

Türkiye Çelik Sektörü Raporu:

Üretim, Ticaret ve Karbonsuzlaşma Süreci

SEFİA Yayın

Sürdürülebilir Ekonomi ve Finans Araştırmaları Derneği (SEFiA)

SEFiA, Türkiye'nin düşük karbonlu ekonomiye geçişi ve iklim değişikliği ile mücadelesi başta olmak üzere, sürdürülebilir ekonomi ve sürdürülebilirliğin finansmanı alanlarında bağımsız çalışmalar yapmak üzere kurulmuş, araştırma odaklı bir sivil toplum kuruluşudur. Ulusal ve uluslararası işbirlikleri yoluyla veri, bilgi ve araştırmacı kapasitesini geliştirmeyi hedefleyen SEFiA, düşük karbonlu ekonomi politikalarına katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Yayımlanma Tarihi: Şubat 2022
Tasarım: Nigar Yılmaz & Civic Space Media

@sefiaorg | www.sefia.org

GİRİŞ 01

BÖLÜM 1. ÇELİK SEKTÖRÜ GÖRÜNÜMÜ 04
1.1. Küresel Çelik Endüstrisine Genel Bakış 04
1.1.1. Çelik Talebi 04
1.1.2. Çelik Üretimi 06
1.1.3. Çelik Ticareti 07
1.2. AB Çelik Endüstrisi 10
1.3. Türkiye Çelik Sektörüne Genel Bakış 13

BÖLÜM 2. KÜRESEL İKLİM HEDEFLERİ VE ÇELİK SEKTÖRÜNDE DÜŞÜK KARBON STRATEJİLERİ 21
2.1. Küresel iklim politikalarında yaşanan gelişmeler ve net-sıfır taahhütleri 22
2.2. Çelik sektörünün karbonsuzlaşması ihtiyacı ve düşük karbon patikaları 23
2.3. Emisyon azaltım teknolojilerine alternatif yaklaşımlar 26
2.4. İyi Uygulama Örnekleri 27

BÖLÜM 3. TÜRKİYE ÇELİK SEKTÖRÜNDE EMİSYONLAR VE KARBON MALİYETİ 30
3.1. Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM) ve Türkiye Çelik Sektörü 31
3.2. Türkiye Çelik Sektörü Emisyonlarına Genel Bir Bakış 33
3.3. Türkiye Çelik Sektörünün Toplam Karbon Maliyeti 36

BÖLÜM 4. TÜRKİYE'DE ÇELİK SEKTÖRÜNÜN DÜŞÜK KARBONA GEÇİŞİNE DÖNÜK YAKLAŞIMLAR 38
4.1. Türkiye Çelik Sektöründeki Kilit Aktörlerin Üretim Çeşitliliği 39
4.2. Türkiye Çelik Sektöründeki Kilit Aktörlere Göre Emisyon Azaltım Projeleri 41
4.3. Türkiye Çelik Sektöründe Sivil Toplum Kuruluşları 44

BÖLÜM 5. DEĞERLENDİRME 45

GİRİŞ

Güçlü ve aynı zamanda çok yönlü yapısıyla çelik, tüm metaller içerisinde modern dünyada en çok kullanılanlardan biridir. Dünya standartlarında bir mühendislik ve inşaat malzemesi olarak da ekonominin temel faaliyet kollarının odak noktasında yer almaktadır. Çelik; arabalar, demiryolları, petrol ve doğalgaz boru hatları, gökdelenler, asansörler, metrolar, köprüler, beyaz eşyalar, kargo gemileri, jiletler, cerrahi neşterler gibi günlük hayatımızın her alanında kullandığımız geniş bir ürün yelpazesinin temel girdisini oluşturmaktadır. Her zaman tek ve homojen bir ürün olarak karşımıza çıkmayan çeliğin, farklı fiziksel, kimyasal ve çevresel özellikleri ile 3.500'den fazla çeşidi bulunmaktadır. Modern çeliklerin yaklaşık %75'inin son 20 yılda geliştirildiği bilinmektedir. Örneğin, günümüzde otomobiller, daha dayanıklı ancak geçmişe göre %35'e kadar daha hafif olan yeni çeliklerden üretilmektedir.[1]

Çeliğin kimyasal yapısı göz önüne alındığında, hammadde olarak demir ön plana çıkmaktadır. Demir, demir cevherinden oksijen ve diğer safsızlıkların ortadan kaldırılmasıyla oluşturulur. Demir; karbon, geri dönüştürülmüş çelik ve az miktarda diğer elementlerle birleştiğinde ise çelik haline gelir. Sonuç olarak çelik için, %2'den az karbon ve %1'den az manganez ile eser miktarda oksijen, fosfor, silikon ve kükürt içeren bir demir ve karbon alaşımıdır denebilir.[2]

Çelik üretiminin iki ana yöntemi vardır: yüksek fırın-bazik oksijen fırını (BF-BOF) ve elektrik ark ocağı (EAF).[3] Bu iki işlemin çeşitli varyasyonları ve kombinasyonları da mevcuttur.

1. World Steel Association, (2021). steelFacts.
2. A.g.e.
3. McKinsey & Company, (April 2020). Decarbonization challenge for steel.

Üretim yöntemleri arasındaki temel fark, tükettikleri hammadde türü ile ilintilidir. BF-BOF için ağırlıklı olarak demir cevheri, kömür ve geri dönüştürülmüş çelik kullanılırken; EAF, çeliği çoğunlukla geri dönüştürülmüş çelik ve elektrik kullanarak üretir. Güncel verilere göre, toplam küresel çeliğin %70,7'si BF-BOF yolu kullanılarak üretilirken, yaklaşık %28,9'u EAF yoluyla üretilmektedir. Bir başka çelik üretim teknolojisi olan açık ocaklı fırın (OHF), küresel çelik üretiminin[4] sadece %0,4'ünü oluşturmaktadır. OHF işlemi oldukça enerji yoğun olmasının yanı sıra, diğer yöntemlere göre daha çok çevresel ve ekonomik dezavantajlar yaratması nedeniyle tercih edilen bir üretim tekniği değildir.

Güçlü manyetik özelliklerinden ötürü çelik, atık akışından geri dönüştürülmesi kolay bir malzemedir. Çeliğin yapısal özellikleri, çeliğin kaç kez geri dönüştürüldüğüne bakılmaksızın değişmeden kalabilmektedir. Bu özellik sebebiyle, geri dönüştürülmüş hurda çelik kullanımı da oldukça yaygındır. Günümüzde kullanılan çeliğin yaklaşık %80-90 oranında geri dönüştürüldüğü bilinmektedir. Yüksek geri dönüşüm oranına rağmen, artan küresel talebin karşılanması amacıyla[5] çelik üretiminin artmaya devam etmesi beklenmektedir.

Karbon yoğun üretim yapısı nedeniyle çelik sanayii, diğer ağır sanayi kolları ile birlikte, günümüzde kapsamı gittikçe genişleyen düşük karbonlu ekonomiye geçiş tartışmalarının merkezinde yer almaktadır. Çevre kirliliğini ve iklim değişikliğini önlemek üzere gündeme gelen yasal düzenlemeler ve sınırlamalarla birlikte çelik sektöründe de düşük karbonlu üretim yöntemlerine geçiş stratejilerinin tartışıldığı görülmektedir. Bugün bir ton çelik üretimi, 1960'lara kıyasla enerjinin sadece %40'ını gerektiriyor olsa da çelik endüstrisi, karbon yoğun üretim süreçleri nedeniyle hala ülkelerin iklim ve çevre gündemlerinin merkezinde yer alan ana sektörler arasında gösterilmektedir.[6] Özellikle Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın (AYM) kamuoyu ile paylaşılmasının hemen ardından çelik sektörü, yeşil geçiş kapsamında dönüşümüne aciliyet ve önem atfedilen öncelikli bir sektör olarak ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, değer zinciri boyunca malzeme verimliliğini iyileştirmek, geri dönüşüm oranlarını artırmak ve çelik üretimini ve talebini hem ulusal, hem de küresel olarak daha sürdürülebilir bir seviyeye taşımak için güçlü bir politika odağına ihtiyaç duyulmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı'na (IEA) göre, tasarım ve düşük karbonlu tedarik yöntemlerindeki değişiklikler ile çeliğin verimli ve doğrudan yeniden kullanımı, çeliğe olan talebi %40'a kadar azaltılabilecek ve artan geri dönüşümle bu oran daha da fazla olabilecektir.[7]

Tüm bu küresel çabalara paralel olarak, çelik sektöründeki gelişmeler, dünyanın en büyük çelik üreticilerinden biri olması nedeniyle Türkiye için ayrı bir önem taşımaktadır. Avrupa Birliği'nin (AB) en önemli çelik tedarikçileri arasında olan Türkiye, AB ile yakın

4. Echterhof, T., (2021). Review on the Use of Alternative Carbon Kaynaks in EAF Steelmaking. Metals, Vol. 11(2): 222-236.
5. World Steel Association, (2021). steelFacts.
6. World Steel Association, (2021). Energy Use in the Steel Industry.
7. International Energy Agency, (2021). Net Zero by 2050; International Energy Agency, (2019). Material efficiency in clean energy transitions.

ticari ilişkileri kapsamında yaşanacak yeşil geçiş sürecini de yakından takip etmektedir.

Çelik sektörünün ulusal ve küresel önemi ve düşük karbona geçiş gündemi doğrultusunda hazırlanan bu çalışmanın temel amaçları şu şekilde sıralanabilir:

- Küresel çelik sektörünü üretim ve uluslararası ticaret ilişkileri açısından değerlendirmek,
- Küresel çelik sektörü görünümünde Türkiye'nin mevcut durumunu belirlemek,
- Küresel emisyon verilerini, yeni yasaları ve yönetmelikleri inceleyerek, küresel dönüşüm tartışmalarına ilişkin bir görünüm sunmak,
- Uluslararası iyi uygulama örneklerini belirlemek,
- Türkiye'nin çelik endüstrisi alanındaki düşük karbona geçiş tartışmalarını gözden geçirmek ve sektörel boşlukları analiz etmek.

Özetle, bu çalışmanın temel amacı, Türkiye çelik sektörünün karbonsuzlaşmasına ilişkin sürecin analizi ile sektörün eğilimlerini, darboğazlarını ve fırsatlarını belirlemektir. Çalışma, küresel ve Türkiye çelik endüstrisinin genel bir görünümünü sunuyor olsa da buradan elde edilecek sonuçların, Türkiye'deki mevcut politika yaklaşımları ve uygulamaları ile uluslararası en iyi uygulamalar arasındaki boşlukları belirlemesi amaçlanmaktadır. Bu yolla, Türkiye'nin çelik endüstrisinde yeşil bir dönüşüm için bir yol haritası taslağı çizilmesi ve böyle bir geçiş için destekleyici ve engelleyici faktörlerin belirlemesi hedeflenmektedir.

Bu amaçlar doğrultusunda, **Bölüm 1'de,** dünyadaki çelik endüstrisinin gelişimini ve mevcut durumunu daha iyi anlamak için üç aşamalı bir perspektiften kapsamlı bir çelik sektörü görünümü sunulmuştur: üretim, talep ve ticaret. Bu görünümde ayrıca, diğer bölümlere de girdi sağlaması amacıyla AB ve Türkiye çelik sektöründeki gelişmelere ayrı alt başlıklar altında detaylı olarak yer verilmiştir.

Dünya çelik endüstrisinin karbondan arındırılması **Bölüm 2'de** anlatılmaktadır. Avrupa Yeşil Mutabakatı'nı merkeze alacak şekilde küresel iklim taahhütleri ve net-sıfır hedefleri de dikkate alınarak, Paris Anlaşması ve bu hedeflerin çelik sektörü üzerindeki yansıması değerlendirilmiştir. Ayrıca, karbonsuzlaşma yolları ve alternatif yaklaşımlara değinilmiş, Dünya çapında seçilmiş iyi uygulama örnekleri da incelenmektedir.

Bölüm 3, özellikle Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizmasına (SKDM) odaklanarak Türkiye çelik endüstrisinde devam eden karbonsuzlaşma tartışmalarına değinmektedir. Bu bölüm sera gazı (GHG) emisyonları açısından Türk çelik sektörünün çevresel etkisini de analiz etmektedir.

Türkiye'de çelik sektörünün geleceğine ilişkin temel tartışmalar ve beklentiler ile birlikte sektörün düşük karbona geçiş ile ilgili tutumuna yönelik değerlendirmeler **Bölüm 4'de** sunulmaktadır.

Bölüm 5, raporun sonuçlarını özetlerken, konuyla ilgili gelecek dönem çalışma konularına da değinmektedir.

BÖLÜM 1:
ÇELİK SEKTÖRÜ GÖRÜNÜMÜ

Çelik sektörüne giriş niteliğinde olan bu bölüm, genel olarak ulusal ve uluslararası düzeylerde çelik eğilimlerini analiz etmektedir. Sektörün üretim hacmi ve ortalama büyüme oranları, başlıca çelik üreticisi olan ve ticareti yapan ülkeler, çelik kullanımı açısından talep yönlü gelişmeler gibi temel özellikleri detaylı olarak incelenmektedir.

Bölüm esas olarak çelik endüstrisinin küresel olarak ne anlama geldiği sorusuna ışık tutarken, aynı zamanda Türkiye'nin ana ticaret ortağı olarak AB'yi de odak noktasına alarak detaylı incelemektedir.

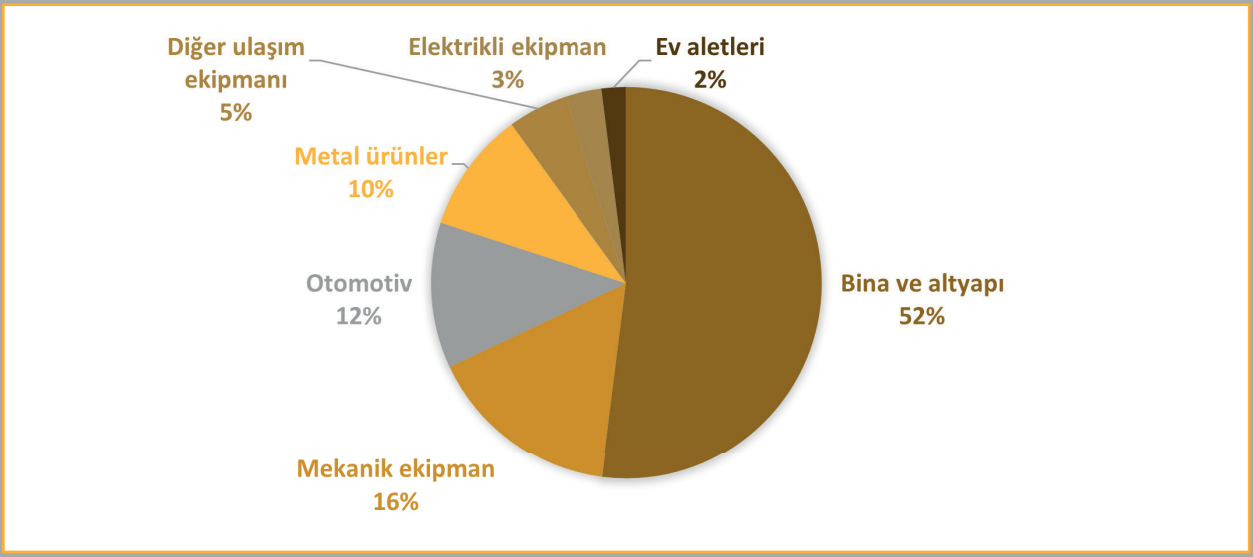
1.1. Küresel Çelik Endüstrisine Genel Bakış

1.1.1. Çelik Talebi

Çelik endüstrisi hem ulusal hem de uluslararası düzeyde büyüyen bir pazardır. Projeksiyonlar, artan dünya nüfusunun ihtiyaçlarını karşılamak için çelik kullanımının önümüzdeki yıllarda istikrarlı bir şekilde artmasının beklendiğini vurgulamaktadır. Bu doğrultuda, 2020 yılında durağan bir seyir izleyen küresel çelik talebinin 2021 ve 2022 yıllarında sırasıyla %5,8 ve %2,7 artacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca, AB-28'in 2021 yılı talebinin %10,2 oranında büyüyerek, dünyanın tahmini ortalama büyüme oranı olan %5,8'in neredeyse iki katına çıkacağı beklenmektedir. %10,6'lık bir diğer kayda değer talep artışının ise Orta ve Güney Amerika ülkelerinden geleceği öngörülmektedir.[8]

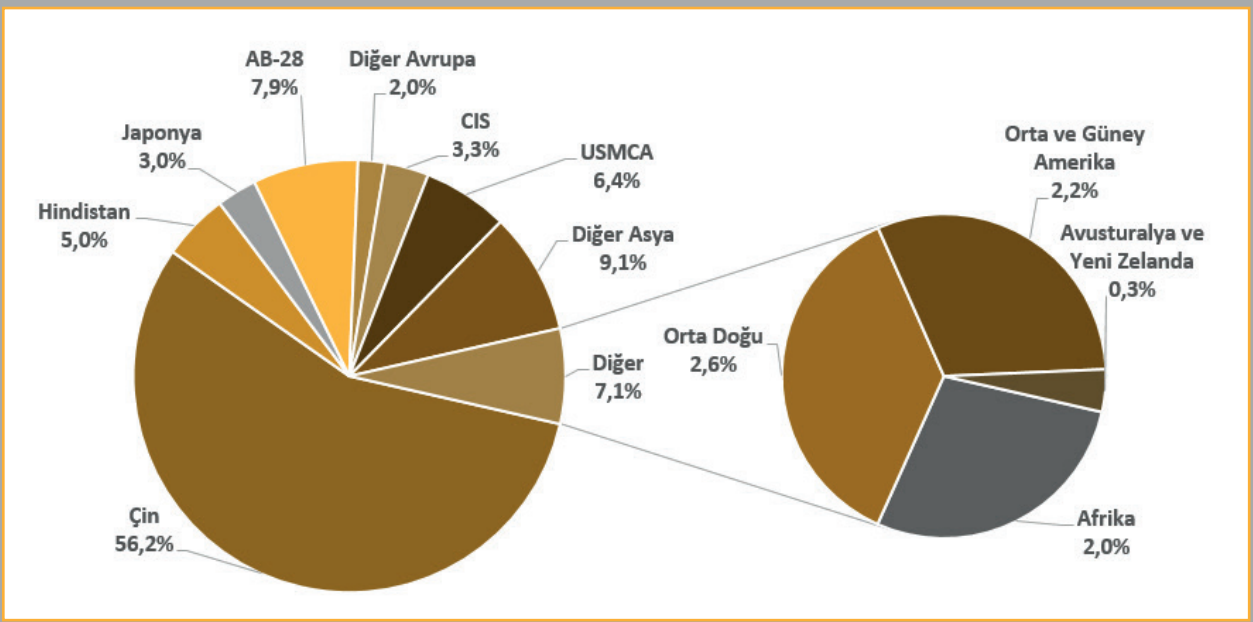
Modern dünyada çeliğin kullanım alanlarına baktığımızda, küresel olarak üretilen toplam çeliğin yarısından fazlasının yapı ve altyapı sektörlerinin taleplerini karşıladığı görülmektedir. 2020 yılı itibariyle, mekanik ekipman, otomotiv ve metal ürünleri sektörlerinde çelik kullanımı sırasıyla %16, %12 ve %10 oranlarında gerçekleşmiştir (Şekil 1). Bu nedenle, bu sektörlerdeki herhangi bir genişlemenin, doğrudan küresel olarak artan çelik üretimine dönüştüğünü söylemek doğru olacaktır.

8. World Steel Association, (2021). Short Range Outlook.



Şekil 1. Çeliğin Kullanım Alanları (2020) Kaynak: World Steel Association

2020 yılı için çelik talebinin coğrafi dağılımı göz önüne alındığında en çarpıcı gelişme, COVID-19 küresel salgınına rağmen Çin'in talebini geçtiğimiz yıl %1,5 yükselterek, küresel payını yaklaşık 3 puan artırmasıdır (2019'da %53'ten 2020'de %56'ya).[9] Şekil 2 'de ayrıca, AB-28'in Çin'den sonra en yüksek ikinci paya sahip olduğu, Hindistan'ın ise %5'lik pay ile üçüncü sırada olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Çelik Talebinin Coğrafi Dağılımı (2020) [10] Kaynak: World Steel Association

9. World Steel Association, (2021), Global crude steel output decreases by 0.9% in 2020.

10. CIS (Commonwealth of Independent States) ülke grubu 1991 yılında Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği'nden ayrılan ülkeleri temsil etmektedir. USMCA ise Amerika Birleşik Devletleri, Meksika ve Kanada'yı ifade etmektedir.

