

Türkiye Çeliğinin Karbon Yolculuğu

Üretim, Tüketim ve Ticaret Bağlantıları

Yönetici Özeti

sefia.org

SEFiA
Sürdürülebilir Ekonomi ve Finans Araştırmaları Derneği

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.

YAZARLAR

Ayşe Ceren Sarı, Araştırma Direktörü
m: ayse@sefia.org

Cankut Kaan Bolat, Kıdemli Araştırmacı
m: kaan@sefia.org

Yayımlanma Tarihi: Kasım 2026
Tasarım: T. Algüz Duransoy & Civic Space Media

/sefiaorg

İçindekiler

Yönetici Özeti 03

Türkiye'nin çelik üretiminin karbon ayak izi nerede oluşuyor? 08

Türkiye'de üretilen çelik hangi talebe hizmet ediyor? 11

Türkiye'nin çelik tüketim ayak izi hangi üretim kaynaklarına dayanıyor? 14

İthal çelik Türkiye'nin üretim ve ihracatına nasıl katılıyor? 16

Üretim ve tüketim arasındaki asimetri ve net karbon ticaret dengesi ne gösteriyor? 19

Bu bulgular hangi karbonsuzlaşma önceliklerine işaret ediyor? 21

Kaynaklar 23

YÖNETİCİ ÖZETİ

Çelik sektörlerinin karbonsuzlaştırılması, enerji dönüşümü ile sanayi ve ticaret politikalarının kesiştiği başlıca alanlardan biridir. Çelik üretiminde kullanılan enerji ve hammaddelerin yanı sıra çeliğin inşaat, otomotiv ve makine gibi sektörlerde kullanılması dönüşümün etkilerini üretim tesislerinin ötesine taşımaktadır. Bu nedenle çeliğin karbon ayak izini anlamak, üretim süreçleriyle birlikte tedarik zincirlerinin, uluslararası ticaretin ve nihai talebin de değerlendirilmesini gerektirmektedir.

Küresel üretim zincirleri ve çeliğe gömülü emisyonlar

Küresel üretimin farklı ülkelere yayılan değer zincirleri içinde gerçekleşmesi, sanayi ürünlerinin karbon ayak izinin üretimin gerçekleştiği tesisin ve ülkenin ötesinde değerlendirilmesini gerektirmektedir. Hammaddeler, ara girdiler ve nihai ürünler farklı ekonomilerdeki üretim süreçlerinden geçerek uluslararası ticarete konu olmaktadır. OECD'ye göre küresel değer zincirleri uluslararası ticaretin yaklaşık %70'ini oluşturmaktadır (OECD, 2026). Bu yapı, bir ülkede üretilen veya tüketilen ürünlerle bağlantılı emisyonların farklı ekonomilerde ortaya çıkmasına yol açmaktadır.

Üretim ile tüketimin farklı coğrafyalarda gerçekleşmesi, iklim politikalarında ürünlere ve ticarete gömülü emisyonların önemini artırmaktadır. **Gömülü emisyon, bir ürünün fiziksel emisyon içeriğini değil üretimiyle doğrudan ve dolaylı olarak bağlantılı emisyonları ifade etmektedir.** Bu emisyonlar üretimin yapıldığı tesiste oluşabildiği gibi kullanılan elektrik, yakıt, hammadde ve diğer ara girdilerin üretim zincirlerinden de kaynaklanabilmektedir. Ürünlerin ticareti ise farklı ekonomilerde oluşan bu emisyonlarla üretimin hizmet ettiği nihai talep arasında bağlantı kurmaktadır.

İklim ve ticaret politikaları arasındaki ilişki, karbon yoğun ürünlerin uluslararası ticaretine yönelik düzenlemelerle de güçlenmektedir. Avrupa Birliği'nin (AB) Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM), belirli karbon yoğun ürünlerin ithalatında düzenleme kapsamında hesaplanan gömülü emisyonları AB'deki karbon fiyatıyla ilişkilendirmektedir. Demir-çelik ürünlerini de kapsayan mekanizmanın kesin uygulama döneminin 2026'da başlamasıyla ürün düzeyinde emisyon bilgisi, üretim koşulları ve karbon maliyetleri uluslararası ticaret açısından daha görünür hâle gelmiştir (Avrupa Komisyonu, t.y.). Bunun yanında düşük karbonlu malzemelere yönelik talep, tedarik zinciri izlenebilirliği ve ürün karbon standartları da sanayi dönüşümünün giderek daha önemli bileşenleri arasında yer almaktadır.

Çelik, üretimindeki enerji ve hammadde kullanımı kadar çok sayıda sektörün üretim zincirine girmesi nedeniyle bu dönüşümün merkezinde yer almaktadır. Çelik bir ülkede üretilip doğrudan ihraç edilebildiği gibi başka bir ülkede otomobil, makine veya fabrikasyon metal ürünlerine dönüştürülerek farklı pazarların nihai talebine de ulaşabilmektedir. Dolayısıyla çelikle bağlantılı karbon ticareti doğrudan demir-çelik ürünlerinin ticaretinden daha geniş bir alanı kapsamaktadır. Elektrik ve yakıt tedariki, hammadde ve ara girdiler, çelik kullanan sektörler ve nihai talebin bulunduğu ekonomiler de çeliğin karbon ayak izinin anlaşılmasında rol oynamaktadır.

Türkiye'nin çelik değer zincirlerindeki konumu ve dönüşüm ihtiyacı

Türkiye, dünyanın önde gelen çelik üreticilerinden biri olmasının yanı sıra küresel çelik değer zincirleriyle ithalat, ihracat ve ara girdi kullanımı üzerinden güçlü biçimde bütünleşmiş bir ekonomidir. Türkiye'de üretilen çelik hem doğrudan hem de diğer sanayi ürünlerine gömülü biçimde ihraç edilmektedir. İthal çelik ise yurt içi tüketimin yanında Türkiye'deki üretimi ve ihracatı da beslemektedir. Bu nedenle Türkiye'nin çelik sektörlerinin dönüşümü, yerli tesislerin teknolojik performansıyla birlikte enerji arzını, uluslararası girdi tedarikini ve çelik kullanan sektörlerin kararlarını da ilgilendirmektedir.

AB ile sanayi ticaretinin yoğunluğu ve demir-çeliğin SKDM kapsamında yer alması, Türkiye'deki çelik üretiminin karbon performansını ve üretim zincirlerine ilişkin bilgi ihtiyacını daha da önemli hale getirmektedir. Bununla birlikte çelik kaynaklı gömülü emisyonlar yalnızca doğrudan AB'ye ihraç edilen çelik ürünleriyle sınırlı değildir. Çelik kullanan sektörlerin ticareti ve ithal girdilerin Türkiye'deki üretimde kullanılması, çeliğin karbon bağlantılarını daha geniş bir ekonomik ve coğrafi alana taşımaktadır.

Türkiye'de Emisyon Ticaret Sistemi'nin (ETS) uygulama çerçevesinin oluşturulması, çelik sektörlerinin karbonsuzlaşmasını yurt içi iklim politikaları açısından da yeni bir aşamaya taşımaktadır. 2025 yılında yürürlüğe giren İklim Kanunu'nun ardından Türkiye ETS Yönetmeliği 27 Ağustos 2026'da yayımlanmış ve sistemin pilot uygulamasına ilişkin usul ve esaslar belirlenmiştir. Pilot dönem 2026 ve 2027 yılı emisyonlarını kapsamakta ve belirlenen eşiklerin üzerindeki demir-çelik tesislerini de içermektedir. 2026 yılı için esas olarak raporlama yükümlülükleri öngörülürken 2027 yılı emisyonlarına karşılık gelen tahsisat teslim yükümlülüğü 2028 yılında yerine getirilecektir (İklim Değişikliği Başkanlığı, 2026a, 2026b).

Türkiye ETS piyasasının işletilmesine ilişkin yönetmeliğin 21 Ekim 2026'da yayımlanmasıyla tahsisat piyasası ve işlem kayıt sistemine yönelik kurallar da düzenlenmiştir (EPDK, 2026). Türkiye ETS'si ile SKDM farklı düzenleme alanları üzerinden çelik üretiminin karbon performansına ilişkin bilginin önemini artırmaktadır. Türkiye ETS'si kapsama giren yurt içi tesislerin emisyonlarına odaklanırken SKDM, AB'ye ithal edilen belirli ürünlerin düzenleme kapsamında tanımlanan gömülü emisyonlarını ele almaktadır.

Türkiye'nin çelik sektörlerindeki dönüşüm ihtiyacı, üretim tesislerinin ötesine uzanan enerji, tedarik ve ticaret bağlantılarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Tesislerdeki doğrudan emisyonlar çelik üretiminin önemli bir boyutunu gösterirken elektrik, yakıt, hammadde ve diğer ara girdilerin üretiminde oluşan emisyonları kapsamamaktadır. Benzer biçimde yalnızca çelik sektörlerinin ticaretini izlemek, çeliğin diğer sektörlerin ürünlerine gömülü olarak yurt içi ve dış pazarlardaki üretici sektörlere ve nihai talebe ulaşan akışlarını bütünüyle yansıtmamaktadır.

Bu nedenle çelikte karbonsuzlaşma alanlarının belirlenmesi, üretim zincirindeki emisyonların nerede oluştuğunun yanı sıra çeliğin hangi sektörlerde kullanıldığının ve yerli ve ithal üretimin hangi ekonomilerin talebine hizmet ettiğinin birlikte incelenmesini gerektirmektedir. Bu yaklaşım, tesislerdeki emisyon azaltımı ile enerji arzı, girdi tedariki ve çelik kullanan sektörlerin kararları arasındaki bağlantıları görünür kılmaktadır.

