

TCDD İşletmesinde Uluslararası ve Yurtiçi Demiryolu Yük Taşımacılığı Etkinliklerinin Değerlendirilmesi

Ramazan Yıldız¹

Özet

Demiryolu taşımacılığının, ülke ekonomilerinin gelişimine ve ülkelerin refah seviyelerinin yükselmesine önemli katkıları bulunmaktadır. Demiryolu taşımacılığı (DYT), ekonomik bir taşıma olmasının yanı sıra çevre dostu ve güvenli bir taşımacılık türüdür. Yurtiçi ve yurtdışı yük ve yolcu taşımacılığında demiryoluna olan talep giderek artmaktadır. Demiryolu taşımacılığının yatırım maliyetleri yüksektir. Bundan dolayı Türkiye’de demiryolu kurulum ve işletim maliyetlerini kısmen özel sektör karşılasa da, ağırlıklı olarak kamu kurumu tarafından karşılanmaktadır. Yatırım maliyetlerinin yükselmesinden dolayı, etkin kullanılmayan her bir aracın amortisman ve işletim maliyetleri yükselmektedir. Etkinlik ölçümü hemen her işletmede ve işletmenin alt birimlerinde uygulanabilmektedir. Ölçümler sayesinde işletmeler mevcut durumlarını görebilmekte, gelecekle ilgili doğru ve kararlı adımlar atabilmektedirler. Bundan dolayı bu çalışmanın amacı, TCDD işletmesinin 2010-2019 yılları arası yurtiçi ve uluslararası yük taşımacılığındaki etkinlik değerlerini belirlemektir. Ayrıca işletmenin, hangi yıllarda daha etkin çalıştığı tespit edilerek işlemeye ve ilgili kuruluşlara referans yılları ve önerileri oluşturmaktır. ÇOVİD-19 salgınının tüm dünyayı ve demiryolu taşımacılığını etkilemesinden dolayı 2020 ve 2021 yılları verileri hesaba katılmamıştır. Etkinlik ölçümünde literatürdeki çalışmalar göz önünde bulundurularak çıktı (Ton-km) ve girdi (taşınan yük miktarı, ana hat uzunluğu ve yük vagonu sayısı) değişkenlerinden yararlanılmıştır. Araştırmada kullanılan veriler, TCDD faaliyet raporları ile Türkiye İstatistik Kurumu’ndan derlenmiştir. Araştırma verilerinin analizi için VZA tabanlı Windows Analysis programı (DEAP) kullanılmıştır. Sonuç olarak; yurtiçi demiryolu yük taşımacılığındaki ortalama etkinlikte % 1,8 oranında kayıp

1 Öğr. Gör. Dr., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Yenice Meslek Yüksekokulu Yönetim ve Organizasyon Bölümü, ramazanyildizahmet@gmail.com.; ORCID: 0000-0001-8437-8171

yaşanırken, uluslararası demiryolu yük taşımacılığında % 22,4 oranında kayıp yaşanmıştır. Her iki taşımacılıkta 2010 yılı referans gösterilecek yıl olmuştur. Uluslararası demiryolu yük taşımacılığının etkinliği bazı yıllarda bir miktar düzelme görüle de, sürekli düşme eğilimindedir. Bunun sebebi, dış ticaretteki taşımacılığın demiryolundan ziyade diğer taşımacılık türlerinin tercih edildiği anlamına gelmektedir. Dış ticarete demiryolu yük taşımacılığı cazip hale getirilmesi gerekmektedir.

1. Giriş

Demiryolu taşımacılığı (DT), geçmişten günümüze savaşta olduğu gibi günlük hayatta yolcu ve yük taşımacılığında aktif bir şekilde kullanılmaktadır. DT, ülkelerin ekonomik gelişmelerine doğrudan katkıda bulunmakta olup, sosyal ve kültürel faaliyetler açısından önemli yer tutmaktadır. Sanayi devriminde kömür, demir ve çelik gibi ağır hacimli ürünler taşınırken, günümüzde paketlenmiş veya paketlenmemiş birçok çeşitli ürünler demir yolu ile taşınmaktadır. (Perçin & Çakır, 2012).

Demiryolu taşımacılığı havayolu ve kara yoluna göre daha ucuz bir taşımacılık türüdür. Bir seferde daha fazla ürün götürebilmesi, iklim şartlarından az etkilenmesi ve daha güvenli olması açısından tercih edilebilirliği yüksektir. Ayrıca karayolu-demiryolu ve demiryolu-denizyolu kombine taşımacılık türlerinin birlikte yapılabilmesi ile kullanılabilirliği giderek artmaktadır.

Dünya genelinde kısa ve uzun mesafeli demir yolu yük ve yolcu taşımacılığı yapılmaktadır. Dünyada neredeyse tüm kıtayı birbirine bağlayan bir demiryolu ağı bulunmaktadır. Ayrıca Avrupa Kıtası'nda en popüler taşıma, demiryolu ile gerçekleşmektedir. Hindistan, Çin, Güney Kore ve Japonya yolcu taşımacılığında demiryolunu yoğun bir şekilde kullanmaktadırlar (WDB, 2022).

Türkiye'deki demiryolu taşımacılığı 1856 yılında başlamıştır. Gelişen teknolojiyle birlikte hızla artan insan ihtiyaçlarının daha ucuz karşılanmasında, demiryolu taşımacılığı daha çok kullanılmaya başlamıştır. Türkiye'de yük ve yolcu taşımacılığı yıllar itibarıyla gelişme göstermiştir. Özellikle hızlı tren altyapılarının kullanılmaya başlanması ve daha fazla demiryollarının ve araçların kullanılması ile, yolcu ve yük taşımacılığındaki gelişme hızlanmıştır (Kazancıoğlu, 2012).

