

Bản tin

CÔNG NGHIỆP NĂNG LƯỢNG HYDROGEN

Số
01 năm
2025

**Tổng sản lượng hydrogen của Việt Nam
đạt khoảng 500 nghìn tấn/năm**



MỤC LỤC

TỔNG QUAN

3

THÔNG TIN TRONG NƯỚC

Tổng sản lượng hydrogen của Việt Nam đạt khoảng 500 nghìn tấn/năm 4

Sử dụng Hydrogen trong sản xuất thép là một lựa chọn đầy hứa hẹn cho việc sản xuất thép khử carbon 7

Hydrogen là một trong nhiều lựa chọn giảm phát thải cho ngành xi măng 10

THÔNG TIN THẾ GIỚI

Nhu cầu năng lượng sạch tăng, thị trường sản xuất hydrogen toàn cầu dự kiến sẽ đạt 226 tỷ USD vào năm 2030 13

Hà Lan hiện thực hóa mục tiêu giảm phát thải thông qua chiến lược hydrogen quốc gia 15

Đức gặp nhiều khó khăn trong việc tự chủ nguồn cung hydrogen xanh 19

Chiến lược Hydrogen và mục tiêu trở thành cường quốc năng lượng xanh của Úc 22

Hydrogen xanh của Trung Quốc chiếm 50% sản lượng toàn cầu 25

Nguồn tài nguyên năng lượng mặt trời và gió mang lại cho Namibia lợi thế cạnh tranh trong sản xuất hydrogen xanh 28

THÔNG TIN CHUYÊN ĐỀ

Tổng quan về sản xuất hydrogen 31

TỔNG QUAN

Trong bối cảnh việc xây dựng một nền kinh tế trung tính phát triển bền vững đang là một xu thế tất yếu trên thế giới, việc hạn chế dần sự phụ thuộc của sản xuất và các hoạt động công nghiệp đối với nhiên liệu hóa thạch được xem như là cấp thiết. Trong đó, với đặc tính không phát thải CO₂, hydrogen là nguồn năng lượng sạch, có tiềm năng thay thế nhiên liệu hóa thạch, giúp giảm thiểu ô nhiễm và khí thải nhà kính, đồng thời có thể ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như giao thông, sản xuất điện, và công nghiệp.

Theo Cơ quan Năng lượng Quốc tế (IEA), mức tiêu thụ hydrogen toàn cầu năm 2024 đạt gần 100 triệu tấn, tăng 2% so với năm trước, chủ yếu nhờ nhu cầu từ các ngành công nghiệp và lọc dầu truyền thống. Mặc dù hydrogen từ nhiên liệu hóa thạch vẫn là lựa chọn tiết kiệm chi phí nhất hiện nay, nhưng chi phí năng lượng tái tạo giảm và những tiến bộ về công nghệ dự kiến sẽ thu hẹp khoảng cách chi phí vào năm 2030, thúc đẩy việc áp dụng rộng rãi hơn hydrogen xanh và ít phát thải. IEA dự kiến, sản lượng hydrogen phát thải thấp có thể đạt tới 37 triệu tấn mỗi năm vào năm 2030.

Trên thị trường hydrogen, Trung Quốc có vị thế dẫn đầu với thị phần chiếm 65% công suất điện phân toàn cầu và gần 60% năng lực sản xuất. Trong khi đó, Đông Nam Á đang nổi lên như một thị trường hydrogen phát triển nhanh chóng. Nhu cầu hydrogen ở Đông Nam Á chủ yếu đến từ ngành hóa chất, với nguồn cung chủ yếu dựa vào khí đốt tự nhiên, đạt 4 triệu tấn vào năm 2024, dẫn đầu là Indonesia chiếm 35%, tiếp theo là Malaysia, Việt Nam và Singapore.

Ngày 7/2/2024, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quyết định số 165/QĐ-TTg phê duyệt Chiến lược phát triển năng lượng hydrogen, đưa Việt Nam vào nhóm 50 quốc gia đầu tiên trên thế giới ban hành Chiến lược phát triển năng lượng hydrogen, cho thấy sự quyết tâm của Việt Nam trong phát triển nguồn năng lượng sạch đảm bảo an ninh năng lượng quốc gia và thực hiện mục tiêu quốc gia về biến đổi khí hậu, tăng trưởng xanh và mục tiêu phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050. Sau hơn 1 năm Chiến lược được phê duyệt, nhiều nhà đầu tư trong và ngoài nước đã tham gia đầu tư, nghiên cứu đề xuất, phát triển dự án sản xuất hydrogen xanh tại Việt Nam. Có thể thấy, Việt Nam đang sở hữu lợi thế với tiềm năng tự nhiên cho năng lượng tái tạo, đặc biệt là hydrogen và chính sách hỗ trợ từ Chính phủ. Nếu tận dụng tốt nguồn tài chính xanh và hợp tác quốc tế cũng như phát huy hết lợi thế vốn có, Việt Nam hoàn toàn có thể vươn lên vị thế trung tâm hydrogen xanh của khu vực, góp phần hiện thực hóa mục tiêu Net Zero 2050 và nâng tầm vị thế năng lượng quốc gia trên bản đồ thế giới.

Tổng sản lượng hydrogen của Việt Nam đạt khoảng 500 nghìn tấn/năm

Ở Việt Nam, hydrogen hiện đang được sản xuất chủ yếu từ quá trình lọc hóa dầu và sản xuất phân đạm để phục vụ cho chính hoạt động của các ngành công nghiệp này, nhằm loại bỏ lưu huỳnh và các tạp chất N, O, kim loại... ra khỏi các dòng nguyên liệu hoặc bán thành phẩm, khử xúc tác các oxide kim loại hoạt động, hoặc no hóa các hợp chất chưa bão hòa (hydrogen hóa). Hydrogen này được gọi là hydrogen xám và hydrogen nâu¹ với tổng sản lượng sản xuất đạt khoảng 500 nghìn tấn/năm (KTA), giá khoảng từ 1 - 2,5 USD/kg. Trong đó, nhu cầu hydrogen của Việt Nam, thông qua nhu cầu hydrogen của PVN năm 2020 cung cấp cho các nhà máy sản xuất phân đạm, khoảng 316 nghìn tấn hydrogen, các nhà máy lọc dầu Dung Quất và Nghi Sơn tiêu thụ lần lượt là 39 nghìn tấn và 139 nghìn tấn/năm². Tổng nhu cầu hydrogen trong nước dự kiến sẽ tăng lên khoảng 4.000 KTA vào năm 2050.

Cho đến nay, việc sản xuất và sử dụng hydrogen và dẫn xuất hydrogen trong các lĩnh vực khác như giao thông, công nghiệp năng lượng, nhiệt.... hầu như chưa phát triển; Hydrogen xanh được sản xuất từ nguồn năng lượng tái tạo (NLTT) chưa được sản xuất và sử dụng tại Việt Nam.

Có thể nói, chuỗi giá trị hydrogen hoàn chỉnh chưa được hình thành tại thị trường Việt Nam trong giai đoạn này. Vì vậy, khi đưa hydrogen xanh vào sản xuất, việc phát triển và hoàn thiện cơ sở hạ tầng và chuỗi giá trị hydrogen là vấn đề cần được quan tâm. Thời gian gần đây, một vài doanh nghiệp đã bắt đầu quan tâm nghiên cứu tiềm năng sản xuất hydrogen xanh và ammonia xanh để xuất khẩu. Một số dự án sản xuất hydrogen xanh đã được đề xuất khác như:

- Dự án đầu tư Thăng Long Wind 2 (TLW2) sản xuất hydrogen từ điện phân nước biển phục vụ xuất khẩu tại khu vực dự án điện gió ngoài khơi Thăng Long (mũi Kê Gà, tỉnh Bình Thuận) với quy mô 2.000MW, tổng mức đầu tư khoảng 5 tỷ USD, thời gian triển khai dự kiến từ 2022 đến 2030 - Tập đoàn năng lượng Enterprize Energy và các nhà đầu tư từ Châu Âu³. Tháng 8/2022, UBND tỉnh Bình Thuận đã có văn bản gửi Thủ tướng Chính phủ và Bộ Công Thương, Bộ Tài nguyên và Môi

1 Hydrogen xám và Hydrogen nâu được sản xuất bằng năng lượng từ nhiên liệu hóa thạch như khí đốt tự nhiên, hydro cacbon, than đá.

2 <https://congthuong.vn/toa-dam-trien-vong-hydrogen-xanh-trong-nen-kinh-te-carbon-thap-cua-viet-nam-223744.html>

3 <https://dangcongsan.vn/kinh-te/du-an-san-xuat-hydro-tu-dien-phan-nuoc-bien-dau-tien-cua-viet-nam-595301.html>

trường đề nghị xem xét đưa Dự án vào Quy hoạch điện VIII, Quy hoạch năng lượng quốc gia và Quy hoạch không gian biển quốc gia. Dự án Thăng Long Wind 2. Dự án đã được Thủ tướng đồng ý chủ trương khảo sát, đo đạc, thu thập dữ liệu.

- Dự án Nhà máy sản xuất khí hydrogen xanh Trà Vinh tại xã Đông Hải, huyện Duyên Hải, tỉnh Trà Vinh theo công nghệ điện phân kiềm, phục vụ nhu cầu nội địa và xuất khẩu tới Nhật Bản, Hàn Quốc, Singapore và Châu Âu với các sản phẩm đầu ra gồm: hydrogen (24.000 tấn H₂/năm) cho các nhà máy điện, tuabin khí, pin nhiên liệu; Ammonia (150.000 - 180.000 tấn/năm) là nhiên liệu tàu thủy, nhà máy sản xuất phân đạm, khí Oxy (195.000 tấn/năm) dùng trong y tế do Tập đoàn The Green Solutions Group⁴ đề xuất. Dự án Nhà máy sản xuất Hydrogen xanh Trà Vinh sản xuất hydrogen từ điện phân nước biển, điện năng lượng được tạo ra hydrogen xanh thông qua quá trình điện phân nước, công nghệ của dự án là điện được sử dụng để tách nước thành hydrogen và oxy; hydrogen tạo ra có thể được lưu trữ dưới dạng khí lỏng, thích hợp để sử dụng trong nhiều lĩnh vực và dễ dàng vận chuyển. Dự án Nhà máy sản xuất Hydrogen xanh Trà Vinh đã được khởi công xây dựng vào tháng 3/2023.

