

# VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE TCDD LİMANLARINDA BİR ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ ÇALIŞMASI

**M. Emin BAYSAL, Mehmet UYGUR\* ve Bilal TOKLU**

Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gazi Üniversitesi 06570 Maltepe Ankara  
[ebaysal@gazi.edu.tr](mailto:ebaysal@gazi.edu.tr)

\* TCDD Kayseri Bölge Müdürlüğü, Kayseri

## ÖZET

Uluslararası ticarete limanlar, ülke ekonomisini direkt etkileyen bir role sahiptir. Artan ticaret hacmine bağlı olarak, optimum liman kapasitelerini elde etmek için limanlar iyi şekilde planlanmalı ve geliştirilmelidir. Mevcut limanlar ve kapasiteleri en etkin şekilde kullanılmalı, bunun için de bilimsel yöntem ve tekniklerle çalışılmalıdır. Bu çalışmada, Türkiye’de hizmet veren, TCDD’ye bağlı 7 limanın etkinliklerini belirlemek için Veri Zarflama Analizi (VZA) uygulanmıştır. Uygulama sonucunda, her bir limanın etkinlik değeri ve etkin olmayan limanlar için tavsiye edilen potansiyel iyileştirmeler verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Veri zarflama analizi, liman etkinliği.

## A STUDY OF THE RELATIVE EFFICIENCY OF TCDD PORTS, USING DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

### ABSTRACT

Ports have a direct influence on the economy of a country in international trade. In order to increase trade volume, ports must be planned and developed well to get optimum port capacities. Existing ports and their capacities must be used effectively. To perform this, scientific methods and techniques have to be applied. In this study, Data Envelopment Analysis (DEA) is applied to 7 ports which are operated by Turkish Republic Railways Administration to determine the efficiencies of them. According to the results of the analysis, efficiency scores of each port are obtained and potential improvements are advised for inefficient ports.

**Keywords:** Data envelopment analysis, port efficiency.

### 1. GİRİŞ

Günümüzde, ülkeler arasındaki ticaret hacmi hızla artmaktadır. Coğrafi konumları gereği bu ticaret çoğunlukla denizyolu ile sağlanmaktadır. Dünya ticaretinin %80-85’inin denizyolu ile yapıldığı gözönünde bulundurulduğunda, limanlar ve liman işletmeciliğinin önemi açıktır [1].

Etkin bir liman işletmeciliği yapmak, ekonomi açısından önemli bir konudur. Etkinlik, kaynakların ne şekilde kullanıldığına bir ifadesidir. Yani etkinlik, kaynakları doğru kullanmak suretiyle sağlanabilir. Bu, limanlar için ifade edilecek olursa; bir limanın etkin olabilmesi için sahip olunan insan, malzeme, makine...vs. gibi kaynakların doğru olarak kullanılması ve bunun sonucunda optimum değerde

çıktıların (yükleme, boşaltma, konteyner, yolcu gelirleri gibi) elde edilmesi gerekmektedir.

Liman etkinliği yalnızca bir hesaplamanın sonucu olarak görülmemelidir. Artan ticaret ve buna bağlı olarak zorlaşan rekabet ortamında limanların verimli çalışması yöneticiler için birer zorunluluk haline gelmiştir. VZA ile liman etkinliğinin belirlenmesi üzerine yapılan çalışmaların ilk örneği olarak Roll ve Hayuth’un 1993’teki [2] çalışmaları gösterilebilir.

Ancak bu konuda yapılan asıl çalışma, Roll ve Hayuth’un çalışmalarını da gözönüne alan Tongzon’un [3], 2001’de liman etkinliği üzerine yaptığı çalışmadır. Tongzon bu çalışmasında 16 adet uluslararası konteyner limanının göreceli etkinliklerini hesaplamıştır. Yapılan bu çalışmada,

yöntem olarak VZA kullanılmıştır. Tongzon çalışmasında daha önce benzer bir çalışmanın yapılmadığını vurgulamaktadır. Çalışmada iki temel VZA modeli kullanılmış, sabit getirili ve değişken getirili ölçek varsayımları altında etkinlik değerleri elde edilmiştir. Etkinlik değerlerine bakılarak uygulanan politikaların etkisi ve gelecekte yapılabilecek çalışmalar tartışılmıştır.

