 V)	X4 (0 V)	X5 (0 V)	X6 (0 V)	Y1 (0 V)	Y2 (0 V)	Y3 (0 V)	Benchmarks	(S) X1 (0)	(S) X2 (0)	(S) X3 (0)	(S) X4 (0)	(S) X5 (0)	(S) X6 (0)	(S) Y1 (0)	(S) Y2 (0)	(S) Y3 (0)
KVB1	100.00%	0.00	0.24	0.76	0.00	0.00	0.00	0.98	0.00	0.02		2								
KVB2	100.00%	0.79	0.00	0.00	0.21	0.00	0.01	0.00	0.00	1.00		0								
KVB3	102.39%	0.00	0.17	0.75	0.06	0.00	0.01	0.40	0.43	0.17	13 (0.41) 14 (0.14) 15 (0.02) 16 (0.01) 20 (0.08) 21 (0.27) 33 (0.06)	19.24	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
KVB4	100.00%	0.87	0.00	0.05	0.00	0.08	0.69	0.00	0.31			2								
KVB5	110.53%	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.73	0.27	13 (0.28) 20 (0.04) 21 (0.29) 32 (0.39)	15.06	0.00	0.26	0.80	0.12	0.00	9.62	0.00	0.00
KVB6	100.00%	0.51	0.00	0.36	0.11	0.00	0.02	0.38	0.65	0.07		2								
KVB7	112.38%	0.00	0.00	0.41	0.00	0.59	0.00	0.00	0.49	0.52	15 (0.55) 16 (0.25) 20 (0.02) 21 (0.18)	14.46	169.84	0.00	1.33	0.00	8.42	0.73	0.00	0.00
KVB8	104.56%	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.00	1.00	0.00	15 (0.24) 21 (0.51) 28 (0.24)	0.00	1939.11	17.49	4.83	0.41	0.00	0.00	5.40	0.06
KVB9	165.63%	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.73	0.00	0.27	4 (0.18) 20 (0.14) 21 (0.67)	2.88	2597.95	38.41	0.00	0.15	4.71	0.00	2.14	0.00
KVB10	144.92%	0.00	0.00	0.72	0.00	0.24	0.05	0.26	0.64	0.11	6 (0.02) 13 (0.36) 19 (0.05) 20 (0.14) 21 (0.33) 25 (0.10)	4.05	806.48	0.00	1.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
KVB11	112.57%	0.78	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.59	0.20	0.20	13 (0.30) 14 (0.02) 20 (0.08) 21 (0.50) 28 (0.10)	0.00	1186.52	0.00	1.54	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
KVB12	101.96%	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	0.29	13 (0.53) 20 (0.04) 21 (0.43)	2.80	0.00	3.38	0.77	0.23	0.00	2.85	0.00	0.00
KVB13	100.00%	0.59	0.24	0.17	0.00	0.00	0.00	0.28	0.46	0.26		7								
KVB14	100.00%	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.26	0.04		2								
KVB15	100.00%	0.59	0.00	0.11	0.00	0.17	0.04	0.12	0.03	0.85		5								
KVB16	100.00%	0.00	0.38	0.22	0.40	0.00	0.00	0.00	0.39	0.61		2								
KVB17	100.00%	0.50	0.34	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.71	0.29		0								
KVB18	119.30%	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.38	0.53	0.08	6 (0.06) 19 (0.26) 20 (0.05) 21 (0.63)	12.96	514.35	26.83	1.08	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
KVB19	100.00%	0.00	0.00	0.00	0.97	0.00	0.03	0.00	0.94	0.06		2								
KVB20	100.00%	0.00	0.14	0.27	0.00	0.59	0.00	0.00	1.00			12								
KVB21	100.00%	0.00	0.96	0.04	0.00	0.00	0.00	0.70	0.25	0.06		13								
KVB22	100.00%	0.00	0.00	0.37	0.19	0.00	0.44	0.00	0.00	1.00		0								
KVB23	150.05%	0.74	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.42	1 (0.46) 15 (0.00) 20 (0.22) 21 (0.32)	0.00	0.00	12.89	6.83	0.25	28.19	0.00	1.77	0.00
KVB24	104.68%	0.78	0.00	0.11	0.00	0.11	0.00	0.77	0.00	0.23	1 (0.05) 4 (0.29) 15 (0.05) 20 (0.03) 21 (0.58)	0.00	2135.50	0.00	1.09	0.00	11.49	0.00	6.32	0.00
KVB25	100.00%	0.66	0.24	0.09	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00		1								
KVB26	100.00%	0.63	0.34	0.02	0.00	0.00	0.01	0.05	0.05	0.89		0								
KVB27	100.00%	0.66	0.00	0.21	0.12	0.00	0.01	0.02	0.96	0.02		0								
KVB28	100.00%	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00			2								
KVB29	136.18%	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	0.41	13 (0.43) 20 (0.13) 21 (0.44)	2.94	0.00	7.60	1.85	0.09	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00
KVB30	192.08%	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.37	0.49	0.16	13 (0.06) 20 (0.29) 21 (0.85)	4.33	2106.79	35.71	0.54	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
KVB31	100.00%	0.95	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.02	0.01	0.97		0								
KVB32	100.00%	0.20	0.54	0.26	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98	0.00		1								
KVB33	100.00%	0.00	0.15	0.53	0.06	0.27	0.00	0.48	0.06	0.45		1								
KVB34	100.00%	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00			0								