1.1.2. Çelik Üretimi

Dünya ham çelik üretim değerleri, 2000 yılından bu yana iki katından fazla artış göstererek, 2020 yılı sonunda 1.878 milyon tona ulaşmıştır (Şekil 3). Beş yıllık periyotlardaki ortalama büyüme oranlarına bakıldığında, son yirmi yılın en yüksek büyüme oranı yıllık ortalama %6,2 ile 2000-2005 döneminde gerçekleştiği görülmektedir. İlerleyen yıllarda yükseliş trendi günümüze kadar devam etse de ivmesinin kademeli olarak düştüğü, ancak yine de 1970-2000 ortalamasının üzerinde olduğu görülmektedir.

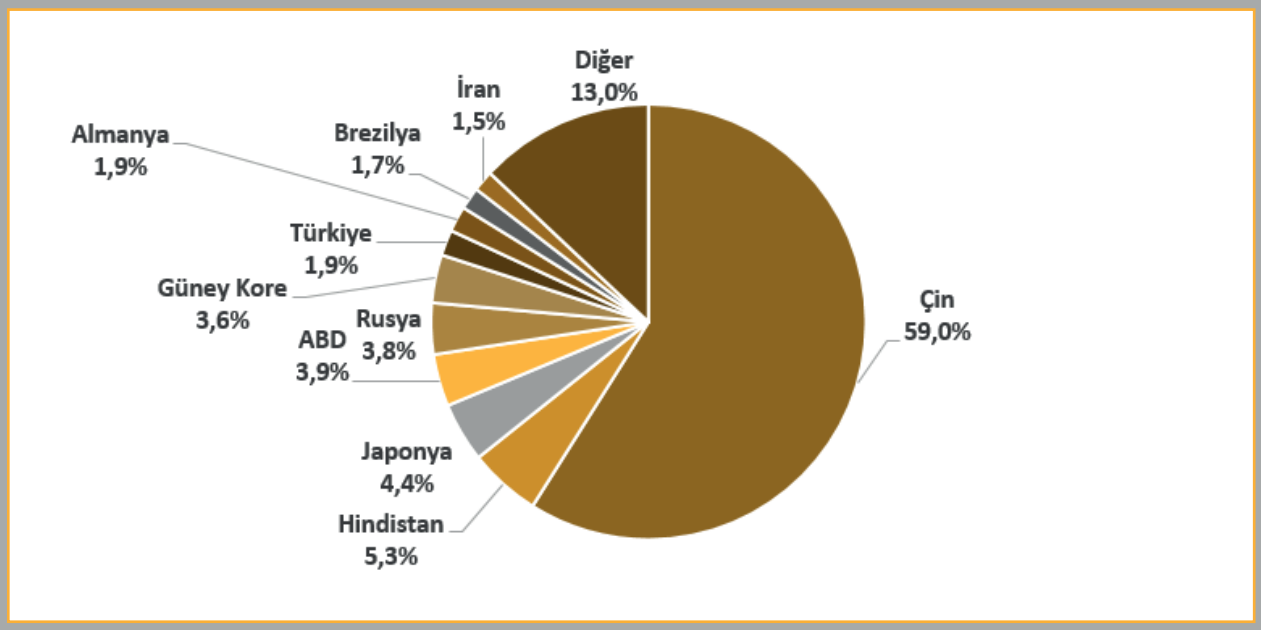


Şekil 3. Dünya Ham Çelik Üretimi ve Ortalama Büyüme Oranları (1950-2020) Kaynak: World Steel Association

Küresel çelik üretim kapasitesi 2015-2018 yılları arasında düşüş yaşamış 2014'ten bu yana ise ilk kez 2019'da 2018 seviyelerine göre %1,5 oranında bir artış göstermiştir . Artan dünya çelik üretimi ile birlikte 2016 ve 2019 yılları arasında küresel kapasite ve üretim arasındaki fark daralmıştır. Kapasite kullanım oranı olarak dünya çelik üretimi, 2018'de %77,7'den 2019'da yaklaşık %78,2'ye yükselmiştir.[11] OECD'ye göre, dünya çelik üretim kapasitesinin 2020-2022 üç yıllık dönemde yaklaşık %2-3 oranında artması beklenmektedir.

11. OECD, (2020). Latest Developments in Steelmaking Capacity.

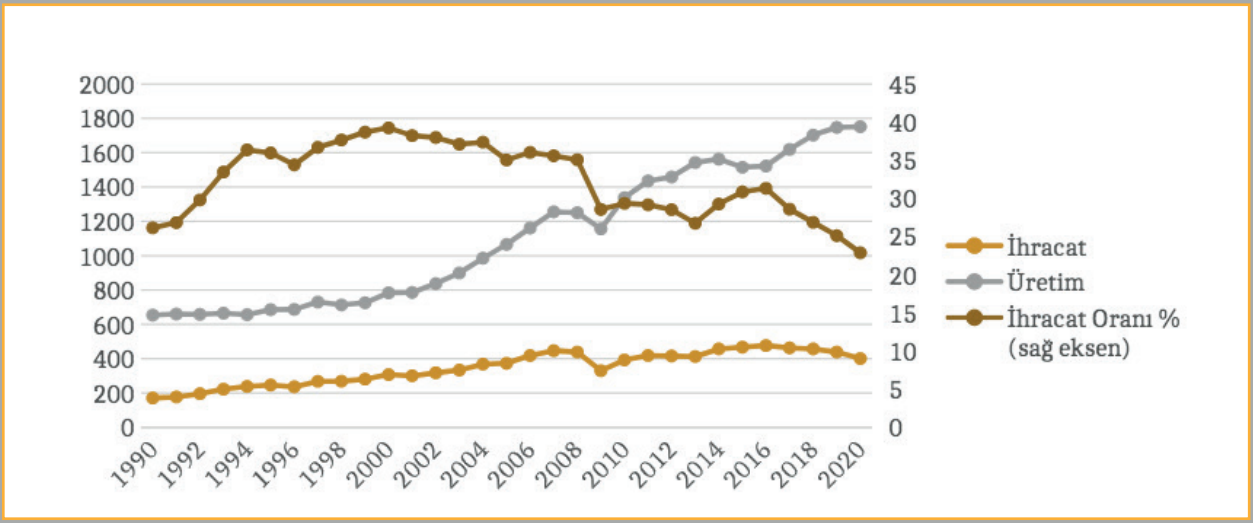
Dünya, COVID-19 küresel salgınının olumsuz etkilerini hissederken, toplam küresel çelik üretimindeki %60'lık payıyla Çin yine önde gelen çelik üreticisi ülkeler arasında dikkatleri üzerine çekmektedir (Şekil 4). Çin'in ardından Hindistan (%5,3) ve Japonya (%4,4) ikinci ve üçüncü sırada yer almaktadır. Aynı yıl ayrıca, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Rusya 70 milyon tonu aşan üretim kapasiteleri ve yaklaşık %4'e yaklaşan payları ile ilk beş ülke arasına girmeyi başarmıştır. Türkiye ise, üretimini bir önceki yıla göre %6 artırarak, 2020 yılı itibari ile 35,8 milyon tona ulaştırmayı başarmıştır. Bu şekilde Türkiye, İran (%13) ve Çin'in (%7) hemen ardından, en büyük 10 çelik üreticisi arasında üçüncü en büyük artış oranını kaydetmiştir. Bu üretim düzeyi ile Türkiye, dünya sıralamasında bir önceki yıl yedinci sırada bulunan Almanya'nın yerini almıştır.



Şekil 4. Başlıca Çelik Üreticisi Ülkeler (milyon ton) (2020) Kaynak: World Steel Association

1.1.3. Çelik Ticareti

Uluslararası çelik ticareti, 1990-2008 döneminde hızlanan üretim rakamlarına benzer bir eğilim göstermektedir (Şekil 5). 2008 küresel mali krizi sırasında hem ihracat hem de üretim gerilemiş, ancak sonrasında eğilimler farklılaşmıştır. Kriz sonrası dönemde çelik üretiminde artış yaşanırken, ihracat rakamlarının sabit kaldığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle, ihracatı küresel üretimdeki pay olarak temsil eden ihracat oranı açısından aşağı yönlü bir eğilim ortaya çıkmıştır. Bu oran 2000'li yılların başındaki %40 seviyesinden, 2020 yılında %23'e kadar gerilemiştir. Benzer şekilde, çelikten mamul ürün ticareti de aynı yıllarda dünya çelik ticaretinin eğilimini takip etmiştir.



Şekil 5. Dünya Çelik Ticareti (milyon ton) (1990-2020) Kaynak: World Steel Association

COVID-19'un getirdiği ekonomik belirsizlikler nedeniyle, çelik talebi 2008 küresel mali krizinden bu yana en sert düşüşünü yaşarken; arz tarafında ise, ülkeler genelinde sokağa çıkma kısıtlamaları ve katı gümrük önlemleri uygulandığı için önemli üretim daralmaları gözlemlenmiş ve çelik değer zincirlerinde bozulmalar yaşanmıştır.[12]

Bu sorunlara rağmen, 2020 yılındaki uluslararası çelik ticareti dikkate alındığında, net ithalatçı konumunda olan Çin'in, 33,4 milyar ABD doları tutarındaki ihracatı ve 36,8 milyar ABD doları tutarındaki ithalatı ile toplam küresel çelik ticaretine hakim olduğu görülmektedir.[13] Toplam ihracatta Çin'i Japonya ve Almanya takip ederken, toplam ithalatta ise Almanya ve ABD Çin'in hemen arkasında yer almaktadır. Japonya net çelik ihracatçısı ülke sıralamasında birinci olurken, Tayland ise en büyük net ithalatçı ülke konumunda bulunmaktadır. Türkiye ise bu sıralamalarda, toplam ithalatta dördüncü, toplam ihracatta ise on ikinci sırada kendine yer bulmaktadır. Türkiye'nin ihracat ve ithalat büyüklükleri arasındaki bu fark onu net ithalatçı ülkeler arasında üçüncü sıraya yerleştirmektedir (Tablo 1).

12. OECD, (2020). Steel Market Developments Q4 2020.

13. UN, (2021). Comtrade Database.

Ülke	Toplam İhracat	Toplam İthalat	Net İhracat	Net İthalat
Çin	1	1		8
Japonya	2		1	
Almanya	3	2		
Güney Kore	4	6	2	
ABD	5	3		2
Belçika	6	15	6	
İtalya	7	5		7
Endonezya	8		5	
Fransa	9	7	14	
Hindistan	10	14	7	
Hollanda	11	12	11	
Türkiye	12	4		3
Brezilya	13		3	
Ukrayna	14		4	
Diğer Asya Ülkeleri	15			
Vietnam		8		5
Tayland		9		1
Meksika		10		4
Polonya		11		6
İspanya		13		12
Güney Afrika			8	
Avusturya			9	
İsveç			10	
Finlandiya			12	
İngiltere			13	
Slovakya			15	
Filipinler				9
Pakistan				10
Mısır				11
Çekya				13
İsrail				14
İsviçre				15

Tablo 1. Başlıca Çelik İthalatçıları ve İhracatçılarının Sıralaması (2020) Kaynak: UN Comtrade

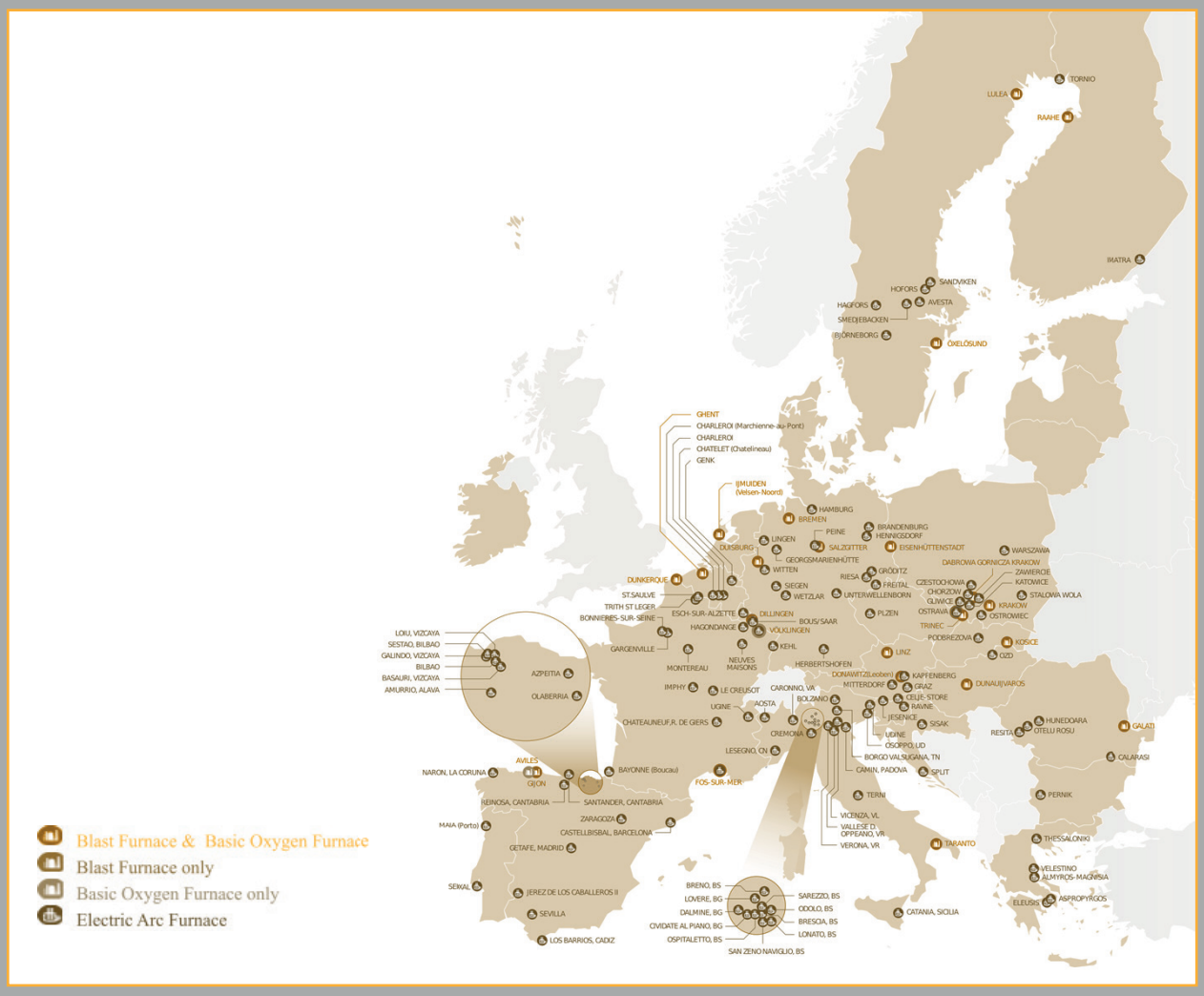
1.2. AB Çelik Endüstrisi

AB çelik endüstrisini incelemeden önce, öncelikle ana metal sanayinin Birlik ekonomisi için önemini vurgulamak genel bir perspektif vermesi açısından yerinde olacaktır. GSYH'ye olan yüksek katkısı ve yaklaşık 300.000 kişiye yüksek kaliteli iş olanakları sağlaması nedeniyle öncelikli sektörler arasında yer alan ana metal sanayi,[14] toplam AB sera gazı emisyon hacmindeki %20'lik paylarıyla da dikkat çekmektedirler. 2017 yılı itibariyle çelik endüstrisinden kaynaklanan doğrudan CO_2 emisyonlarının 200,6 MtCO_2 seviyesinde olduğu rapor edilmiştir.[15]

Küresel düşük karbona geçiş tartışmaları dikkate alındığında en önemli soru, ana metal sektörlerinin, küresel rekabet gücünü kaybetmeden AYM'nin kalbinde yer alan iklim eylemi hedeflerine nasıl katkıda bulunacağıdır.

AB, 2030 yılına kadar emisyonlarını 1990 seviyesine göre en az %55 oranında azaltmayı ve 2050 yılına kadar dünyanın iklim açısından nötr ilk kıtası olmayı hedeflerken;[16] AYM kapsamında, karbon yoğun yapıları nedeniyle ana metal sektörlerine de öncelik verilmiştir. Bu kapsamda ilgili sektörlerin mevcut temel düşük karbon teknolojilerini geliştirerek ve yeni çığır açan yatırımlar yaparak AB'nin yeşil geçişine katkı sağlaması beklenmektedir.[17] Şekil 6'da AB çelik üretim sahaları üretim rotalarına göre haritalanmıştır. Toplam AB çeliğinin yaklaşık %60'ının BF-BOF üretim yolu ile üretildiği, %40'ının ise EAF üretim yolu ile üretildiği belirtilmektedir.[18] Bilindiği üzere, düşük karbona geçiş stratejilerinin belirlenmesinde üretim yollarının dağılımı önemli bir rol oynamaktadır. Bu kapsamda, çelik endüstrisinin iklim etkisi ve karbonsuzlaşma alternatifleri hakkında daha ayrıntılı bir tartışma Bölüm 2'de sunulmaktadır.

14. Agora Energiewende, (November 2020). Breakthrough Strategies for Climate-Neutral Industry in Europe.
15. A.g.e.
16. European Commission, (2021). EU Climate Action and European Green Deal.
17. Agora Energiewende, (November 2020). Breakthrough Strategies for Climate-Neutral Industry in Europe.
18. EUROFER, (2020). Overview of the steel production process.



Şekil 6. AB Çelik Üretim Tesisleri Haritası (2020) Kaynak: EUROFER

AYM çerçevesinde, AB'ye ihracat yapan ülkelerin aynı zamanda Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması[19] (SKDM) kapsamında değerlendirileceği de bilinmektedir. Söz konusu uygulama AB ile ticari ilişkiler içerisinde olan ülkelerin karbon yoğun üretimlerini doğrudan etkileyecek bir potansiyel taşımaktadır. 2023 yılı itibariyle öncelikli sektörlerde ticaret ve karbon içeriğine ilişkin veri-bilgi toplama 2026 yılında ise karbonun maliyetlendirilmesi ile SKDM'nin devreye alınması planlanmaktadır.

19. İklim değişikliğine uyum ve azaltma kapsamında karbon kaçağı riskini önlemek ve AB'nin hedeflerini desteklemek için belirli ürünlerin ithalatına uygulanması planlanan bir karbon fiyatlama mekanizması.

Bu kapsamda, düşük karbona geçişteki öncelikli beş sektör arasında demir-çelik sektörü de çimento, alüminyum, gübre ve elektrik sektörleriyle birlikte ele alınmıştır. SKDM'nin çelik sektörü üzerindeki muhtemel etkilerini anlayabilmek için, AB'nin uluslararası çelik ticaretine ilişkin konumunu gözden geçirmek kritik önem arz etmektedir. Bölgesel çelik ticareti rakamları, AB'nin hem toplam ithalat hem de ihracat açısından ilk sırada olduğunu göstermektedir. Bu noktada, AB çelik ticaretinin daha çok Birlik-içi ticaret olarak gerçekleşmesi, ithalatın %25'nin ve ihracatın %19'unun Birlik-dışı ticaret olarak gerçekleşmesi dikkat çekicidir.[20] AB, 10 milyon tonluk hacim ile net ithalatçı olmakla birlikte, en büyük net ithalatçı bölgeler arasında yer almamaktadır. AB'nin bölge dışı ticareti göz önüne alındığında Rusya, ABD doları cinsinden ticaret değerine göre ithalatta AB'nin en büyük ticaret ortağı konumundadır. 2019 yılı itibariyle AB'nin toplam çelik ithalatının %15,3'ü Rusya'dan sağlanmıştır (Tablo 2). Rusya'nın ardından Türkiye ve Ukrayna, sırasıyla %11,7 ve %9,7'lik paylarıyla AB pazarındaki diğer iki büyük çelik ihracatçısı konumundadır.

