هبة الرحمن احمد
دكتور مهندس استشاري إدارة المخلفات
استشاري علوم المواد وتطبيقاتها
مدقق بصمة كربونية
محكم ملكية فكرية

hebatalrahman11@yahoo.com
hebatalrahman11@gmail.com
00201551552873

الطاقة
ATTAQA

الهيدروجين لا لون له لكن تُستخدم الألوان للدلالة على طريقة استخراجه*

أنواع الهيدروجين

طريقة الإنتاج ■ مصدر الطاقة ● الأثر البيئي

*هناك خلاف حول الألوان ومدى جدواها.. وهناك تصنيف جديد من الأمم المتحدة يعتمد على الانبعاثات ويتجاهل الألوان

البني أو الأسود
- ▲ يُستخرج عبر تحويل الفحم إلى غاز
- ■ الطاقة الحرارية
- ● الأكثر تلويثًا للبيئة
- * اختلاف اللون حسب نوع الفحم المستخدم

الأخضر
- ▲ يُنتج بالتحليل الكهربائي للماء إلى هيدروجين وأكسجين
- ■ الطاقة المتجددة
- ● طريقة صديقة للبيئة ولا تطلق انبعاثات ضارة
- * مكلف من الناحية الاقتصادية

الرمادي
- ▲ يُستخرج من الغاز الطبيعي عبر فصل الهيدروجين عن الكربون
- ■ الطاقة الحرارية
- ● الكربون الناتج يعادل 9 أمثال الهيدروجين المنتج
- * الطريقة الأكثر شيوعًا والأقل تكلفة

الأصفر
- ▲ يُطلق على الهيدروجين المُنتج بالتحليل الكهربائي للماء
- ■ الطاقة النووية
- ● طريقة صديقة للبيئية
- * يعتمد على الكهرباء المولدة من محطات الطاقة النووية

الأزرق
- ▲ يعتمد على الوقود الأحفوري (الفحم أوالغاز الطبيعي)
- ■ الطاقة الحرارية
- ● يفي بالمتطلبات البيئية والاقتصادية
- * يتطلّب احتجاز الكربون أو تخزينه لاستخدامات أخرى

التركوازي أو الفيروزي
- ▲ يُستخرج عبر تفكيك الغاز الطبيعي إلى هيدروجين وكربون صلب
- ■ الطاقة الحرارية
- ● طريقة منخفضة الانبعاثات
- * يطلق الكربون الصلب كمادة ثانوية

@Attaqa2 Attaqa SM attaqa.net

الهيدروجين الأخضر

- هو نوع من الهيدروجين يتم توليده باستخدام مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية أو الرياح أو الطاقة الكهرومائية.
- تتضمن هذه العملية التحليل الكهربائي للماء، حيث يقوم تيار كهربائي بتقسيم الماء إلى هيدروجين وأكسجين. كونه أنظف من طرق الإنتاج التقليدية الأخرى

وتشير التقديرات إلى أنه بحلول عام 2050، يمكن للهيدروجين الأخضر أن يلبي ما يصل إلى 25% من إجمالي الطلب على الطاقة، مما سيحدث ثورة في القطاعات التقليدية

المزايا البيئية للهيدروجين الأخضر

- **انعدام الانبعاثات الكربونية**
  - يُنتج الهيدروجين الأخضر عبر التحليل الكهربائي للماء باستخدام طاقة متجددة، دون أي انبعاثات لثاني أكسيد الكربون.
  - عند استخدامه كوقود، ينتج بخار ماء فقط، مما يُحسن جودة الهواء ويُقلل من التلوث.
- **تقليل البصمة البيئية للصناعات الثقيلة**
  - يُمكن استخدامه في صناعات مثل الصلب، الأسمنت، والكيماويات، مما يُقلل من الانبعاثات في أكثر القطاعات تلويثًا.
- **تحسين جودة الهواء**
  - لا ينتج عنه ملوثات مثل أكاسيد النيتروجين أو الكبريت، مما يُقلل من الأمراض التنفسية المرتبطة بتلوث الهواء.
- **دعم التنوع البيولوجي**
  - يُقلل من الحاجة لاستخراج الفحم والنفط، مما يُحافظ على النظم البيئية ويُقلل من التدهور البيئي.
- **حل لمشكلة الطاقة المتقطعة**
  - يُمكن تخزين الهيدروجين الأخضر واستخدامه لاحقًا، مما يُعزز استقرار الشبكات الكهربائية المعتمدة على الشمس والرياح.

5 أنواع من الهيدروجين
تعرف عليها
الفيروزي
الوردي
الأزرق
الرمادي
الأخضر
H_2
قبل 350 عاما
تم اكتشاف الهيدروجين
وفي مطلع القرن الـ20
بدأ استخدامه بصفته "غازا"
وتم التعرف على الهيدروجين كوقود
في خمسينيات القرن العشرين
بواسطة "ناسا"
600
مليار دولار
استثمارات متوقعة
لإنتاج الهيدروجين
بحلول عام 2050
120
مليون طن
إنتاج الهيدروجين عالميا
أبرز الدول في إنتاج الهيدروجين
أستراليا
اليابان
النرويج
كوريا الجنوبية
السعودية
المصدر/ رويترز وبلومبرج
al-ain Business

الهيدروجين والصناعة

- الحد من الانبعاثات في صناعة الصلب

يعد إنتاج الصلب أحد أكثر الأنشطة تلويثا بسبب استخدامه الوقود •

. الوقود المستدام للنقل الثقيل •

- يتم بالفعل اختبار الشاحنات طويلة المدى التي تعمل بالهيدروجين من قبل شركات مثل نيكولا موتورز وتيوتا •
- تستثمر العديد من شركات الطيران في الطائرات ذات التكنولوجيا المعتمدة على الهيدروجين كخيار مستدام للرحلات التجارية. افتتاح أول قطار يعمل بالكامل بالهيدروجين الأخضر في عام 2022بالمانيا.
- وفي المجال البحري، يجري تطوير السفن التي تعمل بالهيدروجين في دول مثل اليابان. •

