

DEMİR ÇELİK ENDÜSTRİSİ ÜRETİM YÖNTEMLERİ İLE İHRACAT, KATMA DEĞER VE KARBON EMİSYONU AZALTMA POLİTİKALARI ARASINDAKİ İLİŞKİ

Yasin BIYIK¹

İstanbul Teknik Üniversitesi, İF, (ybiyik@itu.edu.tr)

Prof. Dr. N. Lerzan ÖZKALE

İstanbul Teknik Üniversitesi, İF, (ozkale@itu.edu.tr)

ÖZET

Demir çelik üretim yöntemleri ülkeden ülkeye farklılaşabilmektedir. Türkiye hammadde tedariki açısından büyük ölçüde dışa bağımlı olmasına rağmen, endüstriyel verimlilik ve yoğun çelik talebinde bulunan ülkelere yakın mesafede olması gibi çeşitli üretim ve ticaret politikası kaynaklı faktörler ile birlikte rekabet avantajı kazanarak dünya çapında bir üretici haline gelebilmiştir. Ancak son dönemde yaşanan küresel ekonomik krizin yaratmış olduğu daralma ve Çin merkezli gelişmeler, hem nihai ürün hem de hammadde pazarında önemli değişiklikler yaratmış ve endüstri içerisinde bu durumun sürdürülebilirliği yoğun tartışılan bir konu haline gelmiştir. Gelişen yurtiçi ve yurtdışı talep yapısı, hammadde pazarındaki gelişmeler, enerji verimliliği kaygısı ve CO₂ salınımı azaltılması yönündeki politika baskılarına ek olarak ihracatı artırma hedefleri dikkate alındığında, endüstriyel üretim yöntemleri dağılımının endüstriyel kârlılığı artırma fırsatları ve riskleri açısından ne ifade ettiği bu çalışmada sorgulanmaya çalışılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, endüstride yüksek fırın oranındaki artış ihracat ve endüstriyel kârlılık artışı için etkin bir itici güçtür. Bu artışa paralel olarak, CO₂ fiyatlama politikalarının da belirli bir ölçüye kadar endüstri hedeflerinde belirgin bir sapma yaratmayacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Demir-Çelik Üretim Yöntemleri, Hammadde Piyasaları, Rekabetçilik, İhracat, Karlılık, CO₂ Emisyonu

RELATIONSHIP BETWEEN THE PRODUCTION METHODS OF IRON / STEEL AND EXPORTS, ADDED VALUE AND THE POLICY TO REDUCE CARBON EMISSION

ABSTRACT

Production methods of iron and steel may vary from one country to the other. Despite its high import dependency for raw material supply, Turkey has been able to become a worldwide producer based on its competitive advantage by varying production and trade policies, factors such as industrial efficiency and closeness to the market demand for steel products. However shrinkage created by latest global economic crises and developments in China causes serious changes in final product as well as raw material market. The sustainability of this situation has become a hotly debated issue in the industry. In addition to progressing domestic and foreign demand structure, developments in the raw material market, concern of energy efficiency and pressures such as carbon emission reduction policy invigorate the discussion. In this study we try to see the relationship between the industrial production method and profitability. According to analysis results, increase of blast furnace ratio in the industry is an effective driving force for increasing exports and industrial profitability. In parallel with this increase, it is projected that CO₂ pricing policies will not cause distinct distortion over industry objective under certain limits.

Keywords: Iron-Steel Production Methods, Raw Material Markets, Competitiveness, Export, Profitability, CO₂ Emission.

¹ Çalışma, sorumlu yazarın (Yasin BIYIK) İTÜ İşletme Mühendisliği Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. N. Lerzan ÖZKALE danışmanlığındaki doktora çalışmalarının bir parçasını oluşturmaktadır.

1.Giriş

Demir çelik ürünlerinin dayanıklı tüketim ve yatırım malları endüstrilerinin ana girdileri olması sebebi ile endüstriyel toplam çıktı miktarı ekonomi içerisindeki iktisadi faaliyetler ile oldukça ilişkilidir. Bu nedenle, çoğu kez bir ülkenin demir çelik tüketim düzeyi o ülkedeki ekonomik büyümenin önemli göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir (Huh, 2011). 2015 yılı dünya kişi başına düşen görünür çelik tüketimi 208,2 olarak gerçekleşmiştir. Türkiye için bu değer 436,8'dir. Bazı ülke ve ülke grupları için değerleri belirtmek gerekir ise; Güney Kore: 1113,6; Japonya: 497,3; Almanya: 483,8; ABD: 297,4; İngiltere: 161,9; Çin: 488,6; AB: 303,5 şeklindedir. Mühendislik uygulamalarında tercih edilebilir (mukavemet, şekil alabilirlik, işlenebilirlik, esneklik, çok yönlülük, vs.) ve ekonomik olma özelliğini koruduğu sürece çelik, ticari nitelikli bir malzeme olarak dünya genelinde kullanım ve tüketim eğilimine devam edebilecektir. Çelik tüketiminin ülke ekonomik büyüklüğü ile olan ilişkisini açıklamada Uluslararası Demir ve Çelik Enstitüsü (1972) ve Malenbaum (1973) tarafından önerilen kullanım yoğunluğu (intensity-of-use) hipotez modeli oldukça etkindir. Burada, kalkınma ile birlikte metal kullanım yoğunluğunun önce artması, sonra azalarak artması ve belirli bir tepe noktasından sonra ise tersine dönmesi beklenmektedir. Metal kullanım yoğunluğu ve kişi başına düşen reel milli gelir arasındaki ilişkinin ters U-şeklinde bir eğilim sergilediği ifade edilmektedir (Dülger, et al., 2014). Son olarak, Warell (2014) çalışmasında, orta gelir sınıfındaki ülke gruplarında geçerliliği daha belirgin olan kullanım yoğunluğu fonksiyonunun kritik kişi başına düşen milli gelir seviyesi 19.000 \$ olarak belirlenmiştir. Türkiye için kişi başına düşen milli gelir 2016 yılı için 10.882 \$ olarak raporlanmıştır (TÜİK).

Genel olarak ekonomiler için stratejik sektörlerden biri olarak kabul edilen demir çelik endüstrisi, tarihsel süreç içerisinde Türkiye'de de önemli gelişmeler kaydetmiştir. 2000 yılında yaklaşık 19,8 milyon ton civarında olan Türkiye ham çelik üretim kapasitesi 2015 yılına gelindiğinde 50,4 milyon tona ulaşmış ve dünya çelik üretim sıralamasında 9. sıraya yükselmiştir. 2015 yılı dünya ham çelik üretimi 1,6 milyar ton civarında olup, Türkiye söz konusu yıl içerisindeki 31,5 milyon ton üretimi ile toplam dünya üretiminin yaklaşık %1,94'lük kısmını gerçekleştirmiştir (Dünya Çelik Derneği İstatistikleri, 2017). Aynı yıl içerisinde yaklaşık 16,8 milyon ton çelik ihraç ve 19 milyon ton çelik ithal edilmiştir. Değer olarak 2016 yılı içerisinde ihracat ve ithalat miktarları ise sırası ile yaklaşık 11,1 milyar \$ ve 15,6 milyar \$'dır. Türkiye 2016 yılı toplam ihracat (~143 milyar \$) ve ithalat (~199 milyar \$) değerleri dikkate alındığında, demir çelik endüstrisinin toplam ihracattaki payı %7,76 ve ithalattaki payı %7,84'dür (TÜİK, 2017).

Üretim yöntemi açısından demir çelik endüstrisinde dünya genelinde yaygın olan iki tip yöntemden söz edilebilir: (1) Birincil tip hammadde kaynağı olarak demir cevherinin kullanıldığı yüksek fırın metodu, (2) İkincil tip hammadde kaynağı olarak demir içeren hurda malzemenin kullanıldığı elektrik ark ocağı metodu. Bu aynı zamanda bir geri kazanım yöntemi olarak da niteliklendirilmektedir. Ayrıca, Siemens Martin ve özellikle son yıllarda tartışlagelen Corex, Finex gibi yöntemler de mevcut olmasına rağmen endüstriyel örnekleri oldukça sınırlıdır. Ülkeler için üretim yöntemlerinin ağırlığına bakıldığında her bir ülke için farklılık göstermekle birlikte, 2015 yılı toplam dünya üretiminin %74,4'ü yüksek fırın, %25,1'i ise elektrik ark ocaklı yöntem ile gerçekleştirilmiştir. Türkiye'deki aynı yıl üretimin ise %35'i yüksek fırın, %65'i ise elektrik ark ocaklı yöntem ile sağlanmıştır. Elektrik ark ocaklı yöntem genel itibari ile hem enerji tüketim yoğunluğu hemde karbon salınımları açısından daha avantajlı yöntem olarak değerlendirilmektedir. Üretim maliyetleri açısından ise daha çok dalgalanan cevher, kok, kömür ve hurda fiyatlarının etkisi ile dönemsel olarak değişen durumlar gözlemlenmektedir.

Türkiye demir çelik ihracatı AB ülkeleri başta olmak üzere, Kuzey Afrika, ABD ve diğer iktisadi bölge gruplarına gerçekleştirilmektedir. Değer olarak 2015 yılı içerisinde ihracatın %15,1'i ABD, %8,7'si AB, %1,4'ü BDT, %13,7 Kuzey Afrika, %39,3'ü O. Doğu ve Körfez ülkeleri, %0,9'u Uzak Doğu ve Güney Asya ülkeleri ve %21'i diğer ülke gruplarına gerçekleştirilmiştir. İhracat akışlarını belirleyen birçok faktörden bahsedilebilir. Örneğin, talebin belirleyicisi olarak ihracata konu olan ülkelerin milli gelir seviyeleri önemli bir dışsal faktördür. Ayrıca, ihracat yapılan ülkedeki maliyetin bir belirleyicisi olarak söz konusu ülkelerde uygulanan dış ticaret politikaları (tarifeler, tarife dışı engeller, vs.) gibi kontrol dışı faktörler de ihracatı etkileyen önemli unsurlardır. Bunun yanında *Türkiye demir çelik endüstrisi rekabetçiliğini etkileyebilecek yapısal bir unsur olarak üretim yöntemleri dağılımından da bahsedilebilir*. Belirtildiği üzere sahip olunan üretim yönteminin zorunlu kıldığı hammadde piyasasının dinamiklerinin, maliyet yapısı ile birlikte ihracat akışlarını da etkilemesi beklenebilir.

İktisadi sistem içerisindeki üretim yöntemleri dağılımı, yöntemlerin gerektirdiği girdi ve çıktıların fiyatları ile birlikte maliyetleri etkileyerek endüstri katma değer ve rekabet gücü üzerinde baskı ya da rahatlama yaratabilme etkisine sahiptir. Demir çelik endüstrisi gerek nihai ürün fiyatları, gerekse de hurda, cevher gibi temel hammadde fiyatları açısından fiyat dalgalanmalarının belirgin bir şekilde gözlemlendiği bir endüstridir. Ayrıca, hammadde ve nihai ürün fiyatlarının birbirleri ile belirli bir sistematik ilişki içerisinde hareket ettikleri de gözlemlenmektedir. Bu doğrultuda *ülkelerdeki üretim yöntemleri payları veri iken hammadde ve nihai ürün piyasalarındaki sistematik hareketlerden yola çıkarak endüstrinin katma değer seviyesine yönelik belirli bir öngörümleme yapılabilmesi mümkündür. Ya da tersi olarak endüstrinin toplam katma değerini maksimize*

edecek üretim yöntemleri dağılımları mevcut hammadde ve nihai ürün piyasalarındaki sistematik ilişkiler dikkate alınarak tespit edilebilir. Bu eksenle gerçekleştirilen bu çalışma katma değer tespitine yönelik deterministik bir yaklaşım kullanmakta ancak eşitlik sistemi içerisindeki değişkenlerin ve parametrelerin tespitinde istatistiksel analizlerden faydalanmaktadır. Değişkenler ile katma değer etkileşiminin irdelenmesinde ayrıca, monte-carlo simülasyonu kullanılmaktadır.