Çalışmanın kapsamı ve yaklaşımı

Bu rapor, Türkiye'nin çelik bağlantılı karbon ayak izini üretim, tüketim ve ticaret perspektiflerini bir araya getirerek incelemektedir. Türkiye'deki temel demir-çelik ve ferroalaşım üretimi (temel çelik) ile ikincil çeliğin yeni çeliğe yeniden işlenmesi (ikincil çelik) faaliyetlerine odaklanmaktadır. Bu faaliyetlerin doğrudan ve tedarik zinciri emisyonlarını hesaplamakta, çelik ve çelik kullanan ürünlere gömülü emisyonların hangi ekonomilerin talebine hizmet ettiğini izlemektedir.

Çalışmanın katkısı, Türkiye'nin çelik üretimi ve tüketimi arasındaki asimetriyi ortaya koyarak bu farkı net gömülü karbon ticaret dengesiyle ilişkilendirmesidir. Türkiye'de üretilen çeliğin yurt içi nihai talep ve ihracata dağılımı ile ithal çelik üretiminin Türkiye nihai talebine ve yeniden ihracata

katkısı ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Yurt içi nihai talepte kalan ithal çelik kaynaklı ayak izi ile Türkiye üretimi çeliğin ihracata yönelen ayak izinin karşılaştırılması, üretim ve tüketim ayak izleri arasındaki farkın ticaret bağlantıları üzerinden açıklanmasını sağlamaktadır.

Türkiye'nin çelik değer zincirindeki temel asimetri, yerli üretimin ihracat ağırlığına karşılık yurt içi nihai talebin güçlü ithal üretim bağlantılarına dayanmasıdır. Türkiye önemli bir çelik üreticisi ve ihracatçısı olmasına rağmen çelik bağlantılı gömülü karbon ticaretinde net ithalatçı konumundadır. İthal çeliğin Türkiye'deki üretim süreçlerinden geçerek yeniden ihracata yönelmesi de ülkenin uluslararası çelik değer zincirlerinde üstlendiği ara üretim rolünü ortaya koymaktadır.

Analiz, EXIOBASE 3.10.2 çok bölgeli girdi-çıktı veri tabanının (MRIO) 2022 yılı IXI tablolarına dayanmaktadır. Bu yöntem, sektörler arasındaki doğrudan ve dolaylı girdi ilişkileri üzerinden üretim zinciri karbondioksit (CO_2) emisyonlarının hesaplanmasını ve talebe atfedilmesini sağlamaktadır. Türkiye çelik sektörlerinin satın aldığı elektrikten kaynaklanan Kapsam 2 emisyonları, Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) fiziksel elektrik tüketimi verileri ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın (ETKB) elektrik emisyon faktörü kullanılarak yeniden hesaplanmıştır (TÜİK, 2024a, 2024b; ETKB, 2024). Fiziksel elektrik verisinin kullanılması, özellikle ikincil çelik üretiminin elektrik sistemiyle bağlantısının değerlendirilmesini güçlendirmektedir. Doğrudan tesis emisyonlarında (Kapsam 1) ve diğer üretim öncesi tedarik zinciri emisyonlarında (Kapsam 3) EXIOBASE muhasebesi korunmuştur. Güncellenen üretim ayak izinin yurt içi nihai talep ve ihracata dağılımında başlangıç muhasebesinin dağılım oranları esas alınmıştır.

Rapor üç tamamlayıcı sistem sınırı kullanmaktadır:

- **Üretim temelli yaklaşım,** Türkiye'deki temel ve ikincil çelik üretimiyle bağlantılı doğrudan emisyonları ve üretim öncesi enerji ve girdi tedarik zincirlerinde oluşan emisyonları ortaya koymaktadır.

- **Tüketim temelli yaklaşım,** Türkiye nihai talebini karşılayan yerli ve ithal çelik üretimiyle bağlantılı emisyonları göstermektedir.

- **Ticaret yaklaşımı,** Türkiye'de üretilen çeliğe gömülü emisyonların yurt içi nihai talebe ve dış pazarlara, ithal çelik üretimine gömülü emisyonların ise Türkiye'deki kullanımlara ve yeniden ihracata nasıl dağıldığını izlemektedir.

Sonuçlar fiziksel çelik miktarlarını veya birim çelik başına emisyon yoğunluklarını değil ekonomik akımlar üzerinden hesaplanan üretim zinciri CO_2 ayak izlerini göstermektedir. Raporda yerli çelik Türkiye'de üretilen, ithal çelik ise diğer ülkelerde üretilen çeliği ifade etmektedir. İthal çelik akışları hem çeliğin üretildiği kaynak ülke hem de Türkiye'ye ulaşmasını sağlayan son tedarikçi ülke açısından incelenmiştir. Çelik, üretildiği ülkeden doğrudan Türkiye'ye gelebildiği gibi başka ülkelerde işlenerek veya diğer ürünlerin üretiminde kullanılarak da Türkiye'ye ulaşabilmektedir. Bu nedenle son tedarikçi ülke çeliğin üretildiği ülkeyi her zaman göstermemektedir. İki perspektifin birlikte kullanılması, doğrudan ticaret ilişkilerinin arkasındaki çelik üretim bağlantılarının da görünür kılınmasını sağlamaktadır.

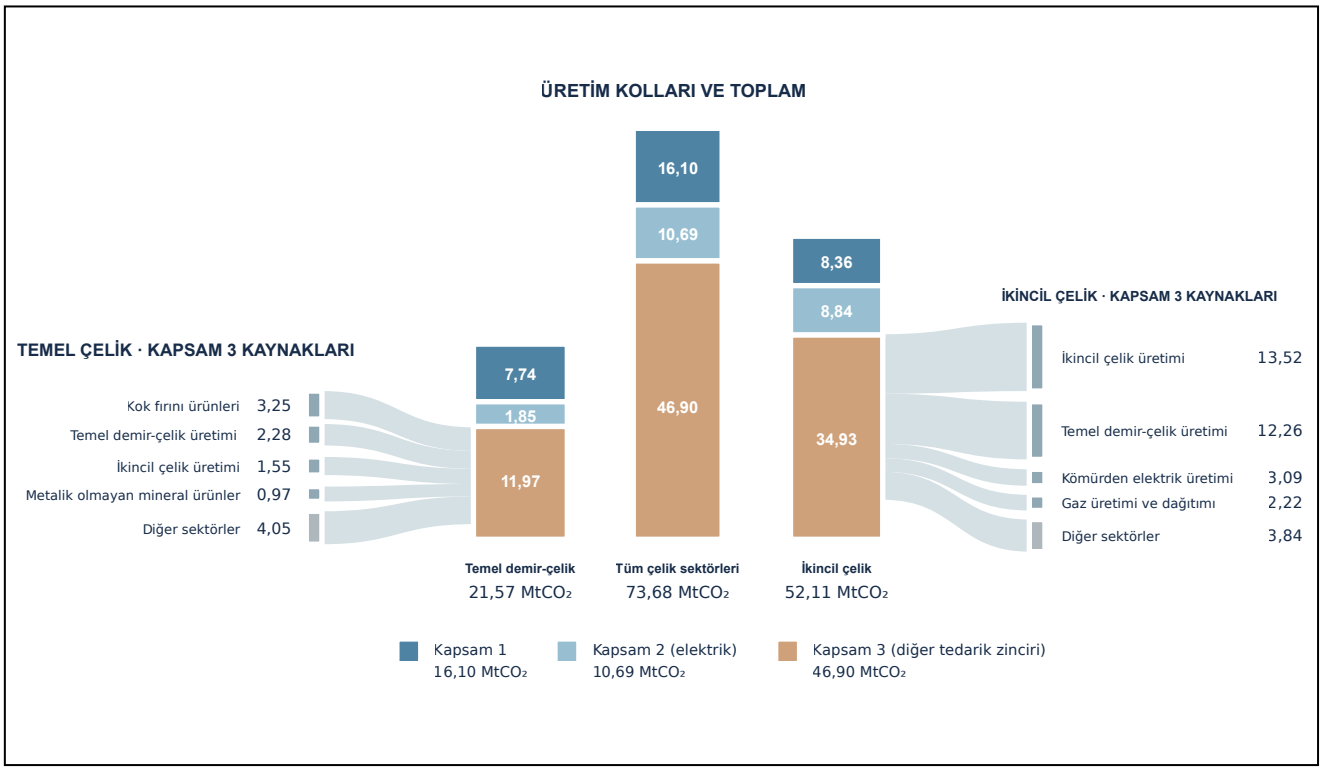
Rapor, üretim ve tüketim arasındaki asimetrinin nasıl oluştuğunu açıklamak için önce Türkiye'de üretilen çeliğin arkasındaki enerji ve tedarik bağlantılarını, ardından bu üretimin hangi talebe hizmet ettiğini incelemektedir. Buradan Türkiye nihai talebinin dayandığı yerli ve ithal çelik üretimine geçilmekte, son olarak ithal çeliğin Türkiye'deki üretim ve yeniden ihracat bağlantıları ele alınmaktadır. Bu sıralama, üretim zincirinin gerisindeki girdilerden nihai kullanım ve dış pazarlara uzanan ilişkilerin birlikte değerlendirilmesini sağlamaktadır.

Türkiye'nin çelik üretiminin karbon ayak izi nerede oluşuyor?

Türkiye'de üretilen çelik, nihai üretim aşamasından önce başlayan geniş bir sanayi ve enerji ağına dayanmaktadır. Bu ağın incelenmesi, tesislerin doğrudan faaliyetlerinin ötesine geçerek elektrik ve girdi üretiminden kaynaklanan emisyonları görünür kılmaktadır.

Türkiye çelik üretiminin toplam üretim zinciri karbon ayak izi 73,7 milyon ton CO_2'dir ($MtCO_2$) ve bunun %78'i tesislerin doğrudan faaliyetleri dışında oluşmaktadır. Doğrudan tesis emisyonları 16,1 $MtCO_2$ ile toplamın %22'sini oluşturmaktadır. Satın alınan elektrikten kaynaklanan emisyonlar 10,7 $MtCO_2$ ile toplamın %15'ine, diğer üretim öncesi tedarik zinciri emisyonları ise 46,9 $MtCO_2$ ile %64'üne karşılık gelmektedir. Toplam ayak izi böylece doğrudan tesis emisyonlarının yaklaşık 4,6 katına ulaşmaktadır.

