

## VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE TÜRKİYE HAVALİMANLARINDA BİR ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ UYGULAMASI

İskender PEKER  
Karadeniz Teknik Üniversitesi İşletme  
Anabilim Dalı 61080 TRABZON  
Doktora Öğrencisi  
E-mail:iskenderpeker@hotmail.com

Doç. Dr. Birdoğan Baki  
Karadeniz Teknik Üniversitesi İşletme  
Bölümü 61080 TRABZON  
E-mail: bbaki@ktu.edu.tr

### ÖZET

Bu çalışmada Veri Zarflama Analizi (VZA) yaklaşımı kullanılarak Türkiye'deki havalimanlarının 2007 yılındaki etkinliklerinin ölçülmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla girdi olarak; otopark kapasitesi, pist sayısı, havalimanı büyüklüğü ve çalışan sayısı, çıktı olarak ise; yolcu sayısı ve kargo değeri kullanılmıştır. Yapılan etkinlik analizi sonuçlarına göre; büyük havalimanlarından Ankara, Antalya, Adana, Kayseri, Trabzon ve küçük havalimanlarından Malatya ve Çardak havalimanlarının etkin oldukları gözlemlenmiştir. Daha sonra etkin olmayan havalimanlarının etkin sınıra ulaşmaları için neler yapmaları gerektiği duyarlılık analiziyle araştırılmıştır. Son olarak büyük ve küçük havalimanlarının etkinlikleri arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı t testi yardımıyla araştırılmış ve büyük olanların daha etkin oldukları sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Veri Zarflama Analizi, Türkiye Havalimanları, Etkinlik

### ABSTRACT

In this study it was aimed to measure the efficiency of Turkey's Airports by using Data Envelopment Analysis (DEA) depending on data of 2007 year. For this reason, the number of parking garage, the number of runways, size of airports and the number of employees were taken into account as inputs, the number of passengers and value of cargos were considered as outputs. According to efficiency results, Ankara, Antalya Adana, Kayseri, Trabzon airports were determined as efficient in large airport category, Malatya and Cardak airports were determined as efficient in small airport category. Later, actions that should have done in order to achieve the efficient frontier by inefficiency airport were analysed using sensitivity analysis. Finally, it was investigated that there was a significant difference or not between large and small airports in assistance with t test and found that large airports were more efficient than small airports.

**Keywords:** Data Envelopment Analysis, Turkish Airports, Efficiency

### 1. GİRİŞ

1900'lü yılların başında kendini göstermeye başlayan hava taşımacılığı, ilerleyen teknolojinin olanaklarıyla birlikte gelişmesini hızlı bir şekilde günümüze kadar sürdürmüştür. Ulusal ve uluslararası boyutta en hızlı taşımacılık hizmetini insanlığa

sunmakta olan sektör, sadece ekonomik alanda değil aynı zamanda kültürel gelişime ve küreselleşmeye olan katkısıyla da dikkat çekmektedir (Hassu, 2004, s.8). 2006 yılı itibariyle dünyadaki havacılık ve uzay piyasası 271 milyar €'luk bir hacme ulaşmış olup, bu alanda çalışan personel sayısı ise 1.320.000 kişidir. Ülkemizde ise bu sektörde çalışan kişi sayısı 4200 civarındadır (Atalan, 2008, s.44).

Havayolu şirket sayısındaki artış, havayolu taşımacılığındaki rahatlık ve zamandan tasarruf havalimanı işletmeciliğini cazip hale getirmiştir. Bu nedenle havalimanları yönetimleri “Nasıl daha iyi hizmet sunarız?” sorusuna sürekli olarak cevap aramaktadırlar. Bu soru havalimanı etkinliği kavramını da beraberinde getirmiştir. Etkinlikle ilgili olarak havalimanlarına yönelik çalışmalar incelendiğinde en çok kullanılan tekniğin Veri Zarflama Analizi (VZA) olduğu görülmüş ve bu çalışmada da havalimanlarının etkinliği VZA yöntemi ile ölçülmüştür.

Bu çalışma havalimanı yöneticilerinin “Müşterilere nasıl daha iyi hizmet sunabiliriz?” sorusuna bir cevap olmakla beraber havalimanlarının etkinliklerinin görece olarak karşılaştırılması amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla çalışmada ilk olarak havalimanlarında VZA ile ilgili yapılan çalışmaları incelemek amacıyla literatür araştırılması yapılmıştır. Araştırma metodolojisinin incelendiği bir sonraki bölümde ise ilk aşamada VZA tekniği teorik olarak anlatılmıştır. Sonraki aşamada 2007 yılı verilerine göre Türkiye Havalimanlarına VZA uygulaması yapılmış ve duyarlılık analizi ile etkin olmayan havalimanlarının etkin sınıra ulaşmaları için neler yapmaları gerektiği araştırılmıştır. Son olarak, sonuçlar özetlenmiş ve etkin olmayan havalimanlarının nasıl etkin hale getirilebileceği hususunda önerilerde bulunulmuştur.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

VZA'nın havalimanlarına uygulandığı literatür incelendiğinde pek çok çalışma göze çarpmaktadır. Bu çalışmalara baktığımızda; Schaar-Sherry (2002) çalışmalarında havalimanlarını büyük, orta ve küçük ölçekli olmak üzere üçe ayırarak girdiye yönelik VZA ile Çıktıya yönelik VZA sonuçları arasında farklılık olup olmadığını araştırmışlardır. Çıktıya yönelik VZA sonuçları büyük havalimanlarının küçük havalimanlarına oranla daha etkin olduğunu gösterirken, girdiye yönelik VZA sonuçları ise havalimanlarının etkinlikleri arasında önemli bir farklılık olmadığını göstermiştir. Oum ve diğerleri (2003) Asya Pasifik, Avrupa ve Kuzey Amerika'da bulunan 50 havalimanının Toplam Faktör Verimliliklerini (TFV) hesaplayarak büyük havalimanlarının havacılık işlemlerinden dolayı daha fazla TFV değerine sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Vasigh ve Haririran (2003) İngiltere'deki özel havalimanları ile devlete ait havalimanlarının etkinliklerini VZA- Toplam Faktör Verimliliği (TFV) yöntemiyle kıyaslayarak devlete ait havalimanlarının özel havalimanlarına oranla daha etkin oldukları sonucuna varmışlardır. Kamp ve Niemeier (2005) Alman havalimanlarının etkinlik ölçümünde VZA-Malmquist yöntemiyle 17 Alman havalimanının 1998-2002 yılları arasındaki etkinliklerini test ederek havalimanlarının 2001 yılında en düşük etkinlik değerlerine sahip olduklarını belirtmişlerdir. Barros ve diğerleri (2008) Japon havalimanlarının 1987-2005 yılları arasındaki etkinliklerini

