



IRECIST 2023
YEŞİL ÇELİK TEKNOLOJİLERİ ve ETİKETLEMESİ:
ENERJİ DÖNÜŞÜMÜNÜN ETKİLERİ

03 Kasım 2023



- Çelik Üretimi ve Yeşil Çelik
- Çelik Endüstrisinde Karbonsuzlaşma ve Elektrifikasyon
- Yeşil Çelik Girişimleri ve Standartları

03 Kasım 2023



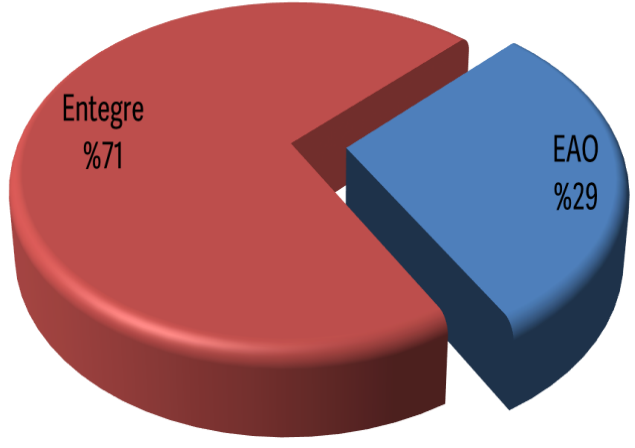
Çelik Üretimi ve Yeşil Çelik

- ✓ Günümüzde çelik üretimi, entegre demir çelik tesislerinde, yüksek fırınlarda üretilen sıvı ham demire, çelikhane tesislerinde bulunan bazik oksijen fırınlarında “Oksijen Üfleme Yöntemiyle” ve “Elektrik Ark Ocağında veya İndüksiyon Ocaklarında ” hurda ve diğer demirli malzemelerin (DRI/HBI/pik vb.) eritilmesi yöntemiyle olmak üzere iki farklı yöntem ile yapılmaktadır.
- ✓ İki üretim yöntemi arasındaki temel fark kullanılan hammaddelerdir.
 - Entegre demir çelik üretim (YF-BOF) yönteminde hammadde genellikle **demir cevheri ve kok kömürüdür.**
 - Elektrik Ark Ocağında ise hammadde olarak **çelik hurdası** kullanılmaktadır. **Hurda, elektrik enerjisi yardımıyla ergitilerek çeliğe dönüştürülmektedir.**

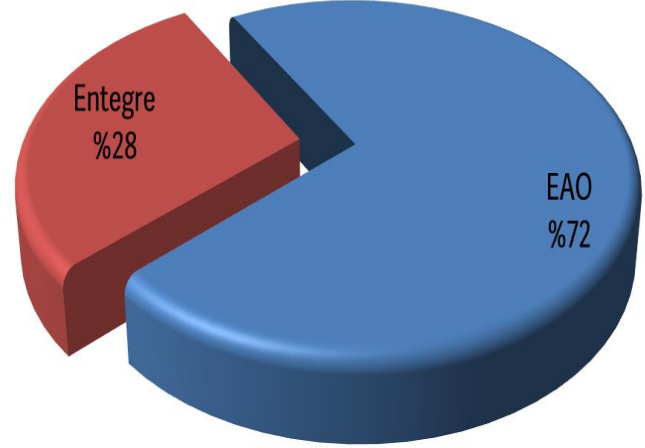


- ✓ Çeliğin karbon ayak izi, Uluslararası Enerji Ajansına göre 1.4, McKinsey ve Dünya Çelik Derneği'ne göre ise 1.85 ton CO₂/ton-çelik 'tir. Bu rakamlar iki ana çelik üretim yönteminin ağırlıklı ortalamadır.
- ✓ Uluslararası Enerji Ajansı'na göre, demir-çelik sektörü yıllık olarak doğrudan 2,6 gigaton karbondioksit emisyonuna neden olmakta ve bu da onu küresel nihai enerji talebinin yaklaşık %8'inden ve enerji sektörü emisyonlarının %7'sinden sorumlu kılmaktadır.
- ✓ Dünyada çelik üretimi genellikle YF-BOF yoluyla yapılmaktadır. 2022 yılında ham çeliğin % 71,5 oranı yani 1.348 milyar tonu (toplam üretim 1.885 milyar ton) bu yöntemle yapılmıştır. Bu üretim için yaklaşık 1.1 milyar ton metalurjik kömür kullanılmıştır.
- ✓ Çelik üretiminde hurda kullanımı ile daha az enerji kullanılmakta olup, çevre daha az kirletilmektedir.
- ✓ Türkiye'deki çelik üreticileri üretimini büyük çoğunluğunu elektrikli ark fırınları ile yaptıkları için (2022 yılında %71,5) en çok artan **elektrik fiyatlarından** etkilenmektedir.