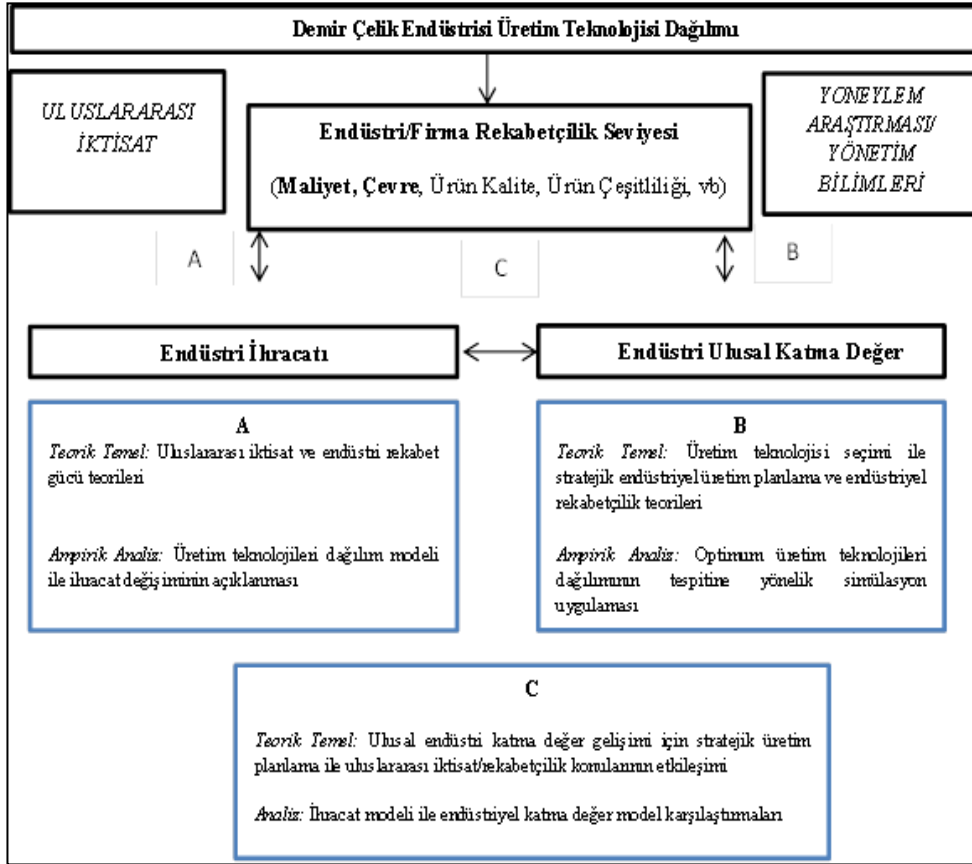
Demir çelik endüstrisinin yoğun enerji tüketimi ve proses dinamikleri ile çevresel etkileri çeşitli çevrelerce tartışılmaktadır. Endüstrinin CO₂ salınımı seviyesi ve gelişimi, endüstrinin enerji yoğunluğu ve verimliliğinin gelişimi hakkında da bir bakış açısı sunabilmektedir. Ayrıca enerji verimliliğinin maliyetler üzerinden rekabet avantajı elde etmede önemli olduğu unutulmamalıdır. Son olarak Sakamoto ve diğerleri (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, enerji ve çevresel verimliliğin ihracat performansı üzerindeki olumlu etkisi ampirik olarak tespit edilebilmiştir. Emisyon azaltmaya yönelik yeni çelik üretim teknolojileri ve CO₂'nin yer altı jeolojik formasyonlara depolama projeleri özellikle gelişmiş ülkelerin çeşitli fonlar ile birlikte destekleyerek odaklandığı temel araştırma ve geliştirme alanlarıdır. Ancak, Türkiye'nin gerek üretim gerekse de dış ticaret açısından dünya sıralamasında ilk 10 içerisinde yer almasına rağmen, söz konusu projelerde aktif olarak yer almadığı gözlenmektedir. Son dönemde, 21. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Taraflar Konferansı (12 Aralık 2015) sonucunda imzalanan ve 4 Kasım 2016 tarihinde yürürlüğe giren Paris anlaşması ile birlikte, endüstri salınım seviyesi ile ilgili yeni tartışmaların artması beklenebilir. Üretim yöntemi açısından da birim üretim başına endüstri salınım seviyeleri farklılık gösterebilmektedir. Salınım miktarının üretim yöntemi dağılımının bir fonksiyonu olarak değerlendirilmesi ülkesel hedeflerin belirlenmesi ve izlenmesi açısından faydalı olabilecektir. Salınım azaltmaya yönelik uygulanabilecek farklı programların (ihracatta CO₂ vergisi, üretim azaltma, vs.) endüstriyel katma değerde yaratacağı etkiler ile birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir.

Özetlenen temel eksenler çevresinde gerçekleştirilen bu çalışmada, ilk olarak Türkiye demir çelik endüstrisi uluslararası iktisat teorileri kapsamında irdelenmeye çalışılmıştır. İkinci bölümde endüstri üretim yöntemi dağılımını etkileyebileceği düşünülen ihracat seviyesi/miktarı ve etkilediği endüstri katma değer ve CO₂ emisyon seviyesinin tespitine yönelik model yaklaşımları (eşitlik sistemleri) açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde veri ve analiz sonuçları sistematik olarak özetlenmiştir. Son olarak, tüm bulgular ve analiz sonuçları dikkate alınarak değerlendirilmeler gerçekleştirilmiştir.

2.Çalışmanın Teorik Temelleri: Uluslararası İktisat Teorileri ve Yöneylem Araştırması/Yönetim Bilimleri Entegrasyonu

Çalışmanın teorik temelleri dikkate alındığında iktisat ve yönetim bilimleri araştırmalarının keşif noktasında yer almaktadır. Türkiye demir çelik ihracatının gelişiminin incelenmesi, uluslararası iktisat ve rekabetçilik ile ilgili teoriler çerçevesinde yapılırken, endüstrinin katma değer maksimizasyonu yaratacak üretim yöntemleri dağılımının ele alınmasında daha çok stratejik üretim planlama ve optimizasyon ile ilgili bilim dalları ön plana çıkmaktadır. Çalışmanın çevresel boyutunun ise hem stratejik üretim planlama hem de rekabetçilik konuları ile ilişkili olduğu ifade edilebilir. Literatürde uluslararası iktisat ve stratejik planlama ile ilgili birçok çalışma birbirleri ile entegre edilmeksizin kendi alanları içerisindeki sınırlarda incelemeye konu olmaktadır. Uluslararası iktisat ulusal ya da endüstriyel rekabet alanları ve rekabet gücüne etki eden faktörlerin araştırılması ve ortaya konulması konusunda son derece önemli bir alanda katkı sağlayabilmektedir. Yönetim bilimlerinin alt dalları olarak yöneylem araştırması ve stratejik planlama ile ilgili uygulamalı çalışmalar ise iktisadi sistemlerin gelişmesinde önemli katkılar sağlamaktadır. Bu alandaki çalışmalar; tesis yerleşim yeri seçimi, tedarik zinciri tasarımı, kapasite genişleme, küresel tedarik, hangi ürünlerin üretileceği ve pazarlanacağı şeklindeki kararlar ile stratejik planların oluşturulması ve kurumsal karar mekanizmalarının geliştirilmesine destek olmaktadır. Küresel iş yapılarının ve akışlarının oluşmasında etkili olabilecek bu alandaki çalışmalarda genellikle uluslararası iktisat teorileri ile doğrudan ilişkilendirilmesi ihmal edilmektedir (Lee, et al., 2010 s. 225). Çalışmanın bu eksenle de akademik çalışmalara destek sağlayacağı düşünülmektedir. Araştırma eksenlerinin sınırları teorik kapsama alanı ile birlikte Şekil 1'de özetlenmiştir. Dolayısıyla çalışmaya konu olan demir çelik endüstrisi üretim yöntemleri dağılımının ihracat, endüstri katma değer ve çevresel politikalar gibi konular ile etkileşimi dikkate alındığında, çalışma hem uluslararası iktisat ve rekabetçilik hem de yöneylem araştırması uygulama alanı içerisinde yer bulabilecektir.

Şekil 1. Araştırma Eksen Sınırları ve Teorik Kapsamı



2.1. Demir Çelik Endüstrisi Açısından Karşılaştırmalı Üstünlük, Rekabet Üstünlüğü, Rekabetçilik

Uluslararası iktisat teorileri, belirli varsayımlar altında iktisadi sistemler arasındaki ticaret akışlarının nedenlerini açıklayan ya da nasıl bir şekilde olması gerekliliğini ortaya koyan bilimsel açıklamalardır. Rekabet üstünlüğü ve rekabetçilik konuları da ayrıca uluslararası iktisat teorilerinde yer almakta ve teori kapsamında bu unsurların da açıklanması mümkün olabilmektedir.

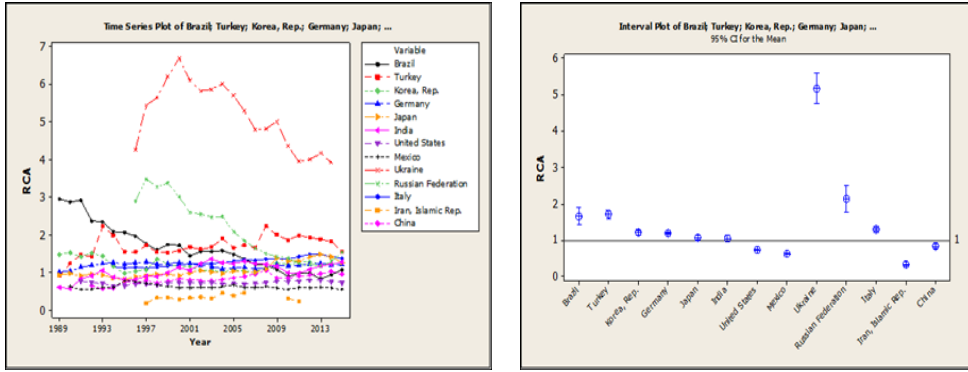
Uluslararası iktisadın klasik teorisi David Ricardo (1817)' nun önerdiği karşılaştırmalı üstünlükler teorisinin bir uzantısı olan Heckscher ve Ohlin modeli karşılaştırmalı üstünlükleri (Faktör Donatımı Teorisi) işgücü ile birlikte sermayenin donatımına dayalı olarak açıklamıştır. Örneğin bir ülke sermaye açısından kıt ama işgücü açısından bolluk içerisinde ise, ülkenin bol olan faktörlere göre emek yoğun üretime yönelmesi kaynakların etkin kullanımı açısından daha faydalı olacaktır. Türkiye demir çelik endüstrisinin durumunun hammadde mevcudiyeti açısından klasik iktisat teorilerinden uzaklaştığı ifade edilebilir. Nitekim Türkiye demir çelik üretimi için temel hammaddelerden hem cevher hem de çelik hurda açısından kıt kaynaklara sahiptir. Dünya 2014 yılında toplamda 2.033 milyar ton demir cevheri üretimi gerçekleştirirken Türkiye'nin 7 milyon ton cevher üretimi ile dünya üretiminden aldığı pay yaklaşık %0.34'dir. Aynı yıl 1 milyon ton cevher ihraç edilirken, 8,5 milyon ton ithal edilmiştir. Ayrıca, ABD Jeolojik Araştırma (2014) raporuna göre de Türkiye önemli demir cevheri rezerv kaynakları listesinde de yer almamaktadır. Çelik hurdası açısından da ülkenin mevcut üretim kapasitesini karşılayabilecek yeterli stokunun bulunmadığı açıktır. Dünya Çelik Derneği (2016) istatistiklerine göre önemli hurda ithalatçıları sıralamasında Türkiye 16,3 milyon ton (2015 yılı)'luk ithalat ile ilk sırada yer almaktadır. Diğer çelik üretimi için gerekli olan sermaye ve işgücü gereksinimi açısından ise durumun tartışmaya açık nitelikte olduğu belirtilebilir. Temel üretim hammaddesi açısından yüksek seviyede dışa bağımlılık söz konusu iken dünya toplam ham çelik ihracat sıralamasında 15 milyon ton (2015 yılı) ihracat değeri ile 10. sırada yerini almıştır. İthalat sıralamasında ise 18,6 milyon ton ile 6. sıradadır. Bu durum, Türkiye demir çelik endüstrisinin uluslararası rekabetçiliğinde hammadde faktörü dışındaki diğer temel faktörlerin etkisi ile birlikte irdelenmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Karşılaştırmalı üstünlük teorisi ile ilgili gelişmelere paralel olarak, Balassa (1965)' nin ortaya attığı Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlükler (Revealed Comparative Advantage/RCA) yaklaşımı bir ülkenin endüstri grupları bazında diğer ülkeler ile kıyaslamalı olarak karşılaştırmalı üstünlüklerinin ölçüldüğü bir indeks hesaplama yaklaşımıdır. Hesaplanan indeks değerinin 1'den büyük olması, o mal için bir karşılaştırmalı üstünlüğün söz konusu olduğunu ifade etmektedir. Dünya Bankasının WITS platformundan faydalanılarak demir

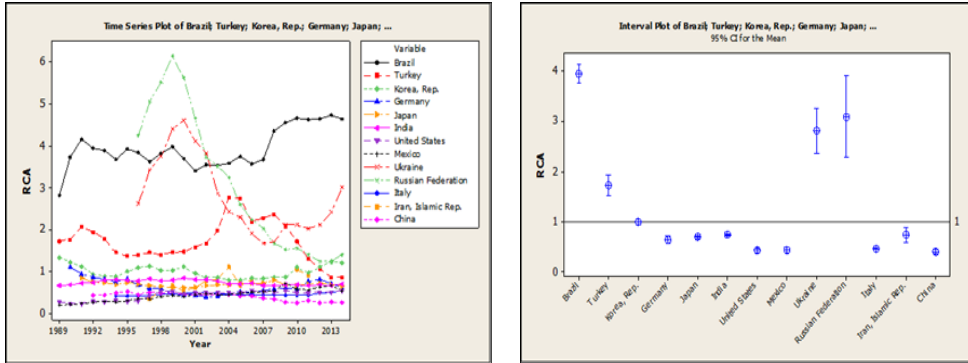
çelik ihracatında ön plana çıkan ülkeler ile birlikte Türkiye'nin yıllar itibariyle hesaplanan RCA indeks değerinin değişimi Şekil 2'de verilmiştir. Metal endüstrisinin kendi başına ve cevher endüstrisi ile birlikte incelendiği grafiklerde Türkiye'nin birçok ülkeye göre rekabet avantajı sağladığı görülmektedir. Bu durum, hammadde kaynakları açısından büyük çoğunlukta dışa bağımlı olmasına rağmen endüstri rekabetçiliğinin açıklanmasında farklı dış ticaret teorilerine ihtiyaç duymaktadır.