Şekil 1 — Türkiye çelik sektörlerinin üretim zinciri karbon ayak izi, 2022 ($MtCO_2$)



Kaynak: EXIOBASE 3.10.2 IXI ve TÜİK verileri kullanılarak yazarların hesaplamaları.

Temel ve ikincil çelik üretiminin karbon ayak izleri, doğrudan tesis emisyonları ile elektrik ve tedarik zinciri bağlantılarının ağırlığı bakımından farklılaşmaktadır. Temel çeliğe atfedilen toplam ayak izi 21,57 $MtCO_2$, ikincil çeliğe atfedilen ise 52,11 $MtCO_2$'dir. İki üretim kolunun doğrudan emisyonları birbirine yakınken bu emisyonların ilgili toplam içindeki payı temel çelikte %36, ikincil çelikte %16'dır. İkincil çelikte elektrik ve diğer üretim öncesi girdiler daha büyük ağırlık taşımaktadır. Toplam ayak izleri üretim ölçeklerinden de etkilendiği için bu farklılık birim üretim başına emisyon yoğunluğu karşılaştırması olarak yorumlanmamalıdır.

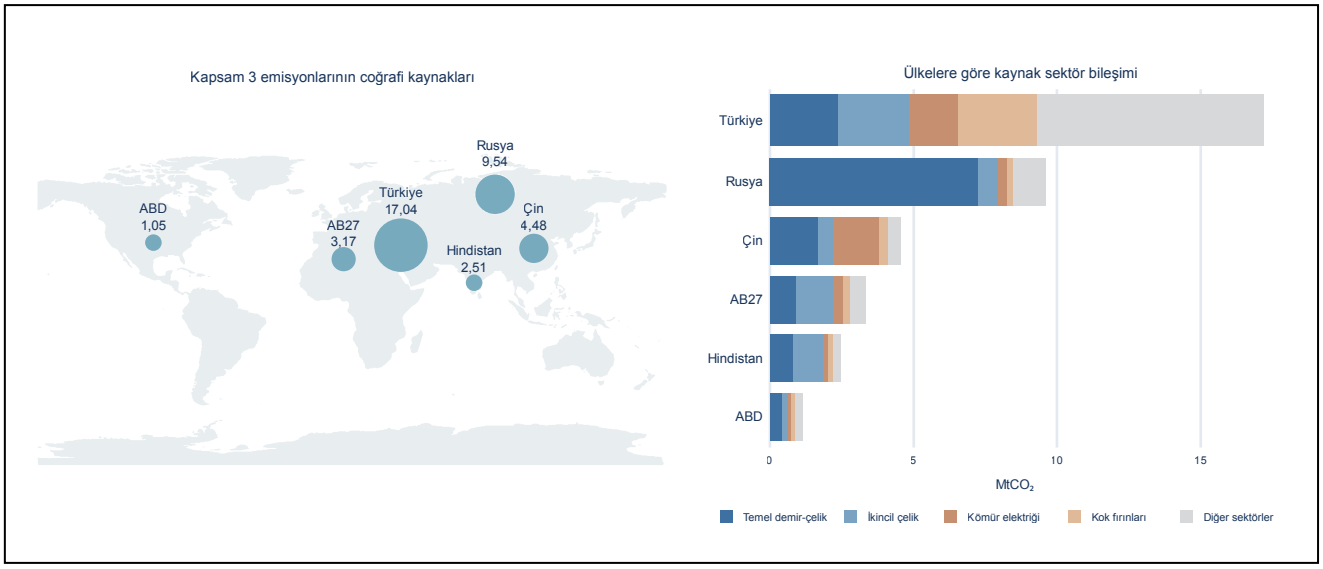
İkincil çelikte doğrudan emisyonların toplam içindeki payının sınırlı olması, elektrik ve üretim öncesi tedarik zincirlerinden kaynaklanan emisyonların önemini azaltmamaktadır. Bu üretim kolunun toplam ayak izinin yaklaşık %84'ü doğrudan tesis faaliyetleri dışında oluşmaktadır. Dolayısıyla ikincil çeliğin karbon performansını değerlendirmek için tesislerin yanında elektrik sistemine ve girdilerin üretim koşullarına da bakmak gerekmektedir.

Elektrik sisteminin karbon yoğunluğu özellikle ikincil çelik üretiminin ayak izi açısından belirleyicidir. Sektörün satın aldığı elektrikle bağlantılı emisyonların %83'ü (8,84 $MtCO_2$) ikincil çelik üretimine atfedilmektedir. İkincil çelikte elektrik kaynaklı emisyonlar doğrudan tesis emisyonlarını aşmaktadır. Toplam Kapsam 2 ayak izinin yaklaşık %97'sinin fosil yakıtlardan elektrik üretimiyle ilişkili olması, hurda temelli üretimin olası emisyon avantajının elektrik sisteminin karbon yoğunluğuna da bağlı olduğunu göstermektedir.

Üretim öncesi tedarik zincirleri ise Türkiye üretimini hem yerli sanayi faaliyetlerine hem de uluslararası üretim koşullarına bağlamaktadır. Toplam Kapsam 3 emisyonlarının %36'sı (17,04 $MtCO_2$) Türkiye'de, %64'ü (29,86 $MtCO_2$) diğer ülkelerde oluşmaktadır. Türkiye'deki tedarik zinciri emisyonları tek başına çelik tesislerinin doğrudan emisyonlarını aşmaktadır. Bu büyüklük, yurt içindeki dönüşüm alanının çelik tesisleriyle sınırlı olmadığını göstermektedir. Çeliğe enerji, malzeme ve diğer ara girdileri sağlayan yerli sektörler de üretim zinciri ayak izinin azaltılmasında önemli bir yer tutmaktadır.

Tedarik zincirlerinin uluslararası boyutu ikincil çelikte daha belirgindir. İthal kaynakların Kapsam 3 içindeki payı temel çelikte %54 iken ikincil çelikte %67'ye ulaşmaktadır. İkincil çeliğin elektrik bağlantısına, üretim öncesi emisyonların yaklaşık üçte ikisinin Türkiye dışında oluşması eşlik etmektedir.

Şekil 2 — Kapsam 3 emisyonlarının coğrafi kaynakları ve ülkelere göre kaynak sektör bileşimi, 2022 ($MtCO_2$)



Kaynak: EXIOBASE 3.10.2 IXI kullanılarak yazarların hesaplamaları.

Rusya, Çin ve Hindistan ithal kaynaklı Kapsam 3 emisyonlarının %55,4'ünü oluşturmaktadır. Önceki temel ve ikincil çelik üretim aşamaları da toplam Kapsam 3 ayak izinin %46,2'sini meydana getirmektedir. Elektrik üretimi, kok fırını ürünleri ve doğal gaz tedariki diğer önemli kaynaklardır. Bu dağılım, çeliğin üretim zincirinde hem önceki metal üretim aşamalarının hem de bunları besleyen enerji sistemlerinin önemini ortaya koymaktadır.

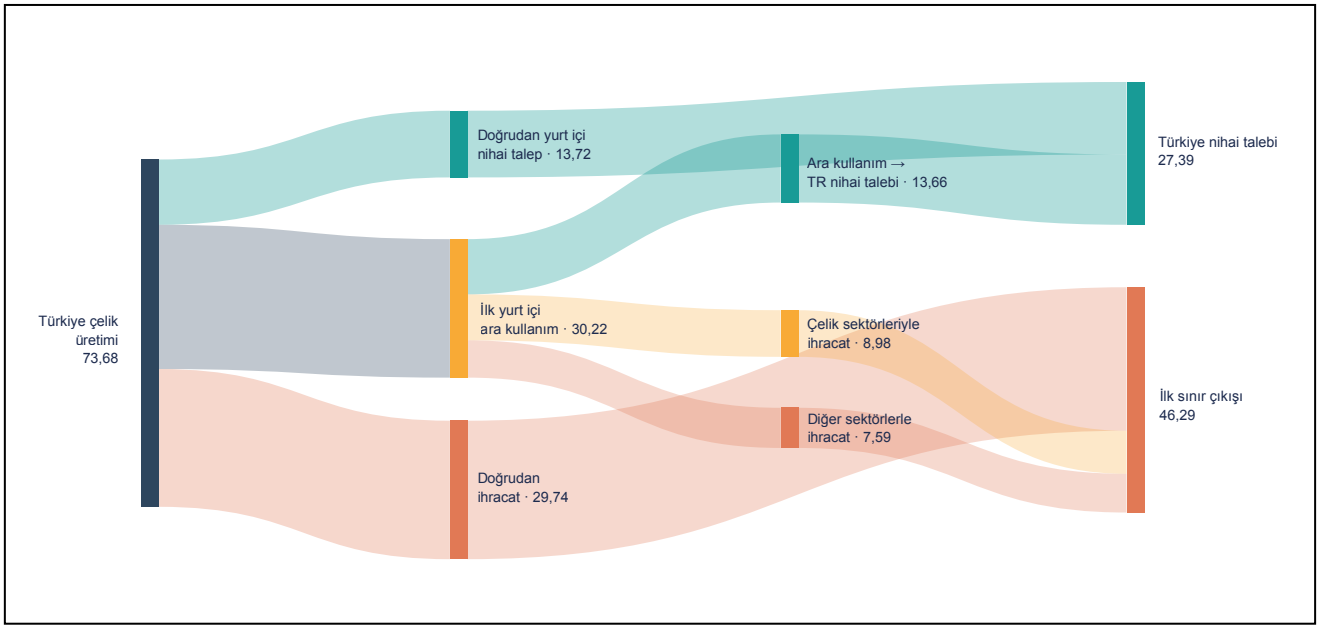
Elektriğin etkisi tesislerin satın aldığı elektrikle sınırlı kalmamaktadır. Tedarik zincirlerinde kömür ve doğal gazdan elektrik üretimiyle bağlantılı 8,25 $MtCO_2$ daha oluşmaktadır. Kapsam 2 ile bu iki Kapsam 3 elektrik kaynağı birlikte değerlendirildiğinde söz konusu elektrik bağlantıları toplam üretim zinciri ayak izinin yaklaşık dörtte birine karşılık gelmektedir.

