

**ULUSLARARASI SÖZLEŞMELERİN POLİTİKA ETKİNLİĞİNİN  
ÖLÇÜLMESİ: AB ÜLKELERİ VE TÜRKİYE İÇİN ÇEVRESEL ETKİNLİK ANALİZİ**  
**Yağmur KARA<sup>1</sup>**

**Özet**

Bu çalışmada Avrupa Birliğine üye 19 ülke ve Türkiye'nin çevresel etkinliklerinin karşılaştırmalı analizi Veri Zarflama Analizi yöntemi ile incelenmiştir. Analizde kullanılan göstergeler; sülfür emisyonları, toplam kömür ve petrol tüketimi, nüfus, gayri safi yurtiçi hâsıla ve doğal gaz tüketimidir. Analiz sonuçlarına göre ölçeğe göre sabit getiri (CRS) varsayımı altında 1997 yılı için Avusturya, Macaristan, Litvanya, Hollanda, Romanya, İsveç ve Türkiye etkin ülkeler iken, Çek Cumhuriyeti, Polonya ve Yunanistan en az etkin ülkeler olmuşlardır. Ölçeğe göre değişen getiri varsayımı (VRS) altında ise Fransa, İtalya ve Birleşik Krallık da aynı zamanda etkin çıkmıştır. 2007 yılı için CRS varsayımı altında yapılan analizde Avusturya, Bulgaristan, Macaristan, İtalya, Litvanya, Hollanda, Romanya, İsveç, Birleşik Krallık ve Türkiye etkin iken VRS varsayımı altında Danimarka ve Fransa etkindir. Yine 2007 yılı için Polonya ve Çek Cumhuriyeti en az etkin ülkeler olmuşlardır. Yapılan karşılaştırmada hava kirliliği ile mücadele için atılan adımlar sonucunda ülkelerin çevresel etkinliklerini arttırdıkları görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Veri Zarflama Analizi, Sülfür Emisyonları, Çevresel Etkinlik, Fosil Yakıt Tüketimi

**JEL Sınıflandırma Kodları:** Q53, Q56, Q58

**MEASURING POLICY EFFICIENCIES OF INTERNATIONAL  
CONVENTIONS: ENVIRONMENTAL EFFICIENCY ANALYSIS FOR EU  
COUNTRIES AND TURKEY**

**Abstract**

The aim of this study is examining the environmental activities of the 19 countries of the European Union and Turkey by Data Envelopment Analysis method. The indicators considered in the analysis are Sulphur emissions, total coal and oil consumption, population, gross domestic product, and natural gas consumption. According to the results; Austria, Hungary, Lithuania, Netherlands, Romania, Sweden, Turkey were efficient in 1997 while the Czech Republic, Poland, and Greece were least efficient under constant returns to scale (CRS) and together with these countries, under variable rates to scale (VRS) assumption France, Italy, and the United Kingdom are also efficient. For the year 2007, Austria, Bulgaria, Hungary, Italy, Lithuania, Netherlands, Romania, Sweden, United Kingdom, and Turkey are considered efficient under CRS assumption and under VRS assumption Denmark and France became efficient. Poland, Greece and Czech Republic have rated as the least efficient in 2007 again. In comparison, it is observed that the countries have increased their environmental activities as a result of the steps taken to fight against air pollution.

