

-ARAŞTIRMA MAKALESİ-

**VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE DEMİR ÇELİK SEKTÖRÜNÜN
ETKİNLİĞİNİN İNCELENMESİ***

Ümit Remzi ERGÜN¹

Öz

Kıyaslama, incelemeye alınan birimlerin daha iyi performansa ulaşması amacıyla belirli göstergeler ve uygulamaların tüm sürece adapte edilmesi sonucunda gerçekleştirilen devamlı bir süreç olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada, bir etkinlik analiz yöntemi olan veri zarflama analizi ile demir çelik sektöründe dolaylı ihracat değerleri yüksek olan ülkeler özelinde kıyaslamalar yapılmıştır. Çalışmada ülkelerin rekabetçi sanayi performansı endeksi (CIP), demir çelik ihracat rakamları, gayri safi yurt içi hâsıla oranı olarak Ar-Ge harcamaları, üretime dayalı karbondioksit emisyonları, demir çelik ithalatı ve üretici fiyat endeksi değerleri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplama birimlerinden CIP endeksi Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü verilerinden, demir çelik ihracat ve ithalat rakamları Dünya Ticaret Örgütü verilerinden, gayri safi yurt içi hâsıla oranı olarak Ar-Ge harcamaları UNESCO İstatistik Enstitüsü'nden ve üretime dayalı karbondioksit emisyonları OECD veri tabanından derlenerek elde edilmiştir. Hesaplama birimlerinin seçimlerinde ülkelerin küresel iklim krizinin etkilerinin azaltılması, karbon salınımı ve diğer ekonomik göstergelerin demir çelik sektörüne uygun olmasına dikkat edilmiştir. Etkinlik analizi çerçevesinde çalışmada değerlendirilmeye alınan ülkeler, Çin, Almanya, Japonya, Amerika Birleşik Devletleri, Güney Kore, Meksika, İtalya, Polonya, İspanya, Türkiye, Fransa ve Kanada olarak sayılabilecektir. Ülkelerin belirlenmesinde World Steel Association tarafından yayımlanan World Steel in Figures 2022 raporu baz alınmıştır. Çalışma sadece dış ticaret, üretim ve ekonomik gelişimin değil aynı zamanda ülke ekonomilerinin sürdürülebilir özellikli yapılarına ve üretimde çevre dostu yaklaşımlarına dikkat çekmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada yöntem olarak veri zarflama analizinin kullanılmasının nedeni olarak, demir çelik sektörünün sosyo-ekonomik değişimlerle olan ilişkisinin kuvvetli olması sonucunda sektörün çok girdili ve çok çıktılı yapıya uygun olduğu gösterilebilecektir. Çalışma, üretime dayalı karbondioksit emisyonlarını, üretici fiyat endekslerini ve demir çelik ithalatını girdi; CIP, demir çelik ihracatı ve gayri safi yurt içi hâsıla oranı olarak Ar-Ge harcamaları değerlerini çıktı olarak işleme almış; çalışmada 2008, 2011, 2014, 2017 ve 2020 yılları için etkinlik analizi hesaplamaları gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Demir Çelik, Dolaylı İhracat, Veri Zarflama Analizi.*

JEL Kodları: *F6, Q5.*

Başvuru: *12.07.2023* **Kabul:** *05.02.2024*

* Bu makale, 5-6 Temmuz 2023 tarihleri arasında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi tarafından düzenlenen Uluslararası Sosyal Bilimler Konferansı'nda özet olarak sunulan tebliğin gözden geçirilmiş tam metnidir.

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yönetim Bilimleri ABD, umit.r.ergun@gmail.com, ORCID No: 0000-0002-8967-1892.

INVESTIGATING THE EFFECTIVENESS OF IRON AND STEEL INDUSTRY BY USING DATA ENVELOPMENT ANALYSIS²

Abstract

Benchmarking is defined as a continuous process of adapting certain indicators and practices to the whole process in order to ensure better performance of the units under study. In this study, data envelopment analysis, which is an efficiency analysis method, was used to benchmark 12 countries with high indirect export values in the iron and steel sector. In the study, calculations were made using the competitive industrial performance index (CIP), iron and steel exports, R&D expenditures as a ratio of gross domestic product, production-based carbon dioxide emissions, iron and steel imports and producer price index (PPI) values. The data in the article are compiled from UNIDO (CIP Index), WTO (Iron and Steel Export / Import), UNESCO (R&D) and OECD (CO₂, PPI) statistics. The countries included in the efficiency analysis are China, Germany, Japan, the United States of America, South Korea, Mexico, Italy, Poland, Spain, Turkey, France and Canada. In the selection of variables, attention was paid to the countries' mitigation of the effects of the global climate crisis, carbon emissions and other economic indicators appropriate to the iron and steel sector. The study aims to draw attention not only to foreign trade, production and economic development, but also to the sustainable structures of country economies and environmentally friendly approaches in production. The reason for using data envelopment analysis as the methodology in the study is that the iron and steel sector is strongly related to socio-economic changes and is therefore suitable for a multi-input and multi-output structure. Efficiency analysis calculations were performed for the years 2008, 2011, 2014, 2017 and 2020.

Keywords: *Iron and Steel, Indirect Export, Data Envelopment Analysis.*

JEL Codes: *F6, Q5.*

“Bu çalışma Araştırma ve Yayın Etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.”

1. GİRİŞ

Demir çelik sektörü işletmeler özelinde küresel ticarete ortak sorumluluk almayı, ülkeler özelinde ise çağdaşlaşma süreçlerinin yönetiminde stratejik sanayi gücünün rekabetçi kullanımını gerektiren öncelikli endüstriler arasında yer almaktadır. Bu bağlamda, demir çelik sektörü ile çağdaşlaşma ve sanayileşme süreçleri arasında gerçekleşen ilişkinin boyutu, türü ve yönü ülkelerin veya işletmelerin uluslararası ticaret sistemindeki başarılarını da etkilemektedir. Bu başarının elde edilmesindeki en önemli noktalardan birinin de sanayileşmenin toplumsal ve ekonomik bir amaç haline gelip gelmediğinin belirlenmesi olduğu değerlendirilmektedir.

² The Extended English Summary is located the end of the Article

Dünya genelinde demir ve çeliğin dağılımının dengeli olmadığı göz önüne alındığında, toplumsal ve ekonomik amacı gerçekleştirmede ihtiyaç duyulan kaynakları elde etmede ülkeler, demir çelik sektörünün küresel değer zincirinde farklı roller ve görevler üstlenerek dünya üzerinde karmaşık bir ticaret ağı oluşturmaktadırlar (Liu, vd., 2019: 698). Demir çelik sektörünün önemli özelliklerinden birinin de sektörde üretilen yan ve yarı mamül ürünlerinin diğer sanayi kollarının varlığının devam edebilmesinde büyük önem arz etmesi olduğu ifade edilebilecektir. Sektörden doğrudan hammadde temin eden dayanıklı tüketim mamülleri, otomotiv ve ulaştırma, gemi inşa sanayi gibi endüstriler aynı zamanda gelişmiş endüstriler olarak faaliyet göstermektedirler. Bu nedenle demir çelik sektörü tamamlayıcı ve destekleyici bir sektör olarak da iktisadi döngüye katkı sağlamaktadır (Ergün ve Ener, 2022: 62). Bu anlamda demir çelik sektörünün faaliyetleri, topraktan cevher olarak demirin çıkarılmasıyla faaliyetlerine başlayan, demir ve çelik ürünlerini çeşitli üretim yöntemleri kullanarak çeşitlendirmek suretiyle, nihai bir ürün olarak piyasaya veya piyasada kullanım ömrünü tamamlamış hurda olarak bulunan demir ve çelik ürünlerini dönüştürme veya yeniden işleme teknikleriyle kendisine hammadde olarak sağlayan ileri geri bağlantısı yüksek ağır sanayi ve imalat sektörü olarak çerçeve içerisine alınabilecektir.

Demir çelik sektörünü diğer sektörlerden farklılaştıran unsurlar, sektörün üretimi gerçekleştirebilmesi için büyük sermaye yatırımları ile kurulmuş tesislere ihtiyaç duyulması, diğer sektörlerle mukayese edildiğinde daha az tekeli, daha fazla coğrafi yayılım özelliği göstermesi, ekonomik küreselleşme ile kuvvetli bir paralellik göstermesi ve Triad sınırlarını aşması olarak sayılabilecektir. Tamamlayıcı, destekleyici ve geliştirici sektör olarak demir çelik endüstrisinde sektörün ihtiyacı olan hammaddenin temininde var olan problemlerin çözülmesi özellikle dışa bağımlılığın söz konusu olduğu alanlarda acil çözüm gerektiren konuların başında gelmektedir (Saygın, 2020: 114). Bu nedenle çalışma, demir çelik sektörünün rekabetçi, üretken, iktisadi ve ekolojik yapısını bütünlük olarak ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. Çalışma örneklem seçiminde, uluslararası ticaret sisteminde yer alan ülkeler ve işletmeler tarafından ağırlıklı olarak tercih edilen dolaylı ihracat değerlerini dikkate almaktadır.

1.1. Kavramsal Çerçeve

Özellikle son dönemde dünya ticaretine katılan ülkelerde, uluslararası ticarete konu olan mal ve hizmetlerin sayısında artış yaşandığı görülmektedir. Bu durumda ülkelerin dış ticaret işlemlerinden bekledikleri faydanın elde edilmesi fiyat, kalite ve ihtiyaçların karşılanabilmesi faktörleri ile ilişkili olarak gerçekleştirilmektedir. Bu faktörleri dikkate alarak yapılan üretimlerin ülkelerin rekabet güçlerini olumlu etkilediği görülmektedir (Atık, 2005: 125). Az gelişmiş ülkelerin ortak özellikleri arasında katma değeri düşük mallarda uzmanlaşmaları ve bu tür mallarda mukayeseli üstünlüklere sahip olmaları yer almaktadır. Bu ülkeler, teknoloji üretiminde yetersiz kaldıklarından teknoloji ihracatını gerçekleştirememektedirler. Bu durum az gelişmiş ülkelerin fakirlik döngüsünü kıramamalarının nedeni olarak gösterilmektedir (Utkulu,

2005: 1). Katma değeri düşük malların üretimi, fakirlik döngüsü ve kalite gibi faktörler, demir çelik endüstrisi için hem iktisadî değeri hem de çevresel etkileri olan faktörler olarak değerlendirilmektedir. Ülkelerin refah düzeyi değerlendirmeleri yapılırken doğal sermaye yapıları, fiziki sermaye yapıları, beşerî sermaye yapıları ve sosyal sermaye yapılarının dikkate alınması gerekmektedir (Kotler, vd., 1997: 31). Bu nedenle bir ülkede çağdaşlaşma, refah düzeyinin yükselmesi ve sanayileşmenin öncüsü olarak kabul edilen demir çelik endüstrisi sürdürülebilirlik yaklaşımını benimsemeye çevreci politikalar ve sosyo-ekonomik gelişmelerden etkilenmektedir.