- توليد الحرارة والطاقة في الصناعة الكيميائية

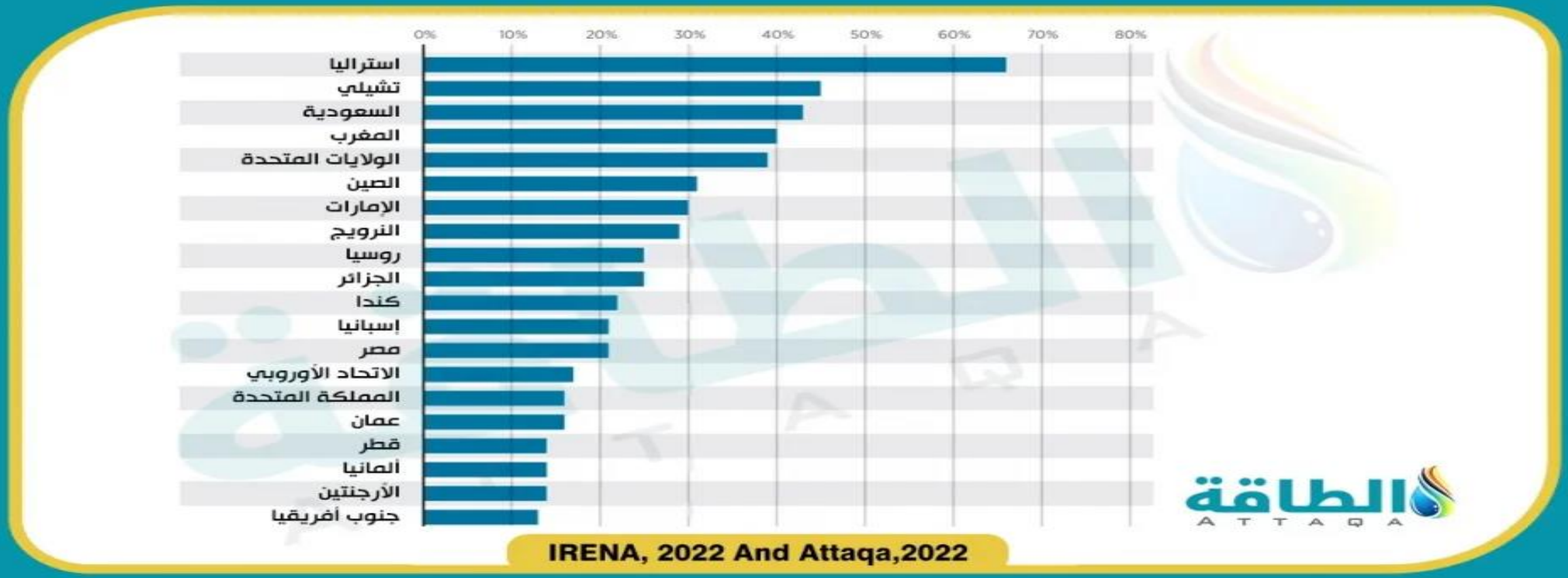
في الصناعة الكيميائية، يستخدم الهيدروجين بالفعل على نطاق واسع لإنتاج الأمونيا والميثانول، وهما أساس الأسمدة والمواد البلاستيكية. •

- تخزين الطاقة المتجددة

ويمكن بعد ذلك إعادة تحويل هذه الطاقة المخزنة إلى كهرباء خلال فترات انخفاض الإنتاج. •

وبهذه الطريقة، يتم تحسين إدارة الموارد المتجددة، مما يؤدي إلى استقرار إمدادات الطاقة •

الدول المرشحة عالميًا لإنتاج الهيدروجين

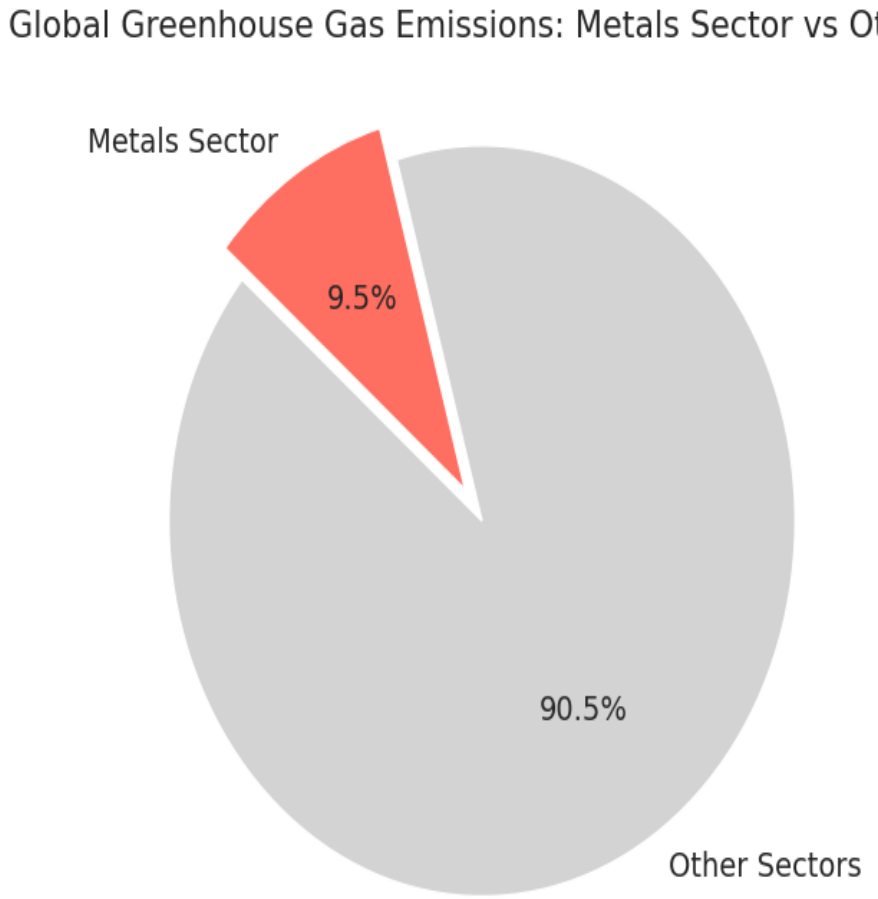


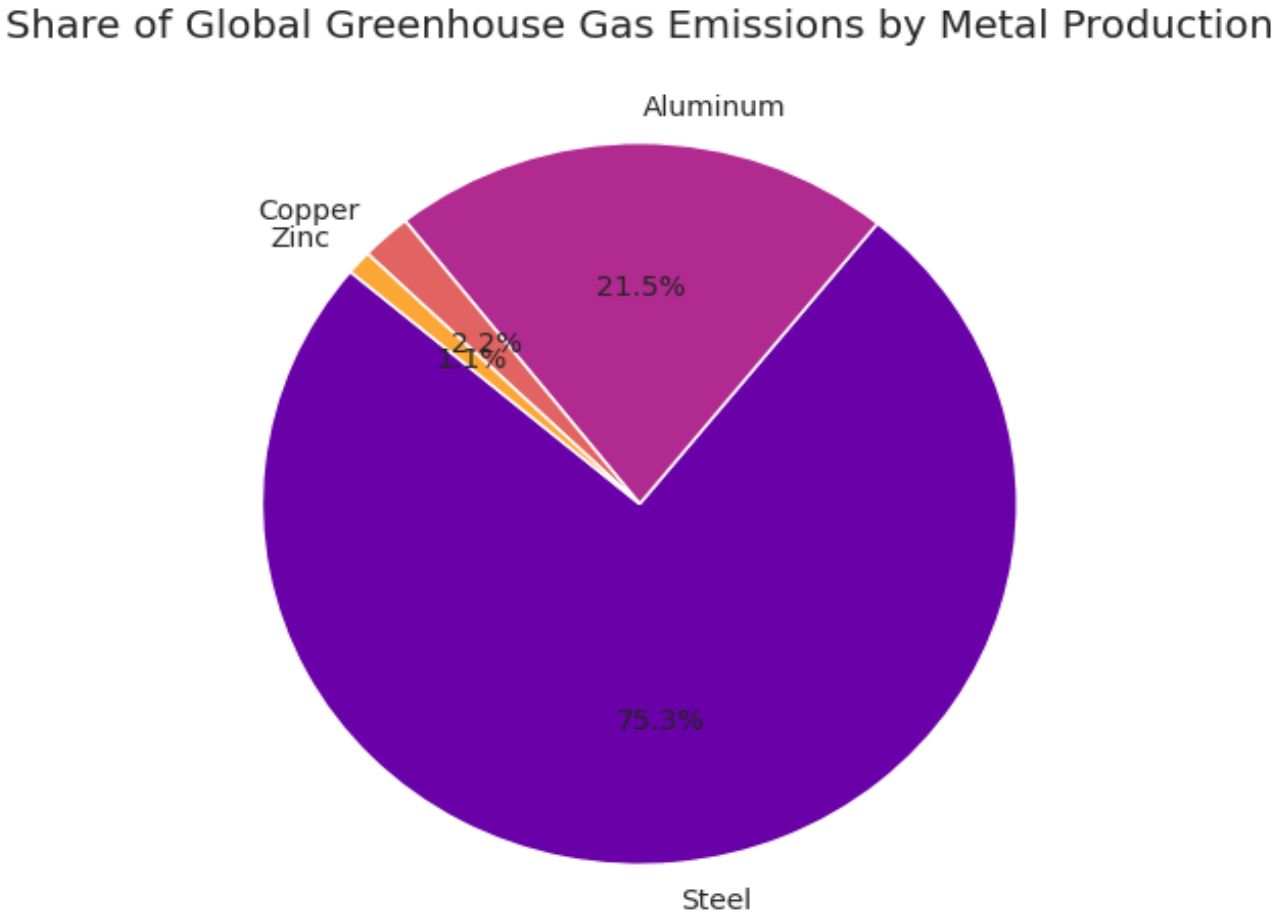
قطاع المعادن من أكبر الصناعات المتسببة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون؛ إذ تصدر عمليات الصهر والتكرير الرئيسة كميات ضخمة من الانبعاثات لا تقارن بغيرها في الصناعات الأخرى.

