



HURDA MALZEMEDEN ÇELİK ÜRETİMİ: İTHAL GİRDİ VERİLERİYLE KÜMELEME ANALİZİ

Steel Production from Scrap Material: Clustering Analysis with Import Input Data

Ümit Remzi ERGÜN¹ ve Elif BULUT²

¹YL Öğrencisi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yönetim Bilimleri Ana Bilim Dalı, umit.r.ergun@gmail.com, orcid.org/0000-0002-8967-1892

²Doç. Dr., Ondokuz Mayıs Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, elif@omu.edu.tr, orcid.org/0000-0001-8278-1821

Araştırma Makalesi/Research Article

Makale Bilgisi

Geliş/Received:

09.10.2023

Kabul/Accepted:

06.09.2024

DOI:

10.18069/firatsbed.1373620

Anahtar Kelimeler

Demir Çelik, Hurda, İthalat,
Kümeleme Analizi

Keywords

Iron and Steel, Scrap,
Import, Clustering Analysis

ÖZ

Uluslararası ticaret sistemi içerisinde yer alan ülkelerde sanayinin, iktisadî büyüme ve kalkınmanın temel dayanakları arasında yer alan demir çelik sektörü ülkeler tarafından kurulması ve geliştirilmesi gerekli-öncelikli endüstriler arasında kabul edilmektedir. Sanayileşme süreçlerinin gelişimi, teknolojik değişimler, küreselleşme ve değişen demografik yapının bir sonucu olarak ortaya çıkan üretim ve tüketim değerlerinin artışı doğal kaynakların kullanımının artması ve varlıklarının azalması sorununu da beraberinde getirmektedir. Bu bağlamda demir çelik sektörü hammadde olarak demir cevherinin işlenmesi faaliyetleriyle doğal kaynaklar ekonomisi, demirli atık ve hurda malzemenin işlenmesi faaliyetleriyle de sanayi ekonomisi içerisinde değerlendirmeye alınabilen özellikli sektörler arasında yer almaktadır. Çalışmada, hurda malzemedен çelik üretim süreçlerini ithalat rakamları ile değerlendirmeye alarak, başlıca çelik üretimi gerçekleştiren yirmi ülke üzerinde 2007-2021 dönemini beşer yıllık periyotlarla kümeleme analizine tabi tutulmuştur. Çalışmanın sonuçlarının ülkelerin üretim yöntemi ağırlıkları ile uyumlu olduğu görülmektedir. Elde edilen analiz bulgularından, etkin ve verimli çelik üretiminin demir cevheri kadar hurda malzemeye de bağlı olması, ülkelerin hurda ithalatında daha koruyucu politikaları benimsemesi gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır.

ABSTRACT

The iron and steel sector, a key pillar of industry, economic growth, and development within the international trade system, is considered one of the priority industries that countries need to establish and develop. The advancement of industrialization processes, technological changes, globalization, and the increase in production and consumption due to changing demographic structures have led to a rise in the use of natural resources and a decrease in their availability. In this context, the iron and steel sector can be evaluated within the natural resources economy through activities such as processing iron ore as raw material and within the industrial economy through the processing of ferrous waste and scrap material. This study analyzed steel production processes from scrap material using import figures and applied clustering analysis over five-year periods from 2007 to 2021 for twenty major steel-producing countries. The results of the study align with the production method weights of the countries. The analysis findings conclude that effective and efficient steel production values scrap material as much as iron ore and that countries employ protective policies concerning scrap imports.

Atf/Citation: Ergün, Ü. R. ve Bulut, E. (2024). Hurda Malzemedен Çelik Üretimi: İthal Girdi Verileriyle Kümeleme Analizi. *Firat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 34, 3, 1463-1480.

Sorumlu yazar/Corresponding author: Ümit Remzi ERGÜN, umit.r.ergun@gmail.com.

1. Giriş

Değişen demografik yapının bir sonucu olarak üretim ve tüketim değerlerinin artış göstermesi doğal kaynakların kullanımının artması ve varlıklarının azalmasıyla sonuçlanmıştır. Literatürde kıt kaynaklar olarak ifade edilen doğal kaynaklar üretimin sınırlı kalmasına neden olan faktörler arasında yer almaktadır. Bu durum doğal kaynakların iktisadî değerlerini etkilemektedir. Üretim faktörleri arasında yer alan doğal kaynakların artan iktisadî değerleri, değişen talep yapısı, artan üretim maliyetleri ve üretimin çeşitlendirilmesi faaliyetleri sonucunda endüstrilerin alternatif kaynak kullanımına yöneldikleri görülmektedir. Endüstrilerin lokomotif gücü olarak ifade edilen demir çelik sektörünün de bu durumdan etkilenmesi kaçınılmaz olarak değerlendirilmektedir. Bu etkilenme, endüstri öncesi toplumların faydasız olarak değerlendirdikleri hurda ve atık malzemelerin demir çelik sektöründe iktisadî değeri olan ürünler arasında yer almasını sağlamaktadır. Demir çelik sektörü hammadde olarak demir cevherinin işlenmesini faaliyetleriyle doğal kaynaklar ekonomisi, demirli atık ve hurda malzemenin işlenmesi faaliyetleriyle de sanayi ekonomisi içerisinde değerlendirmeye alınabilen özellikli sektör olarak görülmektedir. Bu durum sektörün ileri geri bağlantısının yüksekliği ile ilişkilendirilmektedir. Demir çelik sektörü, 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 tanımlanmaktadır. Sektör tanımında da yer verilen özellikleri nedeniyle uluslararası politik otoritelerin gündeminde yer almaktadır.

Avrupa Birliği tarafından ilan edilen Avrupa Yeşil Mutabakatı (AYM), sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir ekonomi hedefiyle iktisadî büyümenin kaynak kullanımından ayrılmasını hedeflemektedir (European Commission, 2019). Bu bağlamda oluşturulan sınırdaki karbon düzenleme mekanizması, Avrupa Birliği'nde rekabetçi yapının karbon emisyon hedeflerine uygun olarak düzenlenmesini kapsamaktadır (Küçük ve Dural, 2022: 144). İlk etapta sınırdaki karbon düzenlemesinin yüksek karbon kaçağı riski taşıyan ürünler üzerinde geçerli olması plânlanmıştır (European Commission, 2021). Bu ürünler arasında demir çelik sektörüne ait nihai çıktılar da yer almaktadır. Karbon ayak izi kavramı, bireyin küresel ısınmadaki bireysel payının bir göstergesi olarak ifade edilmektedir. Kavram, birincil karbon ayak izi ve ikincil karbon ayak izi olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Doğrudan karbon ayak izi olarak da ifade edilen birincil karbon ayak izi, enerji tüketimi ve ulaştırma faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan karbondioksit emisyonlarının ölçüsüdür. Dolaylı karbon ayak izi olarak da ifade edilen ikincil karbon ayak izi ise tüketim ürünlerinin yaşam döngülerinin tamamında ortaya çıkan karbondioksit emisyonlarının ölçüsüne karşılık gelmektedir (Binboğa ve Ünal, 2018: 193; Birkan, 2014: 2; Kutay ve diğerleri: 2010: 1559). Bu bağlamda sürdürülebilirlik göstergeleri arasında yer alan sera gazı emisyon değerleri ülkeler özelinde azaltılması gereken öncelikli çevresel faktörler arasında yer almaktadır. Sera gazı emisyonlarını etkileyen sektörler arasında enerji ve hammadde yoğun sektör olarak demir çelik sektörü yer almakta ve bu anlamda sektörü kapsayan girdi değerlerine dikkat çekilmektedir (Başol, 2013: 3). Demir çelik sektörü, geri dönüşüm ekonomisi ve sürdürülebilirlik kavramları özelinde ele alındığında, sektörün atık ve hurda malzemesinin üretim yöntemlerine bağlı olarak yeniden işlenip sanayiye kazandırılması, dünya ticaretinde demir çelik ürünlerinin ticaret hacmi ile mesafesinin yüksek olması ve dünya demir cevheri kaynaklarının tükenmesi hurda eğiliminin artmasının nedenleri arasında sayılmaktadır. Enerji tüketimi ve ulaştırma faaliyetleri sonucu ortaya çıkan birincil karbon ayak izi kavramından doğrudan etkilenen sektörün, kullanılan ürünlerin ürünleştirilmesinden atıllaştırılmasına kadar karbondioksit salınımlarını dikkate alan ikincil karbon ayak izi kavramından da etkilendiği ifade edilmektedir. Küresel çelik endüstrisinin ölçeği ve önemi dikkate alındığında çelik tüketiminin ana etkenlerini anlamak hem madencilik sektörü hem de politika yapıcılar için önem arz etmektedir (Crompton, 2015: 239). Kişi başına ham çelik tüketimi, ulusların ve toplumların kalkınmışlık düzeyinin bir ölçüsü olarak ifade edilmektedir (Doğaka, 2014: 4). Kişi başına çelik tüketiminin artması ve son yıllarda kişi başına vasıflı veya paslanmaz çelik tüketiminin de sosyo-ekonomik göstergeler arasında yer alması ülkelerin üretim değerlerine yansımaktadır. Bu yansıma, talepleri karşılayabilmek adına hem doğal kaynakların kullanımı hem de hurda malzemenin üretime kazandırılması politikalarını etkilemektedir. Her iki durumda da küresel ısınma ve iklim kriziyle mücadele otoritelerinin gündeminde yer alan demir çelik sektörünün uluslararası ticaret yapısının kapsamlı değerlendirmelere ihtiyacı olduğu düşünülmektedir. Bu anlamda, bu çalışma ülkelerin çelik üretiminde kullandıkları demirli atık ve hurda malzemeler ile ferro alyajları dış ticaret değerlerine göre gruplandırarak önerilerde bulunmayı amaçlamaktadır.

Hurda malzemededen çelik üretim süreçlerinde demirli atık ve hurda malzeme kadar önemli olan ferro alyajlar; demirin silisyum, mangan, krom, nikel, tungsten, fosfor gibi elementlerden biriyle veya birden fazlasıyla yaptığı alaşımlar olarak tanımlanmaktadır. Bu alaşımlar, grafit oluşumunu denetim altında tutabilmek, çeliğin yapısındaki bazı elementleri uzaklaştırmak, diğer alaşım ve elementlerin üretilmesini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Ferro alyajlar, ergimiş çeliğe istenilen son bileşimi vermeleri, metalin katılaşmasını sağlamaları ve çeliğin ilk ve son deoksidasyonunu gerçekleştirmeleri açısından önemli malzemeler arasında yer almaktadırlar (Taşkaya, 2019: 100). Ferro alyajlar, T.C. Kalkınma Bakanlığı'nın ithalata olan bağımlılığının azaltılması programı eylem plânına dâhil edilmişlerdir. Plânda demir çelik üretiminde kullanılan ana ferro alyajların yurtiçinde üretimini sağlamaya yönelik olarak teşvik sisteminin gözden geçirilmesine dikkat çekilmiştir (Kalkınma Bakanlığı, 2014: 7).

