

TÜRKİYE ELEKTRİK DAĞITIM ŞİRKETLERİNİN ETKİNLİK VE VERİMLİLİK ANALİZİ

Meryem EMRE AYSİN¹, Gürkan ÇALMAŞUR²

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada özelleştirme programına alınan Türkiye elektrik dağıtım şirketleri performansının etkinlik ve verimlilik açısından incelenmesi hedeflenmektedir.

Yöntem: Veri zarflama analizi ve Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi kullanılarak etkinlik ve verimlilik analizi yapılmıştır. Etkinlik ölçümünde, ölçeğe göre sabit getiriye dikkate alan girdi odaklı CCR modeli ve ölçeğe göre değişen getiriye dikkate alan girdi odaklı BCC modelleri denenmiştir. Malmquist Toplam Faktör Verimliliği İndeksi ile ilgili dönemde toplam faktör verimliliklerindeki değişim ve bu değişimin kaynakları açıklanmıştır.

Bulgular: Verimlilik 2013 yılında en düşük, 2016 yılında ise en yüksek seviyededir. En büyük toplam faktör verimliliği artışı 2013-2014, düşüşü ise 2014-2015 döneminde gerçekleşmiştir. Sektörün bir bütün olarak toplam faktör verimliliği artışı yıllık ortalama %10,5'tir. Çalışma sonuçları, karar birimlerinin etkisiz çalıştığını ve dağıtım şirketlerinin hizmet verdikleri bölgelerdeki refah düzeyi farklılıklarının etkinlik üzerinde belirgin bir etkisi bulunmadığını göstermektedir.

Özgünlük: Çalışmada elektrik dağıtım şirketlerinin hem etkinlik hem de verimlilikleri 2012-2018 dönemi için incelemiştir. Enerji sektörünün önemi sebebiyle bu konu araştırılmaya değer görülmüştür. Çalışma bu nedenlerle özgün nitelik taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Elektrik Dağıtım, Etkinlik, Verimlilik, Veri Zarflama Analizi, Malmquist Toplam Faktör Verimliliği.

JEL Kodları: C61, D24, Q42.

EFFICIENCY AND PRODUCTIVITY ANALYSIS OF TURKISH ELECTRICITY DISTRIBUTION COMPANIES

ABSTRACT

Purpose: This study aims to investigate the performance of Turkey's electricity distribution companies added the privatization program from the point of efficiency and productivity

Methodology: Efficiency and productivity analyses were conducted using Data Envelopment Analysis and Malmquist Total Factor Productivity Index. For the measurement of efficiency, the input-oriented CCR model, which considers the constant return to scale, and the input-oriented BCC models, which consider the variable return to scale, have been tried. The change in total factor productivity and the sources of this change in the related period were explained by Malmquist Total Factor Productivity Index.

Findings: Efficiency has its lowest level in 2013 and highest level in 2016. The greatest increase in total factor productivity occurred in 2013-2014, and greatest decrease occurred in the period of 2014-2015. The average increase in total factor productivity of the sector as a whole is 10,5% annually. The results of the study indicate that the decision units work inefficiently and that the differences in the welfare level of the regions served by the distribution companies do not have a significant effect on the efficiency.

Originality: In the study both efficiency and productivity of the electricity distribution companies are examined for the period 2012-2018. Due to the importance of the energy sector this subject is worth investigating. For these reasons, the study has originality.

Keywords: Electricity Distribution, Efficiency, Productivity, Data Envelopment Analysis, Malmquist Total Factor Efficiency.

JEL Codes: C61, D24, Q42.

¹ Arş. Gör., Erzurum Teknik Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Erzurum, Türkiye, meryem.aysin@erzurum.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1188-8239 (Sorumlu Yazar-Corresponding Author).

² Doç. Dr., Erzurum Teknik Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Erzurum, Türkiye, gurkan.calmasur@erzurum.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8515-5719.

1. GİRİŞ

Performans ölçümü, kurumların hedefleri doğrultusunda elde edilen ürün, hizmet ve sonuçları ele alan bir değerlendirme sürecidir. Bu analitik süreç, verilerin toplanması, analiz edilmesi ve raporlanması gibi süreçlerin sistemli bir şekilde gerçekleştirilmesini ifade eder (Lorcu, 2010). Kurumlar, çeşitli kısıtlar altında üretim yaparlar. Üretimde kullanılacak ürünün ham maddesinin azlığı ve üretici firmanın maliyet olanağı bu kısıtlardan bazılarıdır. Bu alanlarda üretim yapan kurumlar, kaynaklarını etkin ve verimli kullanmalıdır. Optimizasyon, bu sektörlerde kritik önem taşımaktadır.

Kurumların, işletmelerin veya firmaların performansı kalite, etkililik, etkinlik ve verimlilik gibi birçok boyutu içerir (Yolalan, 1993: 6). Etkinlik ve verimlilik, performans ölçümlerinde sıklıkla kullanılan kavramlardır. Kaynakların sınırlı, isteklerin de sınırsız olduğu bir dünyada kaynakların etkin ve verimli kullanılması elzemdir. Dolayısıyla bireylerin, kurumların ve hatta siyasal karar düzeylerine kadar herkesin bu kavramların bilincinde olarak hareket etmesi gerekir (Altan ve diğerleri, 2015).

Etkinlik ve verimlilik kavramları farkında olmadan yanlış kullanılabilir. Verimlilik veya üretkenlik kavramı en basit tanımı ile çıktının girdiye oranıdır. Bu tanıma göre verimlilik göreceli bir kavram değildir ve firmaların tek başına verimlilikleri hesaplanabilir. Firmaların etkinliği ise genel anlamda tüketilen girdilerin en fazla çıktıyı üretebilme başarısıdır. Farklı firmaların uygulamış oldukları politikaların etkinlik açısından başarısı etkinliğin gözlemlenmesi ve dolayısıyla ölçülmesi ile mümkün olmaktadır (Tarım, 2001: 5-11).

Verimlilik, üretimde kullanılan girdilerin süreç sonunda elde edilen çıktılara oranıdır. Bu oranlama üretimde kullanılan üretim faktörünün ismi ile anılır. Eğer üretimde kullanılan iş gücü ile verimlilik hesaplanıyorsa iş gücü verimliliği, sermaye üzerinden hesaplanıyorsa sermaye verimliliği denir ki bu verimlilik ölçütleri kısmi faktör verimliliği olarak adlandırılır. Üretim faktörleri birlikte değerlendirildiğinde toplam faktör verimliliği elde edilir. Üretim sürecinde kullanılan bu faktörlerin miktarındaki artışın yanı sıra verimliliklerinde de artış gerçekleşiyorsa toplam üretim aynı yönde değişir. Kısmi verimlilik veya toplam faktör verimliliğindeki artışlar üretim artışının kaynağı olarak ifade edilebilir (Ünsal, 2020).

Etkinlik ölçme yöntemlerini üç başlık altında incelemek mümkündür:

- Rasyo analizinde her bir oran verimlilikle ilgili boyutlardan yalnızca birini dikkate alır. Bu nedenle bazı oranlar işletmeyi çok başarılı olarak tespit ederken bazıları işletmenin başarısız olduğunu gösterir. Dolayısıyla tek boyutlu bu yöntem, farklı oranları ağırlıklandırıp tek bir ölçüt veremez. Bu yöntemde tek girdi ve tek çıktı değişkenleri arasındaki ilişki incelendiği için bu değişkenlerin dışındaki etkinlik unsurları dikkate alınmamaktadır. Bu yönüyle bu yöntem performans ölçümünde yeterli görülmemektedir (Kaya ve Aktan, 2011; Bayram, 2016).
- Parametrik yöntemlerin kullanıldığı etkinlik analizlerinde üretim fonksiyonuna ait matematiksel kalıbın bilindiği varsayılır. Bu yöntem fonksiyonel formu bilinen sınıra ait parametreleri tahminler. Tahmin edilen her gözlemin bu sınıra olan uzaklığını ölçer (Çakmak ve diğerleri, 2008: 34).
- Parametrik olmayan yöntemler ise parametrik yöntemlerin alternatifi olarak ortaya çıkmıştır. Bu yöntem, matematiksel programlamalar kullanır. Çok sayıda girdi ve çok sayıda çıktı içerebilir. Uygulamasının kolay olduğunu söylemek mümkündür (Baysal ve diğerleri, 2005).