Tablo 1: Havalimanlarında Uygulanan VZA Çalışmaları

YAZAR ADI	YÖNTEM	ÖRNEKLEM	GİRDİLER	ÇIKTILAR
Gillen, D. Lall, A., 1997	VZA-BCC-Tobit Model	21 Amerikan Havalimanı	✓ Pist sayısı ✓ Giriş sayısı ✓ Uçuş alanı sayısı ✓ Bagaj toplama kemeri sayısı ✓ Park yeri sayısı ✓ Terminal Alanı	✓ Yolcu sayısı ✓ Kargo değeri
Düzakın, E Güçray, A., 2001	VZA-BCC-CCR-Çapraz Etkinlik Model	39 Türkiye Havalimanı	✓ Pist sayısı ✓ Çalışan sayısı ✓ Taşınabilir yolcu kapasitesi	✓ İşletme geliri ✓ Yolcu sayısı ✓ Kargo değeri
Gillen, D. Lall, A., 2001	VZA-Malmquist Model	22 büyük ABD Havalimanı	✓ Pist sayısı ✓ Giriş sayısı ✓ Uçuş alanı sayısı ✓ Bagaj toplama kemeri sayısı ✓ Park yeri sayısı	✓ Yolcu sayısı ✓ Kargo değeri
Adler, N. Berechman, J., 2001	VZA-CCR-BCC Model	26 Batı Avrupa, Kuzey Amerika, Uzak Doğu Havalimanı	✓ Pist sayısı ✓ Giriş sayısı ✓ Çalışan sayısı ✓ Bagaj toplama kemer sayısı ✓ Park yeri sayısı	✓ Yolcu sayısı ✓ Kargo sayısı
Carlsson, F., 2002	VZA-BCC-CCR Model	19 İsveç Havalimanı	✓ Havalimanı büyüklüğü ✓ Pist sayısı ✓ Park yeri sayısı ✓ Gişe sayısı ✓ Terminal sahası	✓ Yolcu sayısı ✓ Kargo değeri
Fethi., M. D. Peter, M. Jackson, T.G., 2003	VZA- Tobit Model	17 Avrupa Havalimanı	✓ İşletme maliyeti ✓ Uçuş dışı gelirler	✓ Yolcu gelirleri ✓ Yolcu harici gelirler
Kamp, V., 2005	VZA-Stokastik Sınır Analizi (SSA) Model	16 Alman Havalimanı	✓ Gişe sayısı ✓ Giriş sayısı ✓ Havalimanı büyüklüğü ✓ Pist sayısı ✓ Park yeri sayısı	✓ Yolcu sayısı
Lin, L.C. Hong, C.H., 2006	VZA- BCC- CCR-Çapraz Etkinlik Model	20 Büyük Havalimanı	✓ Çalışan sayısı ✓ Gişe sayısı ✓ Pist sayısı ✓ Bagaj toplama kemeri sayısı ✓ Apron sayısı ✓ Terminal alanı	✓ Yolcu sayısı ✓ Kargo değeri
Eichinger, E., 2006	VZA-BCC Model	18 Brezilya Havalimanı	✓ Pist sayısı ✓ Giriş sayısı ✓ Terminal alanı	✓ Yolcu sayısı
Malighetti, P. Gianmaria, M. Paleari, S. Renato, R., 2007	VZA-CCR-BCC Model	27 İtalya Havalimanı	✓ Tüm alan ✓ Pist uzunluğu ✓ Park etmiş uçak sayısı ✓ Vezne sayısı	✓ Yıllık uçak hareketleri ✓ Yıllık yolcu sayısı
Barros, P.C. Dieke, P.U.C., 2007	VZA-CCR-BCC Model	31 İtalya Havalimanı	✓ İşçilik maliyetleri ✓ Sermaye yatırımları ✓ İşletme maliyetleri (işçilik hariç)	✓ Yolcu sayısı ✓ Kargo sayısı ✓ İdari, ticari ve havacılık makbuzları
Barros., P.C., 2008	VZA-CCR-BCC Model	27 İngiltere Havalimanı	✓ Çalışan sayısı	✓ Yolcu sayısı
Malighetti, P. Gianmaria, M. Paleari, S. Renato, R., 2008	VZA- Tobit Model	57 Avrupa Havalimanı	✓ Havalimanı büyüklüğü ✓ Pist sayısı ✓ Park yeri sayısı ✓ Gişe sayısı ✓ Terminal sahası	✓ Yolcu sayısı ✓ Kargo değeri

Stokastik Sınır Analizi (SSA) yöntemiyle ölçmüşlerdir. Yazarlar havalimanlarının homojen olmadıkları yani büyük ve küçük havalimanları şeklinde bölümlendirilmesi gerektiği sonucuna varmışlardır. Oum ve diğerleri (2008) çalışmalarında girdiye yönelik VZA, çıktıya yönelik VZA ve çapraz etkinlik modellerini kıyasladığı görülmektedir. Literatür taraması sırasında Türkiye'deki havalimanlarının performanslarını VZA yöntemi ile ölçen tek çalışmanın Düzakın ve Güçray (2001) olduğu görülmüştür. Yazarlar Atatürk, Antalya ve Kayseri havalimanlarının etkin olduğunu tespit ederek özelleştirme kapsamında potansiyel alıcılar için havalimanlarının yeniden düzenlenmesi gerekliliğinden bahsetmişlerdir. Düzakın ve Güçray (2001)'in çalışmasından farklı olarak, mevcut çalışmada Barros ve diğerleri (2008)'nin ifade ettiği gibi havalimanları büyük ve küçük olmak üzere iki gruba ayrılarak analiz edilmiştir. Hangi çalışmada hangi yöntemden yararlanılıp ne tür girdi ve çıktılar kullanıldığını gösteren diğer VZA uygulamaları ise Tablo 1'de özetlenmiştir.