Dünyada Yöntemlere Göre Ham Çelik Üretimi



Türkiye'de Yöntemlere Göre Ham Çelik Üretimi



EAO / BOF Emisyon Karşılaştırması

Emisyon Karşılaştırması (1 Ton Ham Çelik İçin Salınım Yapılan CO₂)

| Elektrik Ark Ocakları (EAO) | Entegre Tesisler(BOF) |
|-----------------------------|-----------------------|
| 0,4 – 0,6 Ton | 1,8 – 2,4 Ton |

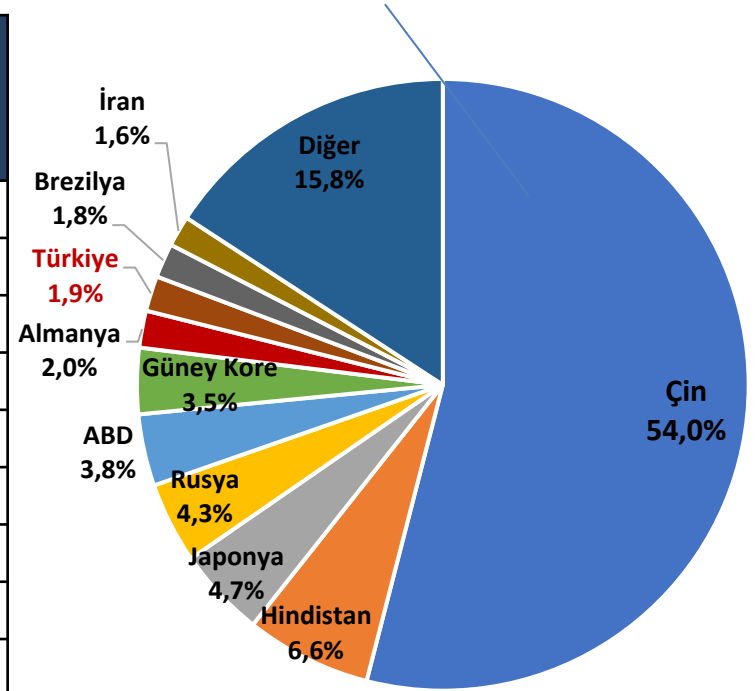


Dünya Ham Çelik Üretimi - 2022



Dünya Çelik Derneği'ne göre Türkiye, 2021'de Dünya'da yedinci iken 2022 yılında tekrar bir sıra aşağı düşerek sekizinci sıraya inmiştir. 2023 9 aylık verilere göre de dünyanın en büyük çelik üreten ülkeleri arasında sekizinci sırada yer almaktadır.

| ÜRETİM (milyon ton) | 2021 | 2022 | % Değişim (22/21) | PAY (%) |
|---------------------|--------|--------|-------------------|---------|
| 1. Çin | 1035,2 | 1018,0 | -1,7 | 54,0 |
| 2. Hindistan | 118,2 | 125,3 | 6,0 | 6,6 |
| 3. Japonya | 96,3 | 89,2 | -7,4 | 4,7 |
| 4. ABD | 85,8 | 80,5 | -6,2 | 4,3 |
| 5. Rusya | 77,0 | 71,5 | -7,1 | 3,8 |
| 6. Güney Kore | 70,4 | 65,8 | -6,5 | 3,5 |
| 7. Almanya | 40,2 | 36,8 | -8,5 | 2,0 |
| 8. Türkiye | 40,4 | 35,1 | -13,1 | 1,9 |
| 9. Brezilya | 36,1 | 34,1 | -5,5 | 1,8 |
| 10. İran | 28,3 | 30,6 | 8,1 | 1,6 |