**Keywords:** Data Envelopment Analysis, Sulphur Emissions, Environmental Efficiency, Fossil Fuel Consumption

**JEL Classification Codes:** Q53, Q56, Q58

---

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi İİBF Uluslararası Ticaret ve Finansman Bölümü, e-posta: ykara@mu.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Hava kirliliği devletlerin siyasi sınırları çerçevesinde değerlendirebilecekleri ve tek başlarına çözüm arayacakları bir kirlilik türü değildir. Bu nedenle hava kirliliği ile ilgili yapılacak tahlillerde, değerlendirmelerde ve oluşturulacak politikalarda sınır ötesi bir bakış açısının sağlanması gerekmektedir. Hava kirliliğinin kaynağı ve miktarı kadar kirliliğin coğrafi sınırları aşan yapısı sorunun çözümünde uygulanacak politikaların bu bakış açısı ile oluşturulmasını zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışmada Stockholm Konferansı sonuç bildirgesinde yer alan 21. Maddenin sınır ötesi vurgusu temel alınarak hazırlanan Uzun Menzilli Sınırlar Ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi'nin (UMSHAK) ve protokollerinin etkinlik sonuçları ölçülmek istenmektedir. Bu amaçla çevresel etkinlik bakış açısından sülfür emisyonları, toplam kömür ve petrol tüketiminin; nüfus, GSMH ve doğal gaz ile makro düzeydeki ilişkisi incelenmiştir. Kullanılan göstergelerden sülfür emisyonları ile toplam kömür ve petrol tüketimi analiz girdi tarafında yer alan göstergeler iken; nüfus, gayri safi milli hâsıla ve doğal gaz tüketimi çıktı tarafında yer alan göstergeler olarak değerlendirilmiştir. Sülfür emisyonları ve fosil yakıt tüketimi istenmeyen girdiler olduğundan girdi minimizasyonu yaklaşımı benimsenmiştir. Analiz yılları olarak uluslararası girişimlerin uygulamaya konulan çevre politikalarının etkilerini karşılaştırabilmek için son protokol olan Gothenburg Protokolü'nün imzalanmasından önceki 1997 yılı ile Protokolün yürürlüğe girmesinden sonra etkileri görebilmek için 2007 yılları seçilmiştir. Her iki yıl için seçili ülkelerin performansları değerlendirilmiştir. Ayrıca tartışma bölümünde, literatürde benzer ülke grupları ile karşılaştırma yapan çalışmalar ile ortak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Analizde kullanılan örnekleme 19 Avrupa Birliği ülkesi ve Türkiye olmak üzere toplamda 20 ülke bulunmaktadır.

## 2. UZUN MENZİLLİ SINIRLAR ÖTESİ HAVA KİRLİLİĞİ SÖZLEŞMESİ

UMSHAK, ilk olarak azot oksit ve kükürt oksit emisyonlarına yönelik olarak imzalanmış ve yıllar içinde hava kirleticilerinin çeşitleri açısından genişletilmiş ve ilave protokollerle güçlenmiş bir sözleşmedir. Sözleşme ilk çıkışında konulan hedeflerin tutturulması açısından başarılı bir süreci temsil etmekle beraber değişen koşullara karşı ilave protokoller yardımı ile kendisini uyarlaması ve geliştirmesi açısından başarılı ve dinamik bir rejim örneği olarak ele alınabilir (Orhan, 2012, s. 127). 1979 yılında imzalanan sözleşme 1983 yılında yürürlüğe girmiştir. Türkiye söz konusu anlaşmaya ve protokollerden yalnızca ilkinde taraf olmuştur. Aşağıda yer alan Tablo 1 başta sözleşmenin imzalanmasını takiben eklenen protokolleri ve ilave olarak bu protokollerin imzalanma ve yürürlüğe girme tarihleri ile protokollere imza atan ve taraf olan ülke sayılarını göstermektedir. Buna göre yıllar içinde eklenen protokollerle birlikte bu protokollere imza atan ülkelerin sayısının artmakta olduğu görülmektedir.

**Tablo 1. Uzun Menzilli Sınırlar Ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi Ek Protokolleri**

<b>Protokol Adı</b>	<b>İmzalanma Tarihi</b>	<b>Yürürlüğe Girme Tarihi</b>	<b>İmzalayan Ülke</b>	<b>Taraf Ülke</b>
Avrupa'da Hava Kirleticilerinin Uzun Menzilli İletiminin İzlenmesi ve Değerlendirilmesine Yönelik İşbirliği Programının Uzun Vadeli Finansmanı Protokolü (EMEP)-Cenevre Protokolü	28 Eylül 1984	28 Ocak 1988	22	47
Sülfür Emisyonlarının Azaltılması veya Sınır Aşan Akımlarının En Az %30 Azaltılması Protokolü-Helsinki Protokolü	8 Haziran 1985	2 Eylül 1987	19	25
Nitrojen Oksitlerin Kontrolü ve Sınır Aşan Akımları- Sofya Protokolü	31 Ekim 1988	14 Şubat 1991	25	35
Uçucu Organik Bileşiklerin Emisyonlarının Kontrolüne İlişkin Protokol- Cenevre Protokolü	18 Kasım 1991	29 Eylül 1997	23	24
Sülfür Emisyonlarının Daha Fazla Azaltılması Protokolü- Oslo Protokolü	14 Haziran 1994	5 Ağustos 1998	28	29
Ağır Metaller Protokolü- Aarhus Protokolü	24 Haziran 1998	29 Kasım 2003	35	34
Kalıcı Organik Kirleticiler Hakkındaki Protokol- Aarhus Protokolü	24 Haziran 1998	23 Ekim 2003	36	33
Asitleşme, Ötrifikasyon ve Yer Seviyesi Ozon Kirliliğinin Azaltılması Protokolü- Gothenburg Protokolü	30 Kasım 1999	17 Mayıs 2005	31	27