Raylı sistemler aynı zamanda uluslararası taşımada kilit rol oynamaktadır. Gemilerin ihtiyaç duyduğu birçok yük, demiryolu ile daha kolay ve ucuz sağlanabilmektedir. Bundan dolayı birçok limanların demiryolu bağlantısı bulunmaktadır. Ayrıca birçok ürün demiryolu ağlarıyla vasıtasıyla kıtalar arası müşterilere ulaştırılmaktadır (Blagojevic & ark. 2020).

Demiryolu taşımacılığının altyapı maliyetlerinin yükselmesi sebebiyle, yatırım ve işletmesini kamu sektörü yürütmektedir. Kamu denetimi tarafından kontrollerin yapılmasına rağmen, rekabet eksikliğinden dolayı etkinlikleri düşmekte ve maliyetleri yükselmektedir. Bundan dolayı gelişmiş ülkelerde bile kırsal alanlara yatırım yapılmamaktadır (WDB, 2022). Yapılan dev yatırımların etkin ve verimli kullanılması, rekabet koşulları açısından son derece önemlidir. Etkin kullanılmayan araçların amortisman ve işletim maliyetleri sürekli yükselebilmektedir. Bu açıdan demiryolu taşımacılığının etkinlikleri ölçülerek mevcut durumları sürekli izlenmekte, gelecekle ilgili doğru adımlar atılabilmektedir. Literatürde demiryolu taşımacılığının etkinliklerini veri zarflama analizi (VZA) yöntemi ile araştıran yerli ve yabancı birçok çalışma bulunmaktadır.

Demiryolu verimliliği konusunda başı çeken araştırmalardan bazıları şunlardır: Oum ve Yu (1994), 1978-1989 tarihleri arasında 19 OECD ülkesinin demiryolu şirketinin verimliliğini VZA yöntemiyle araştırmışlardır. Cowie (1999) kamu ve özel demiryolu şirketlerinin teknik ve yönetsel etkinliklerini değerlendirmek için VZA yöntemini kullanmışlardır.

Yu ve Lin (2008) 20 farklı demiryolu işletmesi için yük ve yolcu verimliliğini VZA yöntemiyle hesaplamışlardır. Sameni ve ark. (2016) yolcu tren istasyonlarının etkinliklerini değerlendirmişlerdir. Blagojevic ve ark. (2020) demiryolu yük taşımacılığındaki taahhütlerin etkinliklerini hesaplamışlardır.

Demiryolu taşımacılığı ile ilgili Türkiye’de yapılan benzer çalışmaların başında şunlar gelmektedir. Erturan ve Uysal (2013) Türkiye’de 1981-2010 yılları arasında demiryolu taşımacılığının etkinliklerini hesaplamışlardır. Bayat ve Özdemir (2019) Türkiye’de 5 farklı bölgede demiryolu taşımacılığının etkinliklerini VZA yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Kazancıoğlu (2012) Türkiye ile Avrupa ülkelerinin demiryolu taşımacılığı verimlilikleri üzerine çalışma yapmıştır.

Kutlar ve ark. (2013) dünya genelinde 31 adet demiryolu şirketinin etkinliklerini hesaplamışlardır. Perçin ve Çakır (2012) Türkiye’de 1975 ile 2010 yılları arasında Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları İşletmesi (TCDD)’nin etkinliklerini ölçmüşlerdir. Sarıkaya ve ark. (2012) Türkiye’de TCDD’nin bölgesel olarak etkinliklerini araştırmışlardır.

Yapılan yerli ve yabancı çalışmalar ağırlıklı olarak taşınan yük (yurtdışı ve yurtiçi) ve yolcuların demiryolu etkinlikleri üzerine olmuştur. Fakat uluslararası demiryolu yük taşımacılığındaki etkinlikleri üzerine yeterince çalışma bulunmamaktadır. Türkiye’de yapılan çalışmalar ise TCDD yük

veya yolcu taşımacılığının etkinlikleri üzerindedir. Fakat son yıllardaki veriler kullanılarak hem yurtiçi hem de uluslararası taşımacılığın etkinliklerini araştıran bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma, kullanılan girdi ve çıktı değişkenlerinin farklı olması ve verilerin farklı tarih aralığını kapsamaması açısından özgün değer taşımaktadır. Ayrıca Türkiye’de ulusal ve uluslararası demir yolu taşımacılığının birlikte değerlendirmesi açısından diğer çalışmalardan farklılık oluşturmaktadır. Bundan dolayı bu çalışmada son yıllarda TCDD işletmesinin yurtiçi ve uluslararası demiryolu taşımacılığının etkinlik değerleri araştırılmıştır. Çalışma ile, TCDD işletmesinin yurt içi ve uluslararası alandaki verimlilikleri hesaplanarak hangi alanda iyi veya zayıf olduğu belirlenmektedir. Böylelikle özel ve kamu sektörü açısından bilgi oluşturma amacı taşımaktadır. Etkinlik ölçümünde literatürdeki çalışmalar göz önünde bulundurularak çıktı (Ton-km) ve girdi (taşınan yük miktarı, ana ha uzunluğu ve yük vagonu sayısı) değişkenlerinden yararlanılmıştır.

2. Literatür Taraması

Demiryolu taşımacılığının ekonomik yatırım maliyetleri yüksektir ve günümüz şartlarında bu alandaki rekabet giderek artmaktadır. Bundan dolayı demiryolu taşımacılığının etkinlikleri üzerine birçok çalışmaya yapılmaktadır. Fakat araştırmalar ağırlıklı olarak ülkeler arası kıyaslama veya bölgesel olarak yapılmıştır. Etkinlik ölçümlerinde genel olarak VZA kullanılmaktadır. VZA yönteminde kullanılan girdi ve çıktı değişkenleri araştırmacıların tercihinin bırakılmaktadır. Bundan dolayı VZA girdi ve çıktı değişkenlerinin çok iyi şekilde belirlenmesi gerekmektedir (Akdamar ve Eren 2021).

