بسمه تعالی

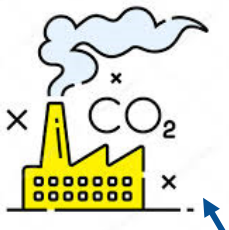
فولاد سبز، چشم انداز گریز ناپذیر صنعت آهن و فولاد

Green Steel, Inevitable Future of the Iron & Steel Industry

تاریخ تهیه ۱۴۰۱/۰۲/۲۰

روزنامه صبح ایران
دنیای اقتصاد

صنعت آهن و فولاد در سال ۲۰۵۰



فولاد سبز (Sustainable Steel Production)

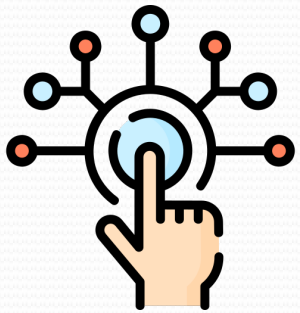
- بحران محیط زیست
- قوانین جدید، گروه های دوستدار محیط زیست

افزایش تقاضا (Shift in Demand)

- رشد ۲۱ درصدی جمعیت (۹/۷ میلیارد نفر)
- افزایش تقاضای صنعت ساختمان و حمل و نقل

جذب و آموزش نیروی انسانی کارآمد

- نیروی آشنا با صنعت دیجیتال و توسعه پایدار
- e-Learning platforms, Augmented Reality



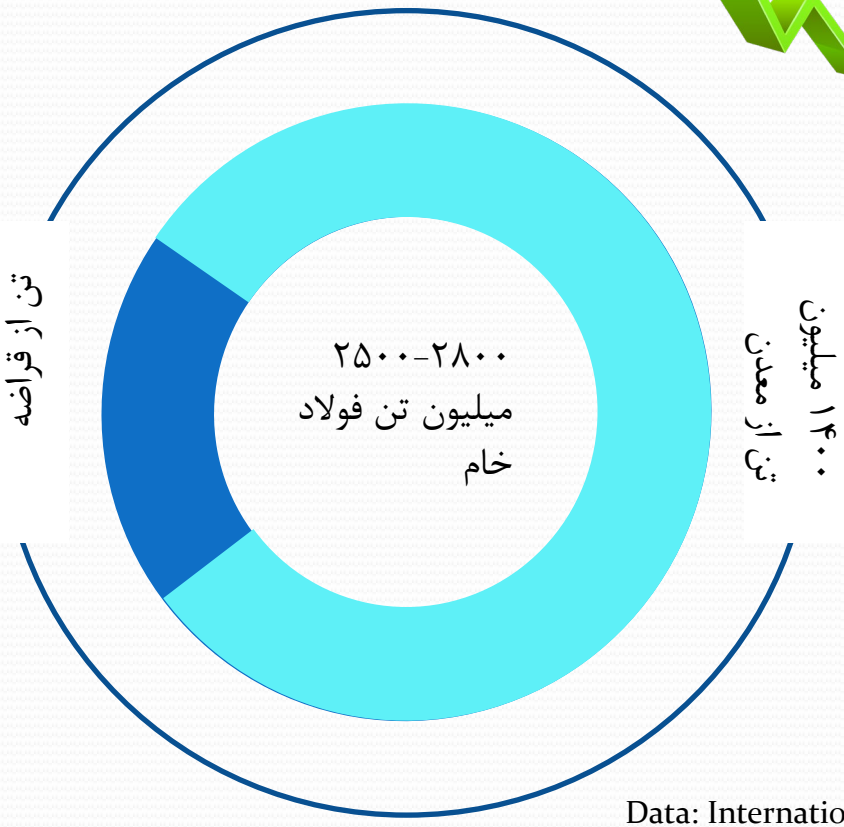
فولاد دیجیتال (Digital Transformation in Steel Industry)

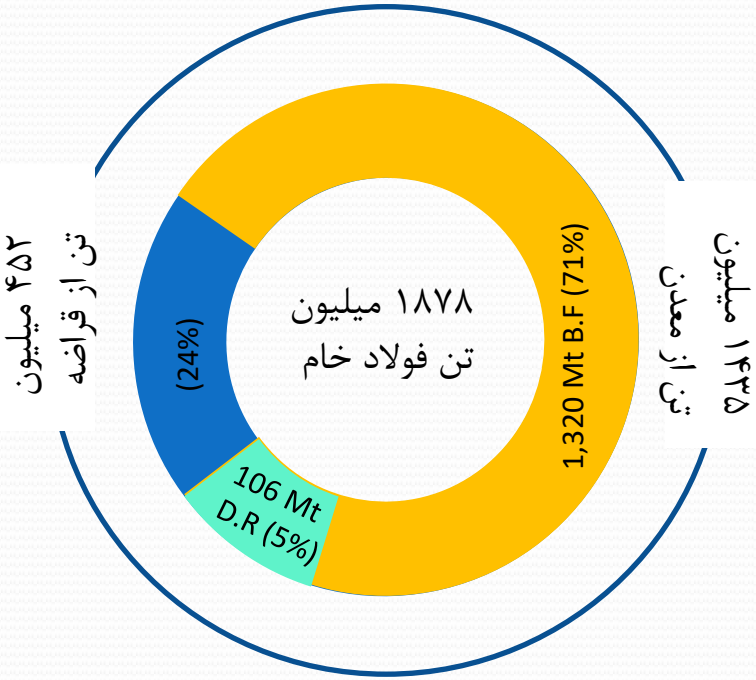
- یکپارچه سازی داده های زنجیره تولید (Data Integration)
- پیش بینی تعمیرات توسط AI، کمک در لحظه توسط AR
- پیش بینی تقاضا و واکنش سریع به آن، قابلیت Trace فولاد فروخته شده
- کنترل و نظارت از راه دور و در لحظه