Bir endüstrideki karşılaştırmalı üstünlük, üretim için gerekli kaynakların diğer ticareti gerçekleştirilen mallara göre reel maliyetlerinin durumunu yansıtan bir değerlendirme olarak nitelendirilebilir. Çelik endüstrisinde 1956 ve 1976 arasındaki ABD ve Japonya arasındaki karşılaştırmalı üstünlüğün değişimi bu noktada önemli bir örnektir. ABD'de 1956-1976 yılları arasında, işçilik maliyeti %35, malzeme maliyeti %38 artış göstermiştir. Aynı yıllar arasında doların değer kaybı %17,8 iken, reel yurtiçi çelik üretim maliyeti %37 artış göstermiştir. Üretimdeki malzeme maliyetindeki artışın temel sebebinin, 1973 petrol krizi sonrasında cevher (%48) ve kok (%200) fiyatlarındaki artış olduğu belirtilmektedir. Japonya'da ise sözkonusu yıllar arasındaki çelik üretim maliyeti %39 azalmıştır. İşçilik maliyetinde artış olmasına rağmen verimlilik seviyelerindeki iyileşme bunu dengeleyebilmiştir. Ayrıca, malzeme (demir cevheri reel fiyatının %57 azalması) ve enerji maliyetlerindeki azalma da çelik üretim maliyetinde azalmanın nedenlerindedir. ABD'nin dönem içerisindeki cevher üretimine yönelik yeni yatırımları ve tesis yenileme ile ilgili yatırım harcamalarının etkisi ile birlikte cevher fiyatlarının yükselmesi, Japonya'nın ise Avusturalya, Latin Amerika ve Kanada'da yeni cevher kaynakları ile bağlantı geliştirip, etkin tedarik zinciri yönetimi ile ucuz cevher temin etme stratejileri iki ülkede faaliyet gösteren endüstrinin rekabetçilikte farklı noktalara ulaştıklarını açıklayabilmektedir (Elbaum, 2007).

Şekil 2. Türkiye ve Önemli Demir Çelik İhracatçısı Olan Ülkelerin Yıllar İtibariyle RCA İndeks Değeri Değişimi



a) Metal Endüstrisi



b) Cevher ve Metal Endüstrisi

Klasik uluslararası iktisat teorilerinin karmaşık yapıdaki modern küresel iş modelleri ve ticaret akışlarını açıklamada yetersiz kaldığı çoğu kez ifade edilmektedir. Bilgi teknolojilerindeki gelişmeler, taşıma ve iletişim maliyetlerinin azaltılması ile üretim yerinin önemi azalmıştır. Politik ve iktisadi ortamdaki kararlılıklar, nitelikli iş gücü, güçlü kurumsal temeller gibi birçok çeşitli faktör rekabetçilikte daha önemli unsurlar olarak ön plana çıkmaktadır. Klasik teori varsayımlarından sermaye, işgücü ve teknolojinin serbest bir şekilde iktisadi sistemler arasında transfer edilememesi artık geçerliliğini büyük ölçüde yitirmiştir. Bu gelişmeler ile birlikte Michael Porter (1980)'in rekabet üstünlüğü (competitive advantage) teorisi küresel iş çevrelerinin ve uluslararası ticaretin açıklanmasında çok daha başarılı bir model ortaya koyabilmektedir. Rekabet avantajı üzerine bir diğer yaklaşım ise

Barney (1991) tarafından ortaya atılmıştır. Bu yaklaşımda, bir firmanın rekabet avantajına sahip olma koşulu işletmenin mevcut veya potansiyel rakipleri ile eş zamanlı olmadan değer yaratma stratejisine sahip olmasına bağlanmaktadır. Porter yaklaşımına göre rekabet avantajı ürün farklılaşma, maliyet liderliği ve odaklanma şeklinde üç temel strateji ile açıklanmakta iken, Barney yaklaşımında rekabet avantajının firmanın değerli, nadir, tam olarak kopyalanması mümkün olmayan ve ikame edilemeyen kendi kaynaklarından sağlandığı ifade edilmektedir.

Hua ve diğerleri (2011), Çin çelik endüstrisi rekabet gücünün kaynak tedarik yeteneği, talep yönetimi ve stratejik uyum ile olan ilişkisini firma ölçeğini de dikkate alarak incelemiştir. Büyük ölçekli firmalarda kaynak tedarik yeteneği ve stratejik uyumun rekabet avantajında önemli bir unsur olduğu, küçük ve orta ölçekli işletmelerde ise kaynak tedarik yeteneği ile birlikte talep yönetiminin etkili olduğu tespit edilmiştir. Sachdev ve Joegiono (2013)'nun kavramsal nitelikteki çalışmasında, çelik endüstrisi dahil malzeme üretim endüstrisinde rekabet avantajı elde etmedeki zorlukları ortaya konularak, kalite fonksiyon yayılımı (quality functional deployment), Porter'ın elmas modeli (industry five forces) ve Barney'in kaynak temelli görüşü (resource based view) kapsamında ortak bir model ile açıklanmaya çalışılmaktadır.

Barney'in kaynak temelli görüşü kapsamında Youn ve diğerleri (2014) tarafından incelenen Güney Kore imalat endüstrisinin (otomotiv, gemi yapım, inşaat-yapı, vb.) çelik endüstrisinin rekabetçiliğinden (tedarik zinciri boyunca bilgi yeteneği, üretim performansı, tedarik zinciri esnekliği ve firma çaplı performans göstergeleri olarak müşteri ile etkileşim seviyesi, maliyet azaltma vb. unsurlar ile birlikte) yoğun bir şekilde etkilendiği belirtilmektedir. Lee (2009) tarafından vaka inceleme çalışmasında G. Kore'nin önemli çelik üretici olan POSCO'nun büyüme stratejisi ve kritik başarı faktörleri analiz edilmiş, özellikle hükümet politikasının rolü, üst yönetim liderliği, teknolojik gelişim ve inovasyon, maliyet rekabetçiliği gibi faktörlerin önemi vurgulanmıştır. Yine Kumar ve Chadha (2009), Çin ve Hindistan'ın demir-çelik sektöründe artan sınır ötesi yatırımların büyümesinde devlet teşvik ve katkılarının önemini vurgulamakta ancak teorinin de öngördüğü şekilde bu faaliyetlerde başarılı olabilmenin firmanın kendine özgü değerlerinin olmasına bağlanmaktadır. Ohashi (2005) çalışmasında 1950-1960 yılları arasında Japonya çelik endüstrisinde uygulanan ihracat sübvansiyonlarının endüstri büyümesine olan etkisinin ihmal edilebilecek seviyede olduğu raporlanmıştır. Nitelikli işgücünün bilgi birikimi ve deneyimleri (learning by doing) verimli çelik üretim operasyonları için kritik önemdedir.

Demir çelik endüstrisinde ölçek ekonomisi (economies of scale) varlığından söz edilebilir. Crompton ve Lesourd (2004)'un Leontief maliyet fonksiyonu ile panel veri kullanarak gerçekleştirdiği ampirik çalışma sonuçlarına göre endüstride ölçek ekonomisinin varlığının önemli seviyede olduğu tespit edilebilmiştir. Bu durum büyük miktardaki sabit maliyetler ve kısmen sabit işçilik maliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle endüstrideki rekabetin satın alım ya da birleşmeler yolu ile maliyet azaltma şeklinde devam edeceği ifade edilmektedir. Ayrıca, ölçek ekonomisi yanında faktör fiyatlarının (özellikle cevher) rekabetçilik açısından oldukça belirleyici olduğu da tespit edilebilmiştir. Karbon emisyonu ile ilişkili olarak enerji yoğunluğu ve enerji verimliliğinin ihracat performansı üzerinde etkili olduğu belirtilebilir (Sakamoto, et al., 2017). Bunun altında yatan teorik temel, artan enerji verimliliği uygulamaları ile birlikte ihracatta çevresel mevzuata bağlı tarife veya vergilerin elimine edilmesi ve/veya üretim maliyetlerinin azaltılması sonucunda rekabet avantajının iyileştirilmesi şeklinde klasik karşılaştırmalı üstünlükler teorisine dayandırılabilir.

2.2. Demir Çelik Endüstrisinde Üretim Yöntemleri Dağılımının Rekabetçilik Açısından Stratejik Üretim Planlamadaki Yeri ve Önemi

Stratejik yönetim yaklaşımının bir uzantısı olarak stratejik planlama, bir organizasyonun gelecekte varmak istediği hedefleri ve bu hedefe nasıl ulaşacağını gösteren sürecin planlandığı bir aşama olarak değerlendirilmektedir. Bu kapsamdaki stratejik planlama aşamasında, firma ya da endüstrideki içsel yapıyı dışsal faktörler dikkate alınarak amaçlara ulaşmada uygun hale getirebilecek stratejilerin tanımlanması beklenmektedir. Bir endüstri içerisindeki alternatif üretim yöntemlerine yönelik seçimlerin üretim maliyet, yatırım maliyet, kalite, esneklik, hız vb. temel başarı kriterleri ile birlikte değerlendirilerek irdelenmesi ve aynı zamanda endüstri veya firmanın ulaşmak istediği amaçlara varmada ona stratejik olarak destek olabilecek nitelikte olması beklenir. Bu bağlamda firma/endüstri stratejilerine uygun üretim yöntemlerinin ve teknolojilerinin seçilmesi, stratejik üretim planlama sürecinin bir parçasıdır.

Demir çelik endüstrisinde rekabetçiliğin irdelenmesinde endüstrinin gerek kendi içerisindeki gerekse de ulusal stratejik hedeflerinin dikkate alınması stratejik yönetim anlayışının bir gereksinimidir. Türkiye demir çelik endüstrisinin mevcut durumdaki rekabet gücünün gelecekte sürdürülebilirliği birçok açıdan tartışılabilir bir unsurdur. Eğer bu alandaki endüstriyel rekabetçiliğin gelecekte de sürdürülebilirliği temel amaç ise bu doğrultuda stratejik yönetim araçlarından faydalanılarak endüstriyel eylem planları hazırlanmalıdır. Sürdürülebilir rekabetçilik hedefine uyumlu bir üretim yöntemi ve teknolojisinin seçimi ve değerlendirilmesinin de yine bu kapsamda ele alınması gerekir. Dünya genelinde demir çelik üretimi iki temel yöntem (yüksek fırın ve elektrik ark ocağı) ile gerçekleştirilmekte ve her iki yöntem farklı hammadde bağımlılığı (cevher ve hurda)

yaratmaktadır. Her iki temel hammadde açısından dışa bağımlı olan Türkiye demir çelik endüstrisinin, ulusal ithalat bağımlılığını azaltma yönündeki stratejik hedefi doğrultusunda tercihlerinin daha rasyonel ve sürdürülebilir bir şekilde gerçekleştirmesi beklenmelidir. Bu alanda daha geniş çaplı ve derin eksenli uygulamalı ve ampirik araştırmaların varlığına olan ihtiyaç açıktır.

3. Model Geliştirme

3.1. Üretim Yöntemleri Dağılımı ve İhracat

Dış ticaret teorileri ile birlikte demir çelik ihracatının ampirik olarak açıklanması amacıyla literatürde çeşitli çalışma örneklerine rastlamak mümkündür. Örneğin, çekim modeli bu konuda yaygın olarak kullanılan yaklaşımlardan biridir. Üretimde kullanılan yöntem de (yüksek fırın ya da elektrik ark ocağı), endüstrinin ihracat potansiyeli açısından önemli faktörlerden biridir (McKinsey&Company, 2013 s. 10). Zira üretim yöntemi hem sabit maliyetleri hem de üretimin bağlı olduğu hammadde maliyetlerini (cevher, kok, hurda vs.) kanalıyla endüstrinin rekabetçiliği üzerinde belirleyici bir unsur oluşturmaktadır.

