

Türkiye ile AB Üyesi Ülkelerin Elektrik Üretim Sektörlerinin Etkinlik ve Verimlilik Analizi: 2000–2006 Dönemi için Uluslararası bir Karşılaştırma

Yetkin ÇINAR

yetkin.cinar@politics.ankara.edu.tr

The Efficiency and Productivity Analysis of Turkish and EU Member States' Electricity Generation Sectors: An Inter-country Comparison for the Period 2000-2006

Abstract

As a respond to the rapid increase in electricity demand in 2000s, establishing productive and efficient electricity generation sector becomes one of the primary goals of energy policies in many countries. This study compares the efficiencies of the electricity generation sectors of Turkey and EU member countries while determining a degree of convergency in efficiencies and change in the total factor productivities between the years 2000 and 2006, via non-parametric methods. The correlations between the sector efficiencies and their size, competitiveness and nuclear capacity infrastructure are computed, as well. The results indicate that, in the analysis period, EU member countries improved their efficiencies and converged. Turkey performed near to the mean value of EU countries' except from 2001, the crisis. Evidence also suggests that, the more competitive or larger sectors owing nuclear capacity achieved relatively higher efficiencies.

Key Words : Electricity Generation, Efficiency, Productivity, Convergency, Competitiveness, Data Envelopment Analysis, Non-parametric Methods, Turkey, European Union.

JEL Classification Codes : L94, C14, D24.

Özet

Son yıllarda hızla artan elektrik enerjisi talebine karşılık birçok ülkede elektrik üretim sektörünü daha verimli ve etkin hale getirmek enerji politikalarının temel hedeflerinden biri olmuştur. 2000–2006 yıllarını kapsayan dönem için Türkiye ile Avrupa Birliği (AB) üyesi ülkelerin elektrik üretim sektör etkinliklerini parametrik olmayan yöntemlerle karşılaştıran bu çalışmada, etkinlikler arasındaki yakınsama derecesi ve toplam faktör verimliliği endeksindeki değişimler belirlenmiş, etkinlik skorları ile sektörlerin büyüklüğü, rekabetçilik düzeyi ve nükleer güç altyapısı arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Sonuçlar, AB ülkelerinin etkinliklerini artırırken birbirlerine yaklaştıklarını, Türkiye'nin 2001 kriz yılı hariç AB ortalamasına yakın bir performans gösterdiğini ve nükleer kurulu güce sahip, büyük veya rekabetçi sektörlerin göreceli etkinliklerinin daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Anahtar Sözcükler : Elektrik Üretimi, Etkinlik, Verimlilik, Yakınsama, Rekabetçilik, Veri Zarflama Analizi, Parametrik Olmayan Yöntemler, Türkiye, Avrupa Birliği.

1. Giriş

Elektrik enerjisi ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişimini destekleyen en önemli faktörlerden birisidir (Tunç ve diğ., 2006: 50). Elektrik üretim ve tüketimine yönelik politikalar, gerek Avrupa Birliği (AB) gerekse AB'ne üyelik süreci içerisinde bulunan Türkiye'nin öncelikleri arasındadır (OECD, 2005; ETKB, 2009; EC, 2009a, 2009b, 2009c). Elektrik sektörü bu bağlamda tüm ülkelerde hızlı bir gelişim göstermektedir. Türkiye'nin elektrik enerjisi talebi, 1999 yılında 118 milyar Kilowatt-saat (kWs) iken, 2007 yılı sonunda 190 milyar kWs seviyesine ulaşmıştır (TEİAŞ, 2009: 4). Bu gelişme, yıllık birleşik ortalama olarak %7,46 oranında bir artış anlamına gelmektedir. Hızla artan talebi karşılamak üzere, 1999 yılında 116 milyar kWs olan elektrik üretimi, 2007 yılında 192 milyar kWs olarak gerçekleşmiştir. Ulaşılan üretim seviyesi, Avrupa Birliği üyesi 27 ülkenin ortalamasından (125 milyar kWs) yüksek olmakla birlikte, kişi başına üretim açısından Türkiye hala AB'nin oldukça gerisindedir. 2007 yılı sonu itibariyle Türkiye'de kişi başına elektrik üretimi 2749 kWs ve kişi başına kurulu güç 586 Watt iken; AB'nde, kişi başına 6790 kWs olarak gerçekleşen üretim kişi başına 1573 Watt kurulu güç ile sağlanmıştır (EUROSTAT).

Elektrik üretimi ihtiyacının gelecek yıllarda da artacağı öngörülmektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı projeksiyonlarına göre elektrik üretimimizin 2020 yılında, yüksek talep senaryosuna göre yıllık yaklaşık %7,7 artışla 499 milyar kWs'e, düşük senaryoya göre ise yıllık ortalama %5,96 artışla 406 milyar kWs'e ulaşacağı beklenmektedir. Bu üretimin karşılanması için 2007 yılı itibariyle 40.835 Mega-Watt (MW) olan kurulu gücün 2020 yılına kadar olan dönemde en az iki katına çıkartılması gerektiği vurgulanmaktadır (EÜAŞ 2008: 5).

Bunun yanında, Türkiye elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamada ithalata bağımlı ülkeler arasındadır. 2007 yılı itibariyle AB ülkelerinde ortalama %53,1 seviyesinde olan bu oran, Türkiye için %74,5 seviyesindedir (EUROSTAT).

Bu çerçevede, Ülkemizin elektrik üretim sektörünün önünde duran temel sorunlar; "hızla artan elektrik talebinin karşılanması" ve "ithalat bağımlılığından kaynaklanan riskleri azaltmak" olarak görünmektedir. Üretim ihtiyacının karşılanması için yeterli yatırımların yapılmasını sağlamak amacıyla sektörde 2001 yılında yayımlanan 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile önemli yapısal reformlar gerçekleştirilmiştir (Bagdadioğlu ve Odyakmaz, 2009: 144). Kanunla, Türkiye Elektrik A.Ş. (TEAŞ); Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ), Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt A.Ş. (TETAŞ) ve Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) olmak üzere üç kuruma ayrılmıştır. Bu kurumsal ayırım, elektrik üretim, dağıtım ve ticareti piyasalarının da ayrışmasını sağlamıştır. Kanunla ayrıca, yeni üretim yatırımlarının özel sektör tarafından yapılması öngörülmüş ve sektörü düzenleyici özerk bir kurum olan Enerji Piyasasını Düzenleme Kurumu (EPDK) kurulmuştur. Bu politikalar doğrultusunda uygulamalara halen devam edilmektedir (ETKB, 2009).

Avrupa’da ise elektrik piyasalarında 1990’larda hız kazanan serbestleşme ile “tek ve tamamen serbest bir elektrik sektörü oluşturmak” enerji politikasının temel hedeflerinden biri haline gelmiştir. AB komisyonu direktifleri doğrultusunda ülkeler farklı tarihlerde sektörlerini rekabete açmaya başlamışlardır. Elektrik sağlayıcısını özgürce seçme hakkına sahip olma anlamına gelen bu uygulamaya 1998 yılında geçen İngiltere, Finlandiya, Almanya ve İsveç’i, 2000’lerin başında Avusturya, Danimarka, Hollanda ve İspanya takip etmiştir (EC, 2001). Uluslararası niteliğe de sahip olan büyük ulusal (national champions- Electricité de France (EDF), Gas de France (GDF) gibi) tekellerin piyasaya hâkim olduğu bazı ülkelerin direnişine karşın, Avrupa Birliği elektrik ve gaz piyasaları büyük ölçüde rekabete açılmış bulunmaktadır (EC, 2009c: 4; Bağdadioglu, 2009). Ancak bu gelişmelerin beklenen sonuçlarından çok, Avrupa’da doğal ve uluslararası dev tekellerin oluşmasına yol açtığı görüşleri sıklıkla ileri sürülmektedir (Jamasp ve Pollitt, 2003 ve 2005; Tamzok, 2008).

Elektrik gücü üretim sürecinin önemli bir sorunu da sistemin yeterli gücü sürekli ve güvenli olarak sağlaması konusudur. Bu da sistemin dayandığı kurulu kapasitenin kaynağı ve teknolojisi ile ilişkilidir (Vaninsky, 2006: 327). Ülkemizin elektrik üretimi büyük ölçüde fosil yakıtlardan (doğal gaz ve kömür) elde edilmektedir. 2007 yılında Türkiye’nin elektrik kurulu gücünün %66,7’si termik santrallerden, %32,8’i hidro-elektrik santrallerinden oluşmakta iken; AB’nde kurulu gücün %57,6’sını termik, %18’ini hidro-elektrik ve %15’ini ise nükleer santraller oluşturmaktadır. Bunlar arasında kullandığı teknoloji nedeniyle elektrik üretiminde kapasite faktörü açısından en güçlü ve en az maliyetli kaynak nükleer enerji olmaktadır (EC, 2009: 16; Tunç ve diğ., 2006: 58).

Bu bağlamda, Türkiye’de de gerek artan talebi karşılamakta, gerekse ithalat bağımlılığından kaynaklı riskleri azaltmada faydalı olacağı düşünülen bir diğer politika, 2015–2020 yılları arasında nükleer enerjinin de elektrik üretim kompozisyonuna dâhil edilmesidir (EÜAŞ 2008: 7). Bu amaçla, 5710 sayılı Nükleer Güç Santrallerinin Kurulması ve İşletilmesi ile Enerji Satışına İlişkin Kanun 2008 yılı başında yürürlüğe girmiş ve aynı yıl ilk nükleer santral yapımını gerçekleştirecek firmanın seçimi için ihale ve değerlendirme sürecine başlanmıştır.

Yukarıda sayılan politikaların özünde sektörde üretimi ve verimliliği artırmak yatmaktadır. Nitekim, kamu otoriteleri tarafından enerji politikasının amacı, “ekonomik büyüme ve sosyal gelişmeyi destekleyecek şekilde zamanında, güvenilir ve yeterli miktarda enerjiyi çevre korumaya yönelik önlemlerle beraber, ekonomik koşullarda tüketime sunmak” olarak belirlenmiştir (ETKB; 2009, EÜAŞ, 2008:5).

Bir sektörün verimliliğini rakiplerinininki ile karşılaştırmalı olarak ölçmek gerekmektedir. Bu düşünüşten hareketle bu çalışmada, Türkiye ile AB ülkelerinin elektrik üretim sektör etkinlikleri 2000–2006 dönemi için karşılaştırmalı olarak analiz edilmektedir. Bu amaçla, bir ekonomide etkin sınırnın kullandığı girdilerle en yüksek çıktı bileşimini üreten üreticiler tarafından oluşturulduğunu varsayan ve ilgili ekonomide

faaliyet gösteren üretim birimlerini bu sınıra olan uzaklıklarına göre karşılaştırarak, her birim için bir görelî etkinlik değeri hesaplayan Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi kullanılacaktır. Öncelikle, sektörün girdi ve çıktı değişkenlerinin analiz dönemi için ortalama değeri üzerinde gerçekleştirilen analizler ile ülkelerin homojen bir yapıda karşılaştırılmasını sağlayacak VZA modelleri oluşturularak, elektrik üretimi politikaları ile ilgili olarak yukarıda değinilen sorunlara ilişkin değişkenlerin (sektörlerin büyüklüğü, rekabetçilik düzeyleri ve nükleer güç altyapıları) etkinlik sonuçlarıyla ilişkileri ortaya konulacaktır. Bu yaklaşımla kurulan modeller ile ülkelerin etkinlik skorlarının ve toplam faktör verimliliklerinin zaman içindeki gelişimi yine VZA temelli Malmquist Verimlilik Endeksi ile ele alınacaktır. Çalışmada, analiz dönemi boyunca AB ülkelerinin etkinlik skorları ve sıralamaları bazında birbirlerine yaklaşp yaklaşmadıkları da ortaya konulmaktadır. Tüm bu analizlerde VZA yönteminin yanı sıra, Spearman korelasyonu, Tobit regresyonu, Kendall W ve Friedman testleri gibi istatistiksel yöntemlerden yararlanılmaktadır.

Yazında, Türkiye'nin elektrik üretim sektörünün etkinliğini uluslararası karşılaştırmalarla değerlendiren bir çalışmaya rastlanmamıştır. Türkiye'nin elektrik sektöründeki etkinliğin ve buna etki eden faktörlerin analiz edildiği en önemli çalışma Bağdadıoğlu ve diğ. (1996)'dir. Bu çalışmalarında yazarlar, Türkiye'de elektrik dağıtım sektöründe kamu veya özel firma sahipliği yapısının etkinlik üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Dünyada VZA ile elektrik üretim sektöründe yapılan ilk uygulama, aynı zamanda bu analizin mucitlerinden olan Banker (1984) tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızda ele alınan biçimiyle, daha dar veya geniş kapsamlı olarak elektrik üretimindeki etkinliğı uluslararası karşılaştırmalarla ele alan makalelerden önemli bazıları ise; Golany ve diğ. (1994), Whiteman (1995 ve 1999), Yunos ve Hawdon (1997), Meibodi (1998), Steiner (2000), Olatubi ve Dismukes (2000), Domah (2002), Nemoto ve Goto (2003), Vaninsky (2006), Saleem (2007), Barros ve Peypoch (2008), Yang ve Pollitt (2009) olarak sayılabilir. Bunların yanında, sektörün girdi verimlilikleri açısından uluslararası kıyaslamalara konu edildiği Lawrence ve diğ. (1997) ve Diewert (1999)'dan da yararlanılmıştır. Tüm bu çalışmalarda VZA veya uygun parametrik yöntemlerin yardımı ile elektrik sektöründe etkinlik ve ona etki eden faktörler farklı bölgelere veya dönemlere ilişkin olarak, firma ya da ülke bazında ölçülmektedir. İlgili uluslararası yazın Abbott (2005), Estache ve diğ. (2005), Jamasb ve diğ. (2005) ile Zhou ve diğ. (2008)'de kapsamlı ve güncel olarak incelenmektedir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, analizlerde kullanılan yöntemler açıklanmakta; üçüncü bölümde uygulama esasları ile veri ve analiz sonuçlarına yer verilmektedir. Son bölümde ise çalışma genel bir değerlendirme ile sonlandırılmaktadır.

2. Analizde Kullanılan Yöntemler

2.1. Etkinlik Ölçümü ve Veri Zarflama Analizi

Bir ekonomi veya endüstride, belirli teknoloji altında, her girdi bileşimi için üretilebilecek maksimum bir çıktı bileşiminin mevcut olduğu varsayılırsa, bu seviyeler bir “üretim sınırı”nı oluştururlar. Farrell (1957), “üretim sınırı”nı varsayılan (sanal) bir fonksiyon olmaktan çıkararak, “mevcut üretim birimlerinden görel olarak en iyi başarıma sahip olanları birleştiren ve tüm gözlemleri bir zarf şeklinde çevreleyen bir küme ya da yapı” olarak tanımlamış ve bu sınırı “(görel) teknik etkinlik sınırı” olarak adlandırmıştır. Buna göre, bir üretim birimi “eğer bazı girdi ve çıktı düzeylerinde bir kötüleştirme yapmadan diğerlerini iyileştirmenin mümkün olduğu yönünde ele alınan diğer üretim birimleri tarafından ortaya konulmuş bir kanıt yoksa” etkindir (Cooper ve diğ., 2000: 3).

Bu tanımdan hareketle, optimal bir değer veya üretim fonksiyonu varsaymaksızın, ele alınan üretim birimlerinin görel etkinlik düzeylerinin saptanması mümkün olmuştur. Böylece mevcut girdi ve çıktı bileşimleri ile en iyi başarıma sahip olan birimler ve bunlar tarafından oluşturulan parametrik olmayan bir etkin sınır belirlenerek, bu sınırın altında üretim yapanlar, “etkin olmayan” olarak nitelendirilirler. Mevcut koşullarda (veri teknolojide) üretim sınırının üstünde üretim yapmak olanaksız olduğundan, etkin sınırın aynı zamanda endüstrideki mevcut “üretim teknolojisini” tanımladığı da söylenir (Coelli ve diğ., 2005: 3).

Bir üretim birimi, ölçeğini büyütürken etkin sınırdan ayrılmadan verimliliğini artırabileceği gibi; birimin etkinliğinin (etkinsizliğinin) bir kısmı üretimde bulunduğu ölçekten kaynaklanıyor olabilir. Bu nedenle, etkinlik analizlerinde, teknik etkinliğin yanında birimin “en uygun ölçekte üretim yapma yeteneği” olarak tanımlanan ölçek etkinliği de ölçülmekte ve bu ikisi toplam etkinliğin bileşenlerini oluşturmaktadırlar (Coelli ve diğ., 2005: 58-59).

Etkinlik ölçümü veya analizi, “parametrik olmayan (deterministik)” veya “parametrik (stokastik)” yaklaşımlarla ele alınabilir. Pratikte, üretimin çok-girdi ve çok-çıkıtı içeren doğaya sahip olması ve üretim fonksiyonunu (optimal üretim bileşimlerini) doğru tahmin etmekteki zorluk nedeniyle parametrik olmayan yöntemlerin diğerlerine göre üstünlükleri vardır. Charnes ve diğ. (1978) tarafından Farrell’in görel etkinlik tanımından hareketle geliştirilen Veri Zarflama Analizi, parametrik olmayan yaklaşımın avantajlarını bünyesinde barındırmanın yanı sıra, etkin olmayan birimlerin etkin olabilmek için kendilerine hangi birimleri örnek almaları gerektiğini ve hangi girdi ve çıktılarında ne şekilde değişikliklere giderek bunu başarabileceklerini belirleme olanağı da verir. Bu avantajıyla VZA, etkinlik analizlerinde oldukça sık kullanılan bir yöntem haline gelmiştir (Emrouznejad ve diğ., 2008).