سال ۲۰۲۰

سال ۲۰۵۰

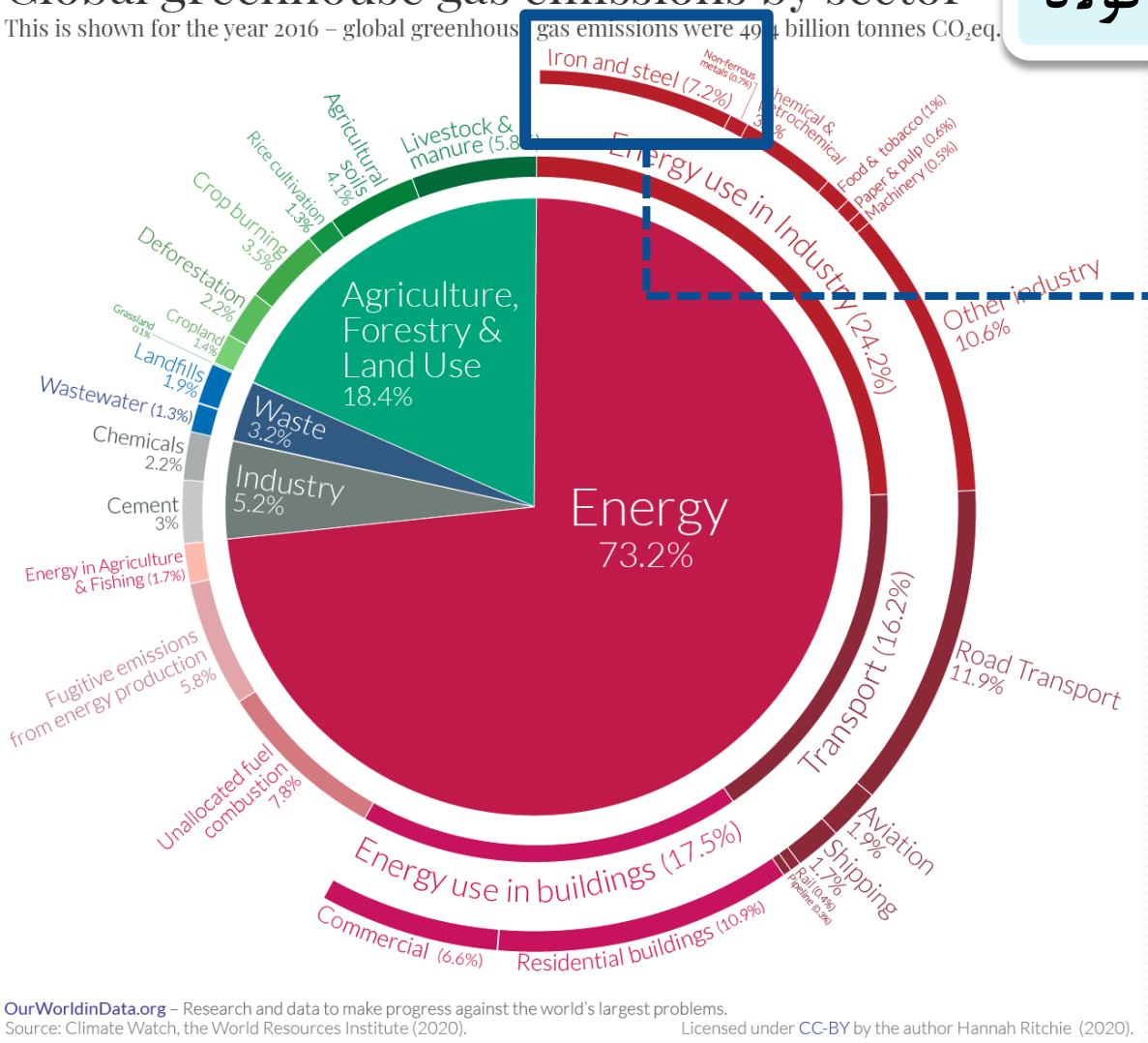
افزایش جهانی تقاضای فولاد





Data: International Steel Institute & International Energy Agency

مصرف بالای انرژی و آلایندگی صنعت آهن و فولاد



تولید ۷ درصد گازهای گلخانه ای جهان در صنعت آهن و فولاد

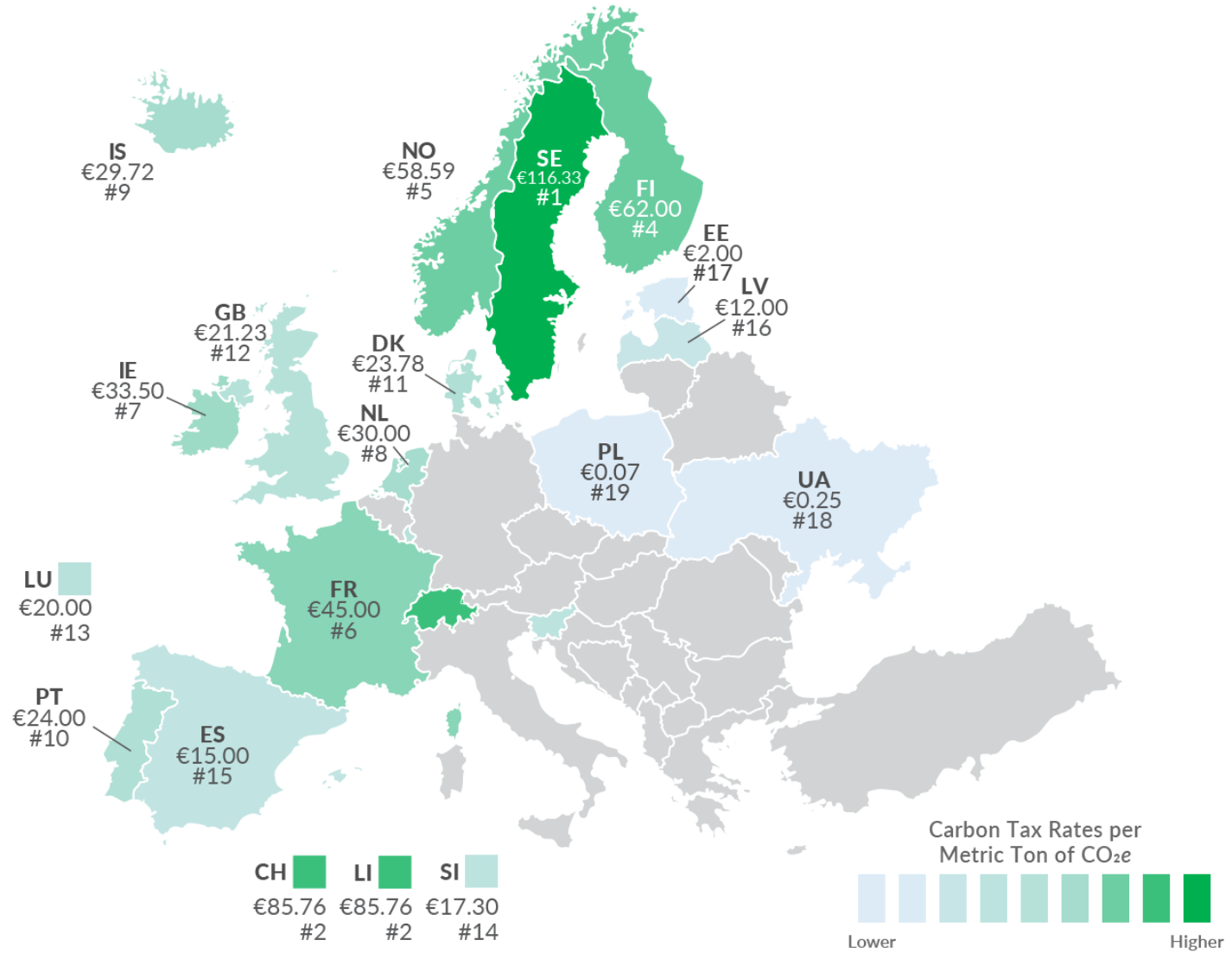
مصرف ۸ درصد از سوخت های فسیلی در صنعت تولید آهن و فولاد

