

GAZİ

JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES

Efficiency Change in Coal Mining in Türkiye

M. Esra Atukalp^a, Ayhan Kesimal^b

Submitted: 11.05.2022 Revised: 14.02.2023 Accepted: 11.03.2023 doi:10.30855/gmbd.0705049

ABSTRACT

Keywords: Lignite mining, Hard coal mining, Türkiye, Efficiency, Data envelopment analysis.

¹ This article has been derived from master's thesis titled "Efficiency Analysis in Turkish Coal Mining" which was prepared by M. Esra Atukalp under the supervision of Prof. Dr. Ayhan Kesimal, on Karadeniz Technical University, Graduate Institute of Natural and Applied Sciences, Mining Engineering Department.

^a Giresun University, Bulancak K.K. School of Applied Sciences, Dept. of International Trade and Finance 28300 - Bulancak / Giresun, Türkiye
Orcid: 0000-0001-8412-1448
e mail: esra.atukalp@gmail.com

^b Karadeniz Technical University, Faculty of Engineering, Dept. of Mining Engineering 61080 - Trabzon, Türkiye
Orcid: 0000-0002-9890-8273

*Corresponding author:
esra.atukalp@gmail.com

In connection with industrialization, technological developments and population growth, the need for energy is increasing and supplying the energy needed for the welfare of countries and societies is of great importance. Increasing energy need requires emphasis on energy resources all over the world, providing the highest level of benefit from these resources, and establishing efficiency and effectiveness in terms of the use and production of resources. In this study, it is aimed to determine the efficiency and the efficiency change in Turkish coal mining and to determine the appropriate arrangements to be made in line with the analysis result. Periodic efficiency analysis has been carried out regarding the Turkish Coal Enterprises Institution and the Turkish Hard Coal Enterprise Institution, which are producing lignite and hard coal in Türkiye, and the issues that need to be done at the point of ensuring efficiency have been tried to be determined. In the study, in which the period 2001-2020 was chosen as the review period, the activities related to lignite and hard coal mining were determined by the data envelopment analysis method. According to the results of the analysis, there is a variable activity in lignite and hard coal mining by periods. According to the results of the data envelopment analysis, it is observed that there is a need for regulations regarding maximizing salable production and net sales according to the current investment expenditure and operating expense in coal enterprises in the years when efficiency is not in question.

Türkiye'de Kömür Madenciliğinde Etkinlik Değişimi

ÖZ

Sanayileşme, teknolojik gelişmeler ve nüfus artışı ile bağlantılı olarak enerji ihtiyacı giderek artmakta ve ülkelerin, toplumların refahı için ihtiyaç duyulan enerjinin temini büyük önem arz etmektedir. Artan enerji ihtiyacı tüm dünyada enerji kaynakları üzerinde önemle durulmasını, bu kaynaklardan en üst düzeyde faydanın sağlanmasını, kaynakların kullanımı ve üretimi açısından etkinliğin, verimliliğin tesis edilmesini gerekli kılmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye kömür madenciliğinde etkinliğin ve etkinlikteki değişimin belirlenmesi ve analiz sonucu doğrultusunda yapılması uygun görülen düzenlemelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Türkiye'de linyit ile taşkömürü üretiminde bulunan Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu ve Türkiye Taşkömürü Kurumu'na ilişkin olarak dönemsel etkinlik analizi gerçekleştirilmiş ve etkinliğin sağlanması noktasında yapılması gerekli olan hususlar belirlenmeye çalışılmıştır. İnceleme dönemi olarak 2001-2020 döneminin seçildiği çalışmada, linyit ve taşkömürü madenciliğine ilişkin etkinlikler, veri zarflama analizi yöntemi ile belirlenmiştir. Analiz sonucuna göre linyit ve taşkömürü madenciliğinde dönemler itibarıyla değişken bir etkinlik mevcuttur. Veri zarflama analizi sonuçlarına göre, etkinliğin söz konusu olmadığı yıllarda kömür işletmelerinde, mevcut yatırım harcaması ve faaliyet giderine göre satılabilir üretim ve net satışın en üst düzeye çıkarılmasına ilişkin düzenlemelere ihtiyaç olduğu, gözlenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Linyit madenciliği, Taşkömürü madenciliği, Türkiye, Etkinlik, Veri zarflama analizi.

1. Giriş (Introduction)

Sanayileşme, teknolojik gelişmeler ve nüfus artışı ile bağlantılı olarak enerji ihtiyacı giderek artmakta ve ülkelerin, toplumların refahı için ihtiyaç duyulan enerjinin temini büyük önem arz etmektedir. Artan enerji ihtiyacı tüm dünyada enerji kaynakları üzerinde önemle durulmasını, bu kaynaklardan en üst düzeyde faydanın sağlanmasını, kaynakların kullanımı ve üretimi açısından etkinliğin, verimliliğin tesis edilmesini gerekli kılmaktadır. Artan enerji ihtiyacını karşılayabilmek için birincil-ikincil veya yenilenebilir-yenilenemez şeklinde sınıflandırmalara tabi tutulan enerji kaynaklarından daha fazla yararlanılmaya çalışılmalıdır.

Ülkeler için elektrik başta olmak üzere ikincil enerji kaynaklarına olan ihtiyaç birincil enerji kaynaklarının önemini somutlaştırmaktadır. Elektrik enerjisi üretiminde kaynak dağılımı arasında kömür, %38'lik değer ile en yüksek paya sahiptir [1]. İkincil enerji kaynaklarının oluşturulmasında, petrol, doğalgaz, kömür, odun gibi doğrudan tüketilebilen enerji kaynaklarından oluşan birincil enerji kaynakları kullanılmaktadır. Artan enerji ihtiyacı tüm dünyada mevcut ve yeni enerji kaynakları üzerinde önemle durulmasını gerektirmektedir.