- Dự án Nhà máy sản xuất hydrogen xanh Bến Tre - Công ty TNHH TGS Green Hydro (Thành viên Tập đoàn The Green Solutions) làm chủ đầu tư với tổng vốn đầu tư 19.500 tỷ đồng, dự kiến được xây dựng tại xã Bảo Thuận, huyện Ba Tri. Giai đoạn 1, Nhà máy sản xuất 24.000 tấn hydrogen/năm; 150.000 tấn ammonia/năm; 195.000 tấn khí oxy/năm. Giai đoạn 2, Nhà máy sản xuất 60.000 tấn hydrogen/năm; 375.000 tấn ammonia/năm; 490.000 tấn oxy/năm⁵.

- Ngày 12/09/2022, Công ty cổ phần Tư vấn xây dựng điện 2 và các đối tác đề xuất tỉnh Quảng Trị cho phép được khảo sát nghiên cứu địa điểm đầu tư Dự án Trung tâm hydrogen xanh tại huyện Hải Lăng, tỉnh Quảng Trị bao gồm các nhà máy ĐMT, điện gió; nhà máy sản xuất H₂/NH₃ dự kiến tại Khu kinh tế Đông Nam với diện tích khoảng 40 ha gồm 3 giai đoạn⁶.

- Một số tập đoàn khác cũng đang bắt đầu có những trao đổi bước đầu trong nghiên cứu, đầu tư dự án Hydrogen như TTVN Group⁷, tập đoàn SK⁸.

⁴ <https://www.nangluongsachvietnam.vn/d6/vi-VN/news/Tiem-nang-phat-trien-hydro-sach-tai-Viet-Nam-6-8-14561>

⁵ <https://moit.gov.vn/phat-trien-ben-vung/sap-khoi-cong-nha-may-san-xuat-hydro-xanh-tai-ben-tre.html>

⁶ <https://www.quangtri.gov.vn/chi-tiet-tin/-/view-article/1/13848241113627/1662962699746>

⁷ Công ty Cổ phần Tập đoàn Trường Thành Việt Nam

⁸ <https://baocantho.com.vn/tap-doan-sk-muon-hop-tac-dau-tu-phat-trien-chuoi-cung-ung-hydrogen-tai-can-tho-a149141.html>

Bên cạnh đó, vào ngày 29/3/2022, Black & Veatch⁹ và The Green Solutions (TGS) vừa ký biên bản ghi nhớ (MoU) để thúc đẩy sản xuất và cung ứng hydrogen xanh và amonia xanh tại Việt Nam¹⁰. Theo đó, TGS đã chỉ định Black&Veatch nghiên cứu sản xuất và lưu trữ hydrogen xanh tại Việt Nam, sử dụng năng lượng mặt trời hoặc năng lượng gió được cung cấp qua lưới điện. Nghiên cứu cũng bao gồm việc phát triển một nhà máy sản xuất amoniac xanh cũng như đánh giá cấu hình và công nghệ của nhà máy, rủi ro công nghệ và giảm thiểu thử nghiệm, thiết kế mang tính mô hình, ước tính chi phí đầu tư và tính toán chi phí bình quân. Augustus Global Investments sẽ cung cấp vốn phát triển ban đầu cho dự án.

Với Tập Công nghiệp - Năng lượng quốc gia Việt Nam (PVN), ngày 18/11/2021, PVN và Ngân hàng Phát triển Châu Á (ADB) cũng đã ký Biên bản ghi nhớ (MOU) về việc xây dựng quan hệ đối tác chiến lược trong giai đoạn 2021 - 2024 nhằm thúc đẩy phát triển năng lượng sạch, bền vững tại Việt Nam, cũng như hỗ trợ PVN đạt được các mục tiêu chuyển đổi năng lượng xanh. Cụ thể, hai bên sẽ hợp tác trong các lĩnh vực như: Chiến lược, lộ trình chuyển đổi năng lượng xanh; thu giữ, sử dụng, lưu trữ các-bon; phát triển công nghiệp khí hydrogen và điện gió ngoài khơi.

Theo thông tin do Viện Dầu khí Việt Nam (VPI) cung cấp, hiện nay PVN đang điều chỉnh chiến lược phát triển ngành theo xu hướng chuyển dịch năng lượng. Năm 2021, PVN đã ban hành 06 khung chương trình nghiên cứu khoa học dài hạn, bao gồm phát triển sản xuất, tồn trữ, vận chuyển, phân phối và sử dụng hiệu quả hydrogen tại Quyết định số 3379/QĐ-DKVN ngày 17/6/2021 về việc phê duyệt khung “Chương trình nghiên cứu khoa học dài hạn giai đoạn 2021 - 2025”.

Về hạ tầng vận chuyển, Việt Nam hiện có một số công ty sản xuất và cung cấp hydrogen ở quy mô nhỏ bằng xe bồn dạng ống (tube): Gas Việt Nhật, công suất 1.000 Nm³/h; Công ty Tam Long, 500 Nm³/h; Linder Gas, 1.000 Nm³/h...

Hydrogen xanh và dẫn xuất của nó là một giải pháp hướng tới giảm phát thải KNK. Hầu như các lĩnh vực kinh tế như sản xuất công nghiệp, giao thông có tiềm năng chuyển đổi sang sử dụng loại năng lượng không phát thải này. Trong khi đó, Việt Nam được đánh giá có nhiều tiềm năng phát triển thị trường hydrogen xanh, nhờ nhu cầu ngày càng tăng từ các ngành sản xuất điện, thép, phân bón, cũng như cơ hội xuất khẩu hydrogen làm nhiên liệu cho vận tải biển trong tương lai.

⁹ Black & Veatch là công ty hàng đầu thế giới về phát triển hydro energy

¹⁰ <https://vnanet.vn/vi/chuyen-de/business-wire-20/khac-0/black-veatch-va-green-solutions-ky-mou-thuc-day-san-xuat-nang-luong-xanh-tai-viet-nam-6036355.html>

Việt Nam đang sở hữu lợi thế với tiềm năng tự nhiên cho năng lượng tái tạo đặc biệt là hydrogen và chính sách hỗ trợ từ Chính phủ. Nếu tận dụng tốt nguồn tài chính xanh và hợp tác quốc tế cũng như phát huy hết lợi thế vốn có, Việt Nam hoàn toàn có thể vươn lên vị thế trung tâm hydrogen xanh của khu vực, góp phần hiện thực hóa mục tiêu Net Zero 2050 và nâng tầm vị thế năng lượng quốc gia trên bản đồ thế giới.

Sử dụng Hydrogen trong sản xuất thép là một lựa chọn đầy hứa hẹn cho việc sản xuất thép khử carbon

Vai trò của hydrogen trong giảm phát thải cacbon ngành thép

Nhu cầu thép toàn cầu được dự đoán sẽ tăng từ khoảng 1,5 Gt/năm (2019) lên khoảng 1,8 - 2,1 Gt/năm (2050)¹¹. Ngành thép Việt Nam sản xuất khoảng 19,2 triệu tấn thép thô và 27,7 triệu tấn thép thành phẩm mỗi năm. Thép là ngành công nghiệp quan trọng ở Việt Nam, phục vụ cả nhu cầu trong nước và xuất khẩu. Tuy nhiên, hoạt động sản xuất thép sử dụng nhiều carbon và hiện phát thải ~ 11,5% tổng lượng khí thải CO₂ ở Việt Nam. Sản xuất thép xanh (sử dụng Hydrogen) là một lựa chọn đầy hứa hẹn cho việc sản xuất thép khử carbon.

Thép hiện nay chủ yếu được sản xuất bằng công nghệ xử lý lò cao (BF) / lò oxy cơ bản (Hình 1). Đầu tiên, quặng sắt được khử thành gang bằng than cốc trong lò cao. Tiếp theo, gang được chuyển thành thép thô trong lò oxy cơ bản. Các quy trình này phát thải nhiều carbon, ngành công nghiệp sản xuất thép của thế giới ước tính chiếm khoảng 7% lượng khí thải toàn cầu.