George ve Rangaraj (2008) Hindistan’da demiryolu bölgelerinin performansları üzerinde çalışma yapmışlardır. VZA yöntemi kullanılarak yapılan çalışmada işletme maliyetleri ve lokomotif çekiş gücünü girdi değişkenleri olarak alınırken, ton-km ve yolcu-km değişkenleri çıktı değişkenleri olarak alınmıştır. Hilmola (2007) Avrupa’da kargo taşımacılığındaki 25 demiryolu işletmesinin etkinliklerini hesaplamıştır. Çalışmada girdi değişkenleri olarak personel, lokomotif, vagon sayıları ve demiryolu uzunluğu kullanılırken, çıktı değişkeni olarak taşıma yük miktarı tercih edilmiştir. Yu (2008) dünya genelinde 40 demiryolu işletmesinin etkinliğini araştırmıştır. Araştırmada girdi değişkenleri olarak personel, vagon sayıları ve hat uzunluğu kullanılırken, çıktı değişkenleri olarak yük ton-km ve yolcu-km değişkenleri alınmıştır. Marchetti ve Wanke (2017) Brezilya’da demiryolu yük taşımacılığının verimliliğini araştırmışlardır. Araştırmada personel ve vagon sayısı girdi değişkenleri olarak kullanılırken, çıktı değişkeni olarak ton-km (taşınan yük miktarı) alınmıştır.

Guzman ve Montoya (2011) İspanya’da demiryolu verimliliğinin belirlenmesi için çalışma yapmışlardır. Girdi değişkenleri olarak lokomotif çekiş gücü, koltuk sayısı, yük kapasitesi ve gidilen mesafe kullanılırken, çıktı değişkeni olarak elde edilen gelir kullanılmıştır. Bhanot ve Singh (2012) Hindistan’da demiryolu konteyner operatörlerinin etkinliklerini hesaplamışlardır. Girdi değişkenleri olarak personel, vagon sayıları, yük ekipman sayısı ve konteyner kullanılırken, çıktı değişkeni olarak ton-km ve net kar kullanmışlardır.

Erturan ve Uysal (2013) 1981-2010 yılları arasında Türkiye’de demiryolu taşımacılığının etkinliklerini hesaplarken girdi değişkenleri olarak personel, yolcu vagon sayısı ve hat uzunluğunu kullanırken, çıktı değişkeni olarak yolcu-km ve yük-km değerleri alınmıştır. Türkiye’de 5 farklı bölgede demiryolu taşımacılığının etkinliklerini araştıran Bayat ve Özdemir (2019) girdi değişkenleri olarak karayolu-km, demiryolu-km, limanlara uğrayan gemi sayısı, uçak iniş-kalkış sayıları, GSYİH ve araç sayılarını kullanırken çıktı değişkenleri olarak ilgili lojistik sektörlerinin cirolarını kullanılmışlardır. Türkiye ile Avrupa ülkelerinin demiryolu taşımacılığı verimliklerini kıyaslayan Kazancıoğlu (2012) girdi değişkenleri olarak, hat uzunluğu, yolcu-km ve yolcu sayısını kullanırken çıktı değişkeni olarak seyahat sıklığını kullanmıştır.

Türkiye’de 1975 ile 2010 yılları arasında TCDD işletmesinin etkinliklerini araştıran Perçin ve Çakır (2012) girdi değişkeni olarak personel sayısı ile yolcu-araç ve yük-taşıma kapasitelerini kullanılırken, çıktı değişkeni olarak yolcu-km ve ton-km kullanılmışlardır. Yine TCDD işletmesinin verimliliğini araştıran Sarıkaya ve ark. (2012), girdi değişkenleri olarak toplam personel sayısı, elektrikli- elektriksiz hat uzunlukları ve lokomotif çalışma süresini (yıllık) kullanılırken çıktı değişkenleri olarak yolcu-km ve yük-km kullanmışlardır.

2.1. Veri Seti ve Yöntemi

Bu çalışmada TCDD işletmesinin yurtiçi ve uluslararası yük taşımacılığındaki etkinlikler araştırılmıştır. Araştırmada kullanılan veriler TCDD faaliyet raporları ile Türkiye İstatistik Kurumu’ndan (TÜİK) derlenmiştir. Araştırmada, COVID-19 salgınının tüm dünyayı ve Türkiye’yi etkilemesinden dolayı, demiryolu taşımacılığındaki 2020 ve 2021 yılı verileri dikkate alınmamıştır. Bundan dolayı çalışmada mevcut durum ile ilgili daha rasyonel sonuçlara ulaşmak için 2010-2019 yılları arasındaki verileri kullanılmıştır. Araştırmada, yurtiçi demiryolu yük taşımacılığı ile uluslararası yük taşımacılığının belirlenen yıllar arasında etkinlik değerleri hesaplanmaktadır. Böylelikle, etkin olan ve olmayan yıllar belirlenerek

etkinliğin artırılması için işletme tarafından gerekli adımlar atılabilecektir. Perçin ve Çakır (2012) 1975-2010 yılları arasındaki veriler ile Erturan ve Uysal (2013) 1981-2010 yılları arasındaki verileri kullanarak, TCDD üzerine etkinlik araştırmaları yapmışlardır. Bu çalışmada ise araştırmaların devamı olacak şekilde 2010-2019 yılları tercih edilmiştir. Yurtiçi ve uluslararası demiryolu yük taşımacılığının etkinliğini değerlendirmek için literatürde de en fazla kullanılan yöntem olan VZA'dan yararlanılmıştır. Etkinlik analizleri için VZA tabanlı Windows Analysis programı (DEAP) kullanılmıştır. Çalışmada karar vericilerin girdi ve çıktı değişkenleri üzerinde etkisinin olabilmesinden dolayı sabit getiri yöntemi (CCR) tercih edilmiş, girdi değişkenlerinin çıktı üzerinde nasıl etki ettiğini belirlemek için ise girdi ağırlıklı yöntem tercih edilmiştir. Bu çalışma için etik izni gerektirmemektedir.