Elektrik ark ocağı ile hurdadan çelik üretim yöntemi ABD öncülüğünde başlayıp özellikle OECD ülkelerinde yaygınlık kazanmıştır. Bu artışın altında yatan nedenler; hammadde kaynağı olarak hurdanın nispeten daha düşük maliyetli olması, daha az teknolojik yatırım ve işgücü maliyeti gereksinimi şeklinde özetlenebilir. Yüksek kapasiteli yüksek fırınlı entegre tesisler genellikle kamu işletmeleri oldukları için devletlerin engelleyici bir tutum sergilemedikleri taktirde hurdadan imalat yönteminin giderek yaygınlık kazanacağı düşünülmekteydi (Crandall, 1996). Ancak, 2006 yılında dünya ham çelik üretiminde cevherden üretim yönteminin payı %65,5 iken 2015 yılında %74,16 olmuştur. Bu oranın yükselmesinde şüphesiz en önemli etken Çin'de yıllar arasında cevherden üretim yöntemine dayalı artan çelik üretim kapasitesidir. Çin hariç diğer ülkelerdeki üretim değerleri dikkate alındığında dünya yüksek fırın ile çelik üretim oranı yaklaşık %53-54 civarındadır.

Seçilen üretim yöntemi üretimdeki maliyet yapısını etkileyerek rekabetçilik için belirleyici bir unsur olmaktadır. Toplam faktör verimliliğinin ihracat üzerinde pozitif yönlü etkisi Bellone ve diğerleri (2014) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ortaya konulmaktadır. Ayrıca, üretim yönteminin getirdiği hammadde tüketim unsurları da dikkate alındığında kalite ve yapılabirlik açısından da rekabetçilikte etkilidir. Çalışma kapsamında üretim yönteminin endüstri ihracat miktarında belirleyici bir etkiye sahip olup olmadığının değerlendirilmesi amacıyla kurgulanan regresyon modeli Eşitlik (1) ile özetlenmektedir.

$$IHRACAT_{it} = \alpha + \beta_1 * BFORAN_{it} + \beta_2 * URETIM_{it} + \beta_3 * TUKETIM_{it} + \beta_4 * ITHALAT_{it} \quad (1)$$

Eşitlik (1) ile tanımlanan modelde, *i* ülkesinde faaliyet gösteren demir çelik endüstrisinin *t* zaman dilimi içerisindeki ihracat miktarı, ülkenin aynı zaman dilimi içerisindeki toplam demir çelik üretimi, tüketimi, ithalatı ve toplam üretimdeki yüksek fırın yöntemi ile üretimdeki payının (BFORAN) etkisi ile açıklanmaktadır. Bulgular ilerde açıklanmaktadır.

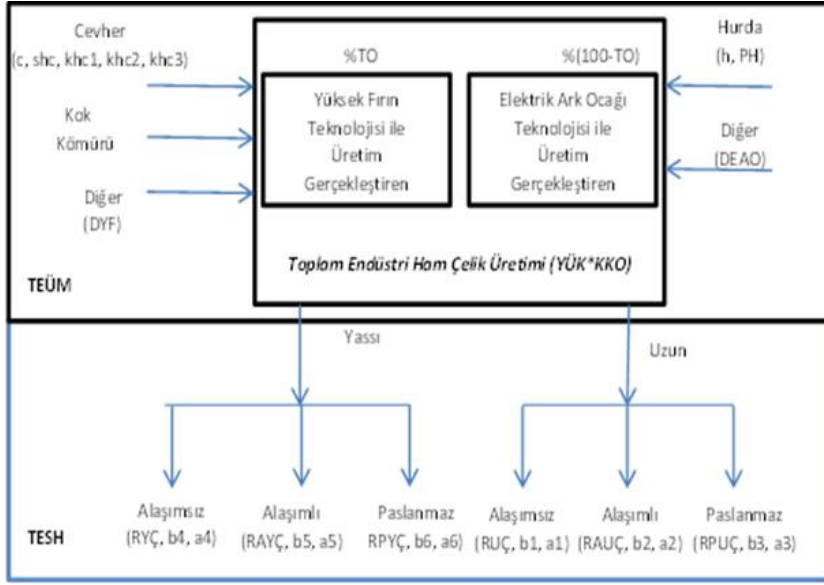
3.2. Üretim Yöntemleri Dağılımı ve Endüstri Katma Değeri

Toplam endüstri katma değeri endüstrinin faaliyetlerinden elde ettiği gelirler ile giderler arasındaki farktır. Bu farkın pozitif olması kâr, negatif olması ise zarar durumu olarak tanımlanır. Toplam endüstri katma değer miktarı, deterministik bir yaklaşım altında matematiksel formülasyonlar ile tespit edilebilir. Endüstri ekonomikliğinin değerlendirilmesinde, matematiksel denklemler içerisindeki fiyat ile ilgili değişkenlerin belirli bir oynaklığa sahip olması sebebi ile daha dinamik bir yapıda incelemeye gereksinim vardır. Manca ve diğerleri (2011) çalışmalarında özellikle fiyat dalgalanmalarına maruz kalan kimya endüstrisi ile ilgili bir alt alanda tesis ekonomikliğinin değerlendirilmesinde fiyat dalgalanmalarına ilişkin istatistiksel dağılımlardan faydalanmakta ve bu şekilde riskin ölçülmesi sağlanabilmektedir. Demir çelik endüstrisi için değişen üretim yöntemleri ile birlikte üretim sisteminin kullandığı farklı hammadde kaynaklarının sahip olduğu farklı fiyat oynaklıkları da ayrıca endüstri katma değeri üzerinde etkili olabilecek önemli bir değişkendir. Temel model denklemi, toplam endüstri katma değeri (TEKD) olarak Eşitlik (2) ile tanımlanmaktadır. Model alt bileşenleri Şekil3'de görsel olarak özetlenmeye çalışılmıştır.

$$TEKD = \text{Toplam Endüstri Satış Hasılatı (TESH)} - \text{Toplam Endüstri Üretim Maliyeti (TEÜM)} \quad (2)$$

Endüstri içerisinde ham çelik üretimine konu olan yöntem olarak yalnızca cevherden üretimin gerçekleştirildiği yüksek fırın ve hurdadan üretimin gerçekleştirildiği elektrik ark ocaklı tesis dikkate alındığında üretimde iki farklı maliyet fonksiyonundan bahsetmek mümkündür. Toplam maliyet ise endüstriyel toplam üretimdeki yöntem sınıflarının paylarına orantılı olarak değişecektir. Hammadde dışındaki diğer maliyet kalemleri yöneme göre değişkenlik göstermektedir. Ayrıca bu maliyetlerin yöntemler içerisindeki payları, birbirleri ile olan sistematik ilişkileri dikkate alınarak belirli bir aralık içerisinde tanımlanması mümkün olabileceği için modele ilave edilmiştir.

Şekil3. Demir Çelik Endüstrisi Toplam Endüstri Katma Değer Model Bileşenleri



Modeldeki tüm değişkenler, birimleri ve açıklamaları Ek-1’de özetlenmiştir. Modelde hurda fiyatı (PH), cevher fiyatını öngörmeye açıklayıcı değişken olarak seçilmiş ve fiyatlar arasındaki bağıntı hurda fiyatlarının üçüncü dereceden değişken niteliğinde üç katsayı ve sabit terim ile birlikte ifadesi yazılmıştır² (Eşitlik (3)). Endüstri içerisinde yüksek fırınlı yöntemin toplam üretimdeki payı (TO), toplam üretim kapasitesi (YÜK), ortalama toplam kapasite kullanım oranı (KKO) veri iken endüstri toplam üretim maliyeti Eşitlik (6) ile ifade edilebilir. Eşitlik (6), Eşitlik (4) ve (5) in toplamı olup, Eşitlik (4) yüksek fırın endüstrisinin toplam üretim maliyeti, Eşitlik (5) ise elektrik ark ocaklı endüstrinin toplam üretim maliyetinin matematiksel ifadesidir.

$$\text{Cevher Fiyatı (\$/ton)} = (\text{shc} + \text{khc1} * \text{PH} + \text{khc2} * \text{PH}^2 + \text{khc3} * \text{PH}^3) \quad (3)$$

$$c * (\text{shc} + \text{khc1} * \text{PH} + \text{khc2} * \text{PH}^2 + \text{khc3} * \text{PH}^3) + k * \text{PK} + \text{DYF} * \text{YÜK} * \text{KKO} * (\text{TO} / 100) + (\text{h} * \text{PH} + \text{DEAO}) * \text{YÜK} * \text{KKO} * ((100 - \text{TO}) / 100) \quad (5)$$

$$\text{TEÜM} = \text{Eşitlik (3)} + \text{Eşitlik (4)} \quad (6)$$

Toplam endüstri satış hasılatı fonksiyonu, tüketime (veya satış gelirine) konu olan ürün grupları³ bazında ayrıştırılarak sistematik olarak ayrılan miktar (üretimdeki payı) ve fiyat değişkenlerinden oluşan alt denklemlerinin (Eşitlik (7)) toplamı olarak değerlendirilmiştir. Her bir alt ürün grubundaki fiyat hareketleri hurda fiyatı ile doğrusal bir fonksiyon yardımıyla ifade edilmiştir. Bu kapsamda, toplam endüstri satış hasılatı (TESH) Eşitlik (8) ile ifade edilmiştir.

$$\text{Çelik Ürün Grubu Fiyatı (\$/ton)} = b_i + a_i * \text{PH} \quad (7)$$

i = Çelik ürün alt grubu; 1, 2, ..., 6

$$\text{TESH} = \text{YÜK} * (\text{KKO} / 100) * (\text{RUÇ} * (b_1 + a_1 * \text{PH}) + \text{RAUÇ} * (b_2 + a_2 * \text{PH}) + \text{RPUÇ} * (b_3 + a_3 * \text{PH}) + \text{RYÇ} * (b_4 + a_4 * \text{PH}) + \text{RAYÇ} * (b_5 + a_5 * \text{PH}) + \text{RPYÇ} * (b_6 + a_6 * \text{PH})) \quad (8)$$

Endüstri içerisindeki hammadde kaynaklarının birçoğu döviz ile temin edilmekte ve satışlar da döviz cinsinden gerçekleşmektedir. Bu nedenle çalışmada döviz kurlarının etkisi ihmal edilebilir kabul edilmiştir. Ayrıca, döviz kuru hareketlerinin kısa vadede maliyetler üzerinde etkisinden bahsedilse de uzun vadede etkisinin çok az olacağı dikkate alınarak model hesaplamalarında kullanılmamıştır. Tomlin (2014) çalışmasında döviz kurlarındaki büyük şokların ve dalgalanmaların uzun vadede verimlilik üzerindeki etkisinin oldukça sınırlı olduğunu bulgulamaktadır. Çalışmada, dışa açık ve küçük bir ülke içerisinde tek bir endüstri alanında faaliyet gösteren bir firma seviyesinde inceleme yapılmış, yapısal bir model yardımıyla döviz kuru dalgalanmalarının firmanın verimliğe olan etkisi özellikle firmanın faaliyete giriş ve çıkış kararlarına olan etkileşimi ile birlikte değerlendirilmiştir.

² Çalışmanın ilerleyen veri ve analiz bölümlerinde tüm bu tanımlanan değişkenlerin tespitine yönelik istatistiksel analizler ve veri kaynakları esas alınarak açıklamalarda bulunulmuştur.

³ Uzun ve yassı olarak iki temel ve bunların altında da alaşımsız, alaşımli ve paslanmaz olarak üç alt grup ayrıştırması dikkate alınmıştır.

TEKD modeli ile geçmiş istatistiksel verilerin analiz edilerek değerlendirilmesi ilerleyen bölümlerde gerçekleştirilmektedir.