**Kaynak:** (UNECE, 2018)

Başta enerji üretiminde olmak üzere yüksek oranlarda fosil yakıt kullanımı küresel ısınmaya, kirlenmeye ve gazların yoğunluğunun artmasına ve asit birikimine sebep olmaktadır. Söz konusu kirlenmeye; gaz kirlenmeye (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, Ozon, VOC vb.), kalıcı organik kirlenmeye (dioksinler vb.), ağır metaller (kurşun, civa vb.) ve partikül madde olmak üzere farklı kategorilerde sınıflandırılmaktadır (Kampa & Castanas, 2008, s. 362-363). Çevresel gaz kirlenmeye dikkate alındığında sülfür en tehlikeli kirlenmeye birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Atmosferdeki toplam sülfür miktarının %98'i insan kaynaklıdır ve temel olarak enerji üretiminde fosil yakıtların kullanılması nedeniyle salınmaktadır. Hava kalitesi ve çevre üzerinde çok büyük etki yaratan sülfür oksitleri (SO<sub>x</sub>) kömür ve yüksek sülfürlü sıvı yakıtların

yakılmasının yanı sıra endüstriyel üretim ve madeni cevherlerin eritilmesi esnasında da salınmaktadır. Dolayısıyla ekonomik faaliyetlerde kaynakların dağıtımında SO<sub>x</sub> emisyonlarının azaltılmasına odaklanılması önemlidir (Godish, 2004). Volkanlar gibi doğal yollardan salınan sülfür emisyonları ise toplam SO<sub>2</sub> emisyonlarının yalnızca %2'lik kısmının sorumlusudur (Kampa & Castanas, 2008, s. 363). Tablo 1'de yer alan protokoller arasında sülfür emisyonlarına yönelik olan ilk protokol Helsinki Protokolü olarak da adı geçen Sülfür Emisyonlarının Azaltılması veya Sınır Aşan Akımlarının En Az %30 Azaltılması Protokolü, ikincisi Sülfür Emisyonlarının Daha Fazla Azaltılması Protokolü'dür. Bir diğeri ise Asitleşme, Ötrifikasyon ve Yer Seviyesi Ozon Kirliliğinin Azaltılması Protokolü'dür. Gothenburg Protokolü olarak da bilinen son protokolün de kabulü ile 1990 yılı itibarıyla aside olmuş 93 milyon hektar alanın 15 milyon hektara, ötrifikasyonun 165 milyon hektardan 108 milyon hektara düşmesi hedeflenmiştir. Ayrıca 20 yıl içinde 2,3 milyon kişinin ozon kaynaklı ölümünün önüne geçileceği tahmin edilmiştir (UNECE, 2007, s. 36). Protokol yalnızca emisyon limitleri için sıkı sınır değerleri belirlemekle kalmayıp emisyonların kaynakları (örneğin yanma tesisi, elektrik üretimi, ulaşım) ve emisyonları azaltmak için kullanılacak en iyi alternatif ve tekniklerin kullanılmasını da gerekli kılmaktadır. Gothenburg Protokolü ayrıca 4 Mayıs 2012'de yenilenecek genişletilmiş, ilave olarak partikül maddelerde de indirim hedefleri konulmasına karar verilmiştir.

Çok sayıda ülkenin bir araya gelerek üzerinde uzlaşa sağladıkları sülfür emisyonları ile mücadele uygulamada da etkisini göstermiş ve 1990-2011 yılları arasında Avrupa Birliği'nde sülfür oksit (SO<sub>x</sub>) emisyonları %74 azalmıştır. 2011 yılı için SO<sub>x</sub> emisyonlarındaki azalmanın %58'i enerji üretimi ve dağıtım sektörü, %20'si sanayide enerji kullanımı ve %15'i ticari, kurumsal ve hane halkı sektörleri tarafından sağlanmıştır. Bu azalmanın altında üç temel değişiklik yer almaktadır. Bunlardan ilki enerji üretiminde yüksek sülfür içeren yakıtlardan, doğal gaz gibi düşük sülfür içeren yakıtlara geçilmesi; ikincisi endüstriyel tesislerde baca gazı kükürt artıma teknolojilerinin yaygınlaştırılması ve son olarak yakıtların kükürt içerikleri ile ilgili yürürlüğe giren direktiflerdir (Eurostat, 2018, s. 2).