Ülke	Ticaret Değeri (ABD $)	Toplam İthalat Payı (%)
Rusya	5.328.529.324	15,30
Türkiye	4.081.465.468	11,72
Ukrayna	3.378.631.370	9,70
Çin	3.083.936.043	8,86
Güney Kore	3.016.405.509	8,66
Hindistan	2.422.367.222	6,96
Brezilya	1.673.606.741	4,81
Diğer Asya Ülkeleri	1.335.790.760	3,84
Norveç	1.132.343.263	3,25
Güney Afrika	1.029.773.272	2,96

Tablo 2. AB Çelik İthalatında İlk On Ülke (ticaret değerine göre) (2019) Kaynak: UN Comtrade

Türkiye, AB'nin en büyük çelik ithal ettiği pazarları arasında ikinci sırada yer alırken, Türkiye'nin karbon yoğunluğu açısından diğer ülkelere göre avantajlı konumu dikkat çekmektedir. Türkiye'nin üretim rotaları ağırlıklı olarak elektrikli ark ocakları ve entegre tesislere (%75) dayandığından, Türkiye rakiplerine göre karbon verimli bir çelik üreticisi olarak tanımlanmaktadır.[21] Çelik üretiminin karbon yoğunlukları karşılaştırıldığında, Türkiye, AB'nin diğer iki önemli ticaret ortağı olan Çin ve Ukrayna'nın emisyonlarının kabaca yarısı kadardır. Türkiye çelik endüstrisinin emisyonları ve düşük karbon stratejilerine ilişkin ayrıntılı bir tartışma Bölüm 3 ve 4'te verilmektedir.

20. World Steel Association, (2021). World Steel in Figures.
21. Boston Consulting Group (BCG), (2020). How An Eu Carbon Border Tax Could Jolt World Trade.

AB'nin çelik ihracatı açısından ise, Türkiye'nin en büyük pazar olduğu görülmektedir (Tablo 3). 2019 yılı itibariyle 6 trilyon ABD dolarını aşan ihracat değeriyle Türkiye, AB ihracatında %20'lik paya sahip olup, onu ABD ve İsviçre sırasıyla %13,6 ve %7,3'lük paylarıyla izlemektedir. İthalatta ilk sırada yer alan Rusya, AB'nin toplam çelik ihracatında %2,5'e tekabül eden 783 milyon ABD doları değeri ile AB'nin ilk on ihracat pazarında son sırada yer almaktadır.

Ülke	Ticaret Değeri (ABD $)	Toplam İhracat Payı (%)
Türkiye	6.311.666.100	20,04
ABD	4.291.544.941	13,62
İsviçre	2.303.030.372	7,31
Çin	2.157.401.960	6,85
Hindistan	1.729.985.523	5,49
Meksika	1.276.086.630	4,05
Mısır	918.630.046	2,92
Kanada	839.754.749	2,67
Fas	785.923.806	2,50
Rusya	783.145.665	2,49

Tablo 3. AB Çelik İhracatında İlk On Ülke (ticaret değerine göre) (2019) Kaynak: UN Comtrade

1.3. Türkiye Çelik Sektörüne Genel Bakış

Türkiye'de demir-çelik sektörü, 2019 yılında GSYH içindeki yaklaşık %1'lik pay ile ülke ekonomisindeki ana itici güçlerden biri olmasının yanı sıra,[22] demir ve çelikten mamül eşyaların ihracatıyla birlikte ele alındığında 2020 yılında toplam ihracatın da %9'unu temsil eden, ihracata dayalı en önemli imalat sektörlerinden biri konumundadır.[23] Türkiye demir-çelik sektörünün ihracata yönelik yapısı ve Türkiye'nin özellikle Avrupa'daki avantajlı konumu açısından jeopolitik önemi, demir-çelik üreticilerine birçok fırsat sunmaktadır. Demir-çelik sektörü, Türkiye'de uzun yıllara dayanan tecrübesi ve güçlü teknolojik altyapısı sayesinde uluslararası pazarlarda da rekabet avantajına sahiptir.

Özel sektörün hakim olduğu demir-çelik sektörü, ağırlıklı olarak otomotiv, beyaz eşya ve tersane gibi gelişmiş sektörler ile altyapı ve inşaat gibi gelişen sektörlerden gelen talebe cevap vermektedir. Demir-çelik sektörü ayrıca, Türkiye'nin ana metal sanayisine hakimdir ve toplam sanayi üretiminin büyük bir bölümünü (%70'den fazlasını) gerçekleştirmektedir.[24]

22. T.C. Ticaret Bakanlığı, Kolay İhracat Platformu, (2021). Iron and Steel, and Metals.
23. Türkiye Çelik İhracatçıları Birliği, (2021). Statistics.
24. TÜİK, (2017).

Türkiye, küresel çelik pazarında da önemli bir oyuncudur. Küresel salgına rağmen kesintisiz üretim yapan çelik sektörü, 2020 yılında dünyanın en büyük çelik üreticileri arasında, Almanya'yı yerinden ederek, 7. sıraya yükselmiştir (Tablo 1). 2020 yılında dünya çelik üretimi %1 civarında daralırken, Türkiye ise ham çelik üretimi 2019 yılındaki %9,6'lık daralmanın ardından %6 artışla 35,8 milyon tona ulaşmıştır. Başka bir deyişle, Türkiye çelik sektörü COVID salgının olumsuz etkilerine rağmen, önceki yıldaki kayıplarını telafi ederek konumunu korumayı başarmıştır. Ayrıca, halihazırda toplam 45.000 kişilik doğrudan istihdam ile büyük sektörlere girdi sağlayan lokomotif bir sektör konumundadır.[25]

2019 yılı itibari ile Türkiye'deki toplam demir-çelik tesisi sayısı, Akdeniz ve Marmara Bölgesi'nde 9, Ege Bölgesi'nde 8, Karadeniz Bölgesi'nde 6 ve İç Anadolu Bölgesi'nde 3 olmak üzere toplam 35'e ulaşmıştır[26] (Şekil 7). Bu tesislerden 11'inin 2 milyon ton ve üzeri üretim kapasitesine sahip olduğu ve Türkiye'nin çelik üretim kapasitesinin büyük çoğunluğunu oluşturduğu bilinmektedir (Tablo 4). Ayrıca, ortalama kapasite kullanım oranı %73 iken, iki farklı üretim metodu için oranlar %67 (EAF) ve %94 (BF-BOF) olarak rapor edilmiştir.[27]



Şekil 7. Türkiye Çelik Üretimi Haritası Kaynak: TÇÜD

25. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, (2020). Demir Çelik Sektörü Raporu 2020.

26. Türkiye Çelik Üreticileri Derneği, (2021). Türkiye Çelik Haritası.

27. A.g.e.

Ham Çelik Üretim Kapasitesi	Üretim Tesisi Sayısı
2 milyon ton +	11
1 -2 milyon ton +	6
500 bin - 1 milyon ton +	8
50 - 500 bin ton	10

Tablo 4. Ham çelik üreticilerinin kapasite dağılımı Kaynak: TÇÜD

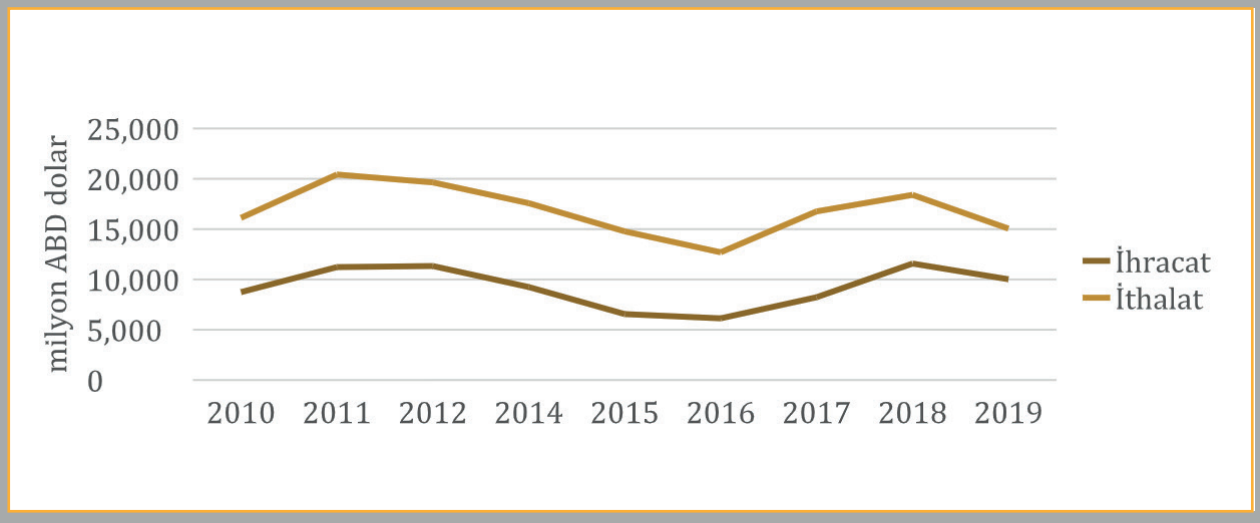
Kuruluş Adı	Bölge	Ham Çelik Üretim Kapasitesi (bin ton/yıl)	Çelik Üretim Yöntemi
İSKENDERUN DEMİR VE ÇELİK FABRİKALARI T.A.Ş.	Hatay	5,800	BF, BOF
HABAŞ	İzmir	4,500	EAF
EREĞLİ DEMİR VE ÇELİK FABRİKALARI T.A.Ş.	Zonguldak	4,000	BF, BOF
KARDEMİR KARABÜK DEMİR ÇELİK SAN. VE T.A.Ş.	Karabük	3,500	BF, BOF
ÇOLAKOĞLU METALURJİ	Kocaeli	3,200	EAF
İÇDAŞ ÇELİK ENERJİ TERSANE VE ULAŞIM SAN.A.Ş.	Çanakkale	2,500	EAF
MMK METALURJİ SAN.TİC. VE LİMAN İŞLT. A.Ş.	Kocaeli	2,500	EAF
TOSÇELİK PROFİL VE SAC END. A.Ş.	Hatay	2,500	EAF
TOSÇELİK PROFİL VE SAC END. A.Ş.	Osmaniye	2,500	EAF
BAŞTUĞ METALURJİ SAN.A.Ş.	Osmaniye	2,000	EAF
EGE ÇELİK ENDÜSTRİSİ SAN. VE TİC. A.Ş.	İzmir	2,000	EAF
KROMAN ÇELİK SANAYİ A.Ş.	Kocaeli	2,000	EAF
KAPTAN DEMİR ÇELİK END. ve TİC. A.Ş.	Tekirdağ	1,400	EAF
İZMİR DEMİR ÇELİK SANAYİ A.Ş.	İzmir	1,320	EAF
DİLER DEMİR ÇELİK ENDÜSTRİSİ VE TİCARET A.Ş.	Kocaeli	1,300	EAF
YEŞİLYURT DEMİR ÇELİK END. VE LİMAN İŞL.LTD.ŞTİ.	Samsun	1,300	EAF
EKİNCİLER DEMİR VE ÇELİK SANAYİ A.Ş.	Hatay	1,250	EAF
KOÇ METALURJİ A.Ş.	Osmaniye	1,200	EAF
ÖZKAN DEMİR ÇELİK SANAYİ A.Ş.	İzmir	1,200	EAF
MESCİER DEMİR ÇELİK SAN. VE TİC. A.Ş.	Bartın	1,000	EAF
YAZICI DEMİR ÇELİK SAN. ve TURİZM TİC. A.Ş.	Hatay	1,000	EAF

Tablo 5. Türkiye"deki Çelik Fabrikaları (Ham çelik üretimi kapasite sıralaması) (2021). Kaynak: Global Energy Monitor - Global Steel Plant Tracker

Çelik üreticileri arasında, Ereğli Demir Çelik ve İskenderun Demir Çelik, Türkiye'nin ilk 500 Büyük Sanayi Kuruluşu sıralaması olan ISO 500 2020'de ilk on tesis arasında yer almaktadır (Tablo 4). Aynı listenin ilk 20'sinde toplam beş çelik üreticisi bulunmaktadır.[28] Bu durum da demir-çelik sektörünün Türkiye ekonomisi için önemini bir kez daha ortaya koymaktadır.

Türkiye'nin çelik ithalatı ve ihracatı ABD doları bazında ticaret değerleri son 10 yıllık periyotta paralel bir seyir göstermektedir (Şekil 8). 2011 yılında her iki rakamda gözlemlenen artışın ardından, her iki gösterge de 2016 yılına kadar sürecek bir düşüş eğilimine girmiştir. 2 yıllık bir yükselişin ardından, 2018'den sonra tekrar aşağı yönlü hareket eden çelik ithalatı 15 milyar ABD doları seviyesine gerilemiş, toplam çelik ihracat hacmi ise 10 milyar ABD doları civarında seyretmiştir.

Her ne kadar Türkiye 2019 yılında dünya sıralamasında 7. sırada yer alan önemli bir çelik üreticisi olsa da aynı yıl ticaret değeri bakımından net ithalatçı konumunda bulunması önemli bir bulgudur. Ana Metal Sanayii Çalışma Grubu Raporu'na göre, Türkiye'de çelik ürünleri tüketimi artmaya devam ederken, bu artış çoğunlukla ithalatla karşılanmış ve bu durum yurt içi kurulu kapasitelerin atıl kalmasına neden olmuştur. Raporda ayrıca, ithalattaki bu keskin artışta Ukrayna, Rusya ve Güney Kore gibi bazı çelik üreticisi ülkelerin agresif, dampingli ihracat politikalarının da etkili olduğu vurgulanmaktadır.[29]

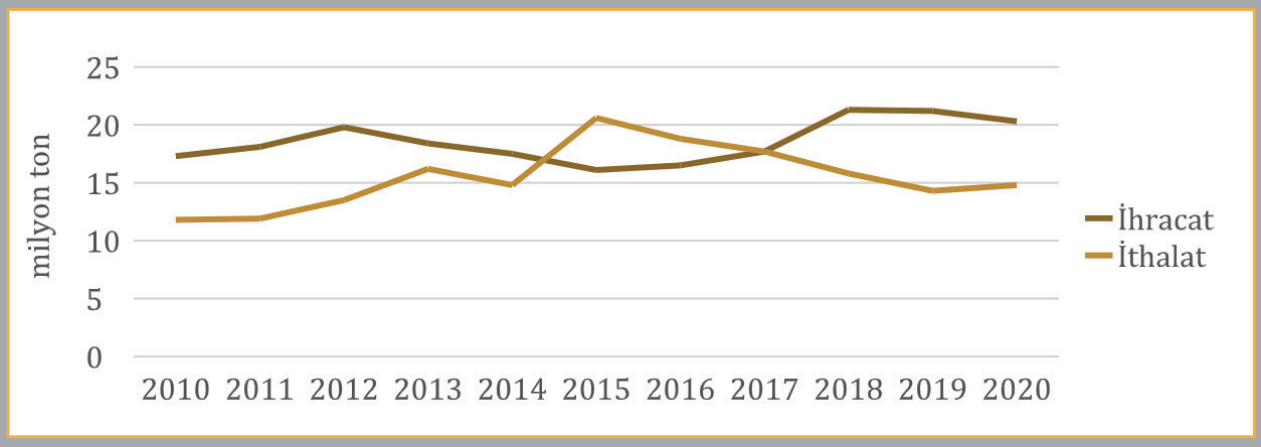


Şekil 8. Türkiye'nin Toplam Çelik İthalat ve İhracatı (ticaret değerine göre) (2010- 2019) Kaynak: UN Comtrade

28. İstanbul Sanayi Odası, (2021), ISO 500 2020.

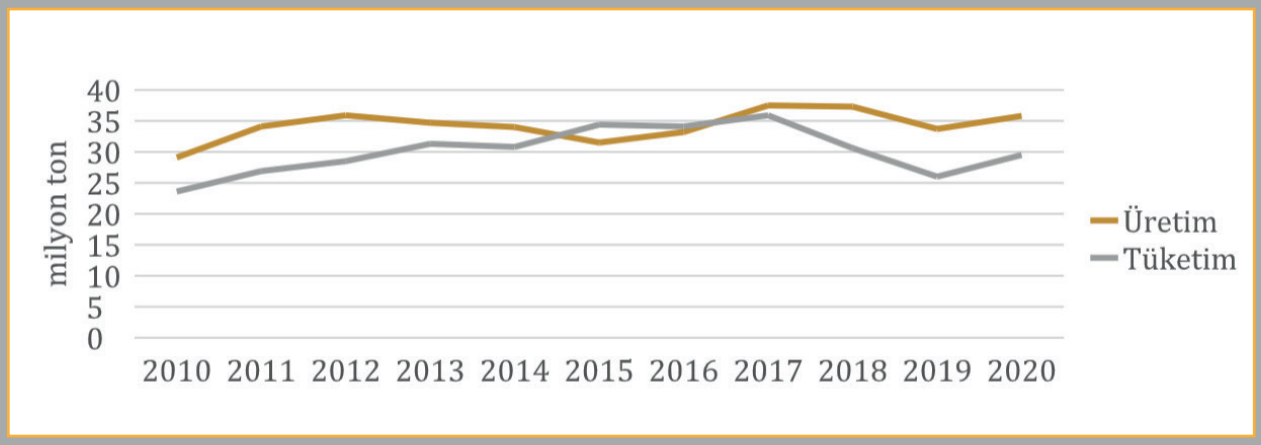
29. T.C. Kalkınma Bakanlığı, (2018). On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023).

Türkiye'nin çelik ithalat ve ihracatının ticaret hacmi açısından dinamiklerine bakıldığında ise, ticaret değerlerine benzer bir seyir izlediği görülmektedir (Şekil 9). Burada son on yılda ithalat hacminin, ihracattan daha dalgalı bir seyir izlemesi dikkat çekicidir. Bu dalgalanmalar sonucunda Türkiye çelik ticareti hacmine göre 2014-2017 yılları arasında net ithalatçı konumunda olduğu görülmektedir. Aynı dönemde hız kesmeyen çelik talebi bu görünümde etkili olmuştur. 2010 yılında 17,3 milyon ton olan ihracat, 2020 sonunda 20,3 milyon tona ulaşarak, %2'lik artış göstermiştir. İthalat hacmi ise, 2010 yılındaki 11,8 milyon tona göre %3'lük bir artışla 2020 yılında 14,8 milyon tona ulaşmıştır.



Şekil 9. Türkiye'nin Toplam Çelik İthalat ve İhracatı (ticaret hacmine göre) (2010- 2020) Kaynak: Çelik İhracatçıları Birliği

Türkiye'nin çelik üretim ve tüketim dinamiklerine bakıldığında, tüketim hacminin 2017 yılına kadar kesintisiz arttığı, ancak 2011-2017 döneminde üretimin 35 milyon ton civarında seyrettiği gösterilmektedir. 2014-2017 yılları arasında artan tüketimi karşılayamayan üretim nedeniyle Türkiye net çelik ithalatçısı olmuştur. Takip eden yıllarda üretim eski seviyesine dönerken düşen talep seviyeleri Türkiye'yi yeniden net ihracatçı pozisyona taşımıştır. 2017 yılı itibari ile, her iki gösterge de 2019 yılına kadar aşağı yönlü hareketine devam etmiştir. 2020 yılında çelik üretimi bir önceki yıla göre %6 artarak 35 milyon tonu aşarken, çelik tüketimi ise %13,2'lik artışla 30 milyon tona ulaşmıştır (Şekil 10).



Şekil 10. Türkiye'nin Toplam Çelik İthalat ve İhracatı (ticaret hacmine göre) (2010- 2020) Kaynak: Çelik İhracatçıları Birliği

Rusya, ABD ve Hollanda, Türkiye'nin en büyük üç ithalat pazarıdır. Rusya'dan 3 trilyon ABD doları tutarındaki ithalat hacmi, Türkiye';nin toplam çelik ithalatının %20'sinden fazlasını temsil etmekte ve bu rakam aynı yıl için ABD ve Hollanda'nın ithalatının neredeyse üç katına denk gelmektedir (Tablo 6). Türkiye'nin çelik ithalatında lider pazar olarak Rusya'nın hakimiyeti, Türkiye'nin çelik ithalatının genel dağılımını, ilk on ithalat pazarının toplamın %71'ini kapsadığı daha konsantre bir pazar dağılımı haline getirmektedir.

Ülke	Ticaret Değeri (ABD $)	Toplam İthalat İçindeki Payı (%)
Rusya	3.182.932.160	21,15
ABD	1.186.833.999	7,89
Hollanda	1.019.641.585	6,78
Almanya	872.933.693	5,80
Güney Kore	834.417.175	5,54
İngiltere	822.041.919	5,46
Ukrayna	815.196.037	5,42
Fransa	810.191.100	5,38
Belçika	655.053.066	4,35
Romanya	479.764.842	3,19

Tablo 6. Türkiye'nin Çelik İthalatında İlk On Ülke (ticaret değerine göre) (2019) Kaynak: UN Comtrade

İtalya, 2019 yılında Türkiye'den 861 bin ABD doları değerinde ithalat gerçekleştirerek, Türkiye'nin çelik ihraç ettiği pazarlar arasında %8,60 pay alarak ilk sırada yer almıştır (Tablo 7). Türkiye'nin çelik ihracatında İtalya'yı, ortalama %7'lik paylar ile İsrail ve İspanya takip etmektedir. Belçika %2,25'lik pay ile (225 bin ABD doları) onuncu ve son sırada yer almaktadır. İthalat pazarlarının dağılımı ile karşılaştırıldığında, Türkiye'nin çelik ihracatındaki ilk on ülke, Türkiye'nin toplam çelik ihracatının %47'sini temsil etmekte ve oldukça çeşitli ve dengeli bir yapı sergilemektedir.

