

Düşük Katma Değer Problemi: Küresel Çelik Endüstrisi Ekseninde Türkiye’de Vasıflı Çelik Üretiminin Yapısal Sorunları

Low Value-Added Problem: Structural Issues of Special Steel Production in Türkiye within the Axis of the Global Steel Industry

Muhammed ORAL¹ 

Karabük Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri
Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Karabük, Türkiye



Öz

Bu çalışma, küresel çelik endüstrisi bağlamında Türkiye’de vasıflı çelik üretiminin yapısal sorunlarını ve düşük katma değer problemini analiz etmektedir. Çelik üretimi; demir cevheri, hurda ve alaşım elementlerinin farklı teknolojilerle işlenmesiyle gerçekleşmekte olup küresel üretimde yüksek fırın-bazık oksijen fırını (BOF) ve elektrik ark fırını (EAF) yöntemleri öne çıkmaktadır. Küresel ölçekte üretim büyük ölçüde Asya’da yoğunlaşırken, özellikle Çin sektörü belirleyici konumdadır. Gelişmiş ülkeler yüksek katma değerli yassı ve vasıflı çelik üretimine odaklanırken gelişmekte olan ülkeler daha çok uzun ve düşük katma değerli ürünler üretmektedir. Türkiye, çelik sektörü üretim kapasitesi açısından güçlü olmasına rağmen üretim yapısı büyük ölçüde inşaat sektörüne yönelik uzun ürünlere dayanmaktadır. Bu durum, vasıflı çelik üretiminin sınırlı kalmasına ve ihracatta düşük birim fiyatlara yol açmaktadır. Ayrıca sektör yüksek enerji maliyetleri, ham madde ve alaşım elementlerinde dışa bağımlılık, yetersiz Ar-Ge yatırımları ve nitelikli iş gücü eksikliği gibi önemli sorunlarla karşı karşıyadır. Elektrik ark ocaklarına dayalı üretim yapısı esneklik sağlasa da yüksek kaliteli çelik üretiminde bazı teknik kısıtlar doğurmaktadır. Türkiye’nin çelik sektöründe rekabet gücünü artırabilmesi için düşük katma değerli üretim yapısından yüksek katma değerli vasıflı çelik üretimine geçiş yapması kaçınılmazdır. Bu dönüşüm Ar-Ge yatırımlarının artırılması, sözde değil proaktif olarak üniversite-sanayi iş birliğinin geliştirilmesi, yerli ham madde kullanımının güçlendirilmesi, enerji maliyetlerinin azaltılması ve nitelikli iş gücünün yetiştirilmesi ile mümkün olabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Demir-çelik sektörü, Katma değer, Vasıflı çelik, Rekabet gücü, Türkiye

ABSTRACT

This study analyzes the structural problems of special steel production in Türkiye within the context of the global steel industry, focusing on the issue of low value-added production. Steel production involves processing raw materials such as iron ore, scrap, and alloying elements through different technologies, with Blast Furnace–Basic Oxygen Furnace (BF-BOF) and Electric Arc Furnace (EAF) methods dominating globally. Production is heavily concentrated in Asia, with China playing a decisive role. While developed countries specialize in high value-added flat and special steels, developing countries mainly produce long and low value-added steel products. Although Türkiye has a strong production capacity in the steel sector, its production structure is largely based on long products for the construction industry. This leads to limited special steel production and low export unit prices. Additionally, the sector faces significant challenges such as high energy costs, dependency on imported raw materials and alloying elements, insufficient R&D investments, and a shortage of skilled labor. While the dominance of electric arc furnace-based production provides flexibility, it imposes technical limitations on producing high-quality steels. For Türkiye to enhance its competitiveness in the steel industry, a transition from a low value-added production structure to high value-added special steel production is inevitable. This transformation can only be achieved by increasing R&D investments, fostering proactive rather than merely nominal, university-industry collaboration, strengthening the use of domestic raw materials, reducing energy costs, and developing a qualified workforce.

Keywords: Iron and steel industry, Value added, Special steel, Competitiveness, Türkiye

Geliş Tarihi/Received 26.04.2026
Revizyon Talebi/Revision Request 13.05.2026
Kabul Tarihi/Accepted 03.06.2026
Yayın Tarihi/Publication Date 23.06.2026

Sorumlu Yazar/Corresponding author:
Muhammed ORAL

E-mail: muhammedoral@karabuk.edu.tr

Atıf: Oral, M. (2026). Düşük Katma Değer Problemi: Küresel Çelik Endüstrisi Ekseninde Türkiye’de Vasıflı Çelik Üretiminin Yapısal Sorunları. *Dünya Coğrafyası ve Kalkınma Perspektifi Dergisi*, (9), 51-63.

Cite this article: Oral, M. (2026). Low Value-Added Problem: Structural Issues of Special Steel Production in Türkiye within the Axis of the Global Steel Industry. *Journal of World Geography and Development Perspectives*, (9), 51-63.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Giriş

Çelik, demirin belirli oranlarda karbon ve diğer elementlerle alaşımlandırılmasıyla elde edilir. Çelik üretiminin ilk aşamasında ana ham maddeler olarak *demir cevheri, kireçtaşı ve kok kömürü* kullanılmaktadır. Ayrıca hurda çelik de yeni üretimde temel ham madde olarak kullanılabilir. Bu ham maddeler yüksek fırınlarda işlenerek sıvı demir elde edilmekte, ardından çelik üretim sürecine geçilmektedir.

Daha sonra çeliğin niteliğine ve kullanım amacına bağlı olarak alaşım elementleri (alüminyum, bakır, bor, çinko, kobalt, krom, kurşun, magnezyum, manganez, molibden, nadir toprak elementleri¹, nikel, niyobyum, silisyum, tantalum, titanyum, vanadyum, volfram, zirkonyum gibi madenler²) eklenmekte, safsızlıklar giderilmekte ve karbon oranı ayarlanarak istenilen özelliklere sahip çelik elde edilmektedir. Safsızlıkların giderilmesi, çeliğin kalitesini düşüren zararlı maddelerin temizlenmesi anlamına gelmektedir. Bu aşamada safsızlıkların giderilmesiyle, çeliğin bünyesinde bulunan kükürt, fosfor ve fazla karbon gibi istenmeyen elementler uzaklaştırılarak (yakılarak ve gaz şeklinde) malzemenin mekanik özellikleri iyileştirilmekte ve nihai ürünün kalitesi artırılmaktadır. Bununla birlikte tüm elementler yaygın şekilde kullanılmaz. Elementlerin çoğu spesifik amaçlar için ve sınırlı miktarlarda kullanılır. Dolayısıyla çelikte onlarca alaşım elementi kullanılabilir. Ancak her biri farklı özellik kazandırmak için belirli miktarlarda eklenir.

Küresel çelik üretiminin yaklaşık %70'i, yüksek fırın ve bazik oksijen fırını (Blast Furnace-Basic Oxygen Furnace / BF-BOF / BOF) süreçleriyle gerçekleştirilmektedir. Bu süreçte demir cevheri, yaklaşık 1500°C sıcaklıkta, kok kömüründen elde edilen indirgen gazlar (karbon monoksit ve hidrojen) yardımıyla sıvı demire dönüştürülür. Ardından bazik oksijen fırınlarında safsızlıklar giderilerek çeliğin karbon oranı istenilen düzeye ayarlanır (Yavorsky, 2025). Diğer yöntem ise elektrik ark ocağı (EAO) / elektrik ark fırını (EAF) ve indüksiyon fırını (İF) / indüksiyon ocağı (İO) yöntemleriyle üretimdir. Bu tesislerde, cevher yerine temel ham madde olarak çelik hurdası veya doğrudan indirgenmiş demir (Direct Reduced Iron / DRI) kullanılır. Ergitme aşamasında hurda çelik, vinç yardımıyla fırına üstten yüklenir ve burada yüksek sıcaklık altında eritilir. Elektrik ark

fırınlarda, fırın kapağına yerleştirilen elektrotlardan geçen yüksek akımın oluşturduğu elektrik arkı sayesinde gerekli ısı sağlanarak hurda çelik sıvı hale getirilir. İndüksiyon fırınlarında ise ergitme işlemi manyetik indüksiyon prensibine dayalı olarak gerçekleştirilir. Eritilen sıvı metal daha sonra fırından alınarak pota metalürjisi (ikincil metalürji) aşamasına geçirilir. Bu aşamada, çeliğin istenen kalite ve özelliklere ulaşması amacıyla alaşım elementleri eklenir ve sıvı çelik belirli bir süre dinlendirilerek kimyasal ve fiziksel özellikleri kontrol altına alınır (NTO, 2021; Teixeira, 2025).

Ham madde hazırlığı aşamasında, üretimde kullanılan taşkömürü kok bataryalarında işlenerek yüksek ısı sağlayabilen metalürjik kok haline getirilir. Toz halindeki demir cevheri ise doğrudan kullanılmadığından sinter fabrikalarında veya pelet tesislerinde işlenerek yüksek fırında kullanıma uygun sinter ya da pelet formuna dönüştürülür. Yani toz halindeki demir cevheri, yüksek fırında verimli şekilde kullanılabilmesi için sinter veya pelet adı verilen daha iri ve dayanıklı parçalara dönüştürülür. Sinter, ince cevherin ısıtılıp birbirine yapıştırılması, pelet ise cevherin küçük yuvarlak toplar haline getirilmesidir. Bu şekilde hazırlanan ham madde, yüksek fırınlarda eritilerek sıvı halde pik demir elde edilir. Ancak pik demir yüksek oranda karbon içerdiği için kırılgan bir yapıya sahiptir. Bu nedenle çelik üretiminin bir sonraki aşamasında, bazik oksijen fırınında oksijen üflenerek işlenir böylelikle içerisindeki karbon oranı düşürülür ve daha saf / istenilen özelliklere sahip sıvı çeliğe dönüştürülür (NTO, 2021).