Biçimsel anlatımla VZA yönteminde, her $j (1,..n)$ üretim birimi için bir $\mathbf{x}_j = (x_{j_1}, \dots, x_{j_m}) \in \mathbf{R}_+^m$ girdi vektörünün bir $\mathbf{y}_j = (y_{j_1}, \dots, y_{j_k}) \in \mathbf{R}_+^k$ çıktı vektörünü ürettiği varsayılır. Burada m ele alınan girdi sayısı, k çıktı sayısıdır. Böylece veri kümesi, satırları üretim birimlerinden, sütunları \mathbf{x}_j ve \mathbf{y}_j vektörlerinden oluşan “üretim birimleri girdi matrisi” $X \in \mathbf{R}_+^{m \times n}$ ve “üretim birimleri çıktı matrisi” $Y \in \mathbf{R}_+^{k \times n}$ olarak belirlenir.

Üretim sınırı, diğer bir ifadeyle "üretim zarfı ya da yüzeyi", veri kümesi içinde gözlemlenen n adet birimin girdi ve çıktı matrislerinin oluşturduğu üretim uzayında, birimlerin “çıktılarının ağırlıklı toplamının, girdilerinin ağırlıklı toplamına oranı” ile karşılaştırılması sonucunda, bu oranı en çoklayan (en iyi başarıma sahip) birimler tarafından oluşturulur (Coelli ve diğ., 2005: 161-162).

Üretim birimleri, üretim etkinliklerini maksimum yapmak amacıyla, girdi ve çıktılarına farklı ağırlıklar atayarak diğer birimlere göre en yüksek skora ulaşmaya çalışırlar. Böylece karşılaştırıldıkları birimlere göre ya etkin sınırı oluşturmaya ya da bu sınıra en yakın noktaya ulaşmayı hedeflerler. Bu amacı gerçekleştirmek için gerekli karşılaştırmaları yapmayı ve bir birim için en uygun girdi-çıkıtı ağırlıkları bileşimini bulmayı sağlayan ve Charnes ve diğ. (1978) tarafından ilk olarak geliştirilen bu “oransal nitelikli matematiksel model” matris formunda aşağıda verilmiştir.

Buna göre, h_j , bir $j \in (1,..n)$ birimi için (optimal) etkinlik skorunu, $u \in \mathbf{R}_+^m$ ve $v \in \mathbf{R}_+^k$ ise sırasıyla bu birimin girdi ve çıktı ağırlıkları vektörlerini göstermek üzere,

$$\text{Maks } h_j = \frac{vY_j}{uX_j} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \frac{vY_j}{uX_j} \leq 1$$

$$u, v \geq 0$$

modeli gözlemlenen tüm üretim birimleri için ayrı ayrı (n kez) çözümlenerek tüm birimlerin etkinlik skorlarına ulaşılır. Etkinlik skoru, ilk kısıt gereğince birden büyük olamaz.

Oransal ifadelerle tanımlanan bu model, çözümündeki zorluk nedeniyle, içerdiği oranın payı ya da paydası bire eşit olmaya zorlanarak doğrusal hale getirilmiştir. Böylece etkili doğrusal programlama algoritmalarıyla çözümü mümkün hale gelmiştir. Aşağıda VZA'nın doğrusal programlama modeli (2) verilmektedir. Gösterimin solunda (2-a), oransal (1) modelinin doğrusal ifadesi; sağında ise (2-b), bu modelin hem çözüm de hem de yorumlama açısından kolaylık sağlayan ikilisi yer almaktadır (Coelli, 2005: 163).

$$\begin{array}{ll}
 \text{Maks } h_j = vY_j & \text{(2-a)} \\
 \text{s.t. } uX_j = 1 & \\
 vY - uX \leq 0 & \\
 u, v \geq 0 & \\
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{ll}
 \text{Min } \Phi_j & \text{(2-b)} \\
 \text{s.t. } Y\lambda \geq y_j & \\
 X\lambda \leq \Phi x_j & \\
 \lambda \geq 0, \Phi \text{ kısıtlanmamış} & \\
 \end{array}
 \qquad (2)$$

Veri Zarflama Analizi yazınında, (2-a) modeline “çarpımsal model”, (2-b) modeline ise “zarflama modeli” adı verilmektedir (Tarım 2001: 62).

Zarflama modeli, her j üretim biriminin sanal bir etkin sınıra dik (radial) uzaklık ölçüleri bazında karşılaştırılması ve bu uzaklığın minimize edilmesi ilkesine dayanır. Model, her j birimini mevcut diğer gözlemlerle karşılaştırarak hangilerinin etkin sınıra oluşturduğunu ve diğerlerinin bunlara ne kadar yakın (veya uzak) olduğunu hesaplar. Modelde, gözlem kümesindeki diğer birimlerin girdi ve çıktı matrislerinin pozitif λ ağırlıkları vektörü ile çarpımları $X\lambda$ ve $Y\lambda$ ile gösterilmektedir. Bu anlamda modelde, “en az j biriminin girdi veya çıktı vektörleri kadar iyi” olan doğrusal bileşimlerin varlığı, çıktılar için $Y\lambda \geq y_j$ ve girdiler için $X\lambda \leq x_j$ ile gösterilmiştir. Eğer bu özelliği sağlayan başkaca bir birim mevcut değilse j birimi “etkin” olarak nitelendirilir. İlgili kısıtlar bir birimin çıktı veya girdilerinin, diğer tüm birimlerin çıktı veya girdi bileşimlerini aşmamasını sağlayarak, ilgili veriyi çevreleyen bir zarf oluşturur. Bir j birimi ancak kısıtlarda eşitlik sağlanması; yani, eşitsizlikleri eşitlik haline çevirmek için tanımlanan boş değişkenlerin sıfıra eşit olması durumunda “etkin” birim olacak ve etkin sınır üzerinde yer alacaktır. Etkin birimler için Φ_j^* bire eşit, diğerleri için birden küçük bir sayı tespit edilir (Coelli ve diğ. 2005: 162).

VZA modelleri, etkin olmayan bir birimin etkinliğini geliştirmesi için ne yapması gerektiğini açıklama olanağı da verir. Etkin olmayan bir j birimi etkin sınırın içinde kalmak koşuluyla girdi vektörünü (x_j) nereye kadar azaltabileceğine baktığı ve etkin sınır da diğer gözlemlerden oluştuğu için bu sınır üzerinde bir nokta aslında j'nin ulaşmaya çalıştığı nokta olacaktır. Etkin sınır üzerindeki her nokta gibi bu da sınırı oluşturan gözlemlerin girdi-çıkıtı bileşimlerinin doğrusal bir kombinasyonu olacağından, bu noktayı hangi birimlerin doğrusal kombinasyonları oluşturuyorsa onlara da “hedef birimler”

(targets) denir. Etkin olmayan bir birimin kendisine hedef aldığı bir birim gibi etkin olma sürecinde, en az mevcut çıktı düzeyinde kalarak etkinlik skoru elde etmede sıfırdan büyük ağırlık verdiği girdi bileşimleri için $(1 - \Phi_j^*) \times 100$ oranında azaltmaya gitmesi gereklidir (Tarım 2001: 64–69).

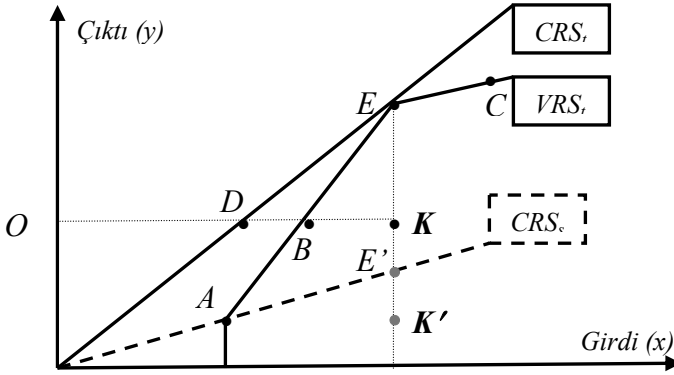
Charnes ve diğ. (1978) tarafından ortaya konulan VZA'nın orijinal modeli (1) ve doğrusal programlama eşdeğerleri (2), tüm üretim bileşimlerinin sabit oranlarda değiştirilebileceği bir teknoloji olarak tanımlanan “Sabit Ölçek Getirisi”ni (Constant Returns to Scale_CRS) varsayar. Banker ve diğ. (1984) ise VZA modeline “Değişken Ölçek Getirisi” (Variable Returns to Scale_VRS) varsayımını eklemişlerdir. Bu varsayıma göre, birimler faaliyetlerinin büyüklüğü değiştiğinde aynı girdi bileşimi değişimine karşılık çıktılarını farklı oranlarda artırıp azaltabilirler.

Üretim ölçeği getirisine ilişkin yapılan bu varsayımlar matematiksel modelde " λ ağırlıkları"ni tanımlayan kısıtlar tarafından belirlenmektedir. Diğer deyişle, zarflama modelinde λ 'nın ne şekilde kısıtlandığı çizilecek "etkin zarfın biçimi"ni belirler. Buna göre CRS için $\{\lambda \in \mathbb{R}^n : \lambda \geq 0\}$ olarak tanımlanan kısıt; VRS için $(n \times 1)$ boyutunda birim vektör $e^T = [1, 1, \dots, 1]$ olmak üzere $\{\lambda \in \mathbb{R}^n : \lambda \geq 0, e^T \lambda = 1\}$ şeklinde tanımlanır. Buna göre, VRS kısıtları ile değişken ölçek getirisi varsayımı altında girdi-çıkıtı ekseninde konveks (parçalı doğrusal) bir etkin sınır (zarf) oluşturulur. Bu sınır üzerinde kalmak koşuluyla, bir birim girdi artışına karşılık daha fazla oranda çıktı üretilen bölgeye “Artan Ölçek Getirisi (Increasing Returns to Scale_IRS)”, tersine girdilerdeki artış oranından daha az oranda çıktı artışı gerçekleşen bölgeye “Azalan Ölçek Getirisi (Decreasing Returns to Scale_DRS)” adı verilir. IRS için model $\{\lambda \in \mathbb{R}^n : \lambda \geq 0, e^T \lambda > 1\}$, DRS içinse $\{\lambda \in \mathbb{R}^n : \lambda \geq 0, e^T \lambda < 1\}$ kısıtları ile tanımlanır (Banker ve Thrall, 1992).

VZA yöntemi, girdiye ve çıktıya yönelik olarak iki yönlü kullanılabilme özeliğine sahiptir. Girdiye yönelik bir VZA modeli, belirli bir çıktı bileşimini en etkin bir şekilde üretebilmek amacıyla, kullanılacak en uygun girdi bileşiminin nasıl olması gerektiğini araştırır. Çıktıya yönelik VZA modeli ise belirli bir girdi bileşimi ile en fazla ne kadar çıktı bileşimi elde edilebileceğini inceler (Charnes ve diğ., 1981: 669). Yukarıda sunulan (1) ve (2), VZA modellerinin “girdi odaklı” biçimleridir.

Aşağıdaki Şekil 1 tüm bu açıklamaları görsel olarak ifade etmektedir. Şekilde, tek girdi ve tek çıktı kullanan aynı üretim birimleri için, sabit ve değişken ölçek getirisi varsayımları altında çözülen veri zarflama analizi modelleri tarafından belirlenen etkin sınırlar (CRS ve VRS) bir örnek üzerinde gösterilmektedir (Coelli ve diğ. 2005: 174).

Şekil: 1
Farklı Ölçek Getirilerine Göre ve Farklı Dönemlerde VZA Yöntemi İle Belirlenen Etkin Sınırlar ve Etkinlik Dereceleri



Şekil 1'de bir t zamanında, sabit ölçek getirisi varsayımı altında CRS_t ve değişen ölçek getirisi ile VRS_t etkin sınırlarının belirlendiği ve harflerle simgelenen birimlerin şekil üzerinde gösterildikleri gibi konumlandıkları varsayılmaktadır. CRS_s ise t zamanından önceki bir s zamanına ait etkin sınırdır. K' ve E' simgeleri t zamanında K ve E noktalarında üretim yapan birimlerin s zamanındaki konumlarını göstermektedir.

Şekil incelendiğinde, ölçek getirisine ilişkin farklı varsayımlar altında belirlenen etkin sınırların şeklinin ve etkin birimlerin farklılaştığı görülmektedir. Ele alınan t döneminde, VRS etkin sınırı üzerinde yerleşen A, B ve C birimleri sabit ölçek dönüşümüne göre etkin değildirlir. E ise her iki durumda da etkin (tam etkin) birimdir.

Birimlerin etkinlik skorlarının farklı teknolojilerle çizilen etkin sınırlara olan uzaklıkları itibarıyla oransal olarak nasıl belirleneceğini de aynı şekil üzerinde açıklanabilir. Örneğin K biriminin girdi odaklı etkinlik skoru CRS tarafından OD / OK ve VRS tarafından OB / OK oranlarından hesaplanır.

VRS ve CRS'nin belirlenmesi, ölçek etkinliği bileşeninin hesaplanmasını da mümkün kılar. Ölçek etkinliği birimin CRS skorunun VRS skoruna bölünmesiyle basitçe bulunabilir. K firması için bu oran $(OD / OK) / (OB / OK) = OD / OB$ ye eşittir.

VRS etkin sınırını oluşturan birimlerden B birimi ölçeğini artırarak, C birimi de azaltarak tam etkin duruma yaklaşabilirler. Diğer bir deyişle, AE bölgesinde artan ölçek dönüşümü (IRS), EC arasındaki bölgede ise azalan ölçek dönüşümü (DRS) söz konusudur.

2.2. Verimlilik ve Etkinliğin Zaman İçindeki Değişiminin Ölçülmesi: Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi

Zaman faktörünü VZA modeline ekleyen yaklaşıma temel olan çalışmalarında Caves ve diğ. (1982), Malmquist'in "Toplam Faktör Verimliliği" (TFV) endeksini kullanarak, iki gözlemin verimliliğindeki değişimin bu gözlemlerin ortak bir teknolojiye olan uzaklıklarının oranı olarak ölçülebileceğini göstermişlerdir. Fare ve diğ. (1992, 1994a, 1994b) ise, esas alınan bir s dönemi ve izleyen t dönemi arasındaki girdi ve çıktılara göre Malmquist TFV değişim endeksini (t dönemi gözleminin s dönemi teknolojisinden olan uzaklığını) hesaplamışlardır. Böylece, bir yandan s ve t dönemleri arasındaki etkinlikteki değişimin ölçüsü, diğer yandan üretim sınırındaki kayma miktarı (teknolojik değişim ölçüsü) ölçülebilmektedir. Bunun için s ve t dönemi gözlemlerinin s ve t dönemi teknolojilerinden olan uzaklıklarını veren dört farklı fonksiyonun da bulunması gerekmektedir. Bu hesaplamada sıklıkla Fare ve diğ. (1994b) tarafından VZA'nın tek dönemli formülasyonunun (2-b modeli veya bunun çıktı odaklı eşdeğerinin) dönemler arasında tanımlanmasıyla geliştirilen matematiksel programlama modelleri kullanılmaktadır.

Buna göre, bir j birimin q zamanındaki etkinliğini bir p zamanındaki etkin sınıra (teknolojiye) göre belirleyen model,

$$\text{Min } \Phi_j^{p,q} \quad (3)$$

$$\text{s.t. } Y^q \lambda^q \geq y_j^p$$

$$X^q \lambda^q \leq \Phi^p x_j^p$$

$$\lambda^q \geq 0.$$

biçimde yazıldığında, problemde $p = q = s$ alınır, s zamanındaki birimin s zamanındaki etkin sınıra göre etkinlik skoruna ($\Phi_j^{s,s}$) ulaşılır. Benzer şekilde $p = q = t$ durumunda model, ileriki t zamanındaki birimin yine t zamanındaki etkin sınıra göre etkinlik skorunu ($\Phi_j^{t,t}$) verir. Modelde $p = t$ ve $q = s$ alınır, t zamanındaki birimin geçmiş s zamanındaki etkin sınıra göre etkinlik skoru ($\Phi_j^{t,s}$); tersi durumda s zamanındaki birimin ileriki t zamanındaki etkin sınıra göre etkinlik skoru ($\Phi_j^{s,t}$) hesaplanır (Yunos ve Hawdon, 1997: 258).

Böylece tanımlanan fonksiyonların değerlerinin tüm dönem ve gözlemler için hesaplanabilmesi, n gözlem sayısını ve T dönem sayısını göstermek üzere, $n(3T - 2)$ tane doğrusal programlama modelinin çözümünü gerektirmektedir (Coelli vd., 2005: 294).

Şekil 1’de gösterildiği üzere s döneminde CRS_s teknolojisi altında K' gözleminin; izleyen t döneminde CRS_t teknolojisi altında K gözleminin yapılmış olduğu varsayılırsa, y_j herhangi bir j biriminin çıktı miktarını göstermek üzere,

$$\text{Etkinlik değişimi} = \frac{\Phi_j^{t,t}}{\Phi_j^{s,s}} = \frac{y_K / y_E}{y_{K'} / y_{E'}} \quad (4)$$

$$\text{Teknik (teknolojik) değişme} = \left[\frac{\Phi_j^{s,t}}{\Phi_j^{t,t}} \times \frac{\Phi_j^{s,s}}{\Phi_j^{t,s}} \right]^{1/2} = \left[\frac{y_K / y_{E'}}{y_K / y_E} \times \frac{y_{K'} / y_{E'}}{y_{K'} / y_E} \right]^{1/2} \quad (5)$$

oranlarından da hesaplanabilir (Fare v.d., 1994a: 71). Malmquist Toplam Faktör Verimliliği endeksi ise bu iki bileşenin çarpımıdır:

$$\text{Malmquist TFV} = \text{Etkinlik Değişimi} \times \text{Teknolojik Değişme} \quad (6)$$

Eşitlikler sadeleştirildiğinde bir s yılından t yılına geçildiğinde Malmquist TFV endeksinin $\Phi_j^{t,s} / \Phi_j^{s,s}$ ifadesine eşit olduğu görülür. Benzer hesaplamalar gözlemlerin girdilerine göre de yapılabilir (Fare v.d., 1992: 90-91).