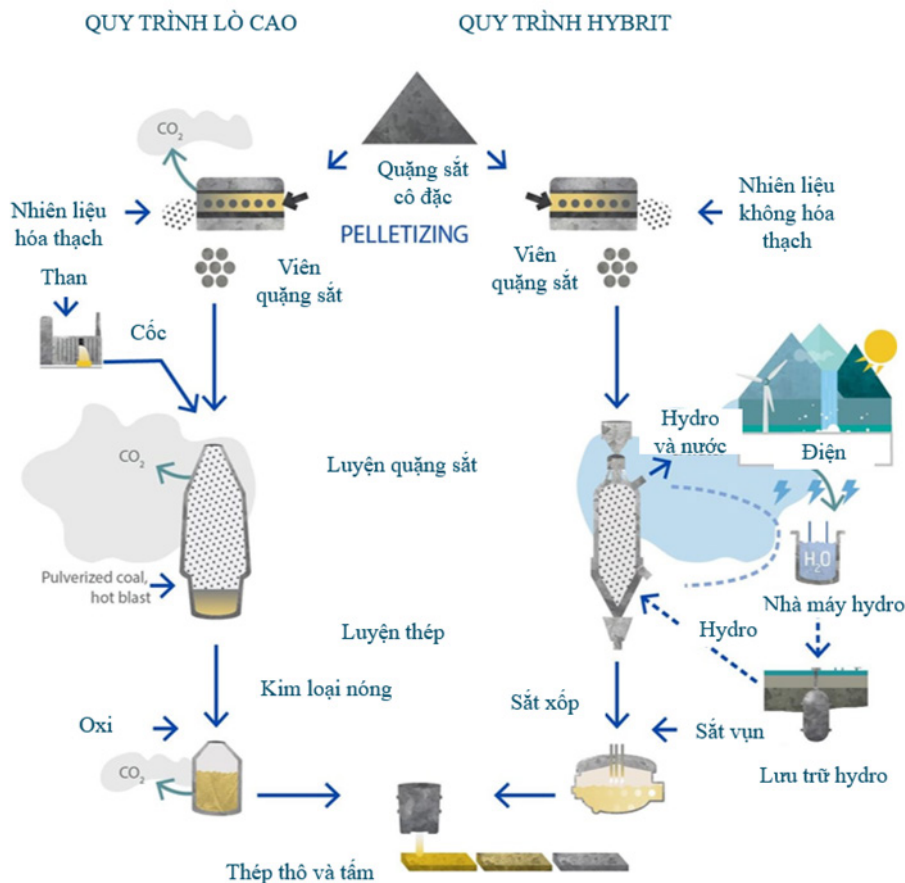
Hydrogen có thể đóng vai trò là chất khử thay thế và cung cấp năng lượng nhiệt trong quá trình sản xuất thép nhằm giảm lượng khí thải trong quá trình sản xuất thép.

Hydrogen có thể thay thế một phần than cốc làm chất khử trong lò cao.

Quặng sắt được khử bằng hydrogen để tạo ra “sắt khử trực tiếp” (DRI). Quy trình phổ biến nhất xảy ra trong lò đứng (ví dụ quy trình HYBRIT2 hoặc MIDREX).

11 IEA (2020) Iron and Steel Technology Roadmap, IEA. IEA (2020) Lộ trình công nghệ sắt thép, IEA.

Nhu cầu Hydrogen ước tính khoảng 57,5 kg H₂/tấn thép¹².



Hình 1. So sánh hai quy trình lò cao và Hybrit¹³.

Việc khử trực tiếp sắt bằng hydrogen chỉ tạo ra “sắt xanh”, bước này thường được sử dụng kết hợp với lò hồ quang điện (EAF) để sản xuất “thép xanh”. Đối với quy trình lò cao, việc thay thế một phần than cốc bằng Hydrogen được ước tính sẽ đóng góp tới 8% quá trình khử carbon của ngành đến năm 2050. Hydrogen là một trong nhiều lựa chọn giảm phát thải cho ngành thép, cùng với các lựa chọn khác bao gồm sử dụng hiệu quả nguyên liệu, hiệu suất công nghệ, điện khí hóa và CCUS¹⁴. Ngoài ra, hydrogen cũng có thể được sử dụng trong quá trình sản xuất các kim loại xanh khác (như nhôm hoặc niken).

12 IEA (2019) *The Future of Hydrogen*, IEA. IEA (2019) *The Future of Hydrogen*, IEA.

13 Hybrit (2024) *A value chain for fossil-free steel*, Hybrit, Sweden. Hybrit (2024) *Chuỗi giá trị thép không chứa hóa thạch*, Hybrit, Thụy Điển.

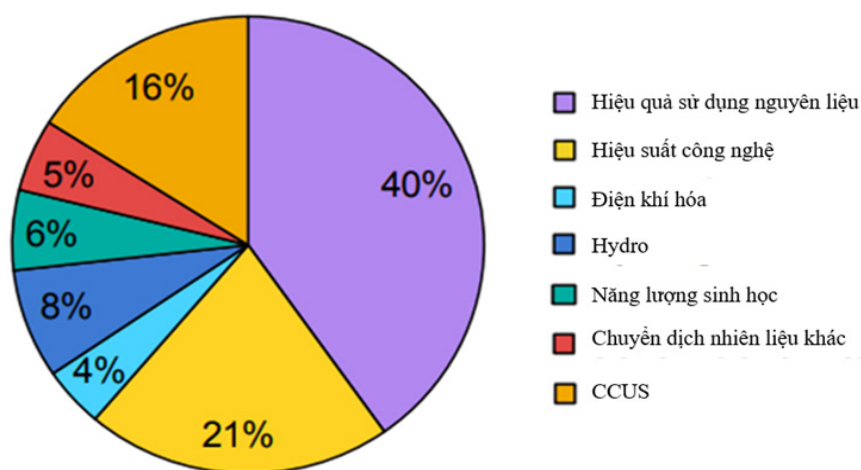
14 IEA (2020) *Iron and Steel Technology Roadmap*, IEA. IEA (2020) *Lộ trình công nghệ sắt thép*, IEA.

Triển vọng nhu cầu hydrogen đối với ngành thép của Việt Nam

Sản xuất thép Việt Nam được dự đoán sẽ có sự tăng trưởng mạnh mẽ (tăng trưởng 10%) và nhu cầu (tăng trưởng 6,4%) vào năm 2024¹⁵. Sản xuất thép xanh bằng hydrogen là một công nghệ mới và đòi hỏi thiết kế nhà máy hoàn toàn mới, do đó các cơ sở hiện tại không thể sử dụng thép xanh và phải xem xét các phương án khử carbon khác. Nguồn cung thép hiện tại phải được khử carbon thông qua một loạt các phương pháp được trình bày trong Hình 2 (như sử dụng nguyên liệu hiệu quả, công nghệ, CCUS).

Nguồn cung thép trong tương lai có thể ưu tiên sử dụng Hydrogen để sản xuất thép xanh. Đây là một công nghệ mới và thị trường mới, Việt Nam có thể tận dụng cơ sở hạ tầng thị trường thép hiện có để bước vào thị trường này. Trong ngắn hạn (2030), chỉ có cơ sở thép xanh quy mô thí điểm (ví dụ như cơ sở H2 Hamburg) được xem là mục tiêu hợp lý để sản xuất thép xanh. Nhà máy thí điểm có thể sản xuất 50 - 200 kt DRI/năm. Điều này sẽ cần **3 - 12 kt hydrogen xanh/năm**.

Theo kịch bản cơ sở năm 2050 (dựa trên nhu cầu hiện tại), khi hỗ trợ cho thép xanh còn hạn chế, nhu cầu hydrogen để sản xuất thép xanh được ước tính lên tới **150 kt/năm**. Đối với kịch bản tăng trưởng đến năm 2050, với mức tăng trưởng hợp lý (1,1%/năm) của ngành thép và hỗ trợ sản xuất thép xanh, nhu cầu hydrogen từ thép xanh ước tính là **178 - 533 kt/năm**.



Hình 2. Giảm phát thải ngành sắt thép bằng chiến lược giảm thiểu (2020 đến 2050)

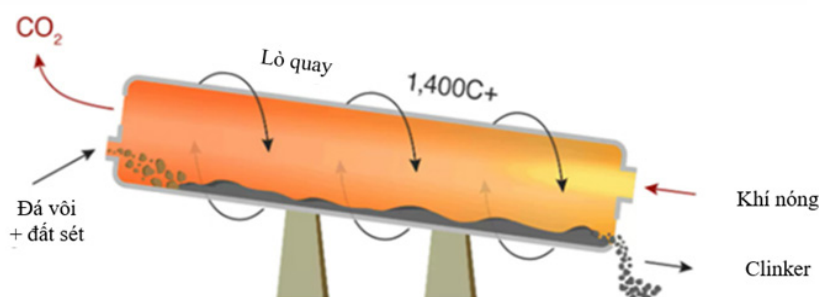
¹⁵ VEN (2024) *Steel Industry forecast to grow by 10% in 2024*, Industry, Vietnam Economic News
 VEN (2024) *Dự báo ngành thép tăng trưởng 10% trong năm 2024*

Hydrogen là một trong nhiều lựa chọn giảm phát thải cho ngành xi măng

Sản lượng xi măng của Việt Nam năm 2020 là 105 triệu tấn, trong đó mức tiêu thụ là 101 triệu tấn. Hiện nay 68% xi măng được tiêu thụ trong nước và 32% được xuất khẩu, tỷ trọng xuất khẩu ngày càng tăng. Các thị trường xuất khẩu chủ yếu ở châu Á như Trung Quốc, Philippines, Bangladesh. Quá trình sản xuất xi măng tiêu tốn nhiều năng lượng và các sáng kiến xanh hóa là cần thiết.

Xi măng chủ yếu được sản xuất thông qua quy trình lò khô Hình 3, bao gồm ba công đoạn chính:

1. Nguyên liệu thô (chủ yếu là đá vôi và đất sét) được khai thác, nghiền rồi đưa vào lò nung (lò quay hình trụ lớn).
2. Vật liệu được làm nóng đến 1450°C bằng hỗn hợp nhiên liệu. Trong quá trình này CO₂ được đẩy ra khỏi canxi carbonat (CaCO₃). Clinker được hình thành trong lò nung.
3. Clinker được làm nguội, nghiền nhỏ và trộn với thạch cao và đá vôi.



Hình 3. Quy trình lò nung trong sản xuất xi¹⁶.