Demir-çelik sektörü diğer pek çok sektöre temel girdi sağlayan stratejik bir sektör olduğu için üretilen çelik de kullanıldığı sahalar itibarıyla çeşitli niteliklere sahiptir. Bu yüzden ham çelik, yassı çelik ve vasıflı çelik üretimi farklı üretim aşamaları olan bu anlamda üretimde / alışımda farklı madenlerin kullanıldığı süreçlerdir. Ham çelik, üretim sürecinin ilk aşamasını temsil eden ve demir cevheri ya da hurdanın yüksek sıcaklıklarda ergitilmesiyle elde edilen, henüz şekillendirilmemiş ilk üretim aşaması olan üründür. Bu aşamada çelik; kütük, slab veya ingot gibi formlarda bulunur ve daha ileri işlemler için temel girdi niteliği taşır. Kütük (billet), slab ve ingot (külçe), çeliğin döküm sonrası elde edilen yarı mamul formlarını ifade etmektedir. Kütük, genellikle kare ya da yuvarlak kesitli ve uzun yapıda olup,

¹ Nadir toprak elementleri, yeşil ve dijital teknolojilerdeki benzersiz kullanımları sebebiyle ikamesi çok güç "en stratejik metal sınıfı" olarak kabul edilmektedir. Batılı ülkelerin, nadir toprak elementlerinin çıkarılması ve rafine edilmesi konusunda neredeyse tamamen Çin gibi üçüncü ülkelere bağımlı olması, bu elementleri ekonomik ve jeopolitik açıdan son derece kritik bir konuma taşımaktadır (Pitron, 2023).

² Burada ifade edilen madenler Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından "Stratejik Madenler" olarak belirlenmiştir. Bu madenlerden krom, kobalt, molibden, nikel, niyobyum, titanyum, alüminyum, çinko,

demir, manganez *hem stratejik hem de kritik madenler* listesindedir. **Kritik madenler**; arz kesintisi veya yüksek fiyat artışı halinde ciddi ekonomik sorunların veya tedarik güvenlik zafiyetinin doğabileceği, sanayi üretiminin temel girdilerinden olan ve yüksek arz riski taşıyan madenlerdir. **Stratejik madenler** ise ulusal güvenlik ve ekonomik refah için temel öneme sahip olan ve iç veya dış etkenler nedeniyle arzı kısıtlanabilir madenlerdir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2025).

daha çok inşaat demiri, filmaşın ve profil gibi uzun çelik ürünlerinin üretiminde kullanılır.

Filmaşın ise sıcak haddeleme yoluyla kütükten (billet) üretilen ve kangal halinde sarılan yarı mamul bir çelik üründür. Genellikle 5,5 ila 25 mm çap aralığında üretilen bu malzeme, endüstride çok sayıda nihai ürüne ham madde sağlar. İnşaat sektöründe bağ teli, çivi ve beton çelik hasırının; otomotiv ve makine sanayisinde yay, cıvata ve vida gibi bağlantı elemanlarının; tel sanayisinde ise tel halat ve kaynak elektrotlarının imalatında kullanılır. Filmaşın, karbon oranına bağlı olarak düşük karbonlu (esnek ve işlenmesi kolay) ve yüksek karbonlu (sert ve yüksek mukavemetli) türlere ayrılmaktadır. Ayrıca krom, nikel gibi alaşım elementlerinin ilavesiyle korozyona ve yüksek sıcaklığa dayanıklı çeşitleri de üretilmektedir. Bu özellikleriyle filmaşın, sanayi üretim zincirinde, ham maddeden nihai ürüne giden yolda vazgeçilmez bir ara basamağı oluşturur (Akçelik, 2026; Albayrak Demir Çelik, 2026; DTEL, 2026; Proemtia, 2026; Star Steel, 2026; Steel Orbis, 2026; Tosyalı Holding, 2020, 2026). Slab ise geniş ve yassı bir forma sahiptir. Slab; sac, levha ve rulo gibi yassı çelik ürünlerinin ham maddesini oluşturur. Ingot (külçe), büyük bloklar halinde dökülen bir formdur. Geçmişte yaygın olarak kullanılmakla birlikte, günümüzde özellikle vasıflı çelikler, büyük dövme parçalar (şaft, mil, rotor) ve açık dövme yöntemleri için hâlâ tercih edilmektedir. Ingot, yeniden ısıtılarak kütük veya slab haline getirilebileceği gibi doğrudan dövülerek de nihai ürüne dönüştürülebilir. Bu üç form, çeliğin nihai kullanım alanına göre şekillendirilmesinde temel ara ürünler olarak önemli bir rol oynar.

Ham çeliğin haddeleme ve şekillendirme işlemlerine tabi tutulmasıyla birlikte kullanım amacına göre farklı ürün grupları ortaya çıkar. Bunlardan ilki olan yassı çelik, slabların haddelenerek inceltilmesi sonucu elde edilen geniş yüzeyli ve düz formdaki ürünleri kapsar. Sac, levha ve rulo gibi ürünler bu grupta yer alır ve özellikle otomotiv, beyaz eşya, makine ve gemi inşa gibi sanayi kollarında kullanılır. Yassı çelikler, genellikle daha yüksek kalite gereksinimi ve işlenmişlik düzeyi nedeniyle daha yüksek katma değer sunar. Diğer bir ürün grubu olan uzun çelik ise kütüklerin işlenmesiyle elde edilen ve belirli bir uzunluk ile kesit formuna sahip ürünleri ifade eder. İnşaat demiri, filmaşın ve çeşitli profil türleri bu gruba dahildir. Uzun çelikler daha çok inşaat ve altyapı faaliyetlerinde kullanılır ve geniş hacimli talep yapısıyla öne çıkar. Ancak genel olarak yassı çeliğe kıyasla daha düşük katma değerli ürünler olarak değerlendirilir.

Vasıflı çelik ise içerdiği alaşım elementleri sayesinde yüksek dayanım, korozyon direnci ve performans özellikleri kazanan, ileri üretim teknolojisi gerektiren bir çelik türüdür. Bu çelikler özellikle otomotiv, savunma, makine ve enerji

sektörlerinde kritik öneme sahiptir. Her ne kadar yassı çelik de söz konusu alanlarda kullanılsa da vasıflı çelik, özellikle yüksek mukavemet, aşınma direnci, darbe dayanımı ve uzun ömür gibi kritik gereksinimlerin ön planda olduğu uygulamalarda / ürünlerde vazgeçilmez bir malzeme olarak öne çıkar.

Çeliğin yapısal dayanımını, paslanmazlık özelliğini ve mekanik performansını artırmak amacıyla üretim süreçlerine krom, nikel, manganez, vanadyum ve molibden gibi madenler ile çeşitli ferro alaşımlar dahil edilmektedir (Pitron, 2023; Walek vd., 2026). Çelik üretim süreci, ham çelik ile başlayıp yassı-uzun çelik ürünlere ve vasıflı çeliğe doğru ilerleyen bir dönüşüm zinciri şeklinde işler. Bu zincir içerisindeki ürün çeşitliliği, ülkelerin endüstriyel yapısını, üretim teknolojisini ve katma değer oluşturma kapasitesini anlamada önemli bir gösterge sunmaktadır.

Bununla birlikte çelik endüstrisinde rekabet gücü doğrudan kalkınmayla ilişkili olduğu için son derece hayati bir husustur. Dünya Ekonomik Forumu'nun "Küresel Rekabet Endeksi 4.0" verilerine göre Türkiye, 141 ülke arasında 62,1 puanla 61. sırada yer almakta ve küresel rekabet ortamında orta düzeyde bir konumda bulunmaktadır. Türk demir-çelik sektörünün küresel rekabet gücünü etkileyen temel sorunlar arasında gümrük prosedürlerinin oluşturduğu yük, yüksek toplam vergi oranları, vergilendirme sisteminin kapsamı ve bankacılık sisteminin yeterince güçlü olmaması öne çıkmaktadır. Bunun yanında üretimde kullanılan enerji, ham madde ve iş gücü maliyetlerinin yüksekliği ile özellikle yassı mamul ürünlerde dış pazarlardan gelen düşük maliyetli ithal ürünler, Türkiye'nin uluslararası piyasalardaki rekabet gücünü sınırlandıran başlıca unsurlar arasında yer almaktadır (Kabak vd., 2016; Serin ve Fidan, 2019).

Amaç ve Yöntem

Bu çalışmanın amacı, küresel çelik endüstrisindeki yapısal dönüşümler ve üretim eğilimleri çerçevesinde Türkiye'de vasıflı çelik üretiminin mevcut durumunu kapsamlı biçimde analiz etmek ve sektörde belirgin şekilde ortaya çıkan düşük katma değer probleminin temel nedenlerini ortaya koymaktır. Bu doğrultuda, Türkiye çelik sektörünün üretim yapısı; ürün kompozisyonu, teknoloji düzeyi, maliyet unsurları, ham madde bağımlılığı ve rekabet gücü gibi çok boyutlu değişkenler üzerinden değerlendirilerek küresel ölçekte önde gelen üretici ülkelerle karşılaştırmalı bir perspektifte incelenmektedir. Çalışma aynı zamanda, Türkiye'nin uzun ürün ağırlıklı ve görece düşük katma değerli üretim yapısından, yüksek katma değer yaratan vasıflı çelik üretimine geçiş sürecinde karşılaştığı yapısal sorunları tespit etmeyi ve bu dönüşümün gerekliliklerini ortaya koymayı hedeflemektedir. Bu amaç doğrultusunda araştırmada nitel araştırma yaklaşımı

benimsenmiş olup, veri toplama tekniği olarak ise doküman analizi yönteminden yararlanılmıştır. Bu kapsamda ikincil veri analizi gerçekleştirilmiştir. Böylece Türkiye çelik sektörünün mevcut yapısal özellikleri küresel çelik endüstrisinin dinamikleri ile ilişkilendirilmiş, sektördeki sorunlar neden-sonuç ilişkisi bağlamında ele alınarak bütüncül bir analiz ortaya konulması hedeflenmiştir. Çalışmaya ilişkin ortaya çıkan hipotez (H) cümlesi şöyledir:

H1: Türkiye’de demir-çelik sektörünün büyük ölçüde hurda bazlı üretim yapısına dayanması ve ileri metalurjik teknolojilerin sınırlı düzeyde kullanılması, yüksek katma değerli ve vasıflı çelik üretim kapasitesini sınırlandırarak ileri teknolojiye dayalı sanayi sektörlerinin gelişimi ve küresel rekabet gücü üzerinde olumsuz etki oluşturmaktadır.