### 3. LİTERATÜR TARAMASI

Enerji üretimi ve tüketiminin çevre üzerinde yarattığı baskı oldukça geniştir. Söz konusu ilişkiyi VZA yöntemini kullanarak, farklı kirletici gazlar ile için oluşturulmuş modeller literatürde yer almaktadır. Ramanathan (2002) ülkelerin etkinliklerini karşılaştırmak için CO<sub>2</sub> emisyonları, enerji tüketimi ve ekonomik aktivite değişkenlerini kullanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Lüksemburg, Norveç, Sudan, İsviçre ve Tanzanya en etkin ülkeler olarak karşımıza çıkarken Polonya, Romanya, Çek Cumhuriyeti ve Güney Afrika'nın en az etkin ülkeler olduğu bulunmuştur.

Literatürde ekonomik değişkenler ile sülfür emisyonları arasındaki ilişkiye odaklanan çalışmalar da mevcuttur. Barla ve Perelman (2005) endüstrileşmiş 12 OECD ülkesinin 1980-1992 yılları arasındaki etkinliğini SO<sub>2</sub> açısından incelemekle birlikte, ülkelerin sülfür emisyonlarını azaltmalarının etkinlik artışı ve teknik etkinlik performansına odaklanmışlardır. VZA yöntemi de bu amaçla Malmquist endeks oluşturmakta kullanmıştır. Sonuçlar SO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltmanın üretim etkinliğini arttırmak üzerinde herhangi bir etki yaratmadığını ortaya koymaktadır.

Yaisawarng ve Klein (1994) benzer bir modeli SO<sub>2</sub> kontrolü etkilerinin etkinlikte yarattığı değişimi ABD’de yer alan 61 kömür yakan elektrik santrali örneklemini ile 1985-1989 yılları için yine VZA Malmquist endeks oluşturarak hesaplamışlardır.

Kimi çalışmalarda en önemli kirleticilerden kabul edilen NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> ve CO<sub>2</sub> bir arada değerlendirilmiştir. Fare, Grosskopf ve Hernandez-Sancho (2004) 17 OECD ülkesinin 1990 yılı için çevresel indeksini geliştirmişlerdir. Çalışmada GSMH, enerji tüketimi, işgücü, sermaye stoku ile CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve SO<sub>x</sub> emisyonları göstergeleri kullanılmıştır. Gavurova v.d. (2018) CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub> ve NO<sub>x</sub>’i istenmeyen çıktı olarak aldıkları çevresel etki performansı modelini 1995-2015 yılları için OECD ülkelerine uygulamışlardır. Uluştıkları genel sonuca göre OECD ülkelerinin çevresel performansları artmıştır. Ülkeler arası karşılaştırmada ise Fransa, İtalya, İsviçre en etkin ülkeler iken Çek Cumhuriyeti, Macaristan, Polonya ve Slovakya en az etkin ülkeler olarak tespit edilmişlerdir.

## 4. YÖNTEM

### 4.1. Veri Zarflama Analizi

Veri Zarflama Analizi (VZA), temelleri Farell (1957) tarafından atılmış ve Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından geliştirilmiş, karar alma birimlerinin göreceli etkinliklerini ölçmede kullanılan bir doğrusal programlama tabanlı bir yöntemidir. Yöntemde her karar biriminin aynı girdileri kullanarak aynı çıktıları elde ettikleri kabul edilirken, karar birimleri arasındaki karşılaştırma referans karar birimlerine göre yapılır. VZA her bir karar birimini ayrı olarak ele alır ve etkinliklerini tanımlar.

Girdileri temsilen I, çıktıları temsilen J ve karar birimlerinin sayısı için n kullanıldığı durumda karar birimi m; x<sub>im</sub> girdilerini y<sub>jm</sub> çıktılarına dönüştürdüğü varsayıldığında m. karar biriminin etkinlik koşulu, çıktıların ağırlıklı toplamının, girdilerin ağırlıklı toplamına oranıdır. Her bir karar biriminin etkinliğini ölçmekte kullanılacak denklem Eşitlik 1’de gösterilmektedir. Eşitlikte v çıktıların ağırlıklarını, u ise girdilerin ağırlıklarını temsil etmektedir.

$$E = \frac{\sum_{j=1}^J v_{jm} y_{jm}}{\sum_{i=1}^I u_{im} x_{im}} \quad (1)$$

Buna göre;

$$0 \leq \frac{\sum_{j=1}^J v_{jm} y_{jn}}{\sum_{i=1}^I u_{im} x_{in}} \leq 1 \quad n=1,2,\dots,N$$

$$v_{jm}u_{im} \geq \varepsilon, \quad i=1,2,\dots,I, \quad j=1,2,\dots,J$$

Analizde m. karar biriminin etkinlik skorunun 1 olması birimin etkinlik koşulunu karşıladığı, skorun 1 olmaması etkinlik koşulunu karşılamadığı şeklinde değerlendirilir. Pay veya payda denkleminde bir birim ise, nesnel fonksiyon doğrusal hale gelir. Bu şekilde, bir doğrusal programlama problemi çözülebilir. Payın 1 olması durumunda problem girdi minimizasyonuna dönüşürken, diğer yanda paydanın 1 olması çıktı maksimizasyonuna dönüşür.