2. Demir Çelik Sektörü ve Sektörün Üretim Yapısı

Maden cevherlerinin tıpkı embriyolar gibi Toprak Ana'nın bünyesinde büyüyüp geliştikleri ve metal işçiliğinin doğum ile olduğu düşüncesine erken çağlarda rastlanılmaktadır. Tarihin uzun dönemleri boyunca maden cevherlerinin Toprak Ana'nın kutsallığını paylaştığına olan inancın önemli kilometre taşları arasında, demir cevherleri yer almaktadır. Metalürjinin bilinmediği dönemlerde göktaşlarının yeryüzündeki demirin farkındalığının kaynağı olması, insanların demiri Tanrıların selamı olarak algılamasına neden olmuştur. Hem demirin elde edilmesindeki güçlük hem de kutsallığı demirin iktisadî değerine etki etmiştir. M.Ö. birinci bin yılın başlarında demir fiyatının gümüşün beş, altının iki katına ulaştığı bilinmektedir (Tez, 2012). Demir malzemelerin Avrupa'daki insan uygarlığının temelini oluşturma niteliği M.S. 1800'lerin sonuna kadar diğer bir ifadeyle yerini çeliğe bırakana kadar devam etmiştir. Çeliğin seri üretimi çelik teknolojilerinin kullanılmasına başlamasıyla gerçekleşmiştir. İngiliz Metalürjist Henry Bessemer, kendi soyadını verdiği yöntemle demirin havada oksitlenmesiyle dökme demir ve çelik üretimini endüstriyel bir süreçle gerçekleştirmiştir (Spoerl, 2004). Bessemer Yöntemi, dünya çelik üretiminin ivmelenmesinin başlangıcı olarak kabul edilmektedir. Günümüzde çelik üretimi, ana girdi olarak demir cevheri kullanan yüksek fırınlar (YF) ve bazik oksijenli fırınlar (BOF) ile üretim yapan entegre tesislerde; ana girdi olarak hurda metal kullanan elektrik ark ocaklı (EAF) fırınlar ve indüksiyon fırınları (IF) ile üretim yapan tesislerde gerçekleştirilmektedir. Avrupa Birliği ülkelerinde ise çelik üretimi ağırlıklı olarak BOF ve EAF'li tesislerde gerçekleştirilmektedir (Avinal ve diğerleri 2019: 19). Tablo 1'de başlıca çelik üreten ülkelerin ham çelik üretim süreçlerinin yüzdelerle dağılımlarına yer verilmiştir.

Tablo 1. Ülkelerin Çelik Üretim Süreçlerinin Dağılımı, 2022

Ülke	Üretim (milyon ton)	Oksijen (%)	Elektrik (%)	Diğer (%)	Toplam (%)
Çin	1018,0	90,5	9,5	-	100,00
Hindistan	125,3	45,8	54,2	-	100,00
Japonya	89,2	73,3	26,7	-	100,00
ABD	80,5	31,0	69,0	-	100,00
Rusya	71,5	65,0	33,1	1,9	100,00
G. Kore	65,8	68,5	31,5	-	100,00
Almanya	36,8	70,2	29,8	-	100,00
Türkiye	35,1	28,5	71,5	-	100,00
Brezilya	34,1	75,1	23,8	1,1	100,00
İran	30,6	8,2	91,8	-	100,00
İtalya	21,6	16,0	84,0	-	100,00
Tayvan	20,8	59,7	40,3	-	100,00
Meksika	18,1	14,6	85,4	-	100,00
Fransa	12,1	67,4	32,6	-	100,00
Kanada	12,1	53,9	46,1	-	100,00
İspanya	11,5	32,0	68,0	-	100,00
Mısır	9,8	-	100,0	-	100,00

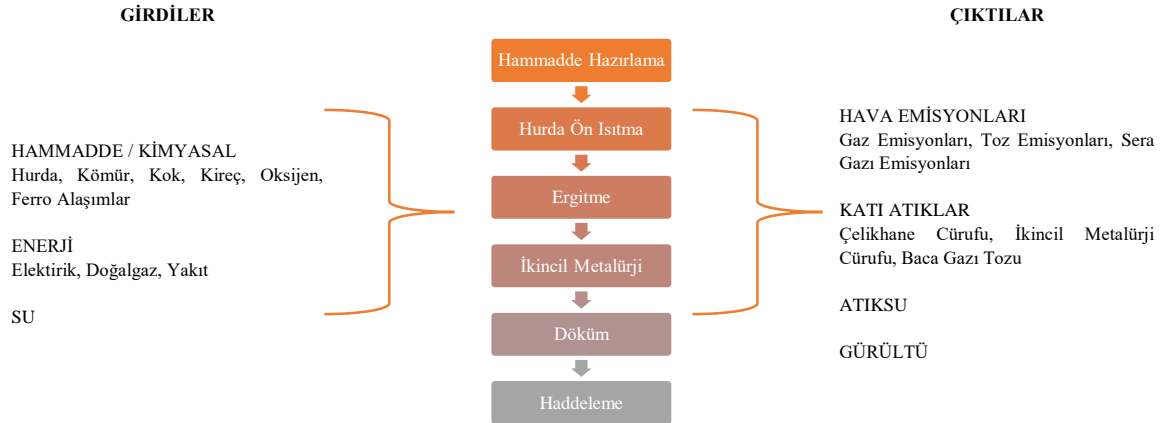
Kaynak: World Steel Association, <https://worldsteel.org/steel-topics/statistics/world-steel-in-figures-2023/>

Tablo 1 incelendiğinde Mısır, İran, Meksika, İtalya, Türkiye, ABD ve Hindistan'ın EAF üretim tesislerinden elde edilen nihai ürün değerlerinin BOF üretim tesislerinden büyük olduğu görülmektedir. Bu durum ülkelerin ağırlıklı ana girdi malzemesi olarak hurda metal kullandıklarına ve mevcut demir cevherlerinin üretimde kullanılmasına ülkeler özelinde yetersiz kalındığında işaret etmektedir. Demir çelik endüstrisinde, elektrikle çelik üretimi 1950'li yıllardan itibaren artış göstermiştir. Endüstride EAF'li tesislerde görülen artış, maliyetlerin azaltılmasını sağlamış ve kaliteli çelik üretimini kolaylaştırmıştır (Tan, 1983: 36). Demir çelik sektörünün ana hammaddelerini cevher ve hurda malzemeler oluşturmakta, ürünleştirme süreçleri sonucunda temel çıktı ise ham çelik olarak elde edilmektedir. Bu anlamda demir çelik sektörü değer zincirine Şekil 1'de yer verilmiştir.



Şekil 1. Demir Çelik Sektörü Değer Zinciri (Avinal ve diğerleri, 2019)

Şekil 1 incelendiğinde demir çelik sektörü ülke doğal kaynaklarının yapısı veya üretim yöntemleriyle doğrudan ilişkili olup sektörün diğer sektörler için hayati öneme sahip olduğu değerlendirilmektedir. Bu durumda sektörün sadece üretimin sonucu olarak değil üretimin gereği olarak da önemli olduğu ifade edilmektedir. Dünyada iktisadî faaliyetlerin genelinde yaşanan artışlar ile ülke ekonomilerindeki büyümenin bir yansıması olarak konut, otomobil ve dayanıklı tüketim mamülleri olmak üzere diğer imalat ürünlerine olan talebin artması dünya çelik üretimini arttırdığı ve arttırmaya da devam edeceği değerlendirilmektedir. Demir çelik sektöründe üretilen ürünler ara mamüller, ana mamüller ve yan mamüller olmak üzere üç sınıfta toplanmaktadır. Ara mamul başka bir malın üretiminde girdi olarak kullanılmak üzere üretilen ürünlerdir. Ana mamul bir başka işlem gerektirmeyen, nihai kullanım için üretilen ürünler olup yan mamuller ise üretim süreci sonunda teknik nedenlerle ana ürün ile beraber ortaya çıkan ürünlerdir (Ersöz ve diğerleri, 2015: 76). Hurda demirden çelik üretim süreçlerinin gösterimine Şekil 2'de yer verilmiştir.



Şekil 2. Hurda Demirden Çelik Üretim Süreci (Avinal, vd., 2019)

Şekil 2'de de yer aldığı haliyle, hurda demirden çelik üretim sürecinin girdileri arasında yer alan hurda malzeme ve enerji kullanım yöntemleri ile çıktıları arasında yer alan sera gazı emisyonlarının sektörün geri dönüşüm ekonomisi ve sürdürülebilirlik açısından önemine ve önceliğine işaret ettiği değerlendirilmektedir. Dünya ekonomisinin küreselleşmesinin demir çelik sektöründe yapısal değişimlere neden olması, çelik üretiminde yeni konseptlerin gelişmesiyle karakterize edilmektedir. Mini elektrikli çelik fabrikalarının kurulmasının ve yeni döküm tekniklerinin ortaya çıkmasının çelik sektöründe konsolidasyonu teşvik ederek, piyasanın rekabetçi yapısını arttırdığı değerlendirilmektedir (Remus ve diğerleri 2013: 1). Hammadde olarak

hurda kullanımı, üretimin devamında gerçekleşecek operasyonların ve tahmin edilemeyen emisyon profillerinin oluşması açısından önem arz etmektedir. Satın alınan veya iç üretimden geri dönüştürülen hurdanın ayrı ayrı depolanması gerekli görülmektedir. İç üretimde oluşan hurdanın ise tamamen geri dönüştürülebilmesi ve hurda kullanım miktarının genel olarak artırılması ile satın alınan kütük miktarında azaltımın sağlanması kârlılığın artmasına ve ekonomik açıdan önemli tasarrufların elde edilmesine imkân tanımaktadır (Avinal ve diğerleri, 2019: 52).

Dünya çelik endüstrisinin büyüklüğü ve modern ekonomideki konumu ona ekonomik, sosyal ve politik bir sistemle alışılmadık bir ilişki kazandırmaktadır. Çelik sektöründeki katma değer, imalat kaynaklı gayrisafi yurt içi hasılanın dikkate değer büyüklükte önemli bir yüzdelik kısmını oluşturmaktadır. İktisadî olarak sektörün pazar yapısının modern endüstriyel pazarlara özgü olması demir çelik ürünlerinin de önemini pekiştirmektedir. Demir çelik endüstrisinin istihdamının coğrafî yayılımı, politika otoritelerinin de dikkatini çekerek onları sektöre karşı daha duyarlı hale getirmektedir. Modern bir ulusun büyük bir çelik endüstrisine ihtiyacı olduğu yönündeki algı nedeniyle politika yapıcılar modern bir imalat sektörünün yerli çelik kaynağıyla mümkün olabileceğine inanmaktadırlar (Rogers, 2009: 1-3). Çelik endüstrisinin talep desenini ve endüstrinin genelini etkileyen faktörler dört başlık altında toplanmaktadır. Bunlar, tarım, imalat ve inşaat sektörlerinde yaşanan değişimler ve ekonomik geçişler, rakip malzemenin ikamesi nedeniyle üretim süreçlerinde meydana gelen değişiklikler, teknolojik değişimlerin getirdiği yenilikler ve gelişmekte olan ülkelerin pazar paylarında görülen artışlar olarak sayılmaktadır (Gonzales ve Kaminski, 2011: 14). Demir çelik sektörü, teknoloji, sermaye, kaynak ve enerji kullanımı açısından yoğun bir sektördür. Sektörün verimli bir şekilde gelişimi, yeterli demir cevheri, su ve kok tedariklerinin yanı sıra ileri teknolojiler ve uygun politikalar da dâhil olmak üzere birçok farklı dış koşulun kapsamlı bir şekilde dengelenmesini gerektirmektedir (Ma ve diğerleri, 2014: 505). Demir çelik sektörü özelinde, kömür kaynaklarının konumunun konumsal politikayı belirlemede baskın faktör olduğu inancı, kömür yatakları bulunmayan ülke veya bölgelerin de çelik endüstrilerini geliştirebilmeleri nedeniyle kömür kaynaklarının konumsal çekiminin başlı başına baskın olmadığı inancına yerini bırakmıştır (Isard, 1948: 203). Demir ve çelik gibi sektörlerde değerli maden kaynaklarının korunmasının önemi, bu kaynakların bulunabilirliğinin sınırlı olması ve üretimde yer almalarının gelecekteki kullanılabilirlikleri pahasına gerçekleşmesiyle ilgilidir. Demir ve çelik malzemelerinin çıkarılması, işlenmesi, dağıtılması, kullanılması ve imha edilmesiyle ilgili çevresel etkiler giderek artan bir endişe kaynağı olarak ifade edilmektedir. Bu işlemler için gerekli enerji yüksek olup ağırlıklı olarak fosil yakıt tüketimiyle gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle, demir çelik sektörü hem çevresel hem de iktisadî olarak daha da önem kazanmaktadır. Sektör için enerji ve malzeme akışlarının belirlenmesi, kaynakların korunması, çevresel iyileştirme için fırsat ve tehditlerin sınıflandırılması modern ekonominin kaydılaştırılması elzem konular arasında yer almaktadır (Michaelis ve Jackson, 2000: 131-132). Bu anlamda sektörün yaşadığı değişimin nedenleri arasında küreselleşme ile demir çelik sektöründe uluslararası ticaret kapasitelerinin artması ve teknolojik ilerlemeler sonucunda hurda malzemenin de hammadde olarak kullanılabilmesi yer almaktadır.