2.3. Ülkeler Arası Yakınsama Ölçüsünü ve Bazı Değişkenlerin Etkinlikle İlişisini Test Etmekte Kullanılan Parametrik-Olmayan İstatistiksel Teknikler

Çalışmada belirlenen değişkenlerin etkinlik ile ilişkisini ve ülkeler arası etkinliklerdeki yakınsama derecesini ölçmek amacıyla bilinen bazı istatistik testlerden faydalanılmıştır. Aşağıda bu yöntemlerin kullanımı ile ilgili açıklamalara yer verilmektedir.

2.3.1. “ σ - yakınsama” Göstergesi: Friedman Testi - Varyans Analizi

M. Friedman’a (1992) göre, ülkeler arası performans skorlarına ilişkin dağılımın varyansının “zaman içindeki” (intra-temporal) değişkenliği “yakınsama” (convergency) ile ilgili fikir verir. Şöyle ki, eğer bir performans skorunun varyansında zaman içinde bir daralma meydana geliyorsa, bu durum, ülkelerden bir kısmının toplu olarak performanslarının birbirine yakınlaştığını gösterir. Daha önce zayıf performans gösteren

ülkeler diğerlerini “yakalama” (catching-up) yönünde hareket etmişlerdir. Yakınsamanın bu toplu göstergesine “ σ - yakınsama” (σ - convergency) adı verilir (Koski ve Majumdar 2000: 118).

Çalışma kapsamında Friedman testi ile ilgili kurulacak boş hipotez, “zaman içinde etkinlik skorlarının varyansları arasında fark yok (σ - yakınsama yok)” ve alternatifi “en az bir zaman çiftinde varyanslar arasında fark var (σ - yakınsama var)” olarak ifade edilmiştir. Bu testin “ σ - yakınsama”nın varlığına işaret etmesi halinde, zaman içerisinde varyanslarda meydana gelen ortalama değişimin oranı bize yakınsamanın derecesini gösterecektir.

2.3.2. “ β - yakınsama” Göstergesi: Kendall W Testi

“ β - yakınsama” (β - convergency) göstergesi, zaman içinde performans seviyelerinin “dağılımları-arasındaki hareketliliğe” (intra-distributional mobility) ilişkin bazı ayrıntıları belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Bu gösterge, etkinlik sıralamasında çeşitli ülkelerin “sıralarının” zaman içinde değişip değişmediğini gösterir (Koski ve Majumdar 2000: 118). σ - yakınsamanın varlığı etkinlik skorlarının zaman içinde birbirine yaklaştığını gösterirken, β - yakınsamanın varlığı ele alınan zaman dilimleri arasında sıralamanın değiştiğinin bir göstergesidir. Örneğin bir grup ülkenin zaman içinde etkinlikleri artmış, ancak sıralamaları değişmemiş olabilir. σ ve β - yakınsamalarının her ikisinin de aynı anda var olması yüksek derecede bir yakınsamanın varlığına işaret eder.

β - yakınsamayı ölçmek için Friedman testinde olduğu gibi ilişkili örneklemeler (yıllar) için kullanılan testler tercih edilmektedir. Bunlardan biri Kendall W testidir. Bu çalışma kapsamında Kendall W testi, ülkelerin etkinlik sıralamalarında dönem sonunda (2006) baz yıl olan 2000 yılına göre toplu olarak anlamlı bir değişim olup olmadığının gözlenmesi amacıyla kullanılmıştır. Kendall W testi, karşılaştırma yaptığı iki dönemdeki sıralama dağılımları arasında, ülkelerin sıralarının ortalama değerleri arasındaki farkları karşılaştırır (Koski ve Majumdar 2000: 119).

Çalışmamızda Kendall W testi ile sınanacak Ho hipotezi, “ele alınan zaman dilimi içerisinde ülkelerin elektrik üretimi sektörlerinin etkinlik sıralamalarının dağılımları arasında anlamlı bir fark yoktur (tüm dönemlerde β - yakınsama yoktur)” olarak ifade edilmiştir. Eğer bu hipotez belirli bir anlamlılık düzeyinde reddedilirse analiz dönemi boyunca sıralamalar arasında önemli bir hareketlilik olduğuna, β - yakınsamanın varlığına işaret eder. Bu bulgu σ - yakınsamanın da varlığı ile birlikte değerlendirildiğinde; etkin olmayan bazı ülkelerin zamanla bir taraftan etkinlik skorlarını, diğer taraftan sıralamalarını değiştirerek etkin sınıra yakınsadıkları söylenebilecektir.

2.3.3. Etkinlik ile Değişkenler Arası İlişkilerin Sınanması: Spearman Korelasyonu ve Tobit Regresyon Modeli

Bilindiği gibi iki değişken arasındaki ilişkinin yönü ve gücü korelasyon katsayısı ile ölçülür. Spearman'ın sıra korelasyonu da iki sürekli değişken arasındaki ilişkinin derecesini hesaplanmakta kullanılan ve parametrik olmayan bir istatistiktir. Eğer bu istatistik belirli bir anlamlılık düzeyinde geçerli ise, -1 ve 1 arasında hesaplanan katsayı, iki değişken arasındaki ilişkinin gücünü ve yönünü gösterir. İlişki, örneğin +1'e yaklaştıkça iki değişken arasında güçlü ve pozitif yönlü bir ilişkinin varlığından bahsedilir.

Bağımlı bir değişkenin bağımsız değişkenler tarafından açıklanmasında sıklıkla regresyon yöntemleri kullanılır. Klasik “En Küçük Kareler” (EKK) yönteminin sapmalı sonuçlar vereceği, bağımlı değişkenin değişim aralığının belirli bir aralıkta sınırlandırıldığı ilişkiler ise Tobin (1958) tarafından geliştirilen Tobit modeli ile çözümlenmektedir. Elektrik üretim sektöründe yapılan analizlerde de ilk aşamada tespit edilen etkinlik skorlarını etkileyen çevresel değişkenleri belirlemek için ikinci aşamada Tobit modelinin uygulandığı çalışmalar bulunmaktadır (Meibodi, 1998; Olatubi ve Dismukes, 2000, Murillo-Zamorano ve Vega-Cervera, 2001; Domah, 2002; Barros ve Peypoch, 2008; Yang ve Pollitt, 2009).

Tobit modeli için bu çalışmada;

$$TE_j = \begin{cases} \sum_{j=1}^n \beta_j X_j + u_j, & \text{eger } L_j < \sum_{i=1}^n \beta_j X_j + u_j < U_j \text{ ise} \\ 0 & , \text{ degilse} \end{cases} \quad (7)$$

tanımı kullanılmıştır (Ogunyinka ve Ajibefun, 2004: 357).

Bu modelde, bağımlı değişken TE_j , bir j ülkesi için ölçülen etkinlik skorunun (CRS) 1'den çıkarılması ile elde edilen “etkinsizlik derecesi”ni gösterir. Bağımsız değişkenler vektörü X_j , bu ülkenin etkinlik (etkinsizlik) skoruna etki ettiği düşünülen çevresel değişkenleri; tahmin edilecek katsayılar vektörü β_j ise bunların bağımlı değişkeni etkileme derecelerini gösterirken, u_j , normal olarak dağılan, ortalaması sıfır ve ortak varyansa sahip hata terimleri vektörünü nitelemektedir. Son olarak L_j ve U_j , sırasıyla, dağılımın alt ve üst sınırlarıdır. Buna göre, “etkinsizlik” skorları 0 ile 1 arasında değişirken sıfıra daha yakın bir dağılım sergilediklerinden, bu değerler arasında kısıtlanmış olan formülasyon (7), etkisiz birimlerin etkisizlik derecelerini istatistiksel olarak hangi değişkenlerin ne ölçüde açıkladığını gösterecektir (Green, 1995).

3. Elektrik Üretiminde Etkinlik ve Verimlilik Analizi

3.1. Örneklem ve Araştırma Yöntemi

Bu çalışmada, Avrupa Birliği (AB) üyesi ülkeler ve Türkiye'nin elektrik üretim sektörleri VZA yöntemi ile karşılaştırmalı etkinlik analizine tabi tutulmuşlardır. Bu amaçla oluşturulan örneklem, 2000–2006 yılları arasında her dönem için verilerine ulaşılabilen 21 AB üyesi ülke ve Türkiye'yi içermektedir. Analize dâhil edilen ülkeler; DE-Almanya, AT-Avusturya, UK-İngiltere, BE-Belçika, BG-Bulgaristan, CZ-Çek Cumhuriyeti, DK-Danimarka, FI-Finlandiya, FR-Fransa, ES-İspanya, SE-İsveç, IT-İtalya, LV-Letonya, LT-Litvanya, LU-Lüksemburg, HU-Macaristan, PL-Polonya, PT-Portekiz, RO-Romanya, SK-Slovakya ve SI-Slovenya'dır. İncelenen AB üyesi 21 ülke, analiz dönemi ortalamalarına göre, toplam AB elektrik üretiminin %94'ünü gerçekleştirmişlerdir.

VZA, veri tabanlı bir analiz yöntemi olduğundan, homojen üretim birimlerinin karşılaştırılmasını gerektirir. Homojenlik varsayımı, karşılaştırılacak birimlerin benzer aktiviteler gerçekleştiriyor olduklarını (aynı girdiler ile aynı çıktıları ürettiklerini) ve benzer bir çevrede faaliyet gösterdiklerini temel alır. Bazen birimlerin ortak teknoloji kullandıkları da varsayım içine dâhil edilir (Dyson, 2001: 247).

VZA yöntemiyle ülkelerarası etkinlik ve verimlilik kıyaslaması yapan çalışmalarda homojenliği sağlamak için benimsenen ortak bir yaklaşım, öncelikle karşılaştırılan ülkeleri benzerliklerine göre gruplamaktır. Diğer bir yaklaşım ise, ele alınan ülke, sektör veya firmalara özgü bir takım çevresel nitelikli değişkenlerdeki farklılıkları dikkate alan analizler gerçekleştirmektir. Daha açık olarak, ilgili yazında “çevresel” ya da “kontrol dışı faktörler”in performans analizinin içerisine dâhil edilmesi için uygulanan yöntemler üç ana grup altında sınıflandırılmaktadır (Yang ve Politt, 2009: 1096–1097). Bunlardan birincisi olan “ayırma yöntemi”nde, ele alınan örneklem benzerliklerine göre gruplanarak, önce grup içi sonra gruplar arası karşılaştırma yapılmaktadır. Ancak bu yöntem, örneklemin çok sayıda birimi içermesi durumunda kullanılabilir. Ayrıca, oluşan alt gruplar aynı birimleri içermediğinden ve örneklem sayıları çoğunlukla farklı olduğundan gruplar arası karşılaştırma yapmak da zorlaşır. Gruplama kriterlerinin önceden bilinmesi ve çoğu durumda ilgili değişkenin kategorik olması (kamu veya özel sahiplik yapısı gibi) gerekmektedir; gruplama kriteri sayısı çoğaldıkça çok az elemanlı kümelerin oluşması söz konusu olmaktadır. İkinci yöntem grubu, örneklemdaki homojen yapının bozulmasına neden olan değişkenlerin, sonuçları etkileme yönlerinin belirlenmesi şartıyla, modelin içerisine doğrudan sokuldukları “tek aşamalı” analizleri içerir. Üçüncü yöntem grubu ise bir temel model üzerinde elde edilen performans skorları bağımlı, performansa dışsal olarak etki ettiği düşünülen değişkenler bağımsız olmak üzere kurulan regresyonların yardımıyla çevresel etkilerin belirlenmesi ve sonra bunları dikkate alan modellerin analizi mantığına dayanır (Haas ve Murphy, 2003; Yang ve Pollitt, 2009).

Elektrik üretim sektöründe yapılan etkinlik analizlerinde yukarıda özetlenen yöntemlerden ikinci ve üçüncüsünü benimseyenler arasında; Golany ve diğ. (1994), Whiteman (1995), Meibodi (1998), Olatubi ve Dismukes (2000), Domah (2002), Nemoto ve Goto (2003), Saleem (2007), Barros ve Peypoch (2008) ve Yang ve Pollitt (2009) sayılabilir. Örnek olarak Domah (2002), birçok yönden kısıtlı olanaklara sahip “küçük-ada”larda yerleşmiş elektrik üreticileri ile Amerika kıtasında yer alan “büyük” üreticilerin “farklılıkların belirlenmesi ve dikkate alınması şartıyla” VZA ile karşılaştırılabileceğini göstermiştir (Domah 2002: 20).

Bu çalışmanın da varsayımı, ele alınan ülkelerin elektrik üretim sektörlerinin benzerliklerinin yanında, farklılıkları da göz önüne alınarak kıyaslanabilir olduklarıdır. Zira ekonomik ve coğrafi yakınlık içerisinde bulunan AB üye ülkeleri ve Türkiye'nin elektrik üretim sektörleri, benzer girdiler (belirli bir teknoloji, yakıt, işgücü vb.) kullanarak, benzer çıktılar (elektrik) üretmektedir. Ayrıca sektörü düzenleyen kurum ve kurallar aracılığı ile politika yapıcılar, bu ülkelerde AB tarafından topluca belirlenen benzer koşullara uyum sağlamak durumundadırlar. Bunun yanında, elbette her ülke, kendine özgü politik amaçlara, kaynaklara ve teknoloji tercihlerine de sahip olacaktır (Steiner, 2000: 18). Dolayısıyla, sektörde faaliyet gösteren bir firma için veri olan faktörlerden bazıları (örneğin rekabet koşulları, sektörün piyasa yapısı) belirli bir dönemde politika yapıcılar tarafından “değiştirilebilir” ya da “kontrol edilebilir” nitelik taşır. Bu nedendir ki, söz konusu faktörlerden bazıları giriş bölümünde de belirtildiği üzere güncel tartışmalara ve reformlara konu olmaktadır. Diğer taraftan, hükümetlerin ve/veya kamuoyunun ilgili ülkeye özgü olarak belirli bir dönemde değiştiremeyecekleri faktörler de mevcuttur. Örneğin elektrik üretim sektöründe kurulu güç ve üretimi doğrudan etkileyen iklim ve coğrafi koşullar, kişi başına milli gelir (veya tüketim / talep), ülkenin sanayileşme düzeyi gibi faktörler, en azından kısa vadede değiştirilemez. Dolayısıyla ülkeler veya sektörler arasında karşılaştırma yaparken yukarıda sözü edilen yöntemler uygulanarak homojenliğin sağlanmaya çalışılması gerekmektedir. Bu kapsamda bu araştırmanın da yöntemsel çerçevesini oluşturan çabalar şöyle özetlenebilir:

Öncelikle seçilen veri kümesinin karşılaştırılabilir, ölçülebilir ve yorumlanabilir özellikte olmasına özen gösterilmiştir. Analiz biriminin yetersizliği nedeniyle yukarıda bahsedilen yöntem gruplarından ikinci ve üçüncüsü benimsenerek, elektrik üretimi ile doğrudan ilgili ve karar vericinin kontrolü altında olan temel değişkenler ile kontrol dışı (çevresel) olabileceği düşünülen değişkenler belirlenmiş ve ayrılmıştır. Meibodi (1998)'deki yöntem izlenerek temel değişkenlerden oluşturulan başlangıç modeline göre veri kümesinin analiz dönemi ortalaması üzerinde etkinlik tahmini yapılmış, etkisizliği açıklayan çevresel değişkenler tespit edilmiştir. İlk bulgulardan hareketle oluşturulan diğer modeller için aynı analiz tekrarlanmış, böylece çevresel faktörlerin etkileri izlenmiştir. Böylece, modeller arasındaki farklılıkların gözlenmesi de sağlanmıştır. Son olarak, oluşturulan modeller üzerinde analiz döneminin içerdiği yıllar itibarıyla dinamik etkinlik ve verimlilik analizleri gerçekleştirilmiştir.

Böyle bir analiz bize, Türkiye ve Avrupa elektrik üretim piyasalarının etkinlik skalası ve değişimi ile ilgili güvenilir ve yeterli bilgi sunarak, etkinliğin bazı önemli karakteristiklerini belirlememizi sağlamaktadır.

Ülkelerin elektrik üretim sektörlerinin her dönem için CRS, VRS ve ölçek etkinlik skorları VZA modeli (2) kullanılarak ve elektrik üretim sektörü gibi çıktının belirli sözleşmelerle veya talep tarafından belirlendiği endüstrilerde asıl karar değişkenleri girdiler olduğundan, “girdi odaklı” olarak hesaplanmıştır (Coelli ve diğ., 2005: 110; Bağdadioğlu ve diğ., 1996: 8). VZA ve Malmquist TFV modellerinin çözümlemesi için Zhu (2003)’ün “DEA Excel Solver” adlı Excel eklentisi, istatistiksel testler için çeşitli istatistik paket programları kullanılmıştır. Aşağıda analizlerde kullanılan veri ve uygulama sonuçlarına yer verilmektedir.