Ngành xi măng chiếm 7% lượng khí thải CO₂ toàn cầu, với cường độ carbon trung bình toàn cầu là 600 kg-CO₂e/tấn xi măng¹⁷. Lượng khí thải carbon trong sản xuất xi măng bắt nguồn từ quá trình đốt nhiên liệu hóa thạch và nung đá vôi trong hỗn hợp thô. Trong quy trình sản xuất xi măng hiện nay, phát thải CO₂ là không thể tránh khỏi. Hai quá trình phát thải khí nhà kính chính trong nhà máy xi măng:

¹⁶ CarbonBrief (2018), [Why cement emissions matter for climate change](#), Energy, Emissions. CarbonBrief (2018), Tại sao khí thải xi măng lại quan trọng đối với biến đổi khí hậu, Năng lượng, Khí thải.

¹⁷ DNV article – [Why is the Cement Industry Labelled Hard-to-Abate](#) Bài báo DNV – Vì sao ngành Xi măng bị gắn nhãn khó giảm thải

1. Nhiệt (phát thải năng lượng) trong các bộ phận chính (bộ tiền gia nhiệt, lò nung và bộ làm mát ghi), chiếm 40% tổng lượng khí thải CO₂ của hoạt động sản xuất.

2. Hóa chất (khí thải trong quá trình công nghệ): Phản ứng nung nóng của nguyên liệu, trong đó đá vôi (CaCO₃) phân ly thành CaO và CO₂ - sản xuất clinker, chiếm 60% tổng lượng khí thải CO₂ của hoạt động sản xuất.

Trong ngành xi măng, ứng dụng chính là sử dụng hydrogen để cung cấp nhiệt trong lò nung thay thế nhiên liệu hóa thạch (ví dụ: than và khí tự nhiên). Hydrogen ban đầu có thể được sử dụng với tỷ lệ thấp hơn bằng cách trộn với khí tự nhiên (tương tự như khái niệm trộn hỗn hợp nhiên liệu để sản xuất điện). Điều này sẽ không yêu cầu tân trang hoặc sửa đổi lớn thiết bị lò và do đó sẽ là bước ban đầu có chi phí thấp hơn. Tuy nhiên, tỷ lệ cao hoặc việc sử dụng toàn bộ hydrogen sẽ đòi hỏi phải thiết kế lại các vò đốt và do đó sẽ là một lựa chọn chi phí cao để thay thế nhiên liệu hóa thạch trong hoạt động của lò nung.

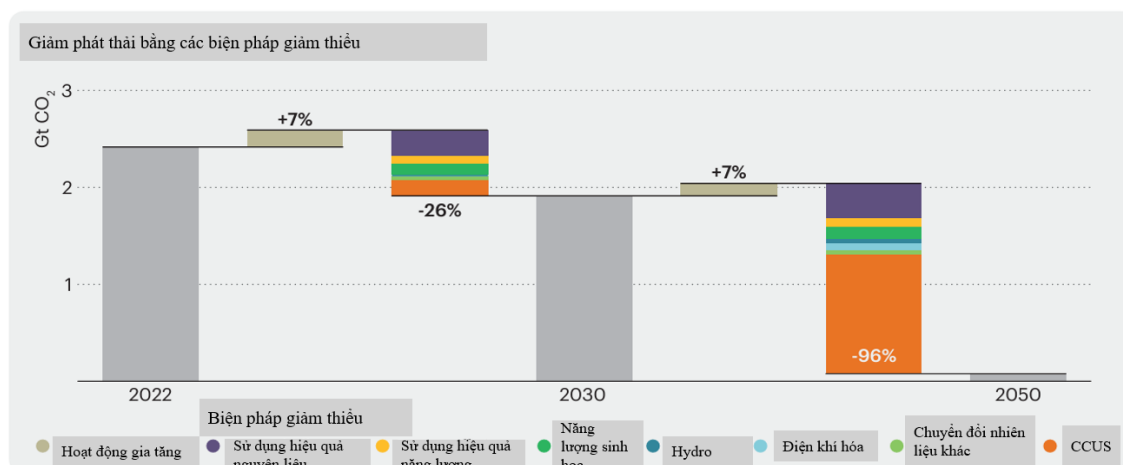
Một vấn đề cần xem xét bổ sung là việc bố trí nơi sản xuất hydrogen xanh. Máy điện phân oxit rắn (SOE) là máy điện phân hiệu suất cao, tuy nhiên cần nhiệt độ cao (ví dụ 700-900oC) để duy trì hoạt động. Nhiệt để duy trì nhiệt độ của máy điện phân có thể được lấy từ việc thu hồi nhiệt thải trong quá trình sản xuất clinker. Sự phối hợp trong sản xuất và sử dụng hydrogen trong nhà máy xi măng có thể mang lại một biện pháp tiết kiệm chi phí để khử carbon trong hoạt động xi măng.

Hydrogen là một trong nhiều lựa chọn giảm phát thải cho ngành xi măng, cùng với các lựa chọn khác như chuyển đổi nhiên liệu thay thế cho lò nung xi măng (nhiên liệu có hàm lượng carbon thấp như sinh khối và chất thải), giảm tỷ lệ clinker trên xi măng bằng cách sử dụng nguyên liệu phối trộn và xi măng phối trộn, triển khai các công nghệ mới có hiệu suất tốt hơn để cải thiện hiệu quả sử dụng năng lượng, điện khí hóa và CCUS¹⁸ (Hình 2). Việc thay thế các nguồn nhiệt bằng hydrogen được ước tính sẽ đóng một vai trò nhỏ từ năm 2040¹⁹, đóng góp tới 9% quá trình khử carbon của ngành vào năm 2050²⁰.

18 IEA (2018), *Technology Roadmap, Low-Carbon Transition in the Cement Industry* IEA (2018), *Lộ trình công nghệ, Chuyển đổi carbon thấp trong ngành xi măng*

19 GCCA (2022), *The GCCA 2050 Cement and Concrete Industry roadmap for Net Zero Concrete* GCCA (2022), *Lộ trình ngành xi măng và bê tông GCCA 2050 cho bê tông không có lưới*

20 IEA (2023), *Net Zero Roadmap* IEA (2023), *Lộ trình Net Zero*



Hình 4. Tiềm năng giảm phát thải carbon của ngành xi măng theo các biện pháp giảm phát thải

Triển vọng nhu cầu hydrogen đối với ngành xi măng Việt Nam trong tương lai

Sản lượng xi măng toàn cầu ước tính sẽ tăng từ 12% đến 23% vào năm 2050²¹. Tương tự như vậy, sản xuất và nhu cầu xi măng Việt Nam được dự đoán sẽ có xu hướng tăng từ năm 2024 trở đi²². Trong ngắn hạn (2030), sử dụng lượng ít hydrogen để cấp nhiệt cho lò là khả thi đối với ngành vì nó dễ triển khai hơn và có khả năng không yêu cầu thiết kế lại đầu đốt, cần tới 16 kt/năm hydrogen xanh. Các cơ sở sản xuất xi măng sắp xây dựng trong thời gian tới có thể ưu tiên triển khai công nghệ mới, sử dụng hydrogen để cấp nhiệt cho lò đốt và nhiên liệu hỗn hợp carbon thấp cho lò nung, hiệu suất năng lượng cao. Một cơ sở xi măng xanh quy mô thí điểm (ví dụ như nhà máy Ribblesdale của Anh) được xem là mục tiêu hợp lý để sản xuất xi măng xanh. Nhà máy thí điểm có thể sử dụng hydrogen để gia nhiệt, như một phần của hỗn hợp nhiên liệu không phát thải cho các vôi đốt của lò nung xi măng, cần tới 33 kt/năm hydrogen xanh.

Về lâu dài, các cơ sở xi măng hiện tại có thể xem xét chuyển sang sử dụng 100% hydrogen để cung cấp năng lượng. Để có tỷ lệ thay thế đáng kể, hầu hết các cơ sở sản xuất xi măng sẽ yêu cầu thiết kế lại đầu đốt. Ngoài ra, các phương pháp khác cần được triển khai để khử carbon trong ngành như thu hồi nhiệt thải từ quá trình sản xuất clinker bằng cách kết hợp nó với điện phân ở nhiệt độ cao, CCUS và tiết kiệm năng lượng. Nhu cầu hydrogen ước tính có thể dao động từ 61 - 122 kt/năm. Tuy nhiên, nếu xem xét mức 2% tăng trưởng mỗi năm của ngành xi măng, ước tính nhu cầu hydrogen vào năm 2050 vào khoảng 111 - 222 kt/năm.

21 IEA (2018), Lộ trình công nghệ xi măng vạch ra con đường cắt giảm 24% lượng khí thải CO₂ vào năm 2050.

22 FiinGroup (2023). *Vinamese cement market outlook* FiinGroup (2023). *Triển vọng thị trường xi măng Việt Nam*

Nhu cầu năng lượng sạch tăng, thị trường sản xuất hydrogen toàn cầu dự kiến sẽ đạt 226 tỷ USD vào năm 2030

Theo Báo cáo Đánh giá hydrogen toàn cầu 2025 của IEA, nhu cầu hydrogen toàn cầu đang tăng trưởng đều đặn, nhưng các dự án hydrogen phát thải thấp đã thu hẹp, cho thấy cả thách thức và cơ hội cho ngành khi hướng tới mục tiêu tăng trưởng đến năm 2030.

Tiêu thụ hydrogen toàn cầu năm 2024 tăng 2% so với năm trước

Theo đó, mức tiêu thụ hydrogen toàn cầu đạt gần 100 triệu tấn vào năm 2024, tăng 2% so với năm trước, chủ yếu nhờ nhu cầu từ các ngành công nghiệp và lọc dầu truyền thống. Mặc dù hydrogen từ nhiên liệu hóa thạch vẫn là lựa chọn tiết kiệm chi phí nhất hiện nay, nhưng chi phí năng lượng tái tạo giảm và những tiến bộ về công nghệ dự kiến sẽ thu hẹp khoảng cách chi phí vào năm 2030, thúc đẩy việc áp dụng rộng rãi hơn hydrogen xanh và ít phát thải.