Kömür üretimi, kömürün doğal koşullarına, teknolojik gelişmelere ve ekonomik üretim miktarına bağlı olarak açık ocak işletmeciliği ve yeraltı işletmeciliği şeklinde yapılmaktadır. Üretim biçimini etkileyen bu faktörler, maden yatağı ve üzerindeki toprak örtünün kalınlığı, maden yatağının yayılımı, üretim yönteminin maliyetleri, üretim yöntemleri sonucu oluşacak maden kaybı ve zararları, geliştirme maliyetleri, iklim, topografya, işgücü kullanım imkânı, sermaye olanakları, hedeflenen işlemlerin sürekliliği şeklinde sıralanabilir [2].

Türkiye'deki kömür rezervleri temel olarak linyit ve taşkömürü olarak sınıflandırılabilir. Türkiye, kömür rezervi, üretim payı, tüketim özellikleri dikkate alındığında linyit açısından önceliğe sahip bir ülkedir. Türkiye, dünya ölçeğinde gerek rezerv gerekse üretim miktarı bakımından linyitte orta düzeyde, taşkömüründe (antrasit) ise alt düzeyde yer almaktadır. Yıllar itibariyle kaynak bazında birincil enerji üretimi, linyit ve taşkömürü odaklı olarak ele alındığında 1970-1975 döneminde taşkömürü üretiminin, 1976'dan sonra linyit üretiminin fazla olduğu görülmektedir [1].

Türkiye'de linyit kaynağı Elektrik Üretim Anonim Şirketi, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (TKİ), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü olmak üzere üç kamu kuruluşunda ve özel sektör ruhsat sınırları içerisinde bulunmaktadır [1; 3]. Türkiye'de taşkömürü rezervleri Zonguldak Havzasında bulunmaktadır. Taşkömürü üretimi Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) ve TTK'nın imtiyaz sahasında rödovans usulü ile çalışan özel sektör tarafından gerçekleştirilmektedir [4].

Türkiye'de satılabilir kömür üretimi, Kasım 2020'de 5.861.210 ton/ay linyit, 106.711 ton/ay taşkömürü olmak üzere gerçekleşmiştir. Buna göre linyit üretimi bir önceki yılın aynı ayına göre %18,1 azalmıştır. Taşkömürü üretimi ise önceki yılın aynı ayına göre %6,6 artmıştır [5].

Tüm enerji kaynakları ile ilgili spesifik değerlendirmeler yapılabilmekle birlikte, birincil enerji kaynakları arasında yer alan kömürün elektrik üretiminde, sanayi, konut ve ticari ısıtma sistemlerinde vb. kullanılmakta olduğu ve rezerv ömrü nedeniyle öneme sahip olduğu belirtilebilir. Enerji kaynaklarının tamamı gibi kömürden sağlanabilecek en üst düzey faydanın elde edilmesi, kaynakların kullanımı ve üretim açısından etkinliğin ve verimliliğin sağlanması gerekliliğini beraberinde getirmektedir.

Bu kapsamda kömür madenciliği, kömüre ilişkin teknik analizler, birincil enerji kaynağı olarak kömürün enerji üretimine katkıları, madencilik yöntemleri vb. boyutları ile analizlerde ele alınmaktadır. Türkiye'de ve yabancı ülkelerde, kömür ve kömür madenciliği hususunda yapılmış birçok analiz bulunmaktadır. Bu analizlerden etkinlik ölçümünü konu alanlar incelendiğinde, bir ülkedeki kömür madenciliği işletmelerinin ve kömür madenciliği üretim yöntemlerinin etkinliği, bir kömür işletmesinin yıllar itibariyle gösterdiği etkinlik, farklı iki ülkenin kömür madenciliğine ilişkin etkinlik kıyaslaması gibi konuların araştırıldığı gözlenmektedir.

Türkiye ve yabancı ülkelerde kömür madenciliğine ilişkin olarak yapılmış etkinlik analizi çalışmaları Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1. Kömür madenciliği etkinliği çalışmaları (Studies on coal mining efficiency)

Yazar	Çalışma (Ülke-Dönem-Analiz Konusu)
Kulshreshtha ve Parikh [6]	Hindistan'da yeraltı ve açık ocak kömür madenciliğinin 1985-1997 dönemindeki etkinliğinin incelenmesi,
Uygun vd. [7]	Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu'na bağlı Garp Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü (GLİ) yeraltı ve açıkocak işletmelerinin 1985-2002 dönemindeki üretim yöntemlerinin verimliliğinin karşılaştırılması
Tong ve Ding [8]	Çin'deki kömür madenlerinde güvenlik girdilerinin uygun olmayan şekilde tahsisinin yaygınlaşması nedeniyle kömür madenciliği operasyonlarında sıkça kazaların meydana geldiğini belirttikleri çalışmaları
Fang vd. [9]	Çin ve ABD'deki kömür işletmelerinin 2001-2005 dönemindeki teknik etkinliğinin karşılaştırılması
Çimen [10]	TKİ'nin 8 işletmesinin 2006-2009 dönemindeki etkinliklerinin, süper etkinliklerinin ve toplam faktör verimliliklerinin analiz edilmesi
Aydın ve Önsoy [11]	Zonguldak Taşkömürü Havzası kömür işletmelerinin 2005-2008 yılları arasındaki işgücü, sermaye, ara girdi kısmi faktör verimlilikleri ve toplam faktör verimliliklerinin analiz edilmesi
Bakırcı vd. [12]	2003-2010 yılları arasında Türkiye kömür işletmelerinin verimliliğinin ölçülmesi
Song vd. [13]	2006-2011 dönemine dayalı verilerle 36 Çin kömür işletmesinin operasyonel verimliliğinin incelenmesi. Kömür işletmelerinin iç yapısına göre üretimin üretim süreci ve kirlilik arıtma süreci olarak ayrılarak her iki süreçteki verimliliklerin değerlendirilmesi ve üretim kaybının nedenleri ve çevre verimliliği analiz edilmesi.
Kasap [14]	Türkiye'nin 2000-2015 yılları arasındaki enerji üretiminde kömür kullanımının gelişiminin, toplam faktör verimlilik indeksinden yararlanarak incelenmesi
Li ve Yang [15]	Çin'deki 39 sanayi sektörünün 2003-2014 yılları arasında kömür girdisi ve atık su kontrolüne ilişkin değişkenleri kullanarak toplam faktör verimliliğinin incelenmesi
Phuong [16]	2007-2013 döneminde Vietnam kömür madenciliği endüstrisindeki toplam faktör verimliliği ve verimlilik değişikliklerinin analiz edilmesi
Li vd. [17]	2011-2016 döneminde, 24 Çin ilinde kömür üretim verimliliklerinin ve arazi hasarının değerlendirilmesi
Wu vd. [18]	Çin'de mikro düzey kömür işletmelerinin üretim verimliliğinin ve kömür madeni verilerini kullanarak kömür işletmesi girdi ve çıktı faktörlerinin verimliliğinin analiz edilmesi
Xue vd. [19]	Çin'deki 30 ilde kömür kaynaklarının verimliliğinin 2000-2015 döneminde ölçülmesi ve kömür kaynaklarının verimliliği üzerinde etkili olan faktörlerin analiz edilmesi