3.3. Üretim Yöntemleri Dağılımı ve Enerji Yoğunluğu (Salınımlar)

Demir çelik endüstrisi, yoğun enerji tüketiminin olduğu bir sanayidir. Yoğun enerji tüketimi aynı zamanda yüksek sera gazı salınımları anlamına gelebileceğinden, farklı ulusal ve uluslararası çevresel programlar çerçevesince bu salınımların ve dolayısıyla da enerji tüketim yoğunluklarının azaltılması hedeflenmektedir. Tüm bu gelişmeler demir çelik endüstrisini yakından ilgilendirmektedir. Türkiye ana metal sanayisi toplam enerji bazında enerji tüketiminin yaklaşık % 26,7'sini oluşturmaktadır (ETKB Enerji Tablosu 2015) ve enerji birçok üretici için temel hammadde dışı en büyük maliyet kalemini oluşturmaktadır (20-40%). Endüstriyel üretim seviyesinin belirleyicisi olarak ayrıca enerji fiyatlarının öneminden bahsedilmektedir. Ancak, Flues ve diğerlerinin (2015) gerçekleştirdiği çalışmada enerji fiyatlarının üretim seviyesinde azalma yaratacağı yönündeki beklentinin çok güçlü olmadığı yönünde bulgular bulunmaktadır. Buradaki etkileşim yansıma (rebound) olarak tanımlanmaktadır. Yani, enerji fiyatlarındaki artış ile enerji verimliliği uygulamalarının da artış gözlemlendiği, bunun maliyetler üzerindeki yansımasının üretimi artırma yönünde bir etkileşim yarattığı belirtilmektedir. Üretim seviyesinin belirleyicisi olarak kısa vadede işgücü ücretlerinin ve uzun vadede ise ekonomik büyüme ve yatırım koşullarının daha etkili olduğu belirtilmektedir.

Demir çelik üretiminde günümüz teknolojisi ile kullanılmakta olan üretim yöntemleri (yüksek fırın veya elektrik ark ocağı) tüm iş süreçleri dikkate alınarak irdelendiğinde, enerji yoğunluklarında farklılık gözlenmektedir. Çelik üretiminde kullanılan üretim yöntemlerine bağlı ton başına enerji tüketim yoğunlukları Tablo1'de özetlenmiştir. Tablo1'de görüldüğü üzere, geri dönüşüm esasına dayalı olarak hurdadan elektrik ark ocağı ile çelik üretiminin çevresel açıdan avantajı dikkate değerdir. Temel çevresel kazanım unsuru olarak bir ton çeliğin hurda ile elektrik ark ocağında üretimi esnasında yaklaşık 9-12,5 GJ enerji tüketilirken, yüksek fırın ve bazik oksijen ocağı üretim yöntemi ile bu değer 28-31 GJ olarak gerçekleşmektedir. Yüksek fırın ile 1 ton ham çelik üretiminde 1888-1968 kg CO₂ ve elektrik ark ocaklı tesis de ise bu değer 455-667 olarak raporlanmıştır (BCG, 2013 s. 12).

Dolayısıyla, CO₂ salınımlarının azaltılması açısından hurda ile üretim oldukça önemlidir. Ancak çevresel açıdan avantajlı olarak görülen hurda ile üretimin başarısının; hurda arz maliyeti, hurda tipi ve hurda arzına yönelik politika uygulamaları ve hurda fiyatlarının birincil metal fiyatları ile olan ilişkisine bağlı olduğu belirtilmektedir (Yellishetty, et al., 2011). Cevher ile yüksek fırında üretim yönteminde ayrıca TGR (top gas recycling), karbon dioksit yakalama ve depolama gibi yeni teknolojik uygulamalar ile ton çelik başına CO₂ salınımları sırası ile %26,2 (1.54-2.12 t) ve %56,5 (1.17-1.75 t) azaltılabildiği belirtilmektedir (Jin, et al., 2017).

Tablo1. Çelik Üretim Yöntemleri ve Enerji Yoğunlukları

Üretim Yöntemi	Enerji Yoğunlukları (GJ/t)
Yüksek Fırın-Siemens Martin Ocağı	26,4-41,6
Yüksek Fırın-Bazik Oksijen Ocağı	19,8-31,2
Elektrik Ark Ocağı (DRI ve Hurda)	28,3-30,9
Elektrik Ark Ocağı (Hurda)	9,1-12,5

(Yellishetty, et al., 2010 s. 1088)

Enerji ve iklim değişikliği ile ilgili politikaların iktisadi etkilerinin analizinde genel denge analizi ayrıca yaygın olarak kullanılmaktadır. Yoğun enerji tüketimi ve dünya CO₂ salınımlarında etkisi açısından ön planda olan demir çelik endüstrisi için analizlerde üretim fonksiyonunun tek tip kullanılmasından öte üretim yöntemi esas alınarak farklılaştırılmış üretim fonksiyonlarının kullanımının önemi vurgulanmaktadır (Schumacher, et al., 2007). Endüstrinin karbon salınım seviyesinin bir göstergesi olarak üretim yöntemine bağlı olarak değişen ortalama enerji yoğunluğu (EOEY), çelik üretim yöntemlerinde üretim değerlerinin bir fonksiyonu olarak Eşitlik (9)'da gösterilmiştir.

$$EOEY = (EY_{EAO} * URETİM(EAO) + EY_{YF} * URETİM(YF))/URETİM (EAO+YF) \quad (9)$$

Uluslararası nitelikte farklı salınım azaltma programlarından biri de CO₂ kota ve fiyatlama esasına dayanan bir yaklaşımdır. Bu doğrultuda, çalışmada üretim yönteminin bir fonksiyonu olarak CO₂ salınımlarının mali değerleri endüstri maliyeti olarak değerlendirilebilir. Tanımlanan TEKD fonksiyonu bu şekilde genişletilerek (Eşitlik (10) analiz edilmesi sağlanmıştır.

$$TEKD' = TEKD + EOEY * P_{CO2} \quad (10)$$

COP21 ve Paris Anlaşması, uluslararası çevresel regülasyonlar ile birlikte sektörü orta ve uzun vadede etkileyebilecek güncel bir konudur. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 21. Taraflar Konferansı (COP 21) 2015 Aralık ayının ilk iki haftasında Paris'te gerçekleşmiştir. Türkiye'nin de dahil olduğu

sözleşmeye taraf 195 ülkenin temsilcilerini bir araya getiren bu konferans neticesinde, iklim değişikliğiyle mücadelede dönüm noktası olacak bir uzlaşmayı ortaya koyan Paris Anlaşması kabul edilmiştir. Anlaşma hedefi (2.Madde); (a) küresel sıcaklık artışının sanayi devrimi öncesine kıyasla 2 °C düzeyinin oldukça altında kalacak biçimde 1,5 °C ile sınırlandırmaya yönelik çabaları yoğunlaştırmak, (b) iklim değişikliğinin etkilerine karşı uyum kapasitesini ve direnci arttırmak, (c) finansman akışını düşük salınlı ve iklim değişikliğine karşı dirençli kalkınmayı destekler biçimde yönlendirmek, olmak üzere üç unsuru içermektedir. Hedef tanımının iklim değişikliği ile mücadele kapsamında oldukça iddialı bir sayısal eşğin yanı sıra uyum ve finansmanı da içeriyor olması Türkiye dahil gelişmekte olan ülkelerin beklentilerinin karşılanmasına katkı sağlamıştır (Sabuncu, 2015 s. 2).

Bu noktada süregelen enerji verimliliği ve salınım azaltma programları ile birlikte, salınım izni fazlası (arz fazlası) karbonun fiyatlandırılması ve karbon vergisi gibi uygulamaların orta vadede uygulamaya geçmesi beklenmektedir. Endüstri çapında üretim yöntemleri dağılımının ihracat ve katma değer seviyelerine olan etkilerinin incelendiği modellerde ayrıca karbon fiyatlandırması ve karbon vergi uygulamalarının etkileri de değerlendirilmeye çalışılmıştır. Arens ve diğerlerinin (2016) çalışmasında, önemli çelik üreticilerinden olan Almanya'nın çelik talebi, üretim teknolojilerindeki değişim, üretim yöntemleri bazında yatırım planlama alternatifleri altında karbon salınım seviyeleri farklı senaryolar ile birlikte analiz edilmiştir. Günümüz demir çelik teknolojisinin Avrupa Birliği iklim hedeflerini karşılama seviyesinin yetersiz olduğu ve en iyi yöntemin üretim miktarını azaltma olabileceği çalışmanın temel bulgularındandır.

4. Veri, Yöntem ve Analiz

Çalışmada analizler üretim yöntemleri dağılımının etkisi altında ihracat, katma değer ve CO₂ azaltma programlarının etkisi şeklinde üç eksenle gerçekleştirilmiştir. Üretim yönteminin ihracat üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla Eşitlik (1) ile tanımlanan modelin parametrelerinin tespitinde kullanılan veriler Dünya Çelik Derneği (2016) istatistiklerinden alınmıştır. Veriler, dünya çelik üretiminin büyük çoğunluğunu oluşturan toplam 93 ülkenin 2006-2015 yılları arasındaki istatistiklerini kapsamaktadır.

Üretim yöntemleri dağılımının endüstri toplam katma değer seviyesi üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla tanımlanan Eşitlik (2) yardımıyla verilerin analizi gerçekleştirilmiştir. Denklem sistemleri içerisindeki değişkenlerin değerleri ilk olarak geçmiş istatistikleri dikkate alınarak belirli aralıklar ile tanımlanmaya çalışılmıştır. Üretim miktarları ile ilgili istatistikler DÇÜD (Demir Çelik Üreticileri Derneği, Mayıs 2016), üretim yöntemine göre birim hammadde tüketim değerleri Jin ve diğerleri (2017), Yellishetty ve diğerleri (2011) çalışmalarından, fiyat verileri Steelorbis platformundan ve dış ticaret ile ilgili veriler UNCOMTRADE veri tabanından alınmıştır. Hurda fiyatına endeksli olarak diğer fiyat değişkenleri arasındaki ilişki denklemlerinin hesaplanması ilerleyen bölümlerde açıklanmaktadır. Toplam endüstri katma değer fonksiyonu içerisinde tanımlanan değişkenlerin ve sistematik ilişkileri temsil eden hesaplanan parametreler dikkate alınarak senaryo üretimi Monte Carlo simülasyonu ile gerçekleştirilmiştir.

Monte Carlo simülasyonu, literatürde stokastik süreçlerin analizinde yaygın olarak uygulama alanı bulmakta ve kullanılmaktadır. Örneğin; Lin ve diğerleri (2014) tarafından Çin demir çelik endüstrisinin enerji yoğunluğundaki büyüme dikkate alınarak enerji verimliliğinin önemi üzerine gerçekleştirdiği ampirik çalışmada bu yöntemden faydalanılmıştır. Uzun dönem içerisinde R&D yoğunluğu, işgücü verimliliği, firma ölçeği ve enerji fiyatları gibi değişkenlerdeki artışın enerji yoğunluğunda azalma yarattığı tespit edilmiştir. Mavrotas ve diğerleri (2009) bir hizmet işletmesine ait enerji planlamasında belirsizlik altındaki iktisadi parametrelerin varlığında yine bu yöntemden faydalanmışlardır. Heck ve diğerleri (2016) tarafından gerçekleştirilen elektrik fiyatlarının elektrik üretim yatırımları ile olan ilişkisinin belirsizlik altında Monte Carlo simülasyonu ile analizi yine bu çalışmada kullanılan metodolojiye benzer bir yaklaşımdır. Salınım etkileri ile birlikte yatırım öncesi risklerin tanımlanması ve değerlendirilmesinde (Mayer, et al., 2017) kullanılmıştır.

Endüstrinin üretim yöntemlerine göre değişebilecek salınım seviyelerinin üretim maliyetinin bir parçası olarak toplam endüstri katma değerinin irdelenmesinde kullanılan simülasyon uygulaması Eşitlik (10) uyarınca yeniden gerçekleştirilecektir. Burada CO₂ fiyatları için farklı referans değerlerinden bahsetmek mümkündür. Örneğin Dong ve diğerlerinin (2015) güncel çalışmasında esas alınan 8,5, 17 ve 34 \$/ton CO₂ değerleri çalışmada esas alınmıştır. Çalışma senaryo analizlerinde 10, 20, 40 ve 100 \$/ton şeklinde dört farklı CO₂ fiyatlandırma alternatifleri dikkate alınmıştır.

4.1. Üretim Yöntemleri Dağılımı ve İhracat Regresyon Modeli Analiz Sonuçları

İncelemeye konu olan ülke gruplarına ait verilerin analizi sonucu hesaplanan Eşitlik (1) denklem parametreleri Tablo2'de verilmektedir. BFORAN dışı değişkenler logaritmik dönüşümleri yapılarak çözümlenmişlerdir.