Etkinlik ve verimlilik analizlerinde sıklıkla tercih edilen parametrik olmayan yöntemlerden biri Veri Zarflama Analizi'dir (VZA). Bu yöntemin kullanıldığı araştırmalar genellikle finans sektöründe (Cingi ve Tarım, 2000; Çolak ve Altan, 2002; Webb, 2003; Atan, 2003; Torun ve Özdemir, 2015), otomotiv sektöründe (Yılmaz ve diğerleri, 2002; Bakırcı, 2006; Karaduman, 2006; Çoban, 2007; Lorcu, 2010; Chen, 2011; Zhiyuan ve Shanjun, 2011), imalat sektöründe (Deliktaş, 2002; Aytemiz, 2006; Pehlivanlıoğlu, 2011), elektrik enerjisi sektörünün performans analizlerinde (Bağdadioğlu ve diğerleri, 1996; Zhang ve Bartels, 1998; Giannakis ve diğerleri, 2005; Von Hirschhausen ve diğerleri, 2006; Hess ve Cullman, 2007; Bağdadioğlu ve diğerleri, 2007; Cullman ve Hirschhausen, 2008; Sadjadi ve Omrani, 2008; Pérez ve Tovar, 2009; Lo ve diğerleri, 2011; Düzgün, 2011; Çelen, 2013; Çelen, 2016; Dönmezçelik, 2014; Koçak ve Boran, 2019; Güler ve diğerleri, 2007) sıklıkla kullanılmaktadır. Elektrik enerjisi sektörü ayrıca parametrik bir yöntem olan stokastik sınır yaklaşımı ile de incelenmektedir (Goto ve Tsutsui, 2008; Sadjadi ve Omrani, 2008; Şenyücel, 2012; Yenioğlu ve Toklu, 2020).

Türkiye elektrik enerjisi sektörünü inceleyen çalışmalardan Bağdadioğlu ve diğerleri (1996), 70 elektrik dağıtım şirketinin etkinliğini incelemiştir. Çalışmanın yapıldığı dönemde Türkiye'de dağıtım hizmeti hem kamu hem özel şirketler tarafından verilmektedir. Sonuçlar, kamu ve özel dağıtım şirketlerinin etkinlik skorlarında önemli fark olmadığını kanıtlamıştır. Bağdadioğlu (2007) ise Türkiye elektrik dağıtım sektöründeki reform ve birleşmelerin etkinlik ve verimlilik üzerindeki etkilerini incelemiştir. Sonuçlar, birleşmelerin etkinlik üzerinde pozitif bir etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Düzgün (2011: 165), elektrik

dağıtım şirketlerinin etkinlik ve verimlilik analizinde büyük şirketlerin küçük şirketlere göre kaynak kullanımında daha etkin olduğunu ortaya koymuştur. Sonuçlar ayrıca sosyoekonomik açıdan refah düzeyi yüksek bölgelerdeki şirketlerin, refah düzeyi düşük bölgelere kıyasla daha etkin çalıştığını göstermiştir. Çelen (2013), iki aşamalı çalışmada önce dağıtım şirketlerinin etkinlik değerlerini hesaplamış, daha sonra bu skorları bağımlı değişken olarak ele almış ve tobit modelden yararlanarak çevresel iş değişkenlerinin bu skora olan etkisini incelemiştir. Elde edilen sonuçlar, çevrenin müşteri yoğunluğunun ve özel mülkiyetin verimliliği pozitif yönde etkilediğini kanıtlamıştır. Yazarın 2016 yılında yaptığı çalışmada ise yine aynı dönem için şirketlerin teknik etkinlik değerleri parametrik olmayan bir yöntem olan stokastik sınır analizi ile incelenmiş ve bu amaçla stokastik sınır analizi modelinden türetilmiş farklı model tanımlamaları kullanılmıştır. Sonuçlar denenen tüm modellerde piyasada ölçeğe göre artan getirinin olduğunu ve teknolojik ilerlemenin makul-orta düzeyde olduğunu ispatlamıştır. Dönmezçelik (2014: 83-86), dağıtım şirketlerinin mali ve teknik etkinliklerini incelemiş, Charnes-Cooper-Rhodes modeli (CCR) etkinlik skorlarını Banker-Charnes-Cooper (BCC) model sonuçlarından düşük bulmuştur. Analiz sonuçları elektrik dağıtımında faaliyet gösteren şirketlerin etkinliklerinin yıllar içinde değiştiğini ve bu şirketlerin optimum ölçek kurma noktasında başarılı olmadıklarını göstermiştir. Koçak ve Boran (2019), Türkiye’de 81 ildeki elektrik tüketimini tüketici bazında incelemiştir. Etkin olan il sayısı CCR modeline göre 15, BCC modeline göre 26 olup BCC modelinin daha ılımlı olduğu, sanayinin az olduğu bölgelerde etkinlik skorunun daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yenioğlu ve Toklu (2020: 98-99), olasılık teorisinden yararlandıkları çalışmalarında klasik VZA modellerine göre daha esnek olan stokastik VZA’da simetrik hata yapısı kullanarak karşılaştırmalı analizler yapmışlardır. Dağıtım şirketlerinin deterministik ve şans kısıtlı stokastik VZA modellerine simetrik hata yapısının dahil edilmesiyle performans analizi yapılmış, sonuçlar daha önceki deterministik VZA çalışmaları ile karşılaştırılmıştır. Şans kısıtlı stokastik etkinliğin değerlendirilmesinde hata payının yüksek olduğu görülmüştür. Çalışma sonuçları, refah düzeyi yüksek bölgelerde hizmet veren şirketlerin, refah düzeyi düşük bölgelerde hizmet veren şirketlere göre daha etkin çalıştıklarını, maliyetlerini daha iyi yönettiklerini kanıtlamıştır.

Zhang ve Bartels (1998), Avustralya, İsveç ve Yeni Zelanda’daki elektrik dağıtım endüstrilerinin etkinliğini incelemiştir. Analizlerde monte carlo simülasyonu kullanılmış, ortalama etkinliğin örneklem büyüklüğü ile ilişkisi ortaya konulmuştur. Simülasyon sonuçları, örneklem büyüklüğü arttıkça tahmini teknik etkinliğin azalma, örneklem büyüklüğü azaldıkça etkinliğin artma eğiliminde olduğunu göstermiştir. Giannakis ve diğerleri (2005), Birleşik Krallık’taki elektrik dağıtım şirketlerini incelemiştir. Araştırma, maliyet tasarrufunun azaltılmasına, yatırım verimliliği ve hizmet kalitesinin artırılmasına yönelik yapılan reformlar sonrası kalite odaklı bir kıyaslama yapılmasını hedeflemiştir. Bu amaçla kamu hizmetlerinin teknik etkinliği incelenmiş, kaliteyi içeren Malmquist indeksi kullanılarak zaman içindeki verimlilik analiz edilmiştir. Bulgular, düşük maliyet yapısına sahip olan firmaların yüksek hizmet kalitesi sunmasına gerek olmadığını, maliyet modelleri verimlilik puanlarının kalite tabanlı modellerle yüksek korelasyonu olmadığını göstermiştir. Ayrıca hizmet kalitesindeki iyileşmelerin, sektörün toplam verimliliğini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. Von Hirschhausen ve diğerleri (2006), 553 Alman elektrik dağıtım şirketinden 307’sinin etkinliğini incelemiştir. Çalışma sonuçları çok küçük şirketlerin bir maliyet avantajına sahip olduğunu ve düşük müşteri yoğunluğunun etkinliği önemli ölçüde değiştirdiğini göstermiştir. Cullmann ve diğerleri (2007), Doğu Avrupa elektrik dağıtım şirketlerinin etkinliklerini incelemiştir. Sonuçlar, Polonya dağıtım şirketlerinin hala çok küçük olduğunu, Çek Cumhuriyeti’nin en yüksek verimliliğe sahip olduğunu, Slovakya ve Macaristan’ın orta düzeyde etkinliğe sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca, özelleştirmenin dört ülkede de teknik etkinlik üzerinde olumlu bir etkisi olduğu sonuçlar arasında yer almaktadır. Goto ve Tsutsui (2008), büyük ölçekli ABD elektrik enerjisi tesislerinin etkinliğini incelemiştir. Araştırmada deregülasyonun bu tesisler üzerindeki etkisi incelenmiş, üretim, iletim/dağıtım ve genel yönetim gibi üç ayrı fonksiyonun etkinliği ve bunların her biri üzerindeki deregülatör etkileri analiz edilmiştir. Çalışma bulguları, deregülasyonun üretim ve genel uygulama fonksiyonlarının etkinliği üzerinde önemli düzeyde etkisi olduğunu gösterirken, iletim/dağıtım fonksiyonunda herhangi bir etkisi olmadığını ortaya koymuştur. Lo ve diğerleri (2011), Tayvan’da faaliyet gösteren elektrik dağıtım bölgesinin göreceli verimliliğini araştırmış, etkinsiz çalışan bölgelerde ölçek etkinliğinin teknik etkinlikten daha düşük olduğunu ortaya koymuştur.

Elektrik enerjisi, küresel anlamda en çok tüketilen ve çeşitli alanlarda kullanılan enerji türüdür. Küreselleşme, nüfus artışı ve teknolojiye yaşanan gelişmelerle birlikte elektrik talebi artmıştır. Artan bu talep, yenilenebilir enerji çeşitliliğinin artırılmasına yönelik çalışmalarla ve enerjinin/elektriğin etkin ve verimli bir şekilde kullanılması ile karşılanabilir (Bekmez ve Manga, 2013; Karagöl ve Tür, 2017: 7). Bu konuda az sayıda çalışmanın yapılması ve konunun önemi sebebi ile Türkiye elektrik enerjisi sektöründe dağıtım faaliyeti gösteren 21 elektrik dağıtım şirketinin performansı 2012-2018 dönemi için ampirik olarak araştırılacaktır. Performans ölçütü olarak etkinlik ve verimlilik kavramları kullanılacaktır. Etkinlik, VZA ile incelenecek girdi odaklı CCR ve girdi odaklı BCC modelleri ayrı ayrı denenecek, sonuçlar karşılaştırılacaktır. Toplam faktör verimliliğindeki değişime Malmquist Toplam Faktör Verimliliği indeksi ile tespit edilerek bu değişimin kaynakları incelenecektir. Çalışma bu nedenlerle özgün nitelik taşımaktadır.