3. Demir Çelik Sektörünün Dış Ticaret Yapısı

Dış ticaretin tartışmaların gündeminde yer alması Avrupa'da ticaret burjuvazisinin siyasal erke katılımı ile başlamıştır. Merkantilist dönemde zenginleşmenin yolunun ticaretten geçmesi ülkelerin dış ticaretten elde ettikleri yararları değil dış ticaret yoluyla nasıl zenginleşebileceklerine odaklanmalarına sebep olmuştur. Tartışmaların odağının bu şekilde belirlenmesi, üzerinde durulan konunun dış ticaretin kendisinden dış ticaretin bakiyesine eğilim göstermesi sonucunu ortaya çıkarmıştır. Sanayi Devrimi'nden sonra gündeme gelen sorun, sınaî ürünlerin pazarlanması ve sanayileşme sürecinin sürdürülebilmesi olunca dış ticaretin kendisi tartışmaların odağını oluşturmaya başlamıştır (Yılmaz, 2016: 1). Bir malın ekonomik değerinin ham materyal olarak değerini arttıran herhangi bir süreç üretim olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım esasen mal ve hizmetlerin doğrudan temin edilmesi sürecini de ifade etmektedir. Örneğin aynı zamanda imalatı da ifade eden ham demirin çelik hâline getirilmesi ya da çeliğin tel gibi, levha gibi daha kullanılabilir biçimlere sokulması üretim faaliyetleridir. Buradan hareketle üretim için biçimsel kullanılabilirlik kazandırma yöntemi tanımlaması da yapılabilecektir (Tümertekin ve Özgüç, 2020). Bu anlamda demir çelik sektörünün ürünlerinde biçimsel kullanılabilirlik seviyesinin yüksek olması, sektörü birçok endüstrinin itici gücü haline getirmektedir. Demir çelik sektörüne ait nihaî ürünlerin birçok sektör tarafından kullanılması sektörün önemini gösteren unsurlar arasında yer almaktadır. 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). Demir çelik sektörü, bir ülkenin sanayisinin lokomotif gücü olması özelliğiyle, ülkenin milli üretimlerini ihraç edebilme ve bu ihracatta devamlılığı sağlayabilme açısından uluslararası ticaret sisteminin öncelikli sektörleri arasında yer almaktadır. Sektörün ileri geri bağlantısının yüksek olması sadece ihracat değerlerinin değil ithalat değerlerinin de göz önüne alınmasını zorunlu kılmaktadır. Tablo 2’de başlıca net çelik ithalatçısı ve ihracatçısı olan ülkelerin dış ticaret verilerine yer verilmiştir.

Tablo 2. Başlıca Net Çelik İthalatçısı ve İhracatçısı Olan Ülkeler, 2022

Net İhracat			Net İthalat		
Sıra	İhracat-İthalat	Milyon Ton	Sıra	İhracat-İthalat	Milyon Ton
1	Çin	51,1	1	Avrupa Birliği (27)	22,0
2	Japonya	26,4	2	Amerika Birleşik Devletleri	20,6
3	Rusya	16,6	3	Tayland	11,6
4	Güney Kore	11,8	4	Filipinler	7,5
5	Brezilya	8,8	5	Polonya	6,8
6	Umman	5,4	6	Meksika	4,3
7	Hindistan	5,2	7	İtalya	4,2
8	Ukrayna	4,1	8	Vietnam	4,1
9	Tayvan	2,8	9	Suudi Arabistan	3,8
10	Avusturya	2,6	10	Kanada	2,8
11	Belçika	2,2	11	İsrail	2,7
12	Lüksemburg	1,6	12	Pakistan	2,6
13	Malezya	1,4	13	Çekya	2,5
14	Kazakistan	1,3	14	Kolombiya	2,5
15	Almanya	1,3	15	Bangladeş	2,4

Kaynak: World Steel Association, <https://worldsteel.org/steel-topics/statistics/world-steel-in-figures-2023/>

Tablo 2 incelendiğinde sanayileşmesini tamamlamış veya sanayileşme süreci içerisinde olan ülkelerin demir çelik ürünlerine daha fazla ihtiyaç duyduğu çıkarılabilecektir. Demir çelik sektöründe üretimi tamamlanan nihaî ürün için üretim süreçlerinde hammadde, hazır parçalar, enerji, makine ve teçhizatlar gibi ara mallara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaç çoğu zaman ithalat yolu ile giderilmektedir. Dolayısıyla demir çelik sektörü üretim süreçlerinden elde ettiği değeri ihracat yoluyla kazanım değerine dönüştürmeyi hedeflerken, üretimi tamamlayabilmek için de ithalata ihtiyaç duyan bir sektör olarak ifade edilebilecektir. Sektörün bu özelliği uluslararasılaşmasına da etki etmektedir. Tablo 2 incelendiğinde gelişmiş, gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerin dış ticaret verilerinin dağılımlarının dengeli olmadığı görülmektedir. Bu durumun nedenleri, sektörde yeni ürün ve bölümlendirmelerin sürekli gerçekleştirilmesi, tekno-ticarî rakip sayısında artış, rekabetçi fiyatlandırma politikaları ve lojistik olarak sayılabilecektir (Rao, 1971: 75). Demir çelik sektörünün önemli özelliklerinden birinin de sektörde üretilen yan ve yarı mamûl ürünlerinin diğer sanayi kollarının varlığının devam edebilmesinde büyük önem arz etmesidir. Sektörden doğrudan hammadde temin eden dayanıklı tüketim mamûlleri, otomotiv ve ulaştırma, gemi inşaa sanayi gibi endüstriler aynı zamanda gelişmiş endüstriler olarak ifade edilmektedir. Bu nedenle demir çelik sektörü tamamlayıcı ve destekleyici bir sektör olarak da iktisadî döngüye katkı sağlamaktadır. Demir çelik sektörünün ileri geri bağlantılarının yüksek özellikli olması nedeniyle sektör ülke ekonomileri için stratejik önem taşımaktadır. Sektörde yaşanan gelişmelerin ve dalgalanmaların diğer sektörleri de doğrudan etkilemesi demir çelik endüstrisini hem ulusal hem de uluslararası düzeyde önemli kılmaktadır (Çeştepe ve Tuncel, 2018: 117). Dünya çelik piyasalarında yaşanan dönemsel olarak arz ve talep dengesizlikleri ve etkileri uzun süren iktisadî şoklar ve krizler fiyat dalgalanmalarının oluşmasına ve dolayısıyla demir çelik sektörünün de bu durumdan öncelikli olarak etkilenmesine neden olmaktadır. Çelik çevrimleri olarak adlandırılan bu durumlarda, ani fiyat artışları volkan, ani fiyat düşüşleri ölüm spirali olarak isimlendirilmektedir. Fiyat artışları derecelerine göre mini volkan, büyük patlama ve çok büyük patlama olarak sınıflandırılmaktadır (Duman, 2008: 20-21). Çelik çevrimlerinin, ülkelerin demir çelik sektöründe ithalata bağımlılıkları dikkate alındığında üretimlerini devam ettirebilmeleri veya sektörden doğrudan hammadde temin eden sanayi kollarının üretimlerine etki etmeleri açısından kritik önem düzeyinde olduğu değerlendirilmektedir. Sektörün dışa bağımlılığında özellikle hurda demirden çelik üretim süreçlerinde Şekil 2’de de yer verildiği gibi ferro alaşımlar ve hurda malzeme ithalatının hayati önem

taşıdığı ifade edilmektedir. Bu anlamda, başlıca çelik üreten ülkeler özelinde dökme demirin, demirin veya çeliğin döküntü ve hurdaları; demir veya çelik döküntü ve hurdalarının yeniden ergitilmesi suretiyle, elde edilen külçelerin ve ferro alaşımların ithalat değerlerine Tablo 3'te yer verilmiştir. Tabloda ürünlerin gösteriminde Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonundan (GTIP) yararlanılmış olup 7202 kodu ile ferro alaşımlar; 7204 kodu ile dökme demirin, demirin veya çeliğin döküntü ve hurdaları, demir veya çelik döküntü ve hurdalarının yeniden ergitilmesi suretiyle elde edilen külçeler şeklinde isimlendirilen sınıflandırma esas alınmıştır.

Tablo 3 incelendiğinde 2022 yılı için demir çelik dünya toplam ithalatının %18'ini hurda malzemededen çelik üretiminde ana girdi olarak kullanılan ferro alyajlar ve demir çelik hurdaları oluşturduğu görülmektedir. ABD, Türkiye, Meksika ve Mısır'ın demir çelik ithalat rakamlarının ihracat rakamlarına kıyasla daha büyük değerler aldıkları tespit edilmiştir. Toplam demir çelik ithalatı rakamları, 7202 ve 7204 ürün kodlarının toplam ithalatına oranlandığında demir çelik endüstrisinde sanayileşmiş ülkeler arasında demir cevheri açısından yetersiz kaynağa sahip olanların yüksek, demir cevheri açısından doğal kaynak zengini olan ülkelerin düşük oranlara sahip oldukları görülmektedir. Bu duruma örnek olarak Hindistan'ın üretiminin yaklaşık %55'inin hurda malzeme kullanan elektrik ark ocaklı tesislerde gerçekleşmesi toplam demir çelik ithalatının, 7202 ve 7204 kodlu ürün ithalatına oranına yansımaya ve %45 düzeyinde sonuç elde edilmesi verilebilecektir.