Doğal kaynakların değeri olarak ifade edilen doğal sermaye konusunda demir çelik sektörü, uluslararası politik otoritelerin gündeminde de yerini almıştır. Avrupa Birliği tarafından deklare edilen Avrupa Yeşil Mutabakatı sürdürülebilir ekonomik kalkınma amacıyla iktisadî büyümeden doğal kaynak kullanımının ayrılmasını amaçlamaktadır. Birlik tarafından oluşturulan sınırdan karbon düzenleme mekanizmasıyla demir çelik sektörünün ürünleri gibi yüksek karbon kaçağı riski taşıyan ve yüksek karbon emisyonu barındıran ürünler kontrol altına alınmaya çalışılmaktadır (European Commission, 2019; European Commission 2020). Bu nedenle karbon emisyonları, pazar ekonomisi içerisinde ürünleri sınırlar ötesi ticarete konu olan demir çelik sektöründe önemli bir gösterge olarak yer almaktadır.

Pazar ekonomisi kavramı her ne kadar küreselleşmenin temelini oluştursa da küreselleşme süreci pazar ekonomilerini tehdit edici unsurları da bünyesinde barındırmaktadır. Rekabeti artırıcı özelliğiyle küreselleşme işletmeleri bir yarışa dâhil etmekte, bazı işletmeler bu yarışta saf dışı kalabilmektedir. Diğer taraftan ise küreselleşme keskinleşen rekabet koşullarını bertaraf etmek isteyen girişimlerin, diğer bir ifadeyle anti rekabetçi olarak pazarda yer alan oluşumların, rekabeti tamamen ortadan kaldırmaya yönelik davranışlarını ortaya çıkarmaktadır. Bu iki zıt eğilimin giderilmesi ise etkin bir biçimde uygulamaya alınan rekabet politikaları ile gerçekleştirilmektedir (Sabır, 2017: 58). Son dönemde Dünya Ekonomik Forumu tarafından gerçekleştirilen tartışmalar, rekabet edebilirlik, sosyal uyum ve çevresel birlikteliğin sağlanabilmesi üzerinde şekillenmektedir (Cheng, vd.: 2023). Bu nedenle Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü tarafından oluşturulan rekabetçi endüstriyel performans endeksi (CIP) karşılaştırmalar ve demir çelik sektörü özelinde etkili çıkarsamalar yapılabilmesine imkân tanımaktadır. CIP endeksi üç boyutlu bir hesaplamının sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Birinci boyut, üretim ve ihracat kapasitesi, ikinci boyut teknolojik derinleşme ve ilerleme, üçüncü boyut ise imalat sanayinin dünya etkisi olarak ifade edilmektedir (Arik ve Erdem, 2019: 465).

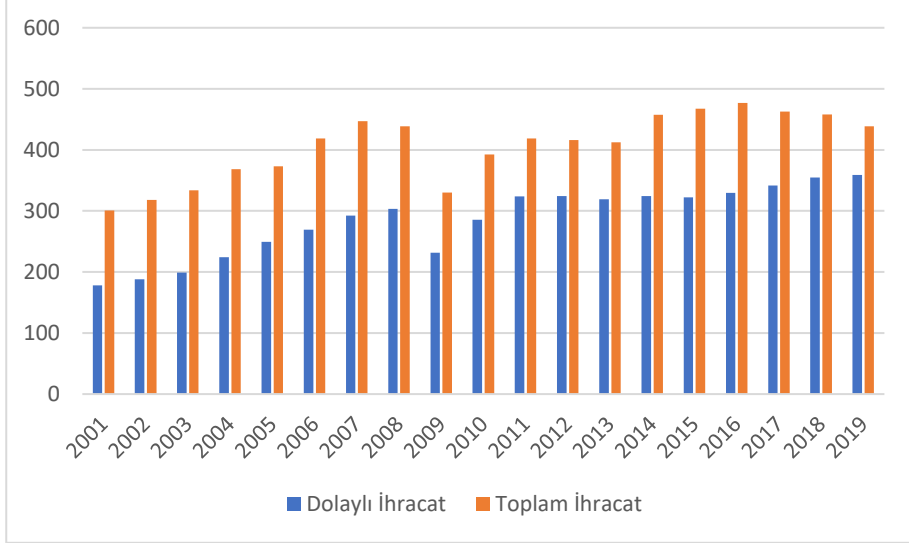
Diğer birçok endüstride olduğu gibi demir çelik sektöründe de teknolojik derinleşme ve ilerleme Ar-Ge faaliyetleri ile gerçekleştirilmektedir. Teknolojide kaydedilen ilerleme makro ölçekte ekonomik büyümeyi desteklerken, mikro düzeyde de firmaların kârlarına ve pazar paylarına artırıcı etkiyle yansımaktadır. Dünya ekonomisinde küreselleşmenin etkisiyle ülkeler arasında yaşanan ticaret, tarife ve kota engellerinin azalması ihracatın ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin artmasını sağlamıştır. Bu nedenle toplumsal refah düzeyini artırmak isteyen ülkelerde ihracat artırıcı politikalar önem kazanmaktadır. Yoğun rekabet şartları altında teknolojinin

taklit edilmesini engelleyen fikrî mülkiyet haklarının kabul edilmesi, Ar-Ge politikalarıyla ihracat politikalarını ortak bir noktada buluşmaya sevk etmektedir (Yıldırım ve Kesikoğlu, 2012: 166). Dolayısıyla bir ekonomi, sahip olduğu kaynakları ne kadar verimlilikle Ar-Ge çalışmalarına aktarabiliyorsa, ekonomik büyüme oranlarının da o ölçüde yüksek olması beklenmektedir (Özer ve Çiftçi, 2009: 237). Demir çelik sektörünün enerji maliyetlerini düşürme ve karbon emisyonlarını azaltma çabasının bir sonucu olarak sektörde Ar-Ge harcamaları hem endüstriyel hem de toplumsal gelişme için önem arz etmektedir. Sektör veya demir çelik üretimi gerçekleştiren ülkeler Ar-Ge harcamalarına ayıracakları payı uluslararası ticaretten elde ettikleri gelire göre belirleme eğilimindedirler.

Makroekonomik dengelerin iyileşmesine katkı sağlayan, ülke sınırları içerisindeki ekonomik faaliyetlerin canlanmasında pay sahibi, üretim ve kârlılığın artışına pozitif etki eden uluslararası ticaret türlerinden olan ihracat ise tüm sektörlerde olduğu gibi demir çelik sektörü özelinde de büyük önem arz etmektedir. Uluslararası ticarete yer alan güçlü devletin etkin bir ihracat ağı ve yönetimine sahip olduğu ifade edilebilecektir. İhracat, bir ülkede serbest dolaşımda bulunan malların ülkenin gümrük bölgesi dışına fiziki olarak çıkarılması; bir ülkeden başka bir ülkeye yapılan hizmet aktarımının da alıcısının yurt dışında bulunmak suretiyle hizmetten yurt dışından faydalanabilmesi amaç ve sonucunda satış işleminin gerçekleştirilmesi, olarak ifade edilmektedir. Demir çelik sektörünü de kapsamı içerisine alan imalat sektörü ihracat konusunda en önemli sektörlerin başında gelmektedir. Örneğin Türkiye’de toplam ihracatın yaklaşık %95’i imalat sanayinden yapılmaktadır.

İç piyasa satışlarına kıyasla ihracatın daha zor ve uzmanlık gerektiren süreçleri barındırması, profesyonel yetkinlikle yönetilmesi gerektiğine esas oluşturmaktadır. Bu sebeple bazı üretici firmalar bünyelerinde ihracat departmanı kurulmasını tercih ederlerken bazıları da dolaylı yöntemleri tercih etmektedirler. Dolaylı yöntemlerin başında da yerel aracılardan ihracatçılarla iş birliği yapılması gelmektedir (Melemen, 2016: Ball, vd., 2018: Arslan, 2021). Dolaylı ihracat, bir firmanın ürettiği mal ve hizmetleri yerli bir aracıya satması ve bu aracının dağıtım, nakliye ve çeşitli bürokratik işlem ve süreçleri tamamlayarak ürünü dış pazarlara ihraç etmesi anlamına gelmektedir (Özçelik, 2021: 240). Firmaların dış pazarlar hakkında bilgi edinimlerinin tam rasyonel olmadığı bilinmektedir. Bu durum dış pazara açılmada riskli ve belirsiz girişim faaliyetlerine de neden olmaktadır. Dış pazar bilgilerinin toplanması, yerel ortakların aranması ve değerlendirilmesi gibi faaliyetler de maliyet yükü oluşturacağından bu durum maddi kaynakları kısıtlı firmalar için külfetli olarak değerlendirilmektedir. Bu anlamda ihracat aracılığı uluslararası ticarete önemli bir aracılık rolü üstlenerek doğal akış içerisinde bağlantılı olamayacak birey ve kuruluşları buluşturmaktadırlar (Hessels ve Terjesen, 2010: 205). Demir çelik sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin de dolaylı ihracatı tercih etme eğilimlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Dolaylı ihracat rakamlarının demir çelik sektörünün diğer sektörlerle olan ilişkisi açısından önemli ve dikkate alınabilir değerlere ulaştığı görülmektedir. 2001-2019 dönemi için dünya demir çelik ihracatı ve dolaylı ihracatı Şekil 1’de yer almaktadır.

Şekil 1. 2001-2019 Dönemi Dünya Çelik İhracatı ve Dünya Dolaylı Çelik İhracatı (Milyon Ton)



Kaynak: World Steel Association, 2022

Şekil 1’de yıllar itibarıyla dünyanın toplam çelik ihracatı ile dolaylı çelik ihracatı değerlerine karşılaştırmalı olarak yer verilmiştir. Şekil incelendiğinde değerlerin artış ve azalışlarının birbiri ile eş eğimli gerçekleşmesinin yanı sıra grafikte dolaylı ihracat değerlerinin toplam ihracata olan oranının yüksekliği de dikkat çekmektedir. Demir çelik sektörünün ileri geri bağlantısının yüksek olması, ihracat ve ithalat politikalarını çift yönlü biçimde yönetebilmesi gereğini de beraberinde getirmektedir. Bu yönetim üretim süreçlerinden elde ettiği tecrübe ve değeri sektörün ihracat yoluyla kazanım değerine dönüştürmesi ve üretimi tamamlayabilmek için ise ithalata duyduğu ihtiyacı optimum değerlerle tedarik edebilmesiyle gerçekleşmektedir.