Etkinlik skoru “1” olarak kabul edilerek (superefficiency göz ardı edilerek), ortalama etkinlik skoru hesaplanırsa %110,97’dir. Tablo 7’ye göre, 21 ülke etkin, ancak 13 ülke etkin değildir. Buradaki etkin ülkeler, KVB 1, KVB 2, KVB 4, KVB 6, KVB 13, KVB 14, KVB 15, KVB 16, KVB 17, KVB 19, KVB 20, KVB 21, KVB 22, KVB 25, KVB 26, KVB 27, KVB 28, KVB 31, KVB 32, KVB 33 ve KVB 34’tür. Bunlar dışında kalan KVB 3, KVB 5, KVB 7, KVB 8, KVB 9, KVB 10, KVB 11, KVB 12, KVB 18, KVB 23, KVB 24, KVB 29 ve KVB 30 kodlu ülkeler ise etkin değildirler. (CRS_RAD_OUT).

Tablo 7 incelendiğinde Türkiye’nin çıktı yönelimli olarak etkinlik seviyesinde ol-

duğu ve etkinlik skorunun %100 olduğu görölmektedir. Etkin olmayan ölkelerden en yüksek etkinlik skoruna sahip olan öлке ise “KVB 30” olarak kodlanmış olan İsveç’tir. İsveç’in řu anki etkinlik skoru %192,08’tir. Bu skurun elde edilmesinde %100 oranla “toplam kamu enerji bütçesinde fosil yakıt AR-GE bütçe oranı (X_6)” girdisi; çıktılarından ise %37 oranla “kişi başına sera gazı emisyon oranı (Y_1)”, %48 oranla “ortalama nüfusa göre solunabilir partikül madde oranı (Y_2)” ve %16 oranla “kişi başına ulaşım odaklı CO₂ oranı (Y_3)” değişkenleri etken olmuşlardır.

Deneyssel test sonuçlarına göre, İsveç’in çıktı yönelimli etkin olabilmesi için “kentsel nüfus (X_1)” girdisini %4,33 oranında azaltması, “kişi başına enerji kullanımı (X_2)” girdisini 2106,79 br. azaltması, “ormanlık arazi oranı (X_3)” girdisini %35,71 seviyesinde arttırması, “toplam bütçe içindeki çevre ile ilgili harcama geliştirme oranları(X_4)” girdisini %0,54 oranında arttırması ve “GSMH içinde toplam sera gazı bütçe emisyon oranı(X_5)” girdisini %0,05 oranında arttırması gerekmektedir. Bu iyileştirmeler gerçekleştirilirse, İsveç, kendisi için rol-model ölkeler olan Meksika(KVB 21), Lüksemburg (KVB 20) ve Macaristan’a (KVB 13) benzeyerek etkin bir öлке olabilecektir.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