İşletmeler için amaçlarına ulaşma doğrultusunda gösterilen çabaların, beklenen ve planlanan sonuçlara uygunluğu etkinlik olarak tanımlanmaktadır. Kömür madenciliği ile ilgili olarak sınırlı kaynakları kullanıma kazandıran bir organizasyonun etkin ve verimli operasyonlara sahip olması gerek ilgili organizasyon gerekse ülke açısından öneme sahip olup, kontrol edilmelidir.

Bu çalışmanın amacı Türkiye'de kömür madenciliğinde etkinliğin ele alınan faaliyet dönemleri itibariyle analiz edilmesi ve bu hususta analiz ile bağlantılı olarak yapılması uygun olabilecek düzenlemelerin ortaya konulmasıdır. Çalışmada Türkiye'de linyit ve taşkömürü üretimi faaliyetlerinde bulunan TKİ ve TTK'ya ilişkin etkinlik analizinin yapılması planlanmıştır. Bu kapsamda TKİ ve TTK'nın 2001-2020 dönemi itibariyle gelir ve üretim noktasında etkinlikleri analiz edilmiştir. Çalışmada daha sonra TKİ ve TTK'nın yıllar itibariyle etkinlikleri değerlendirilerek, kömür madenciliği için etkin olunmayan dönemlerde etkinliğin sağlanması noktasında gerekli düzenlemelerden bahsedilmiştir.

Literatürde yer alan çalışmalarda karar verme birimi olarak kömür işletmelerinin seçilmesi suretiyle işletmelerin etkinliği incelenmekte olup ilgili işletmelerin etkinlik karşılaştırması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın özgün değeri ise karar verme birimi olarak yılların ele alınması suretiyle linyit ve taş kömürü işletmeciliğinde dönemsel etkinliklerin incelenmesi olup, bu kapsamda etkin olunmayan dönemlerde etkinliğin sağlanması noktasında gerekli düzenlemelerin ele alınması öneme sahiptir.

2. Analiz Yöntemi ve Veri Seti (Analysis Method and Data Set)

Türkiye'de linyit kömürü ve taş kömürü işletmeciliği noktasında TKİ ve TTK'nın ele alınan dönem boyunca etkinlik değişiminin belirlenmesi bu bölümde ele alınmıştır. Bölümde analizin yapılacağı yöntem ve ele alınacak veri seti açıklanmıştır.

Performans geliştirme çalışmalarında, kaynakların tam kapasitede kullanılmasına ulaşmak noktasında etkinlik ölçümleri yararlıdır [20]. Etkinlik ölçümünde kullanılan yöntemler oran analizi, parametrik yöntemler ve parametrik olmayan yöntemler olarak üçe ayrılmaktadır.

Oran analizi, tek girdi ve tek çıktı ile uygulanan ve etkinlik ölçümünde kullanılan teknikler arasında en basit ve en yaygın kullanılan yöntemdir.

Parametrik yöntemlerde, etkinlik analizi yapılacak sanayi dalına ilişkin üretim fonksiyonunun analitik bir yapıya sahip olduğu varsayılmakta ve fonksiyonun parametrelerinin belirlenmesine çalışılmaktadır. Parametrik yöntemlerde üretim fonksiyonu tanımlanmasında, çoğunlukla tek çıktı ve birçok girdi ilişkilendirilmektedir. Birçok girdi ve birçok çıktının ilişkilendirildiği parametrik yöntemler de bulunmaktadır [21]. Parametrik yöntemler arasında en yaygın kullanılanı veri zarflama analizidir.

Parametrik olmayan yöntemler, üretim fonksiyonu için analitik formun varlığını öngörmeyen, matematiksel programlamayı çözüm tekniği olarak benimseyen yöntemlerdir. Bu yöntemler, birçok girdi ve birçok çıktının söz konusu olduğu üretim ortamlarında etkinlik ölçümü için uygun yapıya sahiptirler [21]. Parametrik yöntemlerin aksine birden fazla girdi ve çıktı değişkeninin yer alması parametrik olmayan yöntemlerin avantajıdır. Öte yandan rassal hata terimi içermedikleri için hataları modele aktararak etkinlik sınırının yanlış tespit edilmesine neden olmak şeklinde dezavantajı da bulunmaktadır [22].

2.1. Veri zarflama analizi (Data envelopment analysis)

Veri zarflama analizi (VZA), birbirlerine benzer, aynı tür girdiler kullanarak aynı tür çıktılar üreten ekonomik karar verme birimlerinin (KVB) karşılaştırmalı etkinliklerinin ölçülmesi amacıyla geliştirilmiştir [23].

VZA yardımıyla; ele alınan KVB'lerin yönetimlerini değerlendirmek, KVB'lerde etkinsizliğe neden olan kaynakları ve etkinsizlik miktarlarını belirlemek, sınırlı kaynakların istenilen çıktılarının üretilmesinde daha etkin kullanacak birimlere yönlendirilmesi fikrine temel oluşturarak kaynakların birimler arasında yeniden atanmasını sağlamak şeklinde sıralanabilecek amaçlar gerçekleştirilebilmektedir [24].