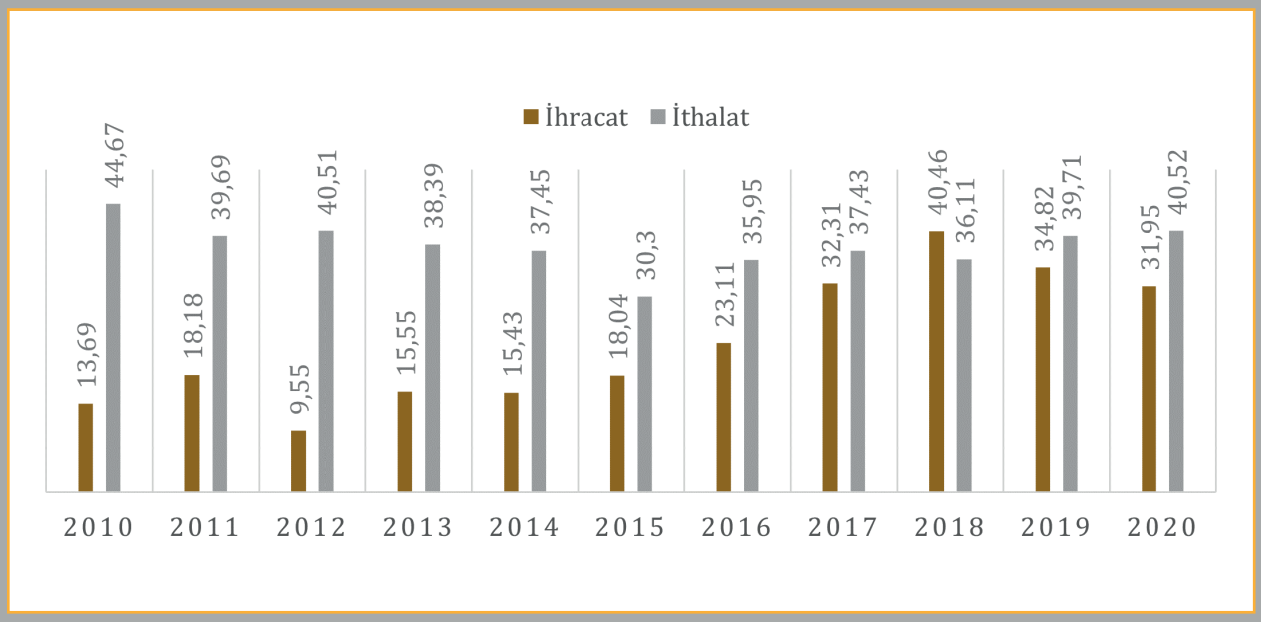
Ülke	Ticaret Değeri (ABD $)	Toplam İhracat İçindeki Payı (%)
İtalya	861.476.595	8,60
İsrail	761.020.845	7,60
İspanya	648.729.774	6,47
Yemen	480.706.062	4,80
Mısır	456.691.899	4,56
Romanya	375.442.485	3,75
Fas	330.239.725	3,30
Singapur	325.049.851	3,24
Irak	247.086.161	2,47
Belçika	225.115.692	2,25

Tablo 7. Türkiye'nin Çelik İhracatında İlk On Ülke (ticaret değerine göre) (2019) Kaynak: UN Comtrade.

Türkiye'nin ihracat pazarları ülke bazında tek tek değerlendirildiğinde çeşitlilik gösterse de bölge olarak AB pazarı Türkiye'nin hem çelik ihracatında hem de ithalatında halen önemli bir paya sahiptir. Çelik ihracatında AB'nin payı 2020 yılında %40'a ulaşarak 2017'den bu yana dikkate değer bir artış gerçekleştirmiştir. (Şekil 11). Bu artışla birlikte AB'nin Türkiye çelik ihracatından aldığı payın 2017-2020 ortalaması %35 olarak gerçekleşmiş ve 2010-2016 ortalaması olan %16'nın iki katına çıkmıştır.

Bu hızlı artışta, 2018 yılı Mart ayında dönemin ABD Başkanı Donald Trump tarafından çelik ve alüminyum sektörlerinde uygulamaya konulan korumacı politikaların etkisi olduğu değerlendirilmektedir.

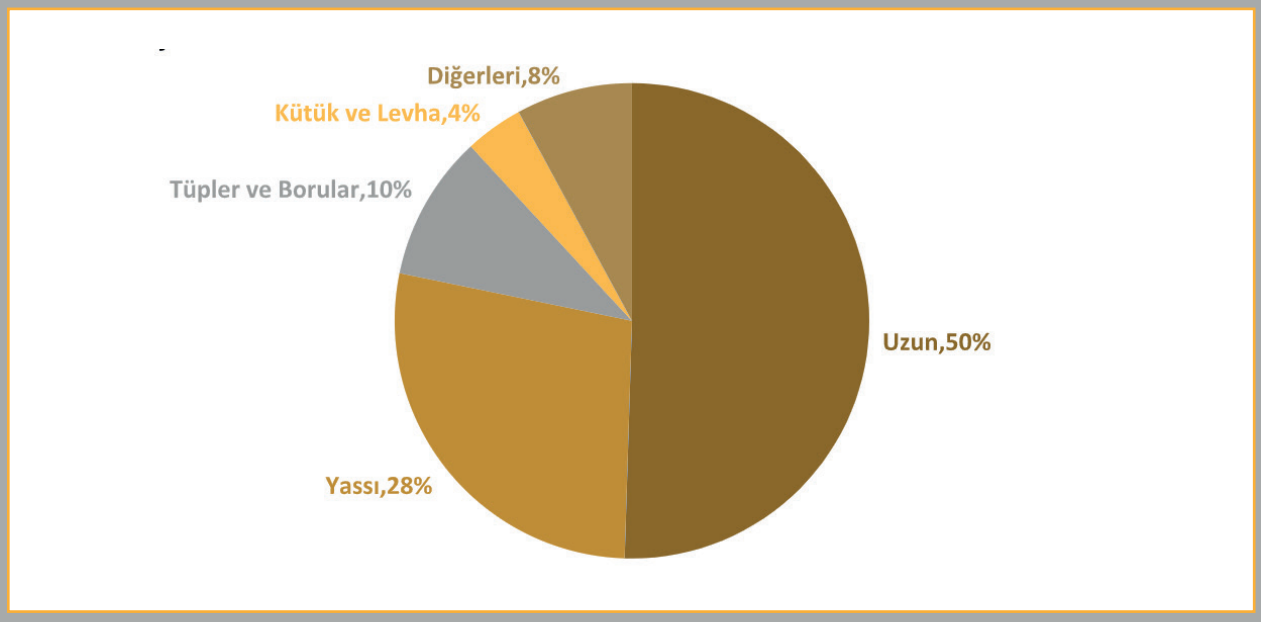
AB'nin Türkiye'nin çelik ithalatındaki payı ise, son on yılda %30'un altına düşmeyen istikrarlı bir eğilim göstermektedir. Türkiye'nin AB'nin çelik ithalatının %12'sini karşıladığı ve ihracatının %20'sine pazar oluşturduğu düşünüldüğünde, Türkiye ve AB'nin çelik ticaretinde vazgeçilmez partnerler oldukları görülmektedir. Ancak son yıllarda AB'nin korumacı politikaları nedeniyle AB'nin Türkiye'nin toplam ihracatındaki payı düşerken, ithalatındaki ağırlığının yükseldiği rahatlıkla görülmektedir.[30]



Şekil 11. Türkiye-AB Çelik İhracat ve İthalat Payları (2010-2020) Kaynak: ITC Trademap

30. KPMG Türkiye, (2021). KPMG Perspektifinden Demir Çelik Sektörüne Bakış.

Türkiye'nin çelik ihracatına ürün grubu bazında bakıldığında, ihracatın büyük çoğunluğunun inşaat çeliği olarak da anılan, katma değeri düşük ve ağırlıklı olarak inşaat ve altyapı sektörlerinde kullanılan kütük ve blumdan yapılan uzun çelik olduğu görülmektedir. [31] Son on yılda ayrıca otomobil, beyaz eşya, gemi yapımı, inşaat gibi çok çeşitli sektörlerde kullanılan yassı çelik ürünlerine yapılan yatırımlar ve bu ürün grubunun Türkiye'nin üretim ve ihracatındaki payı da sürekli artmaktadır. [32, 33] 2020 yılı verilerine göre uzun tip çeliğin toplam ihracatta %50 paya sahip olduğu görülmektedir (Şekil 12). Yassı çelik ürünleri ise, %28'lik pay ile mevcut durumda çelik ihracatında göreceli olarak önemli bir yer tutmaktadır.



Şekil 12. Türkiye Çelik İhracatı (Ürün grubuna göre) (2020) Kaynak: Çelik İhratçıları Birliği

31. Commodity Inside, (2019). Long steel market.

32. Commodity Inside, (2019). Flat steel market.

33. Türkiye Çelik Üreticileri Derneği, (2021).

BÖLÜM 2:
KÜRESEL İKLİM HEDEFLERİ VE ÇELİK SEKTÖRÜNDE DÜŞÜK KARBON STRATEJİLERİ

Bu bölüm, dünya çapında çelik sektörünün karbondan arındırılmasıyla ilgili hedefleri, patikaları, girişimleri ve en iyi uygulamaları özetlemeyi amaçlamaktadır. Sektöre ilişkin küresel bir bakış açısı sunmak, boşlukları belirlemek ve değişimin öngördüğü hızı ve yönü anlamak açısından önemlidir.

Küresel iklim taahhütleri açısından değerlendirildiğinde, Paris Anlaşması önemli bir dönüm noktası olarak görülmektedir. Paris Anlaşması, Sanayi Devriminden bu yana ortalama küresel sıcaklıktaki artışı 1,5 °C'nin altında tutma genel hedefini belirlerken, bu hedefe ulaşmak için yüzyıl ortasına kadar küresel olarak karbon-nötr hale gelinmesi uluslararası kamuoyunda kabul görmüş bir yaklaşımdır. Buradan yola çıkarak, bu bölümde ilk olarak Paris Anlaşmasının 1,5 °C hedefi ve onun tamamlayıcısı olan net-sıfır taahhütleri tartışılmaktadır. Daha sonra, çelik endüstrisinin konumu ve karbonsuzlaşma yollarına odaklanılmakta ve ağır sanayinin dönüşüm çabaları değerlendirilmektedir. Ayrıca, emisyon azaltım teknolojileri için alternatif yaklaşımlar da kapsamlı bir şekilde incelenmekte ve hem ulusal hem de şirket düzeyinde en iyi örnekler sunulmaktadır.

2.1. Küresel İklim Politikalarında Yaşanan Gelişmeler ve Net-Sıfır Taahhütleri

Paris Anlaşması, Aralık 2015'te Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne (UNFCCC) taraf 197 üye tarafından imzalanmış ve iklim değişikliğinin azaltılması, iklim değişikliğine adaptasyon ve iklim eyleminin finansmanı için harekete geçme konusunda küresel bir anlaşma çerçevesi sunmuştur. 2016 yılında yürürlüğe giren Anlaşma, iklim değişikliği ile mücadelede bir kilometre taşı niteliğindedir. Paris Anlaşması, küresel sıcaklık artışının sanayi öncesi döneme göre 2 °C'nin, tercihen de 1,5 °C'nin altında sınırlandırılmasını hedeflemektedir. Bu bağlamda, her ülke ulusal koşullarını göz önünde bulundurarak Niyet Edilen Ulusal Katkı (INDC) adı verilen karbon emisyonu azaltım hedeflerini belirlemiştir. Paris Anlaşması uyarınca, her ülke ayrıca küresel ısınmanın sınırlanmasına katkısını düzenli olarak rapor etmelidir. Bu mekanizma, taahhütler ve eylemler arasındaki boşlukları belirlemek ve ülkeleri daha iddialı hedefler belirlemeye teşvik etmek için düzenli bir envanter çalışması yapılması Anlaşmanın bir parçasıdır. 2023 yılından itibaren taraflar, emisyon azaltımı, uyum ve sağlanan/alınan destek konusundaki ilerlemeyi değerlendirmek üzere her beş yılda bir "Küresel Değerlendirme Zirveleri"nde toplanmaya başlaması beklenmektedir. [34]

Özetle, Paris Anlaşması'nın dünyanın dikkatini küresel ekonomiyi "karbonsuzlaştırma" ihtiyacına odakladığını söylemek mümkündür. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından da raporlandığı gibi, Paris Anlaşması'nın hedeflerine ulaşılması ve bunu sürdürmesine giden tek yol olarak, yüzyılın ortasına kadar sera gazı emisyonlarını "net-sıfır"a eriştirmek olmak gösterilmektedir.[35] Net-sıfır emisyon, insan kaynaklı salınan emisyonlar ile "yutak" olarak anılan ve atmosferden sera gazlarını uzaklaştıran doğal ya da teknolojik herhangi bir işlem, faaliyet veya mekanizma yoluyla bertaraf edilen emisyon arasındaki farkın sıfır olması olarak tanımlanabilir.[36] Orman örtüsü (ağaçlar, bitki örtüsü), okyanuslar ve toprak gibi doğal yutaklar, havanın doğal olarak temizlenmesine yol açan CO_2 alma yeteneğine sahip iken; derin yeraltı depolama veya yeniden kullanım için fosil enerji üretiminden ve endüstriyel işlemlerden kaynaklanan CO_2 emisyonlarını yakalayan karbon yakalama, kullanma ve depolama (CCUS) gibi teknolojik çözümlerin emisyonları azaltmaya destek olması beklenmektedir. [37]

Son veriler, 61 ülkeyi temsil eden ve küresel sera gazı emisyonlarının %54,1'inden sorumlu olan 50 tarafın net-sıfır hedefi bildirdiğini göstermektedir.[38] Aynı istatistikler ayrıca, 7 ülkenin hukuki çerçevede, 28 ülkenin politika belgesi üzerinde ve 15 ülkenin ise siyasi taahhüt düzeyinde net-sıfır hedefi olduğunu vurgulamaktadır. Bu taraflar arasında AB, hem Avrupa İklim Yasası ile hem de 2050 yılına kadar iklim açısından nötr ilk kıta olmayı hedefleyen AYM kapsamında ön plana çıkmaktadır. Ancak, mevcut durumda hala herhangi bir net-sıfır hedefi almayan 147 ülke bulunmaktadır.

34. Delegation of the European Union to Turkey, (2016). About The Future: The Paris Climate Agreement.
35. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), (2018). Global warming of 1.5°C
36. The United Nations Climate Change, (2021). Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF).
37. The United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), (2021). Carbon Capture, Use and Storage (CCUS).
38. Climate Watch, (2021). Net-Zero Tracker.

2.2. Çelik Sektörünün Karbonsuzlaşma İhtiyacı ve Düşük Karbon Patikaları

Hayatımızın her aşamasında var olan ve sürdürülebilir bir gelecek için vazgeçilmez olan çelik üretimi günümüzde hem karbon hem de enerji yoğun bir faaliyet olmaya devam etmektedir. Çelik sanayi karbonsuzlaşmanın zor olduğu sektörler arasında yer almaktadır. Bu bağlamda, sektörün Paris Anlaşması ve net-sıfır hedefleriyle uyumlu olması için, ulusal ve uluslararası paydaşlar tarafından farklı teknoloji seçenekleri ve politika hedefleri değerlendirilmektedir.

IEA tahminlerine göre, çelik sektörünün 2020-2030 yılları arasında yıllık ortalama %0,8 ve 2020-2050 yılları arasında %0,4 büyüme ile yoluna devam etmesi beklenmektedir. Önümüzdeki dönemde teşvik paketleriyle finanse edilecek altyapı yatırımlarında beklenen artış, bu beklentinin arkasındaki itici güçlerden biridir.[39] Sektörün geri dönüşüm oranları hali hazırda zaten oldukça yüksek olduğundan, artan talep kaçınılmaz olarak artan kapasite kullanımı ve/veya kapasite artışları ile karşılanacaktır. Bu eğilimin ardından, demir-çelik sektörünün enerji talebinin de aynı dönemler için artması beklenmektedir.[40]

2020 yılında ortalama olarak üretilen her ton çeliğin atmosfere 1.851-ton CO_2 saldığı bilinmektedir. 2020 yılında 1.860 milyon ton (Mt) çelik üretildiği düşünülürse, sektörden kaynaklanan toplam doğrudan emisyonların 2,6 milyar ton seviyesinde olduğu ve küresel CO_2 emisyonlarının %7 ila %9'unu temsil ettiği hesaplanabilir.[41] Bu nedenle çelik üretiminden ve kullanımından kaynaklı emisyonların azaltılmasına yönelik önlemler küresel net-sıfır hedeflerinin yakalanması açısından kritik önemdedir. 2050 yılına kadar küresel net-sıfır hedefine ulaşılabilmesi için, demir ve çelik endüstrisi karbon emisyonu seviyelerinde, 2020-2030 için öngörülen yıllık ortalama %2,7 oranındaki düşüşün 2020-2050 dönemi için yıllık ortalama %7,6'ya doğru önemli ölçüde iyileştirilmesi gerekmektedir.[42]

IEA, önümüzdeki otuz yıl içinde küresel ekonomiyi karbondan arındırmak için yapılması gerekenler ve her bir eylemin ne zaman yapılması gerektiği ile ilgili 400'den fazla önemli eşik tarih belirleyerek, bu önemli hedefe ulaşmak için küresel bir patika tarif etmiştir. 2050 yılına kadar belirlenen önemli kilometre taşlarından bazıları şunlardır:

- Mevcut tüm temiz enerji teknolojilerinin kapsamlı bir şekilde konuşlandırılması,
- Temiz enerji yatırımlarında artış,
- Temiz enerji inovasyonunda büyük atılımlar,
- Fosil yakıtlardan hızlı bir şekilde uzaklaşma,
- Enerji sisteminin çekirdeği olarak elektrik,
- Yeni düşük emisyonlu endüstrilerin gelişmesi,
- Temiz bir enerji dünyası.

39. Financial Times, (2021)
40. International Energy Agency (IEA), (2021). Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector
41. World Steel Association, (2021). Climate change and the production of iron and steel
42. International Energy Agency (IEA), (May 2021). Flagship Report - Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector.

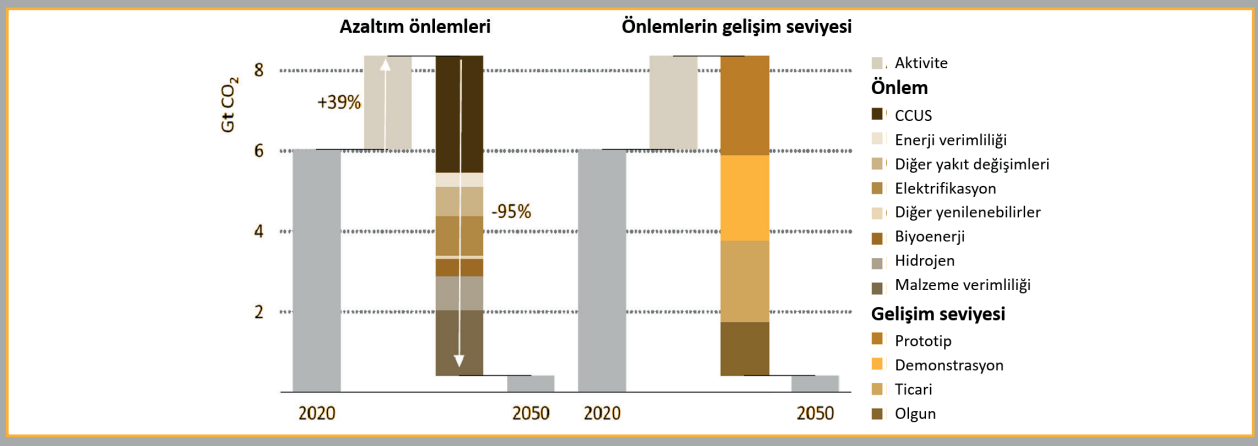
Rapor ayrıca, küresel enerji sistemlerinde tam bir dönüşümü göz önünde bulundurarak, en kritik sektör ve teknolojileri de şu şekilde sıralamaktadır:

- Yenilenebilir kaynaklar,
- Enerji Verimliliği,
- Elektrifikasyon,
- Biyoenerji,
- Karbon yakalama, kullanma ve depolama (CCUS),
- Hidrojen ve hidrojen bazlı yakıtlar,
- Davranış değişiklikleri.