Araştırmadaki veriler, literatürdeki çalışmalar göz önünde bulundurularak üç adet girdi ve bir adet çıktıdan oluşmaktadır. Girdi ve çıktı verilerinin ayrıntılı bilgileri Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1. Uluslararası Ve Yurtiçi Taşımada Kullanılan Girdi Ve Çıktı Değişkenleri

Çıktı Değişkenleri	Değişkenlerin Açıklaması	Birimi
Ton-km	Bir ton yükün bir kilometre taşınmasıyla ilgili ölçü birimi	Ton
Girdi Değişkenleri	Değişkenlerin Açıklaması	Birimi
Uluslararası veya Ulusal Taşınan Yük Miktarı	Vagonlarla Taşınan Yük Miktarı	Ton
Ana Hat Uzunluğu	Taşımada Kullanılan Ana Hat Uzunluğu	Km
Yük Vagonu Sayısı	Yük Taşımacılığında Kullanılan Vagon Sayısı	Adet

2.2. Veri Zarflama Analizi

Performans değerlendirmelerde genel olarak ekonomik etkinlik, teknik etkinlik ve tahsis etkinlik olarak ölçülmekte, parametrik ve parametrik olmayan yöntemler kullanılmaktadır. Parametrik olmayan yöntemlerden birisi olan VZA, etkinlik ölçümünde en popüler yöntemlerden birisidir. Eğitimde, sağlıkta, lojistikte, kamuda, üretim ve hizmet birimlerinde, hemen birçok alanda bu yöntem kullanılmaktadır (Sarıkaya ve ark. 2012).

Veri zarflama analizi 1957 yılında Farrell tarafından geliştirilen doğrusal programlama yöntemine dayanan çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisidir. Literatürde “Decision Making Units” veya “DMU’s” olarak

isimlendirilen yöntem girdi ve çıktı değişkenleri ile verimliliği tahmine etmede kullanılan parametrik olmayan bir yöntemdir (Kazancıoğlu 2012).

Ölçeğe göre sabit getiri yöntemini (CCR) Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) geliştirirken, ölçeğe göre değişken getiri yöntemini (BCC) Banker, Charnes ve Cooper (1984) tarafından geliştirilerek günümüzdeki VZA şeklini almıştır. Literatürde en fazla CCR ve BCC yöntemleri tercih edilmektedir. Bu yöntemlerin girdi ve çıktı odaklı olmak üzere çeşitleri bulunmaktadır. VZA'da kullanılan girdi ve çıktı verileri eksi veya 0 ile çalışmaz, pozitif olması gerekmektedir. Bununla birlikte her bir karar verme biriminde (KVB) bulunan verilerin sayıları birbirine eşit olması gerekmektedir. Bununla birlikte VZA süreçlerindeki adımlar şunlardır: KVB seçiminin yapılması, girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesi, modelin seçimi ve uygulama, son olarak sonuçların yorumlanmasıdır (Bayat ve Özdemir, 2019).

2.2.1. Veri Zarflamada CCR Modeli

Bu modeli değerlendirmek için n adet karar verme birimi içerisinde, adet girdi ve s adet çıktı değişkenleri üzerinde hesaplamalar yapılmaktadır. Her bir karar verme biriminin girdi ve çıktılarına eşit ağırlıklar atanarak amaç fonksiyonu maksimize edilmektedir.

$$H_k \text{ maksimum} = \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik}} \quad (1)$$

Hesaplamanın daha objektif olabilmesi için iki kısıt belirlenmiştir. Birinci kısıt, ağırlıklar kullanarak yapılan etkinlik ölçüm sonucunun hiçbirisi %100'ü (1'i) geçmemelidir. Geçmesi durumunda toplam faktör verimliliği sonsuz çıkacaktır (2). İkinci kısıt ise ağırlıkların hiçbirisi negatif değer taşıması gerekir (3).

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij}} \leq 1; \quad j= 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$u_{rk}, v_{ik} \geq 0 \quad r= 1, 2, \dots, s \quad i= 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

Yukardaki formülde (2) amaç fonksiyonunun paydası 1'e eşitlenerek, sonsuz elemanlı çözüm kümesini temsil eden Simplex algoritması ile çözülebilen, eş doğrusal programlama modeline dönüştürülerek veri zarflama modeli elde edilmektedir (Gökmen & ark. 2018).

Girdiye Yönelik Veri Zarflamada CCR Modeli

Girdiye yönelik kurulan VZA modeli aşağıda yer almaktadır (Perçin ve Çakır 2012).

$$Q_k = \sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk} \quad (4)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk} - \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij} \leq 0; \quad k \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} = 1$$

$$u_{rk} \text{ ve } v_{ik} \geq c \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Elde edilen analiz sonuçlarına göre her bir KVB'nin etkinlik oranları hesaplanmaktadır. Analizde, etkin olmayan değerlerin girdi ve çıktı değişkenlerinden yararlanılarak potansiyel iyileşme yüzde oranları (Pi) hesaplanmaktadır. Eğer "Pi" yüzdesi negatif çıkarsa, değişkenlerin değerleri "Pi" oranında azaltılması gerektiği, pozitif çıkması durumunda ise değişkenlerin değerinin "Pi" oranında artırılması gerektiği anlamındadır. "Pi" değerinin sıfır çıkması durumunda, etkinlik için herhangi bir iyileştirme yapılmasına gerek duyulmadığı anlamındadır. "Pi" değeri ile ilgili bilgiler formül 5'te gösterilmektedir (Özden, 2008).

$$Pi(\%) = \left(\frac{\text{Hedeflenen} - \text{Gerçekleşen}}{\text{Gerçekleşen}} \right) \times 100 \quad (5)$$

3. Bulgular

TCDD işletmesinin 2010-2019 yılları arasında uluslararası ve yurtiçi yük taşımacılığı ile ilgili etkinlik dertlendirmeleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Etkinlik hesaplamaları her bir yıl için ayrı ayrı değerlendirilmiş, etkin olmayan yıllar ortaya çıkarılmış ve potansiyel iyileşme yüzde oranları hesaplanmıştır.