Bu makalede, Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları İşletmesi (TCDD) tarafından işletilen Türkiye'nin önemli 7 limanının etkinliğini ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu amaçla, girdiye ve çıktıya yönelik VZA modelleri sabit getirili ve değişken getirili ölçek varsayımları altında uygulanmış ve limanların etkinlik değerleri belirlenmiştir. Etkin olmayan limanlar için yapılması gereken potansiyel iyileştirmeler verilmiştir.

## 2. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

Performans ölçme teknikleri genellikle oran analizi, parametrik yöntemler ve parametrik olmayan yöntemler olmak üzere üç sınıfa ayrılırlar. Oran analizi, en yaygın ve basit olanıdır. İşletmelerin kullandığı girdi ve çıktıların oranlanması şeklinde kullanılır. Yalnız tek boyutlu (tek çıktı/tek girdi) olduğundan işletmelerin performanslarını ölçmede yetersiz kaldığı görülmüştür. Diğer bir yöntem ise regresyon analizi'dir. Regresyon analizi parametrik bir yöntemdir ve girdiler ile tek bir çıktı arasındaki etkinlik ilişkisi analiz edilir. Bu yöntemin de yetersiz olduğu noktada hem çok boyutlu (yani çok girdi/çok çıktı) ve hem de parametrik olmayan bir performans ölçüm tekniği olarak VZA ortaya çıkmıştır. VZA, matematiksel programlama tabanlı bir yöntemdir. VZA'nın etkinliği ölçme şekli kısaca şu şekilde özetlenebilir:

- Herhangi bir gözlem kümesi içinde en az girdi bileşimini kullanarak en çok çıktı bileşimini üreten "en iyi" gözlemleri belirler.
- Söz konusu sınır "referans" kabul edilip etkin olmayan karar birimlerinin bu sınıra olan uzaklıklarını "radyal" olarak ölçer.

Bu şekilde aynı girdi ve çıktıya sahip Karar Verme Birimlerinin (KVB) göreceli etkinlikleri ölçülebilir. Her bir KVB için modeller kurulur ve doğrusal programlama tekniği ile çözülür. Çözüm sonuçları ilgili KVB'nin etkinliğini verir. Etkinlik değeri "1" ise o KVB "etkin"dir. 1'den farklı ise "etkin değil" dir. Etkin olmayan KVB'ler referans kümesindeki etkin birimlere göre değerlendirilerek etkin hale getirilebilir.

Veri zarflama analizi (VZA), ilk olarak 1978'de Charnes, Cooper ve Rhodes'un [4] "European Journal of Operational Research"de yayınlanan makaleleri ile

ortaya çıkan özel ve kamu sektörü organizasyonlarının performanslarını ölçmede yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir [5]. VZA çok sayıda girdi ve çıktıların söz konusu olduğu durumlarda, karar verme birimleri (KVB) arasında göreceli olarak etkinlik ölçümü yapar [6]. Bu yöntem özellikle kâr beklentisi olmayan kamu sektörü kuruluşlarında uygulanmaktadır [7].

1978'de Charnes, Cooper ve Rhodes'un (CCR) öne sürdüğü model, ölçeğe göre sabit getiri (CRS-Constant Returns to Scale) modelidir. Bu alanda ilk uygulamalar eğitim sektörü üzerine olmuştur [8]. Daha sonra 1984'te Banker, Charnes ve Cooper (BCC) [9] tarafından ölçeğe göre değişken getiri (VRS-Variable Returns to Scale) modeli geliştirilmiştir.