Çalışmanın giriş bölümünü takiben ikinci bölümde Türkiye elektrik sektörü ve dağıtım şirketleri ile ilgili genel bir çerçeve çizilecektir. Üçüncü bölümde performans ölçütü olarak tercih edilen etkinlik ve verimlilik kavramlarının, VZA ve Malmquist Toplam Faktör Verimliliği indeksinin incelenmesi planlanmaktadır. Dördüncü bölümde ise analiz sonuçları ve bulgular irdelenecek ve sonuç bölümünde çalışma değerlendirmeye tabi tutularak tartışılacaktır.

2. TÜRKİYE ELEKTRİK SEKTÖRÜ

Elektik enerjisi, günlük hayatımızın ve üretimin her alanında kullanılmaktadır. Nüfusun, tüketimin, üretimin ve sanayileşmenin artmasıyla birlikte elektrik enerjisi sektörü oldukça önem kazanmıştır. Bu sektör, diğer sektörlerle büyük ölçüde etkileşim halindedir. Türkiye’de elektrik enerjisi üretim ve dağıtımının mülkiyeti kamunun elinde bulunsa da elektrik dağıtım sektörü özelleştirilmiş ve devletin elektrik dağıtım hizmeti sona ermiştir. Devlet yeni düzenleme ile birlikte serbestleşen piyasada denetleyici ve düzenleyici rol oynamaktadır. Serbestleşme sonrası elektrik dağıtım hizmeti bağımsız ve sözleşmeli şirketler tarafından verilmeye başlamış ve sektörde rekabetin önü açılmıştır.

Elektrik hizmetlerinin 1970 yılında Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) tarafından yürütülmesine karar verilene kadar geçen dönemde DSİ, İller Bankası, Etibank ve yerel idareler hizmet vermiş, dağıtım şirketleri ise yerel idarelerin kontrolünde faaliyetlerini sürdürmüştür. 1982 yılında yerel idarelerin yönetiminde olan dağıtım hizmeti TEK’e devrolmuş ve 1984 yılında 3096 sayılı Kanun’un yürürlüğe girmesine kadar devam etmiştir. 1993 yılında Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ) kurulana kadar sektör kamu tekeli niteliği taşımıştır (Düzgün, 2011: 61).

Elektrik üretim, iletim, dağıtım ve arz aşamalarından geçmekte ve en son tüketiciye ulaşmaktadır. Bu enerjiyi depolamak mümkün değildir. Elektrik talebinin esnekliği düşüktür ve enerji talebi hemen karşılanmalıdır (Başaran ve Bağdadioğlu, 2010). Elektrik dağıtım hizmeti, tüketiciye dağıtım şirketleri tarafından verilmektedir. Türkiye, elektrik dağıtım ve perakende satış sektöründe rekabetçi piyasa şartlarının oluşturulması ve çeşitli reformların uygulanması için kamu mülkiyetindeki işletmeler, yeniden yapılandırılmıştır. Bu amaçla TEDAŞ 02.04.2004 tarih ve 2004/22 sayılı Özelleştirme Yüksek Kurulu Kararı ile özelleştirme kapsam ve programına alınmıştır. Bu programla birlikte dağıtım bölgeleri yeniden belirlenmiş ve Türkiye 21 dağıtım bölgesine ayrılmıştır (TEDAŞ, 2013). Bu bölgelere ve hizmet verdikleri illere ait bilgiler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Elektrik dağıtım şirketleri

Dağıtım Şirketleri	Dağıtım Şirketlerinin Hizmet Verdiği İller	Dağıtım Şirketleri	Dağıtım Şirketlerinin Hizmet Verdiği İller	Dağıtım Şirketleri	Dağıtım Şirketlerinin Hizmet Verdiği İller
Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş	Diyarbakır, Şanlıurfa, Batman, Siirt, Şırnak	Mardin, Meram Elektrik Dağıtım A.Ş	Konya, Kırşehir, Niğde, Karaman	Aksaray, Nevşehir, Sakarya Elektrik Dağıtım A.Ş	Sakarya, Kocaeli, Düzce, Bolu
Vangölü Elektrik Dağıtım A.Ş	Van, Bitlis, Muş, Hakkâri	Başkent Elektrik Dağıtım A.Ş	Ankara, Kırıkkale, Çankırı, Karabük, Zonguldak, Bartın, Kastamonu	Osmangazi Elektrik Dağıtım A.Ş	Eskişehir, Bilecik, Uşak, Afyonkarahisar
Aras Elektrik Dağıtım A.Ş	Erzurum, Ağrı, Iğdır, Bayburt	Erzincan, Ardahan, Akdeniz Elektrik Dağıtım A.Ş	Antalya, Burdur	Isparta, Boğaziçi Elektrik Dağıtım A.Ş	İstanbul Avrupa Yakası
Çoruh Elektrik Dağıtım A.Ş	Giresun, Trabzon, Rize, Artvin	Gediz Elektrik Dağıtım A.Ş	İzmir, Manisa	Kayseri Elektrik Dağıtım A.Ş	Kayseri
Fırat Elektrik Dağıtım A.Ş	Elazığ, Tunceli, Bingöl	Malatya, Uludağ Elektrik Dağıtım A.Ş	Bursa, Çanakkale	Balıkesir, Yalova, ADM Elektrik Dağıtım A.Ş	Aydın, Denizli, Muğla
Çamlıbel Elektrik Dağıtım A.Ş	Tokat, Sivas, Yozgat	Trakya Elektrik Dağıtım A.Ş	Edirne, Kırklareli	Tekirdağ, Akedaş Elektrik Dağıtım A.Ş	Kahramanmaraş, Adıyaman
Toroslar Elektrik Dağıtım A.Ş	Adana, Hatay, Gaziantep, Kilis	Mersin, Osmaniye, Anadolu Yakası Elektrik Dağıtım A.Ş	İstanbul Yakası	Anadolu Yeşilirmak Elektrik Dağıtım A.Ş	Sinop, Samsun, Ordu, Amasya, Çorum

Elektrik enerjisi toplumun ortak mallarından biridir ve doğal kaynaklardan elde edilmektedir. Elektrik enerjisi, birincil enerji kaynaklarının dönüştürülmesi ile elde edilir ki bu kaynaklar sonsuz değildir. Bu nedenle elektrik enerjisi sektöründe faaliyet gösteren birimlerin üretim, dağıtım ve yatırım kararlarını doğru alması, kıt kaynakları israf etmeden kullanması toplum refahı ve ülke çıkarları açısından son derece önemlidir. Bu çalışmada, ülkelerin gelişmişlik düzeyleri ve toplum refahı ile yakın ilişkisi bulunan, kaynak kıtlığı sebebiyle çeşitli politikalar geliştirilen alanlardan biri olan elektrik enerjisi sektörünün etkinlik ve verimliliğinin incelenmesi hedeflenmektedir. Bu amaçla, Türkiye’de faaliyet gösteren 21 elektrik dağıtım şirketinin etkinlik ve verimlilikleri 2012-2018 dönemi için ampirik olarak incelenecektir.

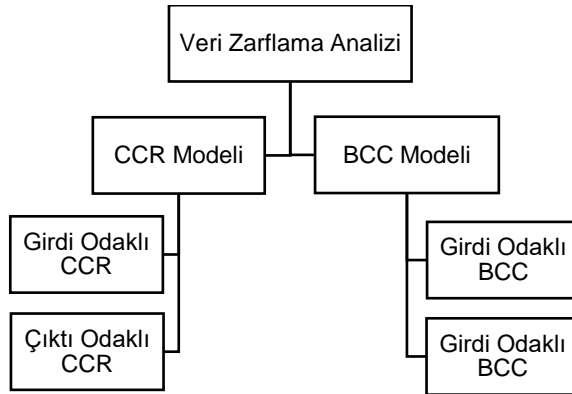
3. YÖNTEM

Bu çalışmada elektrik enerjisi sektörünün performansı etkinlik ve verimlilik açısından incelenecek ve sonuçlar alan yazınla karşılaştırılarak tartışılacaktır. Etkinlik analizlerinde parametrik olmayan bir yöntem olan VZA kullanılacaktır. Ayrıca Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi ile verimlilikteki değişme ve bu değişim kaynakları irdelenecektir.