3.2. Veri

Elektrik üretimi, başka bir formda bulunan enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürme işlemidir (Steiner, 2000: 8). Bu açıdan elektrik üretiminin temel girdileri, yakıt (TOE veya Joule, BTU), üretim teknolojisinin kapasitesi (MW) ve işgücü iken, üretilen elektrik enerjisi (MW-saat) temel çıktısını oluşturur. Bu değişkenlerden sermaye ve işgücü girdileri olarak, sırasıyla, kurulu güç kapasitesi ve çalışan sayısı; çıktı olarak ise üretim miktarı elektrik üretim sektöründe etkinlik ölçümü yapan çalışmaların tamamında kullanılmıştır. Çalışmaların bazılarında, veriye ulaşılabilirlik durumuna bağlı olarak, üretim kayıpları, kapasite kullanım oranı, yükleme faktörü vb. değişkenlere de yer verilmiştir. Farklı çalışmalarda ele alınan çevresel değişkenler, üretim teknolojisi (bazı çalışmalarda oransal olarak girdilere veya çıktılara dâhil edilmişlerdir), kişi başına tüketim, Gayrisafi Milli Hâsıla (GSMH), piyasa yapısı ile ilgili faktörler (rekabetçilik ve piyasa yoğunlaşma düzeyleri), sektördeki firmaların sahiplik yapısı (kamu veya özel), üretimde kullanılan yakıt türü, kalitesi, santralin yaşı vb. olarak sayılabilir. Bu değişkenler ile ilgili daha kapsamlı bilgi için Steiner, F. (2000), Jamasb ve diğ. (2005) ve Estache ve diğ. (2005) incelenebilir.

Bu çalışmada ele alınan ülkelere ve tüm dönemlere ilişkin olarak ulaşılabilen ve karşılaştırılabilir nitelikteki veriler, Avrupa Komisyonu İstatistik Ofisi (EUROSTAT) ve Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) veritabanından ve Avrupa Komisyonu’nun yayımladığı çeşitli rapor ve yıllıklardan derlenmiştir.

Elektrik sektöründe çalışan sayısını gösteren verinin azlığı, analiz döneminin ve analize dâhil edilecek ülke sayısının kısıtlanmasına neden olmuştur. Gerek Avrupa, gerekse TÜİK iş istatistiklerinde E4011 kodlu “Elektrik üretiminde çalışan sayısı” verisi Türkiye için mevcut olmayıp AB ülkeleri için de oldukça eksik olduğundan, onun yerine daha geniş kapsamlı E401 kodlu “Elektrik üretim ve dağıtımında çalışan sayısı” verisi kullanılmıştır.

Ülkelerin elektrik üretim sektörlerine ait brüt elektrik üretimi ve kurulu güç verileri her üretim teknolojisi (termik, nükleer ile hidro ve diğer elektrik üretim santralleri) için ayrı ayrı olmak üzere tüm ülke ve dönemler için mevcuttur.

Sistem kayıpları ile ilgili veri olmadığından iç tüketim (elektrik üretim sektörünün kendi elektrik enerjisi tüketimi), yakıt tüketimi içinse termik ve nükleer santrallerde tüketilen ve TOE birimi ile ölçülen yakıt miktarları alınmıştır.

Aşağıdaki tabloda, sayılan analiz değişkenlerine ait özet bilgiler sunulmaktadır.

Tablo: 1
Temel Değişkenler*

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Ort.	St.Sp.
Kurulu Güç (MW)	TR	27.264	28.332	31.846	35.587	36.824	38.842	40.565	34.180	5.147
	AB	31.171	31.630	32.111	32.675	32.986	33.457	34.062	32.582	1.017
Yakıt Tüketimi (1000 Toe)	TR	20.156	20.609	19.589	20.375	20.622	23.576	25.777	21.529	2.269
	AB	27.942	28.706	29.269	30.371	30.512	30.453	30.809	29.723	1.093
Çalışan Sayısı	TR	65.121	67.984	73.709	62.599	62.768	61.170	66.553	65.700	4.265
	AB	46.062	43.411	42.707	40.736	41.538	39.881	39.582	41.988	2.277
Üretim (GWs)	TR	124.922	122.725	129.400	140.581	150.698	161.956	176.300	143.797	20.214
	AB	135.222	139.125	139.367	143.767	146.912	147.930	150.029	143.193	5.448
Termik Üretim (GWs)	TR	93.934	98.563	95.564	105.101	104.463	122.242	131.835	107.386	14.322
	AB	71.259	72.309	74.217	78.472	79.444	81.206	83.002	77.130	4.554
Nükleer Üretim (GWs)	TR	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	AB	44.813	46.429	46.966	47.231	47.839	47.319	46.972	46.795	973
Hidro ve Diğer Üretim (GWs)	TR	30.988	24.162	33.836	35.480	46.235	39.714	44.465	36.411	7.738
	AB	19.150	20.387	18.184	18.064	19.629	19.404	20.056	19.268	881
İç Tüketim (GWs)	TR	6.224	6.474	5.673	5.333	5.632	6.487	6.757	6.083	536
	AB	7.190	7.214	7.282	7.419	7.574	7.718	7.772	7.453	239

(*) AB: Bu çalışma kapsamındaki 21 ülkenin verilerinden derlenmiş ortalamalardır. TR: Türkiye verilerini göstermektedir.

Kaynak: EUROSTAT

Tablo 1 incelendiğinde, Türkiye'nin çalışan sayısında AB ortalamasından oldukça yüksek, kurulu güç ve brüt üretim değişkenlerine ait verilerde (nükleer üretim hariç) analiz kapsamındaki AB üyesi ülkelerin ortalamasına yakın değerlere sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca, Türkiye'nin -nükleer üretim hariç- tüm değişkenlerinde yıllar itibarıyla standart sapma (değişkenlik) AB'nin oldukça üzerindedir. Bu yönü ile Türkiye'nin üretim sektörünün analiz döneminde dinamik bir süreçten geçtiği söylenebilir.

Tablo 2 üretim teknolojisine (altyapısına) ve çevresel nitelikli olarak seçilen değişkenlere ilişkin verileri göstermektedir.

Tablo: 2
Üretim Altyapısı ve Çevresel Değişkenler*

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Ort.	St.Sp.
Kişi Başına	TR	1433	1404	1475	1582	1690	1795	1948	1618	276
Tüketim (KWs)	AB	5769	5893	5929	6053	6188	6192	6356	6054	205
Kişi Başına	TR	39,9	35,5	34,3	33,9	37,3	40,4	42,5	37,7	3,3
GSMH (SGP)	AB	93,1	92,3	93,3	94,1	95,0	95,2	96,4	94,2	1,4
Termik Kur.	TR	59%	59%	61%	65%	66%	67%	68%	63%	4%
Güç Oranı	AB	57%	57%	56%	57%	56%	56%	56%	56%	0%
Hidro ve Diğer	TR	41%	41%	39%	35%	34%	33%	32%	37%	4%
Kur.Güç Oranı	AB	22%	23%	24%	24%	24%	25%	25%	24%	1%
Nükleer Kur.	TR	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Güç Oranı	AB	21%	21%	20%	20%	20%	19%	19%	20%	1%
Termik Etkinlik	TR	42%	43%	44%	46%	46%	48%	48%	45%	2%
Faktörü	AB	54%	54%	54%	53%	55%	55%	55%	54%	1%
Rekabet	TR	-	-	-	37%	41%	32%	35%	36%	4%
Faktörü	AB	-	-	-	50%	52%	55%	56%	53%	3%

(*) AB: Bu çalışma kapsamındaki 21 ülkenin verilerinden derlenmiş ortalamalardır. TR: Türkiye verilerini göstermektedir.

Kaynak: EUROSTAT

Kişi başına tüketim ve kişi başına satınalma gücü paritesine (SGP) göre GSMH, verilerinden özellikle ikincisi analiz içerisine dâhil edilen ülkelerin karşılaştırılabilir olup olmadıklarını belirlemesi bakımından önemlidir. Bu veri EUROSTAT tarafından AB ülkelerini karşılaştırma gücü en yüksek gelişmişlik göstergesi olarak kabul edilmektedir. GSMH, ülkelerdeki satın alma gücü ile parasal farklılıklardan arındırıldıktan sonra, 27 AB ülkesinin ortalaması 100 olarak kabul edilerek standartlaştırılmaktadır. Kişi başına tüketim verisi ise toplam nihai tüketim değerlerinin (final inland consumption) ülkelerin sene başı nüfus sayılarına bölünmesi ile elde edilmiştir. Toplam nihai tüketim, elektrik tüketicisinin (hanehalkı, endüstri) kapısına kadar gelen elektrik miktarını gösterdiğinden, aynı zamanda dağıtım ve iletim kayıplarını da dikkate alan hassas bir göstergedir.

Her teknoloji için ilgili kurulu güç kapasiteleri toplam kapasiteye bölünerek, üretim altyapısı oranları elde edilmiştir. Mevcut kurulu gücün kullanımı ile ilgili olan termik (yakıt kullanımı) etkinliği faktörü, bazı çalışmalarda kapasite faktörüne (kapasite kullanımı ya da yükleme faktörü) ulaşamadığı durumlarda bu faktörün üretimdeki etkisini temsil eden alternatif bir değişken olarak kullanılmıştır (Yunos ve Hawdon, 1997: 263). Burada da ilgili değişken, aynı gerekçeyle ele alınmış, diğer yandan girdi faktörleriyle yakın ilişkisine karşın analizlere, etkileri izlenmek üzere çevresel bir faktör olarak dâhil edilmiştir.

Elektrik sektörünün rekabetçilik düzeyini tek başına belirleyen bir gösterge mevcut değildir. Bu nedenle çalışmamızda EUROSTAT tarafından hesaplanan üç göstergenin birleşimi olan ve “rekabet faktörü” adı verilen tek bir oran hesaplanacaktır. Bu göstergelerden birincisi sektördeki en büyük üretici firmanın pazar payı (market share of the largest generator) verisidir. Elektrik piyasasındaki rekabet derecesini, üretim tarafından gösteren bu değişkenin değeri, firmanın yıllık net elektrik üretiminin, ülkenin toplam net elektrik üretimine oranlanmasıyla hesaplanmaktadır. Oranın yüksek olması ülkede bir firmanın piyasaya hâkim olduğunu gösterdiğinden, rekabetçilik düzeyi ile ters orantılıdır. Göstergelerden ikincisi, piyasanın rekabete açıklık derecesi (degree of market opening) değişkenidir. Bu ise, tüketiciler açısından elektrik sağlayıcısını özgürce seçme hakkına sahip olma anlamına gelmektedir (EC, 2006: 6). Bu oranın yüksek olması potansiyel rekabetçi bir piyasaya işaret ettiğinden rekabet faktörü ile doğru orantılıdır. Üçüncü gösterge ise, sektördeki ana üretim şirketlerinin sayısıdır. Eğer bir şirket ulusal net elektrik üretiminin en azından %5’ini gerçekleştiriyorsa “ana şirket” olarak nitelendirilmektedir. Bir ülkede üretim yapan şirket sayısının fazlalığı da rekabet faktörü ile doğru orantılıdır.

Rekabet faktörünün hesaplanmasında kullanılan her üç gösterge ile ilgili veriler 2003–2006 yılları için AB Sektör Kıyaslama Raporlarından (EC, 2005, 2006, 2009c)’den derlenmiştir. Sektörün rekabetçilik düzeyi ile biri ters, diğer ikisi doğru orantılı olan bu üç değişkenin değerlerinin doğrudan ortalamasını alarak bir arada kullanmak mümkün değildir. Bu nedenle, öncelikle göstergeler aynı yönde olacak şekilde normalize edilmiştir. İlgili göstergenin j ülkesine ait orijinal değerini x_j , ilgili gösterge için en büyük değeri x_{maks} , ve en küçük değeri ise x_{min} ile gösterirsek, j ülkesinin ele alınan göstergede normalize edilmiş değeri r_j ; rekabetçilik düzeyi ile doğru orantılı değişkenler için, $r_j = [(x_j - x_{min}) / (x_{maks} - x_{min})]$; rekabetçilik düzeyi ile ters orantılı değişken içinse, $r_j = [(x_{maks} - x_j) / (x_{maks} - x_{min})]$ oranlarından hesaplanabilir. Böylece, her gösterge için ölçüm skalasının değerinin [0–1] arasında değiştiği ve o göstergede en kötü değere sahip ülkenin $r_j = 0$, en iyi değere sahip olanın $r_j = 1$ değerini aldığı normalize değerler elde edildikten sonra, her ülke için r_j değerlerinin basit ortalaması alınarak “rekabet faktörü” değerlerine ulaşılmıştır.

Yukarıda özetlenen verilere ilişkin her ülkeye ait analiz dönemi ortalamaları Ek-1’de verilmektedir.

3.3. Uygulama ve Sonuçlar

3.3.1. Veri Zarflama Modellerinin Kurulması

Yukarıda özetlenen verilerin analiz dönemi ortalamaları (Ek–1) üzerinde aşağıda tablo halinde verilen VZA modelleri kurularak çalıştırılmıştır.

Tablo: 3
Çalışma Kapsamında Kurulan VZA Modelleri

MODEL-1 (Başlangıç Modeli)		MODEL-2 (Termik Üretim Modeli)	
Girdi (ler)	Çıktı (lar)	Girdi (ler)	Çıktı (lar)
Çalışan (Toplam)	Toplam Üretim	Çalışan (Termik)	Termik Üretim
Kurulu Güç (Toplam)		Kurulu Güç (Termik)	

MODEL-3 (Hidro ve Diğer Üretim Modeli)		MODEL-4 (Genişletilmiş Model)	
Girdi (ler)	Çıktı (lar)	Girdi (ler)	Çıktı (lar)
Çalışan (Hidro ve Diğer)	Hidro ve Diğer Üretim	Çalışan (Toplam)	Termik Üretim
Kurulu Güç (Hidro ve Diğer)		Kurulu Güç (Toplam)	Hidro ve Diğer Üretim
			Nükleer Üretim

MODEL–1 (Başlangıç Modeli): Bu alanda gerçekleştirilen tüm etkinlik ölçümü çalışmalarında kullanılan ve verimlilik ile etkinliğin temel belirleyicilerinden (sermaye ve emek) oluşturulan bu başlangıç veri zarflama modelinde, ülkeler arası farkları belirginleştirmek, yani nükleer altyapı, rekabet, kişi başına GSMH ve tüketim gibi değişkenlerin toplam etkinlik üzerindeki etkilerini ölçmek amaçlanmıştır.

Öncelikle tüm temel değişkenler dikkate alınmış ancak, iç tüketim ve yakıt tüketimi girdilerinin diğer sermaye girdisi olan kurulu güç ile güçlü ilişkileri nedeniyle ve modelin ayırıcılığını artırmak amacıyla söz konusu değişkenler modele dâhil edilmemiştir. Zira analiz edilen birim sayısı azaldıkça veya birim sayısına göre değişken sayısı arttıkça VZA yönteminin ayırıcılık gücünün azaldığı bilinmektedir (Zhang ve Bartels, 1998). Hesaplanan korelasyonlar Tablo 4’te görülmektedir.

Tablo: 4
Temel Değişkenler Arası Korelasyonlar

	Kurulu Güç	Yakıt Tüketimi	Çalışan	Üretim	İç Tüketim
Kurulu Güç	1,000				
Yakıt Tüketimi	0,935**	1,000			
Çalışan	0,868**	0,857**	1,000		
Üretim	0,968**	0,963**	0,833**	1,000	
İç Tüketim	0,923**	0,956**	0,857**	0,933**	1,000

(**) Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır.

Tablo 4’te üretim ile en yüksek ilişkili faktörün kurulu güç olduğu, çalışan sayısı hariç diğer girdi değişkenlerinin kurulu güç ile yüksek ilişkide olduğu görülmektedir.

Model-1 Tablo 3'te gösterildiği gibi temel ve toplamsal değişkenlerle oluşturulduktan sonra VZA ile çözülerek etkinlik skorlarına ulaşılmıştır (Ek-1). Analiz sonuçlarında sapmalara engel olmak için analizlerde en büyük ve en düşük çıktı değerlerine sahip gözlemler atılmıştır (Bu yöntem, Model-4 hariç diğer modellerde de uygulanmıştır). Model-1 çözümlenirken analize dâhil edilmeyen ülkeler Avrupa'nın en büyük üreticisi Almanya ve en küçük üretici Lüksemburg'tur.

Bundan sonraki aşamada ise, Model-1'den elde edilen toplam etkinlik skorları (CRS) bağımlı değişken; kişi başına tüketim, kişi başına GSMH, termik (yakıt) etkinlik faktörü, nükleer kurulu güç yüzdesi ve rekabet faktörü bağımsız değişkenler olmak üzere gerçekleştirilen Tobit regresyon analizinden elde edilen sonuçlar Tablo 5'te verilmektedir

Karşılaştırma kolaylığı sağlaması bakımından tüm modellere ilişkin sonuçlar aynı tabloda gösterilmiştir. Diğer modeller Model-1'in analiz sonuçlarına bağlı olarak oluşturulacağından bu noktada Tablo 5 Model-1 için yorumlanmıştır.