### **3.ARAŞTIRMANIN METODOLOJİSİ**

#### **3.1. Araştırmanın Amacı**

Ülkemizdeki havalimanlarının etkinliğini ölçmek bu çalışmanın temel amacıdır. Diğer amaçlarını ise şöyle sıralayabiliriz:

- Duyarlılık analizi yardımıyla etkin sınıra ulaşmak için girdilerin ne ölçüde azaltılmaları veya çıktılarının ne ölçüde artırılmaları gerektiğini tespit etmek,
- Büyük ve küçük havalimanlarının etkinlik düzeyleri arasında farklılığın olup olmadığını ortaya koymak,
- Müşterilerine iyi hizmet sunabilmesi konusunda havalimanı yöneticilerine ve konuyla ilgilenen araştırmacılara ışık tutmak.

#### **3.2. Veri Zarflama Analizi ve t Testi**

Veri Zarflama Analizi (VZA), benzer mal ve hizmet üreten ekonomik karar birimlerinin görelî etkinliklerinin ölçülmesi amacı ile geliştirilmiş doğrusal programlama esaslı bir yöntemdir. VZA modelleri ile aynı girdi ve çıktıya sahip karar birimlerinin karşılaştırılmalı ölçümü yapılabilir. Her bir karar birimi için oluşturulan doğrusal programlama modelinin çözümü sonucunda amaç fonksiyonu 1'e eşit olan karar birimleri "etkin" olarak belirlenirken, amaç fonksiyonu 1'den düşük olanlar ise "etkin olmayan" karar birimleri olarak nitelendirilirler. Daha sonra etkin olmayan karar birimleri etkin olan karar birimlerinden görelî olarak en uygun olanına benzetilmeye çalışılır ve böylece etkin olmayan her birim etkin hale gelmiş olur (Banker, 1992, s.74).

VZA modelleri "girdiye yönelik" ve "çıktıya yönelik" olmak üzere iki grupta incelenebilir. Girdiye ve çıktıya yönelik VZA modelleri temelde birbirlerine çok benzemekle beraber girdiye yönelik VZA modelleri; belirli bir çıktı bileşimini en etkin şekilde üretebilmek amacıyla kullanılacak en uygun girdi bileşiminin nasıl olması gerektiğini araştırırken, çıktıya yönelik VZA modelleri ise; belirli bir girdi bileşimi ile

en fazla ne kadar çıktı bileşimi elde edilebileceğini araştırmaktadır (Charnes vd, 1981, s. 669).

VZA ilk olarak 1978 yılında Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından CCR modeli olarak tanımlanmıştır. Bu modelin temel varsayımı, ölçeğe göre sabit getiri (Constant Returns to Scale: CRS) altında karar birimlerinin etkinliğini ölçmek olup, Doğrusal Programlama biçiminde aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$\text{Max } h_k = \sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk}$$

Kısıt

$$\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij} \leq 0 \quad j=1,2,\dots,n \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik} = 1 \quad u_{rk} \geq \varepsilon \quad r=1,2,\dots,s \quad v_{ik} \geq \varepsilon \quad i=1,2,\dots,m$$

$h_k$  : k karar biriminin etkinliği

$u_{rk}$  : k karar biriminin r çıktıları için ağırlığı

$v_{ik}$  : k karar biriminin i girdileri için ağırlığı

$Y_{rk}$  : k karar biriminin r. çıktı değeri

$X_{ik}$  : k karar biriminin i. girdi değeri

$Y_{rj}$  : j karar biriminin r. çıktı değeri

$X_{ij}$  : j karar birimini i. girdi değeri

$\varepsilon$  : sıfıra çok yakın bir sayı (örneğin 0,0001)

r : s tane farklı çıktı

i : m tane farklı girdi

j : n tane farklı karar birimi

Yukarıdaki modelden hareketle 1984 yılında Banker, Charnes ve Cooper ölçeğe göre değişken getiri (Variable Returns to Scale:VRS) varsayımı altında girdiye yönelik BCR modelini geliştirmişlerdir. Modeldeki  $u_0$  değişkenin pozitif olması karar biriminin ölçeğe göre azalan getiri, negatif olması ölçeğe göre artan getiri ve sıfır olması ölçeğe göre sabit getiri durumunu ifade etmektedir. Sonuçta girdiye yönelik ağırlıklı BCR-VZA modeli Doğrusal Programlama biçiminde aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$\text{Max } h_k = \sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk} - u_0$$

Kısıt

$$\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj} - u_0 - \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij} \leq 0 \quad j=1,2,\dots,n \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik} = 1 \quad u_{rk} \geq \varepsilon \quad r=1,2,\dots,s \quad v_{ik} \geq \varepsilon \quad i=1,2,\dots,m$$

CCR modeli, ölçeğe göre sabit getiri (CRS) varsayımına dayalı olarak toplam etkinliği ölçerken; BCR modeli, ölçeğe göre değişken getiri (VRS) varsayımına dayalı olarak benzer ölçekteki birimleri birbiriyle kıyaslayarak sadece teknik etkinliği ölçmektedir (Cingi ve Tarım, 2000, s.8). Yani, etkinlik E ile gösterilirse  $E_{CCR} = E_{ölçek} * E_{BCC}$  şeklinde ifade edilebilir.

Bağımsız iki örnek t testi (Independent-Samples t test) ; iki örneklem grubu arasında ortalamalar açısından fark olup olmadığının araştırılmasında kullanılır. Çalışmada yolcu sayısına göre büyük ve küçük havalimanları olarak iki örneklem grubuna ayrılan havalimanlarının etkinlikleri arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığının araştırılmasında bu testten yararlanılmıştır.