Dünyada çelik üretimi demir cevherinden üretim yapan veya hurda demirden üretim yapan tesislerde çeşitli teknik yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020). Enerji tüketiminin düşüklüğü, hurda malzeme fiyatlarının cevher fiyatlarına göre uygun olması, bakım onarım maliyetlerinin düşüklüğü ve demir çelik ürünlerinin dayanıklı ve yeniden işlenebilir yapısı sektörde hurda malzemenin öneminin artmasına olanak sağlamış ve hurda ithalatı değerleri de ülkeler üzerinde belirgin bir biçimde yükselmiştir. Bu durum dünya üzerinde demir ve çeliğin dağılımı dengeli olmaması sonucu ülkelerin veya firmaların demir çelik sektörünün küresel değer zincirinde farklı rol ve görevler üstlenmesine örnek olarak verilebilecektir.

Endüstriyel açıdan daha aktif ve dinamik olan ülkelerin hem güçlü bir devlet yapısına hem de güçlü toplumsal yapıya sahip olmaları politika kararlarını alanlar ve endüstri otoriteleri arasındaki kurumsallaşmış iş birliği, modern dünyadaki devlet kapasitesi

ve ulusal rekabet edebilirliğin temelini oluşturmaktadır (Weis ve Hobson, 1999: 283). Uluslararası ticaret koşullarında devletlerin rekabetçi yapıları gerçek anlamda birçok şirketin üretkenliği ve çalışma çevresiyle ilgili oldukça karışık bir yapılanma içerisinde ortaya çıkmaktadır. Bu karmaşık yapılanma içerisinde işletmelerin performansı da doğal olarak büyük ölçüde uygulanan makroekonomi politikalarına bağlıdır (Kotler, vd., 1997: 251). Bu durumda ekonomik istikrar, refah düzeyi ve büyümenin fiyatlar genel seviyesi veya belirli parasal endekslerden etkilenmesi üretkenlik ile ilişkilendirilebilecektir.

İstikrarsız ve belirsiz ekonomik yapı endüstrilerin karar almalarına ve gelişme için kaynak kullanımlarına etki etmektedir. Belirsiz bir ekonomik yapının varlığı, fiyat dalgalanmalarından doğrudan etkilenen demir çelik sektörü gibi endüstrilerde kazanç ya da kayıpların üretim ve satış koşullarından ziyade ekonomik göstergelere bağımlı hale gelmesi sonucunu doğurmaktadır. Bu nedenle çalışmada üretici fiyat endekslerine de değişken olarak yer verilmiştir.

Çalışmada, iklim krizi ve Avrupa Yeşil Mutabakatı çerçevesinde çalışmada seçilen ve kullanılan girdiler üretime dayalı karbondioksit emisyonları, üretici fiyat endeksleri ve demir çelik sektörü ithalat rakamları; çıktılar ise rekabetçi sanayi performansı, demir çelik sektörü ihracat rakamları, gayri safi yurt içi hâsıla oranı olarak Ar-Ge harcamaları olarak belirlenmiştir. Veri zarflama analizi ve benzer diğer yöntemlerle gerçekleştirilen çalışmalarda özellikle ithalat rakamlarının girdi olarak hesaplamaya genellikle alınmadığı görülmektedir. Ancak çalışmanın demir çelik sektörü özelinde yapılması ve sektörün hurda gibi sanayi çıktısı ürünlere de yeniden kullanım ve hammadde olarak ihtiyaç duyması nedeniyle çalışmada ithalat rakamları da girdi olarak değerlendirmeye alınmıştır. Sektör özelinde bu ihtiyacın giderilmesi çoğu zaman ithalat ile hurda ticareti olarak gerçekleştirilmektedir. Bu çalışma hem seçmiş olduğu girdi türü ve değerleri hem de veri setini dolaylı ihracat yapan ülkelerden elde etmesi amacıyla araştırma konusuna dikkat çekmeyi amaçlarken içerik analizi açısından literatüre farklı ve bütünlük bir bakış açısı sunmayı hedeflemektedir.

1.2. Literatür Taraması

Çalışmada araştırmanın kapsam ve sınırlılıklarına uygun biçimde literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle önceki çalışmaların araştırılması demir çelik sektöründe veri zarflama analizi ve ülkeler arası kıyaslama ve etkinlik ölçümünde veri zarflama analizi olacak şekilde gruplandırılarak kronolojik olarak sunulmuştur.

Ray ve Kim (1995) tarafından yayımlanan makale ABD çelik endüstrisinde maliyet faktörünü veri zarflama analizi yoluyla incelemeye almaktadır. Çalışma ABD’de yerel çelik endüstrisi özelinde çelik üreticilerinin incelemeye alınan yıllar baz alınarak teknik ve tahsis konularındaki verimsizlikleri ortadan kaldıracı durumlarında başarıya ulaşabileceğini savunmaktadır. Ayrıca eser, maliyet verimsizliklerini çevre kirliliği kontrol düzenlemelerine ayrılan kaynakların doğru kullanılmaması nedeniyle ortaya çıktığını bulgulamış olması açısından önemli olarak değerlendirilmektedir.

Aslan (2009) tarafından hazırlanmış İMKB Metal Ana Endeksine Kote Olan Şirketlerin Etkinliklerinin Veri Zarflama ile Analizi isimli yüksek lisans tezinde yazar, şirket bilançolarından elde ettiği değerlerden finansal rasyoları kullanarak analizin girdi ve çıktı değişkenlerini oluşturmuştur. Çalışma şirketlerin 2008 krizinde etkinliklerini değerlendirmeye alması açısından anlamlı olarak değerlendirilmektedir. Finansal piyasalardaki spekülasyon işlemlerinin veri zarflama analizinde şirketlerin kârlılığını hesaplamaya olumsuz etkide bulunduğu yazar tarafından ortaya çıkarılmıştır.

Bakırcı, Shiraz ve Sattary (2012) tarafından yayımlanan makalede yazarlar, BIST'te işlem gören demir çelik metal ana sanayi sektöründe faaliyet gösteren on dört firmayı incelemişlerdir. Eserde veri zarflama süper etkinlik analizi ve TOPSIS yönteminden faydalanılmıştır. Ampirik analizlerden elde edilen bulgularda her iki yöntemde de en yüksek skora Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş.'nin sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Debnath ve Sebastian (2014) yayımladıkları makalelerinde, Hindistan demir çelik endüstrisinde verimlilik ölçümünde veri zarflama analizi yönteminden faydalanmışlardır. Yazarlar, çalışmalarında verimsizlik nedenlerinin operasyonel süreçlerle ilgili olduğu ve Hindistan'da demir çelik sektöründe faaliyet gösteren kamu iktisadî teşebbüslerinin tedarik zincirini olumsuz etkileyecek biçimde yayılma gösterdiği sonucuna ulaşmışlardır.

Erkan ve Kara (2016) katıldıkları ICE-TEA 2016 konferansında, demir çelik endüstrisinde verimlilik ve karşılaştırmalı üstünlük ilişkisini ele almışlardır. Çalışma, demir çelik endüstrisindeki verimlilik düzeyi ile demir çelik sektörünün karşılaştırmalı üstünlük derecesi arasındaki ilişkiyi ortaya koyması açısından anlamlı olarak değerlendirilmektedir. Yöntem olarak Balassa Endeksi, veri zarflama analizi ve malmquist toplam faktör verimliliği hesaplamalarını kullanan eserde yazarlar, sosyo-ekonomik gelişmişliğin göstergesi olarak kişi başı çelik ve paslanmaz çelik tüketimine önem verilmesini, demir çelik endüstrisinin yatırımlarında çevresel faktörlerin dikkate alınmasını ve tedariklerin yerli kaynaklarla gerçekleştirilmesini önermişlerdir.

Özcan ve Anıl (2017) tarafından hazırlanan çalışmada yazarlar, 2013-2015 döneminde ilk beş yüz firma içerisinde yer alan demir çelik işletmelerinin verimlilik performanslarını incelemişlerdir. Veri zarflama analizi ve Malmquist toplam faktör verimliliği hesaplamalarının kullanıldığı çalışmada veri zarflama analizi yöntemine göre bir, Malmquist toplam faktör verimliliğine göre on bir firmanın olumlu yönde ilerlediği tespit edilmiştir.

Yang ve arkadaşları (2017) tarafından yayımlanan makalede, Çin demir çelik endüstrisinin bölgesel teknik etkinliği veri zarflama analizi kullanılarak hesaplanmıştır. Eser, 1996'dan 2010 yılına kadar geçen zamanda analizini gerçekleştirirken ülkenin on birinci kalkınma planına uygun gelişme ve değişimleri tespit etmiştir. Sonuç kısmında teknik etkinlikten elde edilen verilere dayalı politika

üretimi ve önerisinde bulunan yazarlar, Çin demir çelik endüstrisinde coğrafyaya dayalı etkilerin yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Demir çelik sektöründe enerji kullanımının kıyaslamasını veri zarflama yöntemiyle araştıran çalışmada Haider ve Mishra (2019), dört girdiden ve tek çıktıdan oluşan bir modeli uygulamaya almışlardır. Sermaye, emek, enerji ve malzeme değerleri girdi, üretim değerleri de çıktı olarak kullanılmıştır. Eser, enerji kullanım performansında veri zarflama analizini Hindistan özelinde kullanan ilk çalışma olması açısından anlamlı olarak değerlendirilmektedir.

Şengül (2020) tarafından yayımlanan BIST 100’de Yer Alan Ana Metal Sanayi Firmalarının Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü isimli makale, on yedi ana metal sanayi işletmesini 2010-2018 dönemi için veri zarflama yöntemi kullanarak analiz etmiştir. Çalışmanın girdi değişkenleri likidite oranı, cari oran, toplam borç / özkaynak, toplam aktifler; çıktı değişkenleri ise net kâr, özkaynak getirisi, net kar marjı ve tobin q oranı olarak belirlenmiştir. Çalışmada hesaplamaya dahil edilen şirketlerin 2018’e kadar genel bir düşüş trendi gösterdiği bulgusuna ulaşılarak sonuçlar yorumlanmıştır.

Moradi (2022) tarafından yayımlanan yüksek lisans tezinde yazar, BIST metal ana endeksinde kayıtlı işletmelerin insan sermayesi etkinliklerinin ölçümünü gerçekleştirmiştir. Çalışma kapsamına alınan on dört işletmenin 2016-2020 yılları arası değerleri kullanılarak 2019 yılına kadar etkinliklerini verimli bir şekilde yönettikleri sonucuna ulaşılmıştır. 2020 yılında pandeminin de etkisiyle etkinlik yönetiminde düşüş yaşandığı yazar tarafından değerlendirilmiştir.