Bu genel hedefin bir parçası olarak demir ve çelik endüstrisindeki emisyonların düşüş oranı da 2020-2030 ve 2020-2050 dönemleri için sırasıyla %2,7'den %7,6'ya önemli ölçüde iyileştirilmelidir.

IEA'ya göre, endüstriyel enerji tüketiminin yaklaşık %60'ı ve endüstriyel CO_2 emisyonunun ise yaklaşık %70'i çelik, çimento ve kimyasallar olmak üzere üç ağır endüstriden kaynaklanmaktadır. Üretim süreçleri, ağırlıklı olarak gelişmekte olan ülkelerde yer aldığından (toplam üretimin yaklaşık %70-90'ı), Net-Sıfır Emisyon (NZE) Senaryosu kapsamında bu ülkelerdeki azaltım önlemleri açısından önemli fırsatların da altı çizilmektedir.[43] Örneğin, 2050'ye kadar yükselen piyasalar ve gelişmekte olan ekonomiler tarafından malzemeçimento ve çelik endüstrisi için CO_2 emisyonlarını yaklaşık %85 oranında azaltması beklenmektedir.

Rapor ayrıca, NZE kapsamında ağır sanayilerin CO_2 emisyonlarını 2030 yılına kadar %20 ve 2050 yılına kadar %93 oranında azaltması gerektiğini vurgulamaktadır. Azaltım önlemleri açısından, IEA'nın esas olarak CCUS teknolojilerine ve malzeme verimliliğine odaklandığı görülmektedir. Bu teknolojilerin yaklaşık %60'ının prototip veya demonstrasyon aşamasında olduğu tespitinden yola çıkılarak, ağır sanayinin düşük karbon patikasına geçebilmesi için halen önemli ölçüde teknoloji ve Ar-Ge (Araştırma Geliştirme) yatırımına ihtiyaç duyduğu söylenebilir (Şekil 13).



Şekil 13. Ağır sanayide küresel CO_2 emisyonları ile NZE'de azaltım önlemleri ve teknoloji olgunluğu kategorisine göre azaltım değerleri Kaynak: International Energy Agency

43. A.g.e.

Çelik endüstrisinin düşük karbona geçiş yolları için başka bir bakış açısı Avrupa Çelik Birliği (EUROFER) tarafından kamuoyu ile paylaşılmıştır. AYM'yi iddialı iklim nötrlüğü hedefi açısından başarıya ulaştırmak için Avrupa, kıtanın yeşil geçişi kapsamında çelik endüstrisine öncelik vermiştir. AB çelik endüstrisinin emisyon azaltım hedeflerini karşılama yolunda ilerlemesini sağlamak için EUROFER'in yayımladığı politika belgesi (Çelikte Yeşil Mutabakat) emisyon azaltım çabalarını artırırken, AB çelik endüstrisinin toparlanması için net bir eylem planı ortaya koymuştur.[44] EUROFER';e göre AB çelik üretiminin CO_2 emisyonlarını 2030 yılına kadar 2018 emisyonlarına kıyasla %30 (veya 1990'a kıyasla yaklaşık %55) ve 2050 yılına kadar %80-95 oranında azaltabilecek yeni teknolojiler geliştirmesi, bu teknolojileri üst düzeye çıkararak ve kullanıma sunması mümkün görülmektedir.

Rapor ayrıca, başarılı bir Çelikte Yeşil Mutabakat için sekiz politika alanına da vurgu yapmaktadır:

1 **Adil Uluslararası Ticaret:** Uluslararası ticaretin, SKDM'in ana itici mekanizması olması, ticarette eşit ve adil şartlar sağlanabilmesi için etkili ve uygulanabilir küresel kurallara dayanması beklenmektedir.

2 **AB Ürün Politikası ve Döngüsel Ekonomi:** Yenilenmiş bir sürdürülebilir ürün politikası ve iyileştirilmiş bir hammadde politikasının, çelik yoluyla döngüsel ekonomiyi mümkün kılarken, toplumun sürdürülebilirliğine de katkıda bulunması beklenmektedir.

3 **Ar-Ge & İnovasyon:** İleri teknolojilerin, endüstriyel ölçekte yenilikçi teknolojilerin konuşlandırılması ve Temiz Çelik için bir Avrupa Ortaklığı ihtiyacı, Araştırma- Geliştirme & İnovasyon politikaları için kilit kilometre taşlarıdır.

4 **Çevre Politikası:** Sanayinin düşük karbon patikasında geçişi desteklemek için çevre politikalarının tutarlı, güncel, bilimsel kanıtlara dayalı ve verimli bir şekilde uygulanması gerekir.

5 **Enerji Politikası:** Düşük karbonlu veya karbon-nötr çelik dönüşümü için enerji gereksinimleri, altyapı yatırım planlaması ve AB enerji ağı için düzenleyici bir çerçeve vurgulanmaktadır.

6 **İklim Değişikliği Politikası:** Çelik sektörü en yüksek karbon kaçağı[45] riski altında olduğundan, dönüşüm boyunca ve sonrasında uluslararası rekabet gücünün garanti altına alınması gerekmektedir. Orta vadede düşük karbonlu ürünler için öncü pazarların yaratılmasıyla birlikte, kısa vadede karbon kaçağına yönelik önlemlerin iyileştirilmesi ve iklim değişikliği politikası çerçevesinde sağlanması için uzun vadede artırılmış tedbirlere ihtiyaç duyulmaktadır.

7 **Dönüşümün Finansmanı:** Düşük karbonlu bir gelecek bir dizi finansman mekanizması gerektirdiğinden, kamu finansmanına ek olarak özel sermayenin ulusal ve bölgesel düzeydeki mali destek programları ile birlikte harekete geçirilmesi gerekmektedir.

8 **Sürdürülebilir Finans Taksonomisi:** Sürdürülebilir finansmana erişim sağlanmalıdır. Ayrıca sınıflandırma düzenlemesi/teknik tarama kriterleri, birden çok değer zincirinde CO_2 azaltımı için bir kolaylaştırıcı niteliği açısından çeliği hesaba katmalıdır.

44. EUROFER, (2020). A Green Deal on Steel

45. Karbon kaçağı, sera gazı yayan endüstrilerin, karbon yoğun endüstrilere ilişkin daha sıkı standartların olduğu bir pazarın dışında, daha gevşek emisyon kontrollerinin olduğu bir pazara kaydırılmasıdır.

Diğer taraftan Dünya Çelik Birliği (WSA) ise, küresel bir bakış açısıyla endüstriyel ve sosyal geçişi sağlayacak üç ana unsura odaklanmaktadır. Bu unsurlar:

- Sektörel etkilerin azaltılmasında daha fazla sorumluluk almak,
- Döngüsel ekonomi kavramının temel ilkeleri olan yeniden kullanım, yeniden üretim ve geri dönüşümü daha geniş bir çerçevede teşvik etmek,
- Karbon nötr bir sosyal geçiş ve uyum süreci için gelişmiş çelik ürünleri üretirken, bu ürünler için yenilikçi çözümler sunmak.

2.3. Emisyon Azaltım Teknolojilerine Slternatif Yaklaşımlar

Yukarıda belirtildiği gibi, özellikle çelik, çimento ve kimyasallar gibi ağır endüstriler için emisyon azaltımı açısından birkaç alternatif teknoloji bulunmaktadır. Ancak, derin emisyon azaltım yaklaşımlarının çoğu bugünkü teknolojilerin ticari koşulları değerlendirildiğinde uygulanabilir görülmemektedir.

IEA, gelişmekte olan teknolojilerin üç aşamasını şu şekilde tanımlamaktadır:

1) demonstrasyon aşaması,

2) büyük ölçekli prototip aşaması,

3) küçük ölçekli prototip aşaması.

Çimento üretiminde CCUS gibi demonstrasyon aşamasındaki teknolojilerin önümüzdeki üç ila dört yıl içinde, büyük ölçekli prototip aşamasında olan hidrojen bazlı çelik üretiminin yaklaşık altı yıl içinde ticari hale gelmesi beklenmektedir. Ayrıca, küçük ölçekli prototip aşamasındaki çoğu teknolojinin önümüzdeki dokuz yıl içinde piyasaya ulaşacağı tahmin edilmektedir. [46]

Demir-çelik üretimine bakıldığında, malzeme ve enerji verimliliği önlemleri de dahil olmak üzere şu anda piyasada bulunan teknolojilerin, çelik üretiminde 2030 yılına kadar emisyon tasarrufunun yaklaşık %85'ini sağlayacağı öngörüler dahilindedir. Ayrıca, sektörde kömürden elektriğe geçişinin bir sonucu olarak demir-çelik endüstrisi için 2030'dan sonra radikal bir dönüşüm beklenmektedir. 2050 yılına kadar net-sıfır emisyona ulaşmak için (IEA'nın NZE senaryosu altında), kömürün çelik sektöründeki toplam enerji kullanımındaki payı, 2020'deki %75'ten 2050'ye kadar %22'ye düşmelidir. Bu nedenle, elektrik ve diğer fosil olmayan yakıtların 2050 yılına kadar sektördeki nihai enerji talebinin neredeyse %70'ini oluşturması gerekmektedir. IEA, bu dönüşümün ana itici gücü olacak üç teknolojiye dikkat çekmektedir: 1) hurda çelik bazlı EAF, 2) hidrojen bazlı doğrudan indirgenmiş demir (DRI) teknolojili tesisler, 3) demir cevheri elektrolizi ve yardımcı ekipmanların elektrifikasyonu. Bu değişimin aynı zamanda, demir ve çelik sektöründen kaynaklanan küresel CO_2 emisyonlarının NZE'de tahmin edildiği gibi, 2020'de 2,4 'den 2030'da 1,8 Gt'ye ve 2050'de 0,2 Gt'ye kadar kademeli olarak düşürmesi beklenmektedir. [47]

46. International Energy Agency (IEA), (2021). Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector.
47. A.g.e.

Çeliğin karbonsuzlaştırılmasında kullanılabiliecek alternatif teknolojilerin (hidrojen, biyokütle, sıfır karbonlu elektrik ve CCS) ekonomisi ve politik yapılabilirliği Columbia | SIPA – Küresel Enerji Politikaları Merkezi tarafından detaylı olarak değerlendirilmiştir.[48] Çalışma, incelenen teknoloji seçeneklerinin hepsinin farklı karbondan arındırma potansiyeli ve uygulama zorlukları olduğunun altını çizmektedir. Hidrojen enjeksiyonu yaklaşımı kapsamında BF-BOF için dekarbonizasyon potansiyelinin %20 ile sınırlı olduğu belirtilirken, maliyetlerin BF ile karşılaştırıldığında DRI teknolojisi için daha yüksek olduğu hesaplanmaktadır. Yenilenebilir elektriğe dayanan yeşil hidrojen teknolojisinin ise karbon yakalama temelli mavi hidrojene göre daha maliyetli olduğu ortaya konmuştur. Biyokütle ikamesi için ise ideal durum ile gerçekleşmeler arasındaki yüksek farktan kaynaklanan belirsizliğin sorun yarattığı belirtilmiştir. Rapor ayrıca, sıfır karbona geçiş için BF teknolojisinden DRI teknolojisine geçişle sektörde elektrifikasyona geçilebileceğini, ancak bu alternatifin de önemli miktarda bir sıfır karbonlu elektrik arzı gerektirdiğini vurgulamaktadır. AB çelik sektörü için yapılan bir çalışma, elektrifikasyonun en yükseğe eriştiği senaryoda, elektrik talebinin yıllık ek 710 TWh seviyesine eriştiğini hesaplamaktadır.[49] Bugün toplam sanayi faaliyeti kaynaklı elektrik talebinin 1.000 TWh seviyesinde bulunduğu düşünüldüğünde bu artışın ne denli yüksek olduğu anlaşılabilecektir.

Alternatif teknolojileri değerlendiren çalışmaların bulguları, demir ve çelik endüstrisinin derin karbonsuzlaştırılması için tüm ticari seçeneklerin kombinasyonlarının gerekli olduğuna işaret etmektedir. Farklı yaklaşımlar karşılaştırıldığında, hurda çelik kaynaklı EAF & DRI+EAF teknolojilerinin derin dekarbonizasyon potansiyelinin daha yüksek olduğu; karbon yakalama ve sıfır-karbonlu elektriğe geçişin diğer alternatiflere kıyasla daha düşük maliyetli seçenekler olarak öne çıktığı ancak tüm alternatif teknolojilerin üretimde ciddi maliyet artışlarına neden olacağı ortaya çıkmaktadır.

2.4. İyi Uygulama Örnekleri

Çelik sektöründe yeşil geçişin hız kazanması ve bir yarışa dönüşmesi nedeniyle, son dönemdeki küresel gelişmelere daha fazla dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, dünya çelik üreticilerinin emisyon azaltma projeleri ve iklim hedefleri için bir derleme sağlamak üzere Green Steel Tracker adlı açık kaynaklı bir platform kurulmuştur. Platformun amacı, Paris Anlaşması'nın hedefleri doğrultusunda iddialı iklim hedefleriyle bağlantılı olarak çelik endüstrisindeki düşük karbonlu yatırımlara ilişkin girişimleri takip etmek, küresel çelik üretim kapasiteleri ve yöntemleri hakkında veri ve bilgileri sağlamaktır. Haziran 2021 itibariyle veri setinin yakın zamanda güncellenen versiyonu, 17 ülkeden toplam 47 şirket bazlı çelik karbonsuzlaştırma projesini içermektedir. Araştırma ayrıca, belirtilen kuruluşların hem 2030 hem de 2050 için iklim hedefleri hakkında bilgi paylaşmaktadır.

48 Columbia | SIPA - The Center on Global Energy Policy, (2021). Low-Carbon Production of Iron&Steel: Technology Options, Economic Assessment, and Policy.

49. Material Economics (2019). Industrial Transformation 2050 - Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry.

Tüm projeler, projenin gerçekleştirilmesi için ihtiyaç duyulan yatırım tutarını beyan etmese de mevcut beyanlar çerçevesinde veriler 2030 yılına kadar toplam yatırım hacminin yaklaşık 50 milyar ABD doları olduğunu göstermektedir. Ülke sıralamasında Almanya 11 proje ile açık ara ilk sırada bulunurken, ikinci sırada İsveç 6 proje ve üçüncü sırada Çin, Fransa ve Hollanda'dan her biri 4'er proje ile bulunmaktadır. Bu sıralama, AB'yi çeliğin karbonsuzlaşması yönünde yürütülen projeler açısından baskın bir bölge olarak işaret etmektedir.

Yürütülen projelerin teknoloji dağılımı incelendiğinde, demir cevherinin hidrojen bazlı doğrudan indirgenmesine yönelik açık bir eğilim gözlenmektedir. Ayrıca, üretim sürecini önce kömürden doğal gaz bazlı demir cevherinin doğrudan indirgenmesine ve daha sonra hidrojen bazlı olana dönüştüren birçok proje olduğu da görülmektedir. Yüksek fırınla birlikte uygulanması planlanan CCS/CCUS teknolojileri kullanan sadece iki proje bulunurken, diğer projeler doğrudan elektroliz, eritme indirgeme, elektrokazanma ve biyoenerji gibi teknolojileri kapsamaktadır.

İyi uygulama örneklerine bakıldığında umut verici sonuçların alınmaya başladığı da görülmektedir. 2016 yılında lansmanı yapılan ve 2021 yılında dünyanın ilk kömürsüz "yeşil çeliğini" üreterek otomotiv endüstrisine girdi sağlayan İsveç'in Hibrit Projesi (Hybrit Project), kurumsal taahhütler açısından önemli ve öncül bir örnektir. Ortak bir girişim olan Hibrit Projesi, fosilsiz pelet, fosilsiz elektrik ve hidrojen ile tamamen fosilsiz bir değer zinciri oluşturmayı öngörmektedir. Projenin sağlayacağı potansiyel ile karbondioksit emisyonlarında İsveç'te en az %10 ve Finlandiya'da %7 oranında bir azalma sağlanacağının da altı çizilmektedir.[50]

Şirket bazında benzer bir duyuru ise Avustralyalı bir çelik devi olan Bluescope tarafından 17 Ağustos 2021 tarihinde yapılmıştır. Ancak, net-sıfır hedeflerine ulaşmak için çelik üretim süreçlerinde rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir kaynakların kullanımını arttırmak yerine, yeşil hidrojen gibi daha uzun vadede ekonomik olabilecek çözümlere odaklanacağını açıklanması projenin emisyon azaltım potansiyeli konusunda tartışmalara neden olmuştur. Büyük ekonomiler iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında daha iddialı azaltım hedefleri için yeni taahhütler belirlemelerine rağmen, Avustralya'nın 2030 yılına kadar karbon emisyonlarını 2005 seviyelerinin %26-28 altına düşürme vaadinde herhangi bir güncelleme gerçekleştirmediği düşünüldüğünde, Bluescope'un hedefinin Avustralya hükümetinin durumunu iyileştirecek bir hedef olmadığı değerlendirilmektedir.[51]

ABD'deki çelik üretiminde EAF'lerin yüksek payı, 2019'da üretilen toplam çeliğin %70'ini oluşturduğundan,[52] dünya ortalaması olan %30'luk pay ile kıyaslandığında ülkede karbon emisyon yoğunluğu ciddi oranda daha düşük bir seviyede bulunmakta ve bu

50. HYBRIT, (2021). News
51. Institute for Energy Economics and Financial Analysis, (2021). Australian steel giant Bluescope announces net zero emissions goal
52. Recycling Today, (2020). The growth of EAF steelmaking

durum Amerikan üreticilerine küresel pazarda rekabetçi bir avantaj sağlamaktadır.[53] Bu açıdan bakıldığında, Türkiye çelik sektörü ABD çelik sektörüne oldukça benzemektedir. EAF teknolojisi, çeliği karbondan arındırmanın en basit yolu olsa da, çelik endüstrisinden kaynaklanan tüm emisyonları sıfırlamak için hala yeni teknolojilerin geliştirilmesine, elektrik arzının karbonsuzlaştırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, Amerikalı üreticiler, US Steel Corporation'ın 2050 yılına kadar karbon nötrlüğü sağlayabilmek için agresif azaltma hedefleri belirlemeye devam etmektedir.[54] Ayrıca, ülkenin finans kurumlarının da çelik sektörü için iklim uyumlu bir finans anlaşması geliştirerek, Amerikan çelik endüstrisini teşvik ettiği bilinmektedir.[55]

Bu örneklere ek olarak, hükümet ve/veya sektör birlikleri seviyesinde karbonsuzlaşma girişimlerine de rastlanmaktadır. Mart 2020'de hem Kanada hükümeti hem de Kanada Çelik Üreticileri Birliği (CSPA) tarafından açıklanan, 2050 yılına kadar net-sıfır karbon emisyonuna ulaşma hedefi bu tipte girişimlere örnek olarak verilebilir. Burada, CSPA tarafından sera gazlarının azaltılması için ortaya konulan beş temel aşama aşağıdaki gibidir:[56]

- Ortaklıklar ve araştırma işbirlikleri oluşturmak,
- Çığır açan temiz teknolojiler ve yenilikçi ürünler geliştirmek ve benimsemek,
- Son teknoloji üretim yoluyla operasyonel mükemmelliği desteklemek,
- Kanada çeliğinin yurt içi kullanımı dengelemek ve karbon avantajlarını desteklemek,
- Sürdürülebilirlik, enerji yönetimi ve çevresel en iyi uygulamalarda küresel liderler arasında yer almak.

Bir diğer örnek ise Güney Kore hükümeti tarafından kurulan ve 2050 yılına kadar çelik endüstrisinde karbon nötrlüğünü sağlamayı hedefleyen akademi-sanayi-kamu katılımcılarından oluşan bir komitedir. Güney Kore, teknolojik inovasyon ve yatırım yoluyla endüstriyel dönüşüme izin veren ve beş kilit alana odaklanan bir eylem planı tasarlamaktadır. Bu kilit alanlar şu şekilde sıralanmaktadır:

- Sanayi dönüşümü için bir konsept ve strateji geliştirilmesi,
- Sanayinin yapısını hızlı bir şekilde değiştirmeyi sağlayacak özel kanun ve düzenlemelerin devreye alınması,
- Özel sektör tarafından yürütülecek Ar-Ge faaliyetleri,
- Mevcut kısıtların ortadan kaldırılmasıyla sağlanacak maliyet düşüşleri.[57]

53. Hasanbeigi, A. and Springer, C. Global Efficiency Intelligence, (2019). How Clean is the US Steel Industry? An International Benchmarking of Energy and CO_2 Intensities
54. The United States Steel Corporation, (2021). United States Steel Corporation Announces Goal to Achieve Carbon Neutrality by 2050
55. Bloomberg Green, (2021). American Steel Still Not Clean Enough Say Industry's Top Lenders
56. Canadian Steel Producers Association, (2020). Climate + Energy
57. Green Steel, (2021). The South Korean Government established a Committee for Green Metallurgy Development.