Tablo2. Üretim Yöntemi Dağılımı ve İhracat Etkileşimi Modeli Çözümleme Sonuçları

Bağımlı Değişken: İHRACAT		Yöntem: En Küçük Kareler		
Bağımsız Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	Olasılık
BFORAN	0.004193	0.001295	3.238523	0.0012
İTHALAT	0.811328	0.040827	19.87233	0.0000
TUKETİM	-1.372878	0.065572	-20.93709	0.0000
URETİM	1.606220	0.038871	41.32173	0.0000
C (sabit)	-1.013176	0.173967	-5.823961	0.0000
R-squared	0.856893	Mean dependent var		5.842245
Adjusted R-squared	0.856255	S.D. dependent var		3.140400
S.E. of regression	1.190644	Akaike info criterion		3.192393
Sum squared resid	1271.616	Schwarz criterion		3.219026
Log likelihood	-1434.769	Hannan-Quinn criter.		3.202566
F-statistics	1342.758	Durbin-Watson stat		1.957420
Prob (F-statistic)	0.00000			

Üretim yöntemi dağılımını temsil eden değişkenin (BFORAN) ihracat miktarı ile pozitif yönlü ilişkisi belirlenmiştir. Ülkelerin üretim ve ithalat miktar değişkenlerinin katsayıları pozitif, tüketim miktar değişken katsayısı ise negatif olarak tespit edilmiştir. Diğer bağımsız değişkenler sabit tutulmak koşuluyla BFORAN değişkeninin %10'luk artışı, İHRACAT değişkeninde yaklaşık %0,4' lük bir artış sağlamaktadır.

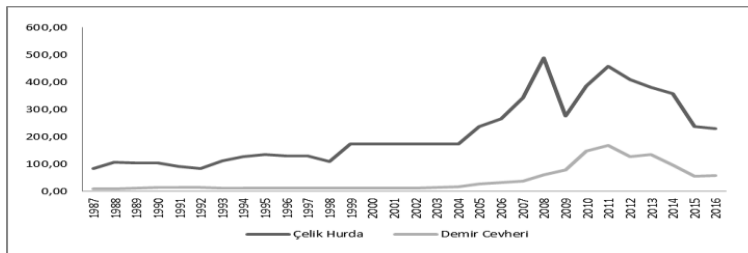
4.2. Üretim Yöntemleri Dağılımı ve Endüstri Katma Değer Modeli Analiz Sonuçları

Türkiye'de son yıllarda ham çelik üretimindeki yüksek fırınlı tesislerin payı yaklaşık %23,5' dir. Kapasite kullanım oranları dikkate alındığında yüksek fırınlı tesisler %83-97; ark ocaklı tesislerde ise %53-81 seviyeleri gözlenmektedir. 1 ton sıvı ham çelik üretiminde gerekli olan cevher miktarı 1,2-1,6 olarak alınmıştır. Ark ocaklı tesis için birim üretim hurda tüketim miktarı 1,027-1,502 seviyelerinde raporlanmaktadır. 1 ton sıvı ham çelik üretimi için gerekli olan koklaşabilir kömür miktarı da 0,307-0,509 ton olarak belirtilmektedir. Yüksek fırında üretimde temel hammadde dışı diğer üretim maliyetleri ise 30,7-57,4 \$/ton ham çelik olarak tespit edilmiştir (yazar hesaplamaları). Elektrik ark ocaklı tesisler için temel hammadde dışı üretim maliyeti ise 40 \$ standart sapma ile ortalama 102,46 \$ esas alınmıştır (yazar hesaplamaları). Eşitlik (2) ile tanımlanan toplam endüstri katma değer denkleminin fiyat ile ilgili değişken ve bu değişkenler arasındaki sistematik ilişkinin tanımlanan parametreler ile ortaya konulabilmesi amacıyla öncelikli olarak üretim yöntemlerinin gerektirdiği temel hammadde ve nihai ürün piyasalarının fiyat hareketleri bazında incelenmesi sağlanmıştır. Akabinde simülasyon uygulama sonuçlarına dair bulgulara yer verilmiştir.

4.2.1. Hammadde ve Nihai Ürün Piyasaları

Nihai ürün olarak çelik tüketimleri ülkelerin iktisadi faaliyetleri ile oldukça ilişkilidir. Crompton (2015) çalışmasında, OECD ülkelerindeki kişi başına düşen çelik tüketimleri; ülke grupları içerisinde farklılaşan gelir esnekliklerinin etkisini kukla değişkenler yardımıyla tanımlayarak; milli gelir, yatırım harcamaları, endüstrileşme derecesi ve şehirleşme oranı gibi faktörler altında incelemiştir. Kişi başına düşen milli gelirin, çelik tüketiminde temel belirleyici faktör olduğu, ancak diğer değişkenlerin de kısmen önemli olduğu tespit edilmiştir. Kişi başına düşen çelik tüketimi, kişi başına düşen milli gelir ile içbükey (concave) nitelikte olduğu, ülkenin iktisadi gelişiminin belirli bir noktadan itibaren tüketim büyüme hızı azalma göstermektedir. Ülkelerin çelik tüketimlerine dair hesaplanan gelir esneklikleri 0,01 (Norveç) ve 4,05 (Yunanistan) arasında değişkenlik göstermekte ve iktisadi gelişmişlik düzeyleri ile ters orantı göstermektedir. Yellishetty ve diğerleri (2011), 1950 ve 2006 yılları arasındaki çelik üretiminin tarihsel gelişimini incelemiş ve gerçekleştirilen regresyon analizi ile gelecekteki üretim miktarı tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çelik üretiminde elektrik ark ocaklı tesislerin payı yıllık ortalama %66 artış gösterirken, 1950 yılından itibaren hurda tüketimi yıllık ortalama %12 civarında artış göstermiştir. Buna rağmen, cevher fiyatlarındaki artış daha belirgin niteliktedir. Cevher fiyatları 1987 yılından itibaren yıllık %24, hurda fiyatları ise %13 artış göstermiştir.

Şekil4. Hurda ve Demir Cevheri Referans Fiyat Tarihsel Değişimi



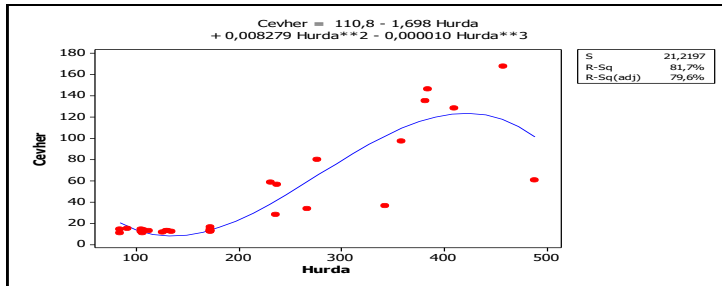
(Veri: Hurda Fiyatları (American Metal Market) Cevher Fiyatları (IndexMundi))

Temel hammaddelerden hurda ve cevher fiyatları arasında süregelen fiyat değişimlerinin tarihsel gelişimi Şekil4'de gösterilmektedir. Cevher fiyatları özellikle 2000 yılı sonrasında oldukça istikrarlılık göstermektedir. Burada, yükselen fiyat büyük çoğunlukla Çin gibi diğer gelişmekte olan ülkelerin hızlı bir şekilde endüstrileşmesi ve demir cevherine olan talebinin artışı ile açıklanabilmektedir. Çin çelik üretiminin 2020 yılında 901 milyon tona ulaşabileceği ve kişi başına düşen stokunun ise 8,01 tona ulaşacağı öngörülmektedir (Xuan, et al., 2016). Cevher üreticilerinin 2005 yılında fiyat artışına dair görüşmeleri bu artışı daha da desteklemiştir. 2008 yılında yaşanan küresel finansal kriz ayrıca fiyatların aşağı yönlü hareketine neden olarak oynaklığın artışına destek olmuştur. Demir cevheri reel fiyatları genel itibariyle enflasyon değişimleri ile çok etkileşim içerisinde olmadığı ifade edilmektedir (ECORYS, 2012 s. 15). Demir cevheri fiyatlarının oluşumunda temel itici faktörler; (1) genel ekonomik durum, (2) kritik tüketici ülkelerdeki ekonomik gelişmeler, (3) madencilik kapasitesi ile ilgili yeni uygulamalar ve yatırımlar, (4) oligopolistik piyasa yapısı ve (5) enerji maliyetleri şeklinde beş temel başlık altında özetlenmektedir. Belirtilen faktörler dikkate alınarak farklı araştırma grupları ve kurumlarının fiyat öngörü modelleri 2020-2025 yılı uzun dönem ortalama fiyat seviyesini 86-180 \$/ton olarak öngörmektedir (ECORYS, 2012 s. 20). Çin 2003 yılından itibaren dünyanın en büyük demir cevheri ithalatçısı olmasına rağmen cevher fiyatlarının oluşumunda söz sahibi olmadığı Chen ve diğerleri (2016) tarafından gerçekleştirilen regresyon analizi ile ortaya konulmaya çalışılmaktadır. Demir cevheri ithalat fiyatlarının bağımlı değişken olarak tanımlandığı modelde bir önceki dönem demir cevheri ithalatı ve yurtiçi cevher üretim miktarı bağımsız değişken katsayıları negatif; demir çelik endüstrisi odaklanma endeksi, bir önceki dönem çelik üretim miktarı katsayıları ise pozitif olarak tespit edilmiştir. Çin'in demir cevheri ithalatının miktar ve fiyat açısından sürdürülebilirliğinin analiz edilmeye çalışıldığı Wu ve diğerlerinin (2016) çalışmasında, demir cevheri ana tedarikçileri ile ortaklık geliştirme gerekliliği, ülke dışı alanlarda bu bağlamda yatırımların genişletilmesi ve özellikle fiyat dalgalanmalarının engellenmesi açısından yurtiçi koordinasyonun artırılması hususunda öneriler yapılmıştır.

ABD Jeolojik Araştırma raporuna (2014) göre en büyük demir cevheri rezervleri Avustralya, Brezilya ve Rusya'da bulunmaktadır. Çin rezerv miktarı hemen hemen Rusya'ya çok yakın bir seviyede olmasına rağmen düşük tenör sebebi ile demir içeriği oldukça düşüktür. Bu durum Çin'in uzun dönemde çelik üretimi için bir risk unsuru olarak değerlendirilmektedir. Hindistan'ında hızlı yükselen nüfus ve ekonomik gelişme verilerine göre uzun dönemde hammadde temini açısından problem yaşayabileceği beklenmektedir.

Cevher fiyatlarının tarihsel gelişimine kıyasla hurda fiyatlarının daha oynak bir yapıda olduğu söylenebilir. Cevher fiyat oluşumuna etki eden faktörlerin ayrıca hurda fiyatlarının gelişimi için de geçerli olduğu belirtilebilir. Dolayısıyla iki ana hammadde kaynağının fiyat seviyelerinde belirgin seviyede korelasyon gözlenmesi muhtemeldir (Hesaplanan: 0.85 p:0.000). Bu sebeple çalışma modelinde senaryo analizlerinde faktör fiyatları arasındaki sistematik ilişki dikkate alınmıştır (Şekil5).

Şekil5. Hurda ve Cevher Fiyatları (Ortalama Yıllık) Regresyon Modeli



Yüksek fırın ile ham çelik üretiminde temel gereksinim olan kokun üretildiği taş kömürü için son yıllardaki (2014-2016) istatistikler incelendiğinde ortalama 108,9 \$/ton ve 38,44 \$/ton standart sapma ile hareket ettiği hesaplanmıştır.

Çelik ürünleri genellikle farklılaşmamış emtia ürünleri olarak uluslararası ticarette işlem görmesine rağmen, piyasada fiyat oluşum mekanizması beklenildiği üzere arz ve talep koşullarının dengelenme etkisi ile birlikte etkin ve hızlı bir şekilde işlemesi gerçekleşmemektedir. Çelik fiyatlarındaki hareketler ekonomik faaliyet çevrimini abartma eğilimi göstermektedir. Talep yüksek olmasına rağmen, fazla kapasite çelik piyasasında etkin bir faktördür. Fiyat üzerindeki en temel etkenlerden biri artan taleptir ve çelik tüketimi fiyattan daha çok ekonomik faaliyetlerin seviyesi ile ilişkilidir. Bu nedenle fiyat esnekliği düşük ve gelir esnekliği ise yüksektir. Eğer ekonomi güçlenir ise fiyatlar yükselme eğilimi, eğer iktisadi durgunluk söz konusu ise fiyatlar düşme eğilimi gösterecektir. Bunun dışında, endüstri stok seviyeleri, fazla kapasite miktarı, maliyet yapısı, teknoloji (üretim yöntemi), fiyat öncülüğü, döviz kurları, tarife dışı ticaret engelleri, hükümet yardımları gibi faktörlerin etkisi de önemlidir (Richardson, 1998 s. 67).