الصلب والألومنيوم والنحاس والزنك

4 معادن تتسبّب في 10% من إجمالي الانبعاثات العالمية.

صناعة الحديد والصلب تتسبّب وحدها في 7% من الانبعاثات.





Total metal emissions: 9.5% of global | Steel alone: 7% (dominates sector)

الإنتاج التقليدي والإنتاج بالهيدروجين الاخضر:

العنصر	الإنتاج التقليدي (بالغاز الطبيعي)	الإنتاج بالهيدروجين الأخضر
تكلفة الوقود	منخفضة نسبيًا	مرتفعة حاليًا
تكلفة الانبعاثات (CBAM)	مرتفعة مع تطبيق الضريبة	شبه معدومة
تكلفة رأس المال (CAPEX)	أقل	أعلى بسبب البنية التحتية
تكلفة التشغيل (OPEX)	مستقرة	قابلة للانخفاض مع الوقت
الانبعاثات الكربونية	عالية	منخفضة جدًا
القبول في الأسواق الأوروبية	محدود	مرتفع

خريطة انبعاثات إنتاج المعادن

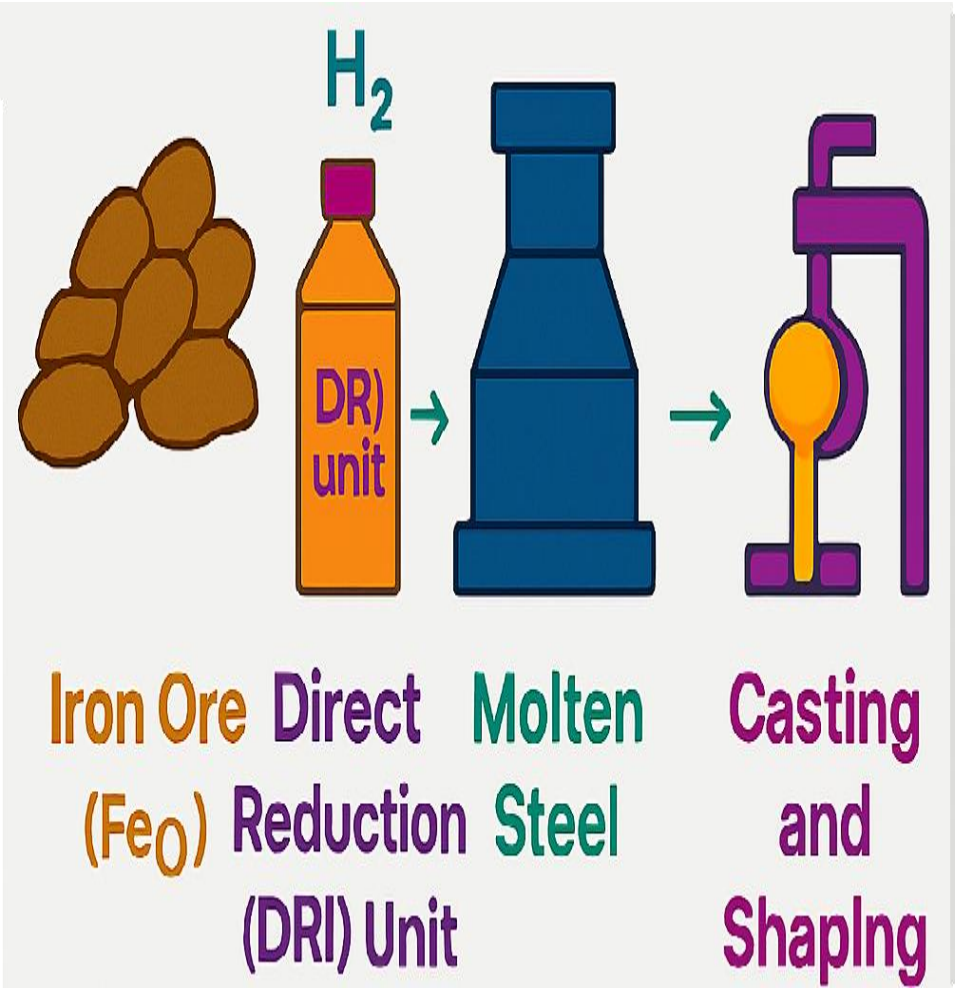
- تطلق عمليات الصهر والتكرير المنتجة للمعادن كميات كبيرة من غازات الدفيئة، ويمثل الصلب والألومنيوم والنحاس والزنك قرابة 9.5% من الانبعاثات العالمية.

- وتُعَد صناعة الحديد والصلب أكبر مصدر لانبعاثات غازات الدفيئة من بين جميع المعادن؛ إذ تتسبّب وحدها في 7% من إجمالي الانبعاثات العالمية؛ ما يجعلها محط أنظار استعمالات الهيدروجين البديلة في الصناعة.

- بينما يستحوذ الألومنيوم على 2% من الانبعاثات العالمية، يليه النحاس بنسبة 0.2%، ثم الزنك بنسبة أقل (0.1%)، وفقًا لبيانات رصدتها وحدة أبحاث الطاقة من تقرير وود ماكنزي.

- ويظهر جانب آخر من البيانات، استحواذ عمليات إنتاج الحديد والصلب على 93% من غازات الدفيئة في صناعة المعادن والتعدين كاملة بسبب اعتمادها على الفحم في التفاعلات المعدنية

مصادر الانبعاثات في قطاع الصناعات المعدنية



- الأول
- **الانبعاثات المباشرة**
- من إنتاج المعادن،
- الثاني
- **الانبعاثات غير المباشرة**

مثل الصادرة عن استهلاك الكهرباء من مكافئ ثاني أكسيد الكربون.