Türkiye'de üretilen çeliğin ayak izi, yerli tesislerin doğrudan faaliyetleriyle birlikte yerli ve ithal girdilerin üretim koşullarını da yansıtmaktadır. Bu üretime atfedilen emisyonlar çelik ürünleriyle veya çeliği girdi olarak kullanan diğer ürünlerle ekonomik zincir boyunca taşınmaktadır. **Çeliğin sonraki kullanımının ve bu kullanıma atfedilen gömülü emisyonların izlenmesi, üretim zincirinde oluşan emisyonların hangi ekonomilerin talebine hizmet ettiğini göstermektedir.**

Türkiye'de üretilen çelik hangi talebe hizmet ediyor?

Türkiye'de üretilen çeliğe gömülü emisyonların %62,8'i (46,29 $MtCO_2$) ilk sınır çıkışıyla dış pazarlara taşınırken %37,2'si (27,39 $MtCO_2$) Türkiye nihai talebine ulaşmaktadır. Bu dağılım doğrudan çelik ihracatının yanında Türkiye'de başka üretim aşamalarından geçen çelik bağlantılarını da kapsamaktadır. İlk sınır çıkışı ihracat aşamasını göstermekte, çeliğin nihai kullanım coğrafyasını ifade etmemektedir.

Şekil 3 — Türkiye'de üretilen çeliğin yurt içi nihai talep ve ihracata dağılımı, 2022 ($MtCO_2$)



Kaynak: EXIOBASE 3.10.2 IXI kullanılarak yazarların hesaplamaları.

Yurt içi ara üretim bağlantıları dış talebe ulaşmanın önemli yollarından biridir. **İlk yurt içi ara kullanıma giren 30,22 $MtCO_2$'lik ayak izinin %54,8'i sonraki üretim aşamalarının ardından ihraç edilmektedir.** Bu nedenle, çeliğin önce Türkiye'deki bir üreticiye satılması, ayak izinin yurt içi nihai talepte kalacağı anlamına gelmemektedir. İlk kullanımda çelik sektörlerinin kendi aralarındaki bağlantılar ağırlık taşırken sonraki aşamalarda fabrikasyon metal ürünleri, motorlu taşıtlar ve inşaatın rolü belirginleşmektedir.

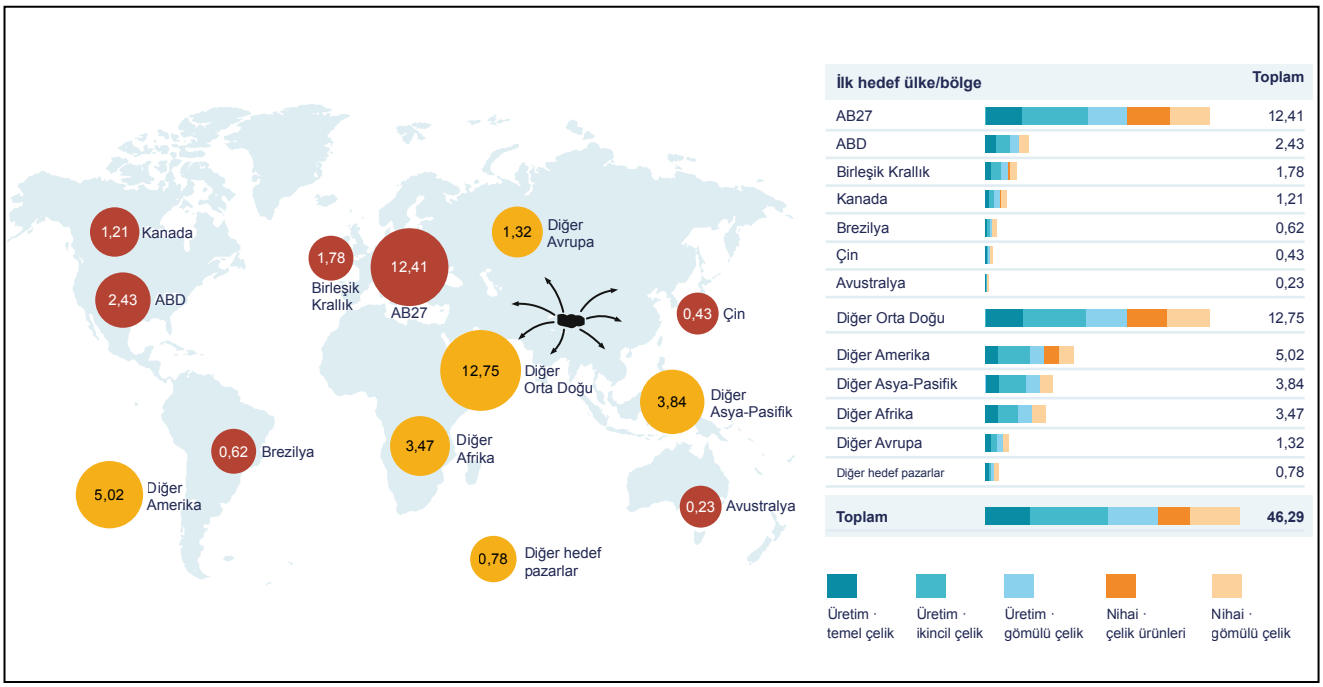
Türkiye nihai talebinde kalan yerli üretim ayak izi doğrudan bağlantılar ile ara üretim aşamalarından geçen bağlantılar arasında yaklaşık eşit dağılmaktadır. Bununla birlikte yurt içinde kalan toplamın %74,1'i stok değişimleriyle ilişkilidir. Stoklara eklenen ve stoklardan çıkarılan ürünlerin net değişimini gösteren bu ulusal hesaplar kategorisi fiziksel son kullanım alanlarını doğrudan açıklamamaktadır. Sonuçlar bu nedenle çeliğin fiziksel kullanımından ziyade ayak izinin nihai talep hesaplarına dağılımı olarak değerlendirilmelidir.

İhracat tarafında da çeliğe gömülü karbonun taşınması doğrudan çelik ürünlerinin ötesine uzanmaktadır. **İhracat ayak izinin %83,6'sı çelik sektörlerinin ürünleriyle, %16,4'ü diğer sektörlerin ürünlerine gömülü biçimde sınırı geçmektedir.** Motorlu taşıtlar ve fabrikasyon metal ürünleri ikinci kanalın yaklaşık %80'ini oluşturmaktadır. Bu sektörler çelik kaynaklı ayak izini kendi ihracatları üzerinden dış pazarlara taşımaktadır. Dolayısıyla çelik üretiminin karbon performansı çelik kullanan imalat ürünlerinin üretim zincirlerine de yansımaktadır.

Türkiye'den çıkan bağlantıların büyük bölümü sınır sonrasında başka üretim süreçlerine katılmaktadır. **İhracat ayak izinin %87,3'ü ilk olarak diğer ülkelerdeki üretici sektörlere girmektedir.** İnşaat ve fabrikasyon metal ürünleri başlıca ilk kullanıcılardır. Yurt dışı üretim aşamalarından sonra ulaşılan nihai talepte sabit sermaye oluşumu %52,3, hanehalkı tüketimi %35,7 paya sahiptir. Türkiye çeliği böylece hem yatırım faaliyetlerini hem de tüketim mallarının üretimini beslemektedir.

Bu ilişkilerin niteliği pazarlar arasında farklılaşmaktadır. AB Üye Ülkeleri (AB27) ilk sınır çıkışının %26,8'ini, EXIOBASE'te toplulaştırılmış bir bölge olarak gösterilen diğer Orta Doğu ülkeleri %27,5'ini oluşturmaktadır. Diğer Orta Doğu ülkelerinde çelik ürünlerinin üretime ara girdi sağlaması öne çıkarken AB27'de diğer Türkiye imalat ürünlerine gömülü çelik de önemli yer tutmaktadır.

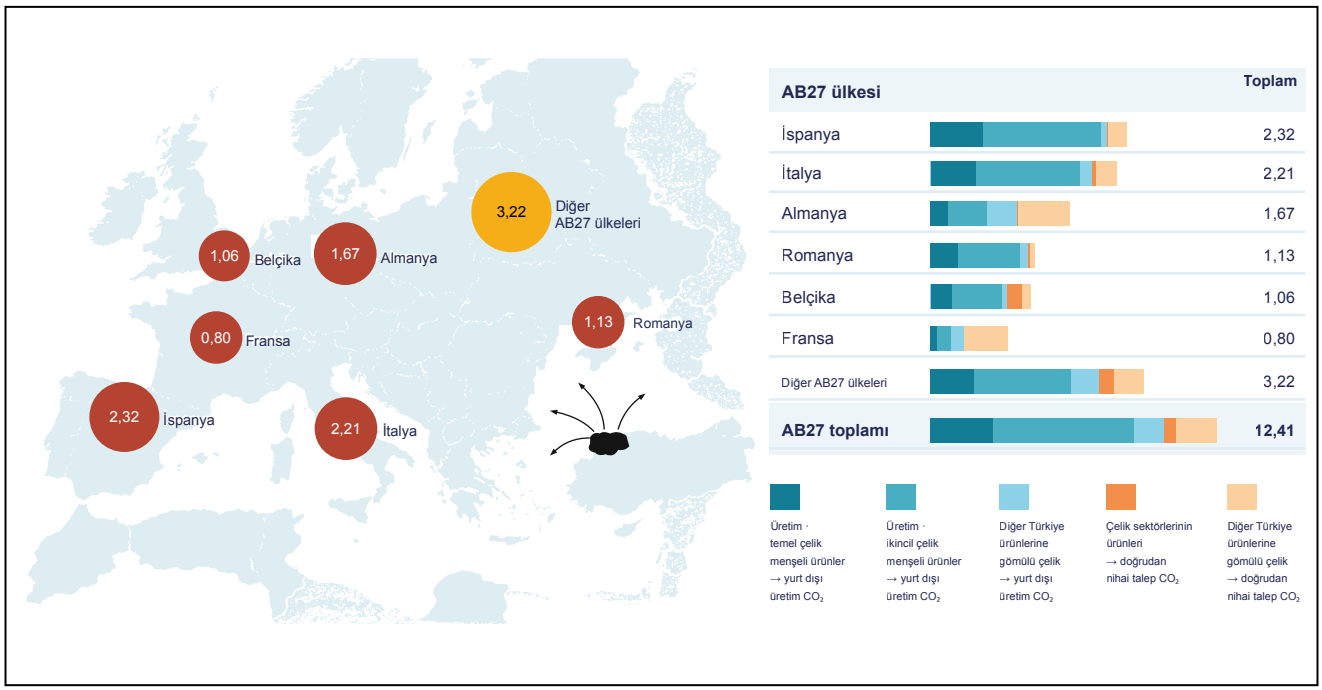
Şekil 4 — Türkiye'de üretilen çeliğin ilk ihracat hedeflerine göre ayak izi dağılımı, 2022 ($MtCO_2$)



Kaynak: EXIOBASE 3.10.2 IXI kullanılarak yazarların hesaplamaları.