Çevresel performans ölçümü bağlamında, geleneksel VZA modellerinde kullanılan tüm çıktıların maksimize edilmesi gereken geleneksel varsayım, üretim sürecinde istenmeyen çıktılar oluşması durumunda uygun değildir (Zhou, Poh, & Ang, 2007, s. 2). Bu nedenle çalışmada SO<sub>x</sub> emisyonlarının minimizasyonu istendiğinden girdi odaklı VZA tercih edilmiştir. Ölçeğe göre sabit getiri CCR modeli (Charnes, Cooper, & Rhodes, 1978) teknik etkinlik ve ölçek etkinliğini de içermektedir. Ölçeğe göre değişken getiri BCC modeli (Banker, Charnes, & Cooper, 1984) etkinliğin kaynağının yalnızca teknik etkinlikten kaynaklandığını varsayar. Etkinlik skoru oranı  $S_m = \frac{q_{CCR}}{q_{BCC}}$  m. ülkenin görece ölçek etkinliğini ölçer.

#### DEA CRS Ölçeğe Göre Sabit Getirili ve Girdi Odaklı VZA Modeli

s.t. min  $\Theta$

$$\sum_{i=1}^I u_{im} x_{im} \leq \Theta x_{i0} \quad i=1,2,\dots,I$$

$$\sum_{j=1}^J v_{jm} y_{jm} \geq y_{j0} \quad j=1,2,\dots,J$$

$$v_{jm}, u_{im} > 0 \quad m \in 1,2,\dots,N \quad (2)$$

$\sum_{j=1}^J v_j, \sum_{i=1}^I u_i = 1$  kısıtı model (2)'yi model (3)'e dönüştürür.

#### DEA VRS Ölçeğe Göre Değişken Getirili ve Girdi Odaklı VZA Modeli

Min  $Z_0 = \Theta$

$$\sum_{j=1}^J v_j y_{jm} \geq Y_j, j=1,2,\dots,J$$

$$b_i - \sum_{j=1}^J u_j y_{ij} \leq 0, i=1,2,\dots,I$$

$$\sum_{j=1}^J v_j - \sum_{i=1}^I u_i = 1, m \in 1,2,\dots,N \quad (3)$$

#### 4.2. Veri

Çalışmada uygulanacak çevresel performans modelinin girdileri olarak SO<sub>x</sub> emisyonları ve toplam kömür ve petrol tüketimi minimize edilecek göstergeler; GSMH, nüfus ve doğal gaz tüketimi çıktı ayağı olarak seçilmiştir. Göstergelere ait istatistikler farklı kaynaklardan elde edilmişlerdir. GSMH ve nüfus verileri Dünya Bankası'nın "Dünya Kalkınma Göstergeleri"nden (Dünya Bankası, 2010) ve toplam kömür, petrol ve doğal gaz istatistikleri 2009 BP Dünya Enerji Raporu'ndan (BP, 2009) elde edilmiştir. Söz konusu raporlarda geçmişe dönük istatistiksel veriler yer aldığından, analiz için seçilen 1997 ve 2007 yıllarına ait istatistikler bu raporlardan alınmıştır. SO<sub>x</sub> verileri ise Birliğin istatistik kurumu Eurostat tarafından yayınlanmadığından, Stern (2010) tarafından yapılan hesaplamalar kullanılmıştır. Çalışma Avrupa Birliği ülkelerinden 19 tanesini kapsamaktadır. Avrupa ülkelerinin hepsine ait sülfür verileri mevcut olmadığı için birlik ülkelerinin tamamı analize dâhil edilememiştir. Birliğe aday ülke konumundaki Türkiye, bu süreç kapsamında çevresel etkinlik hesaplarının yapılabilmesi ve gelişmesinin gözlemlenebilmesi için örnekleme dâhil edilmiştir. Analizde VZA yönteminin uygulanmasında DEAP (Data Envelopment Analysis Program) bilgisayar programı kullanılmıştır. VZA uygulayabilmek için ihtiyaç duyulan en az karar birimi sayısı "2\*Girdi sayısı\*Çıktı Sayısı" çarpımı kadar olmalıdır. Söz konusu koşul 20 adet karar birimi ile karşılanmaktadır.