BÖLÜM 3:
TÜRKİYE ÇELİK SEKTÖRÜNDE EMİSYONLAR ve KARBON MALİYETİ

Türkiye'de çelik sektöründeki düşük karbon tartışmalarına geçmeden önce, bu bölümde genel emisyon eğilimlerine daha derin bir bakış sunulmakta ve endüstriyel üretimdeki eğilimlerle karşılaştırmalı olarak özel bir pencereden odaklanılmaktadır.

Bununla birlikte, AYM'nin bir parçası olarak uygulanacak Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması'nın (SKDM) olası etkileri ve geçiş sürecindeki muhtemel rolü de bu bölümde tartışılmaktadır. Bu analiz kapsamında ayrıca, bireysel üretim birimlerine ilişkin bilgiler de sunulmaktadır. Ayrıca, SKDM'nin öngördüğü maliyetler, Türk çelik sektörünün emisyon seviyeleri dikkate alınarak değerlendirilecektir.

3.1. Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM) ve Türkiye Çelik Sektörü

Önceki bölümde de anlatıldığı üzere çelik endüstrisi son on yılda enerji verimliliğinde önemli mesafeler kat etmiş olsa da Paris Anlaşması'nda taahhüt edilen ulusal, bölgesel ve küresel emisyon azaltım seviyelerine ulaşabilmek için yeni teknolojilerin tasarımına ve uygulanmasına hala ihtiyaç duymaktadır.[58] Düşük karbonlu ekonomiye geçişe yönelik girişimler küresel olarak artmakta ve bu eğilimde AB kilit bir rol üstlenmektedir.

AYM gündemi, Türkiye'nin son zamanlarda çelik endüstrisi de dahil olmak üzere sektörel karbonsuzlaşma stratejilerine ilişkin algısında önemli bir rol oynamaktadır. Çelik sektörü, 2020 yılında toplam ihracattaki %5'lik payı ve yaklaşık 9 milyar ABD doları ihracat değeri ile Türkiye'nin ihracat sepetindeki önemli sektörlerden biri konumundadır. Türkiye'nin ana ticaret partneri AB'ye gerçekleştirilen 2,7 milyar ABD dolarlık ihracat, Türkiye'nin toplam çelik ihracatının %31'ini ifade etmektedir.[59] Demir-çelik ve mamul eşyalar (sırasıyla 72 ve 73 sayılı Harmonize Sistem Kodlarında listelenen emtialar) birlikte ele alındığında AB'ye toplam ihracatın tutarı 5,5 milyar ABD doları olmakta ve Türkiye'nin söz konusu ürünlerdeki ihracatının %36'sını oluşturmaktadır.

Türkiye'nin AB'ye çelik ihracatının 10 yıllık eğilimine bakıldığında, AB'nin payında son üç yılda büyük bir sıçrama olduğu görülmektedir. AB'nin Türkiye çelik ihracatındaki payı 2018 yılına kadar ortalama %18'de kalırken, 2018-2020 yılları arasında, pandeminin olumsuz etkisine rağmen, ortalama %37'lik pay ile net bir hakimiyet ortaya çıkmıştır. Benzer bir durum, AB'nin çelik ithalatında Türkiye'nin aldığı payda da görülmektedir. 2018 yılına kadar ortalama %5 civarında olan AB'nin Türkiye kaynaklı çelik ithalatı, 2018-2020 döneminde ortalama %11'e yükselmiştir .

Bu karşılıklı ticari bağımlılık dikkate alındığında, bir pazardaki herhangi bir köklü değişikliğin diğerine doğrudan ve güçlü bir şekilde yansıma eğiliminde olduğu söylenebilir. Bu tipte bir değişikliğe örnek olarak yakın bir zamanda açıklanan AYM verilebilir. Önceki bölümlerde de ifade edildiği gibi 2019'da duyurulan AYM ile AB, 2050 yılına kadar net-sıfır emisyona ulaşılması gibi iddialı iklim hedeflerini gerçekleştirebilmek için bazı sera gazı azaltım mekanizmalarını uygulamaya koymayı taahhüt etmiştir. AB'nin ana ticaret ortaklarıyla yakından ilişkili olan bu mekanizmalardan biri de Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması'dır (SKDM).

SKDM ile ilgili yasal düzenleme önerisi 14 Temmuz 2021 tarihi itibariyle Avrupa Komisyonu tarafından kamuoyu ile paylaşılmıştır. Bu yönetmelikte genel bir amaç olarak SKDM, karbon kaçağını hedef alarak hem AB'de hem de ticaret ortaklarında sera gazı emisyonlarını azaltmak yoluyla iklim değişikliğine odaklanan bir araç olarak tanımlanmıştır. Bu kapsayıcı amaç, aynı zamanda yasal düzenleme metninin birkaç özel

58. OECD, (2015). Greening Steel: Innovation for Climate Change Mitigation in the Steel Sector; International Energy Agency, (2021). Net Zero by 2050; McKinsey & Company, (2020). Decarbonization challenge for steel; The European Steel Association (EUROFER), (2019). Low Carbon Raodmap: Pathways to a CO_2-neutral European Steel Industry

59. UN, (2021). Comtrade Database

hedefinde de aşağıdaki şekilde açıklığa kavuşturulmuştur: [60]

i. AB'nin artan iddiası altında karbon kaçağı riskini ele almak.

ii. Düşük veya sıfır karbon teknolojilerine yapılan yatırımlar için istikrarlı ve güvenli bir politika çerçevesinin sağlanmasına katkıda bulunmak.

iii. Yerli üretim ve ithalatın benzer düzeyde karbon fiyatlandırmasına tabi olmasını sağlamak.

iv. AB'ye ihracat yapan üçüncü ülkelerdeki üreticileri, düşük karbon teknolojilerini benimsemeye teşvik etmek.

v. Önlemin etkili olmasını sağlamak, atlatılma riskini en aza indirmek, böylece çevresel bütünlüğü sağlamak.

vi. Tedbirin uygulanmtasında işletmeler ve kamu kurumları için orantılı bir idari yük sağlamak.

Karbon kaçağı riskini önlemek için SKDM, ürünün emisyon içeriğine bağlı olarak, seçili ürünlerin AB ithalatında bir ithalat vergisi (karbon sınır vergisi) öngörmektedir. Fiyat, ilgili haftanın AB Emisyon Ticaret Sistemi (EU ETS) fiyatı ile kaynak ülkede ödenen herhangi bir karbon fiyatı (bir karbon vergisi veya ulusal/bölgesel ETS aracılığıyla) arasındaki farka bakılarak hesaplanacaktır. Uygulamada, SKDM ithalatçılar tarafından sertifika satın alınmasına dayandığından, mekanizma bir anlamda EU ETS'yi yansıtacaktır. [61]

Sektörel kapsam açısından ise, mekanizma ilk olarak demir-çelik, çimento, gübre ve alüminyum gibi karbon kaçağı riski yüksek dört temel ürün ile elektrik üretimi sektörlerine uygulanacaktır (Tablo 8). AB, SKDM'yi AB ETS'ye entegre bir süreç olarak öngördüğünden, dikkat edilmesi gereken bu seçim, AB ETS'nin kapsadığı sektörler ve emisyonlar tarafından ana hatlarıyla belirtilmiştir.

Sektör	Ürün
Çimento	Klinker, Portland çimentosu
Demir & Çelik	Demir ve çelik birincil formları Sıcak haddelenmiş ve sonraki adımlar Kaplamalı sıcak haddelenmiş ve sonraki adımlar Dövme, haddelenmiş ve tel
Alüminyum	İşlenmemiş alüminyum İşlenmemiş alaşımlı alüminyum Alüminyum ürünler Alaşımlı alüminyum ürünler
Gübre	Amonyak Üre Nitrik asit AN (Amonyum Nitrat)
Elektrik üretimi	Elektrik

Tablo 8. SKDM kapsamındaki sektörlerin ve ürünlerin listesi

Kaynak: European Commission

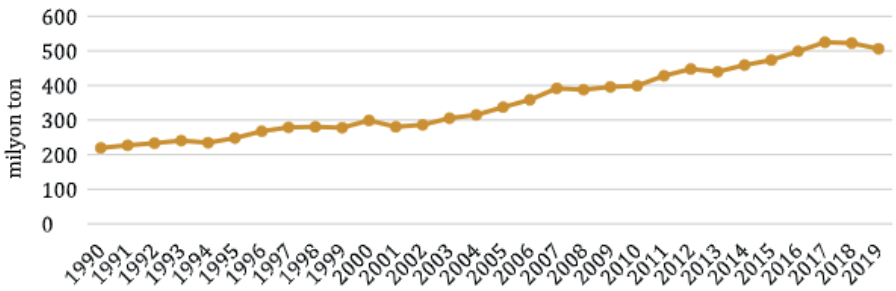
60. European Commission, (2021). Proposal for a Regulation of The European Parliament and of The Council: establishing a carbon border adjustment mechanism

61. European Commission, (2021). Carbon Border Adjustment Mechanism: Questions and Answers

Bu sektörler arasında demir-çelik sektörü, AB'deki toplam endüstriyel emisyonların %27'sini oluşturan en yüksek emisyona sahip sektör olarak dikkat çekmektedir. Öte yandan, SKDM sektörleri tüm endüstriyel emisyonların yaklaşık %55'ine tekabül etmekte ve elektrik üretimi ile birlikte 2020'de toplam CO_2 eşdeğeri emisyonların neredeyse %40'ını oluşturmaktadır.[62] AB'nin en büyük ikinci çelik ithalatçısı olduğu göz önüne alındığında, SKDM'nin yürürlüğe girmesinin, önceliklendirilmiş malları AB'ye ihraç eden ülkeler üzerinde önemli bir etkisi olması beklenmektedir.

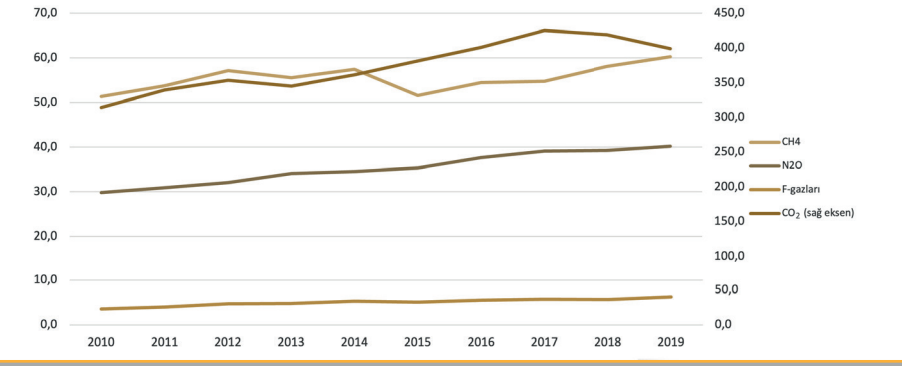
3.2. Türkiye Çelik Sektörü Emisyonlarına Genel Bir Bakış

Son iki yılda toplam sera gazı emisyonlarında yavaşlama eğilimi olmasına rağmen, 2019 yılı itibariyle Türkiye'nin sera gazı emisyonları 1990 seviyelerinin 2,3 katı seviyesinde bulunmaktadır (Şekil 14).



Şekil 14. Sera gazı emisyonları (CO_2 eşdeğeri) (1990 – 2019) Kaynak: TÜİK

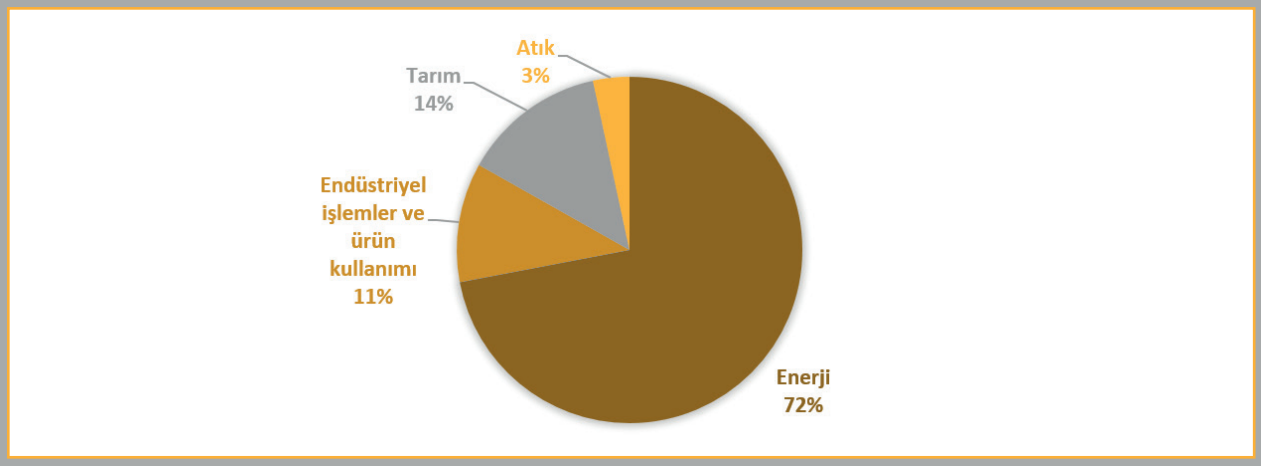
Türkiye'nin sera gazı emisyonlarının 10 yıllık trendi göz önüne alındığında, her bir gazda ayrı ayrı genel bir artış eğilimi görülmektedir. Toplam sera gazı içindeki en büyük pay ortalama %80 ile CO_2'ye aittir (Şekil 15). CO_2 emisyonlarının aynı zamanda enerji sektörü sera gazı emisyonlarının %96'sını temsil ettiği de bilinmektedir.[63] Her ne kadar son 2 yılda CO_2 emisyonlarında düşüş izlense de 2010-2019 yılları arasında CO_2 emisyonları %27'lik bir artış göstererek, 399 bin tona kadar yükselmiştir.



Şekil 15. Kaynaklarına Göre Toplam Sera Gazı Salımı (Milyon ton CO_2 eşdeğeri, 2010- 2019) Kaynak: TÜİK

62. European Commission, (2021). Towards Competitive and Clean European Steel.
63. EUROSTAT (2019)

Toplam emisyonların sektörel dağılımına bakıldığında, %72 ile en büyük pay enerji sektörüne ait olup, bunu sırasıyla tarım, endüstriyel süreçler ve ürün kullanımı ve atık sektörleri izlemektedir (Şekil 16). Enerji sektörüne ait emisyonlar elektrik üretimi ve sanayide enerji kullanımı gibi geniş yelpazede bir enerji talebinden kaynaklanan emisyonları ifade etmektedir. Bu resim, genel emisyonlar hakkında bilgi veriyor olsa da SKDM bağlamında endüstriyel emisyonların alt kırılımlarına bakılması gerektiğinden, sadece proses emisyonları değil, aynı zamanda sektörlerin elektrik tüketimleri de dikkate alınmalıdır.



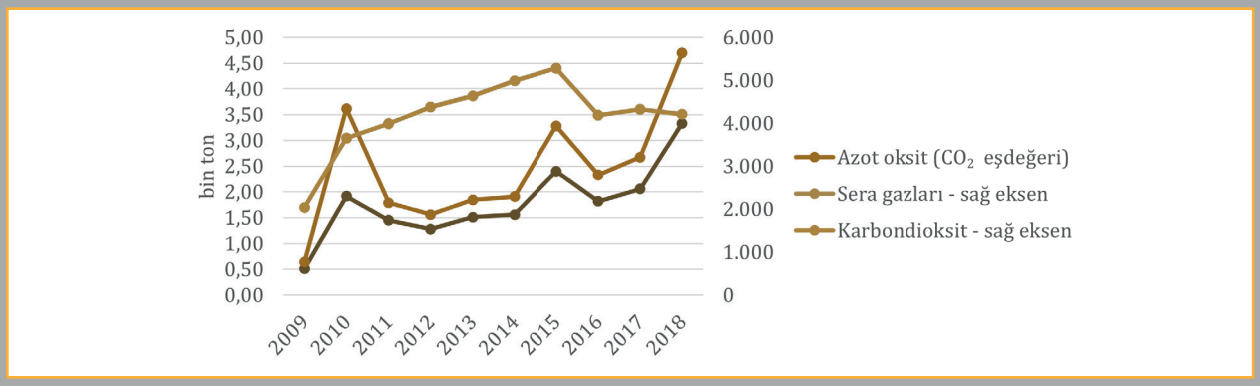
Şekil 16. Sektörlere göre sera gazı emisyonları (CO_2 eşdeğeri) (2019) Kaynak: TÜİK

CO_2, Türkiye'nin toplam sera gazı emisyonlarının yaklaşık %80,5'ini oluştururken, bir alt sektör olarak metal üretimi de yalnızca proses emisyonları açısından ele alındığında toplam CO_2 emisyonlarının %3,04'ünden sorumlu durumdadır.[64] Üretim süreçlerinden kaynaklanan yüksek CO_2 emisyonlarının (Kapsam 1 emisyonları) yanı sıra, sektörün fosil yakıt yoğun elektrik talebinden kaynaklanan Kapsam 2 emisyonları da yükseliştedir. Ayrıca, demir-çelik ve mamül ürün üretim faaliyetlerinin sanayide kullanılan toplam elektriğin %10'unu, kok kömürünün %98'ini ve taşkömürünün %17'sini kapsadığı bilinmektedir.[65] Ayrıca, demir-çelik üretimi aynı yıl toplam doğal gaz tüketiminin %5'inden sorumlu durumdadır.

Demir ve çelik üretiminde yakıt yanmasından kaynaklanan toplam sera gazı, 2018 yılı itibariyle 4.215 bin tondur ve bunun neredeyse tamamı (%99'u) 4.207 bin ton değerindeki CO_2 emisyonlarından kaynaklanmaktadır (Şekil 17). 2016 yılında CO_2 emisyonlarında %20 civarında keskin bir düşüş olmasına rağmen, Türkiye demir-çelik sektörünün sera gazı emisyon hacmi yıllar içinde artarak 2009-2018 yılları arasında ikiye katlanmıştır.

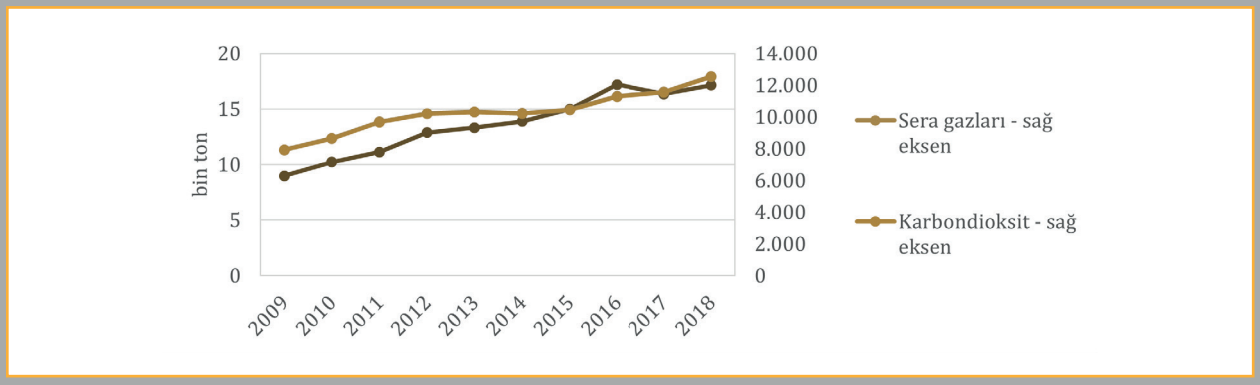
64. TÜİK, (2020). Data Portal for Statistics

65. T.C. Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, (2020). 2019 Yılı Genel Enerji Denge Tablosu



Şekil 17. Demir-çelik üretiminde yakıt yanması kaynaklı seragazı salımı (2009-2018) Kaynak: EUROSTAT

Demir-çelik sektörünün üretim kaynaklı sera gazı emisyon değerleri de tıpkı yakıtın yanması sonucu oluşan emisyonlar gibi yıllar itibariyle artış göstermiştir (Şekil 18). 2009-2018 yılları arasında CO_2 emisyonlarında yaklaşık %60'lık bir artış, doğal olarak sektörün toplam sera gazı emisyonlarına da yansımakta ve yakıt yanmasına bağlı emisyon eğilimi ile birlikte Türkiye'de demir-çelik üretim kapasitesinin yıllar içerisindeki gelişimine eşlik etmiştir.