تعزيز الطاقة المتجددة:

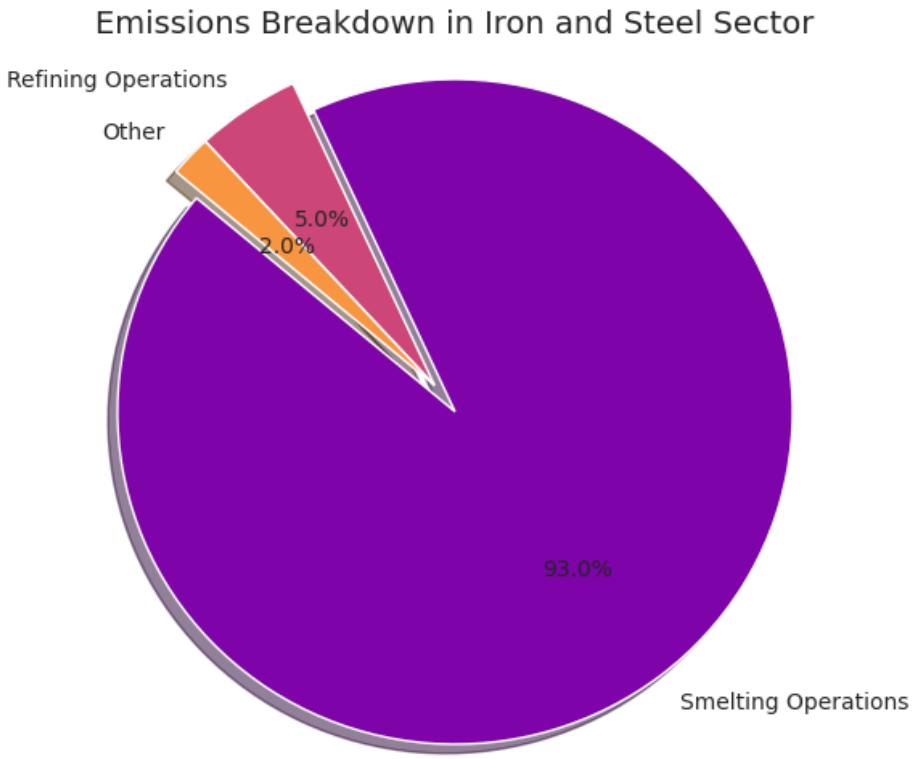
استخدام الهيدروجين الأخضر يدفع التحول نحو نظام طاقة أنظف، مما يزيد الطلب على الكهرباء المتجددة.

- الهيدروجين الأخضر يُعتبر ركيزة أساسية في تحول الطاقة العالمي، ويُتوقع أن يصبح بديلًا مثاليًا لصناعة الصلب التقليدية، مما يسهم في تحقيق الحياد الكربوني
- الوصول إلى الأسواق الخضراء: يمكن أن يكون الفولاذ المنتج بالهيدروجين الأخضر ذا قدرة تنافسية عالية في الأسواق العالمية.

الهيدروجين الاخضر في صناعة الصلب

- الهيدروجين الأخضر يمثل تحولًا كبيرًا في صناعة الصلب، حيث يُستخدم كبديل لفحم الكوك في عملية الإنتاج. هذا التحول يساهم في تقليل الانبعاثات الكربونية بشكل كبير، مما يجعله خيارًا استراتيجيًا للقطاعات التي تواجه صعوبة في إزالة الكربون.