BM’nin 1970’li yıllardan bu tarafa yoğun biçimde gösterdiği küresel çabalar özellikle son 10 yıldır ölkelere “düşük karbonlu ekonomiye geçilmesi”, “yeşil ekonomi politikalarının sektörel düzeyde uygulanması çalışmalarının arttırılması” konularında daha somut çıktılar sunmaktadır. Özellikle “enerji sektörü üzerinden iklim değişikliği ile mücadele ve uyum eylem plan ve programlarının hazırlanması ve uygulanması” düşük karbonlu ekonomiye geçişte önemli bir politik alan olarak görölmekte ve bu konuda ortak bir küresel zemin oluşturulmaktadır. 2015 tarihli Paris Anlaşması, iklim değişikliği ile küresel mücadelede 195 ölkenin güçlü ortaklık isteklerini birleştirebilmiş ve enerjide düşük karbonlu ekonomiye geçiş açısından önemli kararlar almış olması nedeniyle küresel çevre politikalarında bir dönüm noktasını temsil etmektedir (CA- Climate Analytics-Paris Agreement Ratification Tracker, 2018). Bu kapsamda Paris Anlaşması fosil yakıtlardan, kömür, petrol ve doğalgazdan uzaklaşmayı, sera gazlarını azaltmayı öngören bir küresel uzlaşa sağlamış görölmektedir. 12 Aralık 2015 tarihinde kabul edilen ve toplam küresel emisyonların %99,76’sını oluşturan 195 ölkenin imzaladığı Paris Antlaşması, 22 Nisan 2016 tarihinde Türkiye tarafından da imzalanmıştır.

Bu küresel uzlaşa çabaları “ölkelerin çevresel performansının” belli aralıklarla izlenmesini kolaylaştırmakta ve çevre sorunlarının çözümünde ölkelere yol göstermektedir. Ayrıca bu çabaların bilimsel araştırmalara dayanarak elde edilen verilerle desteklenmesi de ölkelerin uygulayacakları yeni politikalar açısından “düşük karbonlu ekonomiye geçiş için” alt başlıklar sunmaktadır. Çevresel performans ölçümü konusunda BM, OECD, Dünya Bankası gibi küresel politika üreten ve ortak veri havuzu sunan küresel kuruluşların çalışmaları dışında son 20 yıldır bilimsel araştırmaların da önemli bir veri alt yapısı oluşturmaya başladığı görölmektedir. Performans ölçümü 2000’li yıllarda özellikle “enerji”, “sürdürülebilir kentleşme”, “iklim ve enerji”, “ekosistemin korunması” gibi konular kapsamında çok sayıda akademik araştırmanın odak noktasını oluşturmaktadır. Bu kapsamda çalışmada, özellikle ‘iklim ve enerji’ ana başlığı altında seçilmiş verilere dayalı-

narak OECD ülkeleri örneğinde VZA yöntemi ile bir etkinlik analizi yapılması amaçlanmıştır. VZA verimlilik, etkinlik gibi performans ölçümü amaçlarıyla sıklıkla başvurulan doğrusal programlama modelini temel alan parametrik olmayan bir yöntemdir. Birbirine benzer yapıların görelî verimliliği kolaylıkla ölçülebilen VZA Charnes, Cooper ve Rhodos tarafından literatüre kazandırılmıştır Basit ama güçlü bir analiz yöntemidir (Okursoy ve Tezsürücü, 2014: 2).