#### 4.3. Bulgular

Analizden elde edilen sonuçlar Tablo 2'de yer almaktadır. 1997 yılında CRS varsayımı altında etkinliği sağlamış olan ülkeler Avusturya, Macaristan, Litvanya, Hollanda, Romanya, İsveç ve Türkiye'dir. Bu etkinlik sonucu göstermektedir ki; bu ülkeler daha az SO<sub>x</sub> emisyonu, toplam kömür ve petrol tüketimi ile daha fazla çıktı elde etmektedirler.

CRS varsayımı altında teknik etkinlik ve ölçek etkinliği birlikte karşılanmaktadır. VRS etkinlik ölçümü ise salt teknik etkinliği ölçmektedir. Hesaplamalar VRS varsayımı altında tekrarlandığında yukarıda etkinliği sağlamış ülkelere ilave olarak Fransa, İtalya ve Birleşik Krallık da etkin çıkmışlardır. Bu üç ülke en ideal ölçek büyüklüğünde faaliyet göstermemektedirler. Aynı yıl için en az etkin ülke Çek Cumhuriyeti olmuştur. Daha önce de belirtildiği gibi ölçek etkinliği CRS/VRS oranı ile ölçülmektedir. Birim ölçek etkinliği ülkenin en etkin üretkenlik ölçeğinde olduğunu göstermektedir. Buna göre 1997 yılında Avusturya,

Bulgaristan, Macaristan, Litvanya, Hollanda, Romanya, İsveç ve Türkiye bu etkinliği sağlamışlardır.

2007 yılı incelendiğinde CRS varsayımı altında 1997 yılında etkinliği sağlamış olan ülkelere ilave olarak Bulgaristan, İtalya ve Birleşik Krallık da etkinliklerini geliştirmişlerdir. VRS varsayımına göre 1997 yılında etkinliği sağlamış olan ülkelere ilave olarak Danimarka ve Bulgaristan da etkinliklerini arttırmışlardır. Ölçek etkinliği 1997 yılı ile kıyaslandığında İrlanda ve Birleşik Krallığın da etkinliklerin arttırdıkları görülmüştür. 2007 yılı için Çek Cumhuriyeti ve Yunanistan en az etkinlik skorunu elde etmiş ülkeler olarak karşımıza çıkmaktadırlar.

**Tablo 2. Etkinlik Sonuçları**

Ülkeler	1997			2007		
	CRS	VRS	ÖLÇEK	CRS	VRS	ÖLÇEK
Avusturya	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Bulgaristan	0,611	0,611	1,000	1,000	1,000	1,000
Çek Cumhuriyeti	0,362	0,388	0,931	0,386	0,387	0,997
Danimarka	0,704	0,733	0,961	0,882	1,000	0,882
Finlandiya	0,630	0,690	0,914	0,595	0,641	0,928
Fransa	0,995	1,000	0,995	0,965	1,000	0,965
Yunanistan	0,497	0,508	0,979	0,364	0,373	0,974
Macaristan	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
İrlanda	0,775	0,936	0,827	0,803	0,892	0,900
İtalya	0,904	1,000	0,904	1,000	1,000	1,000
Litvanya	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Hollanda	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Polonya	0,402	0,427	0,941	0,411	0,521	0,789
Portekiz	0,675	0,694	0,973	0,645	0,673	0,959
Romanya	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Slovakya	0,880	0,900	0,978	0,696	0,715	0,972
İspanya	0,665	0,668	0,997	0,523	0,587	0,890
İsveç	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Birleşik Krallık	0,836	1,000	0,836	1,000	1,000	1,000
Türkiye	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000



## 5. Tartışma

Analizden elde edilen bulgular literatürde enerji üretimi ve tüketiminin çevresel performans üzerindeki ilişkisini farklı kirletici gazlar açısından ve VZA yöntemini kullanarak inceleyen çalışmalarla karşılaştırıldığında, etkinliğe ulaşan ya da daha az etkinlik performansı gösteren ülkeler açısından benzerliklerle karşılaşılmaktadır. Her ne kadar farklı ülke grupları ve farklı türde gaz kirleticiler ile çalışılıyor olsa da genel bir ifade ile enerji ve çevresel performans değerlendirmelerinde etkinlik ve daha az etkinlik gösteren ülkelerin benzeştiği görülmektedir. Polonya ve Çek Cumhuriyeti, farklı yıllar için yapılan, gerek tek başına CO<sub>2</sub> emisyonlarının kullanıldığı çalışmalarda (Ramanathan, 2002) gerekse SO<sub>x</sub> ve NO<sub>x</sub>'nin de dâhil edildiği çoklu kirleticiler için yapılan çalışmalarda (Gavurova, Kocisova, Behun, & Tarhanicova, 2018; Fare, Grosskopf, & Hernandez-Sancho, 2004) etkinliği sağlayamayan ülkeler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde, yine her iki ülke çevresel etkinliği sağlayamamış ülkeler arasında yer almaktadır. Etkinlik sıralaması açısından değerlendirildiğinde ise çevresel performans değerlendirmesinde, tek gaz kirletici değişkeni ile veya çoklu kirleticiler ile yapılan karşılaştırmalarda, diğer ülkelere kıyasla etkinliği sağlayan ülkeler Fransa ve İtalya olarak karşımıza çıkmaktadır.