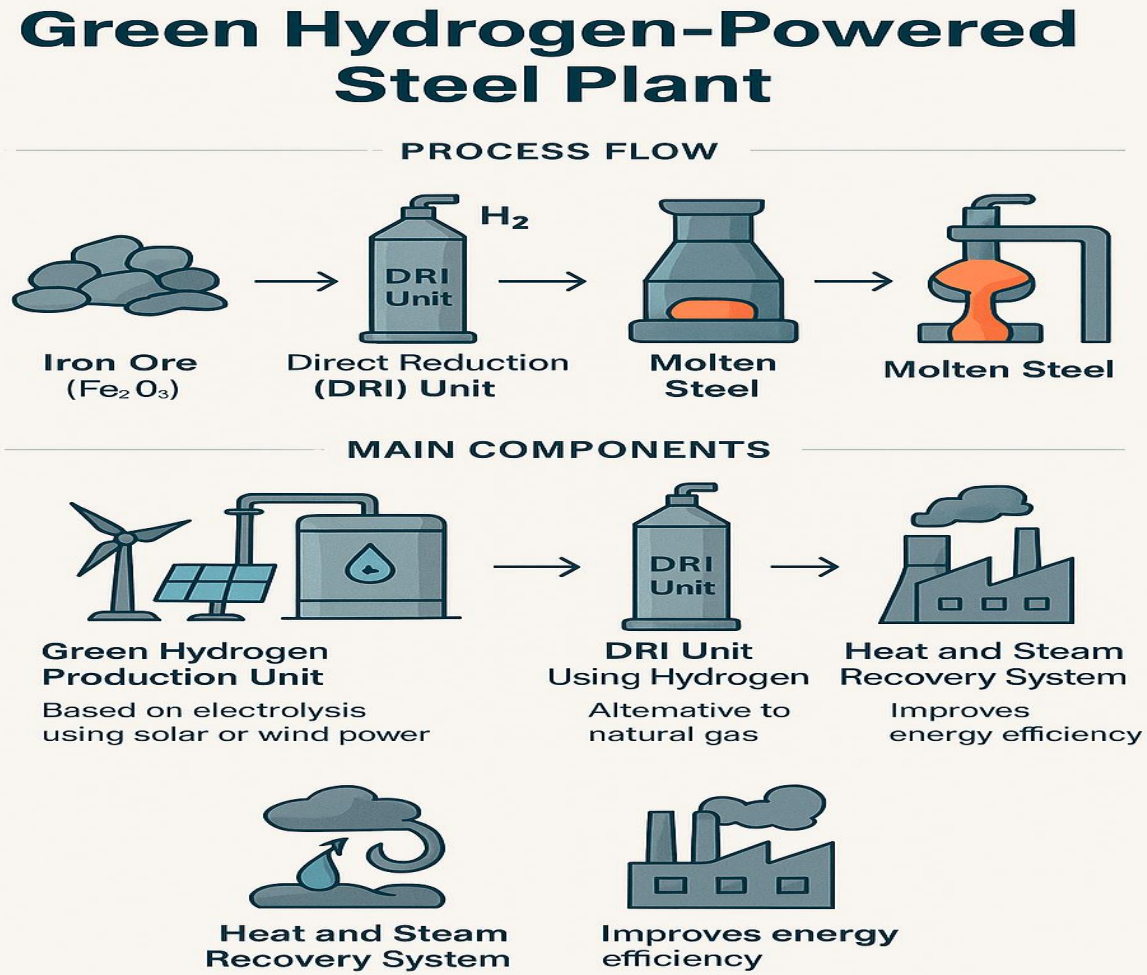
- الهيدروجين في تعدين الحديد والصلب



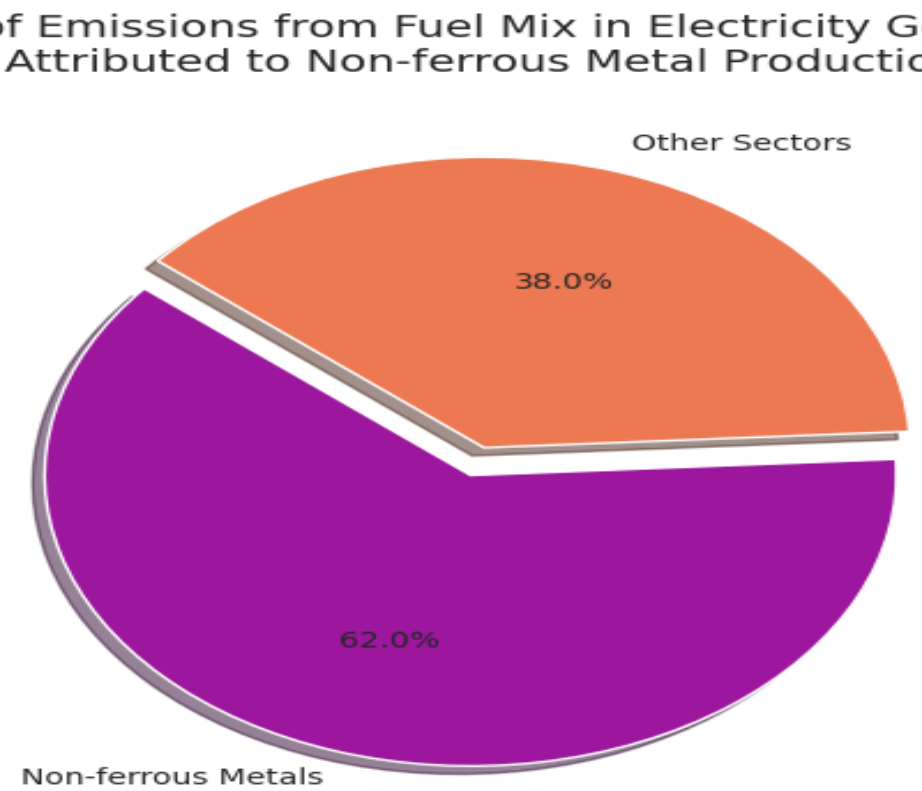
- تحولات حديثة نحو استعمالات الهيدروجين بوصفه بديلًا محتملًا للوقود الأحفوري في الصناعات المعدنية.
- استعمالات الهيدروجين في تشغيل الأفران العالية بدلًا من الفحم، إلى قدرات كبيرة في خفض الانبعاثات من عملية الاختزال المباشر للحديد.

مصنع صلب يعمل بالهيدروجين

- وحدة إنتاج الهيدروجين الأخضر: تعتمد على التحليل الكهربائي باستخدام الطاقة الشمسية أو الرياح.
- وحدة DRI تعمل بالهيدروجين: بديل عن الغاز الطبيعي.
- فرن القوس الكهربائي (EAF): لصهر الحديد الإسفنجي وتحويله إلى صلب.
- نظام استرجاع الحرارة والبخار: لتحسين الكفاءة الطاقية.



الصناعات غير الحديدية

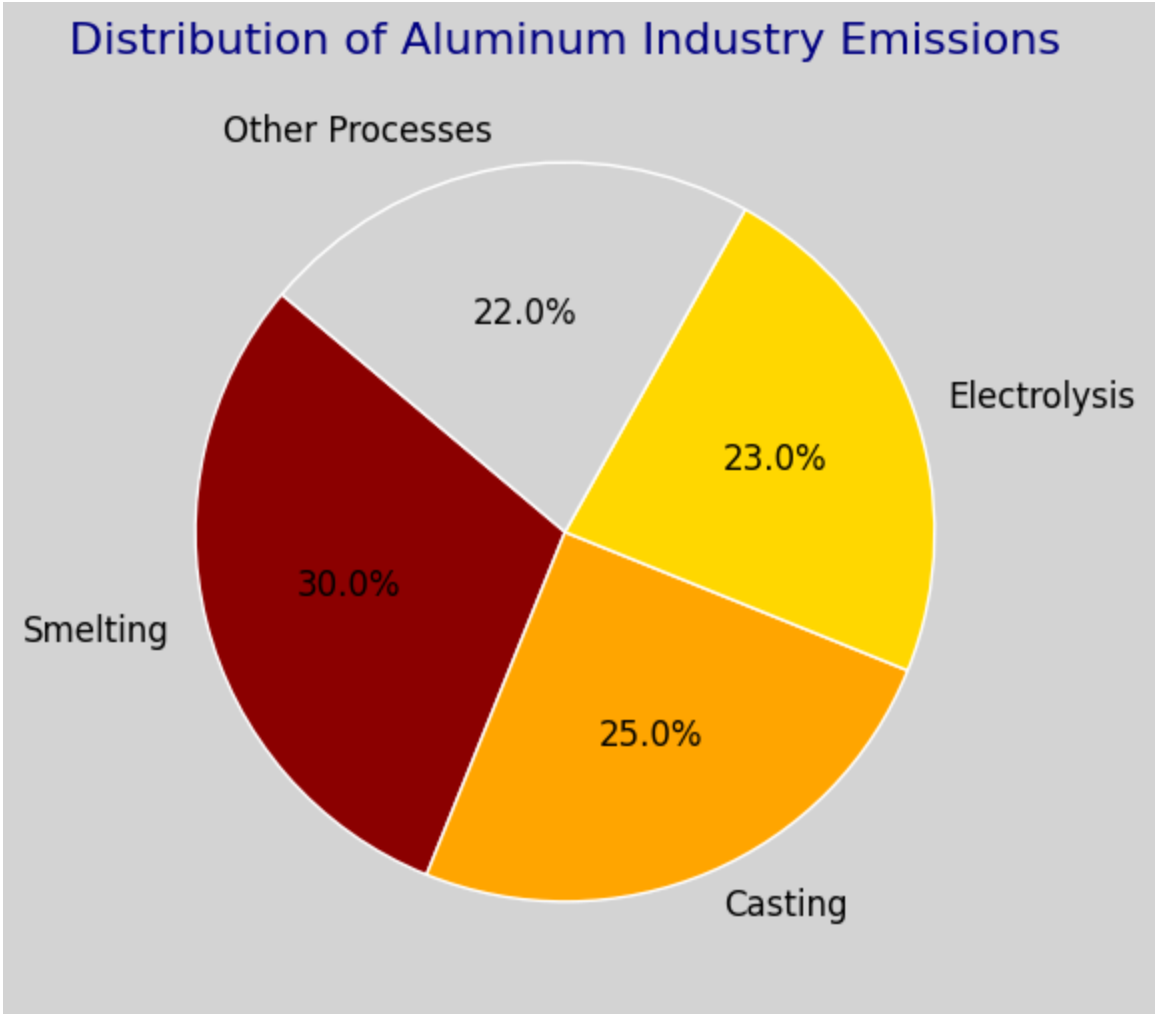


الهيدروجين وتعدين الالمنيوم

تدرس مجموعة التعدين الأنغلو أسترالية "ريو تينتو-Rio Tinto"، وشركة "سوميتومو-Sumitomo" اليابانية مقترحًا لبناء مصنع تجريبي لاستعمال الهيدروجين في تكرير الألومنيوم.

ويعتمد المقترح على استعمال محلل كهربائي بقدرة 2.5 ميغاواط بطاقة إنتاجية تزيد على 250 طنًا من الهيدروجين سنويًا، وهي تجربة يمكن أن تُمهّد الطريق لاعتماد الهيدروجين في جميع أنحاء الصناعة إذا جاءت بنتائج مبشرة.