### 3.3. Uygulama

VZA'nın uygulanabilmesi için sırasıyla, karar birimlerinin seçilmesi, girdi ve çıktıların belirlenmesi, etkinlik değerlerinin bulunması ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, havalimanlarını büyük ve küçük havalimanları olarak ayırmanın ne derece anlamlı olduğunu tespit etmek amacıyla araştırma hipotezi kurularak t testi yapılmıştır.

#### 3.3.1. Karar Birimlerinin Seçilmesi

VZA uygulamalarında ilk aşama, aralarında etkinlik kıyaslaması yapabilmek amacıyla aynı kararların uygulandığı ve benzer kollarında faaliyet gösterme özelliğine sahip karar birimlerinin seçilmesidir. Karar birimlerinin seçilmesinde çalışmada kullanılacak olan doğrusal programlama modelinin gerektirdiği kısıt; araştırma kapsamına alınan karar birimi sayısının, toplam değişken sayısının en az iki katı olması gerektiğidir (Bousofiane vd, 1991, s.8).

Türkiye'de toplam 37 havalimanı olup, bunlara ilişkin veriler Ek-1'de sunulmuştur. Çalışmada veri setinin homojenliğini sağlamak amacıyla havalimanları yıllık yolcu sayısı 500.000'in üzerinde (14 adet) ve yıllık yolcu sayısı 500.000'in altında (23 adet) olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Karar birimleri Devlet Hava Meydanları Genel Müdürlüğü'nün Internet sitesinde ([www.dhmi.gov.tr](http://www.dhmi.gov.tr)) yer alan 2007 yılına ait bilgilerden edinilerek Tablo 2'deki gibi oluşturulmuştur.

Tablo 2: Uygulamada Kullanılan Karar Birimleri

Yıllık Yolcu Sayısı> 500.000 (Büyük Havalimanları)	Yıllık Yolcu sayısı<500.000 (Küçük Havalimanları)
Istanbul Atatürk Antalya İzmir Adnan Menderes Ankara Esenboğa Muğla Dalaman M.Bodrum Adana Trabzon Diyarbakır Gaziantep Kayseri Erzurum Van Ferit Melen Samsun Çarşamba	Adıyaman Ağrı Bursa Yenişehir Balıkesir Çanakkale Denizli Çardak Çorlu Elazığ Erzincan K.Maraş Kars Konya Körfez Malatya Mardin Muş Nevşehir Kapadokya Isparta S.Demirel Siirt Sivas Ş.Urfa Tokat Uşak

### 3.3.2. Girdi ve Çıktıların Belirlenmesi

VZA yöntemi kullanılarak yapılan etkinlik analizlerinde, karar birimlerinin kullandığı girdileri ve ürettiği çıktıları belirlemek çok önemlidir. Çünkü seçilen girdi ve çıktıların değiştirilmesi, etkinlik sonuçlarının farklılaşmasına neden olmaktadır. Çalışmada havalimanı yönetimlerinin çıktıları yönlendirme imkânları olmadığı dikkate alınarak girdiye yönelik VZA yöntemi kullanılacak olup amaç; aynı çıktı seviyesinin mümkün olan en düşük girdi seviyesi ile elde edilmesi olacaktır. Uygulamanın girdi ve çıktıları literatürde en sık kullanılan girdi ve çıktılarıdır ve Tablo 3'te görülmektedir. Tablo 4'de ise karar birimlerinin verilerine ait özet bilgiler yer almaktadır.

Tablo 3: Girdi ve Çıktıların Açıklanması

GİRDİLER	AÇIKLAMA
1. Otopark Kapasitesi	Park edilebilir araç sayısı (adet)
2. Pist Sayısı	Havalimanında yer alan toplam pist sayısı (adet)
3. Havalimanı Büyüklüğü	Havalimanının kapladığı alan (m <sup>2</sup> )
4.Çalışan Sayısı	Havalimanında çalışmakta olan personel sayısı (kişi)
ÇIKTI	AÇIKLAMA
1. Yolcu Sayısı	Havalimanından uçuş yapmış yıllık toplam yolcu sayısı (kişi)
2.Kargo Değeri	Havalimanından taşınan yıllık kargo değeri (TL)

Tablo 4: Türk Havalimanları için Tanımlayıcı İstatistikler

Hesaplamalar	GİRDİLER				ÇIKTILAR	
	Otopark Kapasitesi	Pist Sayısı	Havalimanı Büyüklüğü	Çalışan Sayısı	Yolcu Sayısı	Kargo Değeri
Ortalama	682	1	10.012	211	1.975.261	39.110
Standart sapma	1.531	1	23.776	277	5.190.409	132.209
Minimum	20	1	144	31	1.431	27
Maksimum	7.866	3	125.634	1.204	25.540.245	734.820

### 3.3.3.Etkinlik Değerlerinin Bulunması

Efficiency Measurement System Version 3.1 (EMS 3.1) ([www.wiso.uni-dortmund.de/lsfg/or/scheel/ems/](http://www.wiso.uni-dortmund.de/lsfg/or/scheel/ems/)) programı kullanılarak büyük ve küçük havalimanları için girdiye yönelik etkinlik değerleri Tablo 5 ve Tablo 6'daki gibi hesaplanmıştır.