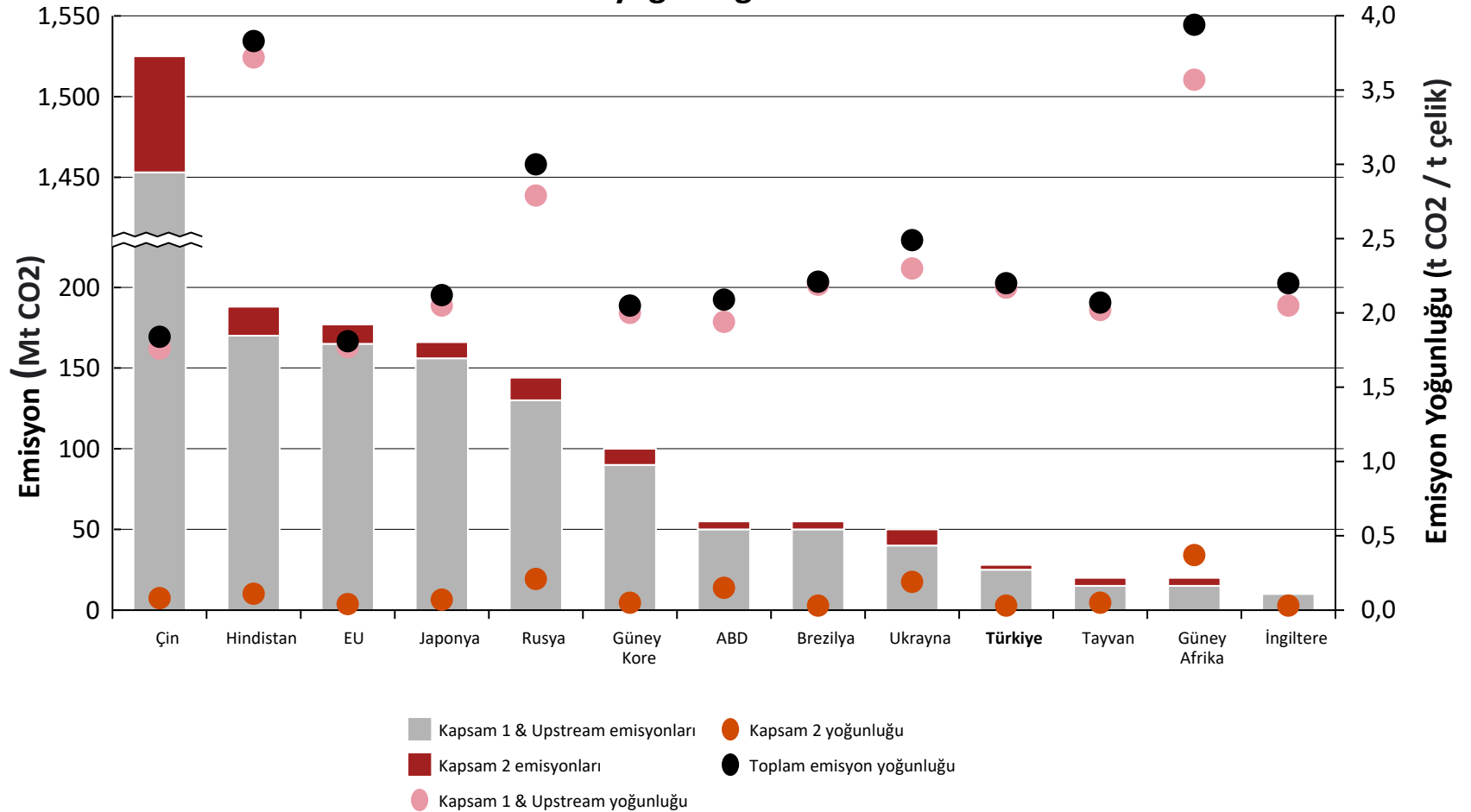


2022 YILI
DÜNYA TOPLAM ÇELİK
ÜRETİMİ
1,89 MİLYAR TON

TÜRKİYE, ÇELİK
ÜRETİMİNDE
Avrupa 2.'si
Dünya 8.'si

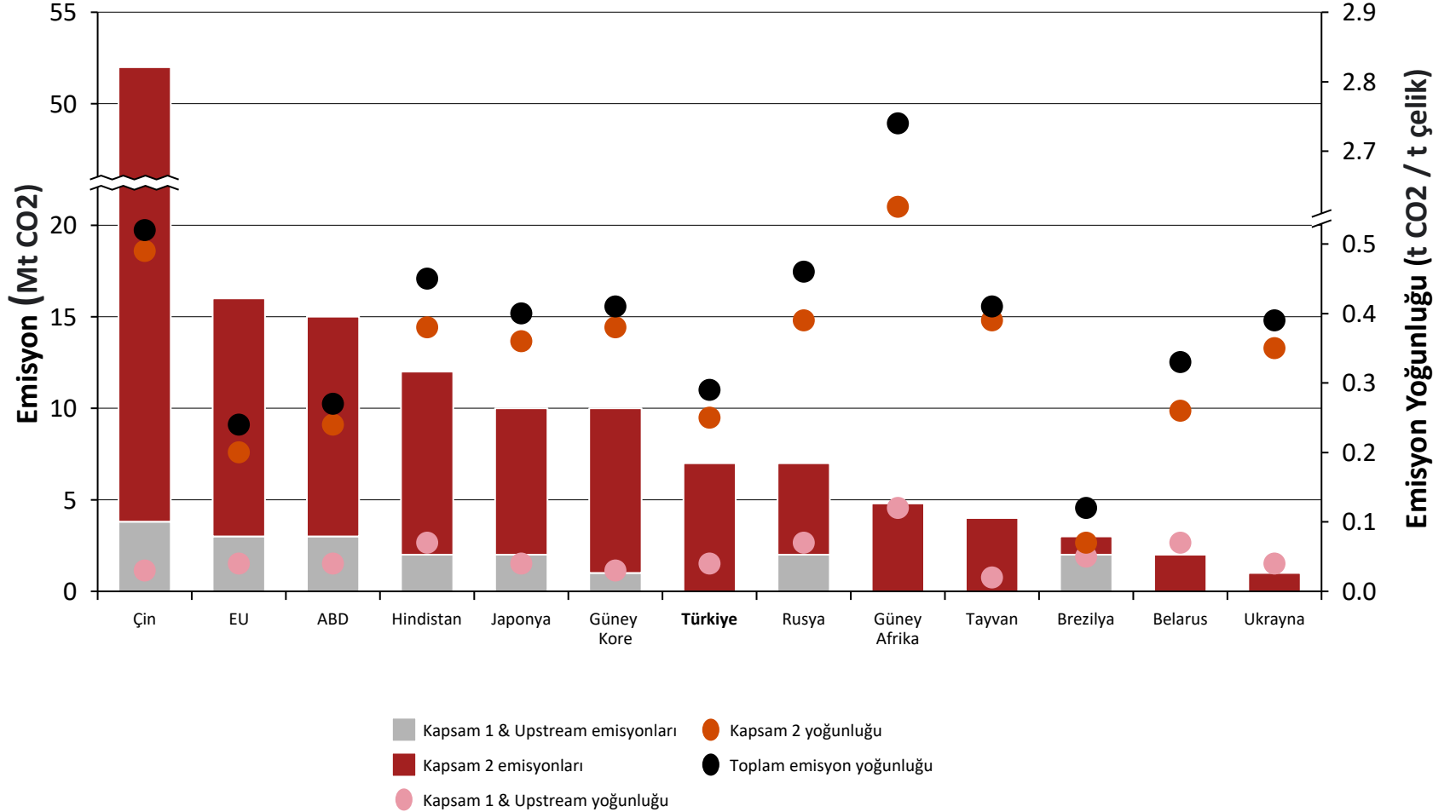
YF-BOF Rotası için Mevcut CO₂ Emisyon Verileri