Li ve arkadaşları (2023) tarafından yayımlanan Environmental Regulation and Green Technical Efficiency: A Process Level Data Envelopment Analysis from Chinese Iron and Steel Enterprises isimli çalışma yeşil teknik verimlilik ve çevresel faktörleri dikkate alması açısından önemli olarak görülmektedir. Çalışmada demir çelik sektöründe üretim tekniklerinden biri olan sinterleme, piyasa teşvikleri ve çevresel faktörlerin sektör üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Alanyazında önceki çalışmalar ülkeler düzeyinde incelendiğinde, Hasan Hüseyin Yıldırım (2004) tarafından hazırlanan doktora tezine de ulaşılmıştır. Yıldırım, çalışmasında Avrupa Birliği düzeyinde sağlık tartışmalarını değerlendirmeye alarak Avrupa Birliği’ne üye ve aday ülkelerin sağlık sistemlerinin verimliliklerini veri zarflama analizi yöntemiyle analiz etmiştir. Sayısal yöntemde dahil edilen yirmi yedi ülkeden on ikisinin verimli, on beşinin de verimsiz olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Spinks ve Hollingsworth (2005) tarafından OECD ülkeleri özelinde yayımlanmış makalede yazarlar OECD ve DSÖ verilerini kullanarak sadece sağlık sektörünün değil sosyal politika ve sağlığın sosyoekonomik belirleyicileri için etkinlik analizini gerçekleştirmeyi hedeflemişlerdir. Çalışmada girdi olarak temel ekonomik göstergeler kullanılırken çıktı olarak ise ortalama yaşam süresi tercih edilmiştir.

2008 yılında yayımlanmış makalede yazarlar veri zarflama analizi hesaplamalarında ağırlıkların dağılımına dayalı yeni bir yöntemle ülke performanslarını değerlendirerek literatüre kazandırmışlardır. Çalışmanın girdi değişkenlerini, bebek ölüm oranı, işsizlik oranı, enflasyon oranı oluştururken çıktı değişkenlerini ise kişi başı sağlık harcamaları, kişi başına düşen milli gelir, okur ve yazar oranı ile dış ticaret değerleri oluşturmuştur (Bal, vd., 2008).

Ekonomik değişken ve değerlerle yapılan diğer bir veri zarflama analizi çalışması ise Karabulut ve arkadaşları (2008) tarafından yayımlanmıştır. Yazarlar, Türkiye ve Avrupa Birliği'nin 2001-2005 yılları arasındaki makroekonomik performansını karşılaştırmışlardır. Çalışmada kaynak kullanımında Türkiye'nin beşinci sırada iyi bir etkinlikte olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Türkiye'nin toplam faktör verimliliğini arttıracak alanları tespit edilerek önerilerde bulunulmuştur.

Cherchye (2010), Using Data Envelopment Analysis to Assess Macroeconomic Policy Performance isimli çalışmasında ülkelerin makroekonomik performanslarını dört boyutta özetlemiştir. Çalışma farklı ekonomik göstergelerin ağırlıklandırılmasıyla karşılaştırma yapmaktadır. Çalışmada hesaplanan değerler uygulamalı politika önerilerine referans olarak işlevleştirilerek olası varsayımlar da değerlendirmeye alınmıştır.

Rabar'ın (2017) kaleme aldığı makalesi veri zarflama analizlerinin sosyo-ekonomik araştırmalara uygulanmasını OECD ülkeleri özelinde gerçekleştirmesi açısından anlamlı bulunmuştur. Çalışma kullandığı değişken ve bulguları ekonomik, çevresel ve enerji göstergeleriyle yorumlamıştır.

Beyler (2019) tarafından hazırlanan yüksek lisans tezi 28 Avrupa Birliği ülkesi ile Türkiye'nin Ar-Ge ve inovasyon çalışmalarını konu edinmiştir. Çalışmada veri zarflama analizi yöntemlerinden altı girdi ve 6 çıktı ile faydalanılmış ve hesaplamalar kurulan dört farklı model ile gerçekleştirilmiştir. Diğer ülkelere nazaran Türkiye üzerine eğilimle yaklaşan çalışmada yazar Ar-Ge faaliyetlerinin parasal getiri açısından zayıf kaldığını bulmuştur.

Literatür incelendiğinde gerek demir çelik sektörünü araştırmasına konu edinen gerekse de ülkeler düzeyinde araştırma gerçekleştiren çalışmalarda veri zarflama analizi yöntemlerinden faydalandığı görülmektedir. Bu konuda genellikle tek başına finansal ve iktisadi değişkenlerin ya da ulusal göstergeler ile çevresel faktörlerin değişken olarak seçildiği çalışmalara rastlanılmıştır. Bu durum çalışmanın motivasyon kaynağını oluşturmuş ve bu nedenle sosyal, ekonomik ve çevresel değişkenlere bütünlük olarak çalışmada yer verilmiştir.

2. YÖNTEM

Çalışmanın yöntem bölümünde çalışma içerisinde kullanılan Z-skor metodu ve veri zarflama analizine ilişkin tanıttıcı ve açıklayıcı bilgilere yer verilmiştir. Çalışmada, demir çelik sektöründe dolaylı ihracat değeri yüksek olan on iki ülke üzerinde

analizler gerçekleştirilmiştir. Araştırmada seçilen ülkeler World Steel Association'un World Steel Figures 2022 raporunda yer verilen sıralamaya göre belirlenmiştir. Araştırmanın sınırlılıkları veri kısıtı nedeniyle 2008, 2011, 2014, 2017 ve 2020 yıllarından oluşmaktadır. Veri zarflama analizlerinde eksiksiz veri ile çalışılmasının zorunluluğu nedeniyle panel veri zarflama analizinden feragat edilerek üçer yıllık dönemlerle karşılaştırmalar yapılmıştır.

Çalışmada kullanılan değişkenler, rekabetçi sanayi performansı endeksi, demir çelik ihracat rakamları, demir çelik ithalat rakamları, gayrisafi yurt içi hasıla oranı olarak Ar-Ge harcamaları, üretime dayalı karbondioksit emisyonları ve üretici fiyat endeksi değerlerinden oluşmaktadır. Rekabetçi sanayi performansı endeksi Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü'nden (UNIDO), demir çelik sektörü ihracat ve ithalat rakamları Dünya Ticaret Örgütü'nden (WTO), gayri safi yurt içi hasıla oranı olarak Ar-Ge harcamaları Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Kurumu'ndan (UNESCO UIS), üretime dayalı karbondioksit emisyonları ve üretici fiyat endeksleri ise Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) veri tabanlarından derlenerek elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan değişkenlerin kısaltma ve simgeleri Tablo 1'de açıklamalı olarak gösterilmiştir.

Tablo 1. Değişkenler ve Gösterimleri

Adı	Kısaltması	Birim	Kaynak
Rekabetçi Sanayi Performansı Endeksi	vCIP	Endeks / Oran	UNIDO
Demir Çelik İhracat Rakamları	vDCIHR	Milyon ABD Doları	WTO
Demir Çelik İthalat Rakamları	vDCITH	Milyon ABD Doları	WTO
GSYİH Oranı Olarak Ar-Ge Harcamaları	vGSYIHARGE	Endeks / Oran	UNESCO UIS
Üretime Dayalı Karbondioksit Emisyonları	vUDCO2	Milyon Ton	OECD
Üretici Fiyat Endeksi	vPPI	Endeks / Oran	OECD

Çalışmada kapsamı içerisinde yer alan hesaplamalı işlemler için IBM SPSS Statistics, Frontier Analyst Application ve Microsot Office Excel programlarından faydalanılmıştır. Çalışmada girdi olarak, vUDCO2, vDCITH ve vPPI; çıktı olarak da vCIP, vDCIHR, vGSYIHARGE değerleri seçilmiştir. Değişkenler üzerinde verileri ölçek birimlerinden arındırma işlemi uygulandığından değişken kısaltmalarına v simgesi eklenmiştir.

2.1. Z-Skor Metodu

Sayısal yöntemler kullanılarak gerçekleştirilen analiz çalışmalarında verilerin, ölçüm birimlerinin analiz sonuçlarına daha sağlıklı etki edebilmesi adına alternatif işlemler de yapılabilmektedir. Bu işlemler ile veri setinde yer alan değerler standartlaştırarak

farklı ölçeklerle kullanılan değişkenlerin analize eşit katkıda bulunması hedeflenmektedir. Bu bağlamda çalışmada kullanılan veriler üzerinde standartlaştırma işlemi Z-skor metodu ile gerçekleştirilmiştir.

Z-skor normleştirme ve standartlaştırma işlemlerinde değişkenlerin gözlem değerleri, değişkenlerin ortalamasına ve standart sapmasına bağlı olarak bilinen Z dönüşümü ile normleştirilmektedir. Matematiksel sonuçları ele alındığında eksi ve artı sonsuz arasında değer alabilen Z-skorun dağılımı genellikle -1.5 ile +1.5 arasında gerçekleşmektedir (Cihan, vd., 2017: 64). Hesaplamanın formül gösterimine Eşitlik 2.1'de yer verilmiştir.

$$X^i = \frac{x_i - \mu_i}{\sigma_i} \quad (2.1)$$

X^i = Normalize edilmiş veri

x_i = Gözlem değeri

μ_i = Gözlem değerlerinin ortalaması

σ_i = Gözlem değerlerinin standart sapması

Z-skor metodu özellikle persantil hesabının ölçemediği durumlarda da kullanılmakta, izlenen değişimler ilgili verilerin birbiri ile karşılaştırılabilmesini kolaylandırmaktadır (Karavuş, 1992: 10). Verileri karşılaştırılabilir ölçeklere dönüştürmek, farklı ölçek birimlerinde ölçülen değişkenlerin analize eşit katkıda bulunması amacıyla gerçekleştirilmektedir. Analizde kullanılacak modellerin doğruluğunun artırılması açısından önemli olarak değerlendirilen yöntemler arasında Z-Skor işlemleri de yer almaktadır. Çalışmada veri zarflama analizinde kullanılan girdi ve çıktılara ait sayısal değerlerin tümü z-skor metodu ile işleme tabi tutularak ölçüm birimlerinden arındırılmışlardır.