Yurtiçi demiryolu taşımacılığının etkinlik değerleri Tablo 2'de gösterilmektedir. Verilere göre 2010, 2012, 2013, 2015 ve 2018 yıllarındaki yurtiçi demiryolu taşımacılığının verimli (1) çalıştığı görülmektedir. Diğer 5 yıldaki etkinlik değeri 1'in altında olduğu anlaşılmaktadır. Ortalama etkinlik değerine bakıldığında yurtiçi yük taşımacılığında 10 yılda işletme % 98,2 oranında verimli çalışırken, %1,8 oranında verimsiz çalışmıştır. En düşük verimliliğe sahip olan 2014 yılı (0,933) iken onu takip eden 2019 yılı (0,955) olmuştur. Referans kümesi, her bir KVB'nin daha etkin olabilmesi için referans alınması gereken KVB'ni göstermektedir. Etkin olan KVB içerisinde 2010 yılı (5'er kez) en fazla referans gösterilen yıl olurken, 2015 yılı 2'ser kez referans gösterilmiştir.

Tablo 2. Yurtiçi Taşımacılığının Etkinlik Değerleri, Referans Kümeleri Ve Referans Gösterge Sayıları

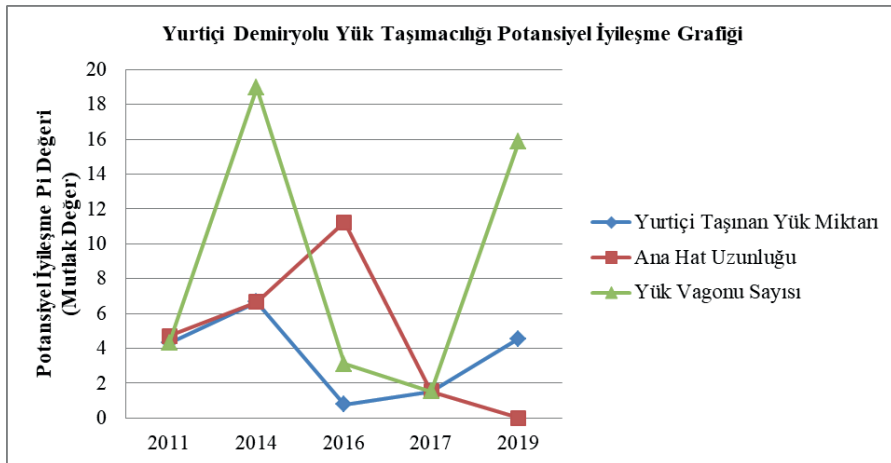
Yıllar	CCR Etkinlik Değeri	Referans Kümesi	Referans Gösterge Sayısı
2010	1.000	2010	5
2011	0,957	2015-2010	0
2012	1.000	2012	0
2013	1.000	2013	0
2014	0.933	2010-2018	0
2015	1.000	2015	2
2016	0,992	2010	0
2017	0,985	2018-2015-2010	0
2018	1.000	2018	3
2019	0.955	2010-2018	0
Ortalama	0.982		

Etkin olmayan KVB değişkenlerinin etkin olabilmesi için, potansiyel iyileşme oranları (Pi değerleri) hesaplanarak Tablo 3’de gösterilmektedir. İyileşme potansiyelinin en yüksekte en düşüğe doğru 2014, 2019, 2016, 2011 ve 2017 yıllarında olduğu anlaşılmaktadır. İyileşme potansiyeli en yüksek 2014 yılında olup; yurtiçi taşınan yük miktarını ile ana hat uzunluğunda % 6,67 ve yük vagonu sayısında % 18,97 oranlarında girdi verilerinin azaltılmasıyla potansiyel iyileşme olabilmektedir. Yine 2019 yılında yük vagonu sayısında %15,85 ve yurtiçi taşınan yük miktarında % 4,54 oranlarında iyileşme olabilmektedir. Yurtiçi taşınan yük miktarı ile yük vagon sayısında en fazla iyileşme 2014 yılında (-6,67 ve -18,96) olurken, ana hat uzunluğundaki iyileşme 2016 yılında (-11,22) olduğu anlaşılmaktadır. Bu yıllara benzer şekilde 2016, 2011 ve 2017 yıllarındaki girdilerin Tablo 3’teki kadar azaltılması durumunda etkinliklerin artabileceği anlaşılmaktadır. Bu durumlar, işletmenin elindeki kaynakların olduğunu fakat yeteri kadar değerlendirilemediğini göstermektedir.