Bu doğrultuda belirlenen araştırma soruları ise şu şekildedir:

- 1) Türkiye’de çelik sektöründe düşük katma değer probleminin ortaya çıkmasının temel nedenleri nelerdir?
- 2) Küresel çelik piyasasında Türkiye’nin rekabet gücünü etkileyen faktörler nelerdir?
- 3) Türkiye’nin çelik sektöründe yüksek katma değerli ve vasıflı çelik üretimine geçiş yapabilmesi için hangi yapısal dönüşümlere ihtiyacı vardır?

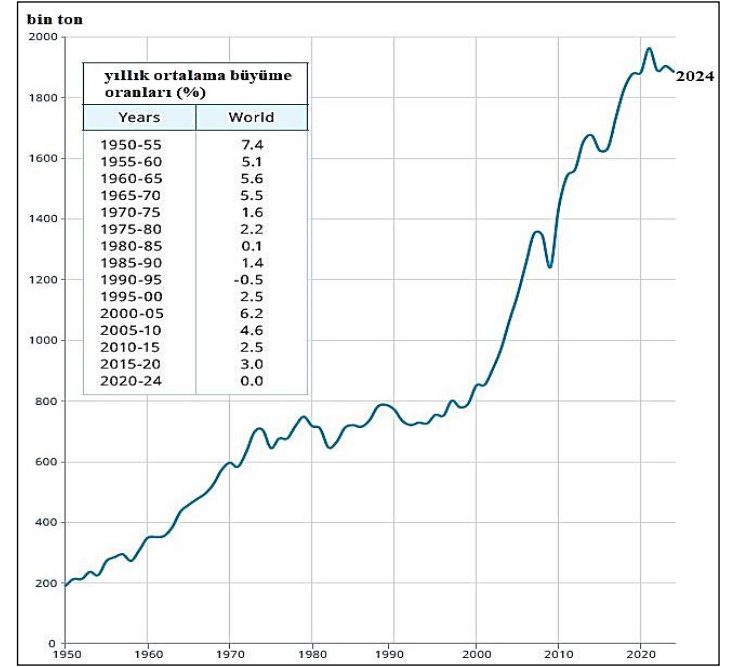
Dünya Çelik Endüstrisi

Ham Çelik

Küresel bazda ham çelik üretimi inşaat, otomotiv, beyaz eşya, makine, altyapı gibi sektörler temel girdi oluşturması sebebiyle son derece hayati bir niteliktedir. Sektörde Çin’in mutlak hakimiyeti söz konusudur. Çin, 1 milyar tonu aşan üretimiyle küresel çelik üretiminin ve tüketiminin %50’sinden fazlasını tek başına gerçekleştiren bir pazar lideridir. Çin’in üretim ve ihracat stratejileri, küresel fiyatları ve tedarik zincirini doğrudan etkilemektedir. Çin’i sırasıyla Hindistan, Japonya, ABD, Rusya, Güney Kore, Almanya ve Türkiye takip etmektedir. Özellikle devasa altyapı yatırımlarına odaklanan Hindistan, üretimini hızla artırarak dünyanın en büyük ikinci üreticisi konumunu sağlamıştır (Garanti BBVA, 2024; Halk Yatırım, 2025; IEA, 2020; KPMG Türkiye, 2023; WSA, 2025). Dünya çelik üretimi için Şekil 1.

Şekil 1.

Küresel Ölçekte Çelik Üretimi (1950-2024)



Kaynak: WSA, 2025

World Steel Association (WSA) 2025 verilerine göre üretimde önde gelen ilk 20 ülkeye bakıldığında ise bu ülkelerin küresel toplam üretim olan 1, 884 milyon tonun %90’dan fazlasını gerçekleştirdiği görülmektedir (Şekil 2).

Tablo 1.

Küresel Ölçekte Ham Çelik Üretiminde Önde Gelen Ülkeler

Sıralama	Ülke	Üretim Miktarı (Milyon Ton)	Küresel Üretimdeki Payı (%)
1	Çin	1005.1	53.35
2	Hindistan	149.4	7.93
3	Japonya	84.0	4.46
4	ABD	79.5	4.22
5	Rusya	71.0	3.77
6	G.Kore	63.6	3.38
7	Almanya	37.2	1.97
8	Türkiye	36.9	1.96
9	Brezilya	33.8	1.79
10	İran	31.4	1.67
11	Vietnam	22.0	1.17
12	İtalya	20.0	1.06
13	Tayvan, Çin	19.2	1.02
14	Endonezya	18.0	0.96
15	Meksika	13.8	0.73
16	Kanada	12.3	0.65
17	İspanya	11.9	0.63
18	Fransa	10.8	0.57
19	Mısır	10.7	0.57
20	S.Arabistan	9.6	0.51

Kaynak: WSA, 2025

Üretimin coğrafi dağılımına bakıldığında, özellikle Asya kıtasının belirleyici olduğu görülmektedir (Tablo 1). Çin, tek başına dünya üretiminin yarısından fazlasını gerçekleştirerek açık ara liderdir. Çin'i Hindistan, Japonya ve ABD gibi ülkeler takip etmektedir. Avrupa Birliği ülkeleri ise daha çok yüksek katma değerli ve vasıflı çelik üretimine yönelmiş durumdadır.

Küresel çelik üretiminin yapısal özellikleri değerlendirildiğinde ise gelişmekte olan ülkelerin daha çok miktar odaklı ve uzun ürün üretimine yöneldiği, gelişmiş ülkelerin ise yüksek katma değerli yassı ve vasıflı çelik üretiminde uzmanlaştığı görülmektedir. Bu durum, çelik sektörünün sadece üretim miktarıyla değil, aynı zamanda ürün kalitesi ve teknoloji düzeyiyle de değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte kişi başı ham çelik tüketimi de ülkelerin kalkınmışlık düzeylerinin anlaşılmasında önemli bir göstergedir. Ancak ham çelik tüketiminde önem taşıyan husus vasıflı çelik tüketimidir (Özdemir ve Oral, 2015). Bu durum üretim için de geçerlidir. Vasıflı çelik üretimi, ham çelik ve yassı çelik üretimine kıyasla yüksek teknoloji kullanımı ve bunun neticesinde yüksek katma değerli / kaliteli çelik anlamına geldiği için bu alandaki üretim ilgili ülkenin gelişmişliğini ve kritik sektörlerdeki konumunu gösteren önemli bir veridir.

WSA 2024 yılı verilerine göre küresel çelik tüketiminin / kullanımının sektörel dağılımı incelendiğinde, toplam tüketimin %52'sinin bina ve altyapı sektöründe yoğunlaştığı görülmektedir. Bu durum, çeliğin küresel ölçekte hâlen büyük ölçüde inşaat faaliyetlerine bağlı bir talep yapısına sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Buna karşılık makine ekipmanları (%16), otomotiv (%12) ve metal ürünleri (%10) gibi sanayi odaklı kullanım alanlarının toplam payı daha sınırlı kalmaktadır. Elektrikli ekipmanlar (%3) ve ev aletleri (%2) gibi yüksek teknoloji içeren sektörlerin payı ise oldukça düşük düzeyde seyretmektedir. Ancak bu düşük orana rağmen çelik, elektrikli ekipmanlar ve ev aletleri sektörleri açısından ikame edilemez olduğu için stratejik niteliktedir. Bu dağılım, çelik sektöründe hacim odaklı ve görece düşük katma değerli kullanım alanlarının baskın olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla çelik tüketim yapısı, ülkelerin sanayileşme düzeyi ile doğrudan ilişkili olup inşaat ağırlıklı yapıdan sanayi ve teknoloji odaklı kullanıma doğru bir dönüşüm ihtiyacına işaret etmektedir. Türkiye özelinde değerlendirildiğinde ise benzer şekilde inşaat odaklı çelik tüketim yapısının öne çıktığı görülmektedir. Otomotiv, makine ve yüksek teknolojili üretim alanlarına yönelik çelik kullanımının artırılmasının sektörde katma değer ve rekabet gücü açısından kritik bir gereklilik olduğu anlaşılmaktadır.

Vasıflı Çelik

Vasıflı ve alaşımlı çelikler, 1865 yılından bu yana otomotiv, havacılık, ağır makine ve boru hatları gibi birçok

stratejik endüstride geniş kullanım alanı bulan kritik malzemelerdir. Düşük alaşımlı çeliklerde ağırlıkça %1-2 oranında, paslanmaz çeliklerde ise %15-18 oranına kadar Krom (Cr) veya Nikel (Ni) gibi alaşım elementleri içerebilirler. Bu alaşımlama sayesinde sanayinin gereksinim duyduğu geniş bir mekanik özellik yelpazesi elde edilir. Otomotiv endüstrisinde daha güvenli ve yakıt tasarrufu sağlayan araçların geliştirilmesi gibi modern dünyanın birçok teknolojisi, bu gelişmiş alaşımlı çelikler sayesinde mümkün olmaktadır (Tuttle, 2018).

Dünya genelinde vasıflı çelik üretimi, yüksek teknoloji ve AR-GE kapasitesine sahip ülkelerde yoğunlaşmıştır. Japonya, Almanya ve Güney Kore gibi ülkeler, yüksek kaliteli çelik üretiminde öncü konumda bulunurken, Çin hem miktar hem de giderek artan kalite kapasitesi ile küresel pazarda belirleyici bir aktör haline gelmiştir. ABD ve Avrupa ülkeleri ise daha çok yüksek katma değerli niş ürünlere odaklanmaktadır. Vasıflı çelik üretimi, yüksek katma değer yaratma kapasitesi nedeniyle ülkelerin sanayi politikalarında önemli bir yer tutmaktadır. Bu alanda üretim yapan ülkeler, yalnızca ham madde ihracatçısı olmaktan çıkarak ileri teknoloji ürünler geliştirme kabiliyeti kazanmakta ve küresel rekabet gücünü artırmaktadır. Bu nedenle vasıflı çelik üretimi, sanayileşmenin ileri aşamasını temsil eden bir gösterge olarak kabul edilmektedir.