2.2. Veri Zarflama Analizi

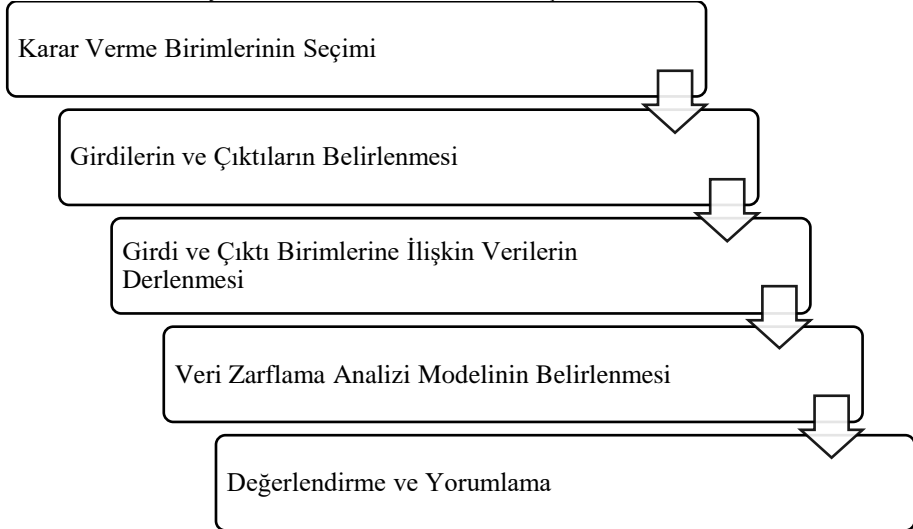
Veri zarflama analizi, 1957 yılında Farrel tarafından etkinlik kavramından faydalanılarak öne sürülmüş, daha sonrasında Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından tanıtılmış ve bilimsel alanyazında büyük ilgi görmüştür. Analiz, kamu sektörü başta olmak üzere birçok sektörün karar verme birimlerinin görece teknik etkinliğinin ölçümü için güçlü bir araç olmaya başlamıştır (Charnes, vd., 1978; Seiford, 1997; Timor ve Lorcü, 2010).

Verimlilik ve etkinlik kavramlarına literatürde yer verilme biçimleri ele alındığında genellikle bir üretim biriminin etkinliğinin girdi ve çıktılarının fiili ve optimal değerlerinin karşılaştırılması olarak kavramların ifade edildiği görülmektedir. Karşılaştırma, fiili çıktı düzeyinin girdiden elde edilebilecek maksimum potansiyel çıktı düzeyine oranlanması ya da araştırmaya konu olan çıktı miktarının üretilebilmesi için gerekli olan minimum girdi düzeyinin fiili girdi düzeyine oranlanması şeklinde yapılmaktadır (Gedik, 2011: 338; Lovell, 1993).

Aynı amaçlar doğrultusunda hareket eden karar verme birimlerinin, birbirleri ile olan görece etkinlik düzeylerini karşılaştırmada kullanılan, çok faktörlü ve özellikle oran analizi ve parametrel yöntemlerin eksik kaldığı durumlara alternatif olarak üretim sınırının veya en iyi uygulama sınırının tahmin edilmesinde kullanılan doğrusal programlama metodolojisi veri zarflama analizi olarak ifade edilebilecektir. Veri zarflama analizi yönteminin başlıca avantajları, çok sayıda girdi ve çıktı değişkenleri ile analiz gerçekleştirebilmesi, girdiler ve çıktılar arasında fonksiyonel forma ihtiyaç duymaması, karar verme birimlerinin üretim süreçlerini daha iyi tanınmasına imkân sağlaması olarak sayılabilecektir (Kecek, 2010). Yöntemin dezavantajları ise analiz sonuçlarının seçilen girdi ve çıktı değişkenlerine karşı duyarlılığının yüksek olması, kullanılacak değişkenlerin girdi ve çıktı değerlerinin çok büyük veya çok küçük olması nedeniyle etkinlik sınırının zorlaştırılması, parametrik olmayan özellikli yapısı ile istatistikî hipotez testlerini uygulamada güçlük yaratması olarak sayılabilecektir (Lorcu, 2008).

Veri zarflama analizi uygulamalarında analize konu olan karar verme birimlerinin belirli ortak özelliklerinin olması, aynı hedefe yönelik benzer işlevler görmeleri önemli olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte pazar şartlarının benzer olması ve grupta yer alan bütün birimlerin verimliliklerini nitelendiren unsurların yoğunluk ve büyüklük farklılıkları hariç aynı olması şartları aranmaktadır (Kayalidere ve Kargın, 2004: 204). Veri zarflama analizinde kullanılacak işlem adımları Şekil 2’de gösterilmiştir.

Şekil 2. Veri Zarflama Analizi İşlem Adımları



Veri zarflama analizi hesaplamalarında karar birimlerinin belirlenmesinde birden çok yaklaşım bulunmaktadır. Uygulama örneklerinde en çok karşılaşılan durumlardan biri

de seçilen karar biriminin girdi ve çıktı sayısının en az iki katı olması gerektirir. Ancak yine de daha sistematik bir yaklaşımla karar birimi şu şekilde de belirlenmektedir; girdi sayısı m , çıktı sayısı da p ise karar birimi sayısı en az $m + p + 1$ olmalıdır (Boussofiane, vd., 1991: Behdioğlu ve Özcan, 2009: 304).

Çalışmada veri zarflama yaklaşımının analitik yapısının açıklanması m adet girdiye, s adet çıktıya sahip n adet karar verme birimi için maksimize edilecek çıktı/girdi oranının matematiksel ifadesi Eşitlik 2.2’de yer almaktadır.

$$\text{Max } h_k = \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik}} \quad (2.2)$$

Yukarıdaki ifade $X_{ij} > 0$ parametresi j karar birimi tarafından kullanılan i girdi miktarını, $Y_{ij} > 0$ parametresi de j karar birimi tarafından kullanılan r çıktı miktarını göstermektedir. Bu karar problemi için değişkenler k karar biriminin i girdi ve r çıktıları için vereceği ağırlıklardır. Bu ağırlıklar sırasıyla v_{ik} ve u_{ik} olarak gösterilmiştir (Ulucan, 2000: 409).

Eşitlik 2.3’de yer alan ifadede ise, k organizasyonel karar biriminin ağırlıklarını diğer karar birimleri de kullanıldığı zaman etkinliklerinin %100’ü geçmemesini sağlayan kısıttır.

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij}} \leq 1; \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.3)$$

Veri zarflama analizlerinde girdilerin ve çıktıların ağırlıklarının negatif olmamasını sağlayan kısıt da Eşitlik 2.4’te gösterilmiştir.

$$\begin{aligned} u_{rk} &\geq 0; \quad r = 1, \dots, s \\ v_{ik} &\geq 0; \quad i = 1, \dots, m \end{aligned} \quad (2.4)$$

Bu eşitsizlikler setini doğrusal programlama formuna çevirip muhtelif algoritmalarla çözüme ulaşmak için maksimizasyon formundaki amaç fonksiyonunun paydasının 1’e eşitlenip bir kısıt haline getirilmesi yeterlidir (Ulucan, 2000).

Veri zarflama analizleri temelde iki model üzerinde yoğunlaşmıştır. Bunlar CCR ve BCC modelleri olarak isimlendirilmektedir. Bu modeller girdiye yönelik ve çıktıya yönelik olmak üzere iki grupta incelenmektedirler. Girdiye yönelik veri zarflama analizi modelleri belirli bir çıktıyı en uygun şekilde üretebilmek amacıyla kullanılacak en uygun girdinin nasıl olması gerektiğini; çıktıya yönelik veri zarflama analizi modelleri ise belirli bir girdi bileşimi ile en fazla ne kadar çıktı bileşimi elde edilebileceğini araştırmaktadır (Charnes, vd., 1978; Behdioğlu ve Özcan, 2009: 305).

CCR modeli, ölçüğe göre sabit getiri varsayımı altında karar birimlerinin toplam etkinlik skorunu hesaplamaktadır. Girdiye yönelik CCR modeli ile çıktıya yönelik

CCR modelinde sağlanan zarflama yüzeyi aynıdır, bununla birlikte etkin olmayan karar birimlerinin her iki yöntemde de sınır üzerinde farklı izdüşümleri alınmaktadır (Behdioğlu ve Özcan, 2009). Girdiye yönelik CCR modelinin matematiksel ifadesi Eşitlik 2.5’de, modelin kısıtları ise Eşitlik 2.6’da gösterilmiştir.

$$E_k = \text{Min} \alpha - \varepsilon \sum_{i=1}^m s_i^- - \varepsilon \sum_{r=1}^p s_r^+ \quad (2.5)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- - \alpha X_{ik} = 0; \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j + s_r^+ - Y_{rk} = 0; \quad r = 1, \dots, p \quad (2.6)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n; \quad s_i^- \leq 0 \quad i = 1, \dots, m; \quad s_r^+ \leq 0 \quad r = 1, \dots, p$$

Modellerin matematiksel ifadelerinde E_k karar verme biriminin etkinliğini, X_{ij} j’inci karar verme birimi tarafından kullanılan i’inci girdiyi, X_{ik} k karar verme birimi tarafından kullanılan i’inci girdiyi, Y_{rj} j karar verme birimi tarafından üretilen i’inci çıktıyı göstermektedir. Y_{rk} k karar verme birimi tarafından üretilen r’inci çıktıyı, ε yeterince küçük pozitif bir sayıyı, n karar birim sayısını, p, çıktı sayısını, m girdi sayısını, α görelili etkinliği ölçülen k karar biriminin girdilerinin ne kadar azaltılabileceğini belirleyen büzülme katsayısını, s_i^- k karar biriminin i’inci girdisine ait atıl değeri, s_r^+ k karar biriminin r’inci çıktısına ait atıl değeri, λ_j ise j’inci karar biriminin aldığı yoğunluk değeri olarak ifade edilmektedir (Behdioğlu ve Özcan, 2009).

BCC modeli, verilen bir ölçek özelinde saf teknik etkinliğin tahmin edilmesini sağlarken artan, azalan veya sabit ölçeğe göre getiri olasılıklarını ortaya koyarak, teknik ve ölçek etkinliğinin ayırımı yapmaktadır (Beyler, 2019: 21). Girdi yönelimli BCC modelinin matematiksel ifadesi ve modelin kısıtları Eşitlik 2.7’de gösterilmiştir.

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

$$\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj} - u_0 - \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij} \leq 0; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.7)$$

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

$$v_{ik}, u_{rk} \geq \varepsilon > 0; \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$u_0 = \text{Serbest değişken}$$

Modellerin matematiksel ifadelerinde h_k k karar biriminin etkinliğini, u_{rk} k karar biriminin r çıktısı için ağırlığını, v_{ik} v karar biriminin i girdisi için ağırlığını, Y_{rk} k

karar biriminin r çıktı değerini, X_{ik} k karar biriminin i girdi değerini, Y_{rj} j karar biriminin j çıktı değerini, X_{ij} j karar biriminin i girdi değerini ifade etmektedir. ε simgesi ise 0.001 gibi sıfır değerine çok yakın bir sayısal değeri; r, s tane farklı çıktıyı; i, m tane farklı girdiyi ve j de n tane farklı karar birimini göstermektedir (Beyler, 2019: 20).

Veri zarflama analizi modelleri içerisinde girdiye ve çıktıya yönelik olan modellerin tek bir model şeklinde ifade edilmiş gösterimleri de toplamsal model olarak tanımlanmaktadır. Toplamsal modellerin ana amacı, girdilerdeki fazlalıkların ve çıktılardaki eksikliklerin toplamını maksimize ederek en fazla ilerlemeyi sağlayacak yöntemi bulmak olarak ifade edilebilecektir (Beyler, 2019).