Tablo 3. Demir Çelik Sektörü Dış Ticaret Verileri (Bin ABD Doları, 2022)

Ülke	Toplam Demir Çelik İhracatı	Toplam Demir Çelik İthalatı	GTIP: 7202 İthalat	GTIP: 7204 İthalat	GTIP: 7202+7204
Çin	77.264.814	43.662.135	20.399.115	401.534	20.800.649
Hindistan	15.198.277	16.740.819	1.475.314	6.129.476	7.604.790
Japonya	35.162.139	10.292.290	3.819.216	245.297	4.064.513
ABD	20.891.807	44.933.026	5.250.721	2.530.929	7.781.650
Rusya	28.888.981	5.925.008	494.622	309.191	803.813
Güney Kore	28.108.456	18.943.803	2.207.268	2.764.195	4.971.463
Almanya	37.381.312	39.333.613	2.585.887	2.341.841	4.927.728
Türkiye	14.628.379	28.366.867	1.244.248	9.719.324	10.963.572
Brezilya	16.661.352	4.255.559	360.057	26.611	386.668
İran	7.561.129	1.354.982	353.006	1.105	354.111
İtalya	22.206.530	34.325.475	1.836.732	2.661.324	4.498.056
Tayvan	12.109.103	10.864.071	1.263.692	1.479.099	2.742.891
Vietnam	11.935.412	14.744.151	276.299	2.753.095	3.029.394
Meksika	4.973.450	20.822.191	313.408	1.315.345	1.628.753
Endonezya	27.843.548	13.928.186	3.128.506	624.363	3.752.869
Fransa	19.188.421	17.174.359	671.882	699.271	1.371.153
Kanada	11.176.343	11.097.137	543.406	291.391	834.797
İspanya	11.220.790	14.362.174	960.995	1.590.831	2.551.826
Malezya	7.142.917	6.625.174	169.909	285.794	455.703
Mısır	1.256.419	4.277.384	290.647	1.538.231	1.828.878
Dünya	565.295.841	582.469.277	57.024.968	52.665.935	109.690.903

Kaynak: ITC Trade Map. <https://www.trademap.org/>

Tablo 3'te yer alan 2022 yılı verilerine göre ülkeler özelinde ferro alyajlar ve demir çelik hurdaları ithalatları demir çelik ihracatları ile kıyaslandığında, Ar-Ge ve yüksek teknolojiyi üretim sistemlerine yansıtan Güney Kore'nin demir çelik ihracatının %17'lik kısmını hurda malzemededen çelik üretiminde kullanılan girdilerin oluşturduğu görülmektedir. Türkiye dikkate alındığında ise bu oranın yaklaşık %75'lere ulaşması ülkenin demir çelik ihracatında hurda malzemeye ve ferro alaşım ürünlerine bağlılığına işaret etmektedir. Çelik üretiminin tamamını hurda malzemeyi hammadde olarak kullanan EAF'li tesislerde gerçekleştiren Mısır'da ise ülkenin demir çelik ihracatının hurda malzemededen çelik üretiminde kullanılan girdilerin ithalatına oranı %145 olarak hesaplanmıştır. Küreselleşme olgusu içerisinde uluslararası ticaret sisteminde yer alan ülke sayısının artması dünya doğal kaynak stoklarının tükenebileceğine işaret etmektedir. Doğal kaynakların tükenmemesi için büyümenin sınırlarının belirlenmesi gerekebileceği konusunda gelecek bilimcilerin uyarıları dikkate alındığında doğal kaynakları korumanın alternatif bir yolu olarak aynı çıktıyı üretebilmek için endüstriyel atık

malzemelerin geri dönüşümü önem kazanmaktadır (Maggu, 1980: 27). Demirli metallerin geri dönüşümü demir çelik endüstrisinin ayrılmaz bir parçası olarak kabul edilmektedir. Çelik üretiminde hurda malzeme kullanmanın avantajları arasında enerji tasarrufları da yer almaktadır (Bever, 1976: 55). Çelik üretiminde hurda malzeme kullanımının artması demir çelik endüstrilerini kirlilik seviyeleri ve atıkların zararlı etkilerini daha fazla kontrol etmeye yönlendirmektedir (Javaid ve Essadiqi, 2003: 3). AYM, iklim kriziyle mücadele gibi politik otoritelerin etkileri dikkate alındığında hurda malzemelerin ithalatının demir çelik sektörü özelinde endişe verici ve ticarî kaygı algısı oluşturabileceği değerlendirilmektedir. Bu nedenle çalışma başlıca ham çelik üreten ülkeleri hurda malzeme ithalat rakamlarına göre sınıflandırarak önerilerde bulunmayı amaçlamaktadır.

4. Literatür Taraması

Demir çelik sektörünün iktisadî anlamda hem doğal kaynaklar ekonomisinin hem de sanayi ekonomisinin kapsamı içerisinde yer alması nedeniyle iktisadî ve idarî bilimlere ait literatürde yaygın bir çalışma alanına sahip olduğu görülmektedir. Buna ek olarak demir çelik sektörünün üretim, mühendislik, sürdürülebilirlik, malzeme akış analizi, tarih, antropoloji ve arkeoloji gibi birçok disiplin ve disiplinler arası yaklaşım ile incelendiği de tespit edilmiştir (Spierenburg ve Poidevin, 1994; Nidheesh ve Kumar, 2019; Sun ve diğerleri, 2020). Kümeleme analizi ise araştırma performansında niceliksel göstergeler alanının karmaşıklığını azaltmak için sıklıkla tercih edilen yöntemler arasında yer almaktadır (Franceschet, 2009: 1950). Bu gerekçelerle çalışmada literatür araştırması, demir çelik sektörünü hurda malzemedeki üretim yaklaşımıyla ele alan çalışmalar, demir çelik sektörünün sürdürülebilirliğini inceleyen çalışmalar ve demir çelik sektörüne ilişkin araştırmalarda kümeleme analizinden faydalanan çalışmalar şeklinde sınırlandırılarak gerçekleştirilmiştir.

Nakamura ve diğerleri (2012), kullanım ömrünü tamamlamış otomobillerin geri dönüşümünde hurda kalitesinin dikkate alınması gerektiğini ifade etmişlerdir. Çalışmada, Japonya özelinde girdi-çıkış analizi yönteminden faydalanılmıştır. Demir çelik sektöründe hurda malzemenin kalitesinin EAF'li fırınlarda işlenerek yükseltilmesiyle ülkenin karbon emisyonlarını azaltacağı sonucuna ulaşılmıştır. Ohimahn (2013), Nijerya çelik sektörünün çöküşünü ve çöküşün nedenlerini incelemeye almıştır. Yazar, Nijerya çelik endüstrisinin kentsel katı atıklardan elde edilen hurda çeliğin geri dönüşümü ile ayakta kalması ve uygulanan yanlış politikalar sonucunda yaklaşık 3 milyar tonluk demir cevheri rezervinin kullanılmamasına odaklanmıştır. Çalışmada, Nijerya'daki haddehanelerin tamamının hurda demir ve çelik geri dönüşümüne odaklanmasının iktisadî ve ticarî etkileri bulgu olarak sunulmuştur. Pauliuk ve diğerleri (2013), 21'inci yüzyılın ikinci yarısını "çelik hurda çağı" olarak isimlendirmişlerdir. Çalışma, ülkeler özelinde veri madenciliği yöntemlerinden faydalanarak nihai çelik tüketimi değerleriyle ikincil çelik üretiminin 2050-2060 yılları arasında birincil çelik üretimini aşabileceği sonucuna ulaşmıştır.

Higashida ve Managi (2014), hem ihracatçı hem de ithalatçı ülkeler için geri dönüştürülebilir atık ticaretini incelemeye almışlardır. Demir çelik sektörünü de kapsayan çalışmada yazarlar, gelişmekte olan ülkelerin gelişmiş ülkelere yaptıkları ithalatın ekonomik büyümeyi arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Ciutacu ve Chivu (2015), Romanya özelinde demir çelik sektöründe hurda ticaretindeki artışın ülkenin sanayi politikalarına olumsuz etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, hurda demir çelik ihracatı ve ithalatının çelik üretiminin arttığı ancak bu durumun sürdürülebilir kalkınma ilkeleriyle çakıştığı sonucuna ulaşılmıştır. Ersöz ve diğerleri (2015), dünyada ham demir üretimini kümeleme analizi yöntemiyle değerlendirmeye alarak Türkiye'nin konumunu belirlemeyi amaçlamışlardır. Yazarlar, üç ve on kümeli olmak üzere kümeleme analizlerinden ve ANOVA testlerinden faydalanmışlardır. Çalışmada, Türkiye'nin belirli dönemlerde üretimindeki gerilemesine rağmen tüketimindeki güçlü artış nedeniyle Avrupa Birliği ve Bağımsız Devletler Topluluğu'ndan yapılan ithalatın artış eğilimi gösterdiği bulgusu elde edilmiştir. Yaşar (2015), Hatay ve Osmaniye illerinde demir çelik sanayinin kümelenmesini sanayi coğrafyası açısından değerlendirmeye almıştır. Çalışmada, Türkiye'nin dışarıdan satın aldığı kütükten profil, filmaşın, nervürlü ve yuvarlak inşaat demiri üreten haddehane kapsamlı işletmelerin %46,7'sinin Hatay ve Osmaniye illerinde faaliyetlerini sürdürmekte olduğuna atıfla nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışmasından faydalanılmıştır. Demir çelik sektörünün bölgedeki kümelenme nedenleri illerin coğrafi konumu, lojistik altyapı, üniversite-sanayi işbirliği ve bölgenin Akdeniz Havzası'na, Orta Doğu ve Kuzey Afrika pazarlarına yakınlığı olarak sıralanmıştır.

Ersöz ve diğerleri (2016) çelik sektörünün ülkeler özelindeki gelişimlerini, üretim rakamlarını ve sektörün genel durumunu incelemeyi amaçlamışlardır. Çalışmada ülkelerin gelişmişlik düzeyleri ve çelik üretim rakamları arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığı bulgusuna ANOVA ve kümeleme analizi yöntemlerinden

elde edilen sonuçlar neticesinde ulaşılmıştır. Xylia ve diğerleri (2017), çelik hurda bulunabilirliğinin 2100 yılına kadar gelecekteki çelik üretimi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çelik optimizasyon modelinin yöntem olarak kullanıldığı çalışmada yazarlar yeni yatırımcıların yatırım bölgelerinde hurda bulunabilirliklerine dikkat etmeleri gerektiği sonucuna ulaşmışlardır.

Liu ve diğerleri (2020), dünya çelik endüstrisinin birçok ülkeye sağladığı ekonomik faydalarla birlikte çevresel etkinliklerini de değerlendirmeye almışlardır. Yazarlar, on iki büyük demir madencisi ülke ve çelik üreticisi özelinde birim GSYİH etki yoğunluğu ve yaşam döngüsü değerlendirme analizlerinden faydalanmışlardır. Çalışma, kirlilik içermeyen malzemelerin ithalatından büyük ölçüde yararlanan ülkelerin çevre kirliliği sorumluluklarının birbirlerine yakın olduğu bulgusuyla sonuçlandırılmıştır. Erol ve Türkmen (2020) çelik hurdası fiyatlarında görülen ani dalgalanmaların demir çelik endüstrisinde faaliyet gösteren şirketlerin kâr marjlarına etkisini araştırmışlardır. Yazarlar, çelik hurdası vadeli işlem sözleşmeleri ile çelik üreticileri, hurda ve geri dönüşümcülerinin finansal yükümlülüklerini yerine getirebileceklerini ifade etmişlerdir. 2015 yılından bugüne BIST'te işlem görmeye başlayan Çelik Hurda Vadeli İşlem Sözleşmeleri'ne talep olmaması çalışmada bir sorun olarak ele alınmış ve konunun önemi vurgulanmıştır. Lin ve Wu (2020), Çin'in idarî bölgelerini kümeleme analizi kullanarak üç gruba ayırmış ve demir çelik endüstrisindeki verimliliklerini değerlendirmek amacıyla enerji ve karbondioksit performans indeksinden faydalanmışlardır. Çalışma, 2010-2016 yıllarını kapsamı içerisine almıştır. Yazarlar, Çin'in doğu bölgelerinin demir çelik endüstrisi verimliliği açısından yüksek verimlilik düzeyinde olduğu bulgusunu elde etmişlerdir. Teknolojik değişimin enerji ve teknolojik performansın iyileştirilmesinde tek başına yeterli olmadığı sonucuna ulaşan yazarlar ülke için politika önerilerinde bulunmuşlardır.