Vasıflı çelikler, ulusal kalkınma açısından stratejik bir konuma sahiptir. Gelişmekte olan ülkelerde yüksek vasıflı demir-çelik tüketimi hızla artmaktadır. Hatta geçmişte ulusların kalkınmışlık düzeyinin bir ölçüsü olarak kabul edilen "kişi başına ham çelik tüketimi" artık dönüşüme uğramış ve gelişmişlik "kişi başına vasıflı çelik tüketimi" verisi üzerinden değerlendirilmektedir (Özdemir ve Oral, 2015; Ticaret Bakanlığı, 2018).

Vasıflı çeliklerin (özellikle gelişmiş paslanmaz ve alaşımlı çeliklerin) üretiminde karşılaşılan başlıca metalürjik zorluklar, ergitme, döküm, şekillendirme ve ısıl işlem süreçlerinde ortaya çıkan mikroyapısal sorunlardan kaynaklanmaktadır. Bu süreçlerde temel güçlükler çeliğin kimyasal bileşiminin hassas biçimde kontrol edilmesi, zararlı safsızlıkların giderilmesi, iç kusurların (inklüzonların) en aza indirilmesi ve homojen bir mikroyapının elde edilmesi gerekliliği etrafında yoğunlaşmaktadır.

Üretim sırasında alaşım elementlerinin çok küçük oranlarda bile değişmesi çeliğin özelliklerini ciddi biçimde etkileyebilmektedir. Kükürt, fosfor ve özellikle hidrojen gibi istenmeyen elementler *hidrojen gevrekliği* gibi sorunlara yol açarak malzemenin kırılabilirliğini artırabilir. Ayrıca döküm ve katılaşma süreçlerinde oluşan segregasyonlar (çelik içinde kimyasal bileşenlerin homojen dağılmaması), çeliğin her noktasında aynı özelliklerin elde edilmesini zorlaştırır. Isıl işlem sırasında çeliğin iç yapısı (yani kristal yapısı) değişir ve bu değişimler doğrudan malzemenin

sertlik, dayanım ve süneklik özelliklerini belirler. Eğer bu süreçte sıcaklık, süre ve soğutma hızı doğru şekilde ayarlanmazsa, çelikte istenilen yapı oluşmaz. Bu durum malzemenin ya gereğinden fazla sert ve kırılgan ya da fazla yumuşak ve dayanıksız olmasına neden olur. Tüm bu nedenlerle vasıflı çelik üretimi, yüksek hassasiyet, ileri teknoloji ve yüksek dikkat gerektiren karmaşık bir metalürjik süreçtir (Barrera vd., 2018; Javeria ve Kim, 2025).

Bununla birlikte WSA ve diğer uluslararası kuruluşlar, düzenli olarak “ham çelik (crude steel)” üretim verilerini yayımlamaktadır. Ancak vasıflı çelik özelinde ülke bazında ayrıştırılmış üretim istatistikleri ham çelikte olduğu kadar şeffaf değildir. Verilerin çoğunun şirket bazında tutulması ve özel çelik tanımının ülkelere göre değişmesi vasıflı çelik üretimine dair detaylı verilere erişilmesini engellemektedir.

Vasıflı / özel çeliğe ilişkin bölgeler bazında şu değerlendirmeler yapılabilir:

Kuzey Amerika’da 2024 yılında yaklaşık 49 milyon ton özel çelik tüketilmiş, bunun 41,7 milyon tonu ABD’ye ait olmuştur. Tüketimin önemli bir kısmı otomotiv (22,6 milyon ton) ve havacılık (9,3 milyon ton) sektörlerinden gelmektedir. Savunma projeleri ve Meksika Körfezi’ndeki enerji yatırımları, özellikle yüksek mukavemetli ve korozyona dayanıklı çeliklere olan talebi artırmaktadır. Avrupa’da özel çelik talebi 2024 yılında 65 milyon tona ulaşmıştır. Bu alanda Almanya 27,5 milyon ton ile lider konumda bulunurken, Fransa ve İtalya sırasıyla 9,8 ve 8,4 milyon tonluk üretim/tüketim değerleriyle öne çıkmaktadır. Bölgede özellikle kimya ve nükleer sanayilerde kullanılan dubleks ve östenitik paslanmaz çelikler yaygındır. Avrupa’daki 230’dan fazla tesis, yüksek kaliteli otomotiv çelikleri ve hassas takım çelikleri (kesme, şekillendirme ve işleme gibi alanlardaki alet edavatlarının yapımında kullanılan çelik) üretimine odaklanmıştır. Asya-Pasifik bölgesi ise 2024 yılında 102 milyon tonun üzerindeki tüketimiyle en büyük pazar olmayı sürdürmektedir. Çin tek başına yaklaşık 110 milyon ton üretim gerçekleştirmiş ve bunun önemli bir kısmını ihraç etmiştir. Hindistan (24 milyon ton) ve Japonya (21,6 milyon ton) da bölgenin diğer önemli üreticileridir. Özellikle elektrikli araçlar ve altyapı yatırımlarındaki hızlı artış, bu bölgede özel çeliğe olan talebi yükseltmektedir. Orta Doğu ve Afrika bölgesi ise 2024 yılında küresel talebe 15,6 milyon ton katkı sağlamıştır. Birleşik Arap Emirlikleri ve Suudi Arabistan sırasıyla 5,4 ve 4,7 milyon ton ile öne çıkmaktadır. Petrokimya ve tuzdan arındırma projeleri (desalinasyon), vasıflı çeliklere olan talebi artırmıştır. Buna karşılık Mısır ve Güney Afrika gibi ülkeler, üretimin yetersiz kalması nedeniyle toplamda 2,8

milyon ton takım çeliği ithal etmişlerdir (Market Reports World, 2025). Küresel bazda vasıflı çelik pazarının görünümü için Şekil 2 incelenebilir.

Şekil 2.

Dünya Vasıflı Çelik Pazarının Dinamikleri



Kaynak: Market Reports World, 2025 verilerinden yararlanarak NotebookLM yapay zekâ aracı yoluyla oluşturulmuştur.

Türkiye’de Demir-Çelik Sektörü

Türkiye demir-çelik sektörü, üretim kapasitesi ve istihdam hacmiyle ülke sanayisinin lokomotiflerinden biridir. Buna rağmen küresel düzeydeki arz-talep dengesizlikleri, maliyet artışları ve yapısal faktörler gibi çeşitli zorluklarla karşı karşıyadır.

Türkiye’deki ham çelik üretiminin yaklaşık %70’i hurdadan üretim yapan Elektrik Ark Ocaklı (EAO) tesislerde, %30’u ise demir cevherinden üretim yapan entegre bazık oksijen fırınları (BOF) tesislerinde gerçekleştirilmektedir. 2024 yılı itibarıyla EAO ve İndüksiyon Ocağı³ (İO)’dan oluşan elektrikli üretim yöntemleriyle 25,8 milyon ton ham çelik üretilirken, entegre üretim yöntemi olan BOF ile yaklaşık 11,1 milyon ton üretim gerçekleştirilmiştir. Toplam üretim kapasitesi ise 53-54 milyon ton seviyelerindedir (KPMG, 2025; KPMG, 2023; NTO, 2021).

Demir-çelik sektörü enerji yoğun bir endüstridir ve Türk demir-çelik sektöründe enerji maliyetleri toplam üretim giderlerinin %15-25’ini oluşturmaktadır. Yüksek enerji yoğunluklu bir sektör olması nedeniyle elektrik ve doğal gaz fiyatlarındaki sert artışlar ile asgari ücret zamlarından kaynaklanan işçilik maliyetleri, Türk çelik üreticilerinin kâr

³ Demir-çelik indüksiyon ocağı, metallerin elektromanyetik indüksiyon yöntemiyle eritildiği bir ısıtma sistemidir. Bu ocakta ısı, yakıt yerine elektrik akımının oluşturduğu manyetik alan sayesinde elde edilir. Ocağın çevresine yerleştirilen bakır bobinler, manyetik alanı meydana getirir.

Metal, bu manyetik alan içinde oluşan indüklenmiş akımlar nedeniyle kendi içinde ısınarak erir. Elektrik ark ocaklarının (EOF) aksine, indüksiyon ocağında elektrot kullanılmaz ve ısıtma elemanları ile metal arasında doğrudan temas söz konusu değildir.

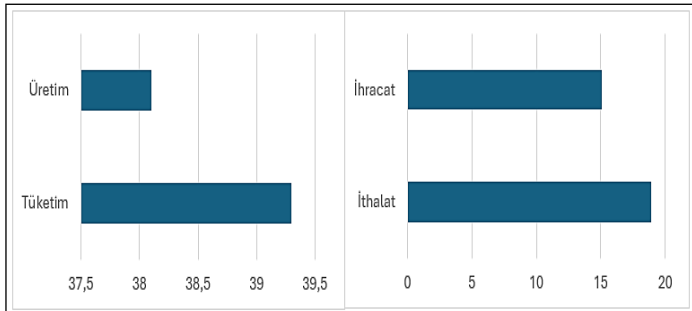
marjlarını daraltmış ve küresel pazarlardaki rekabet gücünü zayıflatmıştır. Rekabet gücündeki bu sorunlar sebebiyle en büyük ihracat pazarlarımız olan Avrupa Birliği (AB) ve Uzak Doğu Asya'da önemli pazar kayıpları yaşanmıştır (KPMG, 2023).