2. BULGULAR

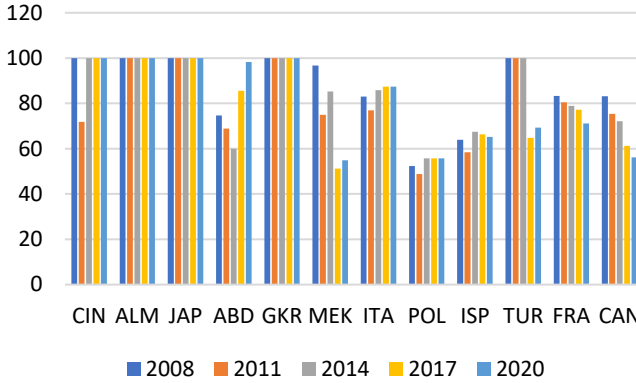
Çalışmanın yöntem kısmında anlatılan prensipler dikkate alınarak paket programlar yardımıyla elde edilen bulgular, ülkelerin etkinlik değerleri hakkında sonuçlara bu kısımda yer verilmiştir. Girdi yönelimli ve ölçeğe göre sabit getirili modelden elde edilen sonuçlar Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 2. CCR Sonuçları

ULKELELER	2008	2011	2014	2017	2020
CIN	100	71.8	100	100	100
ALM	100	100	100	100	100
JAP	100	100	100	100	100
ABD	74.7	68.9	60	85.6	98.3
GKR	100	100	100	100	100
MEK	96.7	74.9	85.3	51.2	54.9
ITA	83	77	85.9	87.4	87.4
POL	52.4	48.8	55.7	55.7	55.7
ISP	64	58.4	67.5	66.4	65.2
TUR	100	100	100	64.8	69.3
FRA	83.3	80.4	78.9	77.2	71.2
CAN	83.2	75.4	72.1	61.2	56.1

Tablo 2 incelendiğinde tüm yıllar için Almanya, Japonya ve Güney Kore’nin tam etkin çıktığı sonucuna ulaşılmaktadır. Analiz sonuçlarının grafik gösterimine Şekil 3’te yer verilmiştir.

Şekil 3. CCR Sonuçları



2020 yılı için ülkelerin CCR modelinde kullanılan girdi ve çıktıların detayı ele alınarak ülke bazlı olarak sonuçlar değerlendirilmiştir. ABD'nin demir çelik ihracatını referans ülkelere kıyasla %55.26 oranında arttırması, üretime dayalı karbondioksit emisyonlarını %31.78, demir çelik ithalatını %50.26 ve üretici fiyat endeksi değerlerini %1.66 azaltması gerektiği bulgulanmıştır. Meksika'nın sonuçları incelemeye alındığında gayri safi yurt içi hasıla oranı olarak Ar-Ge harcamalarındaki oran yüksekliği dikkat çekicidir. Meksika'nın bu oranı %80.06 oranında arttırması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Ülkenin üretime dayalı karbondioksit emisyonlarının (%45.11), demir çelik ithalatının (%45.11) ve üretici fiyat endeksi değerlerinin (%64.11) de yüksek olduğu görülmektedir.

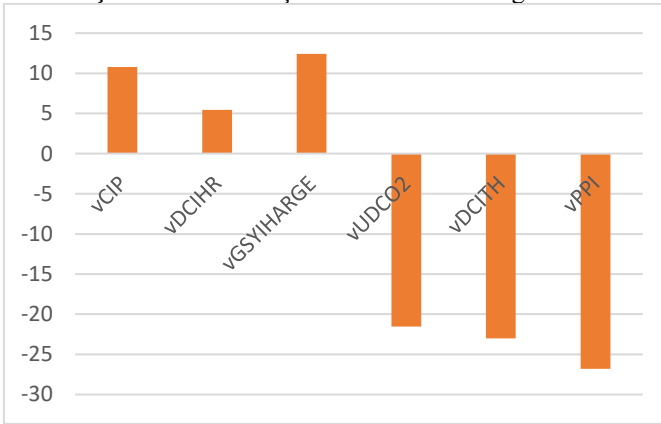
2020 yılı sonuçları için İtalya, Fransa ve Polonya ele alındığında, İtalya'nın ve Fransa'nın potansiyel iyileştirme sonuçlarının diğer ülkelere oranla daha makul olduğu bulgulanmıştır. İtalya özelinde en yüksek değer gayrisafi yurt içi hasıla oranı olarak Ar-Ge harcamalarına aittir. Ülkenin %37.05 oranında bu değerini arttırması etkin ülkeler arasında yer alabilmesi için önem arz etmektedir. Polonya'da ise üretici fiyat endeksleri sonucu %52.55 olarak elde edilmiştir. Ülkenin rekabetçi sanayi endeksi hedefinden uzaklığı %40.42'dir. Üretime dayalı karbondioksit emisyonları ve demir çelik ithalatı ise %44.30 olarak sonuçlanmış, ülkenin tam etkinliğe ulaşabilmesi için bu değerleri belirtilen yüzdeler oranında azaltılması gereklidir.

İspanya dikkate alındığında ülkenin üretime dayalı karbondioksit oranı ve demir çelik ithalatı değerlerini %34.82 oranında azaltması gerekmektedir. Ülkenin üretici fiyat endeksleri değeri 2.09 olarak hesaplanmıştır. Bu değer olması gereken miktarı 1.20'dir. Bu nedenle İspanya'nın tam etkinlik için üretici fiyat endekslerinde %42.80 oranında azalışa ihtiyacı bulunmaktadır. Kanada'nın değerlerinden elde edilen sonuçlar demir çelik sektörü özelinde ülkenin demir çelik ihracatını % 3.79 oranında arttırması gerektiği, üretime dayalı karbondioksit emisyonlarını ve demir çelik

ithalatını yaklaşık %44 oranında azaltması gerektiği tespit edilmiştir. Kanada'da ayrıca üretici fiyat endeksleri hedeflenen değerin %50.27 üzerinde gerçekleşmiştir.

2020 yılı sonuçlarına göre Türkiye değerlendirildiğinde, ülkenin rekabetçi sanayi performansı endeksinde hedef değerden %80.14'lük bir açıklık olduğu bulgulanmıştır. Gayri safi yurt içi hasıla oranı olarak Ar-Ge harcamalarında %34.46'lık bir artışa ihtiyacı bulunmaktadır. Türkiye'nin etkinlik skorunu yükseltebilmesi için üretime dayalı karbondioksit emisyonlarını ve demir çelik ithalatını %31 oranında azaltması gerekmektedir. Üretici fiyat endekslerinin yüksek çıkmasının maliyet enflasyonunun varlığına işaret etmesi nedeniyle Türkiye'nin ÜFE değerlerinde %76.04 oranında azalışa gitmesi etkinlik skoru için önem arz etmektedir.

Şekil 4. Girdi ve Çıktıların Etkililik Değerleri

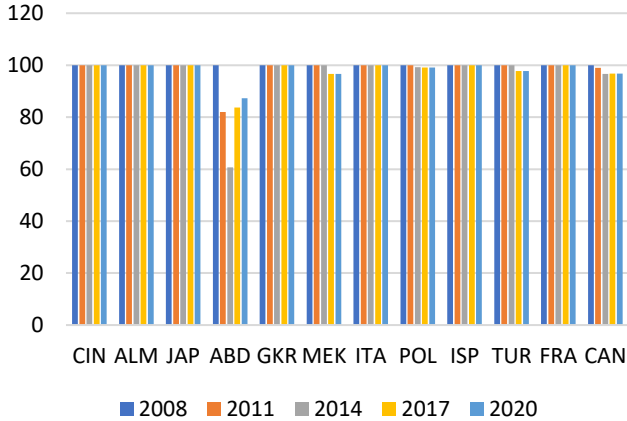


Şekil 4'te hangi girdilerin veya çıktıların uygulamada ne kadar etkili olduklarına dair özet bir grafik gösterimi yer almaktadır. Girdi yönelimli bir çalışmada girdilerin yüzdelik oranlarının en yüksek değerlere sahip olması çalışmanın bütünü ve sonucu ile daha az girdiye ya da seçilen girdilerde azalmaya gidilmesinin önemli olduğunu göstermesi açısından mantıklı ve uyumlu olduğunu göstermekte olduğu değerlendirilmektedir. Analiz sonuçlarına göre 2020 yılında ülkelerin referans sayıları incelendiğinde ise Japonya'nın 9, Almanya'nın 8, Güney Kore'nin 5 ve Çin'in 1 ülkeye referans olduğu görülmektedir. Girdi yönelimli ve ölçüğe göre değişken getirili modelden elde edilen sonuçlar Tablo 3'te ve Şekil 5'te yer almaktadır.

Tablo 3. BCC Sonuçları

ULKELER	2008	2011	2014	2017	2020
CIN	100	100	100	100	100
ALM	100	100	100	100	100
JAP	100	100	100	100	100
ABD	100	82	60.7	83.7	87.3
GKR	100	100	100	100	100
MEK	100	100	100	96.6	96.6
ITA	100	100	100	100	100
POL	100	100	99.2	99.1	99.1
ISP	100	100	100	100	100
TUR	100	100	100	97.8	97.8
FRA	100	100	100	100	100
CAN	100	99	96.6	96.8	96.8

Şekil 5. BCC Sonuçları



BCC modeli girdi ve çıktılara serbest ağırlıklandırma olanağı tanıyan özelliği ile bilinmektedir. Modelin sonuçları incelendiğinde özellikle 2008 yılında tüm ülkelerin tam etkinlik skoruna sahip olduğu görülmektedir. Diğer yıllar içerisinde ise CCR modeline göre etkin çıkan ülke sayısının da fazla olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni BCC modelinde teknik olarak etkin olan ülkelerin ölçek etkinliği şartını sağlayamamasının sonucu olarak toplam etkinlik ölçümü yapan CCR modelinde etkin bulunamamasıdır. Bu durum, CCR modelleri toplam etkinliği BCC modelleri ise teknik etkinliği ölçmektedir, şeklinde de ifade edilebilecektir.

2020 yılı için BCC modeli sonuçlarında Türkiye özelinde değerlendirme yapıldığında, ülkenin rekabetçi sanayi performansı endeksinde %38.25 oranında potansiyel iyileştirmeye ihtiyacı olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra üretici fiyat endeksleri de CCR modelinde olduğu gibi yüksek değerlerle sonuçlanmış, Türkiye'nin etkinliğini arttırabilmesi için ÜFE değerlerinde %58.21 oranında azalışa gitmesi gerektiği bulgulanmıştır.