AB27 içinde İspanya, İtalya ve Romanya'da çelik ürünleri üzerinden üretime giriş baskındır. Almanya ve Fransa'da ise çelik kullanan Türkiye imalat sektörlerinin ihracatı daha belirgindir. İlk ihracat hedefleri, sonraki üretim ve ticaret aşamalarının ardından ulaşılan nihai talep coğrafyalarından da farklılaşabilmektedir. Bu nedenle ilk ticaret ortağı, ilk kullanıcı sektör ve nihai talebin kaynaklandığı ekonomi Türkiye çeliğinin uluslararası konumunun farklı boyutlarını göstermektedir.

Şekil 5 — AB27 içindeki başlıca ilk ihracat hedefleri ve sektörel bağlantılar, 2022 ($MtCO_2$)



Kaynak: EXIOBASE 3.10.2 IXI kullanılarak yazarların hesaplamaları.

Pazarlar arasındaki bu farklılaşma, düşük karbonlu ihracata yönelik çalışmaların muhataplarını da değiştirmektedir. **Çelik ara girdilerinin ağırlık taşıdığı bağlantılarda çelik üreticileri ve dış pazarlardaki sanayi kullanıcıları öne çıkarken, diğer Türkiye imalat ürünlerinin belirgin olduğu pazarlarda otomotiv, makine ve metal ürünleri ihracatçıları da dönüşümün parçasıdır.** Bu nedenle ihracatın karbon performansı ürün ve değer zinciri bağlantıları gözetilerek ele alınmalıdır.

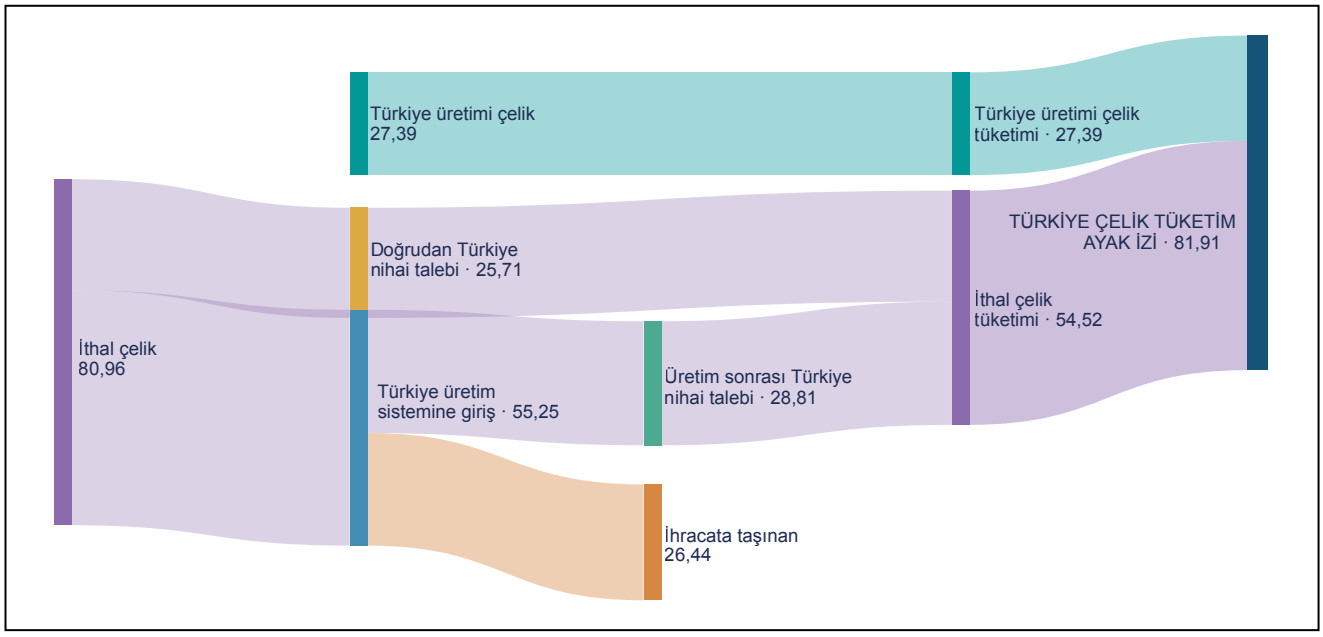
Yerli üretim böylece ithal girdilerden başlayıp Türkiye'deki işleme faaliyetlerinden geçerek dış pazarlara uzanan bir üretim ağında yer almaktadır. Ancak bu üretime atfedilen ayak izinin yalnızca 27,39 $MtCO_2$'lik bölümü Türkiye nihai talebinde kalmaktadır. **Türkiye'nin toplam çelik tüketim ayak izini açıklamak için bu yerli bileşenin hangi ithal üretim bağlantılarıyla tamamlandığını incelemek gerekmektedir.**

Türkiye'nin çelik tüketim ayak izi hangi üretim kaynaklarına dayanıyor?

Türkiye'de üretilen çeliğin hangi pazarlara yöneldiği, yurt içi çelik kullanımının toplam karbon ayak izini tek başına açıklamamaktadır. Türkiye nihai talebi hem yerli hem de ithal çelik üretimiyle bağlantılıdır. **Tüketim temelli muhasebe, bu talebe hizmet eden çelik üretim zincirlerinde oluşan emisyonları üretim menşeinden bağımsız olarak birlikte değerlendirmeyi sağlamaktadır.** Böylece ithal ürünler ve yurt içi üretimde kullanılan ithal girdiler üzerinden taşınan çelik kaynaklı gömülü emisyonlar da Türkiye'nin tüketim ayak izine dahil edilmektedir.

Türkiye'nin 81,91 $MtCO_2$'lik brüt çelik tüketim ayak izinin %66,6'sı ithal çelik üretimiyle bağlantılıdır. Yerli üretim bileşeni 27,39 $MtCO_2$ ile toplamın %33,4'ünü oluştururken ithal çelik üretimine atfedilen bölüm 54,52 $MtCO_2$'ye ulaşmaktadır. Önceki bölümde yerli üretimin yurt içi nihai talebe ulaşan kısmı olarak hesaplanan 27,39 $MtCO_2$, toplam tüketim ayak izinin bir bileşeni olarak yer almaktadır.

Şekil 6 — Türkiye'nin çelik tüketim ayak izinin üretim menşeine ve nihai talebe ulaşma biçimine göre dağılımı, 2022 ($MtCO_2$)



Kaynak: EXIOBASE 3.10.2 IXI kullanılarak yazarların hesaplamaları.

İthal çelik kaynaklı tüketim ayak izinin %47,2'si (25,71 $MtCO_2$) doğrudan nihai talebe ulaşırken %52,8'i (28,81 $MtCO_2$) Türkiye'deki üretim süreçlerinden geçerek nihai talebe ulaşmaktadır. İthal çelik kaynaklı ayak izi böylece hem ithal ürünlerde hem de Türkiye'de üretilen nihai malların üretim zincirlerinde bulunmaktadır. Buradaki yerli ve ithal ayrımı çeliğin üretim menşeine dayanmaktadır. Türkiye üretimi çeliğin ayak izi ithal tedarik zincirlerinden kaynaklanan emisyonları içerebildiği gibi ithal çeliğin ayak izi de birden fazla ülkedeki üretim faaliyetlerini kapsayabilmektedir.

Tüketimdeki ithalat ağırlığı, ihracata yönelen yerli üretimin karşısında Türkiye'nin çelik değer zincirindeki ikinci temel ilişkiyi oluşturmaktadır. Yerli tesislerdeki dönüşüm Türkiye üretimi çeliğin karbon performansını değiştirirken yurt içi tüketimin ayak izi ithal çeliğin üretim koşullarına da bağlı kalmaktadır. Türkiye'nin önemli bir üretici olması bu ithalat bağlantısını ortadan kaldırmamaktadır.

Bununla birlikte Türkiye nihai talebinde kalan 54,52 $MtCO_2$, ülkeye ulaşan toplam ithal çelik bağlantısının yalnızca %67,3'ünü oluşturmaktadır. Geri kalan %32,7'lik bölüm (26,44 $MtCO_2$), Türkiye'deki üretim süreçlerinden geçtikten sonra yeniden dış pazarlara taşınmaktadır. Bu bölümün izlenmesi, Türkiye'nin tüketici rolünü ara üretim ve yeniden ihracat faaliyetleriyle birlikte değerlendirmeyi sağlamaktadır.