به ازای هر تن آهن ۱/۸ الی ۲/۲ تن CO_2 تولید می شود

۷۰ درصد تولید گازهای گلخانه ای مربوط به مرحله کوره بلند/احیا مستقیم می باشد

Carbon Taxes in Europe

Carbon Tax Rates per Metric Ton of CO_2e, as of April 1, 2021

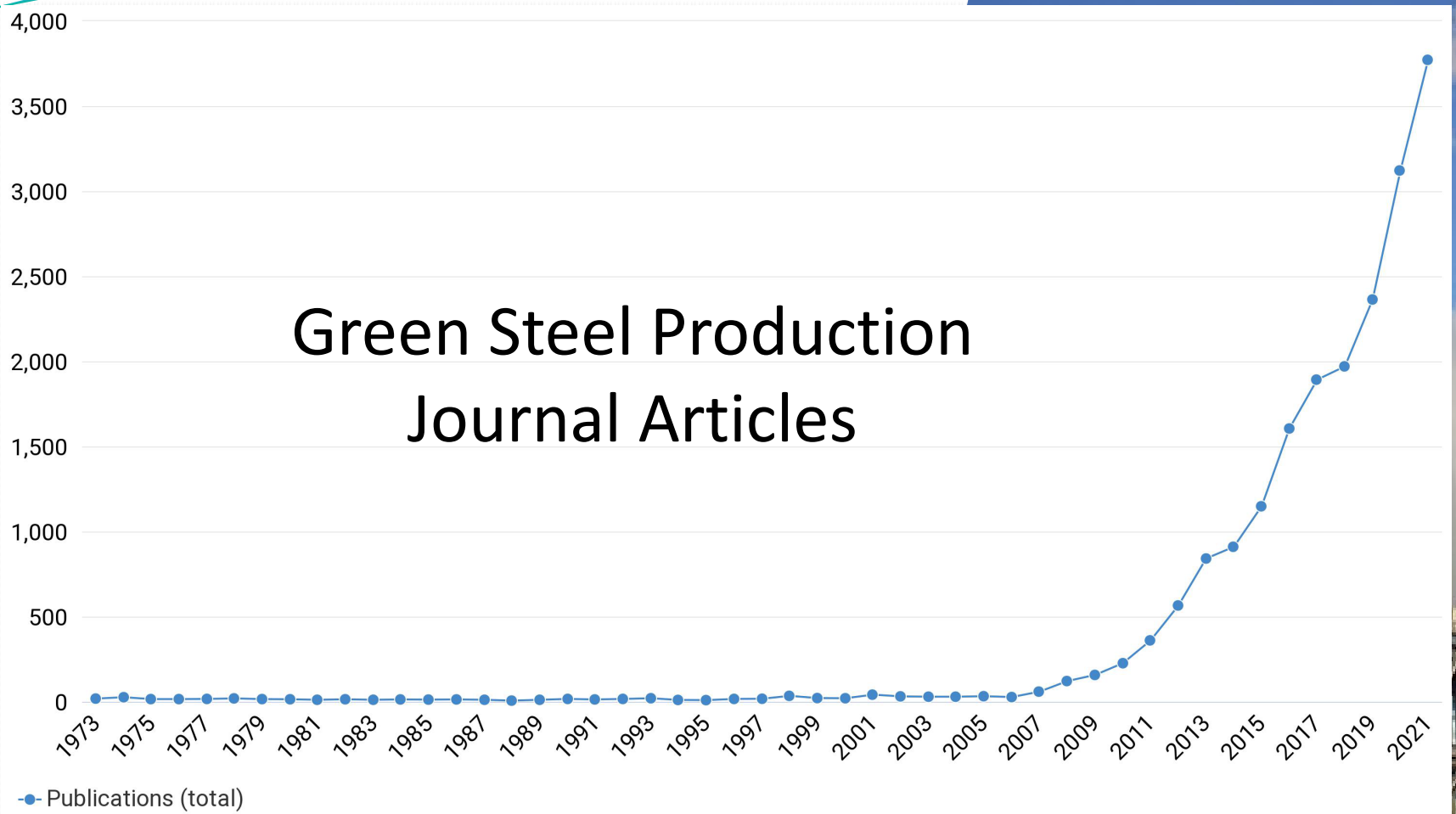


Note: The carbon tax rates were converted using the EUR-USD currency conversion rate as of April 1, 2021.
Source: World Bank, "Carbon Pricing Dashboard."

مالیات کربن

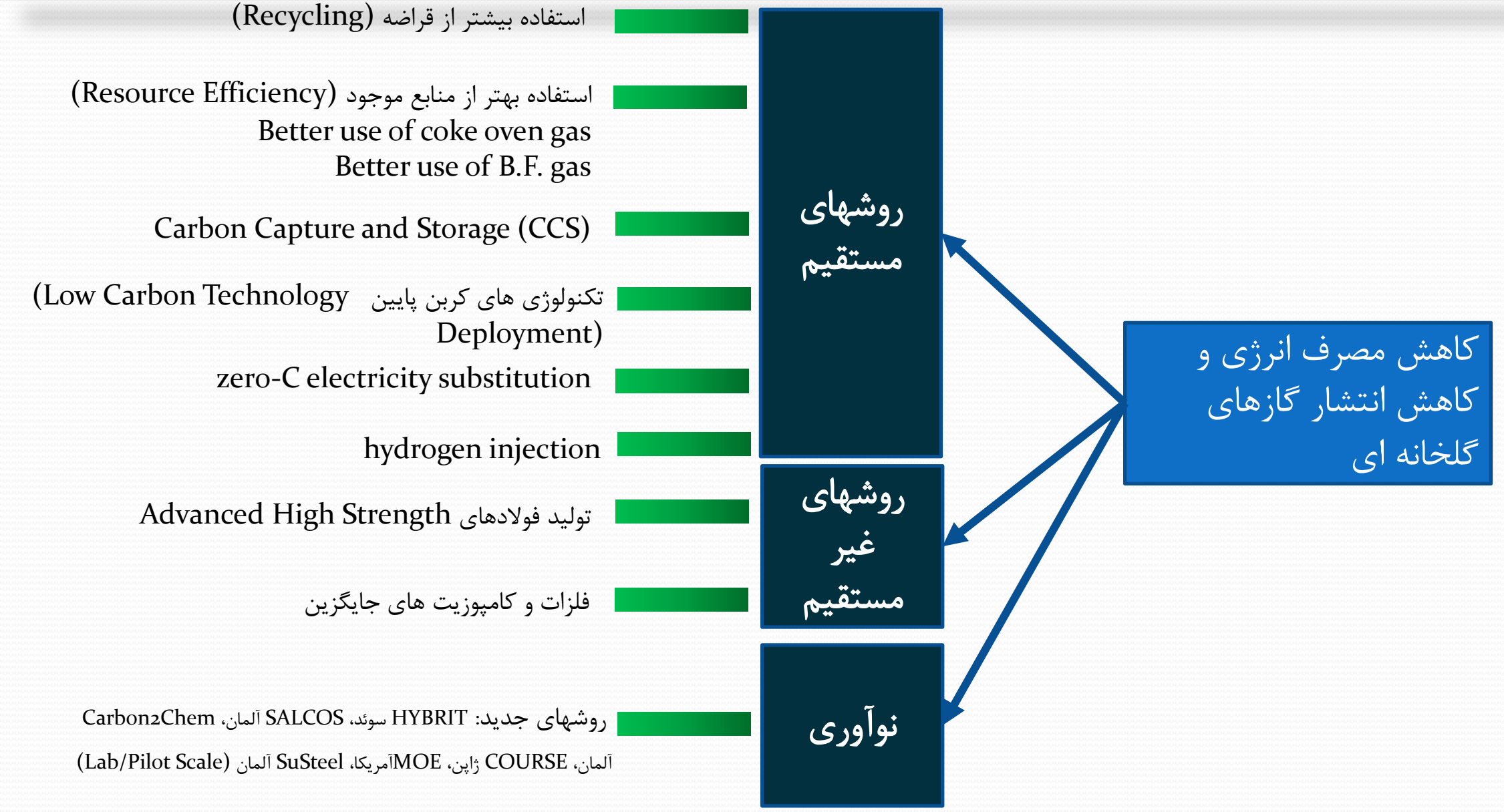
- بر اساس کنفرانس تغییرات آب و هوایی گلاسکو، تولید CO_2 تا سال ۲۰۳۰، میبایست ۴۵ درصد کاهش یابد
- تولید کنندگان غیر اروپایی فروشنده محصول به اروپا از سال ۲۰۲۶ معادل تولید گازهای گلخانه ای، مالیات کربن بپردازند.
- مالیات تبادل کربن در کشور های اروپایی از ۰ تا ۱۱۶ یورو به ازای هر تن CO_2
- با روش های حال حاضر، به ازای هر تن آهن ۱/۸ الی ۲/۲ تن CO_2 تولید می شود
- کاهش میزان تولید مستقیم CO_2 فولاد خام از ۱/۴ تن به ۰/۶ تن تا سال ۲۰۵۰