Uygulamada Charnes, Cooper ve Rhodes'un (CCR) ölçeğe göre sabit getirili ve Banker, Charnes ve Cooper'ın (BCC) ölçeğe göre değişken getirili VZA modelleri girdiye ve çıktıya yönelik olarak çözülmüş etkinlik sonuçları elde edilmiştir. Girdiye yönelik KVB lerden birine ait CCR modeli, örnek olarak aşağıda sunulmuştur.

$$E_k = \min \alpha - (\varepsilon \cdot \sum_{i=1}^m S_i^-) - (\varepsilon \cdot \sum_{r=1}^t S_r^+)$$

$$\sum_{j=1}^n (I_{ij} \cdot \mu_j) + S_i^- - (\alpha \cdot I_{ik}) = 0$$

$$\sum_{j=1}^n (O_{rj} \cdot \mu_j) - S_r^+ - O_{rk} = 0$$

$$\mu_j, S_i^-, S_r^+ \geq 0$$

$$r=1, \dots, t; i=1, \dots, m; \sum \mu_j > 0$$

Modeldeki notasyonlar şunları ifade etmektedir:

$E_k$  : k karar biriminin etkinliği

$O_{rk}$  : k karar birimi tarafından üretilen r'inci çıktı

$I_{ik}$  : k karar birimi tarafından kullanılan i'inci girdi

$O_{rj}$  : j'inci karar birimi tarafından üretilen r'inci çıktı

$I_{ij}$  : j'inci karar birimi tarafından kullanılan i'inci girdi

$\varepsilon$  : Yeterince küçük pozitif bir sayı (örneğin 0,0000001)

n : Karar birimi sayısı

t : Çıktı sayısı

m : Girdi sayısı

$\alpha$  : Girdiye ait büzülme katsayısı

$S_i^-$  : k karar biriminin i'nci girdisine ait atıl değer

$S_r^+$  : k karar biriminin i'nci çıktısına ait atıl değer

$\mu_j$  : j'nci karar biriminin aldığı yoğunluk değeri

Bu modelin amaç fonksiyonunda belirli bir çıktı düzeyi için etkinliği ölçülen k karar birimine ait

girdilerin ne kadar azaltılabileceği araştırılır. Eğer ilgili karar birimi “etkin” ise;

$$\alpha = 1, S_i^- = 0, S_r^+ = 0, \mu_j = 1, E_k = 1 \text{ olacaktır.}$$

Eğer ölçülen karar birimi etkin değilse;  $\alpha$  büzülme katsayısı 1’den küçük ve kuramsal (etkin) karar birimini oluşturan referans birimlerinin  $\mu$ ’leri 0’dan büyük olacaktır. İlgili karar birimleri etkin değilse kuramsal birimin girdi ve çıktı değerleri aşağıdaki gibi hesaplanarak etkin hale getirilebilir:

$$I^{KB} = \sum_{j=1}^n (I_{ij} \cdot \mu_j) \text{ ya da } I^{KB} = (\alpha \cdot I^K) - S_i^-$$

$$O^{KB} = \sum_{j=1}^n (O_{rj} \cdot \mu_j) \text{ ya da } O^{KB} = O^K + S_r^+$$

### Örnek Doğrusal Programlama Modeli

Bandırma Limanı Girdiye Yönelik VZA Modeli:

$$E_k = \text{Min} \left( \alpha \cdot \varepsilon \cdot S_1^- - \varepsilon \cdot S_2^- - \varepsilon \cdot S_1^+ - \varepsilon \cdot S_2^+ \right)$$

$$1148 \mu_1 + 1676 \mu_2 + 827 \mu_3 + 486 \mu_4 + 440 \mu_5$$

$$+ 430 \mu_6 + 748 \mu_7 + S_1^- - 440\alpha = 0$$

$$5469 \mu_1 + 5495 \mu_2 + 5551 \mu_3 + 2380 \mu_4 +$$

$$2636 \mu_5 + 2023 \mu_6 + 3224 \mu_7 + S_2^-$$

$$- 2636 \alpha = 0$$

$$5584 \mu_1 + 13380 \mu_2 + 8164 \mu_3 + 2537 \mu_4 +$$

$$3749 \mu_5 + 701 \mu_6 + 2216 \mu_7 - S_1^+ - 3749 = 0$$

$$36392 \mu_1 + 33759 \mu_2 + 32200 \mu_3 + 7949 \mu_4 +$$

$$7088 \mu_5 + 2976 \mu_6 + 3315 \mu_7 - S_2^+ - 7088 = 0$$

$$\mu_j, S_1^-, S_1^+, S_2^-, S_2^+ \geq 0$$

### 3. UYGULAMA

Bu uygulamada Türkiye’de hizmet veren TCDD’ye bağlı limanlar ele alınmıştır. Bu limanlar:

1. Haydarpaşa Limanı
2. Mersin Limanı
3. İzmir Limanı
4. Samsun Limanı
5. Bandırma Limanı
6. Derince Limanı
7. İskenderun Limanı

### Limana Girdi ve Çıktı Değerleri

Limanların fonksiyonlarını ifade eden girdi ve çıktı verileri TCDD Genel Müdürlüğü Limanlar Dairesi Başkanlığı’ndan ve TCDD İstatistik Yıllığı’ndan temin edilmiştir. Bu veriler 2000 yılına aittir. Uygulamada kullanılacak girdi ve çıktı değişkenler seçilirken ikili korelasyonlara, uzman görüşlerine ve alternatif VZA senaryo analizlerine başvurulmuştur. Bu şekilde iki adet girdi ve iki adet de çıktı seçilmiştir. Girdilerden ilki personel sayısı’dır. Personel sayısı, bir limanda çalışan işçi ve memur personelin toplam sayısını ifade etmektedir. Diğer bir girdi ise yük elleçleme kapasitesi’dir. Yük elleçleme kapasitesi, bir limanın yıllık yükleme ve boşaltma miktarının ton olarak ifadesidir. Yük elleçleme kapasitesi limanların yükleme ve boşaltmada kullandığı personel sayısı, rıhtım sayısı ve uzunluğu, vinçlerin sayısı ve kapasitelerine göre değişiklik göstermektedir.

Uygulamada kullanılan çıktılar ise elleçlenen yük ile yıllık gelir’dir. Elleçlenen yük, limanın o yıl içerisinde yaptığı yükleme ve boşaltma miktarını ifade eder. Yıllık gelir ise limanın yıl içerisinde liman faaliyetleri sonucunda elde ettiği gelirdir. Girdi ve çıktı verileri Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1’deki girdi ve çıktı değerleri kullanılarak yapılan analiz sonucu elde edilen çözüm değerleri Tablo 2’de sunulmuştur. Modellerin çözümünde Frontier Analyst 2.0 yazılımı kullanılmıştır. Çözümler BCC modeline göre de yapılmış ancak tutarlı sonuç alınamamıştır. Bu nedenle CCR modelinin girdiye ve çıktıya yönelik çözümleri verilmiştir.

**Tablo 1.** Limanlara ait girdi ve çıktı verileri

LİMANLAR	GİRDİLER		ÇIKTILAR	
	PERSONEL SAYISI (Adet)	YÜK ELLEÇLEME KAPASİTESİ (*1000 Ton/Yıl)	ELLEÇLENEN YÜK (*1000 Ton/Yıl)	YILLIK GELİR (*10 <sup>9</sup> TL.)
1. HAYDARPAŞA	1148	5469	5584	36392
2. MERSİN	1676	5495	13380	33759
3. İZMİR	827	5551	8164	32200
4. SAMSUN	486	2380	2537	7949
5. BANDIRMA	440	2636	3749	7088
6. DERİNCE	430	2023	701	2976
7. İSKENDERUN	748	3224	2216	3315

<sup>a</sup> Notlar: Personel sayısı=her bir limanda çalışan memur ve işçi toplamı; yük elleçleme kapasitesi=bir limanın bir yılda yükleme boşaltma yapabileceği yük miktarı; elleçlenen yük=bir yılda yapılan yükleme-boşaltma; yıllık gelir=limanın o yıl elde ettiği gelir, veriler 2000 yılına aittir.