Bununla birlikte sektör, temel ham maddeleri olan demir cevherinin yaklaşık %70'ini, hurdanın büyük bölümünü ve taşkömürünün ise tamamına yakını ithalat yoluyla karşılamaktadır. 2025 Türkiye çelik sektöründe ihracatın ithalatı karşılama oranı %77,6 olarak gerçekleşmiştir (TÇÜD, 2026). Dış ticaret açığındaki en büyük etkenlerin başında milyarlarca dolarlık hurda ithalatı gelmektedir (Garanti BBVA, 2024, KPMG, 2023; NTO, 2021).

2025 yılı toplam verilerine göre, Türkiye'nin ham çelik üretimi bir önceki yıla göre %3,3 artarak 38,1 milyon tona, nihai mamul tüketimi ise %2,6 artarak 39,3 milyon tona yükselmiştir. Çelik ürünleri ihracatı miktar bazında %12,5 artışla 15,1 milyon ton, değer bazında 10,2 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. İthalat miktarı %8,6 artarak 18,9 milyon tona çıkmış, değeri ise 13,1 milyar dolar olmuştur (TÇÜD, 2026). TÜİK verilerine göre 2025 yılında; Türkiye'nin toplam ihracatı, 273,3 milyar dolar iken toplam ithalat, 365,3 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir (Şekil 3).

Şekil 3.

Türkiye'nin Çelik Üretim-Tüketim ve İhracat-İthalat Görünümü (milyon ton)



Kaynak: TÇÜD, 2026 verilerinden yararlanarak oluşturulmuştur.

Küresel çelik üretiminin %53'ünü tek başına gerçekleştiren Çin, iç talebin daralmasıyla birlikte ihracata yönelmiştir. Sübvansiyonlarla desteklenen Çin çeliği, neredeyse maliyetine yakın fiyatlarla küresel piyasaya sürülmüş ve dünya çelik fiyatlarını aşağı çekmiştir. Bu durum Türk üreticiler üzerindeki rekabet baskısını artırmış ve kâr marjlarını da ciddi ölçüde düşürmüştür. Aynı dönemde, Türkiye'nin başlıca ihracat pazarları olan AB ve ABD gibi ülkelerdeki korumacı politikalar da Türk çeliğinin bu pazarlara erişimini sınırlamıştır. Bu dış baskıların yanında Çin'e ek olarak Endonezya, Vietnam ve serbest ticaret anlaşmalarıyla Türkiye'ye avantajlı giriş sağlayan Malezya gibi Uzak Doğu ülkeleri, 2024'te Türk iç pazarına adeta düşük fiyatlı çelik yağdırmıştır. Ayrıca Türkiye'de yüksek

seyreden enerji ve işçilik maliyetleri ile kur-enflasyon makasındaki bozulma da rekabet gücünü olumsuz etkilemiştir (KPMG, 2025).

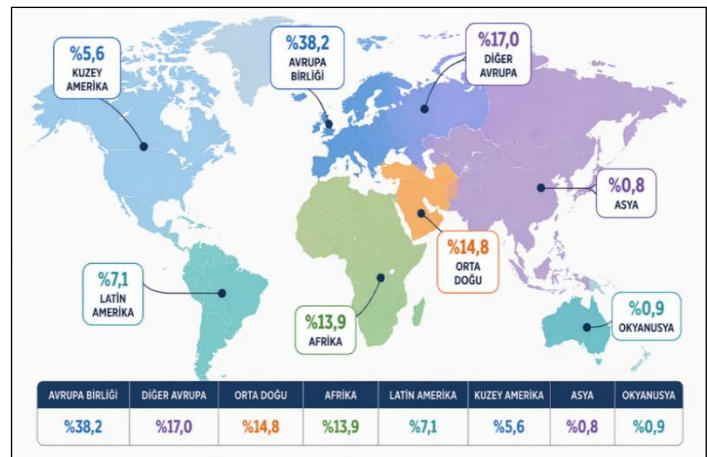
Bununla birlikte, Turkish Steel verilerine göre Türkiye'nin 2024 yılı çelik ihracatının bölgelere göre dağılımı incelendiğinde, ihracatın en büyük kısmının %38,2 ile Avrupa Birliği'ne yönelmesi, Türkiye çelik sektörünün Avrupa pazarına güçlü biçimde entegre olduğunu göstermektedir. Buna ek olarak %17 ile diğer Avrupa ülkeleri de dikkate alındığında, toplam ihracatın yaklaşık %55'inin Avrupa kıtasına yapıldığı anlaşılmaktadır. Bu durum coğrafi yakınlık ve lojistik avantajlar gibi faktörlerin Türkiye'nin dış ticaretinde belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır.

İkinci önemli pazar grubu ise %14,8 ile Orta Doğu ve %13,9 ile Afrika bölgeleridir. Bu iki bölge birlikte değerlendirildiğinde Türkiye'nin çelik ihracatında gelişmekte olan pazarlara yöneliminin güçlü olduğu görülmektedir. Özellikle bu bölgelerde altyapı ve inşaat yatırımlarının yüksek olması Türkiye'nin uzun mamul ağırlıklı üretim yapısıyla örtüşmekte ve ihracatın bu alanlarda yoğunlaşmasına neden olmaktadır.

Buna karşılık Latin Amerika (%7,1) ve Kuzey Amerika (%5,6) daha sınırlı paylara sahip olup, coğrafi uzaklık ve ticari kısıtlamalar bu durumun temel nedenleri arasında yer almaktadır. Asya (%0,8) ve Okyanusya (%0,9) ise oldukça düşük paylara sahip olup, Türkiye'nin bu pazarlarda rekabet gücünün sınırlı olduğunu göstermektedir (Şekil 4) (veriler ülke ölçeğinde olmayıp bölge bazında mevcuttur).

Şekil 4.

Türkiye'nin Bölgeler Bazında Çelik İhracatı



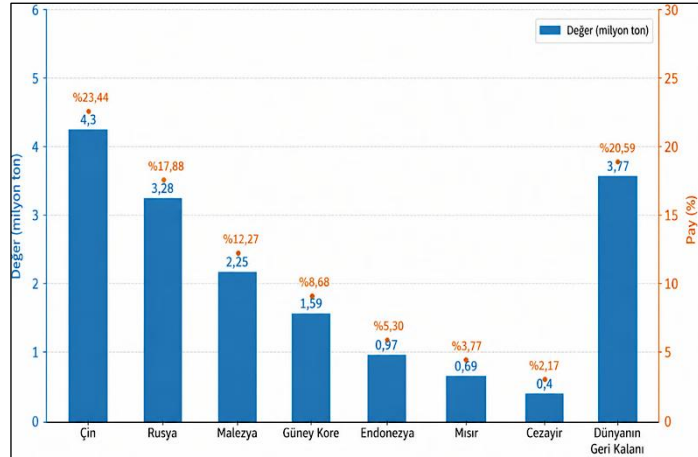
Kaynak: Turkish Steel, 2025 verilerinden yararlanarak NotebookLM yapay zekâ aracı yoluyla oluşturulmuştur.

Diğer taraftan International Trade Administration (U.S. Department of Commerce, Enforcement and Compliance. Trade data from S&P Global Ltd.) verilerine göre Türkiye'nin 2024 yılı çelik ithalatının ise şu özelliklere sahip olduğu görülmektedir. İthalatın %23,44'ü Çin'den

gerçekleşmektedir. Çin'in düşük maliyetli üretim avantajına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu durum Türkiye açısından önemli bir tedarik unsuru olmakla birlikte yerli üreticiler üzerinde rekabet baskısı oluşturabilecek bir faktördür. Çin'i %17,88 ile Rusya takip etmektedir. Rusya'nın özellikle yarı mamul olan ve enerji avantajına dayalı üretimi Türkiye için stratejik bir tedarik rolü üstlendiğini göstermektedir. Bu iki ülkenin toplam payının %40'ı aşması ithalatın belirli ülkelere yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. Üçüncü sırada yer alan Malezya (%12,27) ve ardından gelen Güney Kore (%8,68) gibi ülkeler, özellikle yassı çelik ve belirli özel ürün gruplarında Türkiye'nin önemli tedarikçileri arasında yer almaktadır. Bu durum, Türkiye'nin bazı ürün segmentlerinde dışa bağımlılığının sürdüğünü göstermektedir. Bunun yanı sıra Endonezya (%5,3), Mısır (%3,77) ve Cezayir (%2,17) gibi ülkeler daha sınırlı paylara sahip olmakla birlikte, ithalatın coğrafi olarak çeşitlendiğini göstermektedir. "Diğer ülkeler" grubunun %20,59 gibi önemli bir paya sahip olması, ithalatın geniş bir ülke grubuna yayıldığını, fakat ana tedarikçilerin belirli ülkelerde yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. Bu durum küresel fiyat dalgalanmaları, ticaret politikaları ve sektörlerdeki endüstriyel üretim durumu gibi gelişmelere bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Türkiye'nin çelik ithalatı Çin, Rusya, Güneydoğu Asya, Kuzey Afrika, Avrupa gibi çeşitli coğrafyalardan gerçekleşmektedir (Şekil 5).

Şekil 5.

Türkiye'nin Ülkelere Göre Çelik İthalatı



Kaynak: The International Trade Administration, 2025 (U.S. Department of Commerce, Enforcement and Compliance. Trade data from S&P Global Ltd.) yararlanarak ChatGPT yapay zekâ aracı yoluyla oluşturulmuştur.