Green Steel Production Journal Articles



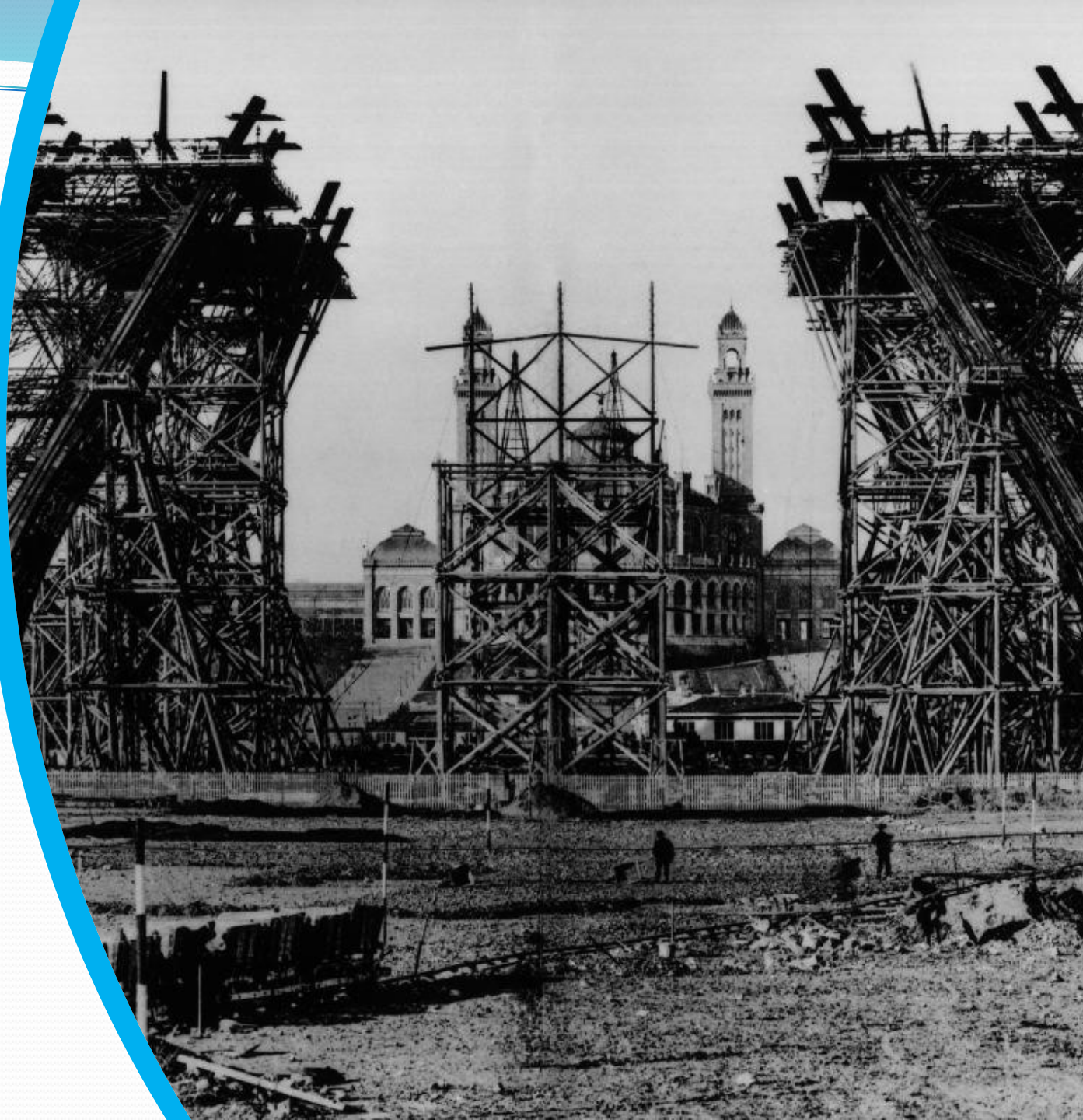
Source: https://app.dimensions.ai
Exported: May 08, 2022
Criteria: 'green steel' in full data; Publication Type is Article; Source Title is Journal of Cleaner Production or Nature or Scientific Reports or PLOS ONE or Materials or Chemical Engineering Journal.

© 2022 Digital Science and Research Solutions Inc. All rights reserved. Non-commercial redistribution / external re-use of this work is permitted subject to appropriate acknowledgement. This work is sourced from Dimensions® at www.dimensions.ai

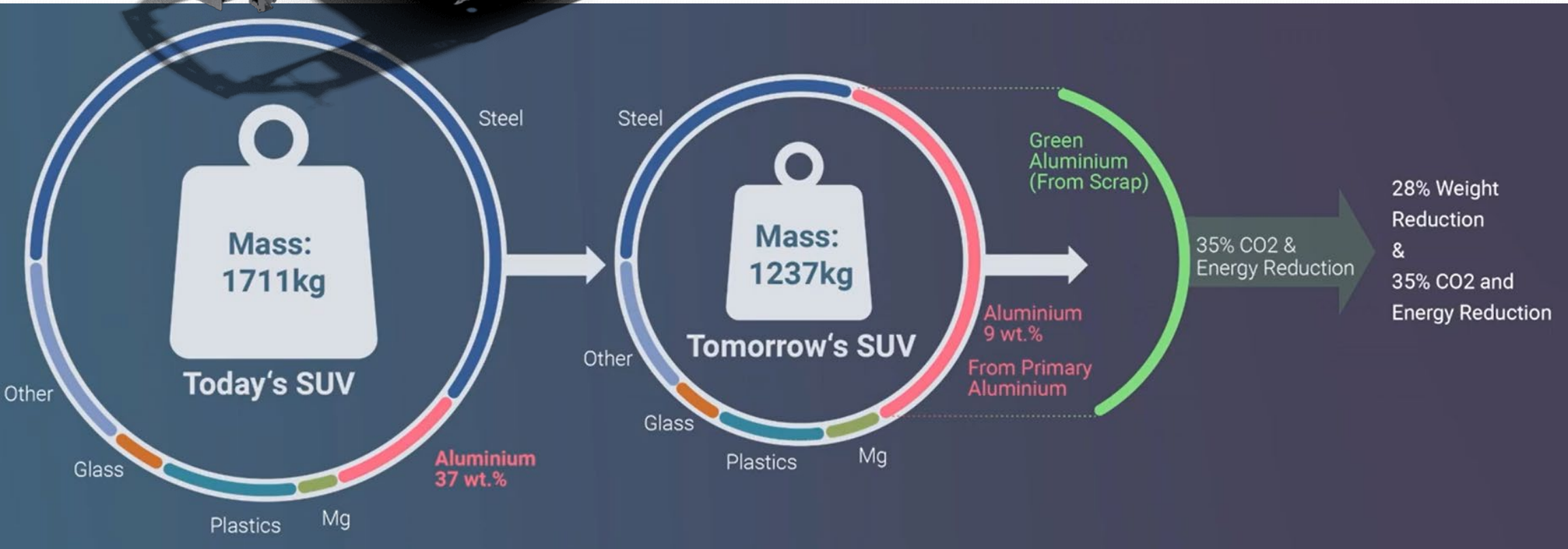

کاهش مصرف انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه ای
روشهای مستقیم
روشهای غیر مستقیم
نوآوری
استفاده بیشتر از قراضه (Recycling)
استفاده بهتر از منابع موجود (Resource Efficiency)
Better use of coke oven gas
Better use of B.F. gas
Carbon Capture and Storage (CCS)
تکنولوژی های کربن پایین (Low Carbon Technology Deployment)
zero-C electricity substitution
hydrogen injection
تولید فولادهای Advanced High Strength
فلزات و کامپوزیت های جایگزین
روشهای جدید: HYBRIT سوئد، SALCOS آلمان، Carbon2Chem آلمان، COURSE ژاپن، MOEآمریکا، SuSteel آلمان (Lab/Pilot Scale)