<sup>b</sup> Kaynak: TCDD İstatistik Yıllığı (2001); TCDD Limanlar Dairesi Başkanlığı[10],

**Tablo 2.** Limanların girdiye ve çıktıya yönelik CCR etkinlik değerleri

Limanlar	Etkinlik Değeri ( $E_K$ )
Haydarpaşa	100
Mersin	100
İzmir	100
Samsun	89.92
Bandırma	58.83
Derince	34.65
İskenderun	23.44

Tablo 2’de de görüldüğü gibi  $E_K$  değeri 100 olan Haydarpaşa, Mersin ve İzmir limanları etkin limanlardır.  $E_K < 100$  olan Samsun, Bandırma, Derince ve İskenderun limanları ise etkin değildir.

Çapraz etkinlik matrisi, etkin birimleri tanımlamak için kullanılan bir araçtır. Çapraz etkinlik matrisinde yüksek bir ortalama etkinliğe sahip birim, etkin olmayan birimlerle karşılaştırmak için iyi bir birimdir. Çapraz etkinlik matrisine, analize giren birimler satır ve sütunları (ixj) oluşturacak şekilde yerleştirilirler. j’inci birimin etkinliği, i’inci birimin optimal ağırlıkları kullanılarak hesaplanır. j sütunundaki değerler ne kadar yüksek ise, j’inci birim karşılaştırma için daha uygun (gerçek etkin) bir birimdir [10].

#### Çapraz Etkinlik Analizi

Tablo 2’de yer alan etkinlik değerlerine göre 3 liman etkin olarak görülmektedir. Veri Zarflama Analizi yönteminde etkin limanlar içerisinde hangisinin etkinliğinin daha belirleyici olduğunu bulmak için Tablo 3’te verilen çapraz etkinlik analizi yapılmıştır. Buna göre Haydarpaşa, Mersin ve İzmir limanları karşılaştırma yapmak için gerçek anlamda etkin limanlardır.

Etkin olmayan limanları etkin hale getirmek için yapılması gerekli girdiye yönelik potansiyel iyileştirmeler Tablo 4’te verilmiştir. Tablo 4’te yer alan değerlere göre Samsun limanının referans kümesinde Mersin ve İzmir limanları yer almaktadır. Bu referans birimlerinin katkıları ile kuramsal birimin

(hedeflenen) girdi/çıktı değerleri hesaplanır. Bir başka deyişle Samsun limanının etkin sınıra uzaklığı ölçülür. Aynı mantık diğer etkin olmayan birimler için yürütülür. Özetle tablo 4’te etkin olmayan birimler için girdi miktarlarında yapılması gerekli iyileştirmeler sunulmaktadır.

Tablo 5’te ise Tablo 4’tekinin aksine çıktıya yönelik iyileştirmeler verilmektedir. Örneğin Samsun limanının referans kümesindeki Mersin ve İzmir limanlarının katkısıyla çıktılarda sırasıyla %70 ve %77 oranında iyileştirme yapılırsa Samsun limanı etkin hale gelebilecektir.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada VZA ile liman etkinliklerinin ölçülebileceği, etkinlik karşılaştırmalarının herhangi bir varsayıma ihtiyaç duymadan yapılabileceği gösterilmeye çalışılmıştır. Ekonometrik yöntemlerin aksine böyle bir çalışma için VZA daha uygundur. Ancak ele alınan örnek küme, girdi ve çıktı seçimi, verilerin sağlıklı bir şekilde bulunması VZA sonucunu etkilemektedir. Bu kısıtlara bağlı olarak gelecekte daha detaylı araştırma yapılabilir.

Çalışma sonuçlarına göre, etkin olmayan limanların personel sayılarını azaltmaları gerektiği ortaya çıkmıştır. Ayrıca yıllık yük elleçleme kapasitelerinde belli oranlarda azaltma yapılması sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonucu yorumlamak için diğer çıktı değerlerini incelememiz gerekir. Hem kapasitenin düşürülmesi hem de personel azaltımına gidilmesi, elde edilen gelirlerin azlığından kaynaklanmaktadır. Bu da, Samsun, Bandırma ve Derince limanlarının yıllık gelir miktarlarının da artırılmasının gerektiği şeklinde sonuçlarda görülmektedir.