3.1. Veri Zarflama Analizi

VZA, Farrell’in (1957) teknik etkinlik yöntemini dikkate alarak Charnes ve diğerleri tarafından 1978 yılında geliştirilmiştir (Charnes ve diğerleri, 1978). Bu yöntemle çok sayıda girdi ve çıktı değişkeni kullanılarak benzer mal ve hizmet üreten firma veya kurumların etkinlikleri incelenebilmektedir. Bu yöntem, girdi ve çıktı değişkenlerinin ortak bir ölçüde indirgenemediği durumlarda karar verme birimlerinin toplam faktör verimliliğini ölçmeyi sağlayan doğrusal programlama esasına dayanır (Özden, 2008). Parametrik olmayan bir terim olması ile kastedilen bir üretim teknolojisi için sonlu sayıda parametresi olan ve Cobb Douglas üretim fonksiyonu gibi fonksiyonel formu verilebilir bir yapıya sahip olmamasıdır (Karacaer, 1998: 11). Bu model, karar birimlerine kendi etkinliklerini maksimum yapabileme imkânı tanır. Her bir karar birimi üretim sürecinde kullandığı girdi ve çıktıları seçerken faydasını maksimum yapacağını düşündüğü değişkenleri seçer. Karar verme birimleri görece olarak daha yüksek performans gösterdikleri girdi veya çıktıların ağırlığını artırıp daha düşük performans gösterdikleri girdi ve çıktı değişkenlerinin ağırlıklarını azaltmayı seçebilmektedir (Ahıska, 2003).

VZA’da girdi ve çıktı miktarları farklı olan benzer karar birimleri birbiriyle kıyaslanır, görece etkinlik değerleri belirlenir (Mello ve diğerleri, 2002). Bu sebeple karar birimlerinin benzer mal ve hizmetleri benzer şekilde üretmeleri, aynı hedefe yönelik üretim yapıları ve benzer pazar şartları altında faaliyet sürdürüyor olmaları gerekir (Karsak ve İşcan, 2000). Bu yöntem matematiksel programlamaya dayanan parametresiz bir karar verme tekniğidir (Ahıska, 2003). VZA, ölçeğe göre getirinin türüne göre CCR ve BCC, bu iki model de kendi içinde girdi ve çıktı odaklı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Asandului ve diğerleri, 2014).



Şekil 1. Ölçeğe göre getirinin türüne göre VZA modelleri

Girdi odaklı VZA, belirli bir çıktının minimum maliyetle üretilebilmesini, çıktı odaklı VZA ise belirli bir girdiyle maksimum çıktı elde edilebileceğini gösterir (Charnes ve diğerleri, 1981). Girdi odaklı modellerde belirli bir çıktı miktarını üretebilmek için girdiler minimuma indirilir. Çıktı odaklı modellerde ise belirli miktarda girdi kullanılır ve bu girdilerin kullanılması ile çıktı maksimum hale getirilir (Asandului ve diğerleri, 2014). VZA modelleri primal ve dual olmak üzere iki farklı formda kullanılabilir. Dual model primal modelle karşılaştırıldığında daha az matematiksel işlem gerektirir. Ayrıca dual modeller önemli yönetsel bilgiler sağlamaktadır (Cinemre, 2004: 107-108). Bu çalışmada Charnes ve diğerleri (1978) tarafından geliştirilen ölçeğe göre sabit getiriyi ve ölçeğe göre değişen getiriyi dikkate alan girdiye yönelik dual model kullanılmıştır.

VZA modelinde n tane karar verme biriminin m tane farklı girdisi ve s tane farklı çıktısı olduğu ve j 'inci karar biriminin i 'inci girdi miktarı $x_{ij} \geq 0$, r 'inci çıktı miktar $Y_{rj} \geq 0$ olduğu durumda, girdi odaklı VZA Eşitlik 1-3'teki gibi tanımlanabilir (Özden, 2008: 170-171).

$$Enb \frac{u_1.Y_{1k} + u_2.Y_{2k} + \dots + u_s.Y_{sk}}{v_1.X_{1k} + v_2.X_{2k} + \dots + v_m.X_{mk}} = Enb \frac{\sum_{r=1}^s u_r.Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i.X_{ik}} \quad (1)$$

$$\frac{u_1.Y_{1j} + u_2.Y_{2j} + \dots + u_s.Y_{sj}}{v_1.X_{1j} + v_2.X_{2j} + \dots + v_m.X_{mj}} \leq 1 \rightarrow \frac{\sum_{r=1}^s u_r.Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i.X_{ij}} \leq 1; j = 1, \dots, n \quad (2)$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0, u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0 \quad (3)$$

Enb enbüyüklemeyi, Enk ise enküçüklemeyi ifade eder. u_r karar verme biriminin r . çıktıya verdiği faktör ağırlığını, v_i karar verme biriminin i . girdiye verdiği faktör ağırlığını gösterir. Y_{rk} , verimliliği ölçen karar birimine ait r . çıktı miktarını ifade eder. X_{ik} verimliliği ölçen karar birimine ait girdi miktarını, Y_{rj} j . karar birimine ait r . çıktı miktarını, X_{ij} ise j . karar birimine ait i . girdi miktarını ifade eder.

Bu çalışmada ölçeğe göre sabit getiriye dikkate alan girdi odaklı CCR ve ölçeğe göre değişen getiriye dikkate alan girdi odaklı BCC modelleri kullanılacaktır. BCC modelini CCR modelinden ayıran tek fark BCC modeline $e\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n = 1$ kısıtının eklenmemesidir (Cooper ve diğerleri, 2011: 12; Seiford ve Zhu, 1999). Bu kısıt dual çarpan problemlerine ek bir değişken tanıtır. Ölçeğe göre değişen getiriye dikkate alan bu model, $\lambda_j \geq 0$ şartı ile birlikte, n adet karar verme biriminin farklı kombinasyonlarının, içbükey bir verimlilik üst sınırı çizgisi dâhilinde gerçekleştirilmesine imkân vermektedir (Cooper ve diğerleri, 2011: 9-11). Dual formda girdi odaklı CCR modeli Eşitlik 4-6'daki gibi ifade edilmektedir (Cooper ve diğerleri, 2011: 9; Özden, 2008).

$$Enk\theta_k; \sum_{j=1}^n \lambda_{jk} X_{ij} \leq \theta_k X_{ik} \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{jk} Y_{rj} \geq Y_{rk} \quad (5)$$

$$\lambda_{jk} \geq 0 \quad (6)$$

Dual formda girdi odaklı BCC modeli Eşitlik 7-10'daki gibi ifade edilmektedir (Özden, 2008: 174).

$$Enb \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} - u_k \quad (7)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} - u_k \leq 0 \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i X_{jk} = 1 \quad (9)$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon > 0, u_k \text{ serbest} \quad (10)$$

Çalışmada etkinliğin yanı sıra toplam faktör verimliliğindeki değişim ve bu değişim kaynakları incelenecektir. Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi, etkinlikte meydana gelen değişimi bir bütün olarak ele almaktadır. Bu indeks, üretim süreçlerinin sonunda elde edilen çıktılar ile üretimde kullanılan girdiler oranını ifade eder. Girdi birimi başına daha fazla çıktı üreten bir firma daha üretkendir. Ancak farklı birçok 'girdi birimi' göz önünde bulundurulduğunda farklı seçenekler, farklı üretkenlik kavramlarına karşılık gelir (Murray, 2016).

Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi, panel verilerin kullanıldığı, belirli bir zaman aralığında üretkenliği ölçmek ve ardındaki sebepleri incelemek için kullanılan yöntemlerdendir (Keskin Benli, 2006). Bu indeks iki gözlem için toplam faktör verimliliğinde meydana gelen değişimin belirli bir teknolojiye olan uzaklığını ölçer. Bu uzaklık fonksiyonu çok girdi ve çıktıyı içeren üretim teknolojisi, maliyet minimizasyonu ve kâr maksimizasyonu hedeflerini belirtmeden, tanımlamada kullanılan bir araçtır (Tarım, 2001). Farrell (1957), parçalı doğrusal teknoloji kullanarak teknik verimliliğin ölçülmesini önermiştir. Doğrusal programlama, bir "en iyi uygulama" sınır teknolojisi oluşturur. Farrell'in verimlilik ölçüsü, Malmquist verimlilik indeksi için teorik temeli sağlayan Shephard'ın uzaklık fonksiyonunun tersidir. Üretim teknolojisi, t zaman periyodu için çoklu girdi ve çıktı vektörlerinin kümesi olarak temsil edilir (Umetsu ve diğerleri, 2003). İndeksin elde edilebilmesi için uzaklık fonksiyonlarının tanımlanması gerekir. Uzaklık fonksiyonları girdi ve çıktı uzaklıkları olarak sınıflandırılabilir. t zamanında çok girdili ve çok çıktılı üretim teknolojisi olduğu ve bu üretim teknolojisinin S^t olarak tanımlandığı durumda çıktı uzaklık fonksiyonları ve bu fonksiyonlardan elde edilen Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi formülasyonu Eşitlik 11'de (Rezitis, 2006), çıktı uzaklık fonksiyonu ise Eşitlik 12'de verilmiştir.

$$S^t = \{(x^t, y^t) : x^t, y^t \text{ üretir}\}, t = 1, \dots, T \quad (11)$$

$$D_0^t(x^t, y^t) = \inf\{\theta : (y^t / \theta) \in S^t\}, t = 1, \dots, T \quad (12)$$

$M_0^t(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t)$ ve $M_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t)$ t ve $t + 1$ zamandaki verimlilikleri ölçen malmquist indeksleridir. Färe ve diğerleri (1989), Malmquist toplam faktör verimliliği indeksini iki malmquist indeksin geometrik ortalaması olarak tanımlar ve aşağıdaki şekilde formüle eder (Eşitlik 13).