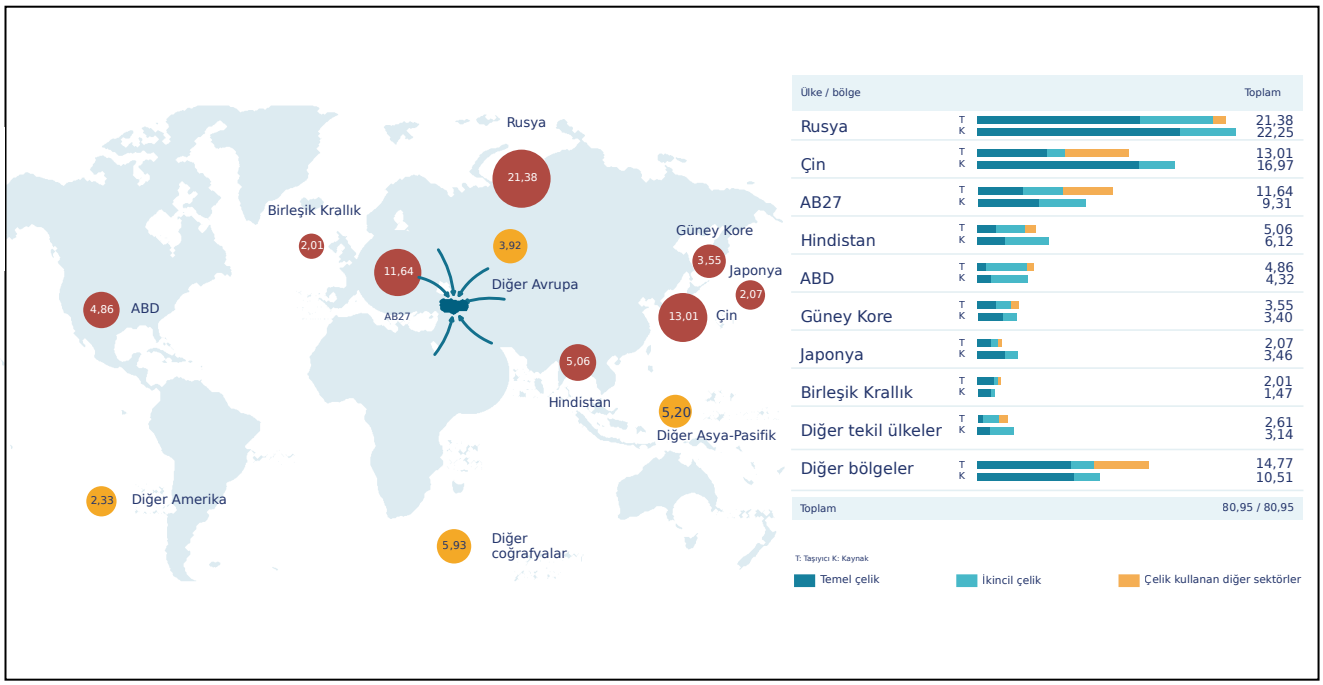
İthal çelik Türkiye'nin üretim ve ihracatına nasıl katılıyor?

Türkiye'ye ulaşan ithal çelik üretimiyle bağlantılı toplam 80,96 $MtCO_2$'lik ayak izinin yaklaşık üçte biri, Türkiye'deki üretim süreçlerinden geçtikten sonra dış pazarlara taşınmaktadır. İthal çelik karbon ayak izinin %67,3'ü (54,52 $MtCO_2$) Türkiye nihai talebine ulaşırken %32,7'si (26,44 $MtCO_2$) yeniden ihracata yönelmektedir. Türkiye bu nedenle ithal çelik açısından hem nihai tüketim pazarı hem de uluslararası üretim zincirlerinin ara aşamasıdır.

İthal bağlantının %76,4'ü (61,89 $MtCO_2$) çelik sektörlerinin ürünleriyle, %23,6'sı (19,07 $MtCO_2$) diğer sektörlerin ürünleri üzerinden Türkiye'ye ulaşmaktadır. Motorlu taşıtlar, elektrikli makine ve teçhizat, fabrikasyon metal ürünleri ve makine ikinci kanalda öne çıkmaktadır.

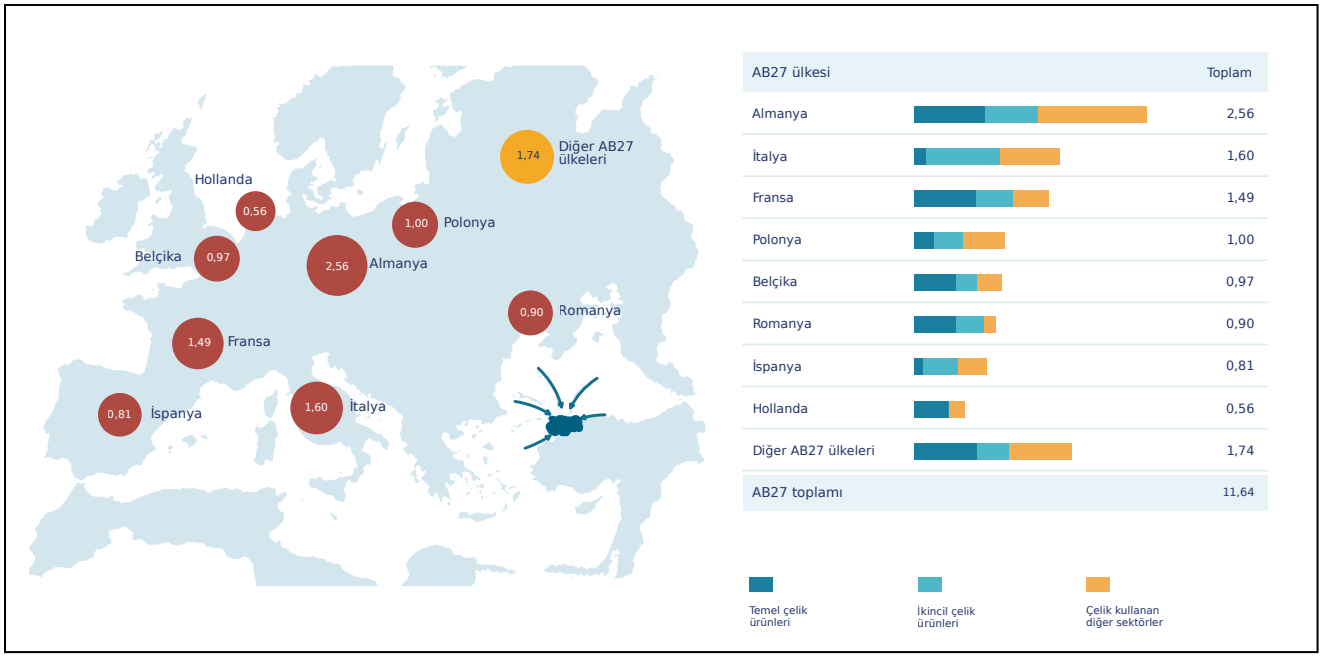
Bu çok aşamalı yapı coğrafi bağlantılarda da görülmektedir. Çeliğin üretildiği yer ile Türkiye'ye ulaşmasını sağlayan son tedarikçi ülke her zaman aynı değildir. Burada kaynak coğrafya çeliğin üretim menşeini, tedarikçi coğrafya ise bağlantının Türkiye ile son sektörel bağlantıyı kuran yurt dışı sektörün bulunduğu ülke veya bölgeyi ifade etmektedir. Bunlar üretim zinciri boyunca emisyonların gerçekleştiği coğrafyalardan farklı kavramlardır.

Şekil 7: İthal çelik bağlantılarının üretim kaynağı ve son tedarikçi coğrafyalara göre dağılımı, 2022 ($MtCO_2$)



Kaynak: EXIOBASE 3.10.2 IXI kullanılarak yazarların hesaplamaları.

Şekil 8 - AB27 tedarikçi ağının ülkelere göre dağılımı, 2022 ($MtCO_2$)



Kaynak: EXIOBASE 3.10.2 IXI kullanılarak yazarların hesaplamaları.

Türkiye'nin ithal çelik bağlantılarında tedarikçi ağı Rusya, Çin ve AB27 etrafında yoğunlaşmaktadır. Toplam bağlantının yarısından fazlası bu üç coğrafya üzerinden Türkiye'ye ulaşmaktadır. Ancak bağlantının taşındığı ürünler farklılaşmaktadır. Rusya üzerinden ulaşan bağlantıda çelik sektörlerinin ürünleri ağırlık taşırken Çin ve AB27 bağlantılarında çelik dışı sanayi ürünleri de önemli bir yer tutmaktadır. AB27 içinde ise Almanya, İtalya ve Fransa öne çıkmakta, son tedarikçi sektörlerin bileşimi üye ülkelere göre değişmektedir.

Türkiye'ye ulaşan ürünün son tedarikçi coğrafyası ile bağlantının gerisindeki çeliğin üretildiği coğrafya farklılaşabilmektedir. Çin'in ithal çelik bağlantısındaki payı üretim kaynağı olarak %21,0 iken son tedarikçi olarak %16,1'dir. AB27'de ise son tedarikçi payı %14,4 ile kaynak payının %11,5 üzerindedir. Bu yapı, Türkiye'ye ulaşan çeliğin farklı ülkelerdeki üretim aşamalarından geçebildiğini ve son tedarikçi ülkenin çeliğin üretildiği yeri her zaman göstermediğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla ithal girdilerin karbon ayak izinin değerlendirilmesinde son tedarikçinin yanı sıra üretim zincirinin önceki aşamalarının da izlenmesi gerekmektedir.

Türkiye'ye ulaşan ithal çelik bağlantıları yurt içindeki üretim süreçlerinde farklı sektörlere yayılmaktadır. Toplam ayak izinin %68,2'si (55,25 $MtCO_2$) üretici sektörlerin ara kullanımına girmektedir. İkincil çelik ve fabrikasyon metal ürünleri başlıca ilk alıcılardır. **İthal temel çelik üretiminden Türkiye'nin ikincil çelik sektörüne uzanan bağlantı çeliğin önceki üretim aşamalarının ikincil çeliğin karbon ayak izi açısından önemini ortaya koymaktadır.** Bununla birlikte çelik dışı sektörler ilk girişin yaklaşık %56'sını oluşturmaktadır. Sonraki aşamalarda inşaat, otomotiv ve diğer faaliyetlerin rolü belirginleşmektedir. İthal bağlantının kullanım alanları böylece ilk alıcı sektörlerin ötesine uzanmaktadır.