Limanların etkin olmama nedenlerinin başında bütün kamu kurumlarında karşılaşılan yanlış istihdam politikaları gelmektedir. Doğru istihdam politikalarının uygulanması ve iş verimliliğinin artırılması ile buna çözüm aranmalıdır.

**Tablo 3.** Çapraz etkinlik matrisi

	Etkinlik	Ortalama	Haydarpaşa	Mersin	İzmir	Bandırma	Samsun	İskenderun	Derince
Etkinlik			100	100	100	89.92	58.83	34.65	23.44
Ortalama			100	100	100	87.75	56.71	33.42	22.03
Haydarpaşa	100	71.94	100	100	100	89.92	58.83	34.65	20.20
Mersin	100	72.09	100	100	100	86.42	54.25	32.30	21.70
İzmir	100	67.69	100	100	100	78.24	48.56	28.40	18.60
Bandırma	89.92	72.40	100	100	100	89.92	58.83	34.65	23.44
Samsun	58.83	72.40	100	100	100	89.92	58.83	34.65	23.44
İskenderun	34.65	72.40	100	100	100	89.92	58.83	34.65	23.44
Derince	23.44	72.40	100	100	100	89.92	58.83	34.65	23.44

**Tablo 4.** Etkin olmayan limanlar için etkinlik değerleri ve girdiye yönelik yapılabilecek iyileştirmeler

4. Samsun Limanı	Mevcut Değer	Olması Gereken Değer	Potansiyel İyileştirme	Referans Kümesi
$E_k = 0,58$				Mersin, İzmir
Girdi				
Personel Sayısı	486	286	% 41,15	
Y.E.Kapasitesi	2380	1400	% 41,15	
Çıktı				
Y.Elleçleme	2537	2537	% 0	
Yıllık Gelir	7949	8292	% 4,31	
5. Bandırma Limanı	Mevcut Değer	Olması Gereken Değer	Potansiyel İyileştirme	Referans Kümesi
$E_k = 0,90$				Mersin, İzmir
Girdi				
Personel Sayısı	440	396	% 10	
Y.E.Kapasitesi	2636	2370	% 10,09	
Çıktı				
Y.Elleçleme	3749	3749	% 0	
Yıllık Gelir	7088	13844	% 95,31	
6. Derince Limanı	Mevcut Değer	Olması Gereken Değer	Potansiyel İyileştirme	Referans Kümesi
$E_k = 0,23$				Haydarpaşa, Mersin, İzmir
Girdi				
Personel Sayısı	430	101	% 76,51	
Y.E.Kapasitesi	2023	474	% 76,57	
Çıktı				
Y.Elleçleme	701	701	% 0	
Yıllık Gelir	2976	2976	% 0	
7. İskenderun Limanı	Mevcut Değer	Olması Gereken Değer	Potansiyel İyileştirme	Referans Kümesi
$E_k = 0,35$				Mersin
Girdi				
Personel Sayısı	748	259	% 65,37	
Y.E.Kapasitesi	3224	1116	% 65,38	
Çıktı				
Y.Elleçleme	2216	2216	% 0	
Yıllık Gelir	3315	6684	% 101,62	

Limanların iş potansiyellerinin artırılması, buna bağlı olarak gelirlerinin artırılması sonucunda etkin olabilecekleri gözönünde bulundurulmalıdır. Burada karşımıza çıkan sorun yönetim etkinsizliğidir. Çözüm için liman işletmeciliği organizasyonlarının yeniden ele alınıp gerekli yapısal iyileştirmeler yapılmalıdır.

Yukarıda ulaşılan sonuçlar ve sunulan öneriler etkinlik ölçümünde yaygın olarak kullanılan VZA yöntemine dayalı sonuçlardır. Bu çalışma ile vurgulanmak istenen, ulaşılan sonuçların analitik bir temele dayandırılarak sunulmasıdır. Buna bağlı olarak elde edilen sonuçlar TCDD üst yönetimine sunulmuştur.