تولید فولادهای High Strength

طراحی مشابه امروز برج ایفل با ۷۵٪ فولاد کمتر



روزنامه صبح ایران
دنیای اقتصاد



COKE/COAL BASED

BF and BOF route

(80% hot metal and 20% scrap in BOF)

1,765

kg CO_2 per ton of liquid steel

NATURAL GAS BASED

DR and EAF route

(80% hot DRI and 20% scrap in EAF)

940

kg CO_2 per ton of liquid steel

-47% CO_2 emissions

HYDROGEN BASED

DR and EAF route

(80% hot DRI from green hydrogen and 20% scrap in EAF)

437

kg CO_2 per ton of liquid steel

-75% CO_2 emissions

HYDROGEN BASED

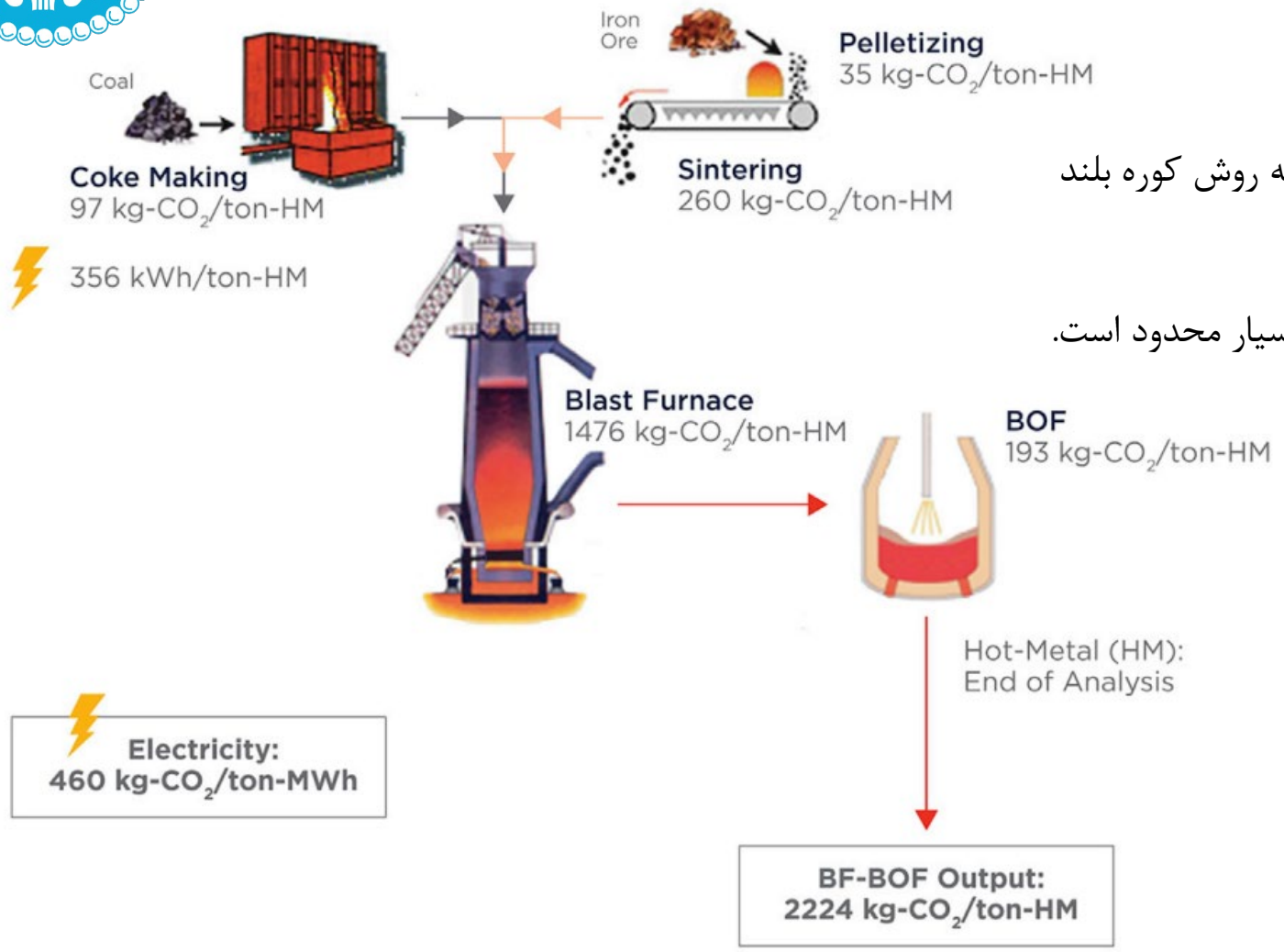
DR and EAF route

(green hydrogen, fossil-free electricity, heat generation, and transport).

~0

kg CO_2 per ton of liquid steel

-99% CO_2 emissions



۷۱٪ تولید جهانی آهن خام در سال ۲۰۲۰ به روش کوره بلند صورت گرفته است.

پتانسیل این روش در کاهش انتشار CO_2 بسیار محدود است.

نقش کک در کوره بلند

منبع تولید انرژی حرارتی (ترمودینامیک فرایند)