4. TARTIŞMA

Demir çelik sektörü özelinde ve on iki ülkeyi kapsamı içerisine alan bu çalışmanın girdi değişkenlerini üretime dayalı karbondioksit oranları, demir çelik ithalatı ve üretici fiyat endeksi değerleri; çıktı değişkenlerini ise rekabetçi sanayi performansı endeksi, demir çelik ihracatı ve gayrisafı yurt içi hasıla oranı olarak Ar-Ge harcamaları oluşturmaktadır. Demir çelik sektörünün ileri geri bağlantısının yüksek olması, bir başka ifadeyle ürettiği ürünleri tekrarlı olarak hammadde olarak kullanabilmesi sektörün ithalat ihtiyacı ile ilişkilendirilebilmektedir. Bu nedenle çalışmada diğer çalışmalara kıyasla ithalat değerlerine girdi olarak yer verilmiştir. Çalışmada hurda ve hammadde ithalatı, ÜFE fiyatları ve üretime dayalı karbondioksit emisyonlarının ülkelerin etkinliklerinde dikkate değer ağırlıkta olup olmadıkları tartışmaya açılarak, değerlerin önemli bir ağırlığa sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Her iki modelde de Almanya, Güney Kore ve Japonya'nın tam etkin sonuçlara ulaşması; sanayileşme, teknolojik yatırımlar, çevreye duyarlılık ve inovatif araştırmaların sektör için önemli ve anlamlı olduğu değerlendirilmesi yapılmasına imkân vermektedir. Almanya'nın özellikle 2015 yılı sonrasında enerji verimliliğini artırıcı proje ve uygulamalara destek vermesi ve demir çelik sektörü özelinde kullanım ömrü yüksek olan fırınları modernize etmesi bu süreçte ülkenin gösterdiği olumlu performanslar arasında yer almaktadır (Arens, vd., 2017). Güney Kore'de ise Almanya'ya kıyasla teknolojik derinleşme ve Ar-Ge harcamaları gelişimi 1980'lerden günümüze öncelikli olarak uygulanan politikalar arasında yer almaktadır (Tunçsiper ve Fırat, 2016). Ayrıca Güney Kore'nin 2007 yılında imzalayarak uygulamaya aldığı Stockholm Sözleşmesi kural ve beklentilerine verdiği önemin sonuçlarını elde etmeye başladığı değerlendirilmektedir (Jin, vd., 2009). Güney Kore'de uygulamaya alınan üç unsurlu yapısal politikalar sektörün ve çevresel faktörlerin iyileştirilmesinde önemli gelişmeler arasında yer almaktadır. Devletin özerkliği, istikrarlı ekonomi politikası ve yerli teknolojilerin desteklenmesi olarak sayılan üç unsurlu yapısal politika araçları diğer ülkelerin de küresel rekabet gücü gelişmelerine rol model olarak etki etmektedir (D'Costa, 2007: 45). Japonya'nın demir çelik endüstrisinde hem demir çelik üretimindeki verimliliği arttırmak hem de sektörün çevresel risklerini en aza indirmek adına gündeme alınan tedbirlerin sadece teknolojik konuları kapsamaması dikkat çekici olarak değerlendirilmektedir. Japonya'nın politik otoriteleri bu konuda teknolojik ilerlemenin yanında ülkenin gelecekteki çelik üretim seviyelerini belirlemeye ve üretim sonuçlarını modellemeye de ağırlık vermektedirler (Kuramochi, 2017: 669). Bu nedenlerle çalışmada elde edilen sonuçların hem literatür hem de ülkelerin politik kararlarıyla uyum içerisinde oldukları görülmektedir.

SONUÇ

Demir çelik üretiminde hammadde ihtiyacını karşılamada dışa bağımlı olan ülkelerin hem karbon emisyon oranlarının yüksek hem de ihracat rakamlarının düşük çıkması, sektörün geleceğine yönelik tartışmaların çerçevesini belirlemesi açısından anlamlı olarak değerlendirilmektedir.

Demir çelik sektörü, değişken, dinamik ve bilfiil küreselleşmiş uluslararası ticaret şartlarında kâr etmenin ve iktisadî fırsatları değerlendirmenin güç olduğu rekabet ortamında ülkeler ve endüstrileri için lokomotif görev üstlenen özelliğini korumaya devam ettirmektedir. Bu nedenle sektör özelinde ülkeler sadece ihracat odaklı değil, kaynaklarını etkin şekilde kullanarak verimlilik arttırmalı, maliyetlerini düşürmeli ve kaliteyi dolayısıyla rekabeti yükseltmek adına Ar-Ge faaliyetlerine önem vermelidirler.

Avrupa Yeşil Mutabakatını ve İklim Krizini gündemine alan uluslararası otoritelerin baskı ve yaptırımları artmadan sektörde herhangi bir üretim ve ticaret kaybı yaşanmaması adına firmaların bu bağlamdaki gelişmelere hızlı adapte olması, ülkelerin ise karbon düzenlemesini ciddi ve daha ivedi bir biçimde ele almaları önerilmektedir.

Uluslararası ticaret sistemi içerisinde yer alan ülkelerde gerek ekonomik gerekse de çevresel faktörler açısından uygulamaya alınan politikalarda algı farklılıkları olduğu değerlendirilmektedir. Bu durum mevcut uluslararası ticaret tartışmalarının da yüzeysel kalmasına neden olmaktadır. Gelişmiş ülkeler, çevreye ilişkin yasaların serbest olduğu veya hiç olmadığı az gelişmiş ülkelerdeki daha düşük maliyetli üretime kıyasla dezavantajlı bir duruma düştükleri algısına kapılmaktadırlar. Buna karşın az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkeler ise çevresel yasa ve düzenlemeleri kendi ekonomik gelişmelerini geriletme tehdidi olarak algılamaktadırlar (Kotler, vd., 1997: 31). Bu nedenle belirlenen politika ve önlemlerin uygulamaya alınmasında rekabetçi, üretken, iktisadi ve ekolojik faktörlerin bütünlük olarak değerlendirmeye alınması önemli hale gelmektedir. Çalışmada kullanılan değişkenlerin de bütünlük yapıya uygun olması çalışmanın bu alanda yer alan literatür boşluğunu doldurma amacıyla uyusmaktadır.

Araştırma bulgularından elde edilen önemli bir sonuç olarak, günümüzde ülkelerin ihracat performanslarını, rekabetçiliklerini ve üretimde uzmanlaşmalarını ihraç ettikleri ürünlerin miktarı ve fiyat ederleri belirlemektedir. Yakın gelecekte üretilen ürün başına ihraç miktarı daha az olmasına rağmen karbon salınımı oranı ve çevresel faktörleri de dikkate alan ülkelerin daha rekabetçi bulunacağı değerlendirilmekte ve öngörülmektedir.

INVESTIGATING THE EFFECTIVENESS OF IRON AND STEEL INDUSTRY BY USING DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

1. INTRODUCTION

Modernization and economic development are related with industrialization. This relationship is a directly proportional relation. If a country is not sufficiently industrialized, it can not completed its economic development. The iron and steel sector provides raw materials to many sectors. Therefore, iron and steel industry is important for modernization and economic development.

In this study, inputs and outputs were selected within the framework of the climate crisis and the European Green Deal. The inputs were selected as production-based carbon dioxide emissions, producer price indices and import figures of the iron and steel sector, while the outputs were competitive industrial performance, export figures of the iron and steel sector, and R&D expenditures as a ratio of gross domestic product.

A literature review was conducted in this study. The review section was created accordance with the scope and limitations of the study. For this reason, the research of previous studies were grouped and presented chronologically as data envelopment analysis in iron and steel sector and data envelopment analysis in cross-country benchmarking and efficiency measurement.

2. METHODS

In the methodology section of the study, the statistical definition of Z-score method and data envelopment analysis were given. The study has obtained results on twelve countries with high indirect export value in the iron and steel sector. The countries in the study were selected according to the ranking in the World Steel Association's World Steel Figures 2022 report. The limitations of the study consist of the years 2008, 2011, 2014, 2017 and 2020 due to data limitations.

The selected countries are China, Germany, Japan, USA, South Korea, Mexico, Italy, Italy, Poland, Spain, Turkey, France and Canada.

3. RESULTS

As a result of the study, Germany, South Korea and Japan were found to be fully efficient for all years. According to the results of the analysis, when the reference numbers of countries are examined in 2020, it was seen that Japan has nine, Germany has eight, South Korea has five and China has one country reference. The fact that the percentages of the inputs have the highest values is considered to be logical and compatible with the whole and the result of the study in terms of showing that it is important to have fewer inputs or to reduce the selected inputs.

The study reveals that scrap and raw material imports, PPI prices and production-based carbon dioxide emissions are important for the efficiency of the countries.

4. DISCUSSION

The fact that the iron and steel sector can use the products its produces as raw materials shows that the sector needs imports. For this reason, compared to other studies, this study includes import values as input.

Germany, South Korea and Japan were found to be fully efficient. This shows that industrialization, R&D, environmental protection and innovation are important for the sector. Because these countries attach importance to technology, environment and innovation.

CONCLUSION

The iron and steel sector is very important for all industries. For this reason, countries should not only focus on exports. Countries should also increase productivity by using their resources effectively, reduce costs and give importance to R&D activities to increase competitiveness.

In order to avoid any loss of production and trade in the sector before the pressure and sanctions of the international authorities, which have put the European Green Deal and the Climate Crisis on their agenda, increase, it is recommended that companies adapt quickly to the developments in this context and that countries take carbon regulation seriously and more urgently.

Today, a country's competitive advantage depends on the amount of exports, international selling price and production capacity. In the future, it will be taken into account which country protects the environment more while producing. Countries that both produce and protect the environment will be more competitive.

KAYNAKÇA

Arens, M., Worrell, E., Eichhammer, W., Hasanbeigi, A. ve Zhang, Q. (2017). Pathways to a Low-Carbon Iron and Steel Industry in the Medium Term The Case of Germany. *Journal of Cleaner Production*, 163, 84-98.

Arık, Ş. ve Erdem, M. Ş. (2019). İmalat Sanayi Rekabet Gücü Yapısının Belirleyicileri. *Akdeniz İİBF Dergisi*. 19 (2). 455-488.

Arslandere, M. (2021). İhracat Sürecindeki Profesyonel Ekiplerin İhracat Yapan Firmaların Yaşadıkları Sorunlarla İlişkisi Üzerine Ampirik Bir Çalışma. *Sosyoekonomi*. 29 (49). 217-233.