İhracat ve ithalat verilerinden yola çıkarak Türkiye çelik sektörünün güçlü ve zayıf yönleri şu şekilde belirtilebilir (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2023-PwC Analiz):

Güçlü Yönler:

- İmalat sanayi ve inşaat sektörlerinin güçlü varlığı
- Sektörün geniş ve çeşitli dış pazar ağı
- Büyük pazarlara coğrafi yakınlıktan kaynaklanan lojistik avantajlar
- EAO'ların üretimdeki yüksek payı⁴
- Sektörün uluslararası rekabetçilik, pazarlama ve markalaşma gücü

Zayıf Yönler:

- Ara mal ve ham madde tedarikinde yüksek oranda dışa bağımlılık
- Enerji tedarikinde yüksek oranda dışa bağımlılık
- Dünya genelinde çelik endüstrisinde artan korumacılık eğilimleri
- Dahilde işleme rejiminin (yurt dışından ham madde veya ara malı temin ederek gerçekleşen üretim) önümüzdeki dönemde yaratacağı potansiyel engeller
- Yüksek katma değerli ürünler için daha fazla Ar-Ge ve inovasyon ihtiyacı

Bulgular

Düşük Katma Değerli Üretim Yapısı ve Vasıflı Çelik Üretiminde Yetersizlik

Türkiye'de demir-çelik sektörü, özellikle 1980 sonrasında inşaat sektörüne yönelik verilen teşviklerin etkisiyle uzun ürünlerde (inşaat demiri, profil vb.) iç talep ve tüketimin çok üzerinde devasa bir kapasiteye ulaşmıştır. Bu durum sektörde yapısal bir dengesizlik ortaya çıkmıştır. Otomotiv ve makine gibi sanayilerin ihtiyacı olan yassı ve vasıflı çelik üretim kapasitesi ise bu konuda önde gelen ülkelerin oldukça gerisinde kalmıştır (NTO, 2021; Ticaret Bakanlığı, 2018).

Vasıflı çelik üretiminin az olması ihracatın kilogram başına değerini doğrudan düşürmektedir. Türkiye dünya pazarlarına çelik ihraç ederken birim fiyatları, yüksek vasıflı çelik üreten rakiplerinin oldukça gerisinde kalmaktadır. Örneğin, bir dönem Türkiye'nin çelik ürünleri ihracat birim fiyatı 0,84 dolar/kg seviyesindeyken; vasıflı ve katma değerli üretime odaklanan Almanya'nın 1,54 dolar/kg, Çin'in ise 1,08 dolar/kg seviyelerinde gerçekleşmiştir. Bu tablo, yüksek teknoloji ürünlerinin ve vasıflı çeliğin ihracat içerisindeki payının artırılmasının zorunluluğunu göstermektedir (Ticaret Bakanlığı, 2018).

Türkiye demir-çelik sektörü, toplam üretim kapasitesi açısından dünya sıralamasında önemli bir konumda yer alsa da üretim yapısı büyük ölçüde düşük katma değerli ürünlere dayanmaktadır. Özellikle inşaat sektörüne yönelik uzun

⁴ Türkiye'de ve gelişmiş ülkelerde EAO teknolojisi benzer olmakla birlikte ham madde kalitesi, doğrudan indirgenmiş demir (DRI) kullanımı ve ikincil metalurji süreçlerinin (pota, vakum, rafinasyon) gelişmişlik düzeyi, vasıflı

çelik üretim kapasitesini belirleyen temel unsurlar olarak öne çıkmaktadır.

ürünlerin ağırlıkta olması, yüksek katma değerli vasıflı çelik üretiminin gelişimini sınırlamaktadır. Vasıflı çelikler; otomotiv, savunma, makine ve havacılık gibi ileri teknoloji gerektiren sektörlerin temel girdisini oluşturmalarına rağmen Türkiye bu alanda yeterli çeşitlilik ve kalite düzeyine henüz ulaşamamıştır. Bu durum bir taraftan Türkiye'nin sektörde katma değer üretme kapasitesini sınırlandırırken dışa bağımlılığı da artırmaktadır.

Yetersiz Ar-Ge ve Teknoloji Yatırımları

Vasıflı çelik üretimi, yüksek düzeyde teknik bilgi, süreç kontrolü ve sürekli yenilik gerektiren bir alandır. Gelişmiş ülkelerde bu üretim türü yoğun araştırma-geliştirme (Ar-Ge) faaliyetleri ile desteklenirken, Türkiye'de Ar-Ge yatırımlarının sınırlı kalması önemli bir dezavantaj oluşturmaktadır. Üniversite-sanayi iş birliğinin yeterli düzeyde kurumsallaşmamış olması da bilgi akışını ve transferini zayıflatmaktadır. Bu nedenle yeni alaşım geliştirme, mikro yapı kontrolü ve yüksek üretim teknikleri gibi kritik alanlarda ilerleme sınırlı kalmakta ve sektör teknoloji ithal eden bir yapı sergilemektedir.

Vasıflı çelik üretimi, ileri metalürjik prosesler ve ciddi teknolojik altyapı gerektirmektedir. Yüksek teknolojiye girdi sağlayan vasıflı çelikteki dışa bağımlılık, Türkiye'nin Ar-Ge faaliyetleri konusunda önemli ilerlemeler kaydetmesi zorunluluğunu açıkça ortaya koymaktadır. Otomotiv, havacılık ve savunma sanayilerinde kullanılan çeliklerin geliştirilebilmesi için iki temel ihtiyaç bulunmaktadır. Birincisi, şirketlerin korozyon direnci ve karbon emisyonlarının azaltılması gibi rekabet öncesi alanlarda ortak Ar-Ge projeleri yürütebileceği ekosistemlerin güçlendirilmesi; ikincisi ise inovatif faaliyetlere yönelik yatırımların artırılmasıdır (NTO, 2021; Oral ve Özdemir, 2015).

Türkiye'de çelik üretiminin ürün gruplarına göre dağılımına ilişkin yıllık veriler düzenli olarak sunulmamaktadır. Bununla birlikte, 2020 yılı verilerine göre, ham çelik üretiminde uzun ürünlerin payı %64,9 iken, yassı ürünlerin payı %35,1 düzeyinde gerçekleşmiştir (NTO, 2021).

İthalata Bağımlılık ve Dış Ticaret Açığı

Türkiye çelik sektörü ile maden talebi arasında güçlü ve maden teknolojilerini de içine alan çok boyutlu bir ilişki bulunmaktadır. Üretim yapısının büyük ölçüde hurda bazlı olması maden talebini kısmen sınırlasa da demir cevheri ve özellikle alaşım elementlerinde dışa bağımlılık devam etmektedir. Vasıflı çelik üretiminin artmasıyla birlikte alüminyum, bakır, bor, çinko, kobalt, krom, kurşun, magnezyum, manganez, molibden, nadir toprak elementleri, nikel, niyobyum, silisyum, tantalum, titanyum, vanadyum, volfram, zirkonyum gibi stratejik madenlere olan

talep yükselmektedir. Bu durum Türkiye'nin dış ticaret dengesi ve sanayi politikaları açısından hayati bir önem taşımaktadır.

Yüksek performanslı, basınca, ısıya ve korozyona dayanıklı çelik ve süper alaşımların üretilebilmesi için krom, kobalt, molibden, titanyum, nikel, niyobyum, vanadyum, tungsten, zirkonyum, silisyum ve manganez gibi madenler vazgeçilmez temel girdilerdir. Türkiye'nin ulusal maden politikaları kapsamında yapılan değerlendirmelerde, çelik üretiminde kullanılan bu madenlerin birçoğu (örneğin krom, kobalt, molibden, titanyum, nikel, niyobyum, çinko, demir ve manganez) hem ekonomik önemi ve arz riski yüksek olan "kritik maden", hem de doğrudan ulusal güvenlik için hayati nitelikte olan "stratejik maden" statüsünde sınıflandırılmaktadır. Çelik endüstrisinin ihtiyaç duyduğu bu stratejik madenlerin küresel bazda coğrafi dağılımı eşitsizdir. Birçok ham maddenin üretimi jeopolitik olarak birkaç ülkenin sınırları içerisinde yoğunlaşmıştır. Örneğin nadir toprak elementlerinde Çin, bakırda Şili, platin grubu elementlerinde ise Güney Afrika ve Rusya büyük ölçüde pazarı ellerinde tutmaktadır. Bu yoğunlaşmanın jeopolitik sonucu olarak, maden arzında söz sahibi olan bu ülkelerdeki politik gerilimler, savaşlar, sosyoekonomik durumlar veya çevresel kısıtlamalar küresel piyasalarda anında fiyat şoklarına ve ciddi arz güvenliği problemlerine neden olmaktadır. Bununla birlikte Çin'in sektörü domine eden ucuz ihracat politikaları veya ABD ile AB'nin uyguladığı gümrük tarifeleri (Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması-SKDM / Carbon Border Adjustment Mechanism-CBAM) gibi ticari bariyerler, maden ve çelik arzını doğrudan siyasallaştıran jeopolitik unsurlardır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2025).

Türkiye'de vasıflı çelik üretiminde kullanılan alaşım madenlerinin büyük bölümü ithal edilmektedir. Bu durum, üretim maliyetlerini artırmanın yanı sıra sektörü küresel piyasalardaki fiyat dalgalanmalarına karşı da kırılgan hâle getirmektedir. Ayrıca, yüksek kaliteli vasıflı çelik ürünlerinde ithalatın devam etmesi dış ticaret açığını artıran önemli bir faktördür. Yerli ham madde kaynaklarının sınırlılığı ve geri dönüşüm sistemlerinin yeterince gelişmemiş olması bu bağımlılığı daha da derinleştirmektedir. Sektördeki dış ticaret açığının en önemli sebeplerinden biri de üretilen çelik türleri ile sanayinin ihtiyaç duyduğu çelik türleri arasındaki uyumsuzluktur. Türkiye, inşaat çeliği gibi uzun ürünlerde kendi ihtiyacının hemen hemen tamamını yurt içi üretimle karşılarken, katma değeri daha yüksek olan ve otomotiv, makine, beyaz eşya gibi sanayilerde kullanılan yassı çelik ihtiyacının yaklaşık %50'sini ithalatla karşılamaktadır (KPMG, 2023; KPMG, 2025).