Sản lượng hydrogen phát thải thấp dự kiến có thể đạt tới 37 triệu tấn mỗi năm vào năm 2030, mặc dù con số này vẫn thấp hơn mức dự báo 49 triệu tấn của năm 2024.

Trên thị trường hydrogen, Trung Quốc có vị thế dẫn đầu với thị phần chiếm 65% công suất điện phân toàn cầu và gần 60% năng lực sản xuất. Tuy nhiên, chi phí tăng cao và tốc độ phát triển chậm hơn dự kiến của các quốc gia khác đang đặt ra nhiều thách thức cho các nhà sản xuất hydrogen trên toàn thế giới. Trong khi đó, Đông Nam Á đang nổi lên như một thị trường hydrogen phát triển nhanh chóng. Nhu cầu hydrogen ở Đông Nam Á chủ yếu đến từ ngành hóa chất, với nguồn cung chủ yếu dựa vào khí đốt tự nhiên, đạt 4 triệu tấn vào năm 2024, dẫn đầu là Indonesia chiếm 35%, tiếp theo là Malaysia, Việt Nam và Singapore. Việc sử dụng hydrogen trong sản xuất amoniac chiếm gần một nửa nhu cầu, tiếp theo là lọc dầu và sản xuất metanol. Gần 80% nhu cầu được đáp ứng bằng hydro được sản xuất từ khí đốt tự nhiên không bị hạn chế, và phần còn lại là từ các sản phẩm phụ của công nghiệp. Sản xuất hydrogen tiêu thụ khoảng 8% nguồn cung khí đốt của khu vực và chỉ chiếm hơn 1% lượng khí thải CO₂ liên quan đến năng lượng. Sản lượng hydrogen tiềm năng tại Đông Nam Á được dự báo đạt 430.000 tấn mỗi năm vào năm 2030, tăng từ mức chỉ 3.000 tấn hiện nay.

Thị trường hydrogen toàn cầu dự kiến đạt tốc độ tăng trưởng kép hàng năm (CAGR) là 7,5% trong giai đoạn 2025 - 2030

Trong khi theo dự báo của MarketsandMarkets, thị trường sản xuất hydrogen toàn cầu sẽ tiếp tục tăng trưởng vượt bậc, dự kiến sẽ tăng từ mức ước tính 157,81 tỷ USD vào năm 2025 lên 226,37 tỷ USD vào năm 2030, với tốc độ tăng trưởng kép hàng năm (CAGR) là 7,5% trong giai đoạn dự báo. Sự tăng trưởng này được thúc đẩy bởi những nỗ lực toàn cầu ngày càng tăng nhằm giảm phát thải carbon, chuyển đổi sang các nguồn năng lượng sạch hơn, và các chính sách được tăng cường của chính phủ hỗ trợ hydrogen. Trong đó, ngành lọc dầu dự kiến vẫn là ngành tiêu thụ hydrogen chủ đạo, chiếm tỷ trọng tiêu thụ đáng kể. Hydrogen là nguyên liệu thiết yếu trong các quy trình lọc dầu như hydrocracking và khử lưu huỳnh, đóng vai trò then chốt trong việc sản xuất nhiên liệu sạch hơn và đáp ứng các quy định môi trường ngày càng nghiêm ngặt trên toàn cầu. Nhu cầu về dầu diesel hàm lượng lưu huỳnh cực thấp và các sản phẩm dầu mỏ sạch hơn khác đang thúc đẩy việc sử dụng hydrogen nhiều hơn trong các nhà máy lọc dầu, qua đó củng cố sự tăng trưởng của thị trường.

Sáng kiến của các chính phủ đóng vai trò quan trọng trong việc định hình Ngành công nghiệp Hydrogen toàn cầu. Nhiều quốc gia đang triển khai các chính sách hỗ trợ và chương trình tài trợ nhằm thúc đẩy phát triển hydrogen. Ví dụ, Liên minh Châu Âu đã khởi động Chiến lược Hydrogen vì một Châu Âu Trung hòa Khí hậu, trong đó vạch ra các mục tiêu đầy tham vọng cho việc sản xuất và sử dụng hydrogen. Các sáng kiến này không chỉ cung cấp hỗ trợ tài chính mà còn tạo ra môi trường pháp lý thuận lợi cho các dự án hydrogen.

Tính linh hoạt của hydrogen đang thúc đẩy việc ứng dụng nó trong nhiều ngành công nghiệp khác nhau, qua đó thúc đẩy Ngành công nghiệp Hydrogen toàn cầu. Hydrogen ngày càng được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực như vận tải, phát điện và sản xuất hóa chất. Ví dụ, xe chạy bằng pin nhiên liệu đang ngày càng phổ biến như một giải pháp thay thế sạch cho động cơ đốt trong truyền thống. Ngoài ra, hydrogen đang được tích hợp vào các quy trình công nghiệp để giảm lượng khí thải carbon. Phạm vi ứng dụng rộng rãi này không chỉ làm tăng sức hấp dẫn của hydrogen trên thị trường mà còn góp phần vào sự tăng trưởng của Ngành công nghiệp Hydrogen.

Về mặt công nghệ, điện phân dự kiến sẽ đạt mức tăng trưởng nhanh nhất

trong giai đoạn dự báo. Khả năng sản xuất hydrogen xanh từ điện tái tạo, chẳng hạn như năng lượng mặt trời và gió, hoàn toàn phù hợp với các mục tiêu giảm phát thải carbon trên toàn thế giới. Các ưu đãi, trợ cấp và đầu tư chiến lược của chính phủ - đặc biệt là ở châu Âu và khu vực châu Á - Thái Bình Dương - đang thúc đẩy việc áp dụng rộng rãi công nghệ điện phân ở quy mô lớn trong sản xuất hydrogen. Những đổi mới này không chỉ giúp giảm chi phí sản xuất mà còn phù hợp với các mục tiêu phát triển bền vững toàn cầu.

Nhiều quốc gia cũng đang đầu tư vào các trạm và mạng lưới tiếp nhiên liệu hydrogen để tăng khả năng tiếp cận cho các ứng dụng thương mại và công nghiệp. Điều này đã dẫn đến sự hợp tác giữa các công ty công nghệ và công ty năng lượng nhằm tận dụng thế mạnh của mỗi bên và đẩy nhanh việc triển khai các giải pháp hydrogen.

Ngoài ra, nhiều quốc gia đang thành lập các trung tâm hydrogen để thúc đẩy đổi mới và hợp tác, qua đó khẳng định vị thế dẫn đầu trong nền kinh tế hydrogen đang nổi lên. Thị trường hydrogen được dự đoán sẽ trở thành một yếu tố quan trọng trong quá trình chuyển đổi sang các hệ thống năng lượng bền vững nhờ những nỗ lực không ngừng nhằm mở rộng công nghệ hydrogen.

Hà Lan hiện thực hóa mục tiêu giảm phát thải thông qua chiến lược hydrogen quốc gia

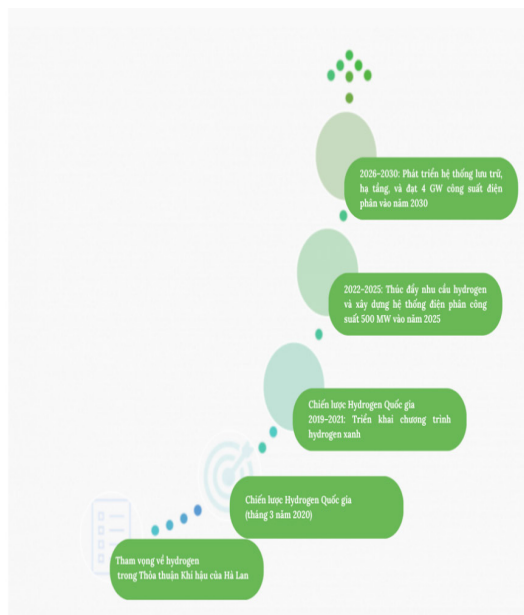
Châu Âu đang bước vào cuộc đua chuyển đổi năng lượng sâu rộng để đạt mục tiêu trung hòa carbon vào năm 2050. Trong đó, Hà Lan cũng đang nổi lên như một trong những quốc gia tiên phong phát triển ngành công nghiệp hydrogen xanh. Với lợi thế hạ tầng năng lượng hiện đại, công nghệ tiên tiến và sự hỗ trợ mạnh mẽ từ chính phủ, Hà Lan không chỉ hướng tới tự chủ năng lượng sạch mà còn hướng tới trở thành trung tâm xuất khẩu hydrogen của châu Âu trong thập kỷ tới.

Mục tiêu của Hà Lan

Hà Lan đang đứng trước sức ép từ biến đổi khí hậu, an ninh năng lượng và những cam kết quốc tế buộc quốc gia này phải hành động quyết liệt hơn bao giờ hết. Là một trong những quốc gia phát thải lớn ở châu Âu tính theo đầu người, Hà Lan cùng với toàn Liên minh châu Âu đang phải đối mặt với mục tiêu đầy thách

thức: giảm hơn một nửa lượng khí thải carbon vào năm 2030 và đạt trạng thái trung hòa khí hậu vào năm 2050. Trong bối cảnh đó, việc triển khai các dự án năng lượng xanh, đặc biệt là hydrogen xanh, trở thành lựa chọn chiến lược không thể trì hoãn. Những năm gần đây, hydrogen xanh được xem như trụ cột trung tâm của quá trình chuyển đổi năng lượng, bởi khả năng lưu trữ và cung cấp năng lượng ổn định cho những lĩnh vực khó điện hóa như công nghiệp nặng, giao thông vận tải đường dài và hóa chất.