Tablo 3. Yurtiçi Taşımacılığında Etkin Olmayan Yılların Potansiyel İyileşme Oranları (%)

Yıllar	Yurtiçi Taşınan Yük Miktarı	Ana Hat Uzunluğu	Yük Vagonu Sayısı	Toplam Pi % Oranı
2011	-4,315857284	-4,70269364	-4,315857143	-13,33440807
2014	-6,670344828	-6,670345329	-18,96729056	-32,30798072
2016	-0,776870928	-11,22922684	-3,096709249	-15,10280702
2017	-1,532380161	-1,532376114	-1,532379999	-4,597136274
2019	-4,536459757	0,000	-15,854	-20,39045976

Yurtiçi demiryolu yük taşımacılığının potansiyel iyileşme yüzde değerlerine yönelik bilgiler Şekil 1'de gösterilmektedir. Buna göre; yurtiçi taşınan yük miktarı, ana hat uzunluğu ve yük vagonu sayıları 2014 yılında artarken, 2016 yılında sadece ana hat uzunluğunda artmış, diğer yıllarda düşme görülmektedir. 2016 yılından 2017 yılına, sadece yurtiçi taşınan yük miktarında bir miktar artmış, diğerlerinde yine düşme görülmektedir. Ana hat uzunluğunun verimliliklerinde; 2016 yılından 2019 yılına kadar düşme görülmekte, fakat yurtiçi taşınan yük miktarı ile yük vagon sayılarında yükselme görülmektedir. Grafikteki yükselmeler o yıllardaki verimliliğin daha az olduğunu göstermektedir.



Şekil 1: Yurtiçi Demiryolu Yük Taşımacılığı Potansiyel İyileşme % Değerleri

Uluslararası demiryolu taşımacılığının etkinlik değerleri Tablo 4'de gösterilmektedir. Verilere göre 2010 ve 2011 yıllarındaki uluslararası

demiryolu taşımacılığının verimli (1) çalıştığı görülmektedir. Diğer yıllardaki etkinlik değeri 1'in altında olduğu anlaşılmaktadır. İşletme 10 yıl içerisinde uluslararası yük taşımacılığında % 77,4 verimli çalışırken, %22,6 oranında verimsiz çalışmıştır. En düşük verimliliğe sahip 2015 yılı (0,580) ve onu takip eden 2017 yılı (0,596) olmuştur. Etkin olan KVB içerisinde 2011 yılı 8'er kez, 2010 yılı 1'er kez referans gösterilmiştir.

Tablo 4. Uluslararası Taşımacılığın Etkinlik Değerleri, Referans Kümeleri Ve Referans Gösterge Sayıları

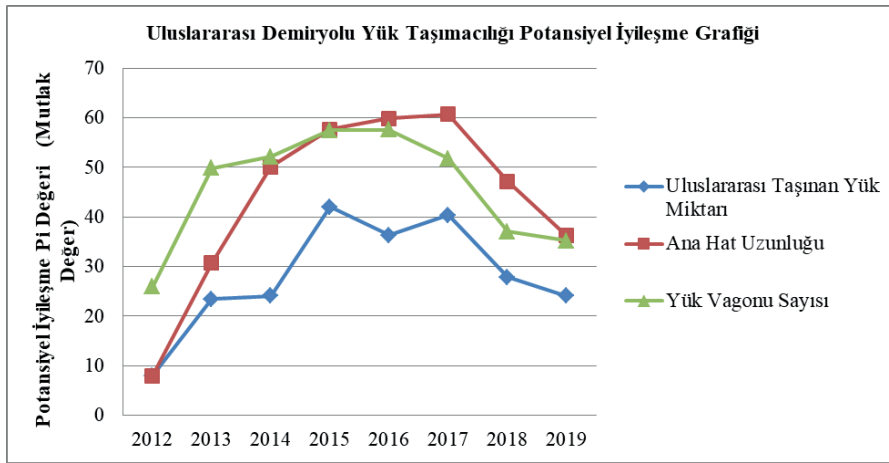
Yıllar	CCR Etkinlik Değeri	Referans Kümesi	Referans Gösterge Sayısı
2010	1.000	2010	1
2011	1.000	2011	8
2012	0.921	2011-2010	0
2013	0.766	2011	0
2014	0.759	2011	0
2015	0.580	2011	0
2016	0.637	2011	0
2017	0.596	2011	0
2018	0.722	2011	0
2019	0.759	2011	0
Ortalama	0.774		

Etkin olmayan KVB değişkenlerinin etkin olabilmesi için, potansiyel iyileşme oranları (Pi değerleri) hesaplanarak Tablo 5'te gösterilmektedir. İyileşme potansiyeli toplamda en yüksek olan 2015 ve arkasından 2016 yılı gelmektedir. 2015 yılı için; uluslararası taşınan yük miktarını % 42,035, ana hat uzunluğunu % 57,64 ve yük vagonu sayılarını % 57,53 oranlarında azaltılması durumunda verimliliğin daha etkin olabileceği anlaşılmaktadır. 2016 yılı için ise; uluslararası taşınan yük miktarını % 36,27, ana hat uzunluğunu % 59,86 ve yük vagonu sayılarını % 57,53 oranlarında azaltılması durumunda etkin olabileceği görülmektedir. Bu yıllara benzer şekilde diğer yıllardaki (2012, 2013, 2014, 2017, 2018, 2019) girdilerin belirlenen oranlarda azaltılması durumunda etkinliklerin artabileceği anlaşılmaktadır. Uluslararası taşınan yük miktarı ile ana hat uzunluğunda en fazla iyileşme 2017 yılında (-40,39 ve 60,72) olurken, yük vagonu sayısında ise 2016 yılında (-57,53) olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, işletmenin elindeki kaynaklarını uluslararası demiryolu taşımacılığında yeteri kadar değerlendirilemediğini göstermektedir.