Çalışmada, EPI'nin dayandığı göstergeler üzerinden belirlenen girdiler (kentsel nüfus, kişi başına enerji kullanımı, ormanlık arazi oranı, toplam bütçe içindeki çevre ile ilgili harcama-geliştirme oranı, GSMH içinde toplam sera gazı emisyon oranı, toplam kamu enerji bütçesi (AR-GE) içinde fosil yakıt AR-GE bütçe oranı) ve çıktılar (kişi başına sera gazı emisyon miktarı-GHG, ortalama nüfusa göre solunabilir partiküler madde oranı, kişi başına ulaşım kaynaklı CO₂ emisyon oranı) arasındaki ilişkiye dayalı bir “verimlilik” değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışma kapsamında “çevre sağlığı” ve “ekosistem canlılığı” olarak belirlenen iki ana hedef altında belirlenen göstergelerden –OECD ve Dünya Bankası veri havuzundan yararlanılarak- “iklim ve enerji” ağırlıklı “veri seçimi” tercih edilmiştir.

2015 yılı verileri incelendiğinde gerek sabit getiri varsayımı, gerek değişken getiri varsayımı altında olsun; Avustralya (KVB 1), Kanada (KVB 4), Çekya (KVB 6), Macaristan (KVB 13), İzlanda (KVB14), İrlanda (KVB 15), İsrail (KVB 16), İtalya (KVB17), Güney Kore (KVB 19), Lüksemburg (KVB 20), Meksika (KVB21), Polonya (KVB25), Slovakya (KVB27), Slovenya (KVB 28), Türkiye (KVB32), İngiltere (KVB33) ve A. B.D. (KVB34) ülkelerinin etkin oldukları görülmektedir. Elde edilen bulgular deneysel nitelikte olduklarından, analize konu olan ülkelerin etkinlik analizlerinin başarılı olabilmesi, yöntemdeki değişkenlerin çeşitlendirilmesi ve çevresel performansı etkileyen tüm değişkenlerin modele dâhil edilmesi daha sapmasız bir analiz yapılabilmesi için gereklidir. Ayrıca, analizde kullanılmayan diğer tüm değişkenlerin performans ölçümünde etkisinin olmaması gerektiği gerçeği de unutulmamalıdır.

KAYNAKÇA

Anastaselos, D., Simeon O., Alexandros M. ve Agis M. P. (2016). "Environmental Performance of Energy Systems of Residential Buildings: Toward Sustainable Communities", *Sustainable Cities and Society*, Vol.20 (Jan 2016), s. 96-108.

Azzone, G., Giuliano N., Raffaella M. ve C. William Y. "Defining Environmental Performance Indicators: An Integrated Framework", *Business Strategy and The Environment*, Vol.5 (2), 1996, s.69-80.

Beltrán-Esteve, M. ve Picazo-Tadeo, A.J. (2015). Assessing Environmental Performance Trends in The Transport Industry: Eco-Innovationor Catching-up? *Energy Economics*, Vol.51, 2015, s.570-580.

CA. Climate Analytics-Paris Agreement Ratification Tracker, 2018, <http://climateanalytics.org/brief-ings/ratification-tracker.html>, (Erişim Tarihi: 22.03.2018).

Charles, J.C., Pan, J.N."Evaluation Environmental Performance Using Statistical Process Control Techniques", *European Journal of Operational Research*, 2002 (139), 68–83.

Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E. "Measuring The Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operation Research*, Vol. 2, 1978, s. 429-444.

Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. "Short Communication: Measuring The Efficiency Of Decision Making Units", *Euopenan Journal of Operational Research*. 1979 (3), s.339.

Cooper W. W., Seiford L. M. ve Tone K. *Data Envelopment Analysis- A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA Solver Software*, Kluwer Academic Publishers, New York, USA, 2000.

Cooper, W.W., Seiford, L.M. ve Tone, K. *Data Envelopment Analysis- A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Kluwer Academic Publishers, New York, USA, 2007.

Demir, E. "A Comparison of Classical and Fuzzy Data Envelopment Analysis in Measuring and Evaluating School Activities" *Turkish Journal of Fuzzy Systems*, Vol.5, No.1, 2014, s. 37-58.

EPI (2018a). "About The EPI", <https://epi.envirocenter.yale.edu/> (Erişim Tarihi: 02.02.2018).