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = [M_0^t(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) \times M_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t)]^{1/2} \quad (13)$$

$$= \left[\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \times \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2}$$

Toplam faktör verimliliğindeki değişim indeksi, teknik etkinlikteki değişim değeri ile teknolojik değişim değerinin çarpımına eşittir (Angelidis ve Lyroudi, 2005). TED teknik etkinlikteki değişmeyi, TD teknolojiye bağlı değişmeyi ifade eder. Bu indekslere ait fonksiyonlar Eşitlik 14'te verilmiştir (Rezitis, 2006).

$$TED = \frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)}; TD = \left[\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (14)$$

3.2. Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin Belirlenmesi

Etkinlik ve verimliliğin VZA analizinde ilk adım, karar verme birimlerine ait girdi ve çıktı değişkenlerinin seçimidir. Karar birimlerinin gözlem kümesi açısından "homojen" olması gerekmektedir (Bektaş, 2007: 27).

Elektrik enerjisi sektörünü VZA ile etkinlik ve verimlilik açısından inceleyen çalışmalarda en çok kullanılan değişkenler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Alan yazında sık kullanılan girdi ve çıktı değişkenleri

<i>Girdi Değişkenleri</i>	<i>Çıktı Değişkenleri</i>
İşletme Maliyetleri-Giderleri	Dağıtılan Enerji miktarı
Personel Sayısı	Abone Sayısı
Trafo Kapasitesi	Hizmet Alanı
Şebeke-Hat Uzunluğu	Maksimum Talep

Kaynak: Jamas and Pollitt (2001), Giannakis ve diğerleri (2005).

Girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesinde, alanda yapılan çalışmalardan (Bağdadioğlu ve diğerleri, 2016; Jamas and Pollitt, 2001; Giannakis ve diğerleri, 2005; Düzgün, 2011: 116) faydalanılmış, sektörün etkinlik ve verimliliğini etkileyeceği düşünülen değişkenler seçilmiştir. Çalışmada kullanılacak girdi ve çıktı değişkenleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Çalışmada kullanılacak girdi ve çıktı değişkenleri

<i>Girdi Değişkenleri</i>	<i>Çıktı Değişkenleri</i>
Personel Sayısı (Adet)	Net Tüketim (MWh)
Hat Uzunluğu (km)	Abone Sayısı (Adet)

Personel sayısı (adet) ve hat uzunluğu (km) girdi değişkenleri olarak modele dahil edilmiştir. Personel sayısı emek girdisi, hat uzunluğu ise sermaye girdisi olarak değerlendirilmiştir. Dağıtılan elektrik miktarını ifade eden net tüketim (MWh) ve abone sayısı (adet) çıktı değişkenleri olarak kullanılmıştır. Elektrik dağıtım hizmetlerinin büyük bir kısmı (ölçüm hizmetleri, fatura kesme, müşteri ilişkileri gibi) abone sayısı ile ilişkilidir. Net tüketimin tek çıktı olarak kullanıldığı durumda abone sayısının az ya da daha çok olduğu firmalar arasında haksız rekabet olmaması açısından abone sayısı da çıktı değişkeni olarak modele dahil edilmiştir (Çelen, 2016). Çalışmada kullanılan değişkenlere ait veriler TEDAŞ resmi internet sitesinde yer alan bilgi edinme bölümünden temin edilmiştir. Alan yazında bu sektörü inceleyen çalışmalarda girdi odaklı yöntemlerin tercih edildiği görülmüştür. Elektrik dağıtım hizmeti veren şirketler girdi değişkenlerine müdahale edebiliyorken çıktı değişkenleri üzerinde çok fazla müdahale imkânları bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışmada girdi odaklı yöntemlerin kullanılması uygun görülmüştür.

4. BULGULAR

Bu çalışmanın temel amacı 2012-2018 dönemi için Türkiye elektrik sektörünün etkinlik ve verimliliğini analiz etmektir. Etkinliğin ölçülmesinde VZA yönteminden yararlanılmış ve verimliliğin incelenmesinde Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi kullanılmıştır. Elektrik dağıtım şirketlerinin etkinliğinin ölçülmesinde girdi odaklı CCR modeli ve girdi odaklı BCC modelleri denenmiş ve teknik etkinlikleri incelenmiştir. Bu modellerde karar birimleri etkin ya da etkin olmayan şekilde sınıflandırılmaktadır. Etkinlik skorunun 1 olması karar biriminin etkin, 1'den küçük olması etkisiz olduğunu ifade eder. CCR modeline ait sonuçlar Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Girdi odaklı CCR model sonuçları

<i>Dağıtım Şirketleri</i>	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	<i>Ortalama</i>
Dicle	0,382	0,360	0,378	0,388	0,384	0,380	0,374	0,378
Van Gölü	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Aras	0,865	0,760	0,751	0,770	0,788	0,811	0,774	0,788
Çoruh	0,677	0,543	0,556	0,566	0,610	0,600	0,585	0,591
Fırat	0,752	0,662	0,696	0,707	0,710	0,715	0,720	0,709
Çamlıbel	0,845	0,732	0,793	0,806	0,909	0,830	0,809	0,818
Toroslar	0,170	0,174	0,170	0,171	0,172	0,173	0,179	0,173
Meram	0,295	0,307	0,320	0,323	0,323	0,325	0,331	0,318
Başkent	0,148	0,164	0,155	0,156	0,157	0,157	0,166	0,158
Akdeniz	0,309	0,330	0,319	0,319	0,323	0,323	0,323	0,321
Gediz	0,203	0,207	0,206	0,207	0,209	0,210	0,211	0,208
Uludağ	0,240	0,232	0,213	0,213	0,215	0,215	0,220	0,221
Trakya	0,584	0,604	0,634	0,639	0,648	0,640	0,645	0,628
Anadolu Yakası	0,251	0,253	0,245	0,239	0,296	0,270	0,252	0,258
Sakarya	0,369	0,382	0,397	0,395	0,390	0,385	0,385	0,386
Osmangazi	0,407	0,391	0,398	0,398	0,402	0,398	0,398	0,399
Boğaziçi	0,133	0,134	0,140	0,142	0,159	0,146	0,142	0,142
Kayseri Elektrik	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Adm	0,419	0,416	0,418	0,391	0,470	0,433	0,397	0,421
Akedaş	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Yeşilirmak	0,652	0,661	0,656	0,623	0,790	0,707	0,671	0,680
Ortalama	0,510	0,491	0,497	0,498	0,522	0,510	0,504	0,505

Tablo 4 incelendiğinde, 21 dağıtım şirketinin üçünün (Vangölü, Kayseri ve Akedaş Elektrik Dağıtım A.Ş.) tüm yıllarda etkin olduğu tespit edilmiştir. Bu şirketler en düşük abone sayısına sahip olan şirketlerdir. Yıl ortalamaları dikkate alındığında etkin olmayan 18 şirketten Boğaziçi Elektrik Dağıtım A.Ş.'nin en etkinsiz şirket olduğu görülmüştür. Bu şirket abone sayısının en fazla olduğu şirkettir. Yıl bazında ortalama etkinlik değeri incelendiğinde 0,491 ile 2013 yılının en düşük, 0,522 ortalama ile 2016 yılının en yüksek etkinlik ortalamasına sahip olduğu saptanmıştır. BCC model sonuçlarına ise Tablo 5'te yer verilmiştir.

Tablo 5 incelendiğinde, 4 dağıtım şirketinin (Vangölü, Kayseri, Akedaş ve Yeşilirmak Elektrik Dağıtım A.Ş.) tüm yıllarda etkin olduğu görülmüştür. Etkin olmayan 17 şirketten Boğaziçi Elektrik A.Ş.'nin etkinlik skoru CCR modeli sonuçlarıyla paralel olarak en düşük ortalamaya sahip şirket olarak tespit edilmiştir. Yıl bazında ortalama etkinlik değeri dikkate alındığında 0,511 ortalama ile 2013 yılı en düşük, 0,534 skor ile 2016 en yüksek ortalamaya sahip yıllar olarak bulunmuştur. Etkinlik skorları değişse de en yüksek ve en düşük etkinlik skorlarına ait yıllar CCR ve BCC modellerinde farklılık göstermemiştir. CCR modelinde etkinsiz olan Yeşilirmak Elektrik Dağıtım A.Ş. bu modelde etkin bulunmuştur.