Türkiye üretim sistemine giren ithal çelik kaynaklı ayak izinin yaklaşık yarısı yeniden ihracata yönelmektedir. Üretime giren 55,25 $MtCO_2$'nin %52,1'i yurt içi nihai talebe, %47,9'u dış pazarlara taşınmaktadır. İhracata yönelen bağlantının yaklaşık %49'u çelik ürünleriyle, yarısından fazlası diğer sektörlerin ürünleriyle sınırı geçmektedir. İkincil çelik, fabrikasyon metal ürünleri ve motorlu taşıtlar başlıca tedarikçilerdir.

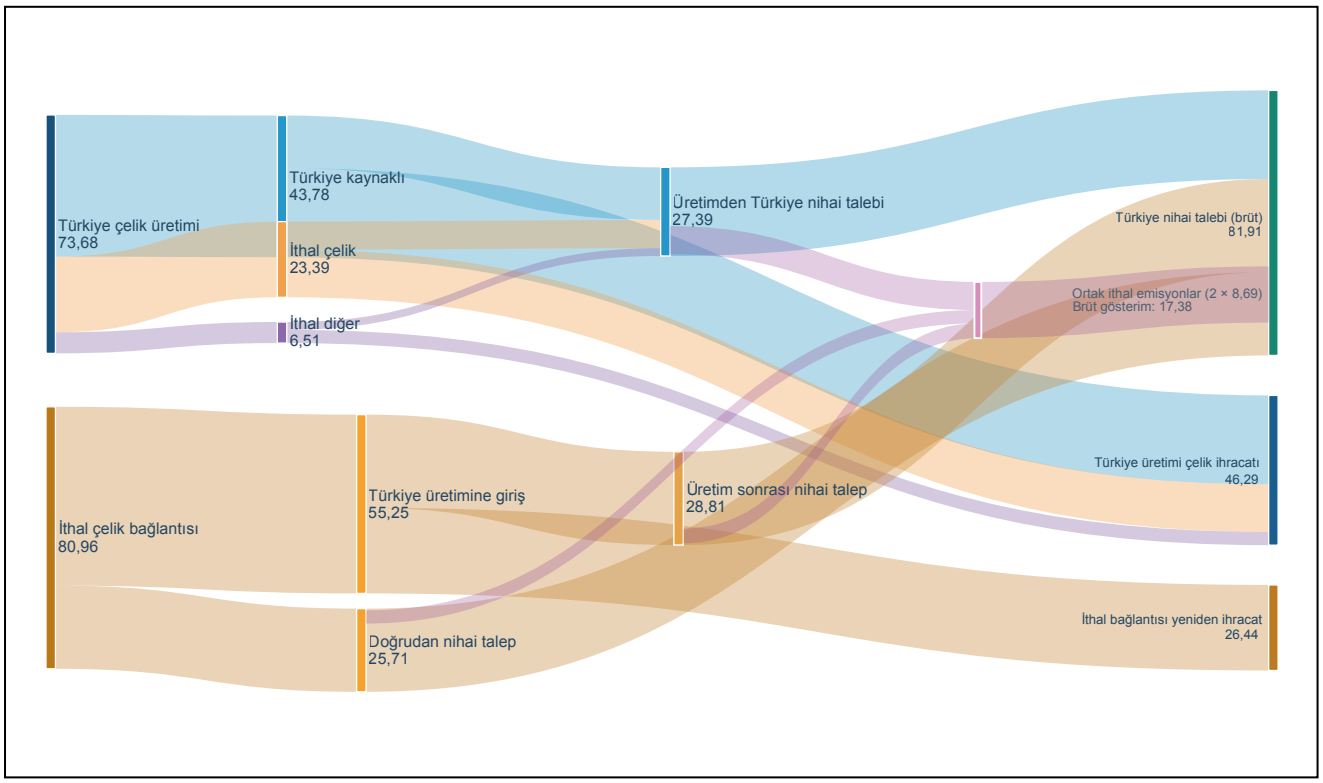
Yeniden ihraç edilen ayak izinin yaklaşık %73'ü ilk olarak diğer ülkelerdeki üretici sektörlere, %27'si doğrudan nihai talebe ulaşmaktadır. Türkiye farklı ülkelerde başlayan çelik üretim bağlantılarını kendi sanayisi üzerinden başka ekonomilerin üretim ve talep süreçlerine bağlamaktadır. Bu konum, üreticilerin ve ihracatçıların tedarik kararlarını hem yurt içi kullanıma hem de dış pazarlara taşınan gömülü emisyonlar açısından önemli hale getirmektedir.

İthal bağlantının yurt içinde kalan ve yeniden ihraç edilen bölümlerinin ayrıştırılması net karbon ticaret dengesinin anlaşılması için gereklidir. Brüt ithal bağlantının tamamını Türkiye tüketimi olarak değerlendirmek, bu ara üretim rolünü görünmez kılacaktır.

Üretim ve tüketim arasındaki asimetri ve net karbon ticaret dengesi ne gösteriyor?

Türkiye'nin çelik bağlantılı net tüketim ayak izi yerli üretim zinciri emisyonlarından %67, ithalat kaynaklı emisyonları ise ihracata yönelen emisyonlardan %64 yüksektir. Türkiye, çelik bağlantılı gömülü karbon ticaretinde yaklaşık 29 $MtCO_2$ net ithalatçıdır. Yerli ve ithal çelik bağlantılarının yurt içi nihai talebe ulaşan emisyonları brüt muhasebede yaklaşık 82 $MtCO_2$'ye ulaşırken ortak emisyonların tekilleştirilmesiyle net nihai talep ayak izi yaklaşık 73 $MtCO_2$ olarak hesaplanmaktadır. Yerli üretim zinciri emisyonları ise yaklaşık 44 $MtCO_2$ düzeyindedir. Yeniden ihracat ve ortak emisyon düzeltmeleri sonrasında ithalat kaynaklı emisyonlar yaklaşık 76 $MtCO_2$, ihracata yönelen üretim zinciri emisyonları ise yaklaşık 46 $MtCO_2$ düzeyindedir. Her iki muhasebe yaklaşımı da Türkiye'nin net gömülü emisyon ithalatçısı konumuna işaret etmektedir.

Şekil 9 — Türkiye'nin çelik bağlantılı üretim, tüketim ve ticaret emisyonlarının bütünleşik muhasebesi, 2022 ($MtCO_2$)



Kaynak: EXIOBASE 3.10.2 IXI kullanılarak yazarların hesaplamaları.

Bu asimetri, Türkiye'nin çelik değer zincirlerinde karbon üreticisi, karbon kullanıcısı ve karbon aktarıcısı olarak üstlendiği üç farklı rolü ortaya koymaktadır. Türkiye önemli miktarda çelik üretimiyle bağlantılı emisyon oluşturmakta ve bu üretimin büyük bölümünü dış pazarlara yönlendirmektedir. Buna karşılık yurt içi nihai talebin karbon ayak izi yerli üretim zinciri emisyonlarını aşmakta ve güçlü ithal üretim bağlantılarına dayanmaktadır. Dolayısıyla Türkiye'nin ihracat ağırlıklı üretim yapısı, gömülü karbon ticaretinde net ihracatçı olduğu anlamına gelmemektedir.

Türkiye aynı zamanda ithal karbon ayak izini dış pazarlara aktaran bir ara üretim merkezidir. Çelik üretim zincirindeki yaklaşık 30 $MtCO_2$'lik ithal kaynaklı emisyonun %63'ü, yaklaşık 19 $MtCO_2$, ihracata yönelmektedir. Bunun yanında ithal çelik bağlantılarının yaklaşık 26 $MtCO_2$'lik bölümü Türkiye üretim sisteminden geçtikten sonra yeniden ihraç edilmektedir. Bu akışlar Türkiye'nin yalnızca kendi üretiminden kaynaklanan emisyonları değil diğer ülkelerde oluşan emisyonları da uluslararası talebe taşıdığını göstermektedir.

İkincil çelik üretimi bu ilişkilerin kesiştiği başlıca üretim kollarından biridir. Elektrik tüketimi ve ithal tedarik zincirleriyle güçlü bağlantısına ihracattaki ağırlığı eşlik etmektedir. İkincil çelik aynı zamanda ithal çelik bağlantılarının başlıca ilk alıcılarından ve bu bağlantıların yeniden ihracata yönlendirilmesinde önemli rol oynayan sektörlerden biridir. Bu nedenle ikincil çeliğin karbonsuzlaştırılması yalnızca tesislerin doğrudan emisyonlarını ve elektrik kullanımını değil ithal girdilerin karbon yoğunluğunu ve dış pazarlara taşınan ürünlerin toplam ayak izini de ilgilendirmektedir.

Üretim, tüketim ve ticaret perspektiflerinin birlikte değerlendirilmesi Türkiye'nin çelik değer zincirlerindeki konumunu yalnızca üretim ve ihracat performansı üzerinden değil küresel tedarik zincirlerine bağımlılığı ve uluslararası karbon akışlarındaki aracılık rolü üzerinden de tanımlamaktadır. Bu bütünleşik yaklaşım çelik sektörlerinin karbonsuzlaştırılmasında yurt içi üretim, ithal girdiler ve nihai talep arasındaki bağlantıların birlikte ele alınmasının önemini ortaya koymaktadır.

Bu bulgular hangi karbonsuzlaşma önceliklerine işaret ediyor?

Türkiye'nin çelik değer zincirlerinin karbonsuzlaştırılması, üretim tesislerinden enerji arzına, girdi tedarikinden çelik kullanan sektörlere ve nihai talebe uzanan bir dönüşüm gerektirmektedir. Yerli üretimin ihracat ağırlığı, yurt içi talebin ithal çelik üretimiyle güçlü bağlantısı ve ithal çeliğin Türkiye'deki üretimden sonra yeniden ihracata taşınması bu alanların birbirinden bağımsız olmadığını göstermektedir. Dolayısıyla çelik sektörlerinin dönüşüm stratejisi, düşük karbonlu üretimin yanı sıra düşük karbonlu girdiler kullanan ve bunları uluslararası üretim zincirlerine taşıyan bir sanayi yapısını da kapsamalıdır.