Tablo: 5
Tobit Regresyon Sonuçları - Bağımlı Değişken: Etkinsizlik Oranı (1-CRS)

Bağımsız Değişkenler	MODEL-1		MODEL-2	MODEL-3	MODEL-4
	KB Tüketim Hariç	KB GSMH Hariç			
Kişi Başına Tüketim (KW-s)	n/a	-3,41E-05***	-2,84E-05*	-1,50E-05	-2,03E-05*
Kişi Başına GSMH (SGP)	-0,002	n/a	n/a	n/a	n/a
Termik Etkinlik Faktörü (%)	0,63**	0,75***	1,26***	0,39	0,34
Nükleer Kur. Güç Oranı (%)	-0,67**	-0,38*	1,09***	0,41	-0,19
Rekabet Faktörü (%)	-0,35*	-0,20	0,15	-0,19	-0,43**
Ülke Sayısı / Kısıtlanan	20/1	20/1	20/3	20/2	22/10
Likelihood Ratio	17,98	21,27	12,63	7,96	14,38
R - Kare	0,57	0,70	0,66	0,30	0,58

(*) $0,05 < p \leq 0,1$ düzeyinde, (**) $0,01 < p \leq 0,05$ düzeyinde, (***) $p \leq 0,01$ düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 5 Model-1 için incelendiğinde, GSMH değişkeninin etkisizliğinin (veya etkinliğinin) açıklanmasında anlamlı olmadığı görülmektedir. Bu bulgu, AB ülkelerinin elektrik üretim sektörlerinin, ülkelerin ekonomik gelişmişlik düzeylerine bağlı olmaksızın karşılaştırılabileceği anlamına gelmektedir. Diğer taraftan, nükleer güç yüzdesi değişkeni, etkisizliğinin (etkinliğinin) açıklanmasında negatif (pozitif) ve anlamlı bir etkiye sahiptir. Bu bulgu, üretim alt yapısı bölümlere ayrılmadan analiz yapıldığında, nükleer güce sahip ülkelerin bu gücün kapasite faktöründeki üstünlük nedeniyle öne çıktıklarını açıklamaktadır. O halde, daha homojen bir karşılaştırma için bu etki giderilmelidir.

Model-1'e ilişkin sonuçların ikinci kısmında analiz, kişi başına GSMH yerine, kişi başına tüketim değişkeni kullanılarak gerçekleştirilmiş, üretimle (çıktı) yakın ilişki içindeki bu faktörün etkisinin de anlamlı ve pozitif olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Bu

bulgu sektörün büyüklüğünün sonuçlar üzerindeki etkisinin bir göstergesi olarak alınarak, çalışmanın bir sonraki kısmında ölçek-büyüklik etkinlik ilişkisi incelenmiştir. Termik etkinlik faktörünün her iki çözümlenmede de etkisizliği açıklamada anlamlı çıkması, bu faktörün de üretim süreci girdileri ile dolaylı fakat yakın ilişkisinin bir sonucudur. Rekabet faktörünün de etkinlik ile pozitif ve anlamlı bir ilişkisi vardır. Bu da rekabetin etkinliğin sağlanmasında önemli bir rolü olduğunu göstermektedir. Ancak bu faktörler ile ilgili yeni bir model geliştirilmemiştir, bunun yerine modellerdeki etkileri izlenmiş ve yorumlanmıştır.

Bu çıkarımlardan hareketle Model–2, Model–3 ve Model–4 oluşturulmuştur:

MODEL–2 (Termik Üretim Modeli): Başlangıç modelinde çevresel faktör olarak alınan nükleer güç yüzdesinin etkinlik sonuçları üzerinde anlamlı bir etkisi olması nedeniyle analizler Türkiye'nin teknoloji tercihlerine dayalı olarak ayrılmıştır. Ülkemizin elektrik üretiminde toplam kurulu gücünün ilgili dönemde ortalama %63'ünü oluşturduğu göz önüne alındığında, termik kaynaklardan üretim modelinin özellikle Türkiye için daha anlamlı sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

Termik santrallerden elde edilen üretim çıktı, termik kurulu güç ve bu gücün toplam kurulu güce oranının toplam çalışan sayısı ile çarpılmasıyla elde edilen çalışan sayısı girdiler olmak üzere kurulan bu model de VZA ile çözülmüş, ülkelerin termik santrallerinin etkinliği karşılaştırılmıştır. Bu model üzerinde de önceki modeldekine benzer şekilde gerçekleştirilen Tobit regresyonunun sonuçları yine Tablo 5'te verilmektedir. (Model-2'de termik üretimde en büyük değerlere sahip Almanya ve en küçük değerlere sahip Lüksemburg analize dâhil edilmemiştir).

Bu sonuçlarda dikkat çeken, bir önceki modeldekinin tersine nükleer güce sahip ülkelerin bu avantajlarını tamamen kaybetmiş oldukları, onun yerine termik etkinlik girdi faktörünün etkisini artırdığıdır.

MODEL–3 (Hidro ve Diğer Üretim Modeli): Ülkemizin elektrik üretiminde toplam kurulu gücün ilgili dönemde ortalama %37'sini oluşturan ve en yüksek değişkenlik katsayısına sahip bu alanda ülkelerin etkinliklerinin gelişimini ortaya koymak ve elde edilen sonuçları bir yandan Model–1 ve Model-2'nin sonuçları ile karşılaştırırken, diğer yandan benzer çevresel değişkenlerin sonuçlar üzerinde etkisini araştırmak için Model–3 oluşturulmuştur. Bu model Model-2'nin hidro ve diğer üretime uyarlanmış halidir. Modele ilişkin Tobit regresyonu sonuçları yine Tablo 5'te gösterilmektedir. (Bu modelin analizinde dışarıda bırakılan ülkeler Fransa ve Macaristan'dır). Modelde önceki sonuçlardan farklı olarak ele alınan değişkenlerden hiç birinin etkinlik üzerinde anlamlı etkisinin olmadığı saptanmıştır.

MODEL–4 (Genişletilmiş-Sonuç Modeli): Değişken sayılarındaki farklılık nedeniyle önceki üç model ile tam olarak karşılaştırılabilir olmamak üzere, ülkelerin

üretim alt yapısındaki farklılıkları ele alarak, bu farklılıkların sonuçlar üzerindeki etkisini azaltan toplamsal bir model geliştirilmiştir. Bunun için Whiteman (1995), Steiner (2000) ve Murillo-Zamorano ve Vega-Cervera (2001) örnek alınarak, üretim alt yapısı “termik”, “hidro ve diğer” ve “nükleer” olarak ayrılmış, girdi odaklı bir analiz gerçekleştirildiğinden belirtilen kaynaklardan yapılan üretim miktarlarının her biri ayrı birer çıktıyı oluşturan Model-4 kurulmuştur. Bu modelde bir ülke mevcut toplam kurulu güç ve çalışan miktarını avantajlı olduğu çıktıya göre azaltacak, diğer bir deyişle avantajlı olduğu çıktıya daha fazla ağırlık verecektir. VZA analizinde, ülkelerin söz konusu girdi-çıktılarına, ortalama olarak, mevcut kurulu güç oranlarına yakın ağırlık verdikleri tespit edilerek modelin kuruluş amacının doğrulandığı görülmüştür. Model-4’te değişken sayısı fazla olduğundan, ayırıcılık gücünü korumak amacıyla tüm ülkeler kapsanmıştır.

Tablo 5’teki sonuçlardan, modelin ülkeler arası üretim altyapısı farklılıklarından etkilenmediği, bu haliyle model sonuçlarını en çok etkileyen değişkenlerin sırasıyla rekabet faktörü ve kişi başına tüketim olduğu görülmektedir. Sonuçlara göre ülkeler arası etkisizlik, rekabet faktörünün ve kişi başına tüketimin düşük olmasından etkilenmektedir.

Kişi başına tüketimle ilgili sonuçlardan, CRS etkinlik skorları üzerinde ülkelerin sektör büyüklüklerinin etkisi olduğu öngörülebilir. Bu etkinin derecesi, VZA’nın bir üstünlüğü olarak, CRS ve VRS skorlarının hesaplanması ile ortaya çıkarılabilmektedir. Yine ortalama değerler üzerinden (Ek-1) yapılan etkinlik analizi sonucu elde edilen değerlerle büyüklük arasındaki ilişkiler saptanarak aşağıda sunulmuştur.

3.3.2. Ölçek, Büyüklük ve Etkinlik İlişkisi

Elektrik üretiminde etkinlik sonuçlarının ölçek ekonomileri ve sektör büyüklüklerinden ne ölçüde etkilediğini analiz etmek, etkinlik analizinin önemli bir bileşenidir. Bu amaçla çalışmada, toplam üretim miktarı (Model-2’de termik üretim, Model-3’te hidro-diğer üretim miktarları) ile toplam etkinlik (CRS) ve ölçek etkinliği (CRS/VRS) arasındaki Spearman korelasyonu her model için ölçülmüştür. Sonuçlar Tablo 6’da verilmektedir.

Tablo: 6
Büyüklük ile Etkinlik İlişkisi

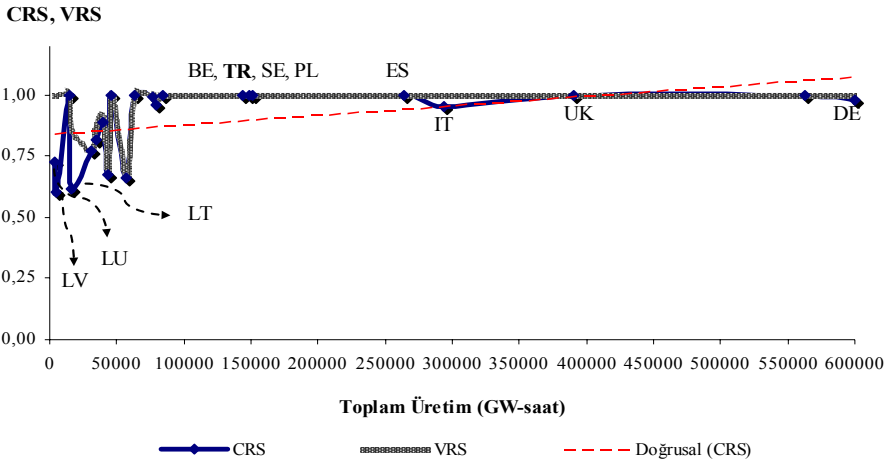
		MODEL-1	MODEL-2	MODEL-3	MODEL-4
Üretim ~ CRS	SpC Rho (n)	0,578** (20)	0,613** (20)	0,777** (20)	0,596** (22)
Üretim ~ Ölçek Etk.	SpC Rho (n)	0,389 (20)	0,651* (20)	0,848** (20)	0,430* (22)

(*) Korelasyon, $0.01 < p \leq 0.05$ düzeyinde anlamlıdır. (**) Korelasyon, $p \leq 0.01$ düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 6'dan toplam üretim miktarları ile toplam etkinlik (CRS) ve ölçek etkinliği skorları arasında anlamlı pozitif ilişkiler olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, üretim miktarı arttıkça etkinliğin anlamlı bir biçimde arttığını (büyük miktarda üretim yapanların daha etkin olduğunu) göstermektedir.

Tablo 6'daki bulguyu daha detaylı olarak analiz etmek üzere, Yunos ve Hawdon (1997: 264) tarafından geliştirilmiş şekiller örnek alınarak Model-4'ün ortalama değerler için çözülmesi sonucu elde edilen değerlerle Grafik 1 hazırlanmıştır. Grafikte ülkeler üretim miktarlarına göre sıralanmış ve her ülkenin CRS ve VRS skorlarını birleştiren eğriler çizilmiştir. Şekillerdeki kesikli doğrusal çizgi (doğrusal CRS) CRS skorları arasından geçen ve olarak bunlara en iyi uyum gösteren eğilim çizgisidir. İlk olarak, bu çizginin Tablo 6'daki korelasyonu doğrular nitelikte pozitif eğimli olduğu görülmektedir.

Grafik: 1
Toplam Üretim-Etkinlik İlişkisi



Grafik 1'de görüldüğü üzere ölçek sorunu, yalnız “çok büyük” (> 260000 GW-saat) miktarlarda üretim yapan iki ülkede (İtalya ve Almanya), daha fazla da “çok küçük” (< 16000 GW-saat) miktarda üretim yapan ülkelerde (Lüksemburg, Litvanya, Letonya) mevcuttur. Ölçek etkinliğini belirleyen CRS ve VRS skorları arasındaki açıklık yalnızca bu ülkeler için fazladır.

Yukarıdaki grafikten çıkarılacak bir diğer önemli sonuç da; “en etkin ölçek büyüklüğü aralığı” ile ilgilidir. Etkinlik büyüklük arttıkça artmakla beraber, toplam üretimde BE, TR, SE, PL noktalarını içine alan anlamlı bir aralıkta (80000 < Üretim < 160000) dört tam etkin ülkenin arka arkaya yer aldığı görülmektedir. Bu sonuç çok yüksek

düzeylede olmayan üretim ölçeklerinde de etkinliğin sağlayabileceğini göstermesi bakımından önemlidir.

Tablo 6 ile birlikte değerlendirildiğinde Grafik 1'deki sonuçların, Model-2 ve Model-3 için daha güçlü, Model-1 için daha zayıf olmakla birlikte, tüm modeller için geçerli olduğu söylenebilir.

3.3.3. Yıllar İtibariyle Etkinlik Ölçümü Sonuçları ve Girdi Verimliliğinin Gelişimi

Türkiye'nin ve AB ülkelerinin yıllar itibariyle etkinlik skorları kurulan her model için hesaplanmış ve sonuçlar Ek-2'deki tablolarda ve özet olarak aşağıdaki Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo: 7

Veri Zarflama Analizi ile Dönemler İtibariyle Ölçülen Toplam Etkinlik (CRS) Skorları

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Ort.	St.Sp.
MODEL-1	Türkiye	0,856	0,845	0,770	0,729	0,749	0,771	0,826	0,792	0,050
	AB	0,773	0,792	0,788	0,773	0,767	0,784	0,805	0,783	0,014
MODEL-2	Türkiye	1,000	1,000	0,842	0,924	0,878	0,867	0,960	0,925	0,064
	AB	0,663	0,668	0,645	0,768	0,744	0,675	0,768	0,704	0,053
MODEL-3	Türkiye	0,548	0,437	0,682	0,823	0,740	0,685	0,905	0,689	0,158
	AB	0,469	0,483	0,522	0,610	0,477	0,511	0,604	0,525	0,059
MODEL-4	Türkiye	1,000	0,977	0,983	0,932	1,000	1,000	1,000	0,985	0,025
	AB	0,848	0,865	0,888	0,886	0,881	0,899	0,911	0,882	0,021

(*) MODEL-1, MODEL-2 ve MODEL-3 için 20 ülke değerlendirmeye alınmış iken, MODEL-4, 22 ülkenin tümünü kapsamaktadır.

Tablo 8, Türkiye'nin yıllar itibariyle etkinlik sıralamasındaki yerini göstermektedir.

Tablo: 8

Yıllar İtibariyle Türkiye'nin Etkinlik Sıralamasındaki Yeri

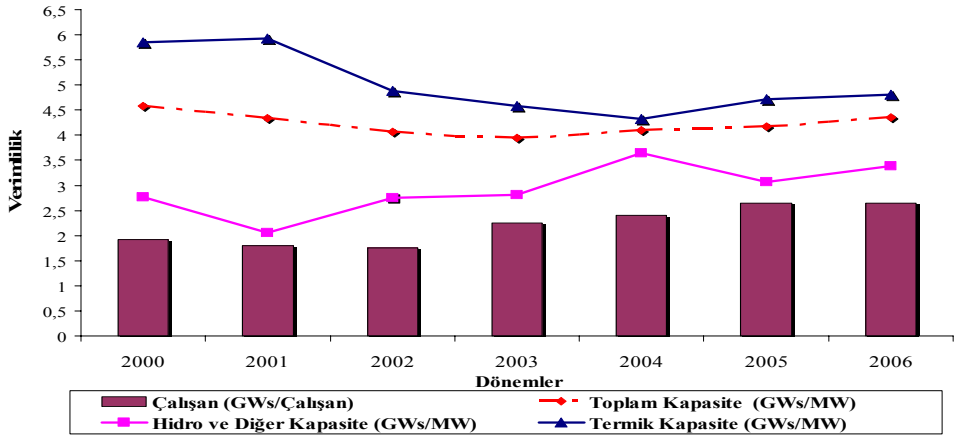
	Türkiye'nin Toplam Etkinlik (CRS) Sıralamasındaki Yeri						
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
MODEL-1	10.	11.	12.	12.	10.	10.	10.
MODEL-2	1-2.	1-2.	5.	6.	8.	6.	6.
MODEL-3	5.	10.	5.	6.	8.	6.	6.
MODEL-4	1-8.*	12.	9.	15.	1-9.	1-9.	1-11.

(*) Türkiye'nin tam etkin olan sekiz ülkeden biri olduğunu göstermektedir.

Tablo 7 ve Tablo 8’den, analiz döneminin bütününde Türkiye’nin etkinlik ortalamasının analize dâhil edilen AB ülkelerinin ortalamalarının üzerinde olduğu gözlenmektedir. Türkiye’nin etkinlik skorlarında yıllar itibariyle gözlenen değişkenlik (standart sapma) ise AB ortalamasının oldukça üzerindedir. Türkiye’nin farklı modellerle çözümlenen etkinlik skorları farklı gelişimler izlemiştir. Model-1 ve Model-4’te (toplamsal modellerde) etkinlik, 2001 krizi ile birlikte 2001 – 2003 yılları arasında düşüş göstermiş, Türkiye etkin sınıra veya ilk 10 sıra içindeki yerine tekrardan, ancak 2004 yılında ulaşabilmiştir. Model-2 ve Model-3 çözümlenmelerinin sonuçlarından görüldüğü üzere, Türkiye termik kaynaklardan üretimdeki etkinlik üstünlüğünü bir ölçüde kaybederken, bunu hidro ve diğer kaynaklardaki etkinliğini artırarak telafi etmektedir.