Tan ve diğerleri (2021), ticareti yapılan metal hurda ve alaşımları Danimarka özelinde incelemeye almışlardır. Çalışmada farklı türlerdeki demir çelik hurdalarını da içeren on sekiz ürünün ölçek ve desen yapılarını veri olarak kullanılmıştır. Hurda ticaretinin artmasının alایشım elementlerine önem kazandırdığı çalışmanın başlıca sonuçları arasında yerini almıştır. Liu ve Zhou (2021), hurdanın yeniden üretiminde karbon emisyonu ve elde edilen ürünlerin teslim süresi değerlerini dikkate alarak üretim kararı optimizasyon modeli önermişlerdir. Model ve algoritmanın işletmelerin fiilî pazar durumlarına göre hem karbon emisyon değerlerine hem de uluslararası ticarete ürünlerin teslim süreçlerine referans olabileceği yazarlar tarafından kanıtlanmıştır.

Onesmo ve diğerleri (2023), Tanzanya şehirlerinde sürdürülebilirlik üst başlığında Arusha şehrinin hurda metal ticaretini ele almışlardır. Çalışmada, hurda metal satıcıları ve şehrin çevre ticareti otoritelerinden elde edilen verilere tematik ve içerik analizi yöntemleri uygulanmıştır. Çalışma dōngüsel ekonomiyi iyileştirmek için ürün tasarımı ve ürün geliştirmenin iklim dostu dōngüsel ekonomiyle uyumunun verimlilik artışına imkân tanıyacağı sonucuna ulaşmıştır. Alایشım elementlerinin geri kazanılması perspektifiyle çelik hurdanın küresel akışını haritalama yöntemiyle incelemeye alan eserlerinde Cai ve diğerleri (2023), çelik hurdası ticareti ve geri dönüşümünün küresel çelik endüstrisinin karbondan arındırma çabalarına katkıda bulunabileceği sonucuna ulaşmışlardır. Watari ve diğerleri (2023) dünya genelinde hurda donanımı seviyeleri ve eğilimlerini incelemeye almışlardır. Dinamik malzeme akış analizinin yöntem olarak tercih edildiği çalışma, kuzey ve güney yarım küredeki çelik stoklarını analiz kapsamına almıştır. Yazarlar, gelişmiş ülkelerin istemeleri halinde bol miktarda hurda tutabilecekleri bulgusundan hareketle, uluslararası ticaret sistemi olmadan gelişmekte olan ülkelerin demir çelik sektöründe gelecekteki taleplerini karşılamamanın mümkün olamayacağı sonucuna ulaşmışlardır. Çetin ve Filiz (2023), demirin geri dönüşümü sayesinde çevreye olan zararının hafifleyebileceğini ve daha az çevresel zarar ile demir elde edilebileceğini ifade etmişlerdir. Çalışmada yöntem olarak sosyal ağ analizinden faydalanmıştır. Yazarlar oluşturdukları 2010 ve 2020 yılları için küresel hurda demir ticaret ağıнын sunumunu ve yorumunu aktarmışlardır.

Literatür incelendiğinde hurda malzemedden üretim konusunun uluslararası ticaret ve üretim açısından oldukça önemli olduğu görülmektedir. Dünya demir cevheri rezervlerinin azalması ve enerji maliyetlerinin yükselmesi dikkate alındığında yakın gelecekte demirli atık ve çelik hurdasının iktisadî değerinin daha da artacağı öngörülmektedir. Türkiye'de üretimin yaklaşık %75'lik kısmı hurda malzemedden çelik üretimi şeklinde gerçekleşmektedir. Özellikle son dönemde Avrupa Çelik Birliği'nin hurda malzemeleri Avrupa Kritik Hammaddeler Yasası kapsamına dâhil etme girişimleri, uluslararası ticarete korumacılık politikalarının değişimi gibi faktörlerin Türkiye'ye etki ve yansımalarının daha hissedilebilir olacağı beklenmektedir. Bu nedenle çalışmanın literatüre katkı sağlaması umulmaktadır. Bu çalışma, analiz kapsamına ferro alyajları da dâhil etmesi bakımından literatürdeki diğer çalışmalardan farklılaşmaktadır.

5. Materyal ve Metot

Çalışmada 2022 yılı için Dünya Çelik Birliği tarafından belirlenen başlıca çelik üreten ilk yirmi ülke incelemeye alınmıştır. Bu ülkeler Hindistan, Çin, Japonya, ABD, Rusya, Güney Kore, Almanya, Türkiye, Brezilya, İran, İtalya, Vietnam, Meksika, Endonezya, Fransa, Kanada, İspanya, Malezya, Tayvan ve Mısır olarak belirlenmiştir. İlk yirmi ülke içerisinde yer alan Tayvan'ın sadece Taipei bölgesine ait veri bulunması araştırmanın sınırlılıkları arasında yer almakta olup Tayvan'a ilişkin veriler Taipei bölgesi özelinde çalışma kapsamı içerisine alınmıştır. Literatürde Tayvan'ın Kuala Lumpur'daki ofisinin Taipei adını içermesiyle esasen Tayvan kastedilmiş ve bu durumun Tayvan için bir kazanım olduğu ifade edilmiştir (Durmaz, 2019: 174). Seçili ülkeler üzerinde 7202 GTIP kodlu ferro alaşımlar ve 7204 kodlu dökme demirin, demirin veya çeliğin döküntü ve hurdaları, demir veya çelik döküntü ve hurdalarının yeniden ergitilmesi suretiyle elde edilen külçeler isimli ürünlere ait ithalat rakamları üzerinden analizler gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda kümeleme analizi 7202 ve 7204 ürün kodlu sınıflandırmaya tabi olarak iki adet değişken kullanarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler International Trade Center veri tabanından ikincil veriler olarak derlenmiştir. Çalışma 2007-2021 dönemini kapsamakta olup sonuçlar beşer yıllık bölümler halinde ortalama değerler kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışmada Jamovi 2.4.8 programı ve programın hesaplama yöntemlerinden faydalanılmıştır. Bir araştırmada incelemeye alınan birimlerin benzerliklerine göre belirli gruplar içerisinde toplamı sınıflandırılması, birimlerin ortak özelliklerinin ortaya çıkarılması ve sınıflarla ilgili genel tanımların yapılması kümeleme analizi ile gerçekleştirilmektedir (Kaufman ve Rousseau, 1990). Kümeleme analizinin genel amacı gruplanmamış verileri benzerliklerine göre sınıflandırarak özet bilgiler elde etmektir (Çelik, 2013: 179). Kümeleme analizinin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi sonucunda oluşturulan kümelerin çok boyutlu uzayda gösterimleri aynı kümede yer alan bireylerin veya nesnelerin birbirlerine oldukça yakın konumlandığı görülmektedir. Bunun yanı sıra farklı kümelerin de birbirinden uzak oldukları fark edilmektedir (Turanlı ve diğerleri, 2006: 97). Kümeleme analizi temelde dört ana amaca yönelik olarak uygulanmaktadır. Bu amaçlar, n sayıda birimin p değişkene göre belirlenen özelliklerini olabildiğince kendi içerisinde homojen ve kendi aralarında heterojen kümeler ayırmak, p sayıda değişkeni n sayıda birimde belirlenen değerlere göre ortak özellikleri açıkladığı varsayılan alt kümeler ayırarak ortak faktör yapılarını ortaya çıkarmak, birim ve değişkenleri birlikte ele alarak ortak n birimi p değişkene göre ortak özellikli alt kümeler ayırmak ve birimleri p değişkene göre saptanan değerler açısından taksonomik sınıflandırmak olarak sayılmaktadır (Özdamar, 1999: 257-258; Ada, 2015: 3). Kümeleme analizinin uygulama aşamaları, birimler arası benzerliğin belirlenebilmesi için kullanılacak ölçüm ve değerlerin belirlenmesi, birimlerin kümelenebilmesi, oluşturulan kümelerin uygunluk denetimi ve elde edilen bulguların istatistiksel geçerliliğinin ortaya çıkarılması olarak sayılmaktadır (Bülbül ve diğerleri, 2009). Kümeleme analizi uygulamaları analiz süreçlerinde belirledikleri yaklaşım tekniklerine göre aşamalı (hiyerarşik) kümeleme ve aşamalı olmayan kümeleme yöntemleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Aşamalı (hiyerarşik) kümeleme yöntemi, değişkenlerin veya gözlemlerin benzerliklerinin dikkate alındığı ve küme uzaklık ölçülerinin birbiri ile birleştirilmesini amaçlayan teknik olarak tanımlanmaktadır (Özdamar, 2002). Kümeleme analizi uygulamalarında eğer küme sayısı konusunda araştırmacı ön bilgiye sahipse ya da anlamlı olacak şekilde küme sayısına önceden karar vermişse hiyerarşik olmayan yöntemler de tercih edilebilmektedir. Hiyerarşik olmayan teknikler içerisinde en sık kullanılan teknikler arasında k -ortalamalar (k -means) tekniği yer almaktadır (Dinçer ve Özdamar, 1992). k -ortalamalar yönteminde küme sayısının belirlenmesi, araştırmacının kendi deneyimleri ve kullanılan kümeleme analizi hesaplama yazılımı aracılığıyla yapılabildiği gibi küme sayısının belirlenmesine yönelik formüllerden de yararlanılabilmektedir. Bu formüllerden en bilineni ve uygulamaya dönük olanlarına Eşitlik 5.1 ve 5.2'de yer verilmiştir.

$$k \cong \sqrt{\binom{n}{2}} \quad (5.1)$$

$$M = k^2 |W| \quad (5.2)$$

Eşitlik 5.1'de n kümelenecek birey sayısını göstermektedir. Diğer bir yöntem ise Eşitlik 5.2'de gösterilmiş olup. Mariot tarafından önerilen yöntemdir. Eşitlik 5.2'de M değerini veren küme sayısı gerçek küme sayısı olmak üzere W grup içi kareler toplamı matrisine karşılık gelmektedir (Everitt, 1979: 175; Ada, 2015). k -ortalamalar yöntemi ile kümeleme analizi yapılırken toplam küme içi varyasyonun en aza indirilerek kümeler

tanımlanmaktadır. K ortalamalar yönteminde en iyi küme sayısının seçimi ve yöntemin formül gösterimine Eşitlik 5.3'te yer verilmiştir (Hamerly ve Drake, 2015: 46).

$$J(X, C) = \sum_{i \in N} \|x(i) - c(a(i))\|^2 \quad (5.3)$$

Eşitlik 5.3'te X kümelenecek noktalar kümesinin indeksini, C indekslenen merkezler kümesini, a ise her nokta için atanmış merkezin dizisini ifade etmektedir. Bu durumda modelin koşulları $x(i)$ için $1 \leq i \leq n$; $a: N \rightarrow K$ olarak ifade edilebilecektir. Literatürde yaygın olarak kullanılan algoritmalarından biri de Lloyd algoritmasıdır. Lloyd algoritması yinelemeli bir yöntemdir ve noktaları bir ağırlık merkezi tarafından temsil edilen gruplar halinde kümelemek için kullanılmaktadır. Algoritma hesaplamasında her veri noktası en yakın merkeze atanmaktadır. Algoritmanın uygulanması iki süreçten oluşmaktadır. Bunlardan birincisi bir dizi merkez noktası tanımlandığında kümeler merkezin her bir merkezine en yakın noktaları içerecek şekilde güncellenmektedir. İkincisi ise bir küme verildiğinde ağırlık merkezleri kümeye ait tüm noktaların ortalaması olarak hesaplanmaktadır. Bu iki aşamalı prosedür kümelerin ve ağırlık merkezlerinin atamaları değişmeyene kadar devam etmektedir (Bozkaya ve diğerleri, 2023: 12). Lloyd algoritmasının formül gösterimine Eşitlik 5.4'te yer verilmiştir.

$$d(v_x, v_c) = \frac{1}{2} \|v_x - v_c\|^2 \quad (5.4)$$

Eşitlik 5.4'te $\|v_x - v_c\|^2$ ifadesi öklid normunu, d önceden belirlenmiş negatif olmayan distorsiyon ölçüsünü ifade etmektedir. Modelde her $c \in C$ bir ağırlık merkezi vektörüyle temsil edilmektedir (Slonim ve diğerleri, 2013: 2). Kümeleme analizi sonucunda benzer özellik gösteren verilerin kendi aralarında gruplandırılması sonucu elde edilen bulgular üzerinden yorum ve çıkarımlar değerlendirilmeye alınmaktadır. Bu amaçla çalışmada hiyerarşik olmayan kümeleme analizi tekniklerinden k-ortalamlar yönteminden faydalanılmıştır.