## SONUÇ

Hava kirliliği, özellikle asitlenmenin çevresel kalite, doğal ekosistem ve insan sağlığı üzerindeki etkileri yıkıcıdır. Söz konusu asitlenmeye sebep olan kükürt oksitler, hava kalitesini etkilemekle kalmayıp asit yağmurları ile birleştiği takdirde toprak, su, bina vb. bütün fiziki çevreyi olumsuz etkileyen emisyonlardır. Bunun yanı sıra hava kirliliği tek başına yerel düzeyde ve ulusal sınırlar kapsamında değerlendirilebilecek bir sorun da değildir. Ülkelerin hava kirleticileri emisyon değerleri kabul edilebilir sınırlar içinde olabilir ancak başka ülkelerden kaynaklanan emisyonların atmosferde oldukça uzak noktalara taşınabildikleri göz ardı edilmemelidir. Dolayısıyla hava kirliliğine dönük çözüm önerilerinin bütünleştirilmiş enerji ve çevre politikası kararları ile uluslararası seviyede, çok sayıda ülkenin katılımı ile geliştirilmesi önemlidir. AB'nin uyguladığı politikalar sonucunda kirletici emisyonlar içinde en büyük azalma kalemi SO<sub>x</sub> emisyonlarında gerçekleşmiştir. SO<sub>x</sub> emisyonları 1990 yılındaki 25 milyon tona kıyasla 2016 yılında 2,4 milyon tona düşmüştür. SO<sub>x</sub> emisyonlarındaki azalmanın en büyük kaynağı enerji üretimi ve dağıtım sektöründen gelmektedir (Eurostat, 2018). 1990-2011 yılları arasında sülfür oksit (SO<sub>x</sub>) emisyonları %74 azalmış ve AB Cenevre sözleşmesinde konulan hedefleri yerine getirmiştir. Dolayısı ile mevcut uygulamalar ve regülasyonlar devam ediyor olacağından sülfür istatistikleri ile ilgili güncelleme yapılmayacağı kamuoyuna duyurulmuştur (Avrupa Çevre Ajansı, 2015).

Bu çalışmada Veri Zarflama Yöntemi aracılığıyla 19 Avrupa Birliği üyesi ülke ve Türkiye'nin fosil yakıt kaynaklı SO<sub>x</sub> emisyonları GSMH, nüfus, doğal gaz kullanımları ile karşılaştırılmıştır. VZA yöntemi farklı türde göstergeleri bir arada kullanabilme kapasitesi nedeniyle sıklıkla kullanılan bir analiz yöntemidir. Bu çalışmada da ekonomik, çevresel ve sosyal göstergeleri kullanarak ülkelerin performanslarının ölçülmesine ve birbirleri ile karşılaştırılabilmesine olanak sağlamıştır. Yöntem 1997 ve 2007 yılları için kullanılmıştır. Analiz

yılları olarak Gothenburg Protokolü'nün imzalanmasından önceki 1997 yılı ile Protokolün yürürlüğe girmesinden sonra etkileri görebilmek için 2007 yılları seçilmiştir. Böylelikle uluslararası girişimlerin uygulamaya konulan çevre politikalarının etkilerini karşılaştırabilmek mümkün olmaktadır.