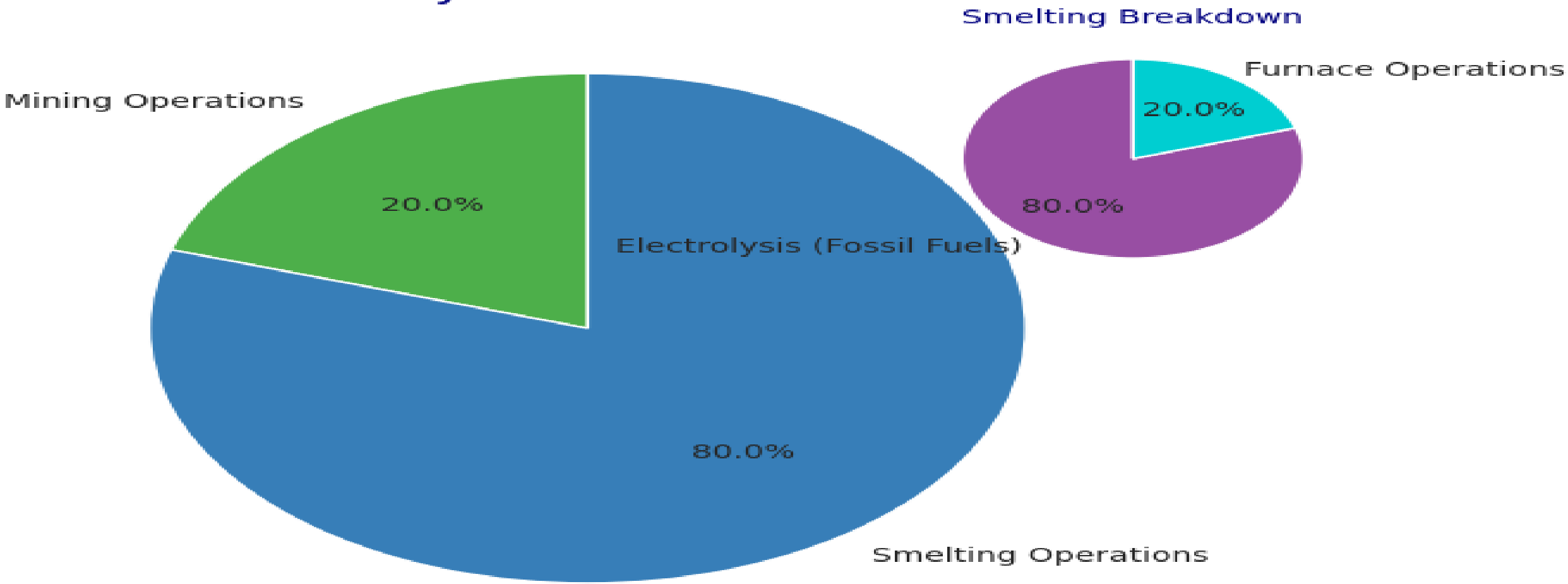
- كما أجريت دراسات مقارنة على استعمالات الهيدروجين في صناعة الألومنيوم بدلًا من الغاز الطبيعي، وانتهت إلى نتائج مماثلة، بحسب ما صرحت به شركة الألومنيوم النرويجية "هيدرو-Hydro" التي جربت ذلك في مصنعها بمنطقة نافارا الإسبانية.


Distribution of Aluminum Industry Emissions
Other Processes
22.0%
Electrolysis
23.0%
Smelting
30.0%
25.0%
Casting

الهيدروجين وتعدين الزنك

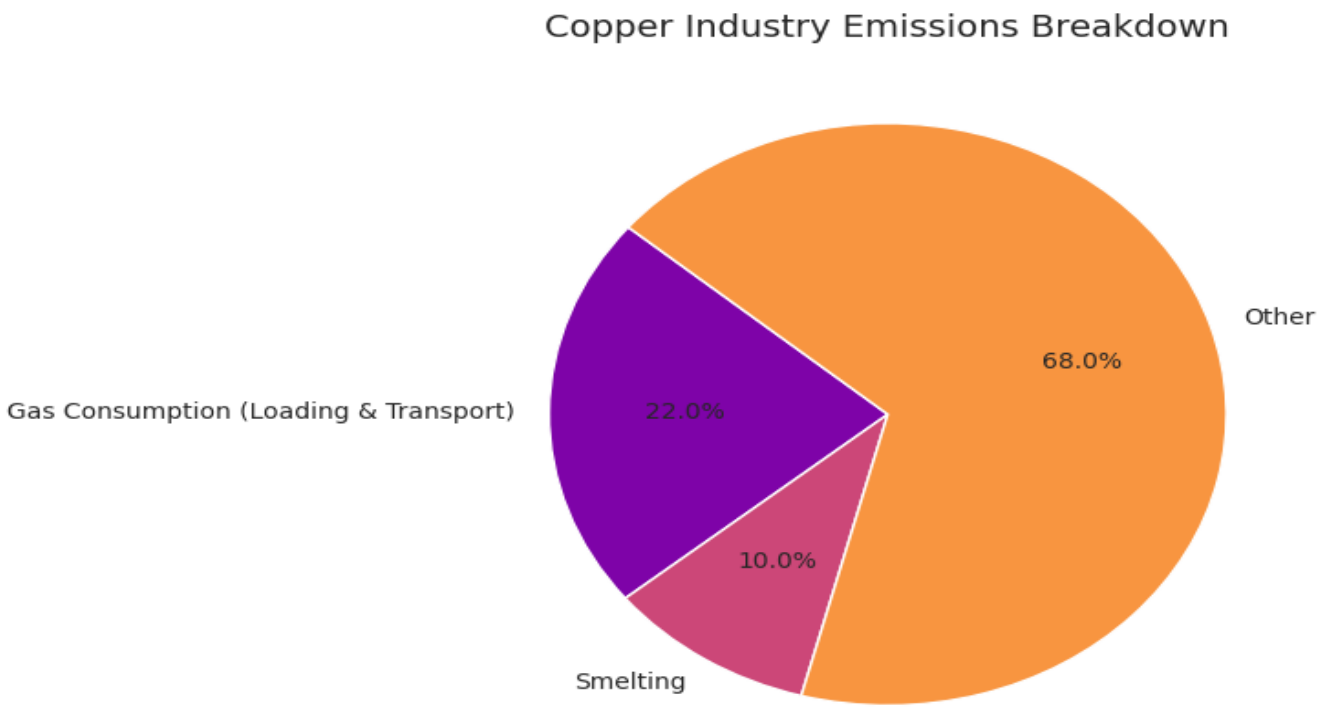
- يمتد الاعتماد على الهيدروجين إلى إنتاج معدن الزنك، الذي تتوزع انبعاثاته على عمليات تعدينه بنسبة 20% معظمها ينتج عن استهلاك الكهرباء في أثناء مراحل التكسير والطحن، بينما تتسبّب عملية صهر الزنك في النسبة الأكبر (80%).
- وتأتي 80% من انبعاثات عملية الصهر من استهلاك الوقود الأحفوري في أثناء المعالجة المعدنية الحرارية لبقايا الزنك بوساطة التحليل الكهربائي، بينما تسهم عمليات أفران الصهر بنسبة 20%.
- ويركز الخبراء على استعمالات الهيدروجين والأمونيا بدلًا من الفحم في عمليات تبخير المخلفات المحتوية على الزنك، لكن هذه الاستعمالات ما زالت تحتاج إلى تجارب واسعة النطاق للتحقق من نتائجها، وفقًا لتقرير وود ماكنزي.