Tablo 5. Girdi Odaklı BCC model sonuçları

<i>Dağıtım Şirketleri</i>	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Ortalama
Dicle	0,382	0,360	0,378	0,388	0,384	0,380	0,374	0,378
Van Gölü	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Aras	0,865	0,760	0,751	0,770	0,788	0,811	0,774	0,788
Çoruh	0,677	0,543	0,556	0,566	0,610	0,600	0,585	0,591
Fırat	0,752	0,662	0,696	0,707	0,710	0,715	0,720	0,709
Çamlıbel	0,845	0,732	0,793	0,806	0,909	0,830	0,809	0,818
Toroslar	0,170	0,174	0,170	0,171	0,172	0,173	0,179	0,173
Meram	0,295	0,307	0,320	0,323	0,323	0,325	0,331	0,318
Başkent	0,148	0,164	0,155	0,156	0,157	0,157	0,166	0,158
Akdeniz	0,309	0,330	0,319	0,319	0,323	0,323	0,323	0,321
Gediz	0,203	0,207	0,206	0,207	0,209	0,210	0,211	0,208
Uludağ	0,240	0,232	0,213	0,213	0,215	0,215	0,220	0,221
Trakya	0,584	0,604	0,634	0,639	0,648	0,640	0,645	0,628
Anadolu Yakası	0,251	0,253	0,245	0,239	0,296	0,270	0,252	0,258
Sakarya	0,369	0,382	0,397	0,395	0,390	0,385	0,385	0,386
Osmangazi	0,407	0,391	0,398	0,398	0,402	0,398	0,398	0,399
Boğaziçi	0,133	0,134	0,140	0,142	0,159	0,146	0,142	0,142
Kayseri Elektrik	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Adm	0,480	0,493	0,502	0,490	0,519	0,503	0,468	0,494
Akedaş	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Yeşilirmak	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ortalama	0,529	0,511	0,518	0,520	0,534	0,528	0,523	0,523

Tablo 6'da ise ortalama toplam faktör verimliliğindeki değişme ve bu değişimin kaynakları yer almaktadır. Toplam faktör verimliliği değişme indeksi (TFVD) 1'den büyük ise toplam faktör verimliliğinde artış, 1'den küçük ise azalış söz konusudur. Toplam faktör verimlilik indeksi teknik etkinlikte değişme (TED) ve teknolojiye bağlı değişme (TD) indekslerinden oluşur. Teknik etkinlikteki değişme de pür etkinlikteki değişme (PED) ve ölçek etkinliğindeki değişmeden (ÖED) oluşur. Ölçek etkinliğindeki değişme, firmanın uygun ölçekte üretim faaliyetinde bulunma başarısını göstermektedir. TED, üretim sınırını yakalama etkisini TD ise üretim sınırının yer değiştirmesini ifade eder (Rezits, 2006). TED'in 1'den büyük olması, firmanın üretim sınırını yakalama başarısını, TD'nin 1'den büyük olması ise üretim sınırının yukarı kaydığını gösterir. Ayrıca, TED'in bileşenlerinden PED ve ÖED'nin 1'den büyük olması, ilgili firmanın yönetsel etkinlik ve uygun ölçekte üretim yapma konusundaki başarısını gösterir (Deliktaş, 2002; Deliktaş, 2006; Karacabey, 2002). Dönemler itibarıyla toplam faktör verimliliğindeki değişme ve bu değişimin kaynakları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Ortalama toplam faktör verimliliklerindeki değişme ve bu değişimin kaynakları

<i>Dönemler</i>	<i>TED</i>	<i>TD</i>	<i>PED</i>	<i>ÖED</i>	<i>TFVD</i>
2012-2013	0,947	0,930	1,000	0,947	0,881
2013-2014	1,075	1,948	1,000	1,075	2,093
2014-2015	0,937	0,785	1,000	0,937	0,736
2015-2016	1,049	1,076	1,000	1,049	1,129
2016-2017	0,977	1,422	1,000	0,977	1,389
2017-2018	0,992	0,863	1,000	0,992	0,856
Ortalama	0,995	1,111	1,000	0,995	1,105

TED= Teknik Etkinlikteki Değişme, TD= Teknolojik Değişme, PED= Pür Etkinlikteki Değişme, ÖED= Ölçek Etkinliğindeki Değişme, TFVD= Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişim

Dönemler itibarıyla teknik etkinlikte değişme kaydetmeyen yıl bulunmamaktadır. Elektrik dağıtım şirketleri içinde en büyük toplam faktör verimliliği artışı yıllık ortalama %109,3 ile 2013-2014 döneminde gerçekleşmiştir. Bu artış %94,8 teknolojiye bağlı değişmede yaşanan artış, %7,5 teknik etkinlikteki artış kaynaklıdır. Teknik etkinlikteki artış ise ölçek etkinliğindeki pozitif değişmeden kaynaklanmaktadır. Dağıtım şirketleri içinde en büyük toplam faktör verimliliği azalışı ise yıllık ortalama %26,4 ile 2014-2015 döneminde gerçekleşmiştir. Bu azalışın teknik etkinlik değişim indeksindeki ortalama %6,3 oranında azalış ve

teknolojideki değişimde yaşanan %21,5 azalıştan kaynaklandığı söylenebilir. 2014-2015 döneminde sektörün bütününde teknik etkinlik indeksinde ortaya çıkan %6,3 azalmanın kaynağını da ölçek etkinliktaki negatif yönlü değişme oluşturmaktadır. Tablo 7'de şirketler itibarıyla toplam faktör verimliliğindeki değişme ve bu değişimin kaynakları verilmiştir.

Tablo 7. Malmquist faktör verimliliği indeksi: Şirketler özeti

<i>Dağıtım Şirketleri</i>	<i>TED</i>	<i>TD</i>	<i>PED</i>	<i>ÖED</i>	<i>TFVD</i>
Dicle	0,997	1,309	1,000	0,997	1,304
Van Gölü	1,000	1,315	1,000	1,000	1,315
Aras	1,009	1,272	1,000	1,009	1,283
Çoruh	1,012	1,244	1,000	1,012	1,259
Fırat	1,002	1,286	1,000	1,002	1,289
Çamlıbel	1,006	1,248	1,000	1,006	1,256
Toroslar	1,008	1,296	1,000	1,008	1,306
Meram	1,019	1,273	1,000	1,019	1,297
Başkent	1,019	1,268	1,000	1,019	1,291
Akdeniz	1,008	1,258	1,000	1,008	1,268
Gediz	1,007	1,282	1,000	1,007	1,290
Uludağ	0,985	1,269	1,000	0,985	1,251
Trakya	1,016	1,265	1,000	1,016	1,285
Anadolu Yakası	1,007	1,155	1,000	1,007	1,163
Sakarya	1,007	1,239	1,000	1,007	1,248
Osmangazi	0,858	0,555	1,000	0,858	0,476
Boğaziçi	1,011	1,122	1,000	1,011	1,135
Kayseri Elektrik	1,000	1,092	1,000	1,000	1,092
Adm	0,996	1,055	1,000	0,996	1,051
Akedaş	1,000	1,105	1,000	1,000	1,105
Yeşilirmak	0,936	0,338	1,000	0,936	0,317
Ortalama	0,995	1,111	1,000	0,995	1,105

Tablo 7 incelendiğinde, Türkiye elektrik dağıtım şirketleri bütününde yıllık ortalama %10,5 oranında bir toplam faktör verimliliği artışı olduğu görülmektedir. Bu artışın kaynağını teknik etkinlik değişim indeksindeki ortalama %0,5 azalış ve %11,1 oranında teknolojide yaşanan olumlu gelişmeler oluşturmaktadır. Yıllık ortalama %0,5 oranında gerçekleşen negatif teknik etkinlik değişiminin kaynağını ise yıllık ortalama %0,5 oranında negatif ölçek etkinliği ile açıklamak mümkündür. Şirketler itibarıyla VANGÖLÜ, KAYSERİ ELEKTRİK, AKEDAŞ teknik etkinlikte değişme kaydetmemiştir. Teknik etkinlikteki değişme indeksine göre tüm şirketlerin %62'sinin yıllık ortalama teknik etkinliğinde ilerleme olduğu, %14'ünde herhangi bir değişiklik olmadığı, %24'ünün teknik etkinliğinde gerileme olduğu görülmektedir. Pür etkinlikte değişme yaşanmadığı için şirketlerin teknik etkinliklerinde yaşanan değişimleri firmanın uygun ölçekte üretim faaliyetinde bulunma başarısını ifade eden ölçek etkinliğinde yaşanan değişimlerle açıklamak mümkündür.

5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Gelişen teknoloji ve sanayileşmeyle birlikte elektrik enerjisi bütün dünyada en çok tüketilen enerjilerden biri haline gelmiştir. Elektrik elde edildiği kaynağın kıtlığı, diğer sektörlerde olduğu gibi bu sektörde de sürdürülebilir politika uygulamalarını ve etkin kaynak kullanımını zorunlu hale getirmektedir. Bu çalışma, elektrik dağıtım şirketlerinin performansını araştırmıştır. Burada sunulan sonuçlar, 2012-2018 dönemi boyunca sektörün etkinlik ve verimliliğini ortaya koymuştur. Bu amaçla Türkiye elektrik sektöründe faaliyet gösteren 21 dağıtım şirketine ait veriler kullanılmıştır. Personel Sayısı (Adet) ve Hat Uzunluğu (km) girdi değişkenleri, Net Tüketim (MWh) ve Abone Sayısı (Adet) çıktı değişkenleri olarak tercih edilmiştir. Etkinlik ölçümünde VZA tercih edilmiştir. Çalışmada ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında etkinlik değerlerini hesaplayan girdi odaklı CCR modeli ve ölçeğe göre değişen getiriye dikkate alan girdi odaklı BCC modelleri denenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. CCR ve BCC model sonuçları genel olarak benzerlik gösterse de ADM Elektrik Dağıtım A.Ş. ve Yeşilirmak Dağıtım A.Ş.'nin etkinlik skorları modellerde farklılık göstermiştir. Yıl bazında ortalama etkinlik değeri dikkate alındığında etkinlik skoru CCR modeline göre 0,505, BCC modeline göre 0,523'tür. Çalışma sonuçları karar birimlerinin etkinsiz çalıştığını göstermektedir.