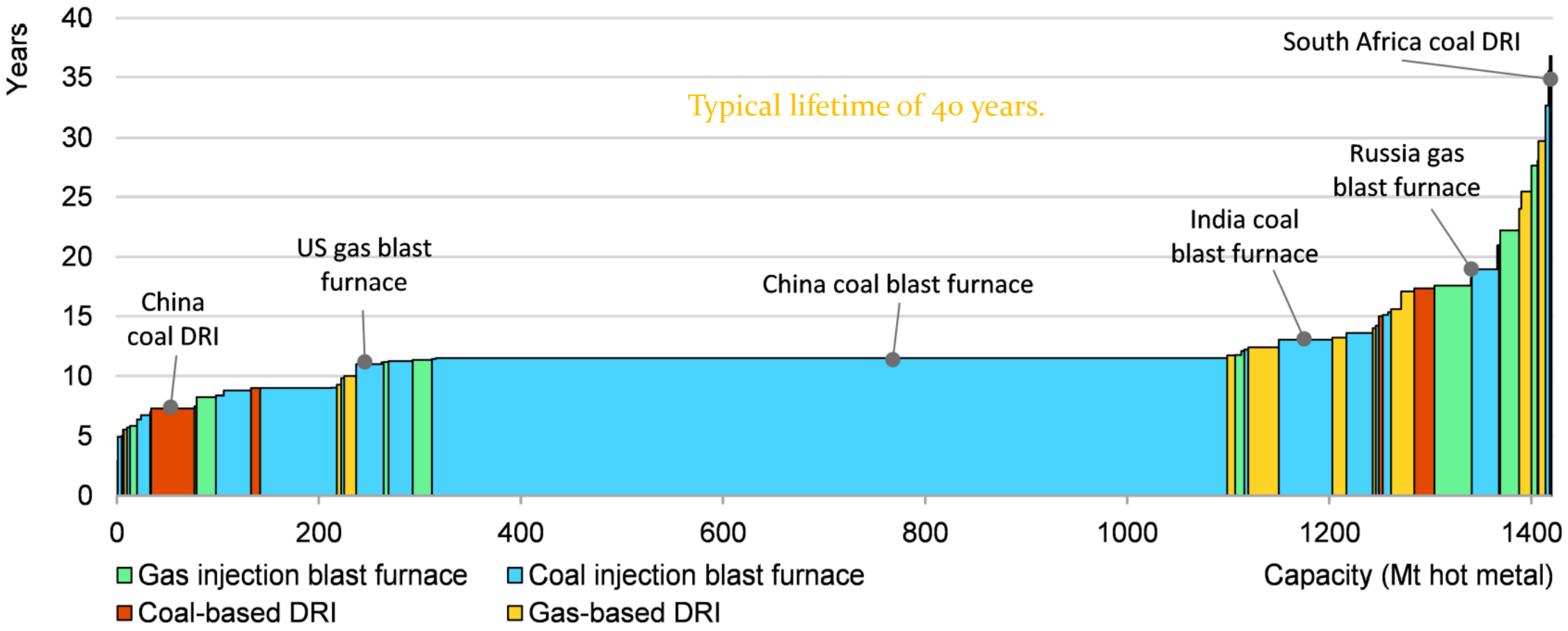
راندمان انرژی حرارتی در کوره بلند ۲۳٪

منبع احیا سنگ/گندله/کلوخه

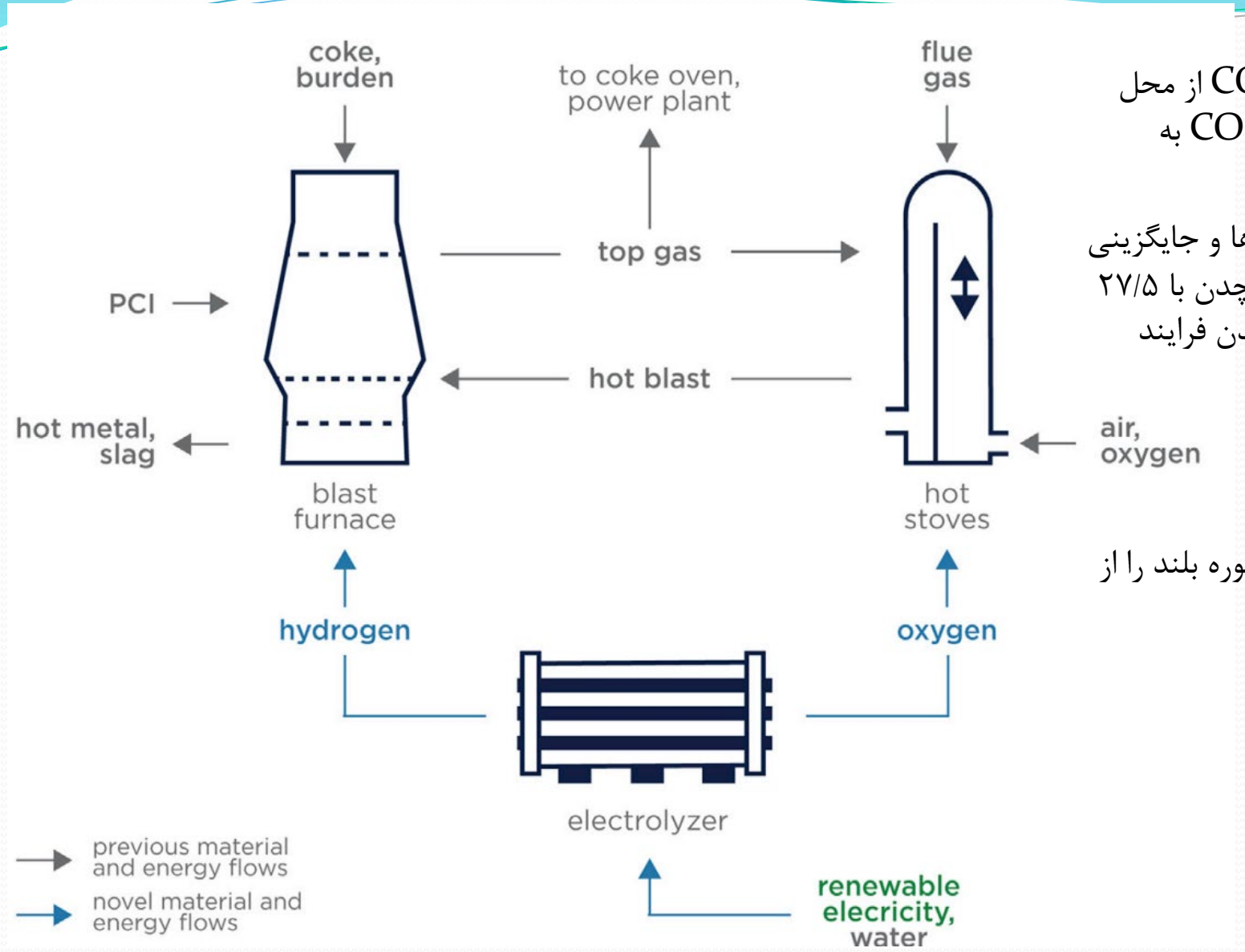
نگه دارنده ستون بار

جایگزینی هیدروژن با سایر منابع انرژی در کوره بلند

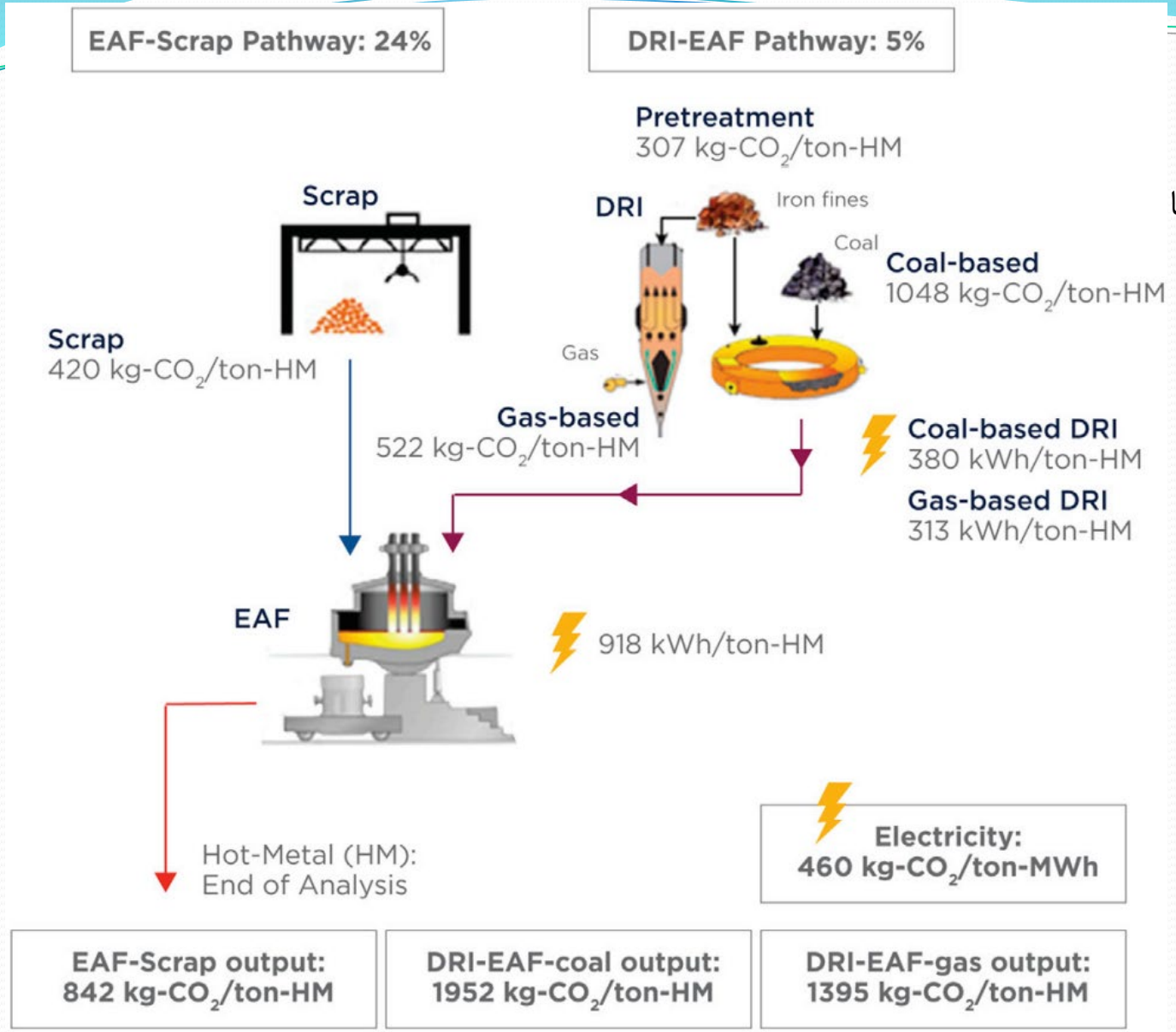
PCI, Neutral Gas



Average age of main assets in the iron and steel sector by production route and region



- امکان جایگزینی میزان محدودی از CO از محل کک یا زغال با H2 و کاهش انتشار CO2 به میزان ۲۱/۴٪.
- امکان تزریق هیدروژن خالص از تویرها و جایگزینی ۱۲۰ کیلوگرم PCI به ازای یک تن چدن با ۲۷/۵ کیلوگرم هیدروژن به ازای یک تن چدن فرایند (COURSE50) ژاپن.
- جایگزینی بیشتر H2 رژیم حرارتی کوره بلند را از گرمازا به گرماگیر تغییرخواهد داد.



- سهم جهانی EAF از تولید فولاد خام ۲۴٪ است. این نسبت ۵۹٪ در آمریکای شمالی و ۴۱٪ در اروپا است.
- کوره قوس ذاتا کربن کمتری نسبت به روش کوره بلند-فولاد سازی تولید میکند.

محدودیت های روش:

- وابسته بودن به آهن قراضه
- فرایند ناپیوسته و انقطاع در سیکلهای تولید، مشکلاتی را در زمینه تولید و انتقال جریان الکتریسته به همراه دارد.