Tablo3. Hurda ve Nihai Ürün Sınıfları Ortalama Fiyat Verileri Doğrusal Regresyon Modeli Katsayıları

Bağımsız Değişken: Hurda Fiyatı	Sabit		Katsayı	
	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
Bağımlı Değişkenler				
Alaşsız Uzun Çelik Fiyatı	70	122	1,44	1,52
Alaşlı Uzun Çelik Fiyatı	204	287	2,30	2,42
Paslanmaz Uzun Çelik Fiyatı	249	449	5,53	5,84
Alaşsız Yassı Çelik Fiyatı	169	445	1,19	1,29
Alaşlı Yassı Çelik Fiyatı	646	863	0,94	1,02
Paslanmaz Yassı Çelik Fiyatı	1234	2025	3,41	3,70

Hurda ve nihai ürün fiyatları genellikle paralel hareket etmektedir. Nihai ürün fiyat hareketleri incelendiğinde her bir alt ürün grubuna dair ortalama fiyat verileri hurda fiyatları ile doğrusal regresyona tabi tutularak elde edilen sonuçlar Tablo3’ de verilmiştir. Tüm bu veriler doğrultusunda farklı hurda ve cevher fiyat senaryoları altında uygulanan simülasyon sonuçları bir sonraki bölümde özetlenmiştir.

4.2.2. Simülasyon Uygulama Sonuçları

TEKD modeli uyarınca mevcut kapasiteler, kapasite kullanım oranları, üretim maliyet fonksiyonları (miktar ve fiyatlar) dikkate alınarak denklemi sıfır yapan yüksek fırınlı üretim oranı (TO) tespit edilmeye çalışılmıştır. Dışsal değişken olarak hurda ortalama birim fiyatı 340 \$/ton ve standart sapması 103 \$/ton esas alınarak 100 adet farklı vaka türetilmiştir. Her bir senaryo durumunda elde edilen TO değerlerinin özeti Tablo4’ de verilmiştir.

Tablo4. Simülasyon Uygulama Sonuçlarına Göre Hesaplanan Kritik Yüksek Fırın Oranı Dağılımı

Hesaplanan TO değeri	<0	0-25	25-50	50-75	75-100	>100
Sıklık	45	2	10	12	3	28

Üretilen senaryo verilerine göre senaryoların %45’inde TO değeri sıfırdan küçük olarak hesaplanmıştır. Bu oranın sıfırdan küçük olduğu koşullar altında yüksek fırın oranının artışı endüstriyel kazanımı azaltacak, azalması ise arttıracaktır. Reel durumda yüksek fırın oranı zaten minimum sıfır olacağından her durumda endüstrinin belirli bir seviyede kaybı söz konusudur. Hesaplanan oranın sıfırdan büyük olduğu her koşul altında ise yüksek fırın oranındaki artış endüstriyel kazanımın artması anlamına gelmektedir. Senaryoların %28’inde TO değeri 100’den büyük olarak tespit edilmiştir. Vakaların %27’sinde ise sıfır ile 100 arasında değerler almaktadır.

Türkiye’nin mevcut yüksek fırınlı tesis oranı dikkate alındığında Tablo4’ de hesaplanan kritik değerlerin yaklaşık %55’inin altında kalmaktadır. Bu durumda yüksek fırın oranındaki artış farklı piyasa koşulları dikkate alındığında endüstri katma değerinin geliştirilmesi açısından anlamlı sonuçlar vermektedir. Ancak bu artışın yarattığı kazanımların iktisadi büyüklüğü ile oranı yükseltmede yatırım planlama boyutundaki iktisadi maliyetlerin kıyaslanması ve değerlendirilmesi bu çalışma kapsamı dışında tutulmuştur. Gösterge olarak 1990 yılında yaklaşık 66 milyon ton çelik üretimi yapan Çin’in sabit yatırım değeri 2,7 milyar \$ iken, 2005 yılında yüksek fırın oranı %88,1’ (355 milyon ton toplam üretim) yükseltilmiş ve sabit yatırım tutarı 31,5 milyar \$ olarak belirtilmiştir (Sheng, et al., 2013).

4.3. Enerji Yoğunluğu (Salınım) Azaltma Politikaları ile Birlikte Toplam Endüstri Katma Değer Modeli Analiz Sonuçları

Demir çelik endüstrisi kaynaklı CO₂ salınımları her bir ülkenin enerji verimliliği uygulamalarına bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir (Kim, et al., 2002). TEKD modelinin endüstri çapında çeşitli programlarla tartışılan CO₂ fiyatlama senaryoları dikkate alınarak genişletilmesi sonucu elde edilen simülasyon uygulama sonuçları Tablo5’ de özetlenmiştir.

Tablo5. CO₂ Vergi Uygulaması Senaryoları Üzerinden Simülasyon Sonuçları: Hesaplanan Yüksek Fırın Oranı (TO) Frekansı

CO ₂ Birim Fiyat (\$/ton)	%					
	<0	0-25	25-50	50-75	75-100	>100
0 (baz senaryo)	45	2	10	12	3	28
10	45	2	9	11	4	29
20	46	2	9	12	4	27
40	46	2	7	12	4	29
100	54	2	5	7	9	23

Bir önceki bölümde açıklanan baz senaryo sonuçları ile kıyaslandığında yüksek fırın için kritik oranın sıfırdan küçük olduğu senaryo sayısında artış gözlenmektedir. 100 \$/ton CO₂ koşulunda %20 oranında meydana gelen bu artış, farklı piyasa koşulları altında endüstri yüksek fırın oranındaki artışın toplam endüstri katma değeri üzerinde baskı yaratacağı ve zararın daha da derinleşeceği anlaşılmaktadır. Aynı fiyatlama senaryosu altında TO değerinin 100’den büyük olduğu senaryo oranı ise baz senaryoya göre %17.8 azalma göstermektedir. Yine kritik

değerin 0 ile 100 arasında olduğu vaka sayısında azalma tespit edilmiştir. Kritik değer 0'dan yüksek olduğu durum artan yüksek fırın oranının endüstriyel kazanımı arttıracığı anlamına geldiği belirtilebilir. Türkiye'deki mevcut yüksek fırın oranı dikkate alındığında CO₂ fiyatlama senaryolarından yalnızca 100 \$/ton olduğu durumda yüksek fırın artışının endüstriyel kazanım yaratacağı vaka sayısı olasılığı temel durum senaryoya göre %14.8 azalmaktadır. Diğer CO₂ fiyatlama senaryoları altında belirgin bir değişiklik tespit edilememiştir. Bulgulara paralel olarak Demailly ve Quirion (2007) çalışmasında, Avrupa Salınım Ticaret Programı (European Emission Trading Scheme)'nin endüstri üretim ve karlılığı üzerinden rekabetçiliğine olan etkisini ölçmeye çalışmış ve kararlı bir nitelikte bu etkinin küçük olduğu tespit edilmiştir.

Diğer endüstrilere kıyasla daha çok (~%35) enerji tüketen demir çelik endüstrisinin, toplam dünya CO₂ salınımindaki katkısı yaklaşık %5 civarındadır. Karbon dioksit salınımını azaltmaya yönelik dünyada yaygın olarak üzerinde çalışılan bir konu olarak CO₂ depolama (CO₂ storage) yöntemleri bu kapsamda tartışılmaktadır. Ho ve diğerlerinin (2013) çalışmasında farklı demir çelik üretim prosesleri dikkate alınarak MEA (monoethanolamine) solventi methodu ile CO₂ depolama maliyetinin ton CO₂ başına yaratacağı ilave maliyetler raporlanmıştır. Birim maliyet yüksek fırınlı tesisler için 65-80 \$, elektrik ark ocaklı tesisler için ise 110-130 \$ olarak tespit edilmiştir. Solvent yönteminden farklı bir yöntem (vacuum pressure swing adsorption technology) dikkate alındığında ise yüksek fırın için birim maliyet %25-40 oranında azalmaktadır. Ayrıca, çeşitli yöntemler (düşük hızlı ve yüksek hızlı enerji verimliliği uygulamaları, daha temiz üretim ve teknoloji adaptasyonları) kullanılarak endüstrinin enerji yoğunluğunun %13-51 ve CO₂ salınımının ise %9-39 oranında azaltılabilme potansiyeli olduğu belirtilmektedir (Ates, 2015).

Politika olarak karbon tarifelerinin ekonomik ve salınım azaltmaya yönelik etkileri ayrıca literatürde tartışılmaktadır. Dong ve diğerleri (2015) çalışmasında Çin ihracatında uygulanacak tarifelerin etkileri genel denge analizi ile incelenmiştir. Bulgulara göre, Çin'in tercihi olarak karbon vergisi uygulamasının yurtiçi CO₂ salınımını azaltmada etkin olmayacağı belirtilmektedir. Ayrıca, karbon vergisi uygulamasının küresel salınım seviyesini azaltmada oldukça küçük bir etki yaratacağı tespit edilmiştir. Uygulama ile Çin enerji yoğun ve ticarete konu olan endüstrilerin rekabetçiliğinde büyük kayıpların olacağı belirtilmektedir.

5. Genel Sonuçlar ve Öneriler

Ülkelerin iktisadi gelişme ve kalkınma dinamikleri açısından demir çelik endüstrisinin önemi büyük ölçüde geçerliliğini korumaktadır. Türkiye bu bağlamda önemli bir üretici ve tüketicidir. Endüstrinin maliyet yapısının belirleyicisi olarak farklı üretim yöntemleri ve bunların toplam üretimdeki payı makro seviyede ulusal ekonomideki kazanım ve kayıp durumunun irdelenmesi açısından esas oluşturmaktadır.

Üretim yapılarının dışa bağımlılığı sorununu aşamayan gelişmekte olan ülkeler için dış ticaret dengesinin sağlanması ciddi bir sorun olmayı sürdürmektedir. Çeşitli endüstriler temelinde bu dengenin sağlanması ülkelerin ilgili endüstride uluslararası piyasalarda rekabetçiliğini geliştirmesiyle mümkündür. Çalışmada, demir çelik alanında rekabetçiliğin mevcut dış ticaret teorileri ve yaklaşımları ile birlikte irdelenmesi gerçekleştirilmiştir. Seçilen üretim yöntemi ticaret politikası değişkenleri ile birlikte maliyetler üzerinde etki yaparak, ülkelerin ihracatlarında belirleyici olabilmektedir.

Endüstride üretilen ürünlerin ve kullanılan hammaddelerin fiyatları belirli bir sistematik ile hareket etmektedir. Küresel piyasa dinamikleri ile şekillenen bu etkileşimler dikkate alınarak, ekonomilerdeki demir çelik üretim yöntemleri dağılımı veri iken endüstrinin katma değer seviyesine yönelik bir öngörüleme yapmak, bu çalışmanın temel çıkış noktasını oluşturmuştur. Ya da diğer bir ifadeyle bu çalışma ile endüstrinin toplam katma değerini maksimize edecek üretim yöntemlerinin, mevcut hammadde ve nihai ürün piyasalarındaki sistematik ilişkiler dikkate alınarak belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada kullanılan ampirik model ile (Eşitlik 1) toplam çelik üretiminde yüksek fırınlı yöntemin payının daha yüksek olduğu ülkelerde daha yüksek miktarda ihracatın gerçekleştiği sonucuna ulaşılabilmektedir. Endüstri katma değerinin hesabına yönelik eşitlikler (Eşitlik 2 ve alt eşitlikler) ile ürün ve temel hammadde fiyatlarındaki sistematik ilişkiler, geçmiş istatistiklerden yararlanılarak simülasyon uygulamasında kullanılmıştır. Uygulama sonuçlarına göre üretimdeki yüksek fırın oranının artışı yine toplam endüstri katma değer artışı için önemlidir. Dolayısıyla, ekonomideki demir çelik üretim metodu olarak yüksek fırınlı yöntemin payının artışı ihracat ve katma değer artışı için fırsat sunabilmektedir. Ancak, kayıplara neden olabilecek hammadde ve nihai ürün pazar-fiyat koşullarına yönelik risklerin devam etmesi sebebi ile endüstriyel katma değer her durumda artışının garantiye alınması şeklinde bir genellemeye ulaşılamamaktadır.

Öte yandan, karbon salınımını azaltma politikaları, endüstrinin karşı karşıya olduğu ve özellikle orta ve uzun vadede şiddetinin daha da artış gösterebileceği önemli bir maliyet faktörüdür. Bu nedenle üretim yönteminin katma değer üzerindeki etkisini belirlemeye yönelik simülasyon, karbon salınımını azaltma politikalarının endüstri katma değeri üzerinde yaratacağı baskıları saptayabilmek amacıyla, üretim yöntemine bağlı emisyon seviyeleri dikkate alınarak tekrarlanmıştır. Analiz sonuçlarına göre, karbon vergisi uygulamasının

belirli bir fiyat seviyesine kadar endüstrinin kritik yüksek fırın oranı dağılımında belirgin bir değişim yaratmadığı tespit edilmiştir. Ancak, nispeten yüksek birim karbon fiyat uygulamalarında, yüksek fırın oranındaki artış ile endüstriyel katma değer kazanım potansiyelinin daralacağı öngörülmektedir.