Tablo 5: Büyük Havalimanlarına Ait Etkinlik Değerleri

Büyük Havalimanları			
HAVAALANLARI/HAVALİMANLARI	CCR	BCC	ÖLÇEK ETKİNLİĞİ (CCR/BCC)
İstanbul Atatürk	1,00	1,00	1,00
Antalya	1,00	1,00	1,00
Adana	1,00	1,00	1,00
Trabzon	1,00	1,00	1,00
Kayseri	1,00	1,00	1,00
Ankara Esenboğa	0,89	1,00	0,89
Van Ferit Melen	0,83	0,86	0,97
Diyarbakır	0,83	0,85	0,98
Gaziantep	0,74	0,83	0,89
Milas Bodrum	0,65	0,80	0,81
Samsun Çarşamba	0,65	0,71	0,92
Erzurum	0,64	0,72	0,89
İzmir Adnan Menderes	0,44	0,50	0,88
Muğla Dalaman	0,25	0,30	0,83



Tablo 6: Küçük Havalimanlarına Ait Etkinlik Değerleri

<b>Küçük Havalimanları</b>			
Malatya	1,00	1,00	1,00
Denizli Çardak	1,00	1,00	1,00
Bursa Yenişehir	0,87	1,00	0,87
Çorlu	0,83	0,85	0,98
Mardin	0,80	1,00	0,80
Çanakkale	0,66	0,73	0,90
Sivas	0,61	0,70	0,87
Ş. Urfa	0,60	0,71	0,85
Elazığ	0,54	0,65	0,83
Konya	0,40	0,56	0,71
Tokat	0,33	0,37	0,89
Kars	0,27	0,27	1,00
Ağrı	0,26	0,33	0,79
Erzincan	0,25	0,27	0,93
K.Maraş	0,23	0,34	0,68
Adıyaman	0,22	0,26	0,85
Muş	0,17	0,21	0,81
Uşak	0,16	0,20	0,80
Körfez	0,15	0,24	0,63
Siirt	0,15	0,18	0,83
Nevşehir Kapadokya	0,14	0,14	1,00
Balıkesir	0,13	0,16	0,81
Isparta S.Demirel	0,13	0,13	1,00

CCR modelleri ile toplam etkinlik değerleri hesaplanırken, BCC modelleri ile teknik etkinlik hesaplanır. Teknik olarak etkin bir karar biriminin ölçekten kaynaklanan bir etkisizliği varsa toplamda da etkin olamamaktadır. Tablo 5’de büyük havalimanlarından İstanbul Atatürk, Antalya, Adana, Trabzon, Kayseri havalimanlarının etkin olduğu görülmektedir. Düzakın ve Güçray (2001) da yapmış oldukları çalışmada İstanbul Atatürk, Antalya, Kayseri havalimanlarını etkin havalimanları olarak tespit etmişlerdir. Ankara Esenboğa havalimanının teknik etkin olduğu buna karşın uygun ölçekte çalışmamasından kaynaklanan bir ölçek etkisizliği belirlenmiştir. Ankara Esenboğa havalimanı sadece ölçegini artırarak etkin duruma gelebilir. Diğer büyük havalimanlarının ise teknik olarak etkin olmadıkları gibi uygun ölçekte çalışmadıkları da elde edilen sonuçlardan anlaşılmaktadır. Küçük havalimanlarından Malatya ve Denizli Çardak havalimanlarının etkin havalimanlarıdır. Bursa Yenişehir ve Mardin havalimanlarının teknik olarak etkin olmasına karşın uygun ölçekte çalışmamasından kaynaklanan bir etkisizliği söz konusudur. Nevşehir Kapadokya ve Isparta Süleyman Demirel havalimanlarının ise uygun ölçekte çalıştığı fakat teknik olarak etkin olmadığı yani kaynaklarını etkin kullanmadığı anlaşılmaktadır.

### 3.3.4 Duyarlılık Analizi

Tablo 7: Büyük ve Küçük Havalimanlarına Ait Duyarlılık Sonuçları

Büyük Havalimanları						
HAVALANLARI/ HAVALIMANLARI	Girdi				Çıktı	
	OTOPARK KAPASİTESİ	PİST SAYISI	HAVALİMANI BÜYÜKLÜĞÜ	ÇALIŞAN SAYISI	YOLCU SAYISI	KARGO DEĞERİ
Istanbul Atatürk						
Antalya						
Adana						
Trabzon						
Kayseri						
Ankara Esenboğa	14,15			13,65		5,37
Van Ferit Melen		0,43				89,19
Diyarbakır		0,35				54,30
Gaziantep		0,16				37,16
M.Bodrum				37,48		37,17
Samsun Çarşamba	20,12		29,60			11,14
Erzurum		0,30	15,25	22,42		25,20
İzmir Adnan Menderes	36,69			29,85		70,81
Muğla Dalaman	71,20	0,01	88,83		0,01	17,60
Küçük Havalimanları						
Malatya						
Denizli Çardak						
Bursa Yenişehir	3,89				22,13	
Çorlu	5,40			25,24	12,16	
Mardin		0,26		5,89		39,91
Çanakkale	17,66	0,30		27,88		5,26
Sivas		0,36	53,86	62,31		
Ş.Urfa		0,38	65,71			74,22
Elazığ	34,26	0,23		45,97	90,00	
Konya	57,81	0,25	61,80			59,88
Tokat	21,68	0,21		9,40		28,10
Kars	0,81		71,10	11,41		89,20
Ağrı	7,27	0,15		11,12		57,33
Erzincan	35,40	0,10		9,06	85,55	
K.Maraş		0,12		12,80		47,44
Adıyaman	4,38	0,09		4,93		23,95
Muş		0,22		27,22		47,96
Uşak				7,25		3,89
Körfez	1,57	0,10		9,92		25,41
Siirt		0,12	21,26	7,57	37,83	
Nevşehir Kapadokya	40,72		27,68	12,90		25,97
Balıkesir		0,02	3,35	2,63	76,51	
Isparta S.Demirel	0,51		39,71	4,85		11,74

Tablo 7’de etkin olmayan karar birimlerine ait duyarlılık sonuçları verilmiştir. Duyarlılık sonuçları havalimanlarının etkin sınıra ulaşabilmeleri için girdi değerlerini ne kadar azaltıp çıktı değerlerini ne kadar artırmaları gerektiğini göstermektedir. Boş olan satırlar etkin sınırdaki havalimanlarını gösterirken diğer satırlar etkin olmayan havalimanlarını ifade etmektedir. Ankara Esenboğa havalimanlarının etkinlik değeri; 0,89, otopark kapasitesine ait aylak değer; 14,15 ve çalışan sayısına ait aylak değer ise 13,65 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda eğer Ankara Esenboğa havalimanındaki pist sayısı ve havalimanı büyüklüğü değerleri 1,12 (1/0,89) oranında azaltılır ve buna ilaveten otopark kapasitesi 14,15 adet ve çalışan sayısı da 13,65 adet azaltılırsa havalimanının etkinliği 1’e eşit olacaktır.