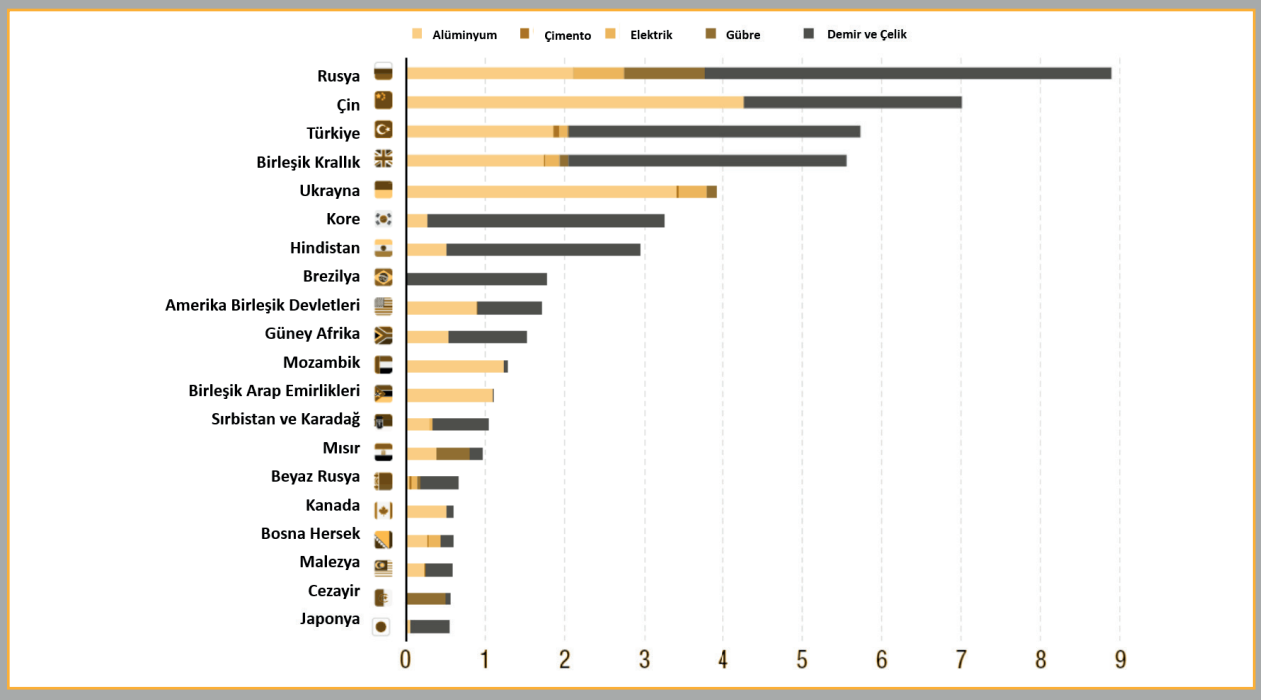


Şekil 18. Demir-çelik üretimi kaynaklı seragazı salımı (2009-2018) Kaynak: EUROSTAT

3.3. Türkiye Çelik Sektörünün Toplam Karbon Maliyeti

SKDM'nin sektörel önceliklendirmesi ışığında mevcut ticaret akışlarının ilk analizi, AB ile ticareti yapılan mallar üzerinde ek karbon maliyeti gelmesi durumunda belli ülkelerin bu riske en çok maruz kalacaklarını göstermektedir. UNCTAD'a göre,[66] seçilen SKDM sektörlerinde AB'ye yapılan ihracatın 2019 değerleri göz önüne alındığında, Rusya, Çin ve Türkiye en çok etkilenmesi beklenen ekonomiler olarak belirlenmiştir. Türkiye, genel sıralamada Çin'in ardında konumlanmasına rağmen, sektörel riskler, özellikle de demir-çelik sektörü özelinde değerlendirildiğinde, Türkiye'nin daha riskli konumu göze çarpmaktadır (Şekil 19). Alternatif bir raporda ise, çelik sektörü özelinde üretim süreçlerindeki daha yüksek emisyon yoğunluğu nedeniyle Çin ve Rusya'nın ticari rekabet gücü açısından SKDM'den daha fazla etkileneceğinin altı çizilirken, EAF teknolojisine dayalı düşük karbonlu üretim süreçleri nedeniyle Türkiye ve Hindistan'ın daha cazip hale geleceğine vurgu yapılmaktadır.[67]

Bu nedenle, Türk çelik sektörünün yakın gelecekte karşı karşıya kalacağı tahmini karbon maliyetlerinin ayrıntılı olarak tartışılması ve incelenmesi hayati önem taşımaktadır.



Şekil 19. Toplam İhracat Değeri Açısından En Çok Etkilenen 20 Ülke (milyar ABD $) Kaynak: UNCTAD

66. UNCTAD, (2021). A European Union Carbon Border Adjustment Mechanism: Implications for developing countries

67. Boston Consulting Group (BCG), (2020). How an EU Carbon Border Tax Could Jolt World Trade

Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği (TÜSİAD) tarafından Eylül 2020'de yayınlanan rapor[68] ise Türkiye'nin AB'ye ihracatının başta toplam karbon maliyetleri olmak üzere artan maliyetlerden etkileneceğini ortaya koymaktadır. Ton başına emisyonların 30-Euro ve 50-Euro olarak fiyatlandırıldığı iki farklı senaryo, Türkiye'nin AB'ye yaptığı ticaretin tamamı üzerinden hesaplanacak toplam karbon maliyetinin sırasıyla 1.085 milyon Euro ile 1.809 milyon Euro arasında olabileceğini hesaplamaktadır.

EU ETS fiyatının şu anda bulunduğu yer (60 Euro civarı) ve SKDM'nin sınırdaki karbon fiyatını güncel EU ETS fiyatlarına dayandıracağı düşünüldüğünde, en yüksek senaryonun bile düşük kalabileceği tahmin edilmektedir. Bu maliyetler, SKDM öncelikli ürünlere odaklanmadan, Türkiye'nin AB'ye toplam ihracatına dahil edilen Kapsam 1 ve Kapsam 2 emisyonları üzerinden hesaplanmaktadır. Dolayısıyla SKDM, ticareti yapılan tüm malları kapsayacak şekilde genişletilirse, Türkiye'nin karşılaşabileceği muhtemel toplam karbon maliyeti için bir fikir verebilir.

Sektörel dağılım dikkate alındığında ise, 30-Euro senaryosu kapsamında demir-çelik sektörünün toplam karbon maliyetinin doğrudan (Kapsam 1) emisyonlar için 52,5 milyon Euro ve dolaylı (Kapsam 2) emisyonlar için 66,2 milyon Euro olmak üzere toplamda 118,7 milyon Euro olacağı tahmin edilmektedir. 50-Euro'luk senaryoda ise, toplam karbon maliyetinin doğrudan (Kapsam 1) emisyonlar için 88 milyon Euro ve dolaylı (Kapsam2) emisyonlar için 110 milyon Euro olmak üzere toplamda 198 milyon Euro'ya yükseleceği tahmin edilmektedir. Türkiye'nin ihracat dağılımı ve sektörel karbon verimliliği dikkate alındığında ayrıca, Türkiye demir-çelik sektörünün AB ile ihracatta karşılaşabileceği olası gelir kayıplarının, yine ton başına 30-Euro veya 50-Euro karbon fiyatına bağlı olarak, ihracat gelirlerinin %1,7'si ile %2,8'i arasında değişeceği hesaplanmaktadır.

SKDM'nin öncelikli ürünlerine odaklanan daha yakın tarihli bir çalışma ise İklim Değişikliği ve Sürdürülebilir Dönüşüm Avrupa Yuvarlak Masası (ERCST) tarafından yürütülmüş ve çalışmanın öncül sonuçları Temmuz 2021'de kamuoyu ile paylaşılmıştır.[69] Çalışma, elektrik, çimento, alüminyum ve çelik gibi ilgili sektörler için altı farklı senaryo altında Türk ihracatçılarına getirilecek ek yükü tahmin etmektedir. Altı senaryonun her biri için sonuçlar, yalnızca doğrudan (Kapsam 1) emisyonlar ile Kapsam 1 ve Kapsam 2 emisyonların toplamı için sunulmaktadır. Çelik endüstrisi için ilk sonuçlar, Türkiye'den yapılan çelik ihracatına yönelik SKDM maliyetinin 216,7 milyon Euro ile 346,4 milyon Euro arasında değişeceğini göstermektedir. Ayrıca, SKDM maliyetinin cari fiyatlara oranı olarak hesaplanan rekabet gücü kayıpları, seçilen senaryoya bağlı olarak %2-%6,6 arasındadır. En kötü senaryoda ise, seçilen ürünler doğrultusunda Türk ihracatçısının 589 milyon Euro'luk bir SKDM faturası ile karşı karşıya kalabileceği, SKDM ödemelerinin ise Türkiye'nin 2023 yılı için tahmini GSYH'sinin %0,07'sine tekabül edeceği hesaplanmıştır.

68. TÜSİAD, (2020). Ekonomik Göstergeler Merceğinden Yeni İklim Rejimi Raporu.

69. The European Roundtable on Climate Change and Sustainable Transition (ERCST), (2021). Implications of EU Carbon Border Adjustment Mechanism for Turkey - draft results.

BÖLÜM 4:
TÜRKİYE'DE ÇELİK SEKTÖRÜNÜN DÜŞÜK KARBONA GEÇİŞİNE DÖNÜK YAKLAŞIMLAR

Türkiye'de faaliyet gösteren çelik endüstrisinin düşük karbona geçiş vizyonuna odaklanan bu bölümün temel amacı, sektördeki uluslararası düşük karbon eğilimlerini yakalama konusundaki tartışmaları değerlendirmektir.

Daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi, demir-çelik sektörü, sadece ticaret hacmi nedeniyle değil, aynı zamanda Türkiye'nin büyümesini teşvik eden inşaat ve ticarette rekabetçi otomotiv endüstrisi de dahil olmak üzere çok çeşitli sektörlere girdi sağlaması nedeniyle, Türkiye ekonomisinin önde gelen sektörlerinden biridir.

Türkiye çelik sektörü, 2021 yılının ilk altı ayını önemli bir üretim ve ihracat artışıyla tamamlamıştır. Ancak ihracattaki artışın, ithalattaki artışın gerisinde kaldığı görülmektedir.

2020 yılında pandeminin etkisiyle azalan küresel çelik tüketiminin 2021 yılının ilk yarısında %14,4 oranında artması, küresel piyasalarda çelik ürün fiyatlarında da ciddi artışlara yol açmıştır. Yılın ikinci yarısından itibaren Türkiye'deki üretim, tüketim ve dış ticaret dengelerinin kademeli olarak iyileşmesi beklenmektedir. Ayrıca, yeni kapasitelerin devreye girmesiyle birlikte, ithalatın ikame edilmesi ve ihracat kapasitesini desteklemesi beklenen yassı ürünlerde üretim fazlası olması beklenmektedir. Bu kapasiteyi sürdürülebilir bir şekilde arttırmak ve aynı zamanda mevcut kapasiteyi rekabetçi bir şekilde yönetmek için, özellikle AYM çerçevesinde önemli bir bileşen olan ve çelik üretim süreçlerini doğrudan etkileme potansiyeli barındıran SKDM olmak üzere, son dönemdeki diğer düşük karbona geçiş eğilimlerini dikkate almak gerekmektedir.

4.1. Türkiye Çelik Sektöründeki Kilit Aktörlerin Üretim Çeşitliliği

Türkiye'nin ilk entegre demir çelik-tesisi 1937 yılında Karabük'te Karabük Demir Çelik (Kardemir) adıyla kurulmuştur. İlk özel ark ocağı tesisi olan Metas 1960 yılında 20 bin ton kapasite ile üretime geçmiş; 1965 yılında ise, Ereğli Demir Çelik (Erdemir) 470 bin ton üretim kapasitesi ile yassı mamul üretimine başlamıştır. Çelik üreticileri arasında, Ereğli Demir Çelik ve İskenderun Demir Çelik, Türkiye'nin ilk 500 Büyük Sanayi Kuruluşu sıralaması olan ISO 500 2020'de ilk on fabrikada yer almaktadır (Tablo 9). Aynı listenin ilk 20'sinde toplam beş çelik üreticisi bulunmaktadır.[69] Bu durum da demir-çelik sektörünün Türkiye ekonomisi için önemini bir kez daha ortaya koymaktadır.

Kuruluş Adı	Bölge	Ham Çelik Üretim Kapasitesi (bin ton/yıl)	Çelik Üretim Yöntemi	ISO 5000 Sıralaması (2020)
İSKENDERUN DEMİR VE ÇELİK FABRİKALARI T.A.Ş.	Hatay	5,800	BF, BOF	10
HABAŞ	İzmir	4,500	EAF	
EREĞLİ DEMİR VE ÇELİK FABRİKALARI T.A.Ş.	Zonguldak	4,000	BF, BOF	9
KARDEMİR KARABÜK DEMİR ÇELİK SAN. VE T.A.Ş.	Karabük	3,500	BF, BOF	25
ÇOLAKOĞLU METALURJİ	Kocaeli	3,200	EAF	13
İÇDAŞ ÇELİK ENERJİ TERSANE VE ULAŞIM SAN.A.Ş.	Çanakkale	2,500	EAF	12
MMK METALURJİ SAN.TİC. VE LİMAN İŞLT. A.Ş.	Kocaeli	2,500	EAF	59
TOSÇELİK PROFİL VE SAC END. A.Ş.	Hatay	2,500	EAF	16
TOSÇELİK PROFİL VE SAC END. A.Ş.	Osmaniye	2,500	EAF	
BAŞTUĞ METALURJİ SAN.A.Ş.	Osmaniye	2,000	EAF	43
EGE ÇELİK ENDÜSTRİSİ SAN. VE TİC. A.Ş.	İzmir	2,000	EAF	281
KROMAN ÇELİK SANAYİ A.Ş.	Kocaeli	2,000	EAF	52
KAPTAN DEMİR ÇELİK END. ve TİC. A.Ş.	Tekirdağ	1,400	EAF	68
İZMİR DEMİR ÇELİK SANAYİ A.Ş.	İzmir	1,320	EAF	47
DİLER DEMİR ÇELİK ENDÜSTRİSİ VE TİCARET A.Ş.	Kocaeli	1,300	EAF	45
YEŞİLYURT DEMİR ÇELİK END. VE LİMAN İŞL.LTD.ŞTİ.	Samsun	1,300	EAF	87
EKİNCİLER DEMİR VE ÇELİK SANAYİ A.Ş.	Hatay	1,250	EAF	118
KOÇ METALURJİ A.Ş.	Osmaniye	1,200	EAF	106
ÖZKAN DEMİR ÇELİK SANAYİ A.Ş.	İzmir	1,200	EAF	
MESCİER DEMİR ÇELİK SAN. VE TİC. A.Ş.	Bartın	1,000	EAF	131
YAZICI DEMİR ÇELİK SAN. ve TURİZM TİC. A.Ş.	Hatay	1,000	EAF	62

Tablo 9. Türkiye'deki Çelik Fabrikalarının ISO 500 Sıralamasındaki Yeri Kaynak: İstanbul Sanayi Odası

70. İstanbul Sanayi Odası, (2021), ISO 500 2020.

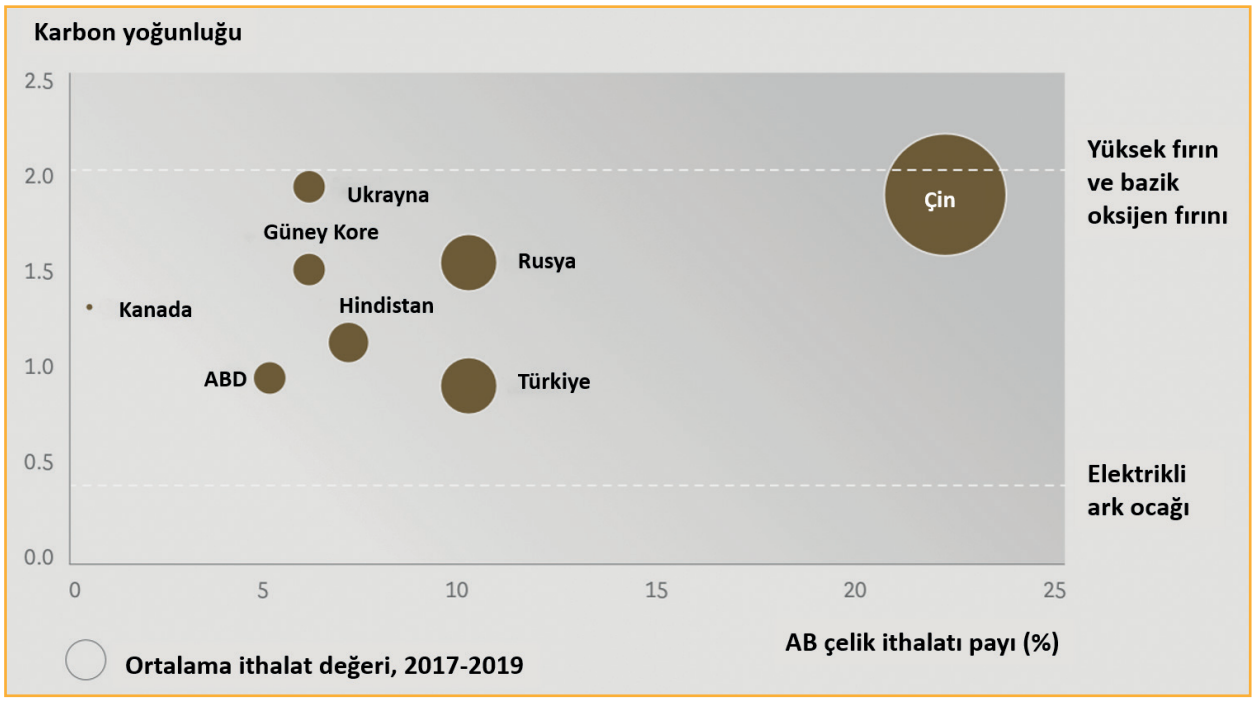
Türkiye çelik sektörünün üretim rotalarına bakılacak olursa, dünyada daha yaygın olarak kullanılan BOF yönteminin, şu anda Türkiye'nin en büyük 3 demir-çelik fabrikasında (Erdemir, Kardemir ve İsdemir) kullanıldığı görülmektedir. 2019 yılı itibari ile demir cevherinden üretim yapan 3 adet BOF tesisi ve hurdadan üretim yapan 32 adet IF ve EAF tesisi bulunmaktadır. 35 ham çelik üreticisinden 25'inin elektrik ark ocağı, 7'sinin endüksiyon ocağı ve 3'ünün yüksek fırını bulunmaktadır.