6. Bulgular

Bu bölümde uygulanan kümeleme analizinden elde edilen bulgular ve bulguların nicel yorumları yer almaktadır. K-means algoritmasında önemli bir husus küme sayısının araştırmacı tarafından belirlenmesidir. Bu durum aynı zamanda analizin dezavantajlı bir yönü olarak da görülmektedir. Yöntemin temel amacı, analiz sonucunda oluşan kümelerle ait verilerin benzer olması, oluşan kümelerin ise birbirinden farklı özelliklere sahip olmasıdır. Küme sayısının belirlenmesi hususunda araştırmacının bir öngörüsü yoksa böyle bir durumda rastgele bir küme sayısı belirlenerek analiz sonucunda elde edilen grafiklerden gap tekniği, dirsek tekniği gibi yöntemlerle de küme sayısı belirlenebilmektedir (Demiralay ve Çamurcu, 2005; Takaoğlu ve Takaoğlu, 2019; Gül, 2021). Jamovi programının bu konuda "optimal number of clusters" menüsü aracılığıyla gerçekleştirdiği analiz sonucunda veri yapısına en uygun küme sayısını önermesi açısından avantajlı olduğu ifade edilmektedir. Bu bağlamda çalışmada kullanılan veri yapısına en uygun küme sayısı araştırmacıların da öngörüsüyle uyumlu olacak şekilde program tarafından iki olarak önerilmiştir. Ayrıca Eşitlik 5.1 ve 5.2'de yer alan hesaplamalardan elde edilen değer de iki olarak bulunmuştur. Ülkelerin beşer yıllık dönemlerde küme dağılımı sonuçlarına Tablo 4'te yer verilmiştir.

Tablo 4. Küme Dağılımı Sonuçları

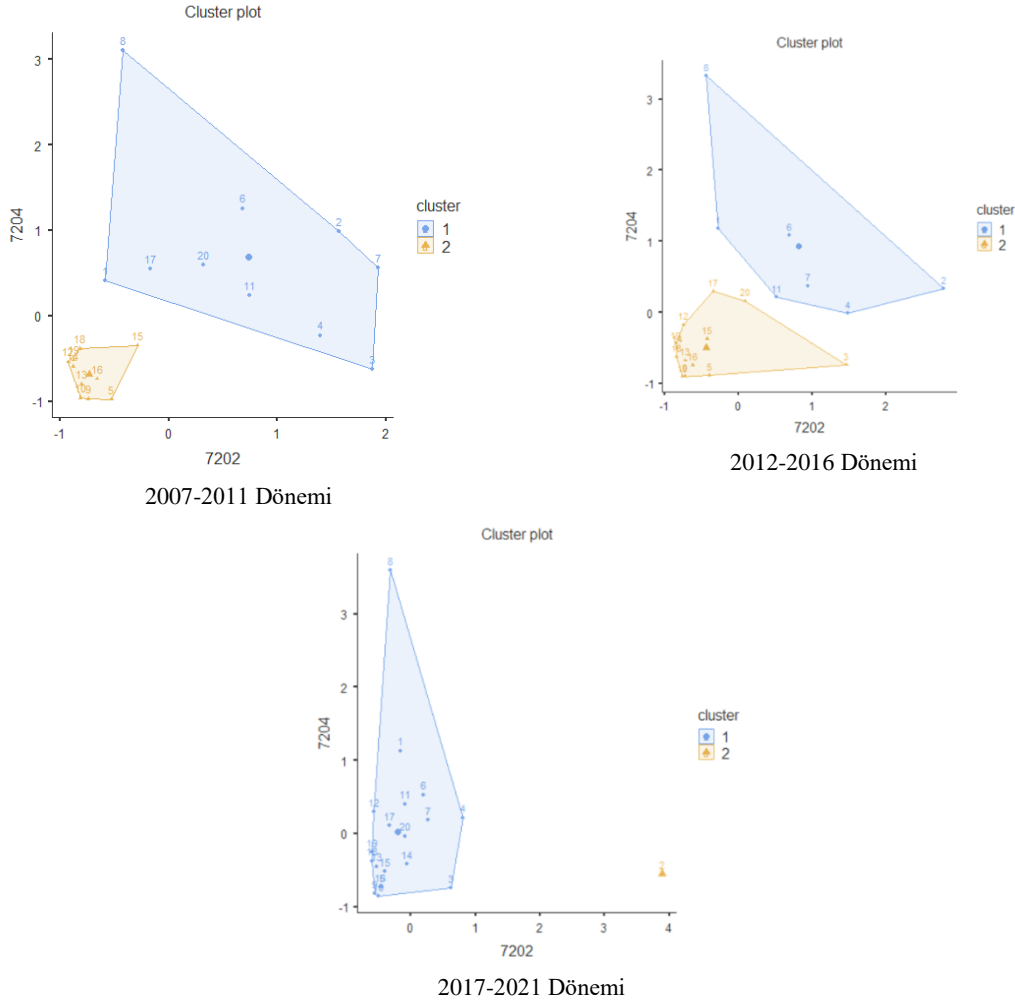
Dönemler	Küme 1	Küme 2
2007-2011	Hindistan. Rusya. Brezilya. İran. Vietnam. Meksika. Endonezya. Fransa. Kanada. Malezya. Mısır	Çin. Japonya. ABD. Güney Kore. Almanya. Türkiye. İtalya. İspanya. Tayvan
2012-2016	Japonya. Rusya. Brezilya. İran. Vietnam. Meksika. Endonezya. Fransa. Kanada. İspanya. Malezya. Mısır. Tayvan	Hindistan. Çin. ABD. Güney Kore. Almanya. Türkiye. İtalya.
2017-2021	Hindistan. Rusya. Brezilya. Vietnam. Meksika. Endonezya. Fransa. Kanada. Malezya. Mısır. Tayvan. Japonya. İran. Vietnam. İspanya. Güney Kore. ABD. Türkiye. İtalya	Çin

Tablo 4 incelendiğinde 2007-2011 dönemi için birinci kümede 11, ikinci kümede 9 ülkenin sınıflandırıldığı; 2012-2016 dönemi için birinci kümede yer alan ülke sayısının 13'e yükseldiği, ikinci kümede yer alan ülke sayısının ise 7'ye düştüğü görülmektedir. Bununla birlikte 2017-2021 dönemi için ikinci kümede yer alan ülke sayısının 1'e düştüğü sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmanın analiz aşamalarında dönemlere göre küme sayısının değişmediği tespit edilmiştir. Çalışmanın periyodu ülkelerin çelik çevrimleri dikkate alınarak beşer yıllık sürelerde üç dönem olacak şekilde tasarlanmıştır. Beşer yıllık sonuçlardan elde edilen küme merkezleri değerleri sonuçları Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5. Küme Merkezleri Değerleri

Küme Nu.	2007-2011		2012-2016		2017-2021	
	7202	7204	7202	7204	7202	7204
1	295606,327	702770,236	518206,062	622989,046	913972,600	1438587,811
2	2247658,511	2966425,089	1878545,429	2802257,743	9168083,400	493389,000

Küme merkezleri değerlerinden elde edilen sonuçlar incelendiğinde birinci kümede yer alan ülkelerin incelemeye alınan tüm değerler için 7202 kodlu ürün ithalat değerlerinin ikinci kümede yer alan ülkelerin değerlerinden düşük olduğu görülmektedir. 2017-2021 dönemine sonuçları ele alındığında ise 7204 kodlu ürünün birinci küme değerlerinin ikinci küme değerlerinden büyük olduğu görülmektedir. Küme üyelerinin merkeze yakınlıklarının grafik gösterimlerine Şekil 3'te yer verilmiştir.



Şekil 3. Küme Üyelerinin Merkezi Yakınlıkları

Şekil 3 incelendiğinde kümeleri oluşturan ülkelerin merkeze uzaklıklarının en büyük değerinin ikinci kümede yer alan ülkeler dikkate alındığında yıllar itibarıyla giderek artarak 2017-2021 döneminde en uzak konuma ulaştığı tespit edilmiştir. Kümeler arası merkeze uzaklıkların ülkeler özelinde 2012-2016 döneminden sonra ivme kazandığı, 7202 kodlu üründe 2007-2011 dönemine kıyasla 2017-2021 döneminde yaklaşık üç kat arttığı, 7204 kodlu üründe ise 2007-2011 dönemine kıyasla 2017-2021 döneminde yaklaşık altı kat azaldığı bulgusuna ulaşılmıştır.

7. Sonuç. Tartışma ve Öneriler

Dünya ham çelik üretiminde 2022 yılı verilerine göre ilk yirmi sırada yer alan ülkelerin 7202 GTIP kodlu ferro alaşımlar ve 7204 kodlu dökme demirin, demirin veya çeliğin döküntü ve hurdaları, demir veya çelik döküntü ve hurdalarının yeniden ergitilmesi suretiyle elde edilen külçeler, isimli ürünlerinin ithalat rakamlarına ilişkin derlenen verilere k-ortalamar yöntemini aracılığıyla kümeleme analizi uygulanmıştır. K-ortalamar algoritması gereği oluşturulacak küme sayısı araştırmacı tarafından belirlenmektedir. Bu bağlamda çalışmada demir çelik ithalatına konu olan ürünler ve yıllar incelendiğinde ürünlerin kullanım amacı ve demir çelik endüstrisine katkısı dikkate alınarak en iyi küme sayısının iki olabileceği öngörülmüştür. Çalışmada hem Jamovi programı tarafından önerilen hem de Eşitlik 5.1 ve 5.2’de yer alan model uygulaması sonucunda da aynı küme sayısına ulaşılmasının bulguların güçlü olmasına işaret ettiği değerlendirilmektedir. Jamovi programının denetimli ve özellikle kümeleme analizi ile denetimsiz öğrenme modelleri arasında tahminleme ve sınıflandırma yapmaya elverişli olduğu ifade edilmektedir (Navarro ve Foxcroft, 2019). Ayrıca programın açık kaynaklı olması, yöntemsel doğruluğunun sınanmış olması, kullanıcı dostu bir arayüze sahip olması ve gelişmiş veri görselleştirme teknikleri yardımıyla bulguların teyit edilebilmesi açısından faydalı olduğu değerlendirilmektedir. Programın STEAM (Fen, Teknoloji, Mühendislik, Sanat ve Matematik) araştırmacıları için istatistik, kemometrik gibi uygulamalarda daha derin bir anlayışı teşvik ettiği ifade edilmektedir (Sequeira ve Borges, 2024).