YF-BOF rotası CO₂ emisyonları ve emisyon yoğunluğu



EAO Rotası için Mevcut CO₂ Emisyon Verileri

EAO rotası CO₂ emisyonları ve emisyon yoğunluğu





Çelik Endüstrisinde Karbonsuzlaştırma ve Elektrifikasyon

Çelik üretiminde karbon salınımının azaltılmasına yönelik öne çıkan yöntemler:

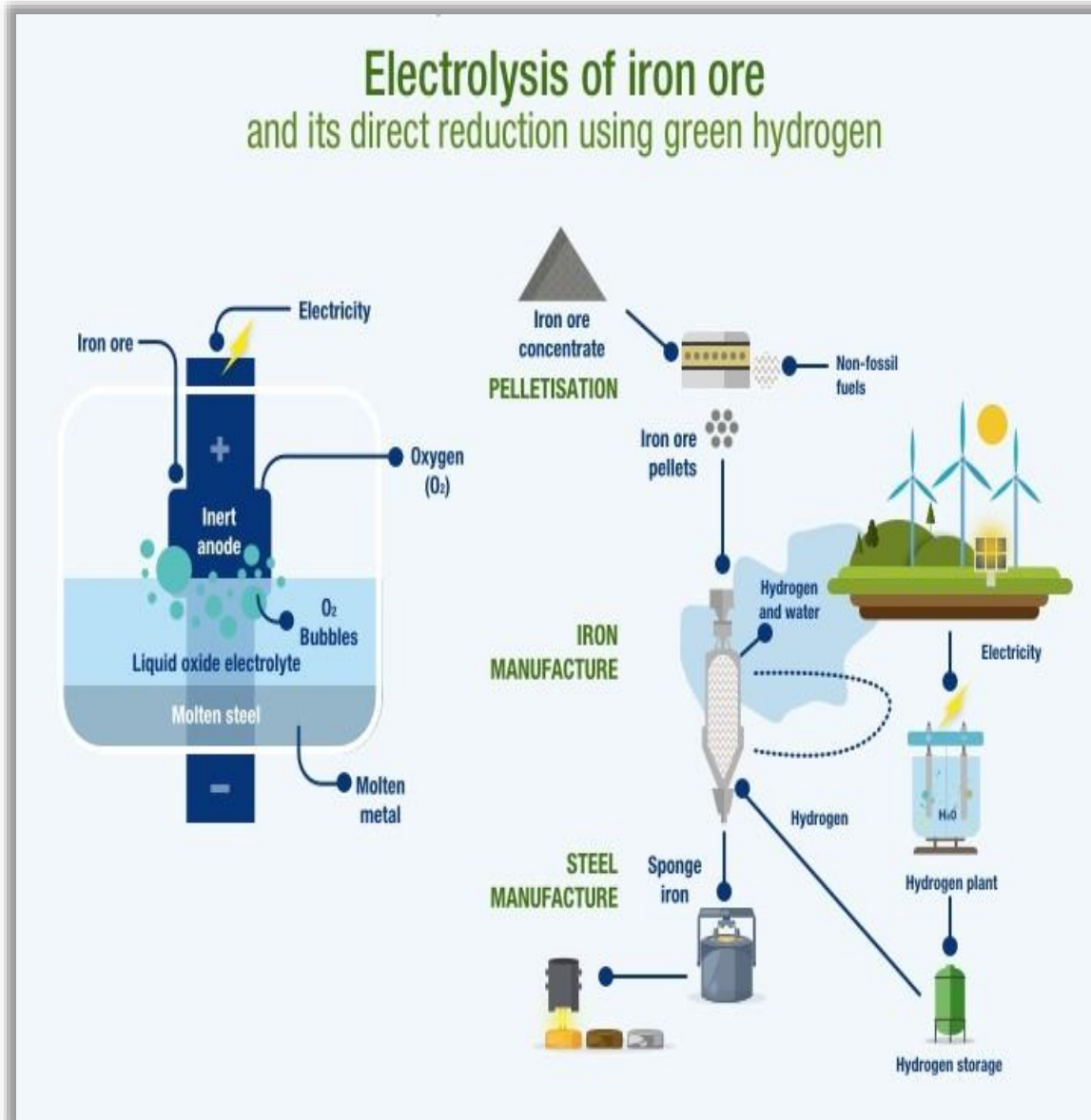
- ✓ Oksijen üfleme çelik üretiminde kok kömürü yerine biyokütle ya da hidrojen bazlı yakıt kullanımı,
- ✓ Hurda kullanılarak Elektrik Ark Ocaklı yöntemi ile çelik üretiminin artırılması ve direkt indirgenmiş demir (DRI) kullanımının yaygınlaşması,
- ✓ Yeşil hidrojenle üretilmiş direkt indirgenmiş demir (DRI) kullanımı,
- ✓ Elektrik Ark Ocaklı tesislerde yenilenebilir enerji kullanımı,
- ✓ Karbonun yakalanması, depolanması ve yeniden kullanımınıdır.