### 3.3.5. Hipotez Kurulması ve t Testi Bulguları

Çalışmada yıllık yolcu sayısına göre belirlenen büyük ve küçük havalimanlarının BCC, CCR ve ölçek etkinliği değerlerine göre etkinlikleri arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı araştırılmaktadır. Malighetti vd (2007) ve Lin ve Hong (2006) çalışmalarında etkinlikler arasında farklılık olup olmadığını araştırma hipotezleri kurarak belirlemişlerdir. Bu bağlamda çalışmamızdaki araştırma hipotezi aşağıdaki gibi kurulmuştur.

H<sub>0</sub>: Büyük ve Küçük havalimanlarının etkinlikleri arasında 0,05 anlamlılık düzeyinde anlamlı bir farklılık yoktur.

H<sub>1</sub>: Büyük ve Küçük havalimanlarının etkinlikleri arasında 0,05 anlamlılık düzeyinde anlamlı bir farklılık vardır.

Tablo 8: Tanımlayıcı İstatistikler

Model	Havalimanları	Örnek Büyüklüğü	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata
CCR	Büyük Havalimanları	14	0,783	0,232	0,062
	Küçük Havalimanları	23	0,430	0,302	0,063
BCC	Büyük Havalimanları	14	0,826	0,213	0,057
	Küçük Havalimanları	23	0,491	0,319	0,067
ÖLÇEK ETKİNLİĞİ	Büyük Havalimanları	14	0,933	0,068	0,018
	Küçük Havalimanları	23	0,853	0,113	0,024

CCR modeline göre büyük olanların etkinlik ortalaması 0,783 iken, küçük olanların etkinlik ortalaması 0,430’dur. Öte yandan, büyük havalimanlarından 8, küçük havalimanlarından ise 9 tanesi ortalamanın üzerindedir. BCC modeline göre, büyük olanların 0,826 küçük olanların ise 0,491 ortalama etkinlik değerine sahip olduğu görülmektedir. Bir başka ifadeyle, büyük havalimanlarından 9, küçük havalimanlarından ise 10 tanesi ortalamanın üzerindedir. Ölçek etkinliği tekniği

değerlerine bakıldığında ise, büyük ve küçük havalimanlarının sırasıyla 0,933 ve 0,853 etkinlik ortalamasına sahip olduğu Tablo 8’de görülmektedir.

Tablo 9: One-Sample Kolmogorov-Smirnov Testi

		BÜYÜK HAVALİMANLARI		KÜÇÜK HAVALİMANLARI	
		BCC	CCR	BCC	CCR
Örnek Hacmi		14	14	23	23
Normal Parametreler	Ortalama	,7800	,8264	,4304	,4913
	Standart Sapma	,23380	,21335	,30226	,31944
Farklılık Değerleri	Mutlak Değer	,184	,221	,224	,213
	Pozitif	,173	,208	,224	,213
	Negatif	-,184	-,221	-,160	-,129
Çarpıklık Değerleri		-,987	-1,405	,720	,530
Basıklık Değerleri		,464	1,706	-,961	-1,369
Kolmogorov-Smirnov Z		,688	,825	1,074	1,022
Çift Yönlü Önem Testi Sonuçları		,732	,503	,199	,247

Tablo 9’deki One-Sample Kolmogorov-Smirnov Testi sonuçlarına bakıldığında verilerin normal dağıldığı, çarpıklık ve basıklık değerlerinin normal kabul edilen sınırlar içerisinde olduğu görülmektedir.

Tablo 10: T testi Sonuçları

Model	Levene Testi		T Değeri	Serbestlik Derecesi	Anlamlılık Düzeyi (P <sub>2</sub> )
	F Değeri	Anlamlılık Düzeyi (P <sub>1</sub> )			
CCR	3,079	0,88	3,735	35,000	0,010
BCC	8,222	0,07	3,822	34,607	0,010

Tablo 10’deki Levene testi sonuçlarına göre,  $P_1 \geq 0,05$  olduğundan iki grup varyanslarının eşit olduğu anlaşılmaktadır. Kullanılan verilerin normal dağılması, sürekli olmaları ve grup varyanslarının eşit olmaları sebebiyle parametrik bir test olan bağımsız iki örnek t testinden (Independent-Samples t test) yararlanılmış ve tablo 10’deki sonuçlar elde edilmiştir. Her iki model için büyük ve küçük havalimanlarının etkinlikleri arasında t testi sonuçlarına göre 0,95 güven aralığında anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir ( $P_2 < 0,05$ ). Diğer bir ifadeyle, BBC ve CCR modelleri için “Büyük ve küçük havalimanlarının etkinlikleri arasında 0,05 anlamlılık düzeyinde anlamlı bir farklılık vardır” yönünde geliştirilen araştırma hipotezi kabul edilmektedir.

#### 4.SONUÇ VE ÖNERİLER

Küreselleşmenin ve ulaşım teknolojilerinde meydana gelen gelişmelerin beraberinde getirdiği yoğun rekabet ortamı her alanda olduğu gibi havalimanlarının da etkinliğinin artırılmasını zorunlu kılmaktadır. Havalimanı yöneticilerinin temel amacı ellerindeki kıt kaynakları en etkin şekilde kullanarak maksimum faydayı elde etmektir. İlgili çalışma, havalimanlarımızın yöneticilerinin bu amacına hizmet etmek ve literatürde bu alandaki boşluğu doldurmak amacıyla yapılmıştır. Havalimanlarının etkinliğinin ölçülmesinde literatür gözden geçirildiğinde en yaygın kullanım alanına sahip olan tekniğin VZA olduğu görülmektedir. Bu bilgiler ışığında, çalışmada havalimanlarının etkinlikleri VZA tekniği kullanılarak ölçülmüştür.