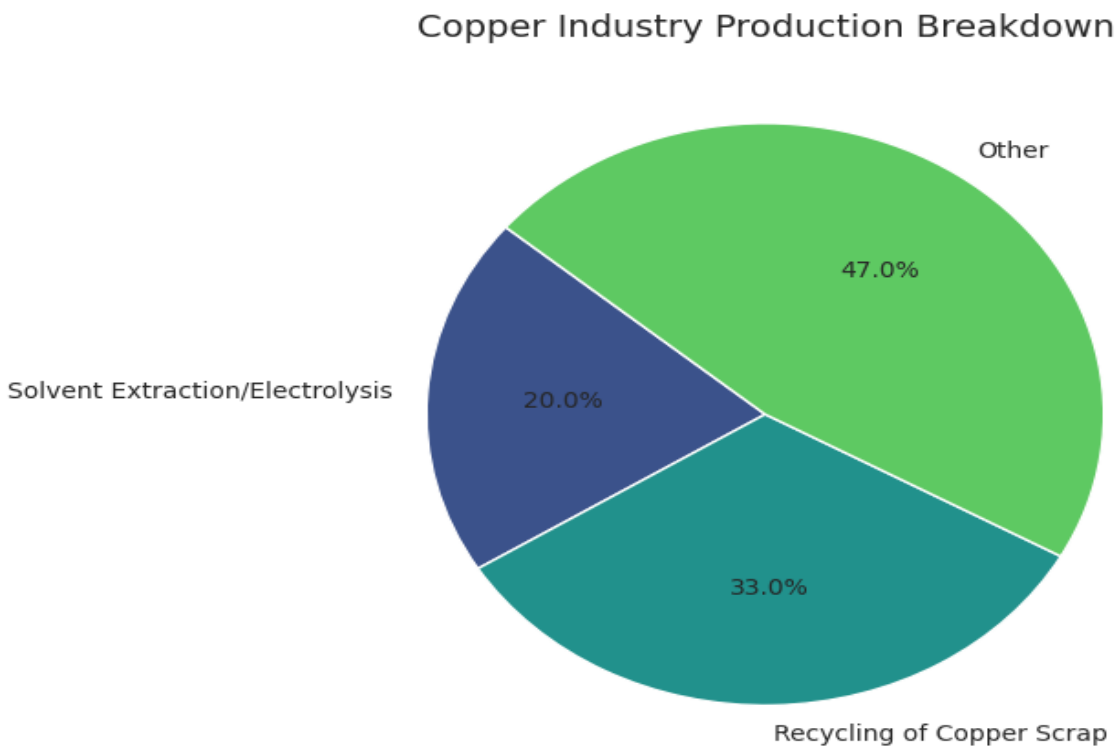
Zinc Industry Emissions Breakdown



الهيدروجين في تعدين النحاس

- تشير تجارب أجرتها الشركة الألمانية "Aurubis"أوروبيس- ، وهي أحد الموردين العالميين لشركة "سوميتومو"، إلى نتائج إيجابية بشأن إمكان إحلال الهيدروجين محل الغاز الطبيعي في أفران الأنود، وكذلك إحلاله محل الأمونيا في أفران الكاثود.
- كما تشير تجارب استعمالات الهيدروجين إلى قدرته على تشغيل عمليات تسخين النحاس بدلًا من الغاز الطبيعي، إلى جانب العمل كونه عنصر اختزال في تنظيف الخَبث (جزء من النفايات الناتجة عن الصهر) وأفران الأنود
- تنسب 22% من انبعاثات عمليات تعدين النحاس إلى استهلاك الغاز في عمليات التحميل والنقل، بينما تتسبب عملية الصهر في 10% من إجمالي انبعاثات الصناعة.
- وتمثل عمليات استخلاص النحاس بالمذيبات أو الاستخلاص بالتحليل الكهربائي قرابة 20% من إنتاج النحاس العالمي، بينما تمثل إعادة تدوير خردة النحاس ما يقرب من ثلث السوق.


Copper Industry Emissions Breakdown
Gas Consumption (Loading & Transport)
22.0%
10.0%
Smelting
68.0%
Other


Copper Industry Production Breakdown
Solvent Extraction/Electrolysis
20.0%
33.0%
Recycling of Copper Scrap
47.0%
Other

- تمثل تجارب الشركات الأسترالية واليابانية والألمانية لاستعمال الهيدروجين في صناعات الحديد والصلب والألومنيوم والنحاس والزنك، علامة مضيئة يمكن البناء عليها للوصول إلى نتائج أوسع قد تسهّل عمليات تحول الطاقة في صناعة التعدين والمعادن الحديثة.

- **SSABفي السويد:** دخلت هذه الشركة في شراكة مع آخرين لتطوير مشروع HYBRITالذي يهدف إلى الإنتاج باستخدام الهيدروجين الأخضر.

أرسيلور ميتال: تقوم إحدى شركات الصلب الرائدة في العالم باختبار التقنيات المعتمدة على الهيدروجين في العديد من مواقعها الأوروبية.

تيسينكروب: وقد أطلقت الشركة الألمانية بالفعل مشاريع تجريبية لتكييف واستخدام الهيدروجين الأخضر.