Çelik üretiminde düşük karbonlu hammadde kullanımına yönelik en iyi ticarileştirilmiş teknolojiler:

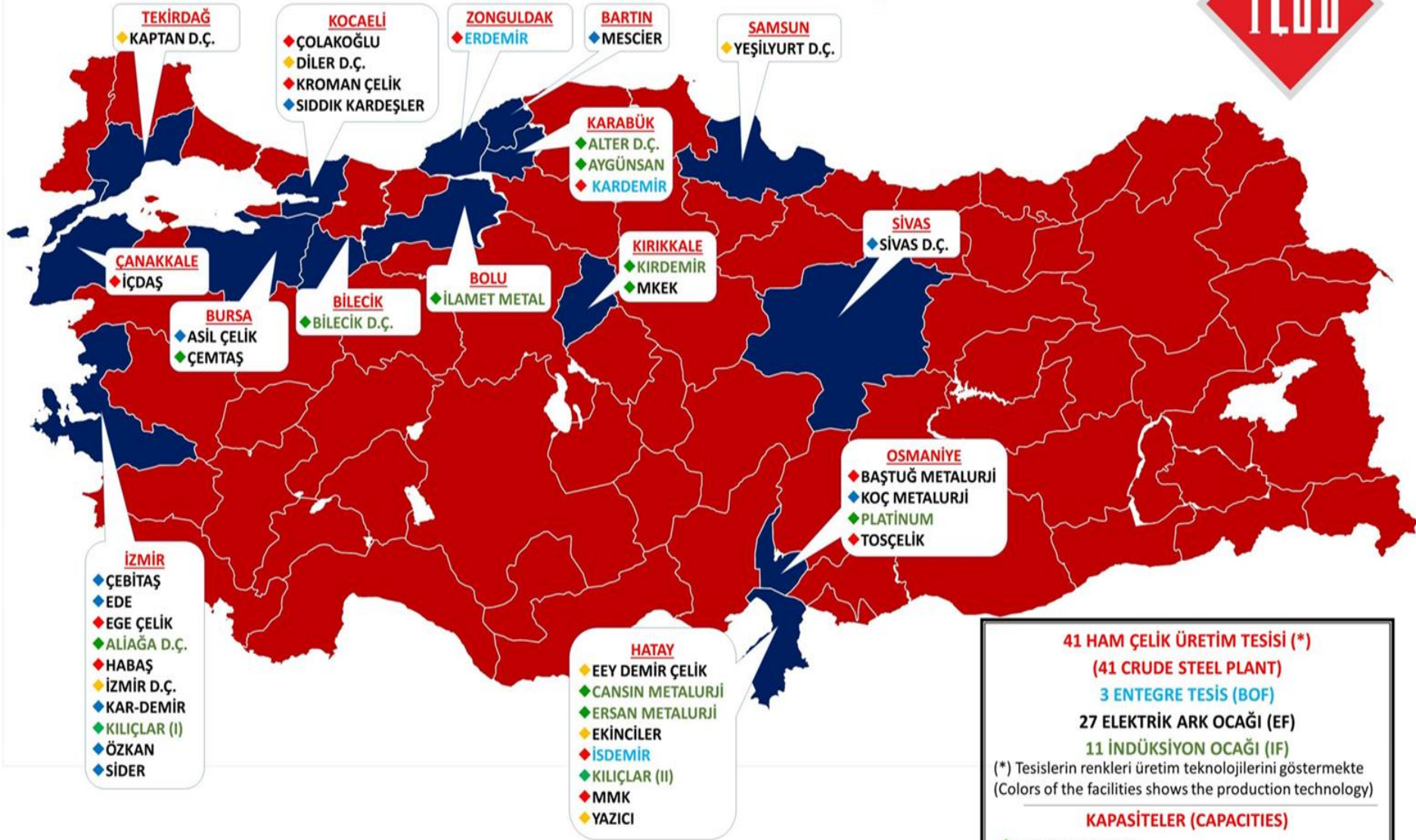
- ✓ Teknoloji #1: LKAB, SSAB ve Vattenfall'ın HYBRIT projesi; elektrik ark ocağında fosil yakıtsız elektrikle üretilen sünger demiri kullanmaktadır.
- ✓ Teknoloji #2: Boston Metal, çelik üretimi için oyunun kurallarını değiştiren bir Erimiş Oksit Elektroliz (MOE) süreci geliştirmiştir.
- ✓ Teknoloji #3: Midrex, demir oksidi DRI'ye indirgemek için yeşil hidrojen kullanarak karbon ayak izi sorununu azaltmaya yönelik bir çözüm üzerinde çalışıyor. Üretilen DRI daha sonra çelik üretimi için EAF'ye hammadde olarak beslemeyi planlamaktadır.
- ✓ Teknoloji #4: Avrupa Birliği projesi olan SIDERWIN, karbon emisyonunu azaltmak için electrowinning yöntemini kullanmaktadır.
- ✓ Teknoloji #5: FlexHeat2Anneal Projesi, Çelik endüstrisinde CO2 emisyonlarını azaltmak için sürekli tavlama hatlarında ve sıcak daldırılmalı kaplama hatlarında hidrojen kullanmak için çalışılan bir projedir.