Üretim Maliyetleri ve Rekabet Gücü

Türkiye’de enerji maliyetlerinin yüksekliği, özellikle elektrik ark ocaklarına dayalı üretim yapan tesisler için önemli bir dezavantaj oluşturmaktadır. Elektrik fiyatlarının küresel rakiplere oranla yüksek olması, birim üretim maliyetlerini artırarak uluslararası pazarlarda rekabet gücünü zayıflatmaktadır. Demir-çelik endüstrisinde enerji (elektrik ve doğal gaz), toplam üretim maliyetlerinin %15 ile %25’ini oluşturmaktadır. Türkiye’nin çelik üretiminin yaklaşık %70’inin elektrik yoğun çalışan Elektrik Ark Ocaklı (EAO) tesislerde gerçekleştirilmesi, elektrik fiyatlarındaki değişimlerin üretim maliyetlerine doğrudan ve sert şekilde yansımaya neden olmaktadır (KPMG, 2023; KPMG, 2025). Bunun yanı sıra, lojistik maliyetler, finansmana erişim güçlükleri ve döviz kuru dalgalanmaları da sektör üzerinde baskılar oluşturmaktadır. Bu bağlamda Türkiye, hem düşük maliyetli üretim yapan ülkelerle hem de yüksek teknolojiye sahip üreticilerle rekabet etmekte zorlanmaktadır.

Üretim Yapısının Dezavantajları

Türkiye’de çelik üretiminin büyük ölçüde hurda bazlı olması ve elektrik ark ocaklarına dayanması esneklik ve yatırım maliyeti açısından avantaj sağlasa da vasıflı çelik üretiminde bazı sınırlılıklar ortaya çıkarmaktadır. Buna göre entegre tesislerin (BOF) sayısının sınırlı olması özellikle yüksek saflık ve homojenlik gerektiren çelik türlerinin üretimini zorlaştırmaktadır. Ayrıca pota metalürjisi, vakum altı ergitme ve sürekli döküm gibi ileri teknolojilerin tüm tesislerde yaygın olmaması, kalite standardizasyonunu olumsuz etkilemektedir. Bu durum, yüksek kalite talebinde olan uluslararası pazarlara erişimi kısıtlamaktadır.

Türkiye çelik sektörünün üretim yapısı, ülkenin sanayileşme süreçlerine, ham madde kaynaklarına ve tercih edilen teknolojilere bağlı olarak şekillenmiş olup günümüzde küresel rekabeti zorlaştıran unsurlar ham madde tedariki, enerji maliyetleri, ürün çeşidi dengesizliği şeklinde belirtilebilir.

Türkiye’deki çelik üretiminin yaklaşık %70’i, ilk yatırım maliyetlerinin daha düşük olması ve entegre tesisler için (BOF) yeterli demir cevheri yataklarının bulunmaması nedeniyle çelik hurdası kullanan Elektrik Ark Ocaklı (EAO) ve İndüksiyon Ocaklı (İO) tesislerde gerçekleştirilmektedir (KPMG, 2023; KPMG, 2025; Ticaret Bakanlığı, 2018). Türkiye dünyanın en büyük net hurda ithalatçısı ülkelerinden biridir ve yıllık 20 milyon ton seviyelerinde hurda ithal etmektedir. Bu durum, sektörü küresel fiyat oynaklıklarına, döviz kuru dalgalanmalarına ve tedarik zinciri aksamalarına karşı son derece kırılgan hale getirmektedir (KPMG, 2025). Enerji maliyeti açısından incelendiğinde ise hurdayı doğrudan elektrik enerjisiyle eriten EAO teknolojisi, ton başına ortalama 400-500 kWh gibi oldukça yüksek bir elektrik tüketimi gerektirmektedir (KPMG, 2025).

Ürün grubu bakımından 1980 sonrasında inşaat sektörüne verilen teşvikler, uzun ürünlerde (inşaat demiri, profil) iç tüketimin çok üzerinde devasa bir kapasite oluşmasına yol açmıştır. Buna karşılık, otomotiv, makine, beyaz eşya ve savunma sanayisi gibi yüksek teknoloji sektörlerinin temel girdisi olan katma değerli yassı ve vasıflı çelik ürünlerinde üretim kapasitesi yetersiz kalmıştır (Özdemir ve Oral, 2015; Ticaret Bakanlığı, 2018). Diğer taraftan Avrupa Birliği’nin Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM) kapsamında, Türk çelik sektörü çok ciddi bir vergi yükü ve rekabet kaybıyla karşı karşıya kalacaktır (KPMG, 2025).

Nitelikli İş Gücü Eksikliği

Vasıflı çelik üretimi, ileri mühendislik bilgisi ve uzmanlaşmış iş gücü gerektiren bir alandır. Türkiye’de bu alanda yetişmiş nitelikli iş gücünün sınırlı olması, üretim süreçlerinin verimliliğini ve kalite düzeyini doğrudan etkilemektedir. Mesleki eğitim sisteminin sektör ihtiyaçlarına tam olarak cevap verememesi ve beyin göçü gibi faktörler insan kaynağı sorununu derinleştirmektedir. Bu durum, teknolojik dönüşüm süreçlerini de yavaşlatmaktadır.

Türkiye’de demir-çelik sektörü, 2024 yılı itibarıyla 3.500’ü aşkın girişimde 93 binden fazla kişiye istihdam sağlamakta olup, teknolojik dönüşüm ve karbonsuzlaşma hedefleri doğrultusunda küresel yetenek krizinden doğrudan etkilenen sektörler arasında yer almaktadır (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2025). Sektördeki karbonsuzlaşma, dijitalleşme ve yapay zekâ gibi yeni teknolojilerin uygulanmasının önündeki en büyük engel finansmandan çok nitelikli personel eksikliğidir. Küresel metal ve madencilik sektörü yöneticilerinin %47’si, en yeni teknolojilerin hayata geçirilmesinde karşılaşılan en büyük engelin “beceri eksiklikleri” olduğunu belirtmektedir. Sektörün, operasyonları dijitalleştirmek için hem bilgi teknolojisini (IT) hem de işletme teknolojisini (OT) aynı anda anlayabilen Dijitalden Sorumlu Üst Düzey Yöneticilere (Chief Digital Officer) ve ekiplere ihtiyacı vardır. Bununla birlikte çelik ve metal sektörünün geçmişten gelen “zor ve çevreye zarar veren (kirliliği)” bir endüstri olarak kabul görmesi iş gücü piyasasına yeni giren gençlerin ilgisini çekmeyi zorlaştırmaktadır (KPMG, 2024).

Sonuç ve Öneriler

Demir-çelik sektörü, endüstriyel üretimin temel girdisi olarak sağladığı ara mallar ve ileri teknolojiye dayalı üretim süreçleriyle modern ekonomilerin vazgeçilmez yapı taşlarından biri olmaya devam etmektedir. Bu anlamda çelik üretimi yalnızca bir sanayi faaliyeti değil aynı zamanda ülkelerin sanayileşme düzeyini, teknolojik kapasitesini ve küresel rekabet gücünü yansıtan stratejik bir gösterge olarak

öne çıkmaktadır. Özellikle vasıflı çelik üretimi, yüksek katma değer üretme potansiyeli ve yüksek teknoloji gereksinimi nedeniyle sanayileşmenin ileri aşamasını temsil etmektedir. Bu doğrultuda Türkiye'nin demir-çelik sektöründe yalnızca üretim miktarıyla değil aynı zamanda kalite, teknoloji ve katma değer açısından da küresel ölçekte rekabetçi bir konumda olabilmemesi arzulanmaktadır.

Türkiye'de çelik üretim yapısı büyük ölçüde hurda bazlı ve uzun ürün ağırlıklı olduğundan vasıflı çelik üretiminin toplam üretim içindeki payı sınırlı kalmaktadır. Elektrik ark ocaklarına dayalı üretim sistemi, maliyet avantajı sağlamakla birlikte yüksek, kaliteli ve alışımlı çelik üretiminde bazı teknik kısıtlar doğurmaktadır. Bunun yanı sıra, stratejik alایشım elementlerinde yani ilgili madenlerde dışa bağımlılık üretim maliyetlerini artırmakta ve rekabet gücünü sınırlandırmaktadır. Türkiye'nin çelik sektörü, ölçek ve üretim kapasitesi açısından güçlü bir konuma sahip olmakla birlikte vasıflı çelik üretiminde katma değer üretme, teknolojik dönüşüm ve maliyet rekabetçiliği gibi kritik konularda önemli sorunlarla karşı karşıyadır.

Türkiye, toplam çelik üretim kapasitesi ve ihracat potansiyeli açısından küresel ölçekte önemli bir aktör konumunda bulunmasına rağmen üretim yapısının büyük ölçüde düşük katma değerli ürünlere dayanması sektörün yapısal bir dönüşüm ihtiyacına işaret etmektedir. Elektrik ark ocaklarına dayalı hurda bazlı üretim modeli esneklik ve maliyet avantajı sağlasa da yüksek saflık ve hassas alaşımlama gerektiren vasıflı çelik üretiminde dezavantaj oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra Türkiye'nin demir cevheri, hurda ve özellikle alایشım elementlerinde yüksek düzeyde dışa bağımlılığı sektörün maliyet yapısını olumsuz etkilemekte ve küresel piyasalardaki dalgalanmalara karşı kırılganlığı artırmaktadır.

Çalışmada ortaya konulduğu üzere, Türkiye çelik sektörü ile maden talebi arasında güçlü ve çok boyutlu bir ilişki bulunmaktadır. Vasıflı çelik üretiminin geliştirilmesi, krom, nikel ve molibden gibi stratejik madenlere olan talebi artırmaktadır. Enerji konusunun da buna kaçınılmaz biçimde eklenmesiyle, sanayi-maden-enerji politikalarının eşgüdüm içinde yürütülmesinin zorunlu olduğu ortaya çıkmaktadır. Buna göre stratejik madenlerin arz güvenliği, jeopolitik riskler ve küresel tedarik zincirleri dikkate alınarak bütüncül bir sanayi politikası izlenmelidir. Küresel ölçekte maden arzının belirli ülkelerde yoğunlaşması ve enerjideki maliyetler ile enerji güvenliğine yönelik en ufak endişeler ve gerek küresel gerek bölgesel bazda artan jeopolitik riskler Türkiye açısından arz güvenliği konusunu daha da kritik hâle getirmektedir.