Girdi odaklı bu etkinlik sonuçlarının altında faktör verimlilikleri yatmaktadır. Türkiye elektrik üretimi sektörünün sermaye ve emek faktörleri verimliliklerinde yıllar itibariyle gözlenen gelişim aşağıdaki grafikte gösterilmekte ve karşılaştırılmaktadır.

Grafik: 2
Türkiye Elektrik Üretim Sektöründe Girdi Verimlilik Oranlarının Gelişimi



Grafik 2’de ilk göze çarpan, sermaye yoğun bu sektörde Türkiye’nin sermaye verimliliğinin -her çeşidi itibariyle- emek verimliliğinden yüksek seyretmekte olduğudur. Termik kurulu güçte verimlilik yıllar itibariyle düşmüş, bu durum hidro ve işgücü kaynaklarındaki verimlilik artışı ile telafi edilmiştir. Ayrıca, sermaye verimliliğindeki bu değişimlerin Tablo 7’de verilen etkinlik skorlarındaki değişimler ile paralel bir seyir izlediği görülebilir. Bunun nedeni, VZA çözümlemesinin yapısı gereği bir üretim biriminin (Türkiye’nin) üstün olduğu değişkene (sermayeye) daha fazla ağırlık vererek en yüksek etkinlik skoruna ulaşmaya çalışıyor olmasıdır (Tarım 2001: 64–69).

3.3.4. Türkiye için Hedef Analizi

VZA modeli tanıtılırken, yöntemin “etkin olmayan bir birimin etkinliğini geliştirmesi için ne yapması gerektiğini açıklama olanağı verdiği” belirtilmişti. Buna göre yöntem, etkinsiz her birim için hedef birimler belirleyerek, bunlara ulaşmak için mevcut çıktı düzeyi sabit olmak üzere hangi girdisinde ne kadarlık bir azaltma yapması gerektiğini belirler. Bu bağlamda, Türkiye için belirlenen hedef girdi azaltma seviyeleri ve hedef ülkeler Tablo 9’da gösterilmektedir.

Tablo: 9
Hedef Analizi: Türkiye’ye Üretimi Sabit Tutmak Kaydıyla Girdilerde Önerilen Azaltma yüzdeleri ve Hedef Ülkeler

Hedeflenen azaltma seviyeleri		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Ort.
MODEL-1	Çalışan Sayısında	57,7%	59,1%	66,1%	63,8%	53,9%	51,6%	53,0%	57,9%
	Kurulu Kapasitede	14,4%	15,6%	23,0%	27,1%	25,1%	22,9%	17,4%	20,8%
	Hedef Ülke	BE	BE	BE	BE	BE	BE	BE	BE
MODEL-2	Çalışan Sayısında	0,0%	0,0%	60,0%	7,6%	12,2%	59,5%	4,0%	20,5%
	Kurulu Kapasitede	0,0%	0,0%	15,8%	7,6%	12,2%	13,3%	4,0%	7,6%
	Hedef Ülke	-	-	PT	PL,UK	PL,UK	PT	PL,UK	
MODEL-3	Çalışan Sayısında	79,3%	90,4%	84,0%	53,7%	69,1%	68,0%	61,9%	72,3%
	Kurulu Kapasitede	45,3%	56,3%	31,8%	17,7%	26,1%	31,5%	9,5%	31,1%
	Hedef Ülke	FI	SE	SE	PT	FI	FI	SE	
MODEL-4	Çalışan Sayısında	0,0%	19,2%	1,7%	16,3%	0,0%	0,0%	0,0%	5,3%
	Kurulu Kapasitede	0,0%	2,3%	1,7%	6,8%	0,0%	0,0%	0,0%	1,5%
	Hedef Ülke	-	PL, PT	AT,PL,PT	PL, PT	-	-	-	

Analiz sonuçları, tüm modellerde Türkiye’nin işgücü verimliliğinin kapasite verimliliğinden düşük olduğunu ve bu girdide verimliliğin sermaye verimliliğinin iki-üç katı kadar artırılması gerektiğini göstermektedir. Sermaye verimliliğinde önerilen azaltma yüzdeleri $(1-CRS) \times 100$ ’e eşit olduğundan dolayı (bkz. Tablo 7), Türkiye’nin etkinlik skoruna ulaşmada fazla ağırlık verdiği girdinin kurulu güç olduğu burada da görülmektedir.

Nükleer güç kapasitesinin sonuçları etkilediği Model-1’de, Türkiye için hedef ülke, nükleer güçten elektrik üretiminde öne çıkan ülkelerden Belçika iken; bu etkiden arındırılan diğer modellerde, Polonya, Portekiz, Avusturya, İngiltere, Finlandiya ve İsveç, hedef gösterilmektedir. Bu ülkelerin ortak özelliği, bu çalışma kapsamında hesaplanan “rekabetçilik faktörü” bakımından en gelişmiş sektörlerle sahip ülkeler olmalarıdır (Bkz. Ek-1). Bu bulgu, Tablo 5’de özetlenen analizden çıkarılan ve etkinliğin nükleer güç yanında, rekabetçi sektörlerin varlığı ile de sağlanabileceği yargısını desteklemektedir.

3.3.5. Yakınsama Analizi: Friedman, Wilcoxon ve Kendall W Testlerinin Sonuçları

Ülkelerin etkinlik skorları arasında analiz dönemi boyunca, σ -yakınsama ve β -yakınsamanın var olup olmadığı araştırılmıştır. Tablo 10’da yakınsama analizinin sonuçlarına yer verilmektedir.

Tablo: 10
Yakınsama Analizi: Friedman ve Kendall W Testlerinin Sonuçları

Yıl	MODEL-1			MODEL-2			MODEL-3		
	σ - Yakınsama	β (Baz Yıl = 2000)	Kendall W	σ - Yakınsama	β (Baz Yıl = 2000)	Kendall W	σ - Yakınsama	β (Baz Yıl = 2000)	Kendall W
	Varyans -CRS	Varyans değişimi (Friedman p)		Varyans -CRS	Varyans değişimi (Friedman p)		Varyans -CRS	Varyans değişimi (Friedman p)	
2000	0,042	-	-	0,063	-	-	0,067	-	-
2001	0,034	-0,183	-	0,062	-0,026	-	0,065	-0,026	-
2002	0,032	-0,061	-	0,050	-0,195	-	0,055	-0,161	-
2003	0,030	-0,052	-	0,051	0,020	-	0,072	0,320	-
2004	0,031	0,026	-	0,054	0,056	-	0,051	-0,290	-
2005	0,030	-0,044	-	0,048	-0,095	-	0,057	0,113	-
2006	0,028	-0,067	0,14**	0,052	0,078	0,46**	0,057	0,003	0,40**
	Ort.	-0,063**		Ort	-0,027**		Ort	-0,007**	

(*) $0,05 < p \leq 0,1$ düzeyinde, (**) $0,01 < p \leq 0,05$ düzeyinde, (***) $p \leq 0,01$ düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 10’da, Avrupa ülkeleri arasında 2000–2006 yıllarını kapsayan dönemde etkinlik skorlarının varyansında, Model–1 için %6,3, Model–2 için %2,7, Model–3 için yaklaşık %1’lik bir daralma meydana geldiği, diğer bir deyişle, AB ülkelerinin etkinlik skorlarında zaman içerisinde yakınlaşma anlamına gelen “ σ -yakınsama”nın var olduğu görülmektedir. Model-4’ün ayırıcılık ve sıralama gücü diğerlerine göre daha zayıf olduğundan burada ele alınmamıştır.

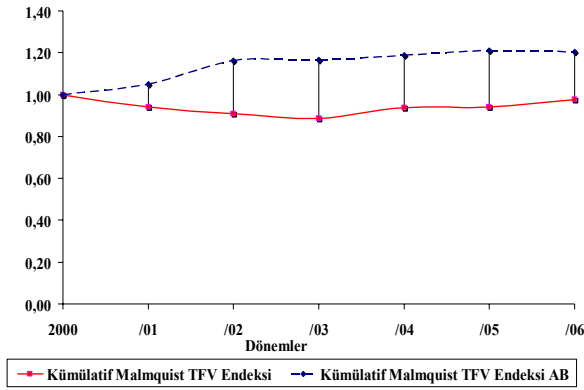
Ayrıca, 2000 yılı baz alındığında, analiz döneminin bütününde, Kendall W testi sonuçlarına göre anlamlı bir sıralama değişimi de saptanmıştır. Bu sonuç da “ β -yakınsama”nın varlığına kanıt olduğundan, analiz döneminde güçlü bir yakınsamanın yaşandığını; 2000 yılında tam etkin olmayan bazı ülkelerin 2006 yılına kadar hem skorlarını hem de sıralamalarını geliştirdiklerini söylemek mümkündür.

Türkiye ise 2001’de yaşanan krizden önemli ölçüde etkilenmiş bir ülke olarak, sıralama değişimi anlamında özellikle termik kaynaklardan üretimde bu yakınsamanın dışında kalmıştır (Bkz. Tablo 8). Ancak etkinlik skoru değişimi anlamında özellikle hidro kaynaklardan üretimdeki performansının katkısıyla 2004–2006 yılları arasında etkin sınıra tekrardan yaklaştığı görülmektedir (Bkz. Tablo 7 ve Ek.2).

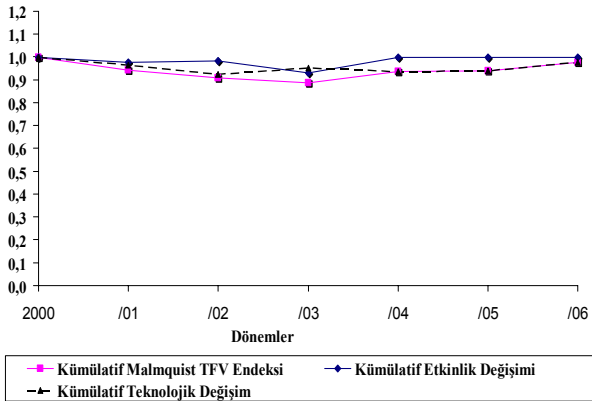
3.3.6. Malmquist TFV Endeksinin Gelişimi

Malmquist TFV endeksleri, Model-4 üzerinde (3-6) formülasyonu kullanılarak ikişerli dönemler arasında analiz edilmiştir. Dönemler bazında çapraz veri setiyle yapılan analizlerde ayırıcılık gücü zayıf olan bu model, dinamik VZA modelinde daha açık sonuçlar vermektedir. Teknik etkinlik ve toplam faktör verimliliklerindeki değişimler toplu olarak Ek-3'te verilmiştir. Aşağıda 2000 yılı değeri = 1 kabul edilerek hesaplanmış kümülatif faktör verimliliği ve etkinlik değişimlerini gösteren grafikler sunulmaktadır.

Grafik 3
Kümülatif Malmquist TFV Endeksi: Türkiye – AB Karşılaştırması



Grafik 4
Kümülatif Malmquist TFV-Etkinlik-Teknolojik Değişim: Türkiye



Grafik 3’te, Türkiye’nin toplam faktör verimliliğindeki artışın AB ülkelerinin çok gerisinde kaldığı görülmektedir. Etkinlik skorlarında yıllar itibariyle gözlenen değişimin bir benzeri de burada yaşanmıştır. AB ülkeleri 2000–2006 döneminde toplam faktör verimliliklerini %16,3 oranında artırırlarken, Türkiye, son yıllardaki performansına rağmen toplam faktör verimliliğini kümülatif anlamda geliştirememiştir. AB ülkelerinin TFV’deki gelişim %11,8 oranında saf teknik etkinlik artışından ve %4,2 oranında teknolojik gelişimden kaynaklanmıştır (Bkz. Ek–3).

Grafik 4 incelendiğinde ise, Türkiye için TFV’deki değişimin, 2000–2001, 2001–2002, 2005–2006 dönemlerinde teknolojik değişimden, diğer dönemlerde ise etkinlik değişiminden kaynaklandığı görülmektedir.

4. Genel Değerlendirme

Bu çalışmada, metodolojik olarak 2000–2006 yılları arasındaki dönemde Türkiye ile birlikte Avrupa Birliği Üyesi 21 ülkenin elektrik üretim sektörlerinin göreceli etkinliklerinin, ülkeler arası teknoloji farklılıklarının (termik, hidro ve diğer yenilenebilir kaynaklar ve nükleer kaynaklar) dikkate alınması yoluyla VZA Yöntemi ile karşılaştırılabileceği gösterilmiştir. Bunun için öncelikle, ülkelerin elektrik üretim sektörlerinin rekabetçilik düzeyleri, büyüklükleri ve nükleer altyapıları gibi güncel tartışmalara ve reformlara konu olan bazı değişkenler ile etkinlikler arasındaki ilişkiler istatistik teknikler yardımı ile analiz edilmiştir. Bu aşamada elde edilen sonuçlardan hareketle, etkinliği ülkeler arası teknolojik alt yapı farklılıklarının etkisinden arındırarak ölçmeye yarayan modeller oluşturulmuştur. Bu modeller üzerinde etkinlik ve verimliliğin zaman içindeki değişimi, parametrik olmayan yöntemlerle ölçülen yakınsama değerleri ve Malmquist TFV endeksleri hesaplanarak incelenmiştir.

Bulgular ekonomik olarak yorumlandığında, ortaya ilginç sonuçlar çıkmaktadır:

Birincisi, Türkiye’nin elektrik üretim sektörü analiz dönemi boyunca AB ortalamasına yakın bir seyir izleyen etkinlikte çalışmış, ancak 2001 krizinin sektörün uluslararası etkinliği ve toplam faktör verimliliği üzerinde ciddi olumsuz etkileri olmuştur. Türkiye, analiz döneminde AB ülkelerinde yaşanan kümülatif %16’lık toplam faktör verimliliği artışının ve anlamlı bir ölçüdeki yakınsamanın gerisinde kalmış, bazı ülkelerin aksine sıralamadaki yerini de geliştirememiştir. Buna karşın sektörün 2003 yılından sonra böyle bir trende girerek, göreceli performansını artırmaya başladığı söylenebilir.

Ancak bu pozitif trendin devam ettirilmesi gerekmektedir. Giriş bölümünde tartışıldığı gibi, hızla artan elektrik enerjisi talebine karşılık kişi başına üretimin çok düşük seviyelerde bulunması nedeniyle, AB’ne üyelik sürecinde olan Türkiye’nin üretim ve üretkenliğini AB’den daha fazla artırmak öncelikli hedefi olmalıdır. Bunun içinse, işgücü ve kapasite verimliliğinin artırılması gerekmektedir.

Özellikle kapasite verimliliğinin artırılması ile ilgili olarak güncel tartışmalara ve giriş bölümünde bahsedilen reformlara konu olan faktörlerden biri, Türkiye’de nükleer santrallerin kurulmasıdır. Çalışmada nükleer altyapı yüzdesi değişkeninin ülkeler arası teknolojik farklılıklar göz önüne alınmadığında etkinlikle pozitif bir ilişkisinin bulunduğu tespit edilmiştir. Bu, nükleer santrallerin gerekli koşulların sağlanması durumunda yılın tüm saatlerinde çalışabilmeleri nedeniyle ülkenin toplam sektör verimliliğine diğer santral tiplerine nazaran pozitif katkı sağlamalarının doğal bir sonucudur. Ancak çalışmada, bu konudaki dezavantaja sahip de olsa ülkelerin, sektörde rekabetçi bir piyasa yapısı oluşturmak yoluyla etkinliklerini artırmalarının mümkün olduğu da gösterilmiştir.

Çalışmada, elektrik üretimi sektörlerinde büyüklük ile etkinlik ilişkileri de araştırılmış olup, iki değişken arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur. Bu tespit ilk bakışta, yüksek miktarlarda elektrik üretimi gerçekleştiren ülkelerin etkinliklerinin diğerlerinden fazla olduğunu göstermekle birlikte, diğer taraftan, çalışmada en etkin ölçek büyüklüğünün toplam üretim kapasitesinde yaklaşık 80.000 ila 160.000 GW-saat arasındaki üretim değerleri aralığında sağlandığı gösterilmiştir. Bu sonuç, orta düzeyde sayılabilecek üretim değerlerinde de etkinliğin yakalanabileceğini göstermesi bakımından önemlidir.

Türkiye açısından önemli bir diğer bulgu, termik santrallerdeki etkinlik kaybının toplam etkinlik üzerindeki etkisinin, analiz döneminde hidro elektrik ve diğer üretim santrallerinin etkinlik ve verimliliğinde gözlenen artış ile giderildiğidir. Bu bulgu, son yıllarda klasik termik enerji santrallerinin yanında diğer kaynakların, toplam üretime ve üretkenliğe sağlayabileceği potansiyel katkının önemini göstermektedir. Yine de, Türkiye’de termik santrallerin verimliliği hala diğerlerinden yüksektir. Dolayısıyla amaçlanması gereken, yeni teknolojilerin takip edilmesi ile termik santrallerdeki verimlilik azaltılmadan, hidro ve diğer kaynaklarda kapasite ve verimliliğin artırılmaya devam edilmesidir.

Rekabetçi bir sektöre sahip olmanın etkinlik üzerinde etkili olduğu bulgusu bu açıdan da önem taşımaktadır. Rekabetçi bir ortamda elektrik üretim sektörüne çekilebilecek yeni yatırımlar, hem üretimi hem de etkinliği artırabilir.

Özetle, kişi başına tüketim artışına karşılık gereksinim duyulan elektrik üretimi ve etkinlik artışının, sektörde işgücü ve kapasite verimliliğinin artırılmasının yanında, yeni teknolojilere yatırım yapılması ve rekabet kanallarının genişletilmesine yönelik politikalar ile başarılabacağı görülmektedir.