- **Çelik tesislerindeki dönüşüm, üretim kollarının farklı emisyon ve tedarik profillerini dikkate almalıdır.** Temel çelikte proses ve yakıt kaynaklı doğrudan emisyonların azaltılması önem taşırken ikincil çelikte tesis verimliliğiyle birlikte elektrik tüketimi ve üretim öncesi girdilerin karbon performansı daha belirgin hale gelmektedir. Proses iyileştirmeleri, enerji ve malzeme verimliliği, ekipman yenileme ve düşük karbonlu üretim seçenekleri tesislerin teknik özelliklerine göre değerlendirilmelidir. Bu çalışma emisyon bağlantılarının yoğunlaştığı alanları göstermektedir. Teknoloji ve yatırım seçeneklerinin önceliklendirilmesi için ise tesis düzeyinde teknik ve ekonomik analizler gerekmektedir.

- **Elektrik arzının karbonsuzlaştırılması ve sanayinin düşük karbonlu elektriğe erişimi, çelik değer zincirlerinin dönüşümünde merkezi bir rol oynamaktadır.** Elektrik üretiminden kaynaklanan emisyonlar çelik ayak izine hem tesislerin satın aldığı elektrik hem de hammadde ve ara girdilerin üretimi üzerinden yansımaktadır. Özellikle ikincil çelikte elektrik tüketiminin ağırlığı, bu üretim kolunun düşük karbonlu üretim potansiyelini elektrik sisteminin dönüşümüne bağlamaktadır. Yenilenebilir elektrik üretimi, şebeke yatırımları ve sanayinin güvenilir düşük karbonlu elektriğe erişimi, çelik tesislerinin yanı sıra yerli tedarikçilerin dönüşümünü de destekleyebilir.

- **Düşük karbonlu tedarik politikaları yerli ve ithal girdileri birlikte kapsamalıdır.** Türkiye'deki üretim öncesi emisyonların büyüklüğü, enerji ve ara girdi sağlayan yerli sektörlerin dönüşümünü çelik politikalarının önemli bir bileşeni haline getirmektedir. İthal girdilerde ise tedarikçi tercihleri, satın alım ölçütleri ve üretim koşullarına ilişkin bilgi önem kazanmaktadır. Özellikle ikincil çelik üretiminin uluslararası tedarik zincirleriyle güçlü bağlantısı, hurda ve diğer metal girdilerinin önceki üretim ve işleme aşamalarının da değerlendirilmesini gerektirmektedir. Hurda toplama, ayrıştırma ve hazırlama süreçlerinin geliştirilmesi ile girdilerin karbon performansının izlenmesi bu alandaki tamamlayıcı müdahaleler olabilir.

- Çeliğin üretildiği coğrafya ile Türkiye'ye ulaşmasını sağlayan son tedarikçi ülkenin farklılaşabilmesi, **karbon bilgisi ve izlenebilirliğin doğrudan tedarikçinin ötesine uzanmasını** gerektirmektedir. Tesis ve ürün düzeyindeki doğrulanabilir emisyon verileri ile önceki üretim aşamalarına ilişkin tedarikçi bilgileri, satın alım ve dönüşüm kararlarını destekleyebilir. MRIO analizi tekil ürünlerin veya sevkiyatların güzergahını belirlememektedir. Buna karşılık hangi üretim bağlantılarında daha ayrıntılı bilgiye ve tedarikçi işbirliğine ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

- **Çelik kullanan sektörler, düşük karbonlu üretime yönelik talebi şekillendiren aktörlerdir.** Otomotiv, makine, fabrikasyon metal ürünleri ve inşaat sektörlerinin malzeme tercihleri ile üretim ve tedarik kararları, çeliğin hangi ürünler ve pazarlar üzerinden kullanıldığını etkilemektedir. Çelik üreticilerinin dönüşüm yatırımları bu sektörlerin teknik gereklilikleri ve tedarik planlarıyla birlikte değerlendirilebilir. Ortak malzeme ölçütleri, kamu alımları ve uzun vadeli satın alım taahhütleri düşük karbonlu çelik için daha öngörülebilir talep oluşturabilir. Ürün ömrünün uzatılması, yeniden kullanım ve malzeme verimliliği ise aynı işlevin daha az yeni çelik kullanılarak sağlanmasına katkıda bulunabilir.

- **Politika öncelikleri emisyon bağlantılarının büyüklüğüyle birlikte müdahale kapasitesine göre de belirlenmelidir.** Türkiye'deki tesisler ve elektrik sistemi yurt içi düzenleme ve yatırımlarla daha doğrudan etkilenebilirken, diğer ülkelerdeki üretim süreçleri Türkiye'nin doğrudan düzenleyici yetki alanı dışında kalmaktadır. Bununla birlikte tedarikçi seçimi, satın alım standartları, uzun vadeli ticari ilişkiler ve uluslararası işbirliği üzerinden dolaylı etki olanakları bulunmaktadır. Yüksek ayak izine sahip bir bağlantı her durumda en yüksek azaltım potansiyeline veya en düşük müdahale maliyetine sahip olmayabilir. Bu nedenle önceliklendirmede teknik seçenekler, maliyetler ve kurumsal yetkiler birlikte değerlendirilmelidir.

- **ETS ve SKDM'nin kapsadığı emisyonlar ile çelik değer zincirinin daha geniş karbon bağlantıları birlikte değerlendirilmelidir.** ETS, kapsama giren yurtiçi tesislerde oluşan emisyonlara odaklanırken SKDM, AB'ye ithal edilen belirli ürünlerin tanımlanmış üretim sınırları içindeki gömülü emisyonlarını ele almaktadır. Çeliğin elektrik ve girdi tedarikinden diğer sektörlerdeki kullanımına uzanan bağlantıları ise bu düzenleyici kapsamların ötesine geçmektedir. Bu nedenle karbon fiyatlaması düşük karbonlu elektrik, düşük karbonlu tedarik ve kullanıcı sektörlerde talep oluşturan politikalarla tamamlanmalıdır. Böylece düzenlemelerin kapsadığı tesis ve ürünlerdeki dönüşüm, çelik değer zincirinin diğer aşamalarındaki emisyon azaltımlarıyla desteklenebilir.

Politika başarısı, tesis emisyonlarıyla birlikte üretim zinciri, tüketim ve ticarete gömülü emisyonlardaki değişim üzerinden izlenmelidir. Türkiye çelik üretiminin ayak izinin yaklaşık %78'inin doğrudan tesis faaliyetleri dışında oluşması, elektrik ve tedarik zincirlerindeki gelişmelerin de izlenmesini gerektirmektedir. Yerli üretimin ayak izinin yaklaşık %63'ü ihracata yönelirken tüketim ayak izinin yaklaşık %67'sinin ithal çelik üretimine dayanması, yurt içi üretimdeki iyileşmelerin tüketim ve ticaret göstergeleriyle birlikte değerlendirilmesini önemli kılmaktadır. İthal çeliğin Türkiye'de işlenerek yeniden ihraç edilmesi de tedarikteki değişimlerin hem yurt içi kullanıma hem de dış pazarlara taşınan emisyonları etkileyebileceğini göstermektedir. Tesis ve ürün verilerinin enerji, dış ticaret ve MRIO göstergeleriyle birlikte kullanılması, politikaların bu bağlantılar üzerindeki etkilerinin izlenmesini ve emisyonların ülkeler veya sektörler arasında yer değiştirmesiyle toplam emisyon azaltımının ayrıştırılmasını sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Avrupa Komisyonu. (t.y.). Carbon Border Adjustment Mechanism. taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en

- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. (2026, 21 Ekim). Türkiye Emisyon Ticaret Sistemi Piyasasının İşletilmesine İlişkin Yönetmelik. Resmî Gazete, 33407. www.arakarar.com/mevzuat/yonetmelik/turkiye-emisyon-ticaret-sistemi-piyasasinin-isletilmesine-iliskin-yonetmelik-9304

- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2024). Türkiye elektrik üretimi ve elektrik tüketim noktası emisyon faktörleri bilgi formu, 2022. enerji.gov.tr/Media/Dizin/EVCED/tr/%C3%87evreVe%C4%B0klim/%C4%B0klimDe%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Fi/EmisyonFaktorleri/2022_Uretim_Tuketim_EF.pdf

- İklim Değişikliği Başkanlığı. (2026a). Türkiye Emisyon Ticaret Sistemi pilot uygulama dönemine ilişkin usul ve esaslar. iklim.gov.tr/db/turkce/duyurular/files/Yay%C4%B1mlanan_%20TR%20ETS%20Usul%20ve%20Esaslar.pdf

- İklim Değişikliği Başkanlığı. (2026b). Türkiye Emisyon Ticaret Sistemi Yönetmeliği. iklim.gov.tr/db/turkce/icerikler/files/T%C3%BCrkiye%20Emisyon%20Ticaret%20Sistemi%20Y%C3%B6netmeli%C4%9Fi.pdf

- OECD. (2026). Global value and supply chains. www.oecd.org/en/topics/global-value-and-supply-chains.html

- Türkiye İstatistik Kurumu. (2024a). Enerji hesapları, 2022: Enerji ürünlerinin nihai kullanımı, 2018–2022 [Veri tablosu]. veriportali.tuik.gov.tr/tr/press/53654

- Türkiye İstatistik Kurumu. (2024b). Sanayi sektörü nihai enerji tüketim istatistikleri, 2023 (Haber Bülteni No. 53806). veriportali.tuik.gov.tr/Bulten/Index?dil=1&p=Sanayi-Sektoru-Nihai-Enerji-Tuketim-Istatistikleri-2023-53806



SÜRDÜRÜLEBİLİR EKONOMİ VE FİNANS ARAŞTIRMALARI DERNEĞİ (SEFiA)

KASIM 2026

Yönetici Özeti