Toplam faktör verimliliği indeksi, neoklasik büyüme modelinde uzun vadeli büyümenin itici gücü olarak kabul edilmektedir (Murray, 2016). Bu nedenle sektördeki dağıtım şirketlerinin verimlilikleri analiz edilmiştir. Bu indeksle verimlilikteki değişimler ve bu değişimin kaynakları incelenmiştir. Bir bütün olarak incelendiğinde sektörün yıllık ortalama verimlilik artışı %10,5 oranında gerçekleşmiştir. En büyük toplam faktör verimliliği artışı 2013-2014, düşüşü ise 2014-2015 döneminde gerçekleşmiştir. Bu artış ve düşüş teknolojideki ve teknik etkinlikteki değişimlerle açıklanabilir. Pür etkinlikte değişme yaşanmadığı için şirketlerin teknik etkinliklerinde yaşanan değişimleri firmanın uygun ölçekte üretim faaliyetinde bulunma başarısını ifade eden ölçek etkinliğinde yaşanan değişimlerle açıklamak mümkündür.

Alan yazın çalışmaları, etkinlik ve verimliliğin sadece piyasa fiyatlarına ve rekabete dayalı olmadığını teknoloji kullanımının da önemli olduğunu, hizmet kalitesi artışının verimliliği artıracağını, kayıp kaçak oranındaki artışların sektörün etkinliğini azalttığını ortaya koymuştur. Uzun yıllar doğal tekel niteliğinde olan sektör dağıtım şirketlerine ayrılmış böylelikle kaynakların daha etkin kullanılması arzu edilmiş olsa da bu alandaki çalışmalar genel olarak sektörün hem ölçüğe göre değişen getiriyi dikkate alan modellerde hem de ölçüğe göre sabit getiriyi dikkate alan modellerde etkin olmadığını ve optimum ölçekli tesisin kurulmadığını ortaya koymuştur. Ayrıca bu sektörü inceleyen çalışmaların çok büyük bir kısmı girdi odaklı modelleri tercih etmiştir. Bunun nedeni de dağıtım şirketlerinin hizmet verdikleri bölgelerde tüm abonelere hizmet götürmek zorunda olması ve çevresel faktörleri değiştirme gücünü elinde bulunduramaması ile açıklanmıştır. Araştırmamız kurulan model ve sonuçlar açısından literatürle uyumluluk göstermektedir. Çalışmamızda elektrik enerjisi sektöründe etkinlik ve verimlilik ile refah seviyesi, coğrafi bölge ve gelişmişlik arasında bir ilişki bulunmamıştır. Alan yazın çalışmalarının bir kısmı pozitif korelasyon olduğunu öne sürmüştür. Çalışmamız bu açıdan literatürden farklılık göstermiştir.

Sektörün etkinlik ve verimliliği, ülke kaynaklarının ve milli servetin korunması açısından oldukça önemlidir. Etkinlik ve verimlilik yalnızca ekonomik unsurlara bağlı değildir. Üretim ve dağıtımda yeni teknolojiye entegre olunması, aynı miktarda kaynak kullanılmasına karşın kapasiteyi ve üretim miktarını artıracaktır. Bu nedenle dağıtım şirketleri, kısa vadede maliyetin artacağı kaygısını göz ardı etmeli ve uzun vadede etkinliği, verimliliği ve dolayısıyla üretimi artıracak teknolojilere yatırım yapmalıdır. Çalışmamız dağıtım şirketlerine mevcut durumlarını göstermekte ve rakipleriyle karşılaştırma yapabilme imkânı sunmaktadır. Bu doğrultuda şirketler yeni hedefler belirleyebilir ve rekabetçi politikalar geliştirebilirler. Araştırmamız 2012-2018 dönemini kapsamaktadır. Sonuçlar farklı zaman dilimlerinde değişiklik gösterebilir. Bu nedenle benzer çalışmaların farklı dönemlerde yapılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Ahıska, S.Ş. (2003). "Les Applications De L'analyse D'enveloppement De Donnees Imprecises", Yüksek Lisans Tezi, Galatasaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Altan, Ş., Atan, M. ve Tokpınar, S. (2015). "Sektörel Etkinlik Ölçümü: Girdi Çıktı Tablosu ve Veri Zarflama Analizi ile Bir Uygulama", *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 7(2), 214-234.
- Angelidis, D. ve Lyroudi, K. (2005). "The Magnitude of off Balance Sheet Activities for the Evaluation of Banking Productivity", *International Conference on Finance*, September 2-4, Copenhagen, Denmark.
- Asandului, L., Roman, M. ve Fatulescu, P. (2014). "The Efficiency of Healthcare Systems in Europe: A Data Envelopment Analysis Approach", *Procedia Economics and Finance*, 10, 261-268.
- Atan, M. (2003). "Türkiye Bankacılık Sektöründe Veri Zarflama Analizi ile Bilançoya Dayalı Mali Etkinlik ve Verimlilik Analizi", *Ekonomik Yaklaşım*, 14(48), 71-86.
- Aytemiz, S.K. (2006). "Ticaretin Serbestleşmesi ve Türkiye İmalat Sanayinde Toplam Faktör Verimliliği", *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(2), 71-93.
- Bağdadioglu, N., Price, C.M.W. ve Weyman-Jones, T.G. (1996). "Efficiency and Ownership in Electricity Distribution: A Non-Parametric Model of the Turkish Experience", *Energy Economics*, 18(1-2), 1-23.
- Bağdadioglu, N., Price, C.W. ve Weyman-Jones, T. (2007). "Measuring Potential Gains from Mergers among Electricity Distribution Companies in Turkey Using A Non-Parametric Model", *The Energy Journal*, 28(2), 82-110.
- Bakırcı, F. (2006). "Sektörel Bazda Bir Etkinlik Ölçümü: VZA ile Bir Analiz", *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20(2), 199-217.
- Başaran, A. ve Bağdadioglu, N. (2010). "Türkiye Elektrik Sektöründe Reform Süreci, Regülasyon ve Rekabet Politikası", *Sosyoekonomi*, 12(12), 137-148.
- Bayram, N. (2016). "Veri Zarflama Analizi ve Toplam Faktör Verimliliği: Aracı Kurumlar Üzerine Bir Uygulama", *Verimlilik Dergisi*, (2), 7-44.
- Baysal, M., Alçılar, B., Çerçioğlu, H. ve Toklu, B. (2005). "Türkiye'deki Devlet Üniversitelerinin 2004 Yılı Performanslarının, Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Belirlenip Buna Göre 2005 Yılı Bütçe Tahsislerinin Yapılması", *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 67-73.
- Bekmez, S. ve Manga, M. (2013). "Türkiye'nin Elektrik Tüketimine Karşı Olan Bağımlılığı ve Verimliliği: Esneklik ve VAR Analizi", *Verimlilik Dergisi*, (3), 41-63.
- Bektaş, A. (2007). "Ankara'daki Özel Liselerin Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile Ölçümü", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Charnes, A., Cooper, W.W. ve Rhodes, E. (1978). "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W.W. ve Rhodes, E. (1981). "Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through", *Management Science*, 27(6), 668-697.
- Chen, Y. (2011). "Productivity of Automobile Industries Using the Malmquist Index: Evidence from the Last Economic Recession", *Journal of Centrum Cathedra*, 4(2), 165-181.
- Cinemre, N. (2004). "Doğrusal Programlama", Beta Basım Yayım, İstanbul.
- Cingi, S. ve Tarım, A. (2000). "Türk Banka Sisteminde Performans Ölçümü Dea - Malmquist TFV İndeksi Uygulaması", TBB Yayını, Ankara.
- Cooper, W.W., Seiford, L.M. ve Zhu, J. (2011). "Data Envelopment Analysis: History, Models, and Interpretations, In Handbook on Data Envelopment Analysis", 1-39, Springer, Boston.
- Cullman, A. (2007). "Efficiency Analysis of East European Electricity Distribution in Transition", *Journal of Productivity Analysis*, 123, 17-75.
- Cullmann, A. ve Yon Hirschhausen, C. (2008). "Efficiency Analysis of East European Electricity Distribution in Transition: Legacy of the Past?", *Journal of Productivity Analysis*, 29(2), 155.
- Çakmak, E.H., Dudu, H. ve Öcal, N. (2008). "Türk Tarım Sektöründe Etkinlik: Yöntem ve Hanehalkı Düzeyinde Nicel Analiz", ODTÜ Yayınları, Ankara.
- Çelen, A. (2013). "Efficiency and Productivity (TFP) of the Turkish Electricity Distribution Companies: An Application of Two-Stage (DEA&Tobit) Analysis", *Energy Policy*, 63, 300-310.
- Çelen, A. (2016). "Technical Efficiency İn Turkish Electricity Distribution Market: An Application of Stochastic Frontier Analysis (SFA)", *Ekonomik Yaklaşım*, 27(101), 161-183.
- Çoban, O. (2007). "Türk Otomotiv Sanayiinde Endüstriyel Verimlilik ve Etkinlik", *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 29, 17-36.