Demir Cevherinin Elektrolizi ve Doğrudan İndirgeme İçin Yeşil Hidrojen Kullanma Teknolojileri



TÜRKİYE ÇELİK HARİTASI (STEEL MAP OF TURKEY)

TCÜD



41 HAM ÇELİK ÜRETİM TESİSİ (*)

(41 CRUDE STEEL PLANT)

3 ENTEGRE TESİS (BOF)

27 ELEKTRİK ARK OCAĞI (EF)

11 İNDÜKSİYON OCAĞI (IF)

(*) Tesislerin renkleri üretim teknolojilerini göstermekte
(Colors of the facilities shows the production technology)

KAPASİTELER (CAPACITIES)

- ◆ 50.000-500.000
- ◆ 501.000-1.000.000
- ◆ 1.000.001-2.000.000
- ◆ 2.000.001 VE ÜZERİ (ABOVE)

Turkish steel mills invest in Green Steel Initiative

- ◆ Steel mill
- Planned facilities**
- Solar power plant
- Hydrogen production



Source: S&P Global Commodity Insights, The Ministry of Environment, Urbanisation and Climate Change

Türkiye Çelik Üreticilerinin Yenilebilir ve Hidrojen Yatırımları

- Türkiye'nin en büyük entegre uzun çelik üreticisi Kardemir ve büyük uzun çelik üreticisi İçdaş, Eylül ayında güneş enerjisi yatırım kararını açıkladı.
- Kardemir, Muş'ta toplam 8 MW kapasiteli 4 adet güneş enerjisi santrali kurmayı planlıyor.
- İçdaş, Kütahya'da 50 MW'lık güneş enerjisi santralının yanı sıra Afyon'da 50 MW'lık güneş enerjisi santrali kurmayı planlıyor. Projelerin inşaat çalışmalarının çevre onay sürecinin ardından başlaması bekleniyor ve projelerin 2024 yılının ilk yarısında işlevsel hale gelmesi planlanıyor.
- Bir diğer büyük çelik üreticisi İsdemir, biri Çorum'da 130 MW kapasiteli, ikincisi Mardin'de 140 MW kapasiteli ve üçüncüsü Batman'da 130 MW kapasiteli olmak üzere üç güneş enerjisi santrali kurmayı planlıyor. İnşaatın 2024 yılında başlaması bekleniyor.
- Tosyalı Çelik 2021 yılında 15.592 MWh yenilenebilir enerji üretti ve üretimlerinde kullandı. 140 MW Güneş Enerjisi Santrali (GES) Kurulması çalışması devam ediyor tamamlandığında, en geç 6 ay içerisinde, şirketin Türkiye'deki tesislerinin tükettiği elektriğin %19'unu öz üretimle karşılayacak. Planlanan yeni yatırımlarla bu oranın 2025 yılı itibarıyla %50 seviyesine ulaşması planlanıyor. Tosyalı Çelik 2023 yılı itibarıyla hidrojeni yakıt olarak kullanmaya başlamayı hedefliyor.
- Bilecik Demir Çelik tarafından 2x5,56 MW RES yatırımı devam etmektedir.
- Türkiye'nin önde gelen inşaat çeliği ve sıcak haddelenmiş rulo üreticisi Habaş, Ağustos ayında İzmir Aliağa'daki çelikhane ve soğuk haddeme tesisinin yakınında 1.000 m3/saat hidrojen üretim kapasitesine sahip bir hidrojen üretim tesisi kurmayı planladığını duyurdu.



Yeşil Çelik Nedir ve Yeşil Çelik Standartları Nelerdir?

- Ne yazık ki şu aşamada yeşil çeliğin dünyaca kabul edilmiş bir tanımı bulunmuyor. Tanımlama konusunda çalışan, Responsible Steel, Global Steel Climate Council (GSCC), Science Based Target Initiative (SBTi) gibi uluslar arası kuruluşlar bulunuyor. Ancak bu kuruluşlar arasında da bir konsensus sağlanabilmiş değil. Türkiyedeki bazı demir çelik üreticileri de (Bilecik Demir Çelik, Çolakoğlu, Kaptan Demir Çelik, Özkan Demir Çelik ve Borçelik) bu oluşumlara üyedir.
- Yeşil çelik, genellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı, karbondioksit emisyonlarının azaltıldığı, atıkların en aza indirildiği ve/veya geri dönüştürüldüğü çevre dostu ve sürdürülebilir yöntemler kullanılarak üretilen çeliği ifade eder. Artan müşteri talebi, yeni düzenleyici gereklilikler ve sürdürülebilir yatırımlardaki büyüme, "yeşil çeliğe" olan ilginin artmasının nedenleridir.
- Bazı şirketler, üretim süreçlerinde önemli değişiklikler yapmadan çelik ürünlerini "neredeyse yeşil" olarak etiketliyor ve daha düşük emisyonu sahip olduklarını iddia ediyorlar.
- Ancak bu durumun yeşil aklamaya amacıyla kullanılmaması gerekiyor.