Çalışmada Jamovi programında kümeleme analizi süreçlerinde Lloyd algoritmasından faydalanılmıştır. Ortalamalar incelendiğinde birinci kümeye ait ülkelerin ortalamalarının 2007-2011 ve 2012-2016 dönemlerinde ikinci kümeden daha az olduğu bulgusu elde edilmiştir. 2017-2021 döneminde ise 7202 GTIP kodlu ürüne ilişkin ülkelerin ithalat değerlerinin birinci kümeye ait ülkenin ortalamasından az olmasına rağmen 7204 GTIP kodlu ürün özelinde birinci kümede yer alan ülkelerin ortalamalarının ikinci kümede yer alan ülke ortalamasından büyük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kümeleme analizine ilişkin değerlendirme sonuçları Tablo 5’te yer almaktadır.

Tablo 6 incelendiğinde. 2007-2011 döneminde 7202 ve 7204 GTIP kodlarında yüksek ithalat değerlerine sahip olan ülkelerin Çin, Japonya, ABD, Güney Kore, Almanya, Türkiye, İtalya, İspanya ve Tayvan oldukları görülmektedir. 2012-2016 dönemi ele alındığında ise Hindistan’ın ithalat ilgili ürünlerde değerini arttırdığı, Japonya, İspanya ve Tayvan’ın ithalat değerlerini azalttığı tespit edilmiştir. 2017-2021 döneminde ise yüksek ithalat değerine sahip tek ülke olarak Çin ikinci kümede yer almıştır. Hurda malzemededen çelik üretiminin öncelikli iki ana girdisini oluşturan 7202 GTIP kodlu ferro alaşımlar ve 7204 kodlu dökme demirin, demirin veya çeliğin döküntü ve hurdaları, demir veya çelik döküntü ve hurdalarının yeniden ergitilmesi suretiyle elde edilen külçeler isimli ürünlerin ithalatına ülkelerin eğilim göstermesi çelik hürdasının geri dönüştürülerek üretime dâhil edilebilmesi açısından önem arz etmektedir. Ağırlıklı olarak EAF ve IF’li tesislerin hammadde olarak hurda malzeme kullanmaları ve bu tesislerin enerji ve tesis maliyetlerinin düşüklüğü ile doğal kaynakların tükenme eğilimleri sektörde faaliyet gösteren ülkelerin hurda malzemeye eğilim göstermesine neden olmaktadır. Bu durumla birlikte tesis sayısında yaşanan artış, değişen talep deseni ve demografik yapının özellikleri dikkate alındığında hurda malzemeye olan ihtiyacın da arttığı değerlendirilmektedir. Endüstri öncesi toplumların faydasız olarak kaydî değer vermedikleri atık ve hurdaların da ülkeler özelinde önem arz etmelerinin ulaşılabilirlik kıymetlerini etkilediği ifade edilmektedir. Etkin ve verimli çelik üretiminin demir cevheri kadar hurda malzemeye de önem atfetmesi ülkelerin hurda ithalatına koruyucu politikalarla yansıdığı görülmektedir. Çalışmada kümeleme yöntemi ile sınıflandırmaya tabi tutulan ülkelerin benzer çelik üretim yöntemlerine ve ağırlıklarına sahip olmaları çalışmanın tutarlılığı açısından anlamlı olarak değerlendirilmektedir.

Tablo 6. Değerlendirme Sonuçları

	Küme Nu.	Küme Özelliği	Ülkeler
2007-2011	1	Düşük İthalat Değerine Sahip Ülkeler	Hindistan, Rusya, Brezilya, İran, Vietnam, Meksika, Endonezya, Fransa, Kanada, Malezya, Mısır
	2	Yüksek İthalat Değerine Sahip Ülkeler	Çin, Japonya, ABD, Güney Kore, Almanya, Türkiye, İtalya, İspanya, Tayvan
2012-2016	1	Düşük İthalat Değerine Sahip Ülkeler	Japonya, Rusya, Brezilya, İran, Vietnam, Meksika, Endonezya, Fransa, Kanada, İspanya, Malezya, Mısır, Tayvan
	2	Yüksek İthalat Değerine Sahip Ülkeler	Hindistan, Çin, ABD, Güney Kore, Almanya, Türkiye, İtalya
2017-2021	1	Düşük İthalat Değerine Sahip Ülkeler	Hindistan, Rusya, Brezilya, Vietnam, Meksika, Endonezya, Fransa, Kanada, Malezya, Mısır, Tayvan, Japonya, İran, Vietnam, İspanya, Güney Kore, ABD, Türkiye, İtalya
	2	Yüksek İthalat Değerine Sahip Ülkeler	Çin

Demir çelik sektörünün AYM, iklim krizi, sürdürülebilir ekonomi ve kalkınma gibi uluslararası politik otoritelerinin gündeminde olması, hurda malzemedeki çelik üretiminin olumlu bir algıyla karşılanırsa da hurda malzemenin dış ticarete yoğun bir şekilde konu olmasının birincil karbon ayak izi konusunda beklentileri tam olarak karşılayamadığı değerlendirilmesine zemin hazırladığı görülmektedir. Sektörün enerji tüketimi ve ulaştırma faaliyetlerinin doğrudan kaynağı olan birincil karbon ayak izi kavramı ile ilişkilendirilmesi ülkeler özelinde firmaların çelik üretim süreçlerine çevresel faktörleri de dikkate alarak eğilmeleri gerektiğine işaret etmektedir. Demir çelik sektörü özelinde küresel rekabet koşullarında ülkelerin rekabet edilebilirlik seviyelerini arttırmak için imalat sanayi Ar-Ge yatırımlarını teşvik edici politikalar uygulamalarının ülkelerin hem büyüme oranlarının hem de rekabet güçlerinin artmasına olumlu katkı sağlayacağı öne sürülmektedir. Zaman içerisinde iktisadî büyüme, doğal kaynaklar ve emek ile olan ilişkisine yüksek verimlilik ve ileri teknolojiyi de eklemiştir. Bu eklenti ile ülkelerin uluslararası ticaretteki pazar payı, rekabet gücü veya sektör ya da ürün liderliğini koruması ya da arttırması beklentisini arttırmıştır. Demir çelik sektöründe kullanılan enerjinin ve hammaddelerin fiyatlarının global ölçekte yükselmesi, ulusal sınırlar içerisinde yerli kaynak araştırılmalarının artmasının da sağlanması gerektiğini ihtiyaç olarak ortaya çıkarmaktadır. Bu artışla sektörün dışa bağımlılığının azalacağı düşünülmektedir. Hem çevresel koruma hem de iklim değişikliği tehditlerine karşı AYM'ye uygun biçimde tedbirler alınması gereği çalışmanın önerdiği öncelikli konular arasında yer almaktadır. Mevcutta faaliyetlerini sürdüren veya yeni kurulacak olan demir çelik tesislerinde çevresel faktörlerin etkileri dikkatle takip edilmesinin ve olası risklerin bertaraf edilmesinin elzem olduğu değerlendirilmektedir. Demir çelik sektöründen üretilen atıkların ekonomiye yeniden kazandırılması için çalışmalar yapılması, hurda miktarlarında yurt dışına olan bağımlılığın azaltılması için yurt içi hurda üretimi ve kontrolünün arttırılması ve alternatif girdilerin sektöre kazandırılması için çalışmalar yapılması da sektörün lehine olarak çalışmanın diğer önerileri arasında yer almaktadır. Demir çelik sektörü için hurda malzeme akış analizlerinin yapılması gelecek çalışmalar açısından tavsiye edilmektedir. Bununla birlikte ülkeler arası düzeyde hurda bağış anlaşmaları ve çok uluslu şirketlerin hurda yönetimi politikalarını değerlendirmenin gelecek çalışmalar için vizyon oluşturabileceği ifade edilmektedir. Avrupa Çelik Birliği (EUROFER)'nin hurda malzemelerin de kritik hammaddeler arasında yer almasını sağlama çabalarının konuyu eleştirel açıdan incelemeye almak isteyen araştırmacılar için motivasyon kaynağı olabileceği değerlendirilmektedir.

Kaynaklar

- Ada, A. A. (2015). Kümeleme Analizi ile AB Ülkeleri ve Türkiye'nin Sürdürülebilir Kalkınma Açısından Değerlendirilmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (29), 319-332.
- Avinal, A., Tosun, C., Dağlı, S., Duhbacı, T. B. ve Şık, E. (2019). *Ana Demir ve Çelik Ürünleri ile Ferro Alaşımının İmalatı*. Ankara: TÜBİTAK Yayınları.
- Başol, O. (2013). Yeşil İşler Sürdürülebilir Girişimlerde İnsan Onuruna Yakışır İşler ve Düşük Karbon Ekonomisi. *KESAM*.
- Bever, M. B. (1976). The Recycling of Metals—I. Ferrous Metals. *Conservation & Recycling*, 1(1), 55-69. [https://doi.org/10.1016/0361-3658\(76\)90006-0](https://doi.org/10.1016/0361-3658(76)90006-0)
- Binboğa, G. ve Ünal, A. (2018). Sürdürülebilirlik Ekseninde Manisa Celal Bayar Üniversitesi'nin Karbon Ayak İzinin Hesaplanmasına Yönelik Bir Araştırma. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 21, 187-202. <https://doi.org/10.18092/ulikidince.323532>
- Bozkaya, E., Karataş, M. ve Erişkin, L. (2023). *Heterogeneous Wireless Sensor Networks: Deployment Strategies and Coverage Models*. In Comprehensive Guide to Heterogeneous Networks (pp. 1-32). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90527-5.00009-5>
- Bülbül, Ş., Güler, M. F. ve Şimşek, K. A. (2009). Propensity Skor Uygulamalarında Kümeleme Analizinin Test Amaçlı Kullanımı. *10. Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu (pp.61)*, Erzurum, Türkiye.
- Cai, W., Geng, Y., Li, M., Gao, Z. ve Wei, W. (2023). Mapping the Global Flows of Steel Scraps: An Alloy Elements Recovery Perspective. *Environmental Research Letters*, 18(9), 094048. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acf2ad>
- Ciutacu, C. ve Chivu, L. (2015). Romania's Deindustrialisation, From the Golden Age to the Iron Scrap Age. *Procedia Economics and Finance*, 22, 209-215. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00264-6](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00264-6)
- Crompton, P. (2015). Explaining Variation in Steel Consumption in the OECD. *Resources Policy*, 45, 239-246. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2015.06.005>
- Çelik, Ş. (2013). Kümeleme Analizi ile Sağlık Göstergelerine Göre Türkiye'deki İllerin Sınıflandırılması. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 14(2), 175-194.
- Çeştepe, H. ve Tuncel, A. (2018). Türkiye'de Demir Çelik Sektörünün Uluslararası Rekabet Gücü Analizi. *Electronic Turkish Studies*, 13(15), 113-129. <http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.13527>
- Çetin, B. ve Filiz, T. (2023). Küresel Hurda Demir Ticareti İlişkilerinin Sosyal Ağ Analizi Yöntemiyle Değerlendirilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(1), 158-172. <https://doi.org/10.30798/makuiibf.1097376>
- Demiralay, M. ve Çamurcu, A. (2005). Cure, Agnes ve K-means Algoritmalarındaki Kümeleme Yeteneklerinin Karşılaştırılması. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(8), 1-18.
- Diñçer, K. S. ve Özdamar, K. (1992). Kümeleme Çözümlemesinde Uygun Kümeleme Ölçütlerinin Karşılaştırılması. *Hacettepe Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14, 17-33.
- Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı [Doğaka] (2014). *Demir Çelik Sektörü Raporu*. Osmaniye: Doğaka Yayınları.
- Duman, A. (2008). Cumhuriyet Döneminde Türkiye'de Demir Çelik Sanayii. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Erol, F. G. ve Türkmen, S. Y. (2020). Çelik Hurdası Vadeli İşlem Sözleşmeleri. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(3), 388-405. <https://doi.org/10.29106/fesa.757906>
- Ersöz, T., Düğenci, M., Ünver, M. ve Eyiol, B. (2015). Demir Çelik Sektörüne Genel Bir Bakış ve Beş Milyon Ton Üstü Demir Çelik İhracatı Yapan Ülkelerin Kümeleme Analizi ile İncelenmesi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(2), 75-90. <http://dx.doi.org/10.17100/nevbiltek.210941>
- Ersöz, T., Elitaş, M. N. T. ve Ersöz, F. (2015). Dünyada Ham Demir Üretimine Kümeleme Yöntemi ile Analizi. *MT Bilimsel*, (8), 1-14.
- Ersöz, F., Ersöz, T. ve Erkmen, İ. N. (2016). Dünyada ve Türkiye'de Ham Çelik Üretimine Bakış. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 32(2), 1-12.
- 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).
- Francescher, M. (1994). A Cluster Analysis of Scholar and Journal Bibliometric Indicators. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60(10), 1950-1964. <https://doi.org/10.1002/asi.21152>
- González, I. H. ve Kamiński, J. (2011). The Iron and Steel Industry: A Global Market Perspective. *Gospodarka*