VZA modelleri, girdi ve çıktı odaklı olarak incelenebilmektedirler. Girdi odaklı modeller, çıktılarının sabit olması durumunda girdilerin mümkün olduğunca azaltılabilmesi esasına dayanmaktadır. Girdi odaklı modelde etkin olmayan bir KVB, çıktılar kontrol altında iken girdilerin azaltılması yoluyla etkin hale getirilebilecektir. Çıktı odaklı modeller ise girdilerin sabit olması durumunda çıktılarının mümkün olduğunca artırılabilmesi esasına dayanmaktadır. Çıktı odaklı modelde ise etkin olmayan bir KVB, girdiler sabit tutulurken çıktılarının artırılması yoluyla etkin hale getirilebilecektir [25].

VZA sonucunda etkinliği ölçülmek istenen KVB'ler için 0 ile 1 arasında değişen bir etkinlik değeri hesaplanmakta, etkin KVB'lerin etkinlik değerleri 1 olarak belirlenmekte, etkinlik değeri, 1'den düşük olan (0 ile 1 arasında olan) diğer karar verme birimleri ise etkin bulunmamaktadır.

Veri zarflama analizinde kullanılan yöntemler temel olarak, Charnes-Cooper-Rhodes (CCR) yöntemi, Banker-Charnes-Cooper (BCC) yöntemi olarak sıralanabilir. BCC modeli ile saf teknik etkinlik ölçümü, CCR modeli ile ise saf teknik etkinlik ve ölçek etkinliği ortaya koyan toplam etkinlik (toplam teknik etkinlik) ölçümü yapılmaktadır [26; 27]. Buna göre saf teknik etkinlik ve toplam teknik etkinlik değerlerini ortaya koyan VZA ile KVB'lerin uygun ölçekte faaliyet gösterip göstermediğini ortaya koyan ölçek etkinliği değerleri de elde edilmektedir.

2.2.1. CCR modeli (CCR model)

CCR modeli, Charnes, Cooper ve Rhodes [28] tarafından 1978 yılında ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında tanımlanmıştır. Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilen VZA modelinin uygulamasında, kesirli programlama modeli ve doğrusal programlama modeli, daha sonra dual model oluşturulmuştur [27]. Kesirli ve doğrusal programlama modellerinde referans karar birimlerinin hesaplanması güçlüğü bulunmaktadır. Dual model, bu güçlüğü ortadan kaldırmaktadır. CCR için çıktıya yönelik dual model (1) no'lu eşitlikte gösterilmiştir [21; 22; 29].

$$E_k = \text{maksimum } \beta + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m \sigma_i^- + \sum_{r=1}^s \sigma_r^+ \right) \quad (1)$$

Modelin kısıtları;

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij} \theta_j - x_{ik} + \sigma_i^- &= 0 & \theta_j, \sigma_i^-, \sigma_r^+ &\geq 0 \\ \sum_{j=1}^n y_{rj} \theta_j - \beta y_{rk} - \sigma_r^+ &= 0 & r &= 1, \dots, s \\ & & i &= 1, \dots, m \end{aligned}$$

s : çıktı sayısı

m : girdi sayısı

E_k : etkinliği ölçülen k'inci KVB'nin etkinlik değeri

β : Çıktıya ait genişleme katsayısı

σ_i^- : Etkinliği ölçülen k'inci KVB'nin i'inci girdisine ait atıl değer

σ_r^+ : Etkinliği ölçülen k'inci KVB'nin r'inci çıktısına ait atıl değer

θ_j : j'inci KVB'nin aldığı yoğunluk değeri

ε : pozitif küçük bir değer

2.2.2. BCC modeli (BCC model)

Banker-Charnes-Cooper (1984) [30] tarafından geliştirilen BCC modeli ise ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında etkinlik ölçümü yapmaktadır. Çıktı odaklı BCC modellerinde, çıktılarının en üst düzeye çıkarılması amacının bulunması nedeniyle etkinlik değerinin minimum olması hedeflenmektedir.

BCC modelinin çıktıya yönelik dual modeli (2) no'lu formülde gösterilmiştir [22].

$$E_k = \text{maksimum } \beta + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m \sigma_i^- + \sum_{r=1}^s \sigma_r^+ \right) \quad (2)$$

Modelin kısıtları;

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij} \theta_j - x_{ik} + \sigma_i^- &= 0 & \theta_j, \sigma_i^-, \sigma_r^+ &\geq 0 \\ \sum_{j=1}^n y_{rj} \theta_j - \beta y_{rk} - \sigma_r^+ &= 0 & r &= 1, \dots, s \\ & & i &= 1, \dots, m \end{aligned}$$

2.2. Veri seti (Data set)

Analizde 2001-2020 dönemi, KVB olarak ele alınmış olup kömür işletmelerinin her bir yıldaki etkinliği ölçülecektir. Etkinlik ölçümünde girdi değişkeni olarak yatırım harcamaları (TL), faaliyet giderleri (TL), çıktı değişkeni olarak ise net satışlar (TL), satılabilir üretim (ton) kullanılmıştır. Veriler TKİ ve TTK'dan elde edilmiştir. Veri zarflama analizi DEAP 2.1. programı ile yapılmıştır.

KVB'lerin belirlenmesinde, ele alınan girdi ve çıktı değişkeni sayıları ile ilgili dikkat edilmesi gereken kurallar bulunmaktadır. Bunlar girdi ve çıktı sayısının çarpımından daha fazla sayıda KVB kullanılması ya da girdi ve çıktı sayısı toplamından fazla sayıda KVB'nin analize dahil edilmesi şeklinde ele alınabilir [31]. KVB olarak ele alınan, diğer ifade ile etkinliği karşılaştırılan yıl sayısı ve değişken sayısı toplamı ele alındığında bu kuralların karşılandığı görülmektedir.

Analiz çıktı odaklı veri zarflama analizi yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Çıktı odaklı yaklaşımda mevcut yatırım harcamaları ve faaliyet giderleri ile bağlantılı olarak ortaya çıkarılması mümkün olan en çok

satılabilir kömür üretimi ve kömür net satış gelirinin belirlenmesi esas alınarak kömür madenciliğine ilişkin analiz gerçekleştirilmiştir. Bunun sonucunda yatırım harcamalarının etkin kullanımı sonucu, personel motivasyonunu artırıcı ücretlendirmenin veya çalışma ortamının iyileştirmesini sağlayan planlamaların, mekanizasyon harcamalarının, kömür üretiminde ve satışlarda sebep olacağı artış ele alınabilecektir. Bu doğrultuda yapılacak incelemeler, kömür madenciliğinde etkinlikte artışı sağlayacak olan üretim ve gelir maksimizasyonuna işaret edecektir.

Dönemsel analizde kıyaslanmanın yapılabilmesi için Türk Lirası ile ifade edilen yatırım harcamaları, faaliyet giderleri ve net satışlar değişkenleri için Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerinden yararlanılarak elde edilen deflatör (2009=100) ile reel değerler elde edilerek analize dahil edilmiştir.

3. Bulgular (Results)

Türkiye’de linyit ve taşkömürü madenciliğinde etkinlik analizinde ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında CCR Modeli ve ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında BCC modelinden yararlanılmıştır. Analiz sonucunda CCR modeli ile toplam teknik etkinlik, BCC modeli ile saf teknik etkinlik ve ölçek etkinliği değerleri elde edilmiştir.

TKİ'nin 2001-2020 dönemindeki etkinlik sonuçları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. TKİ etkinlik değerleri (TKI efficiency values)

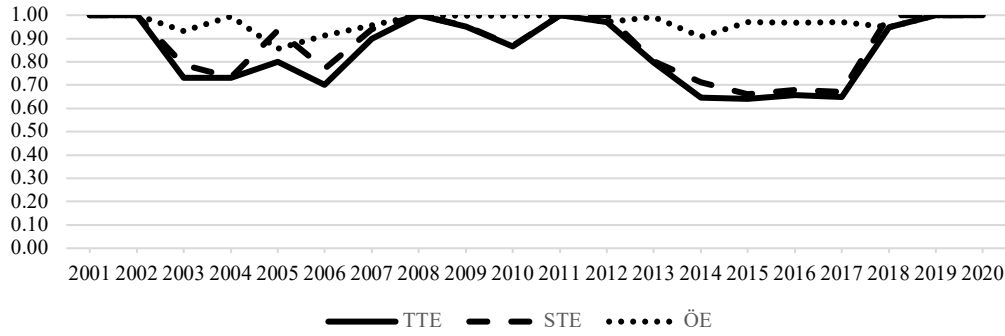
Yıl	TTE	STE	ÖE	ÖGGD
2001	1,000	1,000	1,000	-
2002	1,000	1,000	1,000	-
2003	0,731	0,785	0,931	azalan
2004	0,731	0,735	0,994	artan
2005	0,799	0,934	0,856	azalan
2006	0,702	0,769	0,912	azalan
2007	0,899	0,940	0,956	azalan
2008	1,000	1,000	1,000	-
2009	0,952	0,955	0,997	artan
2010	0,866	0,869	0,997	artan
2011	1,000	1,000	1,000	-
2012	0,969	1,000	0,969	azalan
2013	0,797	0,803	0,993	artan
2014	0,645	0,712	0,906	azalan
2015	0,641	0,661	0,970	artan
2016	0,656	0,678	0,967	artan
2017	0,650	0,670	0,971	artan
2018	0,948	1,000	0,948	azalan
2019	1,000	1,000	1,000	-
2020	1,000	1,000	1,000	-
Ortalama	0,849	0,875	0,968	

TTE : Toplam teknik etkinlik STE : Saf teknik etkinlik
 ÖE : Ölçek etkinliği ÖGGD : Ölçeğe göre getiri değişimi

Tablo 2’de yer alan sonuçlara göre 2001, 2002, 2008, 2011, 2019 ve 2020 yılları, linyit madenciliğinde TKİ'nin saf teknik etkinlik, ölçek etkinliği ve toplam etkinliğe sahip olduğu yıllardır. 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2009, 2010, 2013, 2014, 2015, 2016 ve 2017 yıllarında TKİ saf teknik, ölçek ve toplam etkinliğe sahip değildir. Bu yıllarda TKİ'nin etkin olmama nedeni, kömür işletmesi tarafından ilgili yıllarda yapılan yatırım harcamaları ve faaliyet giderlerine kıyasla meydana getirilebilecek en üst düzeyde satılabilir üretim miktarının ve net satışların gerçekleşmemiş olmasıdır. Diğer bir ifade ile ilgili yıllarda mevcut yatırım harcaması ve faaliyet gideri ele alındığında TKİ'nin daha fazla satılabilir üretim ve net satış gerçekleştirmesi gerektiği halde gerçekleştirmemesi etkinliğin meydana gelmemesini sağlamıştır. Öte yandan ilgili yıllarda TKİ ölçek etkinliğine de sahip değildir.

2012 ve 2018 yılında ise linyit kömürü madenciliğinde ölçek etkinliği olmasa dahi, mevcut girdilerle en üst düzeyde kömür üretimi ve satışının olduğu, bu nedenle TKİ'nin saf teknik etkin olduğu görülmektedir.

TKİ'nin saf teknik etkinlik, ölçek etkinliği ve bileşimi olan toplam teknik etkinlik değerleri ve değişimi 2001-2020 dönemi itibariyle Şekil 1’de görülmektedir.



Şekil 1. TKİ etkinlik değerlerinin yıllar itibariyle görünümü (View of TKI efficiency values by years)

Şekil 1 incelendiğinde 2003-2007 döneminde, 2009, 2010 yılında ve 2013-2017 döneminde saf tek etkinliğin azalış gösterdiği görülmekte olup, söz konusu yıllarda mevcut yatırım harcaması ve faaliyet giderine karşılık en üst düzeyde satılabilir kömür üretimi ve satışın meydana gelmediği söylenebilir.

Ele alınan yılda girdilerinin aynı oranda artırılması durumunda çıktı seviyesindeki artışın girdi seviyesindeki artıştan fazla olması durumu ölçeğe göre artan getiri, çıktı seviyelerindeki artışın girdilerindeki artıştan az olması durumu ölçeğe göre azalan getiri, artışın girdi ve çıktı seviyesinde aynı kalması durumu ölçeğe göre sabit getiri söz konusu olacaktır [32]. Buna göre Tablo 2 ölçeğe göre getiri değişimi sonuçlarına göre 2004, 2009, 2010, 2013, 2015, 2016, 2017 yıllarında her ne kadar etkinlik söz konusu olmasa da ölçeğe göre etkinlik değişim verilerine göre, bu yıllarda yatırım ve faaliyet giderinde meydana gelen 1 birimlik artışa karşın üretim ve satış düzeyinde daha çok artış gözlemlenmiştir.

TTK'nın 2001-2020 dönemindeki etkinlik sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Tablo 3'te yer alan sonuçlara göre 2001, 2002, 2004, 2008 ve 2010 yılları taşkömürü madenciliğinde TTK'nın saf teknik etkinlik, ölçek etkinliği ve toplam etkinliğe sahip olduğu yıllardır. Bu yıllarda yatırım harcamaları ve faaliyet giderleri ele alındığında üretim ve satış maksimize edilmiştir. 2003, 2005, 2006, 2009, 2013, 2016, 2017 ve 2018 yıllarında TTK saf teknik, ölçek ve toplam etkinliğe sahip değildir. İlgili yıllarda mevcut yatırım harcaması ve faaliyet giderine göre TTK'nın satılabilir üretim ve net satışın en üst düzeye çıkarılmadığı söylenebilir.

Tablo 3. TTK etkinlik değerleri (TTK efficiency values)

Yıl	TTE	STE	ÖE	ÖGGD
2001	1,000	1,000	1,000	-
2002	1,000	1,000	1,000	-
2003	0,989	0,993	0,997	azalan
2004	1,000	1,000	1,000	-
2005	0,874	0,923	0,947	artan
2006	0,583	0,934	0,625	azalan
2007	0,999	1,000	0,999	azalan
2008	1,000	1,000	1,000	-
2009	0,938	0,949	0,988	artan
2010	1,000	1,000	1,000	-
2011	0,921	1,000	0,921	artan
2012	0,827	1,000	0,827	artan
2013	0,743	0,856	0,869	artan
2014	0,770	1,000	0,770	artan
2015	0,561	1,000	0,561	artan
2016	0,471	0,620	0,759	artan
2017	0,549	0,696	0,788	artan
2018	0,507	0,835	0,608	artan
2019	0,514	1,000	0,514	artan
2020	0,470	1,000	0,470	artan
Ortalama	0,786	0,940	0,832	

TTE : Toplam teknik etkinlik

STE : Saf teknik etkinlik

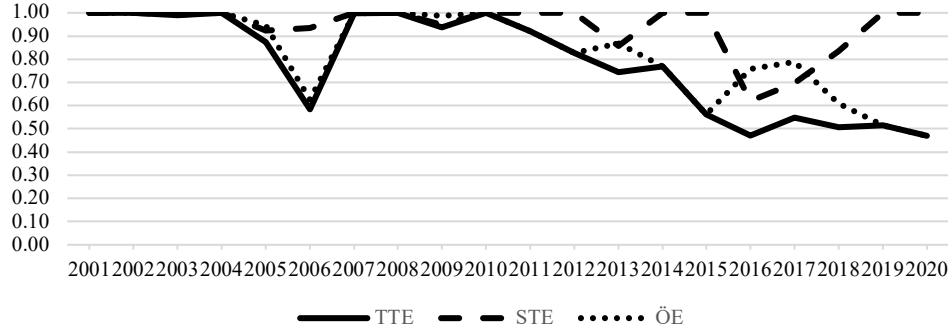
ÖE : Ölçek etkinliği

ÖGGD : Ölçeğe göre getiri değişimi

2007, 2011, 2012, 2014, 2015, 2019 ve 2020 yılında ise taşkömürü madenciliğinde ölçek etkinliği

olmasa dahi, mevcut girdilerle en üst düzeyde kömür üretimi ve satışının olduğu, bu nedenle TTK'nın saf teknik etkin olduğu görülmektedir.

Saf teknik etkinlik, ölçek etkinliği ve bileşimi olan toplam teknik etkinlik değerleri ve değişimi TTK için 2001-2020 dönemi itibariyle Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. TTK etkinlik değerlerinin yıllar itibariyle görünümü (View of TTK efficiency values by years)

Şekil 2'ye göre 2003, 2005, 2006, 2009, 2013, 2016, 2017, 2018 yıllarında saf teknik etkinlik azalmıştır. Buna göre ilgili yıllarda mevcut yatırım harcaması ve faaliyet giderine karşılık satılabilir kömür üretim ve satışın maksimize edilmediği anlaşılmaktadır. Öte yandan Tablo 3 ölçeğe göre getiri değişimi sonuçlarına göre 2005, 2009, 2013, 2016, 2017, 2018 yıllarında etkinlik söz konusu olmasa da ölçeğe göre etkinlik değişim verilerine göre, bu yıllarda yatırım ve faaliyet giderinde meydana gelen artışın ölçeğe göre, daha çok üretim ve satış artışı gözlemlenmiştir.

TKİ ve TTK'nın etkin olmadığı yıllarda ilgili işletmelerin çıktılarını (net satış ve satılabilir üretim) artırması, etkin olmalarını sağlayacaktır. TKİ ve TTK'nın etkin olmadıkları yıllarda etkin olabilmeleri amacıyla çıktılarının mevcut duruma göre sahip olması gereken artış yüzdesi, diğer bir ifade ile etkinlik amacıyla hedeflenmesi gereken çıktılara ulaşmak için çıktılarını yüzde kaç artırmalarının gerekli olduğunu gösteren değerler Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Hedef değişim yüzdeleri (Target change percentages)

Yıl	TKİ		TTK	
	Net satışlar	Satılabilir üretim	Net satışlar	Satılabilir üretim
2001	---	---	---	---
2002	---	---	---	---
2003	27	27	4	1
2004	36	47	---	---
2005	7	7	17	8
2006	30	30	7	55
2007	6	8	---	---
2008	---	---	---	---
2009	5	7	7	5
2010	15	18	---	---
2011	---	---	---	---
2012	---	---	---	---
2013	25	61	25	17
2014	40	136	---	---
2015	51	173	---	---
2016	47	175	80	61
2017	49	157	44	51
2018	---	---	20	35
2019	---	---	---	---
2020	---	---	---	---

VZA analiz yöntemi sonucunda, etkinliğin sağlanması için ilgili çıktılarının olması gereken değerler belirlenmektedir. Tablo 4 verilerine göre 2010 yılına kadar TKİ'de hem üretim hem satışta hedeflenen artışların yakın olduğu, 2014 sonrasında ise üretimde hedeflenmesi gereken düzeyin çok yüksek olduğu görülmektedir. TTK'da ise analizin herhangi bir yılında üretim ve satış arasında önemli bir hedef farklılığı bulunmamaktadır. TKİ için 2018 ve sonrasında, TTK için ise 2019 ve sonrasında etkinliğin ve bu doğrultuda olması gereken (hedeflenen) kömür üretim ve satış değerlerinin sağlandığı

görülmektedir.

4. Sonuçlar ve Tartışma (Results and Discussion)

Türkiye için kömür üretiminin artırılarak enerji ihtiyacının karşılanması ve noktada enerji üretiminde yararlanılacak yerli kömür üretimin artırılması öneme sahiptir. Kömür madenciliğinde gelişme sağlanabilmesi için mevcut kaynakların etkin kullanımı önem arz etmektedir. Bu doğrultuda enerji politikalarında linyit ve taşkömürü üretimine önem verilmesi gerekmektedir. Mevcut kömür rezervlerinin enerji, çevre ve ekonomi vb. tüm şartlar dikkate alınarak en uygun şekilde işletilip üretimde artışın sağlanması ve tüm enerji kaynakları dikkate alındığında kömürün önemli bir alternatif olma avantajına sahip olma durumunun sürdürülebilirliği için üretimde etkinliğin tespit edilmesi ve artırılmasına ilişkin çalışmalara yer verilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda da kömür madenciliğinde sınırlı kaynaklar ile hedeflere ulaşılma derecesinin belirlenmesi için performans ölçümlerinin yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada linyit ve taşkömürü işletmelerinin üretim ve satış geliri doğrultusunda etkinliği analiz edilmiştir.

Kömür madenciliğinin bütün olarak ele alınması ile linyit ve taşkömürü madenciliğinin etkinlik değişiminin belirlenmesi amacıyla çalışmada, linyit ve taşkömürü madenciliğinin yıllar itibariyle etkinliğinin analizi yapılmıştır. Analiz sonucuna göre linyit ve taşkömürü madenciliğinde dönemler itibariyle değişken bir etkinlik mevcuttur. Etkin olunmayan yıllarda TKİ ve TTK'nın etkin olmama nedeni, kömür işletmesi tarafından ilgili yıllarda yapılan yatırım harcamaları ve faaliyet giderlerine kıyasla meydana getirilebilecek en üst düzeyde satılabilir üretim miktarının ve net satışların gerçekleşmemiş olmasıdır.

Üretime ihtiyaç düzeyi, çevre ve ekonomik optimizasyon hususları da dikkate alınarak, kömür işletmeleri için, söz konusu girdilerle (yatırım harcaması ve faaliyet gideri) daha fazla üretimin ve/veya satışın gerçekleştirilmesi hususunda yapılması gereken iyileştirmeler, çıktıların en üst düzeye çıkarılmasına ilişkin düzenlemeler, işletmelerin etkin hale gelmelerini sağlayacaktır. TKİ ve TTK için incelenen yılların son döneminde ait sonuçlar ele alındığında etkinliğin devamlılığının sağlandığı görülmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı (Conflict of Interest Statement)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Kaynaklar (References)

- [1] Türkiye Maden Mühendisleri Odası Birliği, "Kömür ve Enerji Raporu 2020", [Online]. <https://enerji.mmo.org.tr/wp-content/uploads/2020/09/MADEN-M.O-K%C3%96M%C3%96R-VR-ENERJ%C4%B0-RAPORU-2020.pdf> [Erişim: 05 Temmuz 2021].
- [2] H. Ergin, *Yeraltı Kömür İşletmeciliğinde Maliyet Kontrolü Standart Maliyetler ile Kontrol*. Eskişehir: T.C. Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yayınları, Üniversite Yayın No: 226, İİBF Yayın No: 50, 1987.
- [3] Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Genel Müdürlüğü, "2020 Yılı Faaliyet Raporu", [Online]. <https://webim.tki.gov.tr/file/8c2075ff-e388-4f53-b84f-f1ca36647497?download> [Erişim: 12 Temmuz 2021].
- [4] Türkiye Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğü, "2020 Yılı Faaliyet Raporu", [Online]. http://www.taskomuru.gov.tr/file/2020_faaliyet.pdf [Erişim: 12 Temmuz 2021].
- [5] Türkiye İstatistik Kurumu, "Katı Yakıtlar", Kasım 2020. [Online]. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Kati-Yakitlar-Kasim-2020-37442> [Erişim: 12 Temmuz 2021].
- [6] M. Kulshreshtha and J. K. Parikh, "Study of efficiency and productivity growth in opencast and underground coal mining in India: a DEA analysis," *Energy Economics*, vol. 24, no. 5, 439-453, 2002. doi:10.1016/S0140-9883(02)00025-7
- [7] M. Uygun, Y. Kasap ve A. Konuk, "Tunçbilek bölgesi kömür madenciliğinde uygulanan işletme yöntemlerinin verimlilik analizi," *Madencilik*, cilt. 46, sayı 1, ss. 25-32, 2007.
- [8] L. Tong and R. Ding, "Efficiency assessment of coal mine safety input by data envelopment analysis," *Journal of China University of Mining & Technology*, vol. 18, pp. 88-92, 2008. doi:10.1016/S1006-1266(08)60019-X
- [9] H. Fang, J. Wu and C. Zeng, "Comparative study on efficiency performance of listed coal mining companies in China and the US," *Energy Policy*, vol. 37, pp. 5140-5148, 2009. doi:10.1016/j.enpol.2009.07.027

- [10] S. Çimen, "The analysis of total factor efficiency in the public lignite mining organizations in Turkey", Ph.D. dissertation, Middle East Technical University, Ankara, Türkiye, 2011.
- [11] H. Aydın ve G. Önsoy, "Zonguldak taşkömürü havzası kömür işletmelerinde verimlilik analizi," *Madencilik*, cilt 50, sayı 1, ss. 33-41, 2011.
- [12] F. Bakırcı, E. Yakut, A. Demirci ve M. Gündüz, "Efficiency measurement in Turkish coal enterprises using data envelopment analysis and data mining," *Canadian Social Science*, vol. 10, no. 1, pp. 103-110, 2014. doi:10.3968/j.css.1923669720141001.3046
- [13] M. Song, A. Wang and L. Cen, "Comprehensive efficiency evaluation of coal enterprises from production and pollution treatment process," *Journal of Cleaner Production*, vol. 104, pp. 374-379, 2015. doi:10.1016/j.jclepro.2014.02.028
- [14] Y. Kasap, "Enerji kaynağı olarak kömür kullanımının etkinlik değişimi", içinde *Türkiye 21. Uluslararası Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, ICCET 2018*, Zonguldak, Türkiye, Nisan 11-13, 2018, ss. 93-104.
- [15] L. Li and W. Yang, "Total factor efficiency study on China's industrial coal input and wastewater control with dual target variables," *Sustainability*, vol. 10, no. 7, pp. 1-22, 2018. doi:10.3390/su10072121
- [16] V. H. Phuong, "Total factor productivity growth, technical progress & efficiency change in Vietnam coal industry - nonparametric approach," *E3S Web of Conferences* 3 vol. 35, 2018. doi:10.1051/e3sconf/20183501009
- [17] Y. Li, Y. H. Chiu and T. Y. Lin, "Coal production efficiency and land destruction in China's coal mining industry," *Resources Policy*, vol. 63, pp. 1-11, 2019. doi:10.1016/j.resourpol.2019.101449
- [18] P. Wu, Y. Wang, Y. Chiu, Y. Li and T.Y. Lin, "Production efficiency and geographical location of Chinese coal enterprises - undesirable EBM DEA," *Resources Policy*, vol. 64, 2019. doi:10.1016/j.resourpol.2019.101527
- [19] L. Xue, W. Zhang, Z. Zheng, Z. Liu, S. Meng, H. Li and Yulin, Du, "Measurement and influential factors of the efficiency of coal resources of China's provinces: Based on Bootstrap-DEA and Tobit," *Energy*, vol. 221, pp. 1-14, 2021. doi:10.1016/j.energy.2021.119763
- [20] Z. Akal, *İşletmelerde Performans Ölçüm ve Denetimi: Çok Yönlü Performans Göstergeleri*. Ankara: MPM Yayınları No: 473, 2002.
- [21] R. Yolalan, *İşletmelerarası Görelî Etkinlik Ölçümü*. Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları No: 483, 1993.
- [22] S. E. Dinçer, *Stratejik Planlama ve Veri Zarflama Analizinde Etkinlik Ölçümü*. İstanbul: Der Yayınları, 2011.
- [23] M. Mercan ve R. Yolalan, "Türk bankacılık sisteminde ölçek ve mülkiyet yapıları ile finansal performans ilişkisi," *İMKB Dergisi*, cilt 4, sayı 15, ss. 1-26, 2000.
- [24] P. Andersen and N. C. Petersen, "A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis," *Management Science*, vol. 39, no. 10, pp. 1261-1264, 1993. doi:10.1287/mnsc.39.10.1261
- [25] M. M. Martić, M. S., Novaković and A. Baggia, "Data envelopment analysis - basic models and their utilization," *Journal of Management Informatics and Human Resources*, vol. 42, no. 2, pp. 37-43, 2009.
- [26] W. F. Bowlin, "Measuring performance: an introduction to data envelopment analysis (DEA)," *The Journal of Cost Analysis*, vol. 15, no. 2, pp. 3-27, 1998. doi:10.1080/08823871.1998.10462318
- [27] S. Cingi ve Ş. A. Tarım, *Türk banka sisteminde performans ölçümü DEA-Malmquist TFP endeksi uygulaması*. Türkiye Bankalar Birliği Araştırma Tebliği Serisi, Sayı: 2000-01, 2000.
- [28] A. Charnes, W. W. Cooper and E. Rhodes, "Measuring the efficiency of decision making units," *European Journal of Operational Research*, vol. 2, no. 6, pp. 429-444, 1978.
- [29] R. D. Banker, W. W. Cooper, L. M. Seiford, R. M. Thrall and J. Zhu, "Returns to scale in different DEA models," *European Journal of Operational Research*, vol. 154, pp. 345-362, 2004. doi:10.1016/S0377-2217(03)00174-7
- [30] R. D. Banker, A. Charnes and W. W. Cooper, "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis," *Management Science*, vol. 30, no. 9, pp. 1078-1092, 1984. doi:10.1287/mnsc.30.9.1078
- [31] A. Boussofiane, R.G. Dyson and E. Thanassoulis, "Applied data envelopment analysis," *European Journal of Operational Research*, vol. 52, no 1, pp. 1-15, 1991. doi:10.1016/0377-2217(91)90331-0
- [32] H. Aktaş, "İşletme performansının ölçülmesinde veri zarflama analizi yaklaşımı," *Yönetim ve Ekonomi*, cilt 7, sayı 1, ss. 163-175, 2001.