Girdi minimizasyonu modeli ile elde edilen göreceli etkinlik skorları; sülfür emisyonları ve toplam kömür ve petrol kullanımları olmak üzere girdilerin yüzdesel olarak ne kadar azaltıldığı takdirde etkinlik skoruna erişilebileceği belirlenmiştir. Değerlendirilen her iki yılda da CRS varsayımı altında etkinlik skorları %50'nin altında olan ülkeler Çek Cumhuriyeti, Yunanistan ve Polonya olmuştur. Analiz sonuçlarına göre 20 ülkenin ortalama etkinlik skorları 1997 yılına kıyasla 2007 yılında anlamlı bir farklılık göstermiyorken, etkinlik skorlarını yükselten ülkelerin sayısı 2007 yılında artmış bulunmaktadır. Sülfür emisyonları ile mücadele edebilmek için atılan adımlar uygulamada da etkisini göstermiştir. 1990 yılı sonrasındaki yirmi yıllık süreçte Avrupa Birliği'ndeki sülfür oksit emisyonları, sözleşme öncesi döneme göre anlamlı ölçüde azalmıştır. Bu nedenle Avrupa Birliği istatistik kurumu EUROSTAT sülfür emisyonu istatistiklerini toplamama kararı almıştır. Bu noktada UMSHAK sözleşmesinden yola çıkılarak yapılan bu analiz, ülkelerin bir araya geldikleri takdirde sınır ötesi ve bütünsel olarak değerlendirilmesi gereken hava kirliliğinin önlenmesinde önemli ilerlemeler elde edebileceğini göstermektedir.

İleride yapılacak çalışmalarda, VZA yönteminin esnek yapısı gereği modelin farklı türde kirleticiler için de uygulanabilmesi mümkündür. Ölçümde kullanılacak kirleticilerin çeşitlendirilmesinin yansırı bölgesel ve yerel ölçekte de uygulanabilir olması, politika yapıcılarının karar alma süreçlerini veri odaklı sürdürülebilirliklerine olanak sağlayacaktır. Geleneksel ekonomik büyüme odaklı değil aynı zamanda toplum ve çevreyi de göz önünde bulunduran, sürdürülebilirlik bakışı ile karşılaştırma ve ölçüm yapmaya olanak sağlayacak yöntemlerinin yaygınlaştırılması yararlı olacaktır.

#### KAYNAKÇA

- Avrupa Çevre Ajansı. (2015). *European Environment Agency*. 11 19, 2018 tarihinde <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/eea-32-sulphur-dioxide-so2-emissions-1/assessment-3> adresinden alındı
- Banker, R., Charnes, A., & Cooper, W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 9(30), s. 1078-1092.
- Barla, P., & Perelman, S. (2005). Sulphur emissions and productivity in industrialized countries. *Annals of Public and Cooperative Economics*, 2(76), s. 275-300.
- BP. (2009). *World Energy Report*.
- Charnes, A., Cooper, W., & Rhodes, E. (1978). Measuring efficiency of decision making units. *Eur J Oper Res*(2), s. 429-444.
- Dünya Bankası. (2010). *World development indicators*. [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org) adresinden alındı

- Eurostat. (2018). *Statistics explained*. 11 19, 2018 tarihinde  
<https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/pdfscache/1181.pdf> adresinden alındı
- Fare, R., Grosskopf, S., & Hernandez-Sancho, F. (2004). Environmental performance: an index number approach. *Resource and Energy Economics*(26), s. 343-352.
- Farell, M. (1957). The measurement of productive efficiency. *J. Royal Stst Soc*(120), s. 253-281.
- Gavurova, B., Kocisova, K., Behun, M., & Tarhanicova, M. (2018). Environmental performance in OECD countries: A non-radial DEA approach. *Acta Montanistica Slovaca*, 2(23), s. 206-215.
- Godish, T. (2004). *Air quality* (4th Edition b.). Lewis Publishers.
- Kampa, M., & Castanas, E. (2008). Human effects of air pollution. *Encironmental Pollution*(151), s. 362-367.
- Orhan, G. (2012). Hava kirliliği ve asit yağmurları: Uzun Menzilli Sınırlarötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi ve Protokolleri karşısında Türkiye'nin konumu. *Marmara Avrupa Araştırmaları Dergisi*, 20(1), s. 123-150.
- Ramanathan, R. (2002). Combining indicators of energy consumption and CO2 emissions: A cross country comparison. *International Journal of Global Energy Issues*(17), s. 214-227.
- Stern, D. (2010). <http://www.sterndavidi.com/datasite.html> adresinden alındı
- UNECE. (2007). *Strategies and policies for air pollution abatement review 2006*. 11 10, 2018 tarihinde  
<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/lrtap/ExecutiveBody/2006.Strat.PoliciesReview.E.pdf> adresinden alındı
- UNECE. (2018). [http://www.unece.org/env/lrtap/status/lrtap\\_s.html](http://www.unece.org/env/lrtap/status/lrtap_s.html) adresinden alındı
- Yaisawarng , S., & Klein, J. (1994). The effects of sulphur dioxide controls on productivity change in the US elektrik power industry. *The Review of Economics and Statistics*, 3(76), s. 447-460.
- Zhou, P., Poh, K., & Ang, B. (2007). A non radial DEA approach to measuring environmental performance. *European Journal of Operational Research*(178), s. 1-9.