- Surowcamı Mineralnımi*, 27(3), 5-28.
- Gül, T. (2021). Kümeleme Analizi. İç. Ö. L. Antalya ve A. M. Alparslan (Ed.), *Jamovi Uygulamalı İstatistik Analizleri*, (275-287). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Hamerly, G. ve Drake, J. (2015). Accelerating Lloyd's Algorithm for K-means Clustering. *Partitionial Clustering Algorithms*, 41-78.
- Higashida, K. ve Managi, S. (2014). Determinants of Trade in Recyclable Wastes: Evidence from Commodity-based Trade of Waste and Scrap. *Environment and Development Economics*, 19(2), 250-270. <https://doi.org/10.1017/S1355770X13000533>
- Isard, W. (1948). Some Locational Factors in the Iron and Steel Industry Since the Early Nineteenth Century. *Journal of Political Economy*, 56(3), 203-217. <https://doi.org/10.1086/256673>
- Javaid, A. ve Essadiqi, E. (2003). Final Report on Scrap Management. Sorting and Classification of Steel. *Gov. Can.*, 23, 1-22. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29333.12003>
- Kaufman, L. ve Rousseuw, P. J. (1990). *Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis*. New York: John Wiley and Sons. <https://doi.org/10.2307/2532178>
- Kassambara, A. ve Mundt, F. (2020). *Factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses*. [R package]. <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>.
- Kutay, E. K., Yerli, Ö., Gültekin, P. G. ve Özdede, S. (2010). Peyzaj Tasarımında Kullanılan Yapısal Elemanların Karbon Ayak İzinin Değerlendirilmesi. *Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi IV*. 1558-1563.
- Küçük, G. ve Dural, B. Y. (2022). Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Yeşil Ekonomiye Geçiş: Enerji Senaryoları Üzerinden Bir Değerlendirme. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(1), 137-156. <https://doi.org/10.18037/ausbd.1095137>
- Lin, B. ve Wu, R. (2020). Designing Energy Policy Based on Dynamic Change in Energy and Carbon Dioxide Emission Performance of China's Iron and steel Industry. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120412. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120412>
- Liu, Y., Li, H., Huang, S., An, H., Santagata, R. ve Ulgiati, S. (2020). Environmental and Economic-Related Impact Assessment of Iron and Steel Production. A Call for Shared Responsibility in Global Trade. *Journal of Cleaner Production*, 269, 122239. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122239>
- Liu, C. ve Zhou, W. (2021). Production Decision Optimization for Iron and Steel Scrap Remanufacturing Considering Carbon Emission and Delivery Time. *Complexity*, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2021/9967868>
- Ma, S. H., Wen, Z. G., Chen, J. N. ve Wen, Z. C. (2014). Mode of Circular Economy in China's Iron and Steel Industry: A Case Study in Wu'an City. *Journal of Cleaner Production*, 64, 505-512. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.008>
- Maggu, A. (1980). Estimating Ferrous Scrap Availabilities. *Vikalpa*, 5(1), 27-40.
- Michaelis, P. ve Jackson, T. (2000). Material and Energy Flow Through the UK Iron and Steel Sector. Part 1: 1954–1994. *Resources, Conservation and Recycling*, 29(1-2), 131-156. [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(00\)00048-3](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(00)00048-3)
- Nakamura, S., Kondo, Y., Matsubae, K., Nakajima, K., Tasaki, T. ve Nagasaka, T. (2012). Quality And Dilution Losses in the Recycling of Ferrous Materials From End of Life Passenger Cars: Input Output Analysis Under Explicit Consideration of Scrap Quality. *Environmental Science & Technology*, 46(17), 9266-9273. <https://doi.org/10.1021/es3013529>
- Navarro, D. J. ve Foxcroft, D. R. (2019). *Learning Statistics with Jamovi: A Tutorial for Psychology Students and Other Beginners (Version 0.70)*. Tillgänglig online: <http://learnstatswithjamovi.com> <https://doi.org/10.24384/hgc3-7p15>
- Nidheesh, P. V. ve Kumar, M. S. (2019). An Overview of Environmental Sustainability in Cement and Steel Production. *Journal of Cleaner Production*, 231, 856-871. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.251>
- Ohimahin, E. I. (2013). Scrap Iron and Steel Recycling in Nigeria. *Greener Journal of Environmental Management and Public Safety*, 2(1), 1-9. <https://doi.org/10.15580/GJEMPS.2013.1.010613362>
- Onesmo, C., Mabhuye, E. B. ve Ndaki, P. M. (2023. April). *A Synergy Between Sustainable Solid Waste Management and the Circular Economy in Tanzania Cities: a Case of Scrap Metal Trade in Arusha City*. In Urban Forum (pp. 1-18). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Özdamar, K. (1999). *Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi 2 (Çok Değişkenli Analizler)*. Eskişehir: Kaan Kitabevi.
- Özdamar, K. (2002). *Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi*. Eskişehir: Kaan Yayınları.
- Pauliuk, S., Milford, R. L., Muller, D. B. ve Allwood, J. M. (2013). The Steel Scrap Age. *Environmental Science & Technology*, 47(7). 3448-3454. <https://doi.org/10.1021/es303149z>
- R Core Team (2022). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. (Version 4.1) [Computer

- software]. Retrieved From <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from CRAN snapshot 2023-04-07).
- Rao, H. R. S. (1971). A Decade of Experience in Iron and Steel Exports. *Foreign Trade Review*, 6(1), 74-81. <https://doi.org/10.1177/0015732515710106>
- Remus, R., Monsenet, M. A. A., Roudier, S. ve Sancho, L. D. (2013). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Iron and Steel Production*. European Commission: JRC Reference Report.
- Rogers, R. P. (2009). *An Economic History of the American Steel Industry*. London: Routledge.
- Saygın, S. Ü. (2020). Demir Çelik Sektöründe Endüstri İçi Ticaret: Türkiye ve AB Ülkeleri Üzerine Bir Analiz. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 11(ek), 102-116. <https://doi.org/10.21076/vizyoner.716209>
- Sequeira, C. A. ve Borges, E. M. (2024). Enhancing Statistical Education in Chemistry and STEAM Using JAMOVİ, Part 2, Comparing Dependent Groups and Principal Component Analysis (PCA). *Journal of Chemical Education*, 101. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00342>
- Seol, H. (2023). *SnowCluster: Multivariate Analysis*. (Version 7.2.1)[jamovi module]. URL <https://github.com/hyunsooseol/snowCluster>.
- Slonim, N., Aharoni, E. ve Crammer, K. (2013). Hartigan's K-means vs. Lloyd's K means—Is it Time for a Change. In *Proceedings of the 23rd International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*.
- Spierenburg, D. ve Poidevin, R. (1994). *The History of the High Authority of the European Coal and Steel Community*. United Kingdom: EtdeWeb.
- Spoerl, J. S. (2004). *A Brief History of Iron And Steel Production*. Philosophy Department Saint Anselm College.
- Sun, W., Wang, Q., Zhou, Y. ve Wu, J. (2020). Material and Energy Flows of the Iron and Steel Industry: Status Quo, Challenges and Perspectives. *Applied Energy*, 268, 114946. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114946>
- Takaoğlu, M. ve Takaoğlu, F. (2019). K-means ve Hiyerarşik Kümeleme Algoritmalarının WEKA ve MATLAB platformlarında karşılaştırılması. *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi*, 11(3), 303-317.
- Tan, S. (1983). *Demir Çelik Sanayiinde Verimlilik*. Ankara: Millî Prodüktivite Merkezi Yayınları.
- Tan, J., Wehde, M. V., Brønd, F. ve Kalvig, P. (2021). Traded Metal Scrap. Traded Alloying Elements: A Case Study of Denmark and Implications for Circular Economy. *Resources. Conservation and Recycling*, 168, 105242. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105242>
- Taşkaya, S. (2019). Ferro Alaşımın Genel Yapısı ve Ferro Molibden (FeMo) İstihsalı. *Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*, 1(1), 99-121.
- Tez, Z. (2012). *Metalürji Madencilik ve Mineralojinin Çileli Tarihi*. İstanbul: Doruk Yayınları.
- The Jamovi Project (2023). *Jamovi*. (Version 2.4) [Computer Software]. Retrieved From <https://www.jamovi.org>.
- Turanlı, M., Özden, Ü. H. ve Türedi, S. (2006). Avrupa Birliği'ne Aday ve Üye Ülkelerin Ekonomik Benzerliklerinin Kümeleme Analiziyle İncelenmesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(9), 95-108.
- Tümertekin, E. ve Özgüç, N. (2020). *Ekonomik Coğrafya Küreselleşme ve Kalkınma*. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı (2014). *Onuncu Kalkınma Plânı (2014-2018)*. Ankara: Kalkınma Bakanlığı Yayınları.
- Watari, T., Giurco, D. ve Cullen, J. (2023). Scrap Endowment and Inequalities in Global Steel Decarbonization. *Journal of Cleaner Production*, 425, 139041. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139041>
- World Steel Association. <https://worldsteel.org/steel-topics/statistics/world-steel-in-figures-2023/> (Erişim tarihi: 02.10.2023).
- Yaşar, O. (2015). Sanayi Coğrafyası Açısından Bir Araştırma: Hatay ve Osmaniye İllerinde Demir-Çelik Sanayi Kümeleneşmesi. *Mediterranean Journal of Humanitie*, 1(1), 387-412.
- Yılmaz, Ş. E. (2016). *Dış Ticaret Kuramlarının Evrimi*. Ankara: Efil Yayınevi.

Etik, Beyan ve Açıklamalar

1. Etik Kurul izni ile ilgili;
 - Bu çalışmanın yazarları, Etik Kurul İznine gerek olmadığını beyan etmektedir.
 2. Bu çalışmanın yazarları, araştırma ve yayın etiği ilkelerine uyduklarını kabul etmektedir.
 3. Bu çalışmanın yazarları kullanmış oldukları resim, şekil, fotoğraf ve benzeri belgelerin kullanımında tüm sorumlulukları kabul etmektedir.
 4. Bu çalışmanın benzerlik raporu bulunmaktadır.
-