EPI Policymakers' Summary (2018b), <https://epi.envirocenter.yale.edu/downloads/epi2018-policymakerssummaryv01.pdf>(Erişim Tarihi: 08.03.2018).

EPI (2018c). Environmental Performance Index 2018, <https://epi.envirocenter.yale.edu/node/36476> (Erişim Tarihi: 8 Mart 2018).

EPI. Environmental Performance Index 2006, <http://archive.epi.yale.edu/previous-work>(Erişim Tarihi: 08.03.2018).

Ertuğrul, İ. ve Işık, A.T. “İşletmelerin VZA ile Mali Tablolarına Dayalı Etkinlik Ölçümü: Metal ana Sanayiinde Bir Uygulama”. *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi*, 10 (1), 2003, s. 201-217.

Ertuğrul, İ. ve Sarı, G. “Veri Zarflama Analizi ile Bir Üniversitede Lisans Bölümlerinin Etkinlik Analizi”, *Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 3 (3), 2017, s.65-85.

Fare, R., Grosskopf, S. ve Hernandez, S.F. “Environmental Performance: An Index Number Approach”. *Resource and Energy Economics*, Vol.26: 2004, s. 343–352.

Farrell, M. J. “The Measurement of Productive Efficiency”, *Journal of The Royal Statistical Society, Series A* (120), 1957, s. 253-281.

Gülcü A., Coşkun A., Yeşilyurt C., Coşkun S. ve Esener T. “Cumhuriyet Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi’nin Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Göreceli Etkinlik Analizi”, *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 5(2), 2004, s. 87-104.

Jung, E.J., Kim, J.S. ve Rhee, S.K. The Measurement of Corporate Environmental Performance and Its Application to The Analysis of Efficiency in Oil Industry. *Journal of Cleaner Production*, Vol:9(6), 2001, s. 551-563.

Kahya, E. ve Karaböcek, K., “Bir Atölyede Oranlarla İşgücü Verimlilik (WPMR) Modelinin Tasarımı ve Uygulaması”. *Verimlilik Dergisi*, 2007 (2), s.9-36.

Kaynar, O., Zontul, M. ve Bircan, H. “Veri Zarflama ile OECD Ülkelerinin Telekomünikasyon Sektörlerinin Etkinliğinin Ölçülmesi”, *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt 6 (1), 2005, s. 37-57.

Keçek, G. *Veri Zarflama Analizi/ Teori ve Uygulama Örneği*. Siyasal Kitabevi, Ankara, 2010.

Kortelainen, M. “Dynamic Environmental Performance Analysis: A Malmquist Index Approach”, *Ecological Economics*, Vol.64(4), 2008, s.701-715.

Li, F., Liu, X., Hu, D., Wang, R., Yang, W., Li, D. ve Zhao, D. “Measurement Indicators and an Evaluation Approach for Assessing Urban Sustainable Development: A Case Study For China’s Jining City”, *Landscape and Urban Planning*, Vol.90(3-4), 2009, s. 134-142.

Lozano, S., Villa, G., Eguía, I. “Data Envelopment Analysis With Multiple Modes Of Functioning. Application To Reconfigurable Manufacturing Systems”, *International Journal of Production Research*, Vol.55 (24), 2017, s. 7566-7583.

Lundgren, T., Zhou, W. "Firm Performance and The Role of Environmental Management", *Journal of Environmental Management*, 203(1), 2017, s. 330-341.

Meng, F.Y., Fan, L.W., Zhou, P. ve Zhou, D.Q. "Measuring Environmental Performance in China's Industrial Sectors with Non-Radial DEA", *Mathematical and Computer Modelling*, Vol. 58(5-6), 2013, s.1047-1056.

OECD (2018). "Statistics-Environment", <http://stats.oecd.org/> (Erişim Tarihi: 02.02.2018).

Okursoy, A. ve Tezsürücü, D. (2014). Veri Zarflama Analizi ile Göreli Etkinliklerin Karşılaştırılması: Türkiye'deki İllerin Kültürel Göstergelerine İlişkin Bir Uygulama. *Yönetim ve Ekonomi*, 21(2), 1-18.