Tablo 5. Uluslararası Taşımacılıkta Etkin Olmayan Yılların Potansiyel İyileşme Oranları

Yıllar	Uluslararası Taşınan Yük Miktarı	Ana Hat Uzunluğu	Yük Vagonu Sayısı	Toplam Pi % Oranı
2012	-7,929062647	-7,929063866	-25,88937084	-41,74749735
2013	-23,42389019	-30,68998264	-49,81185575	-103,9257286
2014	-24,06646814	-50,10638131	-52,118664	-126,2915135
2015	-42,0357943	-57,64486294	-57,49188027	-157,1725375
2016	-36,27804478	-59,86171038	-57,53148186	-153,671237
2017	-40,39922865	-60,72937487	-51,77642531	-152,9050288
2018	-27,83328502	-47,18452219	-37,04219027	-112,0599975
2019	-24,08638148	-36,23550012	-35,22131171	-95,54319331

Uluslararası demiryolu yük taşımacılığının potansiyel iyileşme yüzde değerlerine yönelik bilgiler Şekil 2'de gösterilmektedir. Buna göre; uluslararası taşınan yük miktarı, ana hat uzunluğu ve yük vagonu sayıları 2012 yılından 2017 yılına kadar artarken, 2016 yılında sadece uluslararası taşınan yük miktarı düşme göstermiştir. 2017 yılından 2019 yılına kadar ise tüm girdi faktörlerinde düşme görülmektedir. Grafikteki yükselmeler o yıllardaki verimliliğin daha az olduğunu göstermektedir.



Şekil 2. Uluslararası Demiryolu Yük Taşımacılığının Yıllar İtibariyle Potansiyel İyileşme Değerleri

SONUÇ VE ÖNERİLER

Demiryolu taşımacılığında kullanılan alt ve üst yapı unsurlarının yatırım maliyetleri oldukça yüksek düzeydedir. Yüksek maliyetli yatırımlar, amortisman gibi yüksek maliyetleri beraberinde getirmektedir. İşletmenin elinde bulundurduğu kaynakları etkin ve verimli kullanılması durumunda, maliyetleri azaltmakta ve karlıklarını önemli ölçüde arttırabilmektedir. Türkiye'nin en önemli ve tek kamu kuruluşu olan TCDD işletmesinin 2010-2019 yılları arasında yurtiçi ve uluslararası taşıma performansları ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Yurtiçi demiryolu taşımacılığının; 2010, 2012, 2013, 2015 ve 2018 yıllarında etkin çalıştığı, 2011, 2014, 2016, 2017 ve 2019 yıllarında ise etkin çalışmadığı görülmektedir. Ayrıca ortalama etkinlikte % 1,8 oranında kayıp yaşanmıştır. Verimliliğin geliştirilmesi için en fazla referans alınması gereken 2010 yılı (5'er kez) olduğu, ardından 2018 yılı (3'er kez) ve 2015 yılı (2'şer kez) oldukları anlaşılmaktadır (Tablo 2 ve Tablo 3). Ayrıca, Perçin ve Çakır (2012) ile Erturan ve Uysal'ın (2013) TCDD işletmesinde yapmış olduğu etkinlik çalışmasında 2010 en etkin olan yıl olarak belirlenmiş ve referans alınması gereken yılların başında gelmektedir. 2010 yılı için, önceki yapılan çalışmalara benzer şekilde bu çalışmada da benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Potansiyel iyileşme oranı 2014 yılından 2016 yılına kadar ana hat uzunluğunda yükselmeler görülmekte iken yurtiçi taşınan yük miktarı ve yük vagonu sayılarında düşme görülmektedir. Ana hat uzunluğu 2016 yılından 2019 yılına kadar giderek daha etkin kullanıldığı, yük vagonlarının ise 2014 yılından 2017 yılına kadar daha etkin kullanıldığı anlaşılmaktadır (Şekil 1).

Uluslararası demiryolu taşımacılığının; 2010 ve 2011 yıllarında etkin çalıştığı fakat diğer yıllarda (2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 ve 2019) etkin çalışmadığı belirlenmiştir. Ortalama etkinlik % 77,4 olduğundan % 22,6 oranında kayıp yaşanmıştır. Verimliliğin geliştirilmesi için en fazla referans alınması gereken 2011 yılı (8'er kez) olduğu ve ardından 2010 yılı (1'er kez) olduğu anlaşılmaktadır. İyileşme potansiyeli toplamda en yüksek olan 2015 ve arkasından 2016 yılı gelmektedir. 2015 yılı için; uluslararası taşınan yük miktarını % 42,035, ana hat uzunluğunu % 57,64 ve yük vagonu sayılarını % 57,53 oranlarında azaltılması durumunda etkin olabileceği anlaşılmaktadır (Tablo 4 ve Tablo 5). Uluslararası taşınan yük miktarı, ana hat uzunluğu ve yük vagonu sayıları 2012 yılından 2017 yılına kadar etkin kullanılamamıştır. 2016 yılında sadece uluslararası taşınan yük miktarında bir miktar etkinlik iyileşmesi olsa da 2017 yılına kadar düşme görülmüştür. 2017 yılından 2019 yılına kadar ise tüm girdi faktörlerinde etkinlik iyileşmesi görülmektedir (Şekil 2).

Araştırmada kullanılan girdi ve çıktı değişkenlerinin sayıları ve verilerin belirli bir zaman aralıklarının alınması çalışmanın kısıntını oluşturmaktadır. Fakat belirlenen girdi ve çıktı değişkenleri, demiryolu taşımacılığındaki ana yapıyı oluşturmaktadır. Bunun yanında etkinlik ölçümünde en yaygın olan VZA olmasına rağmen başka yöntemler de kullanılabilir. Gelecekte daha çok girdi ve çıktı değişkenleri kullanılarak etkinlik çalışmaları yapılabilir. Ayrıca tren garlarındaki lojistik operasyonların etkinlikleri araştırılabilir.

Uluslararası demiryolu yük taşımacılığının etkinliği yurtiçi demiryolu yük taşımacılığının etkinliğinden düşüktür. Uluslararası alanda, demiryolu kaynakları yeterince kullanılmamaktadır. Uluslararası demiryolu taşımacılığı sadece 2010 ve 2011 yılında iyi iken, zamanla gerileme yaşanmıştır. Özellikle 2015 ve 2017 yıllarındaki etkinlik en alt seviyelere ulaşmıştır. Bunun sebebi, dış ticaretteki taşımacılığın demiryolundan ziyade diğer taşımacılık türlerinin tercih edildiği anlamına gelmektedir. Dış ticarete demiryolu taşımacılığı cazip hale getirilmelidir.