- Aslan, E. (2009). İMKB Metal Ana Endeksine Kote Olan Şirketlerin Etkinliklerinin Veri Zarflama İle Analizi. *Yüksek Lisans Tezi*. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı. İzmir.
- Atik, H. (2005). *Yenilik ve Ulusal Rekabet Gücü*. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Bakırcı, F., Shiraz, S. E. ve Sattary, A. (2014). BIST'da Demir, Çelik Metal Ana Sanayi Sektöründe Faaliyet Gösteren İşletmelerin Finansal Performans Analizi: VZA Süper Etkinlik ve TOPSIS Uygulaması. *Ege Akademik Bakış*. 14 (1). 9-19.
- Bal, H., Örkçü, H. ve Çelebioğlu, S. (2008). A New Method Based on the Dispersion of Weights in Data Envelopment Analysis. *Computers and Industrial Engineering*. 54 (3). 502-512.
- Ball, D. A., Mc'Culloch, W. H., Frantz, P. L., Geringer, J. M., ve Minor, M. S. (2004). *International Business: The Challenge of Global Competetion*. New York: McGraw Hill Press.
- Behdioğlu, S. ve Özcan, G. (2009). Veri Zarflama Analizi ve Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadî ve İdarî Bilimler Fakültesi Dergisi*. 14 (3). 301-326.
- Beyler, A. (2019). Ülkeler Düzeyinde Ar-Ge ve İnovasyon Faaliyetleri Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi ile Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı. Konya.
- Boussofiane, A., Dyson, R. ve Rhodes, E. (1991). Applied DEA, *European Journal of Operational Research*. 2 (6). 1-15.
- Charnes, A., Cooper, W. W. ve Rhodes, E. (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*. 2 (6). 429-444.
- Cheng, C. F. C., Yuan, Q., Hua, C., Xu, Y., Cantore, N. ve Wang, K. (2023). Global Inclusive and Sustainable Competitive Industrial Performance (ISCIP): An Efficiency Based Spatio-Temporal Analysis for 139 Countries. *Applied Energy*. 333. 120603.
- Cherchye, L. (2010). Cherchye, Using Data Envelopment Analysis to Asses Macroeconomic Policy Performance. *Applied Economics*. 33 (3). 407-416.
- Cihan, P., Kalıpsız, O. ve Gökçe, E. (2017). Hayvan Hastalığı Teşhisinde Normalizasyon Tekniklerinin Yapay Sinir Ağı ve Özellik Seçim Performansına Etkisi. *Electronic Turkish Studies*. 12 (11). 59-70.

- D'costa, A. P. (1994). State, Steel and Strength: Structural Competitiveness and Development in South Korea. *The Journal of Development Studies*, 31 (1), 44-81.
- Debnath, M. R. ve Sebastian, V. J. (2014). Efficiency in the Indian Iron and Steel Industry an Application of Data Envelopment Analysis. *Journal of Advances in Management Research*. 11 (1). 4-19.
- Ergün, Ü. R. ve Ener, M. (2022). Demir Çelik Sektöründe Uluslararası İş Bölümü: Türkiye Örneği. *Uluslararası Uygulamalı Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*. 3 (2). 61-71.
- Erkan, B. ve Kara, O. (2016). Demir Çelik Endüstrisinde Verimlilik ve Karşılaştırmalı Üstünlük İlişkisi. *International Conference on Economics Turkish Economic Association ICE-TEA 2016*. (Bodrum 20-22 Ekim 2016). Muğla. 1222-1243.
- European Commission. (2019). The European Green Deal. Communication From The Commission To The European Parliament, The European Council, The Council, The Economic And Social Committee Of The Regions. Brussels: COM 2019 Document. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN> (Erişim tarihi: 02.10.2023).
- European Commission (2021). Carbon Border Adjustment Mechanism: Questions and Answers. Press Corner. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_21_3661 (Erişim tarihi: 03.10.2023).
- Gedik, M. A. (2011). Vergi Rekabeti Etkinlik Değerlendirmesi: OECD Üyesi Ülkeler İçin Veri Zarflama Analizi Uygulaması. *Maliye Dergisi*. 160. 329-350.
- Haider, S. ve Mishra, P. P. (2019). Benchmarking Energy Use of Iron and Steel Industry: a Data Envelopment Analysis. *Benchmarking: An International Journal*, 26(4), 1314-1335.
- Hessels, J. ve Terjesen, S. (2010). Resource Dependency and Institutional Theory Perspectives on Direct and Indirect Export Choices. *Small Bus Econ*. 34. 203-220.
- Jin, G. Z., Lee, S. J., Park, H., Lee, J. E., Shin, S. K. ve Chang, Y. S. (2009). Characteristics and Emission Factors of PCDD/Fs in Various Industrial Wastes in South Korea. *Chemosphere*, 75 (9), 1226-1231.

- Karabulut, K., Ersungur, Ş. M. ve Polat, Ö. (2008) Avrupa Birliği Ülkeleri ve Türkiye'nin Ekonomik Performanslarının Karşılaştırılması: Veri Zarflama Analizi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*. 22 (1). 1-11.
- Karavuş, M. K. (1992). Z-Skoru ile İzlenen Büyüme Gelişiminin Anne Sütü Alma Diyare ve Akut Solunum Yolu Enfeksiyonu Açısından Değerlendirilmesi. *Tıpta Uzmanlık Tezi*. Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı. İstanbul.
- Kayalıdere, K. ve Sargın, S. (2004). Çimento ve Tekstil Sektörlerinde Etkinlik Çalışması Veri Zarflama Analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 6 (1). 196-219.
- Kecek, G. (2010). *Veri Zarflama Analizi Teori ve Uygulama Örneği*. Ankara: Siyasal Kitabevi.
- Kotler, P., Jatusripitak, S. ve Maesincee S. (1997). *Ulusların Pazarlanması*. Çev.: Ahmet Buğdaycı. İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Kuramochi, T. (2017). Assessment of CO2 Emissions Pathways for the Japanese Iron and Steel Industry Towards 2030 with Consideration of Process Capacities and Operational Constraints to Flexibly Adapt to a Range of Production Levels. *Journal of Cleaner Production*, 147, 668-680.
- Li, K., Zou, D., ve Li, H. (2023). Environmental Regulation and Green Technical Efficiency: A Process Level Data Envelopment Analysis From Chinese Iron and Steel Enterprises. *Energy*. 277. 127662.
- Liu, Y., Li, H., Guan, J. ve Liu, X. (2019). The Role of the World's Major Steel Markets in Price Spillover Networks: An Analysis Based on Complex Network Motifs. *J. Econ. Interact. Coord.* 14 (4), 697-720.
- Lorcu, F. (2008). Veri Zarflama Analizi ile Türkiye ve Avrupa Birliği Ülkelerinin Sağlık Alanındaki Etkinliklerinin Değerlendirilmesi. *Doktora Tezi*. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sayısal Yöntemler Anabilim Dalı. İstanbul.
- Lovell, C. A. K. (1993). Production Frontier and Productive Efficiency. *The Measurement of Productive Efficiency*. Oxford University Press
- Melemen, M. (2016). *Uygulamalı Uluslararası Ticaret İşlemleri*. İstanbul: Türkmen Kitabevi.
- Moradi, F. A. (2022). İnsan Sermayesi Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile Ölçülmesi: BIST Metal Ana Endeks İşletmeleri Üzerine Bir Araştırma.

- Yüksek Lisans Tezi.* Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı. Karabük.
- Özcan, A. İ. ve Anıl, N. K. (2017). İlk 500 Arasında Yer Alan Demir Çelik Sektörüne Ait Firmaların VZA ve Malmquist Yöntemleriyle Verimliliklerinin Ölçümü. *Kırklareli İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi.* 6 (1). 112-120.
- Özer, M. ve Çiftçi, N. (2009). Ar-Ge Tabanlı İçsel Büyüme Modelleri ve Ar-Ge Harcamalarının Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: OECD Ülkeleri Panel Veri Analizi. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi.* 8 (16). 219-240.
- Özçelik, S., E. (2021). İnovasyonun Doğrudan ve Dolaylı İhracat Eğilimi Üzerindeki Etkisi. *Fiscaoeconomia.* 5 (1). 238-261.
- Rabar, D. (2017). An Overview of Data Envelopment Analysis Application in Studies on the Socioeconomic Performance of OECD Countries. *Economic Research Ekonomska Istrazivanja.* 30 (1). 1770-1784.
- Ray, S. C., ve Kim, H. J. (1995). Cost Efficiency in the US Steel Industry: A Nonparametric Analysis Using Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research.* 80 (3). 654-671.
- Sabır, H. (2017). *Az gelişmişlik ve Dış Ticaret.* İstanbul: Kriter Yayınları.
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2020). *Demir Çelik Sektörü Raporu.* Ankara: Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Yayınları.
- Tunçsiper, B. ve Fırat, E. (2016). Kalkınmada Ar-Ge ve İnovasyonun Önemi: Güney Kore Örneği. *International Conference on Euroasian Economies Session 3E Teknoloji ve Rekabet.* 29-31 Ağustos 2016. Kaposvar Macaristan. 847-855.
- Saygın, S., Ü. (2020). Demir Çelik Sektöründe Endüstri İçi Ticaret: Türkiye ve AB Ülkeleri Üzerine Bir Analiz. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi.* 11 (1). 102-116.
- Seiford, L. M. (1997). A Bibliography for DEA (1978-1996). *Annals of Operation Research.* 73. 393-438.
- Spinks, J ve Hollingsworth, B. (2005). *Health Production and the Socioeconomic Determinants of Health in OECD Countries: the Use of Efficiency Models.* RePEc Monash University Press.
- Şengül, Ü. (2020). BIST 100’de Yer Alan Ana Metal Sanayi Firmalarının Veri Zarflama Analizi İle Etkinlik Ölçümü. *Journal of Life Economics.* 7 (2). 161-176.

- Timor, M. ve Lorcu, F. (2010). Türkiye ve Avrupa Birliğine Üye Ülkelerin Sağlık Sistem Performanslarının Kümeleme ve Veri Zarflama Analizi ile Karşılaştırılması. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi*. 21 (65). 25-46.
- Utkulu, U. (2005). *Türkiye'nin Dış Ticareti ve Değişen Mukayeseli Üstünlükler*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları.
- Weis, L. ve Hobson J., M. (1999). *Devletler ve Ekonomik Kalkınma Karşılaştırmalı Tarihsel Bir Analiz*. Çev.: K. DüNDAR. Ankara: Dost Kitabevi Yayınları.
- Yang, W., Shi, J., Qiao, H., Shao, Y., ve Wang, S. (2017). Regional Technical Efficiency of Chinese Iron and Steel Industry Based on Bootstrap Network Data Envelopment Analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*. 57. 14-24.
- Yıldırım, E. ve Keskinoğlu, F. (2012). Ar-Ge Harcamaları ile İhracat Arasındaki Nedensellik İlişkileri: Türkiye Örneğinde Panel Nedensellik Testi Kanıtları. *Marmara Üniversitesi İİBF Dergisi*. 13 (1). 165-180.
- Yıldırım, H. H. (2004). Avrupa Birliği Sağlık Politikaları ve Avrupa Birliği'ne Aday Ülke Sağlık Sistemlerinin Karşılaştırmalı Teknik Verimlilik Analizi. *Doktora Tezi*. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Sağlık Kurumları Yönetimi Anabilim Dalı. Ankara.