Çalışmada veriler Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü'nün Internet sitesinden ([www.dhmi.gov.tr](http://www.dhmi.gov.tr)) elde edilmiştir. Daha sonra veri setinin homojenliğini sağlamak amacıyla, havalimanları yıllık yolcu sayısı 500.000 üzerinde olanlar (büyük) ve 500.000'in altında olanlar (küçük) olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Havalimanlarında yapılan uygulamalar incelenip en sık kullanılan girdi ve çıktılar belirlenmiştir. Girdiye yönelik VZA tekniğinden yararlanılarak aynı çıktı seviyesinin minimum girdi ile elde etmek hedeflenmiştir.

VZA sonuçlarına göre, 14 adet büyük havalimanından 5 tanesi (Atatürk, Antalya, Adana, Trabzon ve Kayseri); 23 adet küçük havalimanından ise 2 tanesi (Malatya ve Denizli Çardak) etkin havalimanları olmuşlardır. Söz konusu bölgelerde turizm, sanayi ve iş akışının yoğun olması bu havalimanlarının etkin olmasında önemli rol oynayabilir. Ölçek etkinliği ortalama değerlerine bakıldığında büyük havalimanlarının 0,95, küçük havalimanlarının ise 0,83 ortalama ölçek etkinliğe sahip oldukları görülmektedir. Bu sonuçlardan hareketle havalimanlarının uygun ölçekte çalışmaları/çalışmadıkları söylenebilir. Çalışmada girdiye yönelik VZA tekniği kullanıldığı için, etkin olmayan havalimanlarının etkin olan havalimanlarını temel alarak girdilerini azaltmaları gerekmektedir. Bu bağlamda örneğin Diyarbakır Havalimanı; otopark kapasitesini, havalimanı büyüklüğünü ve çalışan sayısını 1,20 (1/0,83) oranında azaltıp bununla birlikte pist sayısını 0,35 adet azaltarak kargo değerini 54,30 TL artırırsa etkin sınıra ulaşabilecektir. Çıktıya yönelik ise havalimanları yönetimleri havayolu şirketlerinin yöneticileriyle görüşerek; hava ulaşımının güvenilirliğinin artırılması, reklâm kampanyaları düzenlenmesi, promosyonlu satışlara yönelmesi ve özellikle küçük şehirlere olan direk hat sayısını artırması gerekmektedir. Havalimanlarının etkinliğinin artırılmasına yönelik verilebilecek devlet desteği ise vergi oranlarının düşürülmesidir. t testi sonuçlarında ise, büyük ve küçük havalimanlarının etkinlikleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Malighetti vd (2007) ve Lin ve Hong (2006) çalışmalarında benzer şekilde büyük ve küçük havaalanlarının etkinlikleri arasında farklılık olduğunu tespit etmişlerdir.

Gelecekteki çalışmalarda tüm havalimanlarının etkinliklerindeki değişim yıllık periyotlar itibariyle (Malmquist yöntem ile) hesaplanabilir ve yabancı ülke havalimanlarıyla kıyaslanması yapılabilir.

## KAYNAKÇA

- ADLER, N. ve BERECHMAN, J. (2001). "Measuring Airport Quality from The Airlines: An Application of Data Envelopment Analysis", **Transport Policy**, Vol. 8, Issue 3, pp.171–181.
- ATALAN, H. (2008), "Avrupa Havacılık Endüstrisi ve Türkiye", **Türk Aviation Aylık Havacılık Dergisi**, Sayı:1, s.44-45.
- BANKER, R. D. (1992). "Estimation of Returns to Scale Using Data Envelopment Analysis", **European Journal of Operational Research**, Vol. 62, Issue 1, pp. 74-84.
- BARROS, P. C. ve DIEKE, P. U.C. (2007). "Performance Evaluation of Italian Airports: A Data Envelopment Analysis", **Journal of Air Transport Management**, Vol. 13, Issue 4, pp. 184–191.
- BARROS, P. C. (2008). "The Technical Efficiency of UK Airports", **Journal of Air Transport Management**, Vol. 14, No. 4, pp.175-178.
- BARROS, P. C., MANAGI, S. ve YOSHIDA, Y. (2008). "Technical Efficiency, Regulation, and Heterogeneity in Japanese Airports", **Technical University of Lisbon, School of Economics and Management, Department of Economics Working Papers**, pp. 1–20.
- BOUSSOFIANE, A., DYSON, R. ve RHODES, E. (1991). "Applied Data Envelopment Analysis", **European Journal of Operational Research**, Vol. 52, No. 1, pp. 1-15.
- CARLSSON, F. (2002). "Airport Marginal Cost Pricing: Discussion and an Application to Swedish Airports" **Goteborg University, School of Business, Economics and Law, Department of Economics Working Papers in Economics**, No. 85, pp. 1-21.
- CHARNES A., COOPER W., ve RHODES E., (1981). "Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through", **Management Science** Vol. 27 No.6, pp. 668-697.
- ÇİNGİ, S. ve TARIM, Ş.A. (2000). "Türk Banka Sisteminde Performans Ölçümü: DEA Malmquist TFB Endeksi Uygulaması", **Türkiye Bankalar Birliği Tebliğler Serisi**, Sayı: 01
- DÜZAKIN, E. ve GÜÇRAY, A. (2001). "An Analysis of the Efficiency of Airports in Turkey", **Forty Three Conference Handbook Operational Research Society Annual Conference 4-6 September The University of Bath**.
- EICHINGER, E. (2006). "Operating Conditions and Performance of Brazilian Airports", **5<sup>th</sup> Conference on Applied Infrastructure Research, Berlin, 6-7 October**, pp.1-34.
- FETHİ, M.D., PETER, M. ve JACKSON T., G. (2003). "Measuring the Efficiency of European Airlines: An Application of DEA and Tobit Analysis", **University of Leicester, Leicester**, pp. 1–32.
- GILLEN, D. ve LALL, A. (1997). "Airport Performance Measurement: Data Envelopment Analysis and Frontier Production Functions," **Transportation Research E: Logistics and Transportation Review**, Vol. 33, No. 4, pp.261-273.
- GILLEN, D. ve LALL, A. (2001). "Non-Parametric Measures of Efficiency of US Airports," **International Journal of Transport Economics**, Vol. 28, No. 3, pp.283–306.