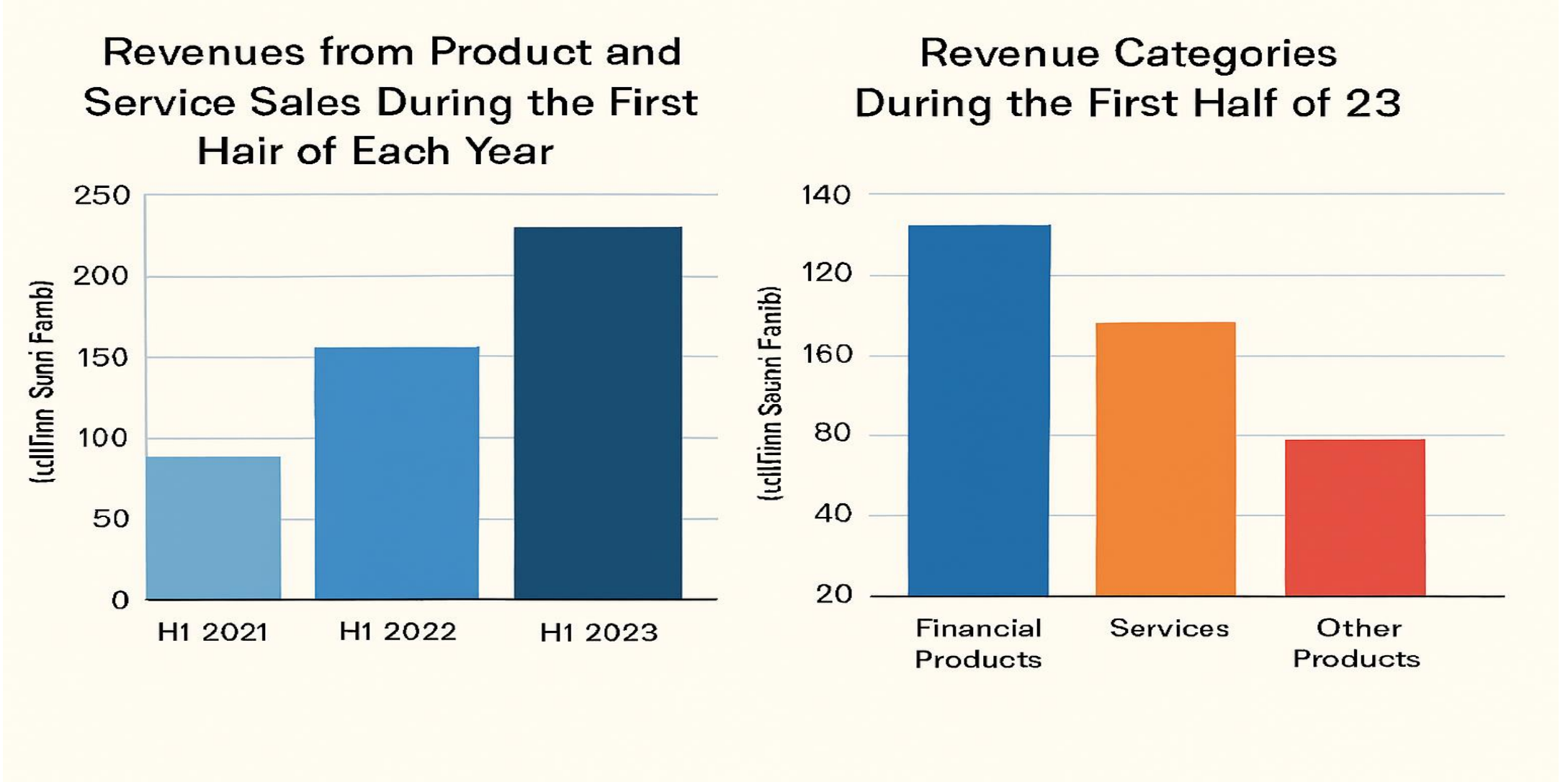
تطوير مصانع DRI

في الشرق الأوسط، هناك دعوات لتطوير مصانع DRIتعمل بالهيدروجين، خاصة في مصر والسعودية.

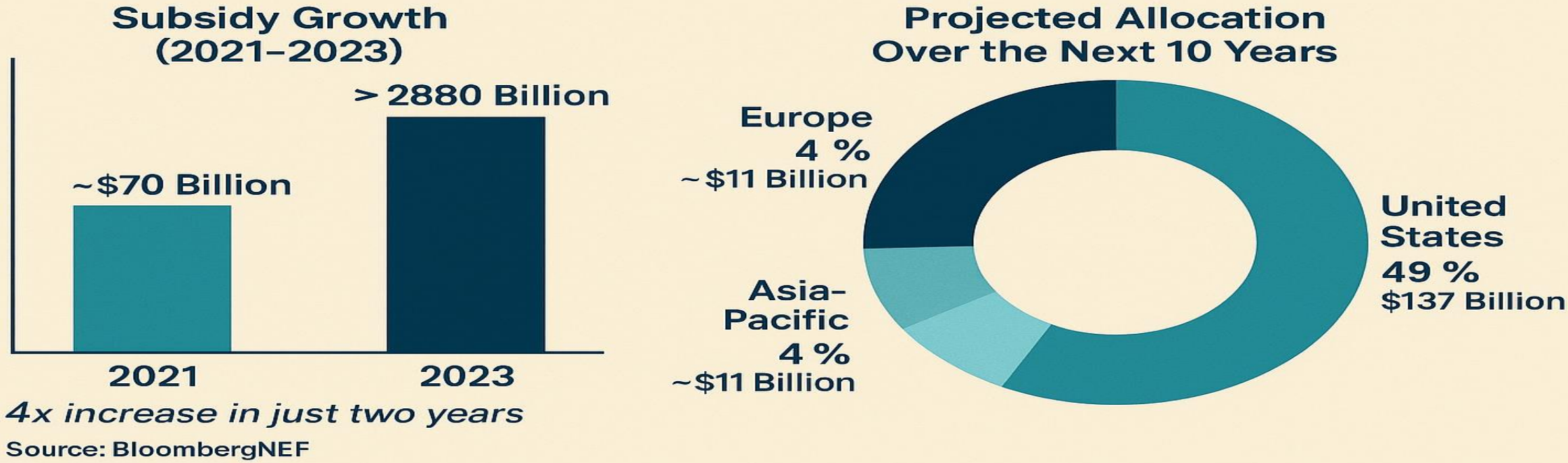
مقارنة تكلفة إنتاج الصلب التقليدي مقابل الصلب الأخضر

العنصر	الصلب التقليدي	الصلب الأخضر (الهيدروجين)
التكلفة لكل طن	حوالي ٥٠٠–٦٠٠ دولار	أعلى بـ ١٥٠ دولار تقريبًا [١]
انبعاثات الكربون	١.٨–٢.٥ طن CO_2 لكل طن صلب	أقل بنسبة تصل إلى ٨٥٪ [١]
التأثير على سعر المستهلك	مستقر حاليًا	زيادة طفيفة ١–٣٪ في السعر النهائي [١]
التمويل والدعم	متاح على نطاق واسع	مدعوم حاليًا من الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة فقط [١]
الاستدامة طويلة الأجل	غير مستدام	يساهم في الحياد الكربوني بحلول ٢٠٥٠ [١]

وفقًا لتقرير Wood Mackenzie، التحول إلى الصلب الأخضر قد يرفع التكلفة، لكنه يحقق وفورات بيئية ضخمة ويعزز القيمة السوقية على المدى الطويل. [١]


Revenues from Product and Service Sales During the First Hair of Each Year
250
200
150
100
50
0
H1 2021
H1 2022
H1 2023
Revenue Categories During the First Half of 23
140
120
160
80
40
20
Financial Products
Services
Other Products

Global Low-Carbon Hydrogen Subsidies Surge to $280 Billion by Mid-2023



The United States leads global hydrogen funding, followed by Europe. Asia-Pacific lags significantly, highlighting regional disparities in clean energy investment.

- يواجه الهيدروجين الأخضر تحديات كبيرة، خاصة في قطاع الصلب، مثل تكلفة إنتاجه وتوافر الكهرباء
- يتطلب نقل وتخزين وتوزيع الهيدروجين الأخضر بنية تحتية محددة ليست متاحة بعد على نطاق واسع.
- وهذا يعني أن العديد من الشركات في قطاع الصلب يجب أن تقوم باستثمارات أولية هائلة لتنفيذ هذه التكنولوجيا
- الحاجة إلى اختبار وتكييف الأفران العالية على نطاق واسع.
- ويتعين على الشركات أن توازن بين الحاجة إلى خفض الانبعاثات وتكاليف التشغيل والمخاطر المرتبطة بالابتكار
- الاستثمار في البنية التحتية: هناك حاجة إلى شبكة مناسبة لإنتاج وتخزين ونقل الهيدروجين بكميات كبيرة.
- التعاون الدولي: والتعاون بين البلدان يمكن أن يسهل تطوير التكنولوجيات وخفض التكاليف.

الحمد لله رب العالمين