Kapasiteler, üretim miktarları ve kapasite kullanım oranlarına ilişkin bilgiler dikkate alındığında, 2019 yılındaki üretim kapasitesi EAF'li tesislerde 37,1 milyon ton, BOF'li tesislerde 12,4 milyon ton olmak üzere toplam 49,5 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (Tablo 10). Türkiye'de faaliyet gösteren demir-çelik fabrikalarında, entegre BOF teknolojisine sahip demir-çelik üretim tesislerinin kapasite kullanım oranlarının EAF teknolojili tesislerdekine göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
EAF+IF	37.689	38.663	38.739	39.256	38.940	39.484	37.098
BOF	11.550	11.550	11.700	12.250	12.250	12.400	12.400
Total	49.239	50.213	50.439	51.506	51.190	51.884	49.498

Tablo 10. Teknolojiye Göre Türkiye Ham Çelik Üretim Kapasitesi (1.000 ton) Kaynak: T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı

Türkiye çelik sektöründe EAF+IF üretim teknolojilerinin nispeten yüksek payı dikkate alındığında, SKDM kaynaklı muhtemel karbon maliyetleri açısından Türkiye'nin AB pazarındaki rakiplerine göre avantajlı bir konumda olduğu görülmektedir. AB'nin en büyük 5 çelik ihracatçısı listesinde Türkiye, diğer dört pazar olan Rusya, Ukrayna, Çin ve Güney Kore'ye kıyasla en düşük karbon yoğunluğunu kaydederken, emsallerinin karbon yoğunluğunun neredeyse yarısına sahip durumdadır (Şekil 20). Karbon yoğunluğu ABD ile hemen hemen aynı olmasına rağmen, Türkiye'nin AB pazarına erişim açısından coğrafi avantajı, çelik ihracatındaki toplam karbon ayak izini göreceli olarak düşürmektedir. Dolayısıyla bu genel çerçeve, Türkiye çelik sektörü için oldukça umut verici bir tablo ortaya koymaktadır. Ancak, en büyük 3 üreticinin BOF yoluyla çelik ürettiği göz önüne alınırsa, Türkiye için düşük karbonlu çelik üretimine geçiş stratejisinin mevcut görünümde dahi ele alınmasının gerekliliği göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 20. AB'nin en büyük çelik ticaret ortaklarının karbon yoğunluğu Kaynak: BCG Analysis

4.2. Türkiye Çelik Sektöründeki Kilit Aktörlere Göre Emisyon Azaltım Projeleri

Çelik sektörünün CO_2 emisyonlarını azaltmak için dünya çapında gerçekleştirilen teknoloji geliştirme faaliyetleri Türkiye'de faaliyet gösteren çelik üreticileri de tarafından da yakından takip edilmektedir. Kaynak verimliliğini arttırmaya ve emisyonları sınırlamaya yönelik çok sayıda Ar-Ge projesinin yürütüldüğü raporlanmaktadır. 2019 yılı itibari ile metal sektöründe genel olarak 42 Ar-Ge merkezi ve 10 sektörel tasarım merkezi bulunmaktadır.[71] Karabük Üniversitesi Demir Çelik Enstitüsü, Atılım Üniversitesi Metal Şekillendirme Mükemmeliyet Merkezi ve İstanbul Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi bünyesindeki Alüminyum Test ve Araştırma Merkezi (ALUTEAM), çelik sektörünün Ar-Ge projeleri konusunda çalışan aktif bilgi ortaklarıdır.

2 bin ton/yılın üzerinde üretim kapasitesine sahip 11 üreticinin tamamı,[72] kendi kaynak verimliliği politikaları doğrultusunda CO_2 emisyonlarının azaltılmasına yönelik farklı çevresel ve sosyal sorumluluk projeleri yürütmektedir. Bu üreticilerden sadece 3 tanesinin GRI formatında sürdürülebilirlik raporu bulunmaktadır. Bu sayı az olsa da söz konusu üç üreticinin tamamı BOF metodunu kullanan üreticiler olduğu için, Türkiye çelik endüstrisindeki süreç emisyonları açısından raporlarından önemli bilgiler elde etmek mümkündür.

71. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, (2020). Demir Çelik Sektör Raporu.
72. Bu üreticiler Kardemir, Erdemir, İsdemir, Baştuğ Metalurji, Tosçelik, MMK, Habaş, Ege Çelik, İçdaş, Çolakoğlu and Kroman Çelik'dir.

Kardemir

Türkiye'nin ilk entegre demir-çelik üreticisi olan Kardemir, sektörün en önemli aktörlerinden biridir. Sürdürülebilirlik açısından yürüttükleri faaliyetlerde su kullanımı, katı atıklar, sera gazı ve baca gazı emisyonlarının yönetimine odaklanmaktadırlar.

Kardemir, iklim risk yönetimi kapasitesini geliştirmeyi ve iklim ve çevre politikalarına ilişkin şirket stratejisini, uygulamalarını ve performansını değerlendirmeyi amaçlayan Karbon Saydamlık Projesi'nin (Carbon Disclosure Project - CDP) gönüllü katılımcıları arasındadır. Kardemir'in, son on yılda bu tür projeler için yaklaşık 100 milyon dolarlık yatırım yaptığı bilinmektedir. Ayrıca atık yönetimi, atık su yönetimi, baca gazı emisyon yönetimi, hava kalitesi emisyon yönetimi, kimyasal yönetimi, çevre eğitimleri ve ISO 14001 çevre yönetim sistemi faaliyetleri kapsamında da çeşitli projeleri bulunmaktadır. Bu projeler sonucunda ise:

- İş gücü başına üretilen ham çelik oranı 2019 yılına göre %9,7 artırıldığı
- Sera gazı emisyon yoğunluğu 2020'de 2,4 CO_2e/tondan 2,3 CO_2e/tona düşürüldüğü
- Üretilen ham çelik ton başına enerji tüketimi %3,3 azaltıldığı
- 959 TJ enerji verimliliği sağlandığı
- 136.276 tonluk emisyon azaltımına ulaşıldığı
- 585M m^3 su geri kazanımı sağlandığı ifade edilmektedir.

2020 yılında Kardemir'in üretiminde 4 milyon ton cevher ve 1,9 milyon ton kömür kullanılırken, bu faaliyetler sonucunda 6 milyon ton CO_2 sera gazı açığa çıkmıştır. Aynı yılda 381 bin ton hammadde ise geri dönüştürülmüştür. Ayrıca, sinter tesislerinde yaklaşık %80 oranında yüksek kükürt içeren yerli cevher kullanıldığından, tesisin baca gazı kaynaklı SO_2 salımının yönetmelikler doğrultusunda belirlenen üst sınırı aşmaması için 2019 yılında MEROS sistemi devreye alındığı raporlanmaktadır. Bu sisteme göre, sinter baca gazındaki SO_2 ve ağır metaller tesis yasal sınırları içinde tutulmaktadır.

OYAK Maden Metalurji A.Ş. - OYAK Grubu

OYAK Maden Metalürji'nin ana şirketi olan Erdemir, 1960 yılında Türkiye'nin ilk yassı çelik üreticisi olarak kurulmuştur. Erdemir tesislerinde levha, sıcak ve soğuk haddelenmiş, kalay, krom ve çinko kaplı yassı çelik üretilmektedir. Erdemir ayrıca, 2014 yılında Türk çelik sektörünün ilk Ar-Ge Merkezi'ni de kurmuştur. Sıcak ürün ve süreçleri, soğuk ürün ve süreçleri, çelik üretim ve döküm teknolojileri ile hammadde ve demir üretimi olmak üzere dört ana kategoride gruplanan Ar-Ge Merkezi'nde, 2020 yılı sonu itibarıyla 35 proje tamamlanmış, 48 proje ise hala devam etmektedir. Ar-Ge Merkezi'nde 33 araştırmacı, 19 teknisyen ve 6 kişilik destek ekibi olmak üzere toplam 58 kişi istihdam edilmektedir.

İsdemir ise, OYAK Maden Metalurji Grubu bünyesindeki bir diğer şirkettir. 3,5 milyon ton/yıl sıcak haddeleme kapasitesi ile Türkiye'nin hem uzun hem de yassı ürün üreten en büyük demir-çelik tesisidir. İsdemir, ticaret sistemi ve karbon vergileri gibi karbon fiyatlandırma mekanizmaları üzerinde çalışan Karbon Piyasası Hazırlık Ortaklığı (Carbon Market Readiness Partnership - PMR) programı kapsamında aktif rol almıştır. Ayrıca, Ar-Ge Merkezi öncülüğünde kurulan Emisyonlar ve Katı Atık Araştırma Platformu'nda (EMKAR) emisyonların azaltılmasına yönelik yeniliklerin incelenmesi ve etkin bir şekilde uygulanması için çalışmalar sürdürülmektedir. İsdemir, fosil yakıt (kömür) tüketimini azaltmak için üretim süreçlerinde biyokütle kullanımına yönelik çalışmalara devam ederken, demir ve karbonlu atıkların geri kazanılması ile birincil hammadde tüketiminin azaltılması ve dolaylı olarak emisyonların azaltılmasına yönelik çalışmalar da yürütmektedir.

ISO 50001 Uluslararası Enerji Yönetim Sistemi belgesine sahip olan Erdemir ve İsdemir ile Erdemir'in Romanya tesisleri kendi elektriğini üretmektedir.[73]

T.C. Çevre,Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yürütülen Sıfır Atık Yönetmeliği kapsamında:

Erdemir'de;

- **108 ton atık kağıt** toplandığı, **1.840 ağacın** kesilmesinin engellendiği
- **168 ton atık plastiğin** toplanarak **437.466 litre yağ** kullanımının engellendiği
- **23 ton cam ve 76 ton demir** dışı metal toplandığı
- **126,72 ton hammadde** tasarrufu sağlandığı
- **3.030 m ^{3} su** tasarrufu sağlandığı
- **1.462.204 kWh enerji** tasarrufu sağlandığı

73. OYAK Maden Metalurji A.Ş. - OYAK Grubu, (2021).

İsdemir'de;

242 ton atık kağıt, 242 ton atık plastik ve 7 ton camın toplanarak **4.117,74 ağacın** kesilmesinin engellendiği

6.782,16 m^3 su tasarrufu sağlandığı

2.391.153,3 kWh enerji tasarrufu sağlandığı raporlanmıştır.

Çevre ve iklim etkilerinin azaltılmasına yönelik alınan sürdürülebilirlik önlemlerinin tamamlayıcısı olarak OYAK Grubu tarafından, iklim değişikliğinin üretim süreçlerine etkisini en aza indirecek eylem planları da hazırlanmaktadır. OYAK Grubu ayrıca, operasyonlarda ve tedarik zincirlerinde yaşanabilecek aksaklıklar ve karbon maliyeti yükü ile başa çıkabilmek için mevzuat değişiklikleri ile uyumlu farklı strateji tasarımları üzerine de çalışmaktadır.

4.3. Türkiye Çelik Sektöründe Sivil Toplum Kuruluşları

Çelik üreticileri daha iyi bir iklim ve çevre stratejisi için bireysel önlemler alırken, dönüşümün uluslararası rekabet boyutunu da göz önünde bulundurarak sektörel kuruluşlar da strateji tasarım sürecine dahil olmaktadır. Sektör birliklerinin ortak amacı, sektördeki mevcut yetenekleri geliştirmek ve Türk firmalarının küresel pazardaki rekabet gücünü arttırmaktır. Artık, küresel rekabet gücü yüksek oranda ve doğrudan uygulanmakta olan düşük karbon stratejileri ile ilişkili olduğundan, sektörel kuruluşlar da bu tür stratejilerin tartışılmasında ve AYM kapsamındaki SKDM gibi uluslararası düzenlemelere göre Türkiye'nin çelik üreticilerinin pozisyonunun belirlenmesinde daha aktif rol almaktadır.

Küresel çelik sektörünün düşük karbon stratejisi ve olası SKDM benzeri ticaret önlemlerine karşı pozisyon alabilmek için hurda bazlı EAF rotasına geçişi doğrultusunda Türkiye çelik sektörü paydaşları, orta vadede küresel bir hurda çelik kıtlığı beklemektedir. Bu nedenle, yakın gelecekte beklenen kapasite ilaveleri EAF ve/veya hidrojen enjeksiyonlu DRI-EAF teknolojileri kapsamında planlanmaktadır. IEA'nın 2050 yılına kadar net-sıfır hedefini de değerlendiren sektör birlikleri, çelik sektörünün karbonsuzlaşmasının Karbon Yakalama, Kullanma ve Depolama (CCUS) eknolojilerine olan bağımlılığına dikkat çekmektedir. IEA'nın da belirttiği gibi, çelik üretimi için geçerli olan bu tür teknolojilerin hala demonstrasyon aşamasında olduğu göz önüne alındığında, Türkiye çelik endüstrisi CCUS teknolojilerinin uygulanması için 2030'dan ziyade 2050'yi daha gerçekçi bir hedef olarak kabul etmektedir. Bu nedenle, beklenenden daha erken bir CCUS teknolojisi atılımı olmadıkça, Türkiye çelik sektörünün 2050 yılından önce karbondan arındırılması hedefinin pek de gerçekçi olmadığı değerlendirilmektedir.

BÖLÜM 5:
DEĞERLENDİRME

Küresel ekonominin temel yapı taşı olan çelik endüstrisi, düşük karbonlu ekonomiye geçiş ve daha iddialı olan net-sıfır patikalarının netleşmeye başladığı son yıllarda dönüşümün odağındaki sektörlerden biri durumundadır. 2020 yılında ortaya çıkan ve etkilerini hala hissettiğimiz COVID-19 salgını sırasında durağan bir seyir izlemiş olan çelik üretiminin, salgın sonrası beklenen genel toparlanma eğilimi ve destek mekanizmaları ile çelik talep eden sektörlerde artması beklenen ekonomik aktivite ile yeniden artış eğilimine geçmesi beklenmektedir. Artan üretim, dünya ortalamasına göre fosil yakıta bağımlı teknolojilerin ağırlıklı olduğu ve küresel emisyonların %7-9'undan sorumlu olan sektörde emisyonların yeniden artışı anlamına gelmektedir. Çelik üretiminin yaklaşık olarak %60'ından sorumlu olan Çin, üretiminin %77'sini fosil yakıt kaynaklı BOF yoluyla gerçekleştirdiğinden, çelik kaynaklı küresel emisyonların önemli bir kısmından tek başına sorumlu görülmektedir. Dünya ortalamasında ise BOF kaynaklı üretim %70 civarındadır. En büyük üreticiler arasında 4. sırada bulunan ABD ile 7.sırada bulunan Türkiye'nin hurda çeliğe dayalı EAF üretim kapasitesinin ağırlıklı olması (sırasıyla, %70 ve %75) küresel görünümde BOF teknolojisinin ağırlığını dengelemektedir.

Çelik üretiminde en büyükler içinde yer almıyor olsa da Avrupa Birliği'nin yüksek ticaret hacmi, özellikle Birlik ile ticari ilişkiler içinde olan, yakın coğrafyadaki ülkeler açısından önemli bir rol oynamaktadır. Birlik çelik üretiminin %60'ı BOF yoluyla gerçekleşirken, 2019 yılında açıklanan ve AB'yi 2050 itibarıyla karbon nötr ilk kıta haline getirme hedefini taşıyan Yeşil Mutabakatın diğer karbon yoğun sektörlerde olduğu gibi çelik sanayiinde dönüşümü önceliklendiren kurgusu, Türkiye'nin de çelik üretiminde düşük karbonlu yaklaşımların çok daha hızlı bir şekilde değerlendirilmesine neden olmuştur.

Türkiye ve AB pazarları çelik ticareti açısından birbirine bağımlı bir yapı sergilemektedir. Türkiye'nin çelik ihracat pazarları arasında AB ülkelerinin payı son yıllarda %40'a kadar yükselmiştir. Söz konusu seviye yalnızca 10 yıl içerisinde AB'nin payının iki katına çıkması anlamına gelirken, AB'nin Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması gibi ihraç ürünlerinin karbon içeriği üzerinden maliyetlendirilmesini amaçlayan düzenlemelerin Türkiye'de faaliyet gösteren çelik üreticilerini de doğrudan etkilemesine neden olmaktadır. Türkiye'nin AB çelik ithalatındaki %12'lik, çelik ihracatındaki %20'lik payı ise AB-Türkiye arasındaki çelik ticaretinin karşılıklı bağımlılığını göstermektedir.

Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın düzenleme çerçevesini oluşturan 55'e Uyum paketi içerisinde Birliğin 2030 yılı itibarıyla emisyonlarını 1990 seviyesinin %55 altında getirmesini sağlayacak bir dizi öneri sunulmuştur.

Bu hedefle uyumlu olarak Birliğin çelik sektörü üreticilerinin çatı örgütü EUROFER de 2030 itibarıyla çelik üretiminden kaynaklı emisyonları %55 oranında azaltım hedefi açıklamıştır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) hesaplamalarına göre ise yüzyıl ortası itibarıyla küresel net-sıfır emisyon hedeflerine ulaşılabilmesi için 2020-2050 döneminde demir-çelik sanayi kaynaklı emsiyonların yıllık ortalama %7,6 oranında düşmesi gerekmektedir.

Söz konusu emisyon azaltım seviyelerinin yakalanabilmesi için uygulanması öngörülen teknolojilerin önemli bir oranının (%60) halen prototip veya demonstrasyon aşamasında olması, sektörlerde teknoloji ve Ar-Ge yatırımlarının önemine dikkat çekmektedir.

Hali hazırda geri dönüşüm oranları oldukça yüksek (%80-90) olan çelik sektöründe, çelik ayrıştırma süreçlerinin iyileştirilmesi yoluyla kullanılan hurda çeliğin saflığını artırmak ve hurda çeliğin kaliteli ikincil el çelik dönüşüm oranını artırmak mümkün görülmektedir.[74, 75] Ancak bu iyileştirmeden beklenen katkı sınırlı kalmaktadır. Sektörde derin karbonsuzlaşmanın başarılabilmesi için elektrifikasyona geçiş ise üretim teknolojilerinde köklü bir değişimi ve elektrik sektörü dahil olmak üzere, enerji kaynaklarında önemli ölçüde karbonsuzlaşma öngörmektedir. Mevcut yakıt karışımına hidrojen enjeksiyonu uygulamasının sınırlı uygulama kapasitesi, karbon yakalama teknolojilerinin henüz ticari bir şekilde piyasaya arz edilemiyor olması fosil yakıt temelli yaklaşımların kısıtlarını oluşturmaktadır.

74. Material Economics, (2019). Industrial Transformation 2050 - Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry.

75. Wyns et. al., (2019), Industrial Transformation 2050 – Towards an Industrial Strategy for a Climate Neutral Europe, IES.

Sıfır karbona geçiş için elektrifikasyonun artırılması (BF teknolojisinden DRI teknolojisine geçiş) sektörün elektrik talebini önemli ölçüde artıracak, bu elektriğin yenilenebilir kaynaklardan sağlanması için gerekli yatırımların yapılması gerekecektir. Bu hedeflerin yaratacağı mali yükün çelik üretiminde %20-30 oranında maliyet artışına neden olacağı hesaplanmaktadır.[76]

Muhtemel maliyet artışlarına rağmen çelik sektöründe karbonsuzlaşmaya ilişkin girişimler gerek özel sektör gerekse hükümetler seviyesinde devam etmektedir. 2016 yılında, dünyanın ilk kömürsüz yeşil çeliğini üretmek amacıyla başlatılmış olan Hibrit Projesi'nin 2021 yılında ilk yeşil çeliği müşterisine ulaştırmış olması umut verici gelişmeler arasındadır.

Küresel karbonsuzlaşma gündemi ve çelik endüstrisindeki gelişmeler Türkiye'de faaliyet gösteren çelik üreticileri tarafından da yakından takip edilmektedir. Burada özellikle Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın bir parçası olarak ele alınan ve çelik sektörünü de öncelikli sektörler arasında sıralamış olan Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizmasının etkisinin yüksek olduğu görülmektedir. AB'nin Türkiye açısından önemli bir ticaret partneri olması, Türkiye'nin Birlik tarafından ele alınan düzenlemelerden de doğrudan etkilenmesine neden olmaktadır. Toplam etkilere bakıldığında Türkiye, Rusya ve Çin'in ardından SKDM'den en çok etkilenmesi beklenen üçüncü ülke durumundayken, demir-çelik sektörü özelinde bakıldığında riskinin Çin'den daha yüksek olduğu görülmektedir. Karbon maliyetinin €50 olduğu ve üretim kaynaklı tüm emisyonların (Kapsam 1 ve 2) fiyatlandırıldığı varsayımı altında Türkiye'nin AB'ye demir-çelik ihracatının yıllık ek €200 milyon maliyetle karşılaşabileceği hesaplanırken bu maliyetin sektörün ihracat gelirinin %2,8'ine eriştiği görülmektedir. SKDM karbon fiyatının, mekanizmanın uygulamaya konmasından itibaren haftalık AB-ETS sisteminde oluşacak güncel fiyatlarla belirleneceği ve mevcut fiyatların €80 civarında olduğu düşünüldüğünde karbon maliyetinin tahmin edilenden daha yüksek olabileceği öngörülmektedir.

Söz konusu muhtemel karbon maliyetleri Türkiye'de çelik üreten ve AB'ye ihraç eden yatırımcıların üretimlerinin karbon içeriğini düşürmeye iterken, dönüşümün maliyeti de diğer bir kısıt olarak öne çıkmaktadır. Hali hazırda sürdürülebilirlik konusunda önemli yatırımlar yapmış, proses kaynaklı emisyonlarını düşürmeye yönelik Ar-Ge yatırımlarına kaynak ayırmış ve Türkiye'de bir karbon piyasası kurulmasına yönelik olarak yürütülmüş olan Karbon Piyasası Hazırlık Ortaklığı projesinde aktif katılım göstermiş olan çelik sektörü önümüzdeki dönemde hızlanması beklenen sektörel dönüşüm tartışmalarına katkı sağlayacak durumda görülmektedir.

76. Material Economics, (2019). Industrial Transformation 2050 - Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry.



Sürdürülebilir Ekonomi ve Finans Araştırmaları Derneği (SEFiA)

Şubat 2022 | www.sefia.org