Lộ trình phát triển ngành hydrogen xanh của Hà Lan



Nguồn: Bộ Kinh tế và Chính sách Khí hậu Hà Lan (Ministry of Economic Affairs and Climate Policy)

Chính phủ Hà Lan đã xây dựng chiến lược Hydrogen quốc gia (DNHS) với lộ trình rõ ràng, tập trung vào việc xây dựng chuỗi giá trị Hydrogen Xanh hoàn chỉnh. Các mục tiêu cụ thể bao gồm mở rộng công suất điện phân lên 4GW vào năm 2030, tái sử dụng mạng lưới đường ống dẫn khí đốt hiện có để vận chuyển hydrogen (như dự án HyWay27), và phát triển các cảng lớn như Rotterdam và Amsterdam thành các cửa ngõ nhập khẩu và phân phối hydrogen quốc tế. Chiến lược này không chỉ giải quyết vấn đề môi trường mà còn đảm bảo vị thế kinh tế và an ninh năng lượng của Hà Lan trong tương lai.

Hà Lan còn đặt mục tiêu trở thành Trung tâm Hydrogen của Tây Bắc Âu thông qua việc phát triển hạ tầng kết nối. Thay vì xây dựng mạng lưới mới hoàn toàn, Hà

Hà Lan đang ưu tiên tái sử dụng các đường ống dẫn khí đốt tự nhiên hiện có để vận chuyển hydrogen (dự án HyWay27), giúp giảm đáng kể chi phí và thời gian triển khai. Đặc biệt, các cửa ngõ chiến lược như Cảng Rotterdam được định vị là trung tâm nhập khẩu và xuất khẩu hydrogen quy mô lớn. Với vị trí địa lý thuận lợi và cơ sở hạ tầng cảng biển hiện đại, Rotterdam sẽ là nơi tiếp nhận hydrogen từ các khu vực sản xuất có chi phí thấp trên thế giới, sau đó phân phối đến các trung tâm công nghiệp lớn của Đức và Bỉ và các quốc gia khác.

Những dự án nổi bật

Để thực hiện mục tiêu trên, Hà Lan đang triển khai nhiều dự án về năng lượng. Nổi bật nhất là dự án NorthH₂ tại vùng Groningen. Đây là dự án liên minh của các tập đoàn năng lượng hàng đầu như Shell, RWE, Equinor và Gasunie. Dự án này hướng tới mục tiêu sản xuất hàng trăm nghìn tấn hydrogen xanh mỗi năm từ điện gió ngoài khơi, dự kiến đạt công suất 3–4 GW vào năm 2030 và mở rộng lên hơn 10 GW trước 2040. NorthH₂ không chỉ đơn thuần là một dự án năng lượng, mà còn là nhân tố quan trọng để hình thành chuỗi giá trị hydrogen hoàn chỉnh ở miền Bắc Hà Lan. Đây là khu vực mà điện gió được chuyển hóa trực tiếp thành năng lượng sạch phục vụ công nghiệp, giao thông và xuất khẩu.

Song song đó, ở miền Tây, Cảng Rotterdam đang triển khai dự án H2Next, do HyCC làm chủ đầu tư. Với quy mô 250 MW và công suất sản xuất khoảng 25.000 tấn hydrogen xanh mỗi năm, H2Next được kỳ vọng trở thành hạt nhân của cụm công nghiệp hydrogen tại Rotterdam. Sự kết hợp giữa vị trí chiến lược của cảng, hạ tầng logistics hiện đại và các nhà máy tiêu thụ lớn giúp H2Next trở thành mô hình tiêu biểu cho việc tích hợp hydrogen vào chuỗi công nghiệp hiện hữu.

Bổ trợ cho hai dự án sản xuất này là mạng lưới truyền tải hydrogen quốc gia do Gasunie phụ trách thông qua công ty con Hynetwork, với kế hoạch xây dựng hơn 1.200 km đường ống kết nối các cụm công nghiệp trọng điểm, các cảng lớn như Rotterdam, Amsterdam và Eemshaven, cũng như liên kết với Đức và Bỉ. Hệ thống này được ví như “mạch máu” của nền kinh tế hydrogen, giúp đảm bảo dòng lưu thông ổn định giữa nơi sản xuất và nơi tiêu thụ, đồng thời củng cố vị thế của Hà Lan như một cửa ngõ xuất nhập hydrogen của châu Âu.

Ba dự án này tạo nên một bức tranh phát triển đồng bộ: từ sản xuất (NorthH₂, H2Next) đến hạ tầng vận chuyển (Hynetwork). Ba dự án nổi bật này cho thấy quyết tâm của Hà Lan trong việc hiện thực hóa mục tiêu trung hòa carbon vào năm 2050.

Thách thức và triển vọng

Mặc dù có những mục tiêu tham vọng, ngành công nghiệp hydrogen tại Hà Lan đang phải đối mặt với những thách thức đáng kể cùng với các yếu tố cạnh tranh. Thách thức lớn nhất hiện nay là khoảng cách chi phí. Hydrogen Xanh được sản xuất bằng điện phân từ năng lượng tái tạo vẫn đắt hơn đáng kể so với Hydrogen truyền thống từ khí đốt. Yếu tố về chi phí đã gây khó khăn cho các ngành công nghiệp nặng, vốn hoạt động với biên lợi nhuận thấp, trong việc chuyển đổi sang sử dụng nhiên liệu sạch mà không làm giảm tính cạnh tranh trên thị trường quốc tế.

Tuy nhiên, Hà Lan lại sở hữu một số yếu tố cạnh tranh quan trọng khác để có thể vượt qua các rào cản, khó khăn khi phát triển ngành công nghiệp năng lượng hydrogen xanh. Đầu tiên là vị trí địa lý chiến lược và hạ tầng hiện có. Hà Lan là cửa ngõ chính vào Tây Bắc Âu, cho phép nước này tận dụng tối đa vai trò là trung tâm trung chuyển hydrogen cho các thị trường tiêu thụ lớn. Việc sở hữu một mạng lưới đường ống khí đốt dày đặc và có thể tái sử dụng mang lại lợi thế về tốc độ triển khai và chi phí cơ sở hạ tầng.

Nhờ thế, triển vọng phát triển ngành công nghiệp hydrogen tại Hà Lan trong thời gian tới là rất tích cực. Với việc mạng lưới đường ống hydrogen quốc gia (National hydrogen network) đang được xúc tiến xây dựng, chủ yếu thông qua việc tái sử dụng các đường ống khí đốt hiện có, khi dự án hoàn thành Hà Lan sẽ trở thành quốc gia đầu tiên tại châu Âu có hạ tầng hydrogen quy mô lớn và hiệu quả, kết nối các cảng biển và khu công nghiệp với các thị trường tiêu thụ lớn.

Triển vọng tương lai cho thấy, Hà Lan không chỉ hướng đến việc tự chủ năng lượng sạch mà còn kỳ vọng trở thành trung tâm xuất khẩu hydrogen xanh và công nghệ năng lượng tái tạo hàng đầu châu Âu. Với nền tảng công nghiệp hiện đại, cam kết mạnh mẽ về môi trường và khả năng liên kết hạ tầng xuyên biên giới với Đức, Bỉ và Đan Mạch....quốc gia này đang từng bước định hình vị thế chiến lược trong chuỗi cung ứng năng lượng xanh toàn cầu. Hà Lan đang chứng minh rằng sự kết hợp hài hòa giữa chính sách, công nghệ và tầm nhìn phát triển bền vững có thể trở thành chìa khóa mở ra kỷ nguyên năng lượng mới, một nền kinh tế vừa xanh, vừa cạnh tranh và tràn đầy cơ hội cho tương lai.

Đức gặp nhiều khó khăn trong việc tự chủ nguồn cung hydrogen xanh

Trong những năm gần đây, Đức là một trong những quốc gia đi đầu thế giới về chiến lược phát triển và chuyển đổi hydrogen xanh - được sản xuất từ nguồn điện tái tạo dư thừa như năng lượng gió và năng lượng mặt trời. Đây là nơi đặt trụ sở của nhiều tổ chức đóng vai trò then chốt trong việc phát triển công nghệ hydrogen. Ngoài ra, 12% bằng sáng chế toàn cầu liên quan đến sản xuất năng lượng hydrogen đến từ Đức, chỉ đứng sau Hoa Kỳ. Hydrogen xanh không chỉ giúp giảm phát thải CO₂, mà còn là giải pháp tiềm năng cho quá trình chuyển đổi sang nguồn năng lượng sạch và bền vững đối với những ngành sản xuất chủ lực của Đức, đặc biệt là thép và hóa chất. Trong đó:

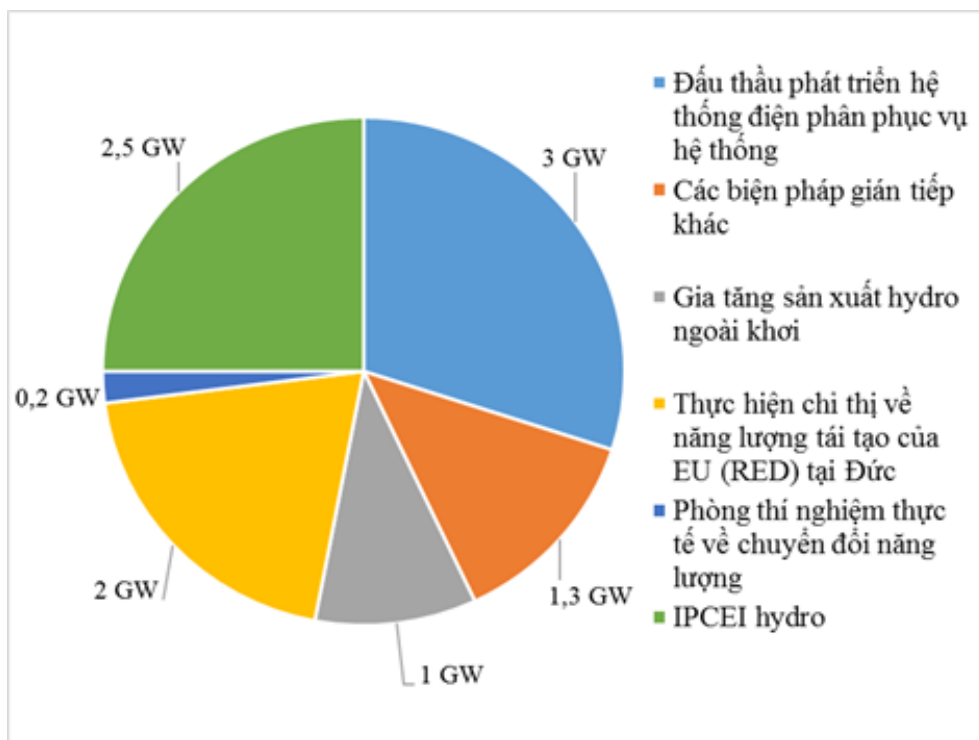
(1). Ngành công nghiệp sản xuất thép: Các quy trình sản xuất thép truyền thống sử dụng than, thải ra lượng khí thải CO₂ đáng kể. Năng lượng hydrogen có thể thay thế than, dẫn đến việc thải ra nước thay vì CO₂. Các doanh nghiệp sản xuất thép lớn của Đức như Thyssen-Krupp và Salzgitter Stahl hiện đã bắt đầu chuyển đổi quy trình sản xuất sang các nhà máy chạy bằng năng lượng hydrogen.

(2). Ngành công nghiệp Hóa chất: Hydrogen rất cần thiết trong quá trình tổng hợp amoniac, một thành phần quan trọng cho các sản phẩm hóa học thiết yếu khác. Với việc sản xuất năng lượng hydrogen, ngành công nghiệp hóa chất có thể giảm đáng kể lượng khí thải carbon. Nhận thấy vai trò của năng lượng hydrogen trong việc giúp giảm phát thải carbon dioxide trong nhiều ngành công nghiệp, bao gồm ngành hóa chất, khí công nghiệp và công ty kỹ thuật Linde hiện đang xây dựng một trong những nhà máy điện phân lớn nhất thế giới tại Đức để cung cấp năng lượng hydrogen cho khách hàng thông qua mạng lưới đường ống hiện có của công ty.

Theo Chính phủ Đức, chỉ có hydrogen được sản xuất từ các nguồn năng lượng tái tạo (hydro xanh) là bền vững trong thời gian dài. Do đó, nhiệm vụ của Chính phủ là sử dụng hydro xanh để hỗ trợ thị trường hydro tăng trưởng nhanh và tạo ra các chuỗi giá trị phù hợp. Nhận thức được tiềm năng và vai trò quan trọng của năng lượng hydrogen trong quá trình phát triển bền vững, trong thời gian qua chính phủ Đức đã triển khai nhiều giải pháp. Tiêu biểu nhất là Chiến lược hydrogen quốc gia của Đức được công bố lần đầu vào năm 2020 và được cập nhật vào tháng 7/2023 nhằm chuyển đổi sang năng lượng sạch bằng cách thúc đẩy sử dụng hydrogen xanh (sản xuất từ năng lượng tái tạo) trong các ngành công nghiệp, giao thông vận

tải và đưa quốc gia này trở thành quốc gia dẫn đầu toàn cầu về công nghệ hydrogen. Các mục tiêu chính của chiến lược bao gồm tăng công suất sản xuất trong nước lên 10 gigawatt (GW) vào năm 2030, phát triển hạ tầng để nhập khẩu hydrogen đáp ứng 50-70% nhu cầu và thiết lập mạng lưới đường ống để vận chuyển. Để thúc đẩy quá trình này, chính phủ Đức cũng đã thông qua Luật Thúc đẩy Hydrogen vào năm 2024, nhằm đẩy nhanh quá trình phát triển cơ sở hạ tầng và sản xuất hydrogen. Luật này khuyến khích đầu tư vào các công nghệ tách hydrogen từ nước, với yêu cầu sử dụng ít nhất 80% năng lượng tái tạo cho đến năm 2029. Đây là một trong những sáng kiến quan trọng giúp Đức đạt được mục tiêu trung hòa khí thải vào năm 2045.

Tổng quan về các công cụ giúp Đức đạt được mục tiêu sản xuất 10 GW công suất điện phân vào năm 2030



Nguồn: Chiến lược Hydrogen Quốc gia của Chính phủ Liên bang Đức cập nhật năm 2023

Tuy nhiên, năng lực sản xuất hydrogen xanh ở Đức tăng rất chậm và hiện nguồn cung hydrogen xanh sản xuất trong nước không đủ để đáp ứng nhu cầu. Trong khi đó, chi phí sản xuất hydrogen xanh tại Đức - nơi nguồn năng lượng tái tạo không dồi dào, cao hơn nhiều so với các quốc gia khác, nơi có nguồn năng lượng tái tạo giá rẻ. Theo đó, mặc dù đã đặt mục tiêu xây dựng các nhà máy điện phân hydrogen với công suất 10 GW, Đức vẫn đang gặp khó khăn trong việc đạt được mục tiêu này. Số liệu của Bộ Kinh tế và Năng lượng liên bang cho thấy, tính đến đầu năm 2025, công suất lắp đặt mới chỉ đạt 0,16 GW và công suất thực tế của

các nhà máy này vẫn chỉ đạt 0,1 GW, thấp hơn đáng kể so với kế hoạch đề ra. Với thực tế này, nhiều khả năng mục tiêu hydrogen xanh của Đức đến năm 2030 sẽ không thể đạt được.

Một trong những giải pháp mà Đức đang hướng tới là nhập khẩu hydrogen xanh từ các quốc gia có chi phí sản xuất rẻ. Giải pháp này được quy định rõ trong bản cập nhật chiến lược hydrogen quốc gia của Đức ban hành tháng 7/2023, trong đó bao gồm chiến lược nhập khẩu hydrogen mới (trang Clean Energy Wire) với mục tiêu chính là tăng cường nhập khẩu hydrogen và các sản phẩm phái sinh của nó vào năm 2030 và xa hơn nữa để đáp ứng nhu cầu, cũng như đa dạng hóa nguồn cung cấp.

Tại nhiều quốc gia trên thế giới, điều kiện khí hậu cho sản xuất điện xanh (cần thiết cho sản xuất hydrogen xanh) thuận lợi hơn nhiều so với Đức. Nước Đức không có nhiều giờ có nắng trong năm và tốc độ gió cũng bị hạn chế. Do đó, hydrogen xanh sản xuất ở nhiều quốc gia khác sẽ rẻ hơn so với sản xuất ở Đức. Những quốc gia như Maroc, Các Tiểu Vương Quốc Ảrập Thống Nhất (UAE), Canada, Brazil và Chile được xem là những nguồn cung cấp hydrogen tiềm năng nhờ vào năng lượng tái tạo rẻ và các cảng biển quốc tế thuận lợi. Tuy nhiên, vấn đề lớn nhất là khoảng cách địa lý giữa các quốc gia này và châu Âu.

Đức đang kỳ vọng vào hydrogen xanh để giải quyết bài toán năng lượng và phát thải. Tuy nhiên, quá trình này vẫn đang đối mặt với rất nhiều thách thức về chi phí sản xuất cao và quá trình vận chuyển. Do đó, Chính phủ Đức đang nỗ lực tìm kiếm những giải pháp sáng tạo và hợp lý để tối ưu hóa việc sử dụng hydrogen xanh. Điều này không chỉ đòi hỏi những chiến lược đầu tư thông minh mà còn cần sự hợp tác quốc tế để tạo ra một mạng lưới cung cấp hydrogen toàn cầu hiệu quả và bền vững.



Chiến lược Hydrogen và mục tiêu trở thành cường quốc năng lượng xanh của Úc

Chính phủ Úc đặt mục tiêu biến quốc gia này thành Cường quốc Hydrogen toàn cầu. Với các cơ chế hỗ trợ tài chính đột phá, Úc đang dồn lực biến nguồn năng lượng tái tạo dồi dào thành sản lượng Hydrogen xanh khổng lồ, hướng tới mục tiêu 15 triệu tấn/năm vào 2050.

Chiến lược và hướng đi của Chính phủ Úc

Hydrogen xanh (được sản xuất từ quá trình điện phân nước bằng năng lượng tái tạo) được coi là một nguồn năng lượng đặc biệt trong giai đoạn hiện nay. Nó là chìa khóa để làm sạch các ngành công nghiệp “khó giảm thiểu” (hard-to-abate sectors) như sản xuất thép, xi măng, vận tải đường dài, hàng không, những lĩnh vực mà điện hóa trực tiếp còn gặp nhiều thách thức. Hydrogen có mật độ năng lượng cao, có thể lưu trữ và vận chuyển dễ dàng dưới dạng khí nén hoặc amoniac lỏng, biến nó thành một chất mang năng lượng linh hoạt có khả năng liên kết các hệ thống năng lượng tái tạo với nhu cầu công nghiệp và giao thông.

Với lợi thế về nguồn tài nguyên mặt trời và gió dồi dào, cùng với diện tích đất đai rộng lớn để xây dựng các dự án quy mô, Úc đã đặt ra tham vọng trở thành một “Cường quốc Hydrogen toàn cầu” (Global Hydrogen Powerhouse). Chiến lược Hydrogen Quốc gia 2024 của Úc là một kế hoạch chi tiết. Trọng tâm của chiến lược là đảm bảo ngành công nghiệp Hydrogen của Úc đạt được tính cạnh tranh về chi phí trên toàn cầu, một yếu tố quan trọng để Hydrogen trở thành một lựa chọn khả thi thay thế nhiên liệu hóa thạch. Để hiện thực hóa điều này, Chính phủ tập trung vào các mục tiêu chính: thứ nhất là kích cầu nội địa mạnh mẽ, sử dụng Hydrogen trong các lĩnh vực như vận tải nặng và công nghiệp thép xanh để xây dựng thị trường cơ sở vững chắc; thứ hai là tăng cường thương mại và xuất khẩu thông qua việc thiết lập các chuỗi cung ứng đáng tin cậy với các đối tác châu Á và châu Âu.