#### KAYNAKLAR

1. TCDD, **Turkish Ports Operated by TCDD**, TCDD Yayınları, Ankara, 1993.
2. Roll, Y., Hayuth Y., "Port Performance Comparison Applying Data Envelopment Analysis", **Maritime Policy and Management**, Vol 20, 153-161, 1993.
3. Tongzon J., "Efficiency Measurement of Selected Australian and Other International Ports Using Data Envelopment Analysis", **Transportation Research Part A**, Vol 35, 113-128, 2001.
4. Charnes, A., Cooper, W.W. ve Rhodes, E., "Measuring The Efficiency of Decision Making Units", **European Journal of Operational Research**, 2, 429-444, 1978.
5. Sueyoshi, T., "Measuring Technical, Allocative and Overall Efficiencies Using a DEA Algorithm", **Operational Research Society**, Vol 43, 141-155, 1992.
6. Ali, A. I., Lerne, C. S. ve Seiford, L. M., "Components of Efficiency Evaluation in Data Envelopment Analysis" **European Journal of Operational Research**, Vol 80, 462-473, 1995.
7. Doyle J. ve Green, R., "Efficiency and Cross-Efficiency in DEA: Derivations, Meanings and Uses", **Operational Research Society**, Vol 45, 567-578, 1994.
8. Seiford, L. M., "Data Envelopment Analysis; The Evolution of The State of The Art (1978-1995)", **The Journal of Productivity Analysis**, Vol 7, 99-137, 1996.

**Tablo 5.** Etkin olmayan limanlar için etkinlik değerleri ve çıktıya yönelik yapılabilecek iyileştirmeler

4. Samsun Limanı	Mevcut Değer	Olması Gereken Değer	Potansiyel İyileştirme	Referans Kümesi
$E_k = 0,58$				Mersin, İzmir
Girdi				
Personel Sayısı	486	486	0	
Y.E.Kapasitesi	2380	2380	0	
Çıktı				
Y.Elleçleme	2537	4312,52	69,98	
Yıllık Gelir	7949	14094,58	77,31	
5. Bandırma Limanı	Mevcut Değer	Olması Gereken Değer	Potansiyel İyileştirme	Referans Kümesi
$E_k = 0,90$				Mersin, İzmir
Girdi				
Personel Sayısı	440	440	0	
Y.E.Kapasitesi	2636	2636	0	
Çıktı				
Y.Elleçleme	3749	4169,04	11,2	
Yıllık Gelir	7088	15394,69	117,19	
6. Derince Limanı	Mevcut Değer	Olması Gereken Değer	Potansiyel İyileştirme	Referans Kümesi
$E_k = 0,23$				Haydarpaşa, Mersin, İzmir
Girdi				
Personel Sayısı	430	430	0	
Y.E.Kapasitesi	2023	2023	0	
Çıktı				
Y.Elleçleme	701	2990,64	326,63	
Yıllık Gelir	2976	12696,37	326,63	
7. İskenderun Limanı	Mevcut Değer	Olması Gereken Değer	Potansiyel İyileştirme	Referans Kümesi
$E_k = 0,35$				Mersin
Girdi				
Personel Sayısı	748	748	0	
Y.E.Kapasitesi	3224	3224	0	
Çıktı				
Y.Elleçleme	2216	6395,89	188,62	
Yıllık Gelir	3315	19289,82	481,89	

9. Banker, R. D., Charnes, A. ve Cooper, W.W., "Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", **Management Science**, 30, 1078-1092, 1984.
10. Baker, R.C. ve Talluri, S., "A Closer Look at The Use of Data Envelopment Analysis for Technology Selection", **Computers Ind. Engng.**, Vol 32, No 1, 101-108, 1997.
11. Yavuz, İ., **Sağlık Sektöründe Etkinlik Ölçümü**, MPM Yayınları, No 654, Ankara, 2001.
12. TCDD, **TCDD İstatistik Yıllığı**, TCDD Yayınları, Sayı 111, Ankara, 2001.