- Çolak, Ö.F. ve Altan, Ş. (2002). "Toplam Etkinlik Ölçümü: Türkiye'deki Özel ve Kamu Bankaları için Bir Uygulama", *İktisat İşletme ve Finans*, 196, 45-55.
- Deliktaş, E. (2002), "Türkiye Özel Sektör İmalat Sanayiinde Etkinlik ve Toplam Faktör Verimliliği Analizi", *ODTÜ Gelişme Dergisi*, 29(3-4), 247-284.
- Deliktaş, E. (2006). "İzmir Küçük, Orta ve Büyük Ölçekli İmalat Sanayiinde Üretim Etkinliği ve Toplam Faktör Verimliliği Analizi", *Working Papers in Economics*, Working Paper No: 06/03, 1-45.
- Dönmezçelik, O. (2014), "Türkiye'deki Elektrik Dağıtım Şirketlerinin Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Düzgün, M. (2011). "Veri Zarflama Analiziyle Elektrik Dağıtım Şirketlerinin Etkinlik ve Verimlilik Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Farrell, M.J. (1957). "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society Series A (General)*, 120(3), 253-281.
- Färe, R., Grosskopf, S., Lindgren, B. ve Roos, P. (1994). "Productivity Developments in Swedish Hospitals: A Malmquist Output Index Approach", *In Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Springer: Dordrecht, 253-272.
- Giannakis, D., Jamasb, T. ve Pollitt, M. (2005). "Benchmarking and Incentive Regulation of Quality of Service: An Application to The UK Electricity Distribution Networks", *Energy Policy*, 33(17), 2256-2271.
- Goto, M. ve Tsutsui, M. (2008). "Technical Efficiency and Impacts of Deregulation: An Analysis of Three Functions in US Electric Power Utilities During the Period From 1992 Through 2000", *Energy Economics*, 30(1), 15-38.
- Güler, E., Kandemir, S.Y. ve Açikkalp, E. (2020). "Türkiye'deki Enerji Dağıtım Şirketlerinin Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi", *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1), 66-79.
- Hess, B. ve Cullmann, A. (2007). "Efficiency Analysis of East and West German Electricity Distribution Companies-Do the "Ossis" Really Beat the "Wessis?", *Utilities Policy*, 15(3), 206-214.
- Jamasb, T. ve Pollitt, M. (2001). "Benchmarking and Regulation: International Electricity Experience", *Utilities Policy*, 9, 107-130.
- Karacabey, A.A. (2002). "Türk Bankalarındaki Üretim Değişiklikleri ve Nedenleri", *İktisat, İşletme ve Finans*, 17(191), 68-78.
- Karacaer, Ş. (1998). "Antalya Yöresindeki 4 ve 5 Yıldızlı Otellerde Toplam Etkinlik Ölçümü: Bir Veri Zarflama Analizi Uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Karaduman, A. (2006). "Data Envelopment Analysis and Malmquist Total Factor Productivity (TFP) Index: An Application to Turkish Automotive Industry", Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Karagöl, E.T. ve Tür, M.R. (2017). "Türkiye'de Elektrik Enerjisi", SETA.
- Karsak, E. ve İşcan, E.F. (2000). "Çimento Sektöründe Görelî Faaliyet Performanslarının Ağırlık Kısıtlamaları ve Çapraz Etkinlik Kullanarak Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi", *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 11(3).
- Kaya, P. ve Aktan, H.E. (2011). "Türk Tarım Sektörü Verimliliğinin Parametrik Olmayan Bir Yöntemle Analizi", *Journal of Alanya Faculty of Business/Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 3(1), 261-282.
- Keskin Benli, Y. (2006). "İstanbul Menkul Kıymetler Borsası İmalat Sanayi için Etkinlik ve Toplam Faktör Verimliliği Analizi", Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Koçak, İ. ve Boran, K. (2016). Türkiye'deki İllerin Elektrik Tüketim Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi", *Politeknik Dergisi*, 22(2), 351-365.
- Lo, F.Y., Chien, C.F. ve Lin, J.T. (2001). "A DEA Study to Evaluate the Relative Efficiency and Investigate the District Reorganization of the Taiwan Power Company", *IEEE Transactions on Power Systems*, 16(1), 170-178.
- Lorcu, F. (2010). "Malmquist Toplam Faktör Verimlilik İndeksi: Türk Otomotiv Sanayi Uygulaması", *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 39(2), 276-289.
- Mello, J.C.C.B.S.D., Lins, M.P.E. ve Gomes, E.G. (2002). "Construction of a Smoothed DEA Frontier", *Pesquisa Operacional*, 22, 183-201.
- Murray, A. (2016). "Partial Versus Total Factor Productivity Measures: An Assessment of Their Strengths and Weaknesses", *International Productivity Monitor*, (31), 113.
- Özden, Ü. (2008). "Veri Zarflama Analizi (VZA) ile Türkiye'deki Vakıf Üniversitelerinin Etkinliğinin Ölçülmesi", *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 37(2), 167-185.
- Pehlivanoğlu, F. (2011). "Doğu Marmara İmalat Sanayi'nde Etkinlik ve Verimlilik (Veri Zarflama Yöntemi İle Bir Analiz)", Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli.

- Pérez-Reyes, R. ve Tovar, B. (2009). "Measuring Efficiency and Productivity Change (PTF) in The Peruvian Electricity Distribution Companies After Reforms", *Energy Policy*, 37(6), 2249-2261.
- Rezitis, A.N. (2006). "Productivity Growth in the Greek Banking Industry: A Non-Parametric Approach", *Journal of Applied Economics*, 9(1), 119-138.
- Sadjadi, S.J. ve Omrani, H. (2008). "Data Envelopment Analysis with Uncertain Data: An Application for Iranian Electricity Distribution Companies", *Energy Policy*, 36(11), 4247-4254.
- Seiford, L.M., ve Zhu, J. (1999). "An Investigation of Returns to Scale in Data Envelopment Analysis", *Omega*, 27(1), 1-11.
- Şenyücel, O. (2012). "Türkiye'de Elektrik Dağıtımında Hizmet Kalitesi ve Etkinlik Ölçümü", Rekabet Kurumu, Ankara.
- Tarım, A. (2001). "Veri Zarflama Analizi: Matematiksel Programlama Tabanlı Görelî Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı", Sayıştay Yayınları, 15, 5-40, Ankara.
- TEDAŞ, https://www.tedas.gov.tr/#!tedas_bilgiedinme., (Erişim tarihi: 11.03.2021).
- Torun, N.K. ve Özdemir, A. (2015). "Türk Bankacılık Sektörünün 2008 Küresel Finansal Krizi Sürecinde Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Analizi", *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (33), 129-142.
- Umetsu, C., Lekprichakul, T. ve Chakravorty, U. (2003). "Efficiency and Technical Change in the Philippine Rice Sector: A Malmquist Total Factor Productivity Analysis", *American Journal of Agricultural Economics*, 85(4), 943-963.
- Ünsal, M.E. (2020). "Ekonomik Büyümenin Kaynağı Olarak İşgücü Verimliliği, Sermaye Verimliliği ve Toplam Faktör Verimliliği: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkelerden Yeni Kanıtlar", *Verimlilik Dergisi*, (3), 7-23.
- Von Hirschhausen, C., Cullmann A. ve Kappeler, A. (2006). "Efficiency Analysis of German Electricity Distribution Utilities–Non-parametric and Parametric Tests", *Applied Economics*, 38(21), 2553-2566.
- Webb, R. (2003). "Levels of Efficiency in UK Retail Banks: A Deep Window Analysis", *International Journal of The Economics of Business*, 10(3), 305-322.
- Yenioğlu, Z.A. ve Toklu, B. (2020). "Stokastik Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü: Türkiye Elektrik Dağıtım Şirketlerinin Karşılaştırmalı Analizi", *Politeknik Dergisi*, 24(1), 87-101.
- Yılmaz, C., Özdil, T. ve Akdoğan, G. (2002). "Seçilmiş İşletmelerin Toplam Etkinliklerinin Veri Zarflama Yöntemi ile Ölçülmesi", *Manas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(4), 174-183.
- Yolalan, R. (1993). "İşletmeler Arası Görelî Etkinlik Ölçümü", Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları: 483, Ankara.
- Zhang, Y. ve Bartels, R. (1998). "The Effect of Sample Size on the Mean Efficiency in DEA with an Application to Electricity Distribution in Australia, Sweden and New Zealand", *Journal of Productivity Analysis*, 9(3), 187-204.
- Zhiyuan, G. ve Shanjun, W. (2011). "The Efficiency Evaluation of Chinese Automobile Enterprise Based on the DEA Model", *Business Management and Electronic Information (BMEI)*, 1, 671-674.