Dünyada Yeşil Çelik Girişimleri

Green steelmaking initiatives

| Company | Project/Technology | Location | Target |
|---|---|--|--|
| ArcelorMittal | Hydrogen reduction with grey hydrogen Blast furnace + electrolysis for hydrogen production Hybrid blast furnace with direct reduced iron (DRI) gas injection Coke oven gas with grey hydrogen; hydrogen in DRI-EAF | Hamburg, Bremen, Germany Dunkirk, Germany Asturias, Spain | Fossil free by 2050 |
| HYBRIT (SSAB, LKAB and Vattenfall) | Replacing coking coal with hydrogen and fossil-free electricity | Sweden | Fossil free by 2045 |
| Boston Metal, BHP & Vale | Molten oxide electrolysis (MOE) technology | Massachusetts, USA | n/a |
| China Baowu & BHP | Memorandum of Understanding to share technical expertise in reducing emissions from steel, including using CCUS | Multiple steelmaking bases in China | n/a |
| Ovako | Hydrogen use to heat steel before rolling | Hofors, Sweden | n/a |
| Liberty Ostrava | Building hybrid furnaces | Czech Republic | Hybrid furnaces built by 2022 |
| Rogesa | Hydrogen in coke gas as reducing agent | Dillingen, Germany | Started operations in |
| Tata Steel | CCS under North Sea; water electrolysis to produce hydrogen and oxygen | Ijmuiden, Netherlands | Carbon-neutral in Europe by 2050 |
| Thyssenkrupp | Hydrogen as reducing agent; use of renewable hydrogen from RWE & feasibility study for water electrolysis plant | Duisburg, ~ | First phase testing in 2021, second phase in 2022. |
| Voestalpine Primetals Tech. | Hydrogen as reducing agent to process iron ore concentrates | Linz, Austria | 80% carbon emissions reduction by 2050 |



Dünyada Yeşil Çelik Girişimleri

| | | | |
|---|--|------------------------|---|
| Tenaris, Edison and Snam | Electrolysis/hydrogen-based steelmaking | Bergamo, Italy | |
| Salzgitter AG (Salcos project) | Electrolysis/hydrogen-based steelmaking | Wilhelmshaven, Germany | 2 million tonnes per year of DRI (by the end of first implementation stage, expected for 2025) |
| Duferco | Using hydrogen in beam furnace with green PPA. | Brescia, Italy | |
| Celsa, Statkraft & Mo industrial park AS | Electrolysis/hydrogen-based steelmaking | Norway | 50% emissions reduction by 2030, decarbonization by 2050. |
| H2 Green Steel Initiative | Hydrogen-based steelmaking | Northern Sweden | Planned production to start in 2024. Annual production target of 5 million tons of green steel by 2030. |

Reference:

Stainless Green: Considerations for making green steel using carbon capture and storage (CCS) and hydrogen (H₂) solutions, Hasan Muslemeani, Head of Carbon Management Research, OIES, OIES Paper: CM03, Oxford Institute for Energy Studies, May 2023.