روزنامه صبح ایران
دنیای اقتصاد

تنها تکنولوژی صنعتی(Proven Technology) در کاهش تولید گازهای کلخانه ای، اجرای روش DRI-EAF با H_2 است.

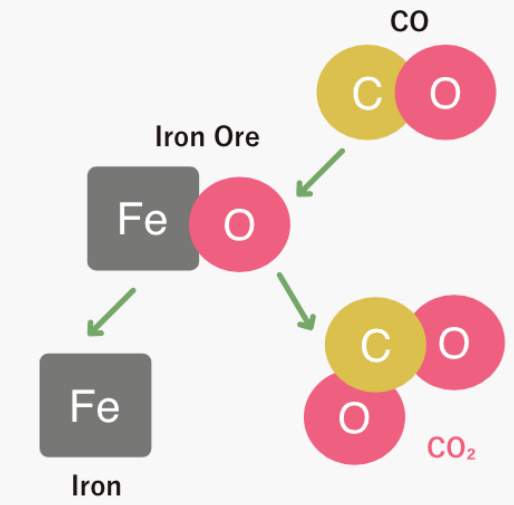
تکنولوژی پیشنهادی آژانس بین المللی انرژی (IEA) جهت کاهش CO_2 در تولید فولاد روش H2-DRI است.

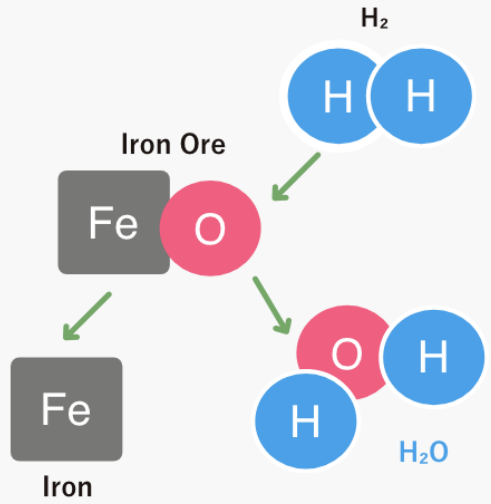
نقشه راه بسیاری از کشورها در کاهش CO_2 استفاده از H2-DRI است.

DRI-EAF تا کنون محدود به کشورهای با ذخیره گاز طبیعی بوده است ولی تولید H_2 در هر نقطه از دنیا امکان پذیر است.

تولید ارزان و انبوه هیدروژن از اهمیت ویژه برخوردا است.

جریمه ۶۰ یورویی به ازای تولید هر تن CO_2 استفاده از هیدروژن را اقتصادی خواهد کرد.

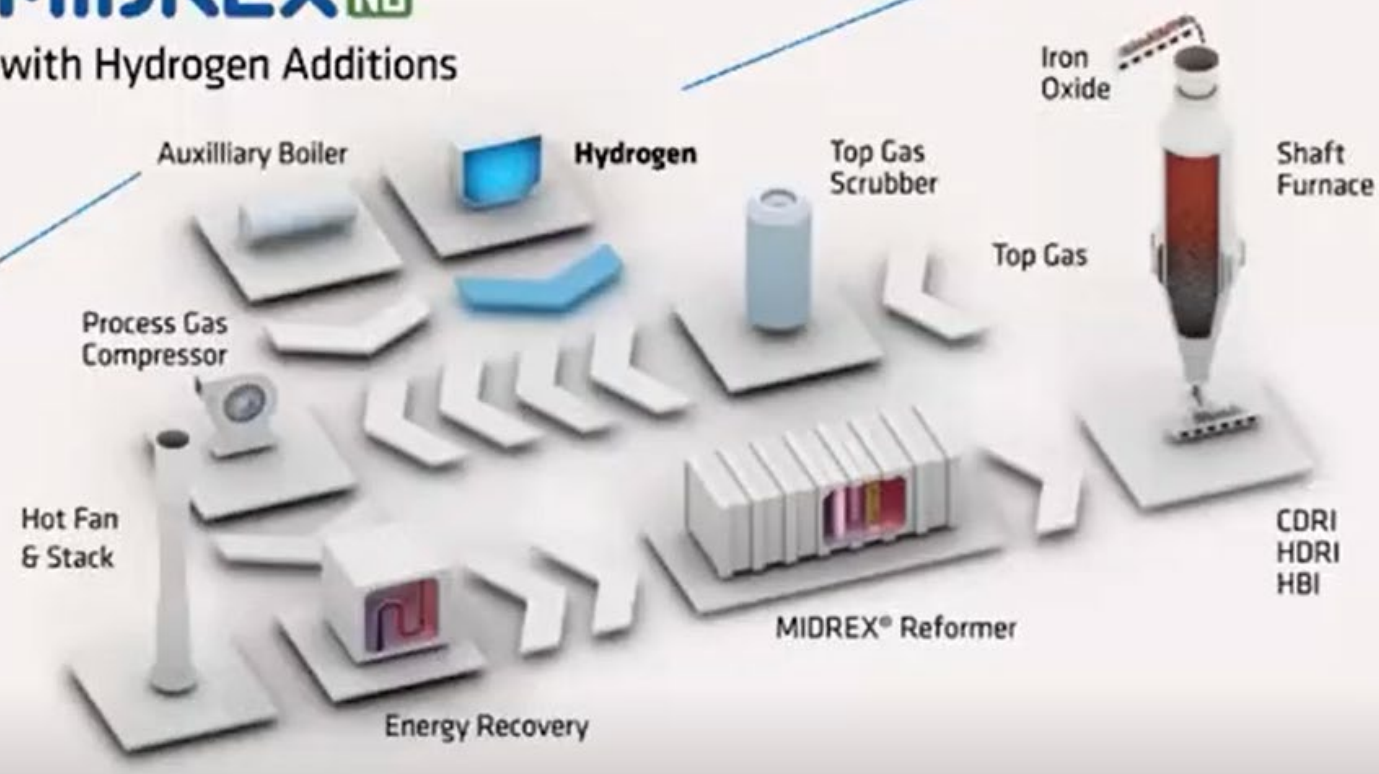




Near Future (Transition):
NG/H_2 based DRI + EAF

Proven technology available today
Immediate CO_2 reduction of ~50%

MIDREX NG™
with Hydrogen Additions



Steam can come from external sources or boiler

Transition from Fossil to Hydrogen Economy
(for ore-based metallics)