Kaynakça

- Akdamar, E. & Eren, E. (2021). "Marmara Bölgesi'ndeki konteyner limanlarının etkinlik ölçümü ve potansiyel iyileştirme önerileri", *Ardahan Üniversitesi İİBF Dergisi*, 3(2), 150-156.
- Banker, R.D., Charnes, A. & Cooper, W.W. (1984). "Some Models For Estimating Technical And Scale Inefficiencies In Data Envelopment Analysis", *Management Science*, 30(9), Printed in U.S.A.
- Bayat, T. & Özdemir, Ş. (2019). "Ulaştırma Altyapısının Bölgesel Bazlı Lojistik Sektörü Üzerindeki Etkinliğinin Veri Zarflama Yöntemi İle Ölçülmesi", *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi (KÜSBD)*, 9(2), 259-286.
- Bhanot, N. & Singh, H. (2012). "Benchmarking the performance indicators of Indian Railway container business using data envelopment analysis", *Benchmarking the performance indicators*, 101-120.
- Blagojević, A., Vesković, S., Kasalica, S., Gojić, A. & Allamani, A. (2020). "The Application Of The Fuzzy Ahp And Dea For Measuring The Efficiency Of Freight Transport Railway Undertakings", *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 3(2), 2620-1747 DOI: <https://doi.org/10.31181/oresta.2003001b>.
- Charnes, A., Cooper, W.W. & Rhodes, E. (1978). "A Data Envelopment Analysis Approach To Evaluation Of The Program Follow Through Experiment In US Public School Education", *Management Sciences Research Group Graduate School of Industrial Administration Carnegie-Mellon University Pittsburgh , Pennsylvania 15213*
- Cowie J. (1999). "The technical efficiency of public and private ownership in the rail industry: the case of Swiss Private Railways", *Journal of Transport Economics and Policy*, 33(1), 241-52.
- Erturan, M.B. & Uysal, F. (2013). "Türkiye'de Demiryolu Taşımacılığının Etkinliği Üzerine Veri Zarflama Analizi Ve Network Veri Zarflama Analizinin Karşılaştırılması", *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 14(1), 419-437.
- George, S.A. Rangaraj, N. (2008). "Performance benchmarking study of Indian Railway zones", *Benchmarking Int*, 15(1), 599-617. <http://dx.doi.org/10.1108/14635770810903178>.
- Gökmen, Ş., Tokatlioglu, Y. & Coşar, K. (2018). "Nicel Karar Yöntemlerinde Güncel Konular :Teori ve Uygulama (Bölüm 3) - Avrupa Ülkelerinin Deniz Ticareti Bakımından Etkinlik Analizi", *Gazi Kitabevi*, ISS: 9786053447672.
- Guzman. I. & Montoya, J.L. (2011). "Technical Efficiency and Productive Change in the Spanish Wide Gauge Railroad Sector", *Innovar*, 21, ISSN 0121-5051.

- Hilmola, O.P. (2007). "European railway freight transportation and adaptation to demand decline: efficiency and partial productivity analysis from period of 1980-2003", *Int J Product Perform Manag*, 56 (3),205-225. <http://dx.doi.org/10.1108/17410400710731428>.
- Kazancıoğlu, F.Ş. (2012). "Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları İşletmesinin Performans Değerlendirmesi", *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der*, 27(1), 219-228.
- Kutlar, A., Kabasakal, A. & Sarıkaya, M. (2013). "Determination of the efficiency of the world railway companies by method of DEA and comparison of their efficiency by Tobit analysis", *Qual Quant*, 47, 3575-3602, DOI 10.1007/s11135-012-9741-0
- Marchetti, D. & Wanke, P. (2017). "Brazil's rail freight transport: Efficiency analysis using two-stage DEA and cluster-driven public policies", *Socio-Economic Planning Sciences*, 59, 26-42.
- Oum, T.H. & Yu, C. (1994). "Economic efficiency of railways and implications for public policy: a comparative study of the OECD countries' railways", *Journal of Transport Economics and Policy*, 28, 121-38.
- Özden, Ü.H. (2008). "Veri Zarflama Analizi (VZA) ile Türkiye' deki Vakıf Üniversitelerinin Etkinliğinin Ölçülmesi", *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 37 (2), 167-185.
- Perçin, S. & Çakır, S. (2012). "Demiryollarında Süper Etkinlik Ölçümü: Türkiye Örneği", *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 27(1), 29-45.
- Sameni, M.K., Preston, J. & Sameni, M.K. (2016). "Evaluating efficiency of passenger railway stations: A DEA approach", *Research in Transportation Business & Management*, 20, 33-38
- Sarıkaya, M., Kabasakal, A. & Kurlar, A. (2012). "Türkiye'de Bölgesel Olarak Devlet Demiryollarının 2000-2010 Döneminde VZA İle Etkinliğinin Ve Malmquist Endeksi İle Toplam Faktör Verimliliğinin Belirlenmesi", *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(1), 133-155
- UIC (2022). "Uluslararası Demiryolu Birliği", <https://uic.org/> (2022). 05.10.2022
- WDB (2022). "World data bank, Dünya Veri Bankası", <https://data.worldbank.org/> 05.10.2022.
- Yu, M.M. (2008). "Assessing the technical efficiency, service effectiveness, and technical effectiveness of the world's railways through NDEA analysis", *Transp Res Part A Policy Pract*, 42, 1283-1294. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2008.03.014>.
- Yu, M.M. & Lin, E.T.J. (2008). "Efficiency and effectiveness in railway performance using a multi-activity network DEA model", *Omega The International Journal of Management Science*, 36, 1005- 1017.