Các mục tiêu sản xuất và xuất khẩu được đặt ra rất cụ thể: Về mặt sản lượng, mục tiêu là sản xuất hơn 1 triệu tấn Hydrogen xanh mỗi năm vào năm 2030, với tầm nhìn mở rộng lên tới 15 triệu tấn vào năm 2050. Song song đó, Chiến lược đặt ra mục tiêu xuất khẩu cơ sở là 0,2 triệu tấn Hydrogen tái tạo mỗi năm vào năm 2030, cho thấy sự chuyển đổi chiến lược từ chỉ là nhà sản xuất sang nhà xuất khẩu

năng lượng sạch hàng đầu, biến tài nguyên tái tạo dồi dào thành lợi thế kinh tế toàn cầu bền vững.

Dự báo về sản lượng Hydrogen của Úc đến năm 2050 dưới ba kịch bản (Thấp, Trung bình, Cao)

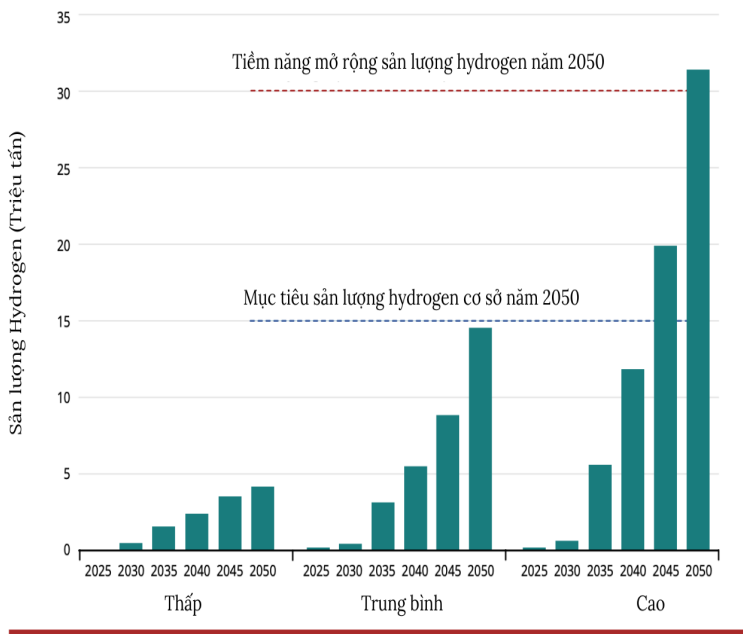


Figure 2 Mô hình Sản lượng Hydrogen dự kiến giai đoạn 2025-2050

Nguồn: Mô hình hóa kịch bản năm 2024 của Tổ chức Nghiên cứu Khoa học và Công nghiệp Liên bang Úc (CSIRO) về sản xuất và tiêu thụ Hydrogen tại Úc - DCCEEW

Thực tế triển khai

Để chuyển hóa tham vọng trở thành «Cường quốc Hydrogen toàn cầu» thành hiện thực, Chính phủ Úc đã triển khai một bộ công cụ chính sách tài chính và quy định vô cùng toàn diện nhằm hỗ trợ ngành công nghiệp non trẻ này. Cơ chế nổi bật nhất là Chương trình Hydrogen Headstart, với tổng quy mô đầu tư lên tới 4 tỷ AUD. Vai trò cốt lõi của chương trình này là hỗ trợ tài chính cho các dự án Hydrogen xanh quy mô lớn ban đầu, giúp thu hẹp khoảng cách chi phí giữa Hydrogen sạch và các nhiên liệu hóa thạch truyền thống. Bằng cách giảm rủi ro tài chính cho các nhà đầu tư tiên phong, Chương trình Hydrogen Headstart tạo động lực mạnh mẽ để các dự án khổng lồ được khởi công, qua đó thúc đẩy nhanh chóng kinh tế quy mô.

Song song đó, ưu đãi thuế sản xuất Hydrogen (HPTI) là một phần của kế hoạch Future Made in Australia cũng cung cấp hỗ trợ trực tiếp và lâu dài, với mức ưu đãi 2 AUD cho mỗi kilôgam Hydrogen tái tạo đủ điều kiện được sản xuất. Cơ chế này không chỉ giảm thiểu chi phí vận hành mà còn mang lại sự chắc chắn về tài chính trong suốt quá trình hoạt động của dự án.

Thực tế triển khai ngành công nghiệp Hydrogen tại Úc đang chứng kiến một cuộc chạy đua năng lượng sạch đầy sôi động, trong đó Hydrogen Xanh (Green Hydrogen) đóng vai trò là trọng tâm. Với lợi thế về nguồn năng lượng tái tạo dồi dào, các bang của Úc đang tích cực phát triển các dự án điện phân quy mô lớn, biến nước thành Hydrogen tinh khiết bằng điện gió và mặt trời. Tuy nhiên, Úc cũng không bỏ qua sự đa dạng của “Cầu vồng Hydrogen”. Bên cạnh Hydrogen xanh, quốc gia này cũng đang nghiên cứu tiềm năng của Hydrogen xanh lam (Blue Hydrogen), được sản xuất từ khí tự nhiên kết hợp với công nghệ thu hồi và lưu trữ Carbon (CCS), và thậm chí là Hydrogen trắng/vàng (White/Gold Hydrogen), loại Hydrogen tự nhiên từ các nguồn địa chất, nhằm tối ưu hóa mọi con đường dẫn đến mục tiêu phát thải ròng bằng không.

Bằng chứng cho thấy chính phủ Úc đang đẩy mạnh sự quan tâm đến Hydrogen là sự xuất hiện của các dự án Hydrogen quy mô lớn trên khắp đất nước. Điển hình như Western Green Energy Hub tại Tây Úc. Đây là một trong những trung tâm năng lượng tái tạo lớn nhất thế giới, hướng tới sản xuất hàng triệu tấn Hydrogen và amoniac sạch để xuất khẩu. Tương tự, các dự án tại Nam Úc và Queensland cũng đang được thúc đẩy mạnh mẽ, tập trung vào việc tạo ra nhiên liệu sạch cho cả nhu cầu trong nước và các thị trường nước ngoài. Song song với sản xuất, Úc đang đầu tư vào xây dựng cơ sở hạ tầng, các nỗ lực phát triển công nghệ hóa lỏng và vận chuyển amoniac tại các cảng biển để sẵn sàng cho hoạt động xuất khẩu thương mại quy mô lớn.

Thách thức và triển vọng

Mặc dù sở hữu tham vọng lớn và nguồn tài nguyên dồi dào, ngành công nghiệp Hydrogen xanh của Úc vẫn đang phải đối mặt với những thách thức hiện tại cần vượt qua để chuyển đổi từ tiềm năng sang thực tế thương mại. Thách thức lớn nhất chính là chi phí. Hiện tại, giá thành sản xuất, lưu trữ và vận chuyển Hydrogen xanh vẫn còn cao hơn đáng kể so với nhiên liệu hóa thạch, đòi hỏi sự hỗ trợ liên tục từ các cơ chế như Hydrogen Headstart để đạt được tính cạnh tranh về chi phí. Áp

lực cạnh tranh còn gia tăng từ các cường quốc khác, đặc biệt là do các chính sách ưu đãi quy mô lớn như Đạo luật giảm lạm phát (IRA) của Mỹ, đang thu hút vốn đầu tư ra khỏi Úc và tạo ra thách thức về cạnh tranh toàn cầu.

Tuy nhiên, nhìn về triển vọng tương lai, Hydrogen vẫn được khẳng định là yếu tố không thể thiếu trong tầm nhìn “Future Made in Australia” của chính phủ Úc, đóng vai trò quan trọng trong việc tạo ra các ngành công nghiệp xanh mới (thép xanh, amoniac xanh) và đảm bảo an ninh năng lượng lâu dài.

Nhờ vào chiến lược quốc gia rõ ràng và nguồn tài nguyên tái tạo dồi dào, cũng như các cơ chế hỗ trợ tài chính mạnh mẽ như Hydrogen Headstart, Úc đang nắm giữ cơ hội để trở thành “Cường quốc Hydrogen toàn cầu”. Mặc dù thách thức về chi phí và cạnh tranh vẫn còn, song sự phát triển của Hydrogen xanh là con đường không thể bỏ qua để Úc sớm đạt mục tiêu Net Zero, định vị quốc gia này không chỉ là nhà cung cấp năng lượng, mà còn là đối tác chiến lược trong tương lai năng lượng sạch của thế giới.

Hydrogen xanh của Trung Quốc chiếm 50% sản lượng toàn cầu

Trung Quốc, với vị thế là nước sản xuất hydrogen lớn nhất toàn cầu, có tiềm năng sử dụng hydrogen để đạt được mục tiêu an ninh năng lượng và mục tiêu giảm phát thải khí nhà kính từ các ngành công nghiệp chủ chốt. Với công suất năng lượng tái tạo lớn nhất thế giới, Trung Quốc đã đặt mục tiêu thiết lập một ngành công nghiệp hydrogen toàn diện, bao gồm các lĩnh vực vận tải, lưu trữ năng lượng và sản xuất.

Để đạt được mục tiêu, tháng 3/2022, Trung Quốc đã công bố kế hoạch phát triển năng lượng hydrogen giai đoạn 2021-2035 