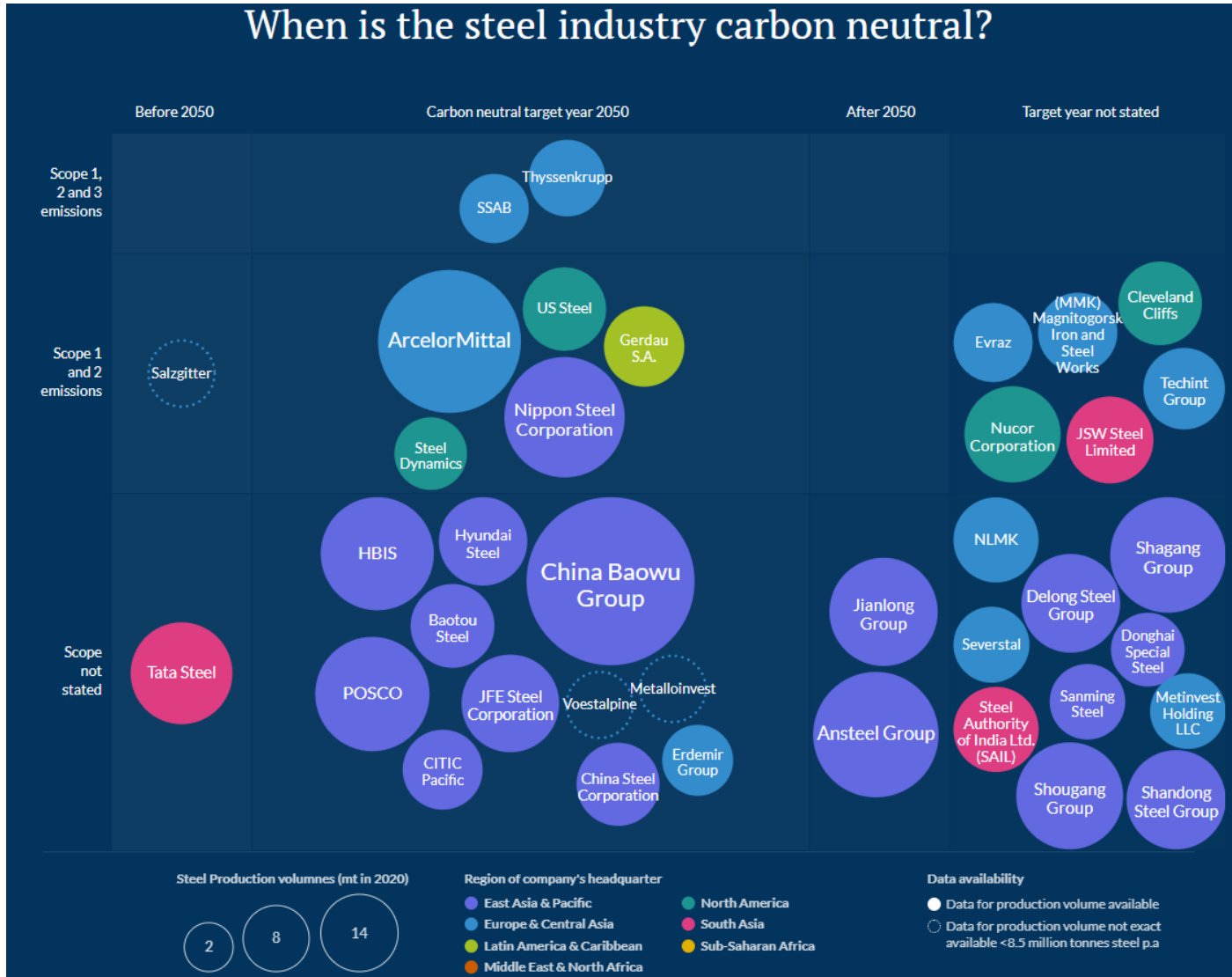
Yeşil Çelik Standartlarının Özeti

| Initiative | Level | Steel | Scope | Allocation | Transport | Product Scope | Source | Near Zero kg CO2/t | Bioenergy | CCUS |
|----------------------------------|-----------|-----------|--|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------|--------------------------------|----------------------|-------|
| GHG Protocol (Corp. Standard) | Corporate | All | 1+2+3 (opt.) | √(SE/E/P) | √ | | CO2 eq. | X | (TBD) | (TBD) |
| GHG Protocol (Product Standard) | Product | All | 1+2+3 | √(SE/E/P) | √ | steel product | CO2 eq. | X | (TBD) | (TBD) |
| worldsteel (CO2 data) | site | All | 1+2+3 (part) Excl. mining | No credit for slag (SE) | only on-site | Crude steel | CO2 | X | √ | √ |
| worldsteel(LCI data) | Product | Low alloy | 1+2+3 | √(SE) | √ | steel product (e.g. slab) | CO2 eq. | X | X | √ |
| ResponsibleSteel | Site | Low alloy | 1+2+3 (part) | X | √ | Hot rolled | CO2 eq. | 100% ore<400; 100%Scrap<50 | √ | √ |
| IEA-G7 | Company | Low alloy | Direct/indirect (limited) | No credit for ex. electricity | only iron/lime, fossil fuel | Crude steel | CO2, CH4 | 100% ore<400; 100%Scrap<50 | √ | √ |
| SBTi (draft) | Company | All | Low alloy: 1+2+3 (>40%) high alloy: 1+2+3 Excl. mining | X | √(if S3>40%) | Hot rolled | CO2 eq. | | Reported separate | (TBD) |
| Green steel label (ongoing work) | Product | Low alloy | 1+2+3 (part) Excl. mining | √ | √ | Hot rolled | CO2 eq. | 100% ore<482; 100%Scrap<344 | √ | √ |
| SteeZero (ongoing work) | Company | All | 1+2+3 (part) | (TBD) | (TBD) | Crude steel | CO2 eq. | 100% ore<400; 100%Scrap<50 | (TBD) | (TBD) |

TBD: to be developed

Kaynak: Kobilde & Partners, 2023

Çelik Üreticilerinin Karbon Nötrlüğü Hedefleri Karşılaştırılması



Kaynak: [Industry Transition](#)



- ✓ 2023'ün Şubat ayında meydana gelen deprem felaketi ülkenin büyük çelik tesislerinin çoğunun bulunduğu Türkiye'nin güneydoğusunu vurmuştur. Bu doğal afetin yarattığı insanlık trajedisinin ötesinde, yüksek enerji maliyetleri, mali ve ekonomik politikalardaki değişiklikler ve Türk lirasındaki keskin değer kaybı, çelik üreticileri için son derece belirsiz bir faaliyet ortamı yaratmıştır.
- ✓ Çelik fabrikalarının yeşil mutabakat hedeflerine uyumuna yönelik yüksek miktarlarda yatırım maliyetleri ile karşı karşıya bulunan Türkiye, uluslararası çelik pazarındaki yerini korumak ve geliştirmek için mücadele etmektedir.
- ✓ Araştırmalar, küresel çelik endüstrisinin, çevresel etkilerini azaltamaması halinde çelik şirketlerinin potansiyel değerinin yaklaşık yüzde 14'ünün risk altında olabileceğini göstermektedir. Ek olarak, 10 ila 15 yıllık uzun yatırım döngüleri, milyarlarca dolarlık finansman ihtiyaçları ve sınırlı tedarikçi kapasiteleri, bu konuyu karbondan arındırma sorununun çözümü açısından daha da önemli hale getirmektedir.

Bu kapsamda;

- Ulusal İklim Kanunu ve Emisyon Ticaret Sistemi kurularak AB ile uyumlu çalışılması,
- İklim kriziyle mücadelede karar verici kurumlar arasında etkin koordinasyon kurulması,
- Şirketlerin doğrudan ve dolaylı karbon salımlarını (Kapsam 1 ve 2) hesaplatmalarının sağlanması, Kapsam 2 emisyonlarından kaçınmak amacıyla yenilenebilir enerji (GES,RES vb.) yatırımlarına odaklanması,
- Hidrojen ve Karbon Yakalama, Depolama ve Kullanım (CCUS) Teknolojilerine yönelik fizibilite çalışmalarının yapılması,
- Çevre katkı payı, GEKAP, YEKDEM vb. sektöre yük olan uygulamaların bir an önce iptal edilmesi ya da edilemiyorsa bile bu uygulamalardan elde edilen gelirlerin, gelirlerin elde edildiği sektörlerin yeşil dönüşüm projelerine aktarılması,
- Yatırımların bir an önce hayata geçmesi yurt içi ve yurt dışı çok yönlü finansman mekanizmalarının geliştirilmesi,

hayati önem taşımaktadır.

Dinlediđiniz İçin
Teřekkür Ederim.