Kaynakça

- Aren Marlene, vd. (2016). Pathways to a low-carbon iron and steel industry in the medium-term-the case of Germany, *Journal of Cleaner Production*, 1-15.
- Ates Seyithan A. (2015). Energy efficiency and CO2 mitigation potential of the Turkish iron and steel industry using the LEAP (long-range energy alternatives planning) system, *Energy* 90: 417-428.
- BCG Steel's Contribution To A Low-Carbon Europe 2050: Technical and Economic Analysis of the Sector's CO2 Abatement Potential [Rapor]. - [s.l.] : The Boston Consulting Group, 2013.
- Bellone Flora vd. (2014). International productivity gaps and the export status of firms: Evidence from France and Japan [Dergi]. - [s.l.] : *European Economic Review* 70: 56-74.
- Chen Wenhui, Lei, Yalin & Jiang, Yong (2016). Influencing factors analysis of China's iron import price: Based on quantile regression model, *Resources Policy* 48: 68-76.
- Crandall Robert W. (1996). From competitiveness to competition: The threat of minimills to large national steel companies *Resources Policy*, 22: 107-118.
- Crompton Paul (2015). Explaining variation in steel consumption in the OECD, Australia : *Resources Policy* 45: 239-246.
- Crompton Paul & Lesourd, Jean-Baptiste (2004). Economies of Scale in the Global Iron-Making Industry, *Resources Policy*, 33(2):74-82.
- Demailly Damien & Quirion, Philippe (2008). European Emission Trading Scheme and competitiveness: A case study on the iron and steel industry, *Energy Economics*, 30:2009-2027.
- Dong Yanli Ishikawa Masanobu & Hagiwara, Taiji (2015). Economic and environmental impact analysis of carbon tariffs on Chinese exports, *Energy Economics*, 50: 80-95.
- Dülger, Fikret, Gencer Salih & Burgaç, Almıla (2014). Metal (Çelik) Kullanım Yoğunluğu Hipotezinin Türkiye Ekonomisi için Sınanması, *International Conference on Eurasian Economies* .
- ECORYS Mapping resource prices: the past and the future [Rapor]. - Rotterdam : European Commission - DG Environment, 2012.
- ECORYS Research and Consulting Study on the Competitiveness of the European Steel Sector [Rapor]. - [s.l.] : Withing the Framework Contract of Sectoral Competitiveness Studies-ENTR/06/054, 2008.
- Elbaum, Bernard (2007). How Godzilla Ate Pittsburgh: The Long Rise of the Japanese Iron and Steel Industry, 1900-1973, *Social Science Japan Journal*, Vol. 10: 243-264
- Flues Florens, Rübbecke, Dirk & Vögele, Stefan (2015). An analysis of the economic determinants of energy efficiency in the European iron and steel industry, *Journal of Cleaner Production* 104: 250-263.
- Heck, Nathaniel, Smith Courtney ve Hittinger, Eric (2016). A Monte Carlo approach to integrating uncertainty into the levelized cost of electricity, *The Electricity Journal* 29: 21-30.
- Ho Minh T., Bustamante Andrea & Wıley Dianne E. (2013). Comparison of CO2 capture economics for iron and steel mills, *International Journal of Greenhouse Gas Control* 19: 145-159.
- Holmes R.J. & Lu L. (2015). Introduction: overview of the global iron ore industry, *Minerology, Processing and Environmental Sustainability*, 1-42.
- Hua Song, Chatterjee Samir Ranjan & Jingliang Chen (2011). Achieving competitive advantage in service supply chain: evidence from the Chinese steel industry, *Chinese Management Studies*, 1 (5): 68-81
- Huh Kwang-Sook Steel (2011). Consumption and economic growth in Korea: Long-term and short-term evidence, *Resorce Policy*, 2(36): 107-113
- Jin Peng, vd. (2017). The energy consumption and carbon emission of the integrated steel mill with oxygen blast furnace, *Resources, Conservation and Recycling*, 117 :58-65.

- Kasahara Hiroyuki & Lapham Beverly (2013). Productivity and the decision to import and export: Theory and evidence, *Journal of International Economics* 89: 297-316.
- Kim Yeonbae & Worrell Ernst (2002). International comparison of CO2 emission trends in the iron and steel industry, *Energy Policy* 30: 827-838.
- Kumar Nagesh & Chadha Alka (2009). India's outward foreign direct investments in steel industry in a Chinese comparative perspective, *Industrial and Corporate Change*, 2(18): 249-267
- Lee Chaehwa & Wilhelm Wilbert (2010). On integrating theories of international economics in the strategic planning of global supply chains and facility location, *Int. J. Production Economics*, 124: 225-240.
- Lee Seung-Joo & Lee Eun-Hyung (2009). Case Study of POSCO: Analysis of its Growth Strategy and Key Success Factors, *KDI School Working Paper Series*, 09-13.
- Lin Boqiang ve Wang Xiaolei (2014). Promoting energy conservation in China's iron&steel sector, *Energy* 73: 465-474.
- Manca Davide, Fini Andrea & Oliosi Mirko (2011). Dynamic Conceptual Design under Market Uncertainty and Price Volatility, 21st European Symposium on Computer Aided Process Engineering-ESCAPE, 21
- Manca Davide, Fini Andrea & Oliosi Mirko (2011). Dynamic Conceptual Design under Market Uncertainty and Price Volatility, 21st European Symposium on Computer Aided Process Engineering
- Mavrotas George, Florios Kostas & Vlachou Dimitra (2010). Energy planning of a hospital using Mathematical Programming and Monte Carlo simulation for dealing with uncertainty in the economic parameters, *Energy Conversion and Management*, 51: 722-731.
- Mayer Carmen, Breun Patrick & Schultmann Frank (2017). Considering risks in early stage investment planning for emission abatement technologies in large combustion plants, *Journal of Cleaner Production*, 142: 133-144.
- McKinsey & Company Competitiveness and challenges in the steel industry [Konferans] // OECD Steel committee 74th session. - Paris : [s.n.], 2013.
- Moreira Ricardo Ramalhete (2014). Commodities prices volatility, expected inflation and GDP levels: an application for a net-exporting economy, *Procedia Economics and Finance*, 14:435-444.
- OECD Excess Capacity in the Global Steel Industry and the Implications of New Investment Projects, (2015)OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, OECD Publishing, 18.
- Ohashi Hiroshi (2005). Learning by doing, export subsidies, and industry growth: Japanese steel in the 1950s and 1960s, *Journal of International Economics*, 66:297-323.
- Richardson P.K. (1998). Steel price determination in the European, *Journal of Product & Brand Management*, 62-73 :
- Sabuncu Tanyeli Behiç (2015). COP 21 ve Paris Anlaşması'nın Sonuçları, TUSİAD, Sanayide Dönüşüm, Sektörel Politikalar Bölümü, TS/SSB/2016-004,
- Sachdev Harash J. & Joegiono Cipto Y. (2013). The Challenges of Obtaining a Competitive Advantage for Processed Material Suppliers: A Conceptual Study, *Journal of Marketing Development and Competitiveness* vol. 7(1)
- Sakamoto Tomoyuki ve Managi Shunsuke (2017). New evidence of environmental efficiency on the export performance, *Applied Energy*, 185: 615-626.
- Saygılı Hülya & Saygılı Mesut (2011). Structural changes in exports of an emerging economy: Case of Turkey, *Structural Change and Economic Dynamics*, 22:342-360.
- Schumacher Katja & Sands Ronald D. (2007). Where are the industrial technologies in energy-economy models? An innovative CGE approach for steel production in Germany, *Energy Economics*, 29: 799-825.
- Sheng Yu & Song Ligang (2013). Re-estimation of firms' total factor productivity in China's iron and steel industry, *China Economic Review*, 24:177-188.
- Tian Zhilong vd., The pricing behaviour of firms in the Chinese Iron and Steel Industry, *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 17(3): 67-88

- Tomlin Ben (2014). Exchange rate fluctuations, plant turnover and productivity, *International Journal of Industrial Organization*, 35:12-28.
- Warell Linda (2014). Trends and developments in long-term steel demand - The intensity-of-use hypothesis revisited, *Resource Policy*, 39: 134-143.
- Wu Jinxi vd. (2016). A system analysis of the development strategy of iron ore in China, *Resources Policy* 48: 32-40.
- Xuan Yanni & Yue Qiang (2016). Forecast of steel demand and the availability of depreciated steel scrap in China, *Resources, Conservation and Recycling*, 109:1-12.
- Yasar Mahmut & Paul Catherine J. Morrison (2007). International linkages and productivity at the plant level: Foreign direct investment, exports, imports and licensing, *Journal of International Economics*, 71:373-388.
- Yellishetty Mohan [et al.] Environmental life-cycle comparisons of steel production and recycling: sustainability issues, problems and prospects [Dergi]. - [s.l.] : *Environmental Science&Policy* 14, 2011. - 650-663.
- Yellishetty Mohan, Ranjith P.G. & Tharumarajah A. (2010). Iron ore and steel production trends and material flows in the world: Is this really sustainable?, *Resources, Conservation and Recycling*, 54: 1084-1094.
- Youn Sun Hee vd. (2014). Supply chain information capabilities and performance outcomes: An empirical study of Korean steel suppliers, *International Journal of Information Management*, 34: 369-380.

Ek-1 Üretim Yöntemi Dağılımı ve Endüstri Karlılığı Etkileşimi Modeli Değişkenleri ve Açıklamaları

No	PARAMETRE	BİRİM	AÇIKLAMA	No	PARAMETRE	BİRİM	AÇIKLAMA
1	YÜK	ton/yıl	Ham Çelik Yıllık Üretim Kapasitesi	22	a3	katsayı	Paslanmaz Uzun Çelik Fiyatının Hurda Fiyatı ile İlişkisindeki Katsayı
2	KKO	%	Ortalama Kapasite Kullanım Oranı	23	a4	katsayı	Alaşımız Yassı Çelik Fiyatının Hurda Fiyatı ile İlişkisindeki Katsayı
3	ç	ton/ton ham çelik	Ortalama Cevher Tüketim Miktarı	24	a5	katsayı	Alaşımızlı Yassı Çelik Fiyatının Hurda Fiyatı ile İlişkisindeki Katsayı
4	shc	\$	Cevherin Hurda Fiyatına İlişkilendirmede Sabit Katsayı	25	a6	katsayı	Paslanmaz Yassı Çelik Fiyatının Hurda Fiyatı ile İlişkisindeki Katsayı
5	khc1	katsayı	Cevherin Hurda Fiyatına İlişkilendirmede Değişken Katsayı1	26	b1	\$	Alaşımız Uzun Çelik Fiyatının Hurda Fiyatı ile İlişkisindeki Sabit Katsayı
6	khc2	katsayı	Cevherin Hurda Fiyatına İlişkilendirmede Değişken Katsayı2	27	b2	\$	Alaşımızlı Uzun Çelik Fiyatının Hurda Fiyatı ile İlişkisindeki Sabit Katsayı
7	khc3	katsayı	Cevherin Hurda Fiyatına İlişkilendirmede Değişken Katsayı3	28	b3	\$	Paslanmaz Uzun Çelik Fiyatının Hurda Fiyatı ile İlişkisindeki Sabit Katsayı
8	k	ton/ton ham çelik	Ortalama Koklaşabilir Kömür Tüketim Miktarı	29	b4	\$	Alaşımız Yassı Çelik Fiyatının Hurda Fiyatı ile İlişkisindeki Sabit Katsayı
9	PK	\$/ton	Koklaşabilir Kömür Birim Fiyatı	30	b5	\$	Alaşımızlı Yassı Çelik Fiyatının Hurda Fiyatı ile İlişkisindeki Sabit Katsayı
10	DYF	\$/ton	Yüksek Fırın ile Üretim için Diğer Maliyetler	31	b6	\$	Paslanmaz Yassı Çelik Fiyatının Hurda Fiyatı ile İlişkisindeki Sabit Katsayı
11	h	ton/ton ham çelik	Ortalama Hurda Tüketim Miktarı				
12	PH	\$/ton	Hurda Birim Fiyatı				
13	DEAO	\$/ton	Elektrik Arık Ocağı ile Üretim için Diğer Maliyetler				
14	RUÇ	%	Alaşımız Uzun Çelik Üretimdeki Payı				
15	RAUÇ	%	Alaşımızlı Uzun Çelik Üretimdeki Payı				
16	RPUÇ	%	Paslanmaz Uzun Çelik Üretimdeki Payı				
17	RYÇ	%	Alaşımız Yassı Çelik Üretimdeki Payı				
18	RAYÇ	%	Alaşımızlı Yassı Çelik Üretimdeki Payı				
19	RPYÇ	%	Paslanmaz Yassı Çelik Üretimdeki Payı				
20	a1	katsayı	Alaşımız Uzun Çelik Fiyatının Hurda Fiyatı ile İlişkisindeki Katsayı				
21	a2	katsayı	Alaşımızlı Uzun Çelik Fiyatının Hurda Fiyatı ile İlişkisindeki Katsayı				