- HASSU, M. (2004). “Rekabet Hukuku ve Hava Taşımacılık Sektörü”, **Rekabet Kurumu Uzmanlık Tezi, Ankara.**
- KAMP, V. ve NIEMEIER, H.M. (2005). “Can We Learn from Benchmarking Studies of Airports and Where Do We Want to Go From Here”, **University of Applied Sciences Bremen, Department of Nautical Sciences and International Economics, Berlin School of Economics, Working Paper** No. 28, pp.1-45.
- KAMP, V. (2005). “Airport Benchmarking – A Review of The Current Situation” **Benchmarking:Airport Research**, Vol. 12, No. 2, pp.99–111.
- LIN, L.C. ve HONG, C.H. (2006). “Operational Performance Evaluation of International Major Airports: An Application of Data Envelopment Analysis”, **Journal of Air Transport Management**, Vol. 12, No. 6, pp. 342–351.
- MALIGHETTI, P., GIANMARIA, M.PALEARI, S. ve RENATO, R. (2007). “Efficiency in Italian Airports: The Implication for Regulation” **University of Bergamo**. <http://www.unibg.it/dati/bacheca/530/23833.pdf>
- MALIGHETTI, P., GIANMARIA, M.PALEARI, S. ve RENATO, R. (2008). “The Efficiency of European Airports: Do The Importance In the EU Network And The Intensity of Competition Matter?”, **University of Bergamo, Department of Economics and Technology Management Working Paper** No.4, pp. 1-27.
- OUM, T. H., YU, C. ve FU, X. (2003). “A Comparative Analysis of Productivity Performance of the World’s Major Airports: Summary of the ATRS Global Airport Benchmarking Research Report-2002”, **Journal of Air Transport Management**, Vol. 9, Issue. 5, pp. 285-297.
- OUM, H. T., YAMAGUCHI, K. ve YOSHIDA, Y. (2008). “Efficiency Measurement Theory and its Application to Airport Benchmarking”, **GRIPS Policy Information Center**, Vol. 5, No. 8, pp.7–13.
- SCHAAR, D.ve SHERRY, L. (2002). “Comparison of Data Envelopment Analysis Methods Used in Airport Benchmarking”, **3<sup>rd</sup> International Conference on Research in Air Transportation, June 1-4, Virginia, USA**, pp.1-8.
- VASIGH, B. ve HARIRIAN, M. (2003). “An Empirical Investigation of Financial and Operational Efficiency of Private Versus Public Airports”, **Journal of Air Transportation**, Vol. 8, No.1, pp. 91–111.
- [www.dhmi.gov.tr](http://www.dhmi.gov.tr) erişim tarihi 20.12.2008
- [www.wiso.uni-dortmund.de/lsfg/or/scheel/ems/](http://www.wiso.uni-dortmund.de/lsfg/or/scheel/ems/) erişim tarihi 20.12.2008

**EK-1: Havaalanlarına Ait Veriler** (www.dhmi.gov.tr)

HAVAALANLARI	GİRDİLER				ÇIKTILAR	
	OTOPARK KAPASİTESİ	PİST SAYISI	HAVALİMANI BÜYÜKLÜĞÜ	ÇALIŞAN SAYISI	YOLCU SAYISI	KARGO DEĞERİ
ATATÜRK	7866	3	125.634	928	25.540.245	734.820
ANTALYA	2051	3	52.360	560	19.163.792	360.346
İZMİR ADNAN MENDERES	3426	2	37.352	675	5.828.312	73.834
ANKARA ESENBOĞA	4317	2	50.000	1204	5.410.234	75.353
MUĞLA DALAMAN	1605	2	36.219	363	3.210.276	40.947
M.BODRUM	680	1	11.186	299	2.834.663	35.103
ADANA	1050	1	5.355	375	2.450.340	34.720
TRABZON	238	1	3.253	216	1.638.951	17.479
DİYARBAKIR	200	1	2.680	106	993.382	9.343
GAZİANTEP	400	2	5.799	188	966.295	9.229
KAYSERİ	480	1	1.345	84	853.768	11.391
ERZURUM	200	2	5.750	171	671.546	6.376
VAN FERİT MELEN	140	1	1.660	94	671.424	6.113
SAMSUN ÇARŞAMBA	246	1	4.725	44	612.508	6.600
MALATYA	97	1	1.065	41	474.013	5.104
KONYA	278	2	2.624	57	266.157	2.706
MARDİN	54	1	736	39	214.255	2.073
DENİZLİ ÇARDAK	30	1	1.175	65	161.158	1.044
ELAZIĞ	60	1	607	108	141.146	1.580
KARS	100	1	1.695	83	128.738	1.197



**Havaalanlarına Ait Veriler (Devam)**

HAVALANLARI	GİRDİLER				ÇIKTILAR	
	OTOPARK KAPASİTESİ	PİST SAYISI	HAVALİMANI BÜYÜKLÜĞÜ	ÇALIŞAN SAYISI	YOLCU SAYISI	KARGO DEĞERİ
Ş.URFA	40	1	2.020	47	123.989	519
SİVAS	33	1	695	121	99.303	1.029
ERZİNCAN	200	1	647	61	66.668	778
NEVŞEHİR KAPADOKYA	400	1	2.015	137	63.707	660
ISPARTA S.DEMİREL	101	1	1.376	79	60.528	640
ADİYAMAN	75	1	600	46	57.482	485
TOKAT	100	1	365	43	52.760	440
AĞRI	70	1	457	61	52.131	504
BURSA YENİŞEHİR	163	2	5.600	31	51.135	727
K.MARAŞ	40	1	540	78	46.034	434
ÇANAKKALE	40	1	144	48	42.095	348
ÇORLU	297	1	2.145	87	41.350	4.249
MUŞ	40	2	815	198	34.821	274
UŞAK	50	1	780	823	24.672	243
KÖRFEZ	40	1	320	81	20.569	196
SİİRT	20	1	356	57	14.793	164
BALIKESİR	20	1	350	111	1.431	27