Artan küresel rekabet baskısı, karbon düzenlemeleri ve nitelikli iş gücü eksikliği, sektörün rekabet gücünü sınırlayan temel unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Özellikle Avrupa Birliği'nin düşük karbonlu üretim teknolojilerine geçişi

zorunlu kılması, bu dönüşüm sürecinde önemli yatırım ve teknoloji gereksinimlerini beraberinde getirmektedir. Dolayısıyla Türkiye sektörde var olan sorunların yanında karbon regülasyonlarıyla da karşı karşıya kalmaktadır.

Bu çerçevede Türkiye'nin demir-çelik sektöründe sürdürülebilir bir rekabet avantajı elde edebilmesi için öncelikle düşük katma değerli üretim yapısından yüksek katma değerli ve vasıflı çelik üretimine yönelmesi gerekmektedir. Bu dönüşümün sağlanabilmesi için Ar-Ge ve inovasyon yatırımlarının artırılması, üniversite-sanayi iş birliğinin kurumsallaştırılması ve özellikle otomotiv, savunma ve makine sanayisine yönelik özel çelik üretiminin teşvik edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Bununla birlikte, ham madde ve alایشım elementlerinde dışa bağımlılığın azaltılması amacıyla yerli maden kaynaklarının etkin kullanımı, kritik madenler için ulusal tedarik stratejilerinin geliştirilmesi ve geri dönüşüm sistemlerinin güçlendirilmesi gerekmektedir. Hurda yönetiminin iyileştirilmesi ve geri kazanım altyapısının geliştirilmesi hem maliyetleri düşürecek hem de arz güvenliğini artıracaktır. Tüm endüstriyel üretim süreçleri açısından maden sektörüne (araştırma, çıkarım, mamul ve teknolojik ürün, pazarlama) şimdikinden daha fazla dikkatle eğilerek politikalar üretilmelidir. Tüm dünyanın endüstriyel ve teknolojik üretim açısından madenlere her zamankinden daha fazla ihtiyaç duyduğu ve küresel jeopolitik gelişmelerin genellikle bu bağlamda şekillendiği unutulmamalıdır.

Ayrıca enerji maliyetlerinin düşürülmesine yönelik olarak enerji yatırımlarının yalnızca yenilenebilir enerji kaynakları yerine Türkiye açısından rasyonel olan hangisi ise bu çerçevede yapılması ve desteklenmesi gerekmektedir. Bununla birlikte enerji verimliliği uygulamalarının yaygınlaştırılması da sektörün rekabet gücünü artıracaktır. Ek olarak nitelikli iş gücü eksikliğinin giderilmesi için mesleki eğitim sisteminin sektör ihtiyaçlarına göre yeniden yapılandırılması ve dijitalleşme, otomasyon ve yapay zekâ alanlarında uzmanlaşmış insan kaynağının yetiştirilmesi yaşamsal önem taşımaktadır.

Etik Komite Onayı: Bu çalışma için etik komite onayına ihtiyaç duyulmamıştır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Finansal Destek: Yazar, bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Yapay Zeka Kullanımı: Bu çalışmanın hazırlanması sırasında yapay zeka destekli görsel geliştirme ve içerik düzenleme süreçlerini desteklemek amacıyla ChatGPT ve NotebookLM kullanılmıştır.

Ethics Committee Approval: No ethics committee approval was required for this study.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: The author have no conflicts of interest to declare.

Financial Disclosure: The author declared that this study has received no financial support.

Use of Artificial Intelligence: During the preparation of this study, ChatGPT and NotebookLM were used to support artificial intelligence-assisted visual development and content organization processes.

Kaynakça

- Akçelik. (2026). *Sıcak haddelenmiş çelikler*. <https://akcelik.com.tr/sicak-haddelenmis-celikler/>
- Albayrak Demir Çelik. (2026). *Kangal demiri / filmaşın*. <http://albayrakdemircelik.com/product/kangal-demiri-filmasin/>
- Barrera, O., Bombac, D., Chen, Y., Daff, T. D., Galindo-Nava, E., Gong, P., Haley, D., Horton, R., Katzarov, I., Kermode, J. R., Liverani, C., Stopher, M., & Sweeney, F. (2018). Understanding and mitigating hydrogen embrittlement of steels: A review of experimental, modelling and design progress from atomistic to continuum. *Journal of Materials Science*, 53, 6251-6290.
- DTEL. (2026). *Filmaşın nedir?* <https://www.dtel.com.tr/filmasin-nedir/>
- Garanti BBVA. (2024). *Türkiye’de demir-çelik sektörü*. Garanti BBVA Yayını.
- Halk Yatırım. (2025). *Sektörel değerlendirme: Demir çelik*. Halk Yatırım Yayını.
- International Energy Agency (IEA). (2020). *Iron and steel technology roadmap*. IEA Yayını.
- Javeria, U., & Kim, S. J. (2025). Investigation of hydrogen embrittlement in steel alloys: Mechanism, factors, advanced methods and materials, applications, challenges, and future directions: A review. *Journal of Materials Research and Technology*, 38, 1276-1301.
- Kabak, Ö., Ülengin, F., Çekyay, B., Önsel, Ş. & Özaydın, Ö. (2016). critical success factors for the iron and steel industry in turkey: a fuzzy DEMATEL approach. *International Journal of Fuzzy Systems*, 18(3), 523-536.
- KPMG Türkiye. (2023). *Çelik sektörel bakış*. KPMG Yayını.
- KPMG Türkiye. (2024). *Küresel metal ve madencilik sektörüne bakış*. KPMG Yayını.
- KPMG Türkiye. (2025). *Çelik sektörel bakış*. KPMG Yayını.
- Market Reports World. (2025). *Special steel market overview*. <https://www.marketreportsworld.com/market-reports/special-steel-market-14718323>
- Nazilli Ticaret Odası. (2021). *Demir-çelik sektör raporu*. NTO Yayını.
- Özdemir, Ü., & Oral, M. (2015). Türkiye dış ticaretinde demir-çelik sektörü. İçinde 2. *Uluslararası Demir Çelik Sempozyumu (IISS’15) Bildiriler Kitabı* içinde (ss. 453–460).
- Pitron, G. (2018). *Nadir Metaller Savaşı: Enerji geçişinin ve dijitalleşmenin karanlık yüzü*. (çev. Alp Tümertekin).
- Türkiye İş Bankası Yayını.
- Proemtia. (2026). *Filmaşın demir: Tanımı, özellikleri ve kullanım alanları*. <https://www.proemtia.com/blog/filmasin-demir-tanimi-ozellikleri-ve-kullanim-alanlari>
- Serin, Z.V. & Fidan, O. (2019). Turkey iron and steel industry competitiveness and industry 4.0. *Journal of Transportation and Logistics*, 4(2), 91-106.
- Star Steel. (2026). *Filmaşın*. <https://starsteel.com.tr/filmasin/>
- SteelOrbis. (2026). *Filmaşın nedir?* <https://tr.steelorbis.com/pazaryeri/celik-hakkinda/filmasin-nedir-862840.htm>
- Teixeira, R. L. P. (2025). Advancing green steel technologies for sustainable and low-carbon steel production. *International Journal of Professional Business Review*, 10(10), 1-61.
- The International Trade Administration (U.S. Department of Commerce, Enforcement and Compliance. Trade data from S&P Global Ltd.). (2025). *Steel Imports Report: Türkiye*, The International Trade Administration Publication.
- Tosyalı Holding. (2020). *Otomotiv* (ısıtıl işlemli ve sıcak bitirilmiş kutu profiller, ısıtıl işlemli ve sıcak bitirilmiş borular, kutu profil, sanayi boruları). <https://www.tosyalifilmasin.com.tr/urunlerimiz/sektor-bazinda-urunlerimiz/otomotiv>
- Tosyalı Holding. (2026). *Filmaşın nedir?* <https://www.tosyaliholding.com.tr/faaliyet-alanlarimiz/urunlerimiz/filmasin-ve-insaat-demiri-grubu>
- Tosyalı Holding. (2026). *Slab ve kütük nasıl üretilir? Yassı çelikle sıcak hadde ve soğuk haddeleme süreçleri*. <https://www.tosyaliholding.com.tr/blog/tosyaliholding/2024/slab-ve-kutuk-nasil-uretilir-yassi-celikle-sicak-hadde-ve-soguk-haddeleme-surecleri>
- Turkish Steel (Çelik İhracatçıları Birliği). (2025). *Dünya Türk çeliği ile şekilleniyor*. Çelik İhracatçıları Birliği Yayını.
- Tuttle, R. (2018). Alloy steels. Robert Tuttle (Ed.) *Alloy steels inner* (1-3). MDPI Publication.
- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2025). *Türkiye kritik ve stratejik madenler raporu*. Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yayını.
- Türkiye Cumhuriyeti Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2023). *Türkiye çelik sektörü için düşük karbonlu yol haritası*. Türkiye Cumhuriyeti Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Yayını.
- Türkiye Cumhuriyeti Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2025). *Demir çelik sektör raporu 2024*. Türkiye Cumhuriyeti Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Yayını.
- Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı. (2018). *Demir-çelik, demir-çelikten eşya sektör raporu*. Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı Yayını.
- Türkiye Çelik Üreticileri Derneği (TÇÜD). (2026). *Basın*

- bülteni: Aralık 2025*. <https://celik.org.tr/tr/bilgi-merkezi/basin-bulteni/basin-buelteni-aralik-2025>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2026). *Dış ticaret istatistikleri: Aralık 2025*. <https://veriportali.tuik.gov.tr/tr/press/53911>
- Walek, J., Opěla, P., Vrána, F. & Kocich, R. (2026). Assessment of the influence of electro slag remelting on the purity and mechanical properties of structural steel. *Applied Sciences*, 16, 1366.
- World Steel Association (WSA). (2025). *World steel in figures*. WSA Publication.
- Yavorsky, N. (2025). *Smelting barriers: The innovators forging a new future for iron and steel*. <https://rmi.org/smelting-barriers-the-innovators-forging-a-new-future-for-iron-and-steel/>