Oruç K. O., Güngör İ. ve Demiral M. F. "Üniversitelerin Etkinlik Ölçümünde Bulanık Veri Zarflama Analizi Uygulaması", *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22, 2009, s.279-294.

Özden, Ü. H. "Veri Zarflama Analizi (VZA) ile Türkiye'deki Vakıf Üniversitelerinin Etkinliğinin Ölçülmesi", *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, Vol.37 (2), 2008, s.167-185.

Özkan, M. ve Bircan, H. "Şuşehri Küçük Sanayi Sitesinde Faaliyette Bulunan Firmaların VZA Yöntemiyle Etkinlik Analizi" *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, Cilt. 17 (28), 2015, s. 27-34.

Özkan Aksu, E. ve Cevriye T. G. "Veri Zarflama Analizi İle OECD Ülkelerinin Çevre Performansının İncelenmesi", *UIİİD-IJEAS*, 2018 (18. EYİ Özel Sayısı), 2018, s. 191-206. <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/405752>, (Erişim Tarihi: 14.02.2018).

Picazo-Tadeo, A.J., Castillo-Giménez, J. ve Beltrán-Esteve, M. "An Intertemporal Approach to Measuring Environmental Performance with Directional Distance Functions: Greenhouse Gas Emissions in the European Union". *Ecological Economics*, Vol.100, 2014, s.173-182.

Peker, İ. ve Baki, B. "Veri Zarflama Analizi İle Türkiye Havalimanlarında Bir Etkinlik Ölçümü Uygulaması", *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18(2), 2009, s. 72-88.

Scheuer, C., Gregory A. K. ve Peter R. "Life Cycle Energy And Environmental Performance Of A New University Building: Modeling Challenges And Design Implications", *Energy And Buildings*, Vol.35 (10), 2003, s.1049-1064.

Siong, H. C. ve Hussein, M.Z.S.M. Modeling Urban Quality of Life With Data Envelopment Analysis Methods. (Research Result Report). Universiti Teknologi Malaysia, VOT78513, 2008. Malaysia.

Tektüfekçi, F.; Kutay, N. "The Relationship Between EPI and GDP Growth: An Exa-

mination on Developed and Emerging Countries”. *Journal of Modern Accounting and Auditing*, Vol.12(5), 2016, s.268-276.

Tütek, H.H., Gümüšoğlu, Ş. ve Özdemir, A. *Sayısal Yöntemler, Yönetmel Yaklaşım*. Beta Basım Yayım Dağıtım. İstanbul, 2012.

Tyteca, D. “On The Measurement Of The Environmental Performance Of Firms- A Literature Review And A Productive Efficiency Perspective”. *Journal of Environmental Management*, Vol.46(3),1996, s. 281-308.

Tyteca, D., Jerome C., Frans B., Julia H., Walter W. ve Marcus W. “Corporate Environmental Performance Evaluation : Evidence From The MEPI Project”, *Business Strategy and The Environment*, 11, 2001, s.1-13.

Yolalan R. *İşletmeler Arası Görelilik Etkinlik Ölçümü*, MPM Yayınları, Ankara, 1993.

Yu, Y. ve Wen, Z.“Evaluating China’s Urban Environmental Sustainability With Data Envelopment Analysis”, *Ecological Economics*, 2010 (69), s.1748-1755.

Yükçü, S. ve Atağan, G. “Etkinlik, Etkililik ve Verimlilik Kavramlarının Yarattığı Karışıklık”, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(4), 2009, s.1-13.

Zhu, J. ve Cook, W. D.,“Modeling Data Irregularities and Structural Complexities in Data Envelopment Analysis. Springer, New York, 2007.

Wang, L., Xu, L. ve Song, H. “Environmental Performance Evaluation of Beijing’s Energy Use Planning”, *Energy Policy*, Vol.39, 2011, s.3483-3495.