Şu anda EÜAŞ’a ait santrallerin bir bölümü özelleştirme sürecinde olup, Türkiye’de nükleer santrallerin kurulması ve sektörün rekabete açılması için somut adımlar atılmaktadır. Bu çalışmanın doğal bir uzantısı olarak bu türden gelişmelerin önümüzdeki dönemde etkinlik üzerine yansımalarını araştırmak faydalı olacaktır. Ayrıca, yeterli veriye ulaşılması durumunda üretim etkinliğinin yanında maliyet etkinliğinin de hesaplanması, bu çalışmada elde edilen sonuçları zenginleştirecektir.

Kaynakça

- Abbott, M. (2005), Determining Levels of Productivity and Efficiency in the Electricity Industry, *The Electricity Journal*, 18 (9), 62–72.
- Bagdadioglu, N. ve Odyakmaz, N. (2009), Turkish electricity reform, *Utilities Policy* 17, 144–152
- Bagdadioglu, N., Price, C. M.W. ve Weyman-Jones, T.G. (1996), Efficiency and ownership in electricity distribution: a nonparametric model of the Turkish experience. *Energy Economics* 18, 1–23.
- Bağdadioglu, N. (2009), Avrupa Birliği Enerji Sektöründe Rekabet Politikası: Brüksel'in Yeni Önerileri ve Enerji Milliyetçiliği Meselesi, *C.Ü. Sosyal Bilimler Dergisi* 33 (1), 25–36
- Banker, R. D. ve R. M. Thrall. (1992), Estimation of Returns to Scale Using Data Envelopment Analysis, *European Journal of Operational Research* 62, 74–84.
- Banker, R. (1984), Estimating most productive scale size using data envelopment analysis, *European Journal of Operational Research* 17 (1), 35–44.
- Banker, R.D, Charnes, A. ve Cooper, W.W. (1984), Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, *Management Science* 30,1078–1092.
- Barros, C.P. ve Peypoch, N. (2008), Technical efficiency of thermoelectric power plants, *Energy Economics* 30, 3118–3127.
- Caves, D., Christensen, L. ve Diewert. E. (1982), The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity, *Econometrica* 50, 1393–1414.
- Charnes, A., Cooper, W. W. ve Rhodes, E. (1978), Measuring the Efficiency of Decision Making Units, *European Journal of Operational Research* 2, 429–444.
- Coelli, T.J., Rao Prasada D.S., O'Donnell C.J. ve Battase, G.E. (2005), *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, (2. Basım), Springer, USA.
- Cooper W.W, Seiford L.M ve Zhu, J. (2000), *Data Envelopment Analysis*, Springer, USA.
- Diewert, W.E. ve Nakamura, A.O. (1999), Benchmarking and the measurement of best practice efficiency: an electricity generation application, *Canadian Journal of Economics* 32 (2), 570–588.
- Domah, P. (2002), Technical efficiency in electricity generation - the impact of smallness and isolation of island economies, *Cambridge Working Papers in Economics* 232, 1–26.
- Dyson, R.G., Allen, R., Camanho, A.S., Podinovski, V.V., Sarrico, C.S. ve Shale E.A. (2001), Pitfalls and Protocols in DEA, *European Journal of Operational Research* 132, 245–259.

- Elektrik Üretim Anonim Şirketi, EÜAŞ, (2008), *Elektrik Üretim Sektörü Raporu*, Ankara.
- Emrouznejad, A., Parker, B. ve Tavares G. (2008), Evaluation of research in efficiency and productivity: A survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA, *Socio-Economic Planning Sciences* 42, 151–157.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, ETKB (2009), *Elektrik Enerjisi Sektörü Reformu ve Özelleştirme Strateji Belgesi*,
<http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Elektrik_Enerjisi_Sektoru_Reformu_ve_Ozellestirme_Strateji_Belgesi.pdf>, 27.06.2009.
- Estache, A., Perelman S. ve Trujillo, L. (2005), Infrastructure Performance and Reform in Developing and Transition Economies: Evidence from a Survey of Productivity Measures, *World Bank Policy Research Working Paper Series* 3514, 1–27.
- European Commission (EC), Benchmarking Reports Web Sayfası,
<http://ec.europa.eu/energy/gas_electricity/benchmarking_reports_en.htm>, 24.07.2009.
- European Commission, EC, (2001), *First Benchmarking Report on the Implementation of the Internal Electricity and Gas Market*, European Communities, Brüksel.
- European Commission, EC, (2005), *Technical Annexes to the Report from the Commission on the Implementation of the Gas and Electricity Internal Market*, European Communities, Brüksel.
- European Commission, EC, (2006), *Statistics in Focus: Industry Trade on Services*, European Communities, Brüksel.
- European Commission, EC, (2009a), *Panorama of energy: Energy statistics to support EU policies and solutions*, Statistical Books, European Communities, Brüksel.
- European Commission, EC, (2009b), *European electricity market indicators 2007*, Data In Focus, Brüksel.
- European Commission, EC, (2009c), *Report on Progress in Creating the Internal Gas and Electricity Market: Technical Annex to the Communication from the Commission to the Council and the European Parliament*, European Communities, Brüksel.
- EUROSTAT - Veritabanı,
<<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home>>, 27.06.2009.
- Fare, R., Grosskopf, S., Lindgren, B. ve Roos, P. (1992), Productivity Changes in Swedish Pharmacies 1980-1989: A Non-Parametric Malmquist Approach, *The Journal of Productivity Analysis* 3, 85–101.
- Fare, R., S. Grosskopf, S. ve Lovell, C.A.K. (1994a), Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries, *The American Economic Review* 84 (1), 66–81.
- Fare, R., S. Grosskopf, S. ve Lovell, C.A.K. (1994b), *Production Frontiers*, Cambridge University Press.

- Farrell, M.J. (1957), The Measurement of Productive Efficiency, *Journal of Royal Statistical Society* 120 (3), 253–281.
- Friedman, M. (1992), Do old fallacies ever die?, *Journal of Economic Literature* 30, 2129–2132.
- Golany, B., Roll, Y. ve Rybak, D. (1994), Measuring Efficiency of Power Plants in Israel by Data Envelopment Analysis, *IEEE Transactions On Engineering Management* 41 (3), 291–301.
- Green, H.W. (1995), *Limdep User's Manual, Version 7.0*, Econometric Software, Inc., Maple Av, Bellport, NY, : 583-636.
- Haas, D.A. ve Murphy, F.H. (2003), Compensating for non-homogeneity in decision-making units in data envelopment analysis, *European Journal of Operational Research* 144, 530–544.
- Jamasb, T. ve Pollitt M. (2001), Benchmarking and regulation: international electricity experience, *Utilities Policy* 9, 107–130.
- Jamasb, T. ve Pollitt, M. (2003), International benchmarking and regulation: an application to European electricity distribution utilities, *Energy Policy* 31, 1609–1622.
- Jamasb, T., Mota, R., Newberry, D. ve Pollitt M. (2005), Electricity Sector Reform in Developing Countries: A Survey of Empirical Evidence on Determinants and Performance, *World Bank Policy Research Working Paper* 3549, <<http://econ.worldbank.org>>, 04.07.2009.
- Jenkins, L. ve Anderson M. (2003), A multivariate statistical approach to reducing the number of variables in data envelopment analysis, *European Journal of Operational Research* 147, 51–61
- Koski, A.H. ve Majumdar, S.K. (2000), Convergence in telecommunications infrastructure development in OECD countries, *Information Economics and Policy* 12, 111–131.
- Lawrence D., Houghton J. ve George, A. (1997), International Comparisons of Australia's Infrastructure Performance, *Journal of Productivity Analysis* 8, 361–378.
- Meibodi, A.E. (1998), Efficiency considerations in the electricity supply industry: The case of Iran, <<http://www.econ.surrey.ac.uk/WorkingPapers/seed95.pdf>>, 05.09.2009.
- Murillo-Zamorano, L.R. ve Vega-Cervera, J.A. (2001), The use of parametric and non-parametric frontier methods to measure the productive efficiency in the industrial sector: A comparative study, *International Journal of Production Economics* 69, 265–275.
- Nemoto, J. ve Goto, M. (2003), Measurement of dynamic efficiency in production: An application of data envelopment analysis to Japanese electric utilities, *Journal of Productivity Analysis* 19 (2–3), 191–210.

- OECD (2005), International Energy Agency, *Energy Policies of IEA Countries: Turkey 2005 Review*.
- Ogunyinka, O.E. ve Ajibefun, I.A. (2004), Determinants of Technical Inefficiency on Farm Production: Tobit Analysis Approach to the NDE Farmers in Ondo State, Nigeria, *International Journal of Agriculture and Biology*, 6 (2), 355–358.
- Olatubi, W.O. ve Dismukes, D.E. (2000), A data envelopment analysis of the levels and determinants of coal-fired electric generation performance, *Utilities Policy*, 9, 47–59.
- Saleem M., (2007), Benchmarking and Regulation for the Electricity Distribution Sector in Pakistan, *South Asia Economic Journal*, 8 (1), 117–138.
- Steiner, F. (2000), Regulation, Industry Structure And Performance In The Electricity Supply Industry OECD Economics Department Working Papers (238), ECO/WKP, <<http://www.oecd.org/eco/eco>>, 05.09.2009.
- Tamzok, N. (2008), Elektrik Sektöründe Piyasa Modeli ve Rekabet Sorunu, *Cumhuriyet Enerji Dergisi* 12, 14–16.
- Tarım, A. (2001), *Veri Zarflama Analizi: Matematiksel Programlama Tabanlı Görelî Etkinlik Ölçümü Yaklaşımı*, Sayıştay Araştırma/İnceleme/Çeviri Dizisi: 15.
- Tobin, J. (1958), Estimation of relationships for limited dependent variables, *Econometrica* 26, 24–36.
- Türkiye Elektrik İletim A.Ş., TEİAŞ (2009), *Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2009–2018)*, <http://www.epdk.gov.tr/yayin_rapor/elektrik/yayin/uretimKapasiteProjeksiyon_u2009_2018.pdf>, 27.06.2009.
- Vaninsky, A. (2006), Efficiency of electric power generation in the United States: Analysis and forecast based on data envelopment analysis, *Energy Economics* 28, 326–338.
- Whiteman, J. (1995), Benchmarking developing country electricity systems using data envelopment analysis, *Asia-Pacific Economic Review* 1 (3), 71–78.
- Whiteman, J. (1999), The Potential Benefits of Hilmer and Related Reforms: Electricity Supply, *The Australian Economic Review* 32(1), 17–30.
- Yang, H. ve Pollitt, M. (2009), Incorporating both undesirable variables and uncontrollable variables into DEA: The performance of Chinese coal-fired power plants, *European Journal of Operational Research*, 197, 1095–1105.
- Yunos, J.M. ve Hawdon, D. (1997), The efficiency of the National Electricity Board in Malaysia: an intercountry comparison using DEA. *Energy Economics* 19 (2), 255–269.
- 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, 187–204.

- Zhou, P, Ang, B.W. ve Poh, K.L. (2008), Invited Review: A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies, *European Journal of Operational Research* 189, 1–18.
- Zhu, J. (2003), *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: DEA with Spreadsheets and DEA Excel Solver*, Springer (Kluwer Academic Publishers), Boston.

Ek: 1
Seçilmiş Değişkenler için Analiz Dönemi Ortalamaları ve Ortalama Değerler Üzerinden Hesaplanan Toplam Etkinlik Skorları (Tüm Modeller)

Ülke Çalışan	K. Götç (I Oplam)		K. Götç (Hidro ve Diğ.)		K. Götç (Nükleer)		Üretim (Toplam) (Termik)		Üretim (Hidro ve Diğ.)		Üretim (Nükleer)		Rekabet Faktörü		GSMH		Etkinlik Skorları (CRS)							
	K. Götç	K. Götç	K. Götç	K. Götç	K. Götç	K. Götç	Üretim	Üretim	Üretim	Üretim	Üretim	Üretim	Rekabet	Rekabet	Kişi Başı	Tüketim	GSMH	Termik	MODEL	MODEL	MODEL	MODEL		
	(I Oplam)	(Termik)	(Hidro ve Diğ.)	(Nükleer)	(Toplam)	(Termik)	(Termik)	(Termik)	(Hidro ve Diğ.)	(Nükleer)	(Nükleer)	(Nükleer)	Faktörü	Faktörü	AB-27	Tüketim	=100	Faktörü	1	2	3	4		
AT	24.704	18.359	6.203	12.156	62.825	22.430	40.395	-	47.257	82%	126,3	6691	57%	0,64	0,72	0,79	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
BE	16.224	15.766	8.499	1.501	5.766	84.038	35.081	1.701	47.257	35%	122,3	7682	49%	1,00	0,83	0,27	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
BG	32.424	12.368	6.651	2.853	2.864	43.143	21.140	3.404	18.599	26%	32,2	3169	42%	0,65	0,63	0,28	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
CZ	22.471	16.682	11.472	2.164	3.046	79.851	55.794	2.622	21.435	24%	73,0	5157	47%	0,90	0,97	0,29	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
DE	208.101	123.035	78.799	22.696	21.539	600.384	386.335	47.163	166.886	78%	116,5	6162	43%	-	-	0,49	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
DK	9.077	13.141	10.232	2.909	40.218	34.720	5.498	-	61.725	65%	126,3	6113	66%	0,67	0,72	0,46	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
ES	32.859	66.595	34.335	24.732	7.528	263.657	155.337	46.595	22.739	79%	100,6	5276	44%	1,00	1,00	0,59	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
FI	13.009	16.491	10.792	3.037	2.662	77.463	41.960	12.764	437.718	83%	115,1	15440	70%	0,98	0,81	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
FR	116.511	115.851	26.993	25.589	63.269	563.101	57.924	67.458	13.212	18%	112,6	6590	35%	0,92	0,43	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
HU	25.784	8.534	6.613	58	1.864	35.320	21.910	198	11.928	58%	61,3	3102	49%	0,78	0,65	-	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
IT	75.262	80.727	57.873	22.854	-	293.575	239.279	54.296	-	64%	110,4	5024	45%	0,71	0,83	0,57	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
LT	12.599	5.370	2.468	874	2.029	15.701	2.960	813	11.928	29%	47,6	2082	80%	0,55	0,24	0,22	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
LU	807	1.458	294	1.164	-	3.188	2.244	944	-	28%	248,6	13356	62%	-	-	0,22	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
LV	7.096	2.137	588	1.549	-	4.407	1.590	2.817	-	17%	43,8	2217	82%	0,39	0,53	0,43	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
PL	97.833	31.456	29.134	3.222	-	151.342	147.519	3.823	-	77%	49,6	2668	48%	0,90	1,00	0,39	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PT	11.643	12.186	6.860	5.326	-	46.281	34.201	12.080	-	56%	76,7	4143	46%	0,74	1,00	0,54	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
RO	60.522	19.932	12.999	6.226	707	56.568	34.833	16.298	5.437	62%	31,7	1707	51%	0,53	0,35	0,62	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
SE	21.230	33.561	7.376	16.729	9.455	148.976	11.937	68.212	68.827	65%	122,6	14621	85%	1,00	0,53	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SI	6.802	2.917	1.312	948	657	14.573	5.617	3.578	5.378	47%	83,8	5990	43%	0,94	0,85	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SK	18.064	8.117	2.978	2.499	2.640	31.389	9.252	4.683	17.454	26%	56,1	4290	53%	0,73	0,62	0,45	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
TR	65.700	34.180	21.812	12.368	-	143.797	107.386	36.411	-	36%	37,7	1618	45%	0,79	0,98	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
UK	68.731	79.539	62.373	5.204	11.962	391.056	297.662	9.285	84.108	96%	121,1	5668	43%	0,99	0,98	0,42	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Ek: 2
Yıllar İtibarıyla Etkinlik Ölçümü Sonuçları (MODEL-1)

	2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006								
	CRS	VRS	Ölçek	CRS	VRS	Ölçek	CRS	VRS	Ölçek	CRS	VRS	Ölçek	CRS	VRS	Ölçek						
AT	0,64	0,65	1,00	0,68	0,69	1,00	0,66	0,66	1,00	0,61	0,62	0,99	0,63	0,63	1,00	0,64	0,65	1,00	0,63	0,63	1,00
BE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
BG	0,64	0,64	0,99	0,62	0,62	0,99	0,68	0,69	0,99	0,64	0,66	0,97	0,62	0,63	0,99	0,67	0,68	0,99	0,73	0,73	0,99
CZ	0,90	0,90	1,00	0,94	0,94	1,00	0,89	0,89	1,00	0,89	0,89	1,00	0,89	0,89	1,00	0,88	0,88	1,00	0,92	0,92	1,00
DE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DK	0,62	0,97	0,64	0,61	0,95	0,64	0,63	1,00	0,63	0,75	1,00	0,75	0,60	0,93	0,65	0,57	0,89	0,64	0,75	1,00	0,75
ES	0,94	1,00	0,94	0,89	1,00	0,89	0,99	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
FI	0,89	0,95	0,94	0,91	0,92	0,99	0,92	0,96	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,89	1,00	0,89	1,00	1,00	1,00
FR	0,93	1,00	0,93	0,94	1,00	0,94	0,91	1,00	0,91	0,90	1,00	0,90	0,91	1,00	0,91	0,92	1,00	0,92	0,95	1,00	0,95
HU	0,79	0,80	0,99	0,85	0,85	0,99	0,80	0,82	0,98	0,72	0,76	0,95	0,71	0,73	0,98	0,77	0,79	0,98	0,79	0,80	0,98
IT	0,69	0,76	0,91	0,72	0,76	0,96	0,69	0,71	0,97	0,69	0,74	0,94	0,70	0,75	0,93	0,71	0,72	1,00	0,74	0,78	0,94
LT	0,38	0,49	0,76	0,50	0,52	0,97	0,59	0,62	0,95	0,63	0,70	0,90	0,62	0,65	0,96	0,60	0,65	0,92	0,52	0,62	0,84
LV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LY	0,37	1,00	0,37	0,40	1,00	0,40	0,35	1,00	0,35	0,34	1,00	0,34	0,40	1,00	0,40	0,42	1,00	0,42	0,43	1,00	0,43
PL	0,89	0,94	0,94	0,93	0,96	0,96	0,89	0,91	0,97	0,88	0,92	0,96	0,88	0,94	0,95	0,90	0,94	0,96	0,95	0,98	0,97
PT	0,75	0,81	0,92	0,83	0,85	0,97	0,78	0,84	0,93	0,74	0,81	0,92	0,67	0,79	0,84	0,72	0,96	0,75	0,74	0,98	0,76
RO	0,44	0,44	1,00	0,50	0,50	1,00	0,53	0,53	0,99	0,54	0,55	0,98	0,53	0,53	0,99	0,58	0,58	0,99	0,62	0,62	1,00
SE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,88	0,89	0,99	0,88	0,94	0,94	1,00	1,00	1,00	0,90	0,92	0,97
SI	0,97	1,00	0,97	0,97	1,00	0,97	0,94	1,00	0,94	0,86	1,00	0,86	0,94	1,00	0,94	0,93	1,00	0,93	0,95	1,00	0,95
SK	0,77	0,78	0,99	0,75	0,76	0,99	0,76	0,77	0,98	0,70	0,74	0,95	0,68	0,69	0,98	0,71	0,72	0,97	0,73	0,74	0,98
TR	0,86	0,90	0,95	0,84	0,87	0,97	0,77	0,79	0,98	0,73	0,76	0,97	0,75	0,79	0,95	0,77	0,81	0,96	0,83	0,85	0,97
UK	0,99	1,00	0,99	0,96	1,00	0,96	1,00	0,98	1,00	0,96	1,00	0,96	0,93	1,00	0,93	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	0,95

Ek: 2 (Devamı)
Yıllar İtibariyle Etkinlik Ölçümü Sonuçları (MODEL-2)

	2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006								
	CRS	VRS	Ölçek	CRS	VRS	Ölçek	CRS	VRS	Ölçek	CRS	VRS	Ölçek	CRS	VRS	Ölçek						
AT	0,55	0,59	0,93	0,64	0,79	0,88	0,64	0,73	0,87	0,88	0,96	0,92	0,70	0,72	0,96	0,54	0,59	0,92	0,87	0,88	0,99
BE	0,78	0,80	0,98	0,75	0,76	1,00	0,70	0,72	0,97	0,88	0,90	0,97	0,90	0,92	0,98	0,79	0,79	1,00	0,87	0,89	0,98
BG	0,60	0,63	0,94	0,51	0,55	0,93	0,50	0,52	0,95	0,65	0,68	0,96	0,64	0,66	0,96	0,58	0,60	0,96	0,65	0,67	0,96
CZ	0,93	0,93	0,99	0,93	0,94	1,00	0,83	0,89	0,93	0,99	1,00	0,99	0,99	1,00	0,99	0,88	0,91	0,97	0,99	1,00	0,99
DE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DK	0,64	0,75	0,86	0,70	0,79	0,88	0,64	0,73	0,87	0,88	0,96	0,92	0,70	0,72	0,96	0,54	0,59	0,92	0,87	0,88	0,99
ES	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
FI	0,62	0,65	0,95	0,74	0,75	0,98	0,72	0,74	0,96	1,00	1,00	1,00	0,93	0,95	0,98	0,57	0,60	0,96	0,95	0,96	0,99
FR	0,41	0,41	0,99	0,37	0,37	1,00	0,35	0,37	0,95	0,45	0,45	0,99	0,44	0,45	0,99	0,46	0,49	0,95	0,49	0,49	0,99
HU	0,56	0,59	0,94	0,58	0,62	0,93	0,58	0,60	0,96	0,67	0,70	0,96	0,64	0,66	0,96	0,60	0,62	0,96	0,63	0,66	0,96
IT	0,79	0,86	0,93	0,81	0,85	0,95	0,76	0,87	0,87	0,89	0,89	1,00	0,87	0,87	1,00	0,75	0,84	0,89	0,87	0,88	0,99
LT	0,16	0,34	0,49	0,18	0,36	0,51	0,20	0,37	0,53	0,25	0,40	0,61	0,26	0,41	0,65	0,27	0,39	0,69	0,23	0,31	0,75
LU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LV	0,39	1,00	0,39	0,42	1,00	0,42	0,44	1,00	0,44	0,56	1,00	0,56	0,51	1,00	0,51	0,47	1,00	0,47	0,69	1,00	0,69
PL	0,85	0,96	0,88	0,84	0,95	0,88	0,85	0,99	0,86	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,94	1,00	0,94	1,00	1,00	1,00
PT	0,98	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,91	0,95	0,97	0,97	1,00	0,97	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	0,99
RO	0,36	0,37	0,97	0,40	0,42	0,96	0,46	0,46	0,99	0,62	0,63	0,98	0,54	0,55	0,98	0,52	0,52	0,99	0,60	0,61	0,98
SE	0,28	0,65	0,44	0,32	0,74	0,44	0,36	0,83	0,43	0,42	0,70	0,60	0,37	0,57	0,65	0,31	0,53	0,58	0,38	0,51	0,74
SI	0,77	1,00	0,77	0,69	0,97	0,72	0,74	0,96	0,77	0,85	1,00	0,85	0,86	1,00	0,86	0,78	0,99	0,79	0,85	0,99	0,86
SK	0,66	0,76	0,87	0,52	0,63	0,83	0,52	0,61	0,86	0,64	0,70	0,91	0,60	0,66	0,91	0,53	0,62	0,86	0,57	0,63	0,90
TR	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,84	0,96	0,88	0,92	0,93	1,00	0,88	0,88	1,00	0,87	0,93	0,93	0,96	0,96	1,00
UK	0,94	1,00	0,94	0,94	1,00	0,94	0,87	1,00	0,87	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,89	1,00	0,89	1,00	1,00	1,00

Ek: 2 (Devamı)
Yıllar İtibariyle Etkinlik Ölçümü Sonuçları (MODEL-3)

	2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006											
	CRS	VRS	Ölçek	CRS	VRS	Ölçek	CRS	VRS	Ölçek	CRS	VRS	Ölçek	CRS	VRS	Ölçek									
AT	0,74	0,78	0,95	0,76	0,76	0,99	0,88	0,89	1,00	0,87	0,89	0,97	0,66	0,85	0,77	0,71	0,72	0,98	0,82	0,82	1,00			
BE	0,24	0,76	0,31	0,25	0,74	0,33	0,26	0,74	0,36	0,28	0,75	0,37	0,23	0,72	0,32	0,26	0,72	0,36	0,33	0,71	0,46			
BG	0,21	0,30	0,68	0,16	0,31	0,52	0,24	0,33	0,72	0,34	0,38	0,90	0,24	0,33	0,72	0,37	0,43	0,85	0,43	0,44	0,96			
CZ	0,22	0,47	0,46	0,24	0,47	0,52	0,33	0,49	0,67	0,24	0,49	0,50	0,24	0,51	0,47	0,31	0,58	0,54	0,40	0,63	0,63			
DE	0,46	0,49	0,95	0,44	0,44	0,99	0,51	0,51	1,00	0,56	0,58	0,96	0,44	0,59	0,75	0,46	0,47	0,98	0,54	0,54	1,00			
DK	0,36	0,69	0,53	0,37	0,72	0,51	0,42	0,65	0,64	0,56	0,74	0,75	0,45	0,61	0,73	0,48	0,64	0,75	0,52	0,67	0,77			
ES	0,38	0,38	1,00	0,51	0,51	1,00	0,42	0,44	0,97	0,99	1,00	0,99	0,59	0,78	0,76	0,60	0,60	0,99	0,78	0,78	0,99			
FI	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	0,95	0,89	1,00	0,89	0,97	1,00	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	0,99		
FR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
HU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IT	0,52	0,55	0,94	0,58	0,58	1,00	0,52	0,52	1,00	0,68	0,70	0,97	0,52	0,69	0,74	0,49	0,49	0,98	0,59	0,59	1,00			
LT	0,15	1,00	0,15	0,17	1,00	0,17	0,22	1,00	0,22	0,33	1,00	0,33	0,22	1,00	0,22	0,21	1,00	0,21	0,24	1,00	0,24			
LU	0,16	1,00	0,16	0,17	1,00	0,17	0,28	1,00	0,28	0,33	1,00	0,33	0,22	1,00	0,22	0,22	1,00	0,22	0,34	1,00	0,34			
LV	0,37	0,56	0,66	0,39	0,59	0,67	0,39	0,59	0,67	0,43	0,60	0,72	0,41	0,60	0,68	0,48	0,62	0,77	0,47	0,63	0,75			
PL	0,37	0,41	0,91	0,40	0,44	0,90	0,44	0,50	0,89	0,43	0,48	0,90	0,33	0,42	0,81	0,36	0,44	0,82	0,35	0,40	0,88			
PT	0,51	0,52	0,99	0,66	0,68	0,97	0,45	0,49	0,92	1,00	1,00	1,00	0,41	0,44	0,95	0,25	0,33	0,76	0,60	0,66	0,91			
RO	0,48	0,48	1,00	0,52	0,53	0,97	0,64	0,65	0,97	0,62	0,63	0,99	0,53	0,55	0,96	0,72	0,72	0,99	0,78	0,79	0,99			
SE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00			
SI	0,90	1,00	0,90	0,89	1,00	0,89	0,86	1,00	0,86	0,89	1,00	0,89	0,85	1,00	0,85	0,79	1,00	0,79	0,95	1,00	0,95			
SK	0,41	0,44	0,93	0,43	0,47	0,92	0,54	0,59	0,92	0,43	0,47	0,91	0,34	0,40	0,85	0,42	0,49	0,85	0,49	0,50	0,96			
TR	0,55	0,57	0,96	0,44	0,44	0,99	0,68	0,69	0,99	0,82	0,85	0,97	0,74	0,97	0,76	0,69	0,70	0,98	0,91	0,91	1,00			
UK	0,37	0,45	0,82	0,33	0,43	0,78	0,45	0,51	0,88	0,44	0,49	0,90	0,37	0,42	0,88	0,41	0,44	0,93	0,55	0,55	0,99			

Ek: 2 (Devamı)
Yıllar İtibarıyla Etkinlik Ölçümü Sonuçları (MODEL-4)

	2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		
	CRS	VRS	Ölçek	CRS	VRS	Ölçek	CRS	VRS	Ölçek	CRS	VRS	Ölçek	CRS	VRS	Ölçek
AT	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
BE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
BG	0,65	0,66	0,99	0,63	0,64	0,98	0,70	0,70	1,00	0,66	0,68	0,98	0,64	0,65	0,99
CZ	0,99	1,00	0,99	1,00	1,00	0,93	0,95	0,98	0,93	0,96	0,98	0,95	0,96	0,98	0,94
DE	0,97	1,00	0,97	1,00	1,00	0,90	1,00	0,90	0,94	1,00	0,94	0,97	1,00	0,97	1,00
DK	0,86	0,92	0,94	0,98	1,00	0,88	0,90	0,98	1,00	1,00	1,00	0,83	0,85	0,98	0,77
ES	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
FI	0,92	0,94	0,97	0,94	0,97	0,94	0,96	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,89
FR	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
HU	0,84	0,90	0,93	0,89	0,95	0,94	0,84	0,91	0,92	0,77	0,85	0,90	0,76	0,84	0,91
IT	0,93	1,00	0,93	0,92	1,00	0,92	1,00	0,92	0,94	1,00	0,94	0,96	1,00	0,96	0,97
LT	0,43	0,62	0,69	0,57	0,77	0,75	0,68	0,92	0,74	0,73	0,99	0,74	0,71	0,95	0,75
LU	0,33	1,00	0,33	0,34	1,00	0,34	0,94	1,00	0,34	0,75	1,00	0,75	0,78	1,00	0,78
LV	0,57	0,95	0,59	0,58	0,96	0,60	0,52	1,00	0,52	0,55	1,00	0,55	0,68	1,00	0,68
PL	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PT	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,92	0,93	0,98	0,96
RO	0,51	1,00	0,58	0,58	1,00	0,66	0,66	1,00	0,66	0,66	1,00	0,66	0,66	1,00	0,75
SE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SI	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SK	0,81	0,81	1,00	0,77	0,77	0,99	0,80	0,81	0,99	0,77	0,78	0,98	0,71	0,74	0,97
TR	1,00	1,00	1,00	0,98	1,00	0,98	0,98	1,00	0,98	0,93	1,00	0,93	1,00	1,00	1,00
UK	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Ek: 3
Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi ve Etkinlik Değişimi (MODEL-4)

Ülke	2000–2001		2001–2002		2002–2003		2003–2004		2004–2005		2005–2006							
	TFV*	ED*	ID*	TFV	ED	ID	TFV	ED	ID	TFV	ED	ID						
AT	0,987	1,000	0,987	0,996	1,000	0,996	0,883	1,000	0,883	1,085	0,999	1,000	0,999	0,979	1,000	0,979		
BE	0,967	1,000	0,967	1,083	1,000	0,883	1,088	1,000	0,933	1,000	0,933	1,010	1,000	1,010	0,994	1,000	0,994	
BG	0,933	0,967	1,128	1,103	1,023	0,970	0,954	1,017	0,984	0,963	1,021	1,065	1,089	0,978	1,052	1,066	0,987	
CZ	1,007	1,007	1,000	0,958	0,931	1,029	1,012	1,001	1,011	1,007	1,015	0,992	0,986	0,989	0,997	1,018	1,028	0,990
DE	1,015	1,030	0,985	0,930	0,907	1,025	1,062	1,044	1,017	1,036	1,026	1,010	1,010	1,034	0,977	1,015	1,000	1,015
DK	1,188	1,134	1,048	1,044	0,902	1,157	1,179	1,130	1,043	0,841	0,831	1,012	0,883	0,927	0,952	1,283	1,286	0,998
ES	1,158	1,000	1,158	1,131	1,000	1,131	1,006	1,000	1,006	1,033	1,000	1,033	1,076	1,000	1,076	0,945	1,000	0,945
FI	1,049	1,023	1,026	1,013	0,998	1,015	1,128	1,066	1,058	1,039	1,000	1,039	0,819	0,889	0,922	1,122	1,125	0,997
FR	1,008	1,000	1,008	1,014	1,000	1,014	1,027	1,000	1,027	1,017	1,000	1,017	1,012	1,000	1,012	1,001	1,000	1,001
HU	1,024	1,054	0,971	0,979	0,948	1,032	0,934	0,916	1,019	0,988	0,989	1,000	1,059	1,063	0,996	1,000	1,010	0,991
IT	1,043	0,996	1,047	1,011	1,000	1,011	1,062	1,022	1,040	1,008	1,020	0,988	0,962	1,009	0,954	1,018	1,015	1,004
LT	1,328	1,341	0,990	1,227	1,189	1,032	1,092	1,076	1,015	0,982	0,971	1,011	0,915	0,903	1,014	0,830	0,845	0,983
LU	1,049	1,010	1,040	2,826	2,780	1,016	0,854	0,797	1,072	1,084	1,045	1,037	1,232	1,278	0,964	0,869	0,876	0,992
LV	1,016	1,021	0,995	0,895	0,907	0,987	0,958	1,058	0,905	1,326	1,232	1,076	1,062	1,064	0,998	0,876	0,908	0,964
PL	1,009	1,000	1,009	0,983	1,000	0,983	1,033	1,000	1,033	1,012	1,000	1,012	1,017	1,000	1,017	1,031	1,000	1,031
PT	1,080	1,000	1,080	0,973	1,000	0,973	1,053	1,000	0,973	0,879	0,919	0,957	0,992	1,045	0,949	1,064	1,041	1,022
RO	1,086	1,133	0,959	1,094	1,144	0,956	1,014	1,004	1,009	1,015	1,001	1,015	1,124	1,130	0,995	1,007	1,009	0,998
SE	1,194	1,000	1,194	0,915	1,000	0,915	0,774	1,000	0,774	1,060	1,000	1,060	1,113	1,000	1,113	0,869	1,000	0,869
SI	0,963	1,000	0,963	0,980	1,000	0,980	0,933	0,997	0,936	1,138	1,003	1,134	0,964	1,000	0,964	0,990	1,000	0,990
SK	0,934	0,949	0,984	1,044	1,048	0,996	0,925	0,953	0,971	0,982	0,934	1,052	1,039	1,040	0,999	1,002	1,023	0,979
TR	0,942	0,977	0,964	0,963	1,006	0,957	0,976	0,947	1,030	1,059	1,073	0,986	1,003	1,000	1,003	1,037	1,000	1,037
UK	0,994	1,000	0,994	1,049	1,000	1,049	1,061	1,000	1,061	0,967	1,000	0,967	1,037	1,000	1,037	0,950	1,000	0,950
ORT.	1,049	1,032	1,018	1,108	1,019	1,002	1,001	1,002	1,020	0,998	1,021	1,018	1,022	0,996	0,996	1,011	0,985	0,985

(*) TFV: Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi, ED: Etkinlik Değişimi, ID: Teknolojik Değişim