Present:	Near Future (Transition):	Future:
NG based DRI + EAF	NG/H_2 based DRI + EAF	H_2 DRI + EAF
MIDREX NG™	MIDREX NG™ with Hydrogen Addition	MIDREX H_2™

Feed Gas		Natural Gas	Natural gas + Hydrogen (as % of energy coming from external H_2)			Hydrogen
			20%	50%	70%	
Reducing Gas	H_2	55%	62%	72%	77%	100%
	CO	35%	28%	18%	13%	0%
	Others	10% (mostly CO_2, H_2O, CH_4, N_2)				
	H_2/CO	1.6	2.2	4.0	5.9	n/a
Carbon in DRI		2.5% 4% w/ ACT	~1.5%	~1.0%	~0.5%	0%
CO_2 emissions (kg_{CO2} / t_{DRI}) *		500	400	250	150	From heater burners only

روزنامه صبح ایران
دنیای اقتصاد

هیدروژن خاکستری

↓

تولید و تصاعد CO_2

رفورمینگ گاز ککسازی

رفورمینگ گاز طبیعی با بخار آب

گازی سازی زغال سنگ

↓

۱/۵ یورو بر کیلوگرم H_2

هیدروژن آبی

↓

تولید و دفع و ذخیره CO_2

۵۰ کیلوگرم H_2 به ازای تولید هر تن فولاد

↓

۲ یورو بر کیلوگرم H_2

هیدروژن سبز

↓

عدم تولید دیاکسیدکربن

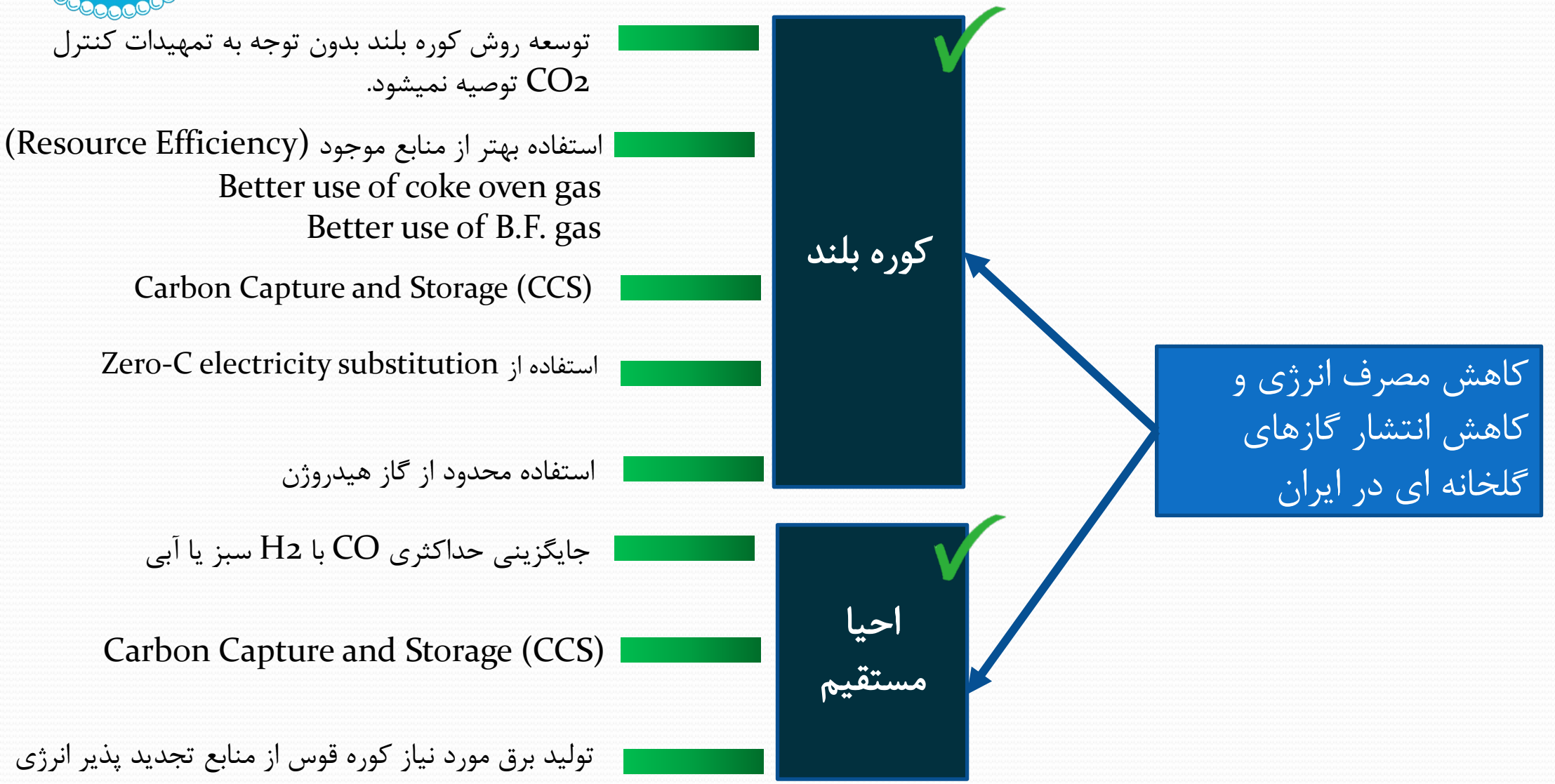
فرآیند الکترولیز

۵۰-۵۵ کیلووات‌ساعت برای تولید یک کیلوگرم هیدروژن

↓

۳/۶-۵/۳ یورو بر کیلوگرم H_2

پیش‌بینی قیمت ۱/۸ یورو بر کیلوگرم تا سال ۲۰۳۰


کاهش مصرف انرژی و
کاهش انتشار گازهای
گلخانه ای در ایران
کوره بلند
توسعه روش کوره بلند بدون توجه به تمهیدات کنترل CO2 توصیه نمیشود.
استفاده بهتر از منابع موجود (Resource Efficiency)
Better use of coke oven gas
Better use of B.F. gas
Carbon Capture and Storage (CCS)
استفاده از Zero-C electricity substitution
استفاده محدود از گاز هیدروژن
احیا مستقیم
جایگزینی حداکثری CO با H2 سبز یا آبی
Carbon Capture and Storage (CCS)
تولید برق مورد نیاز کوره قوس از منابع تجدید پذیر انرژی

با تشکر از توجه شما

advanced economies account for about 25% of production in 2019, declining slightly to around 20% by 2050.

China's share of global production declines from around 53% in 2019, to 35% in 2050

India's output share surges, from 6% in 2019, to 17% by 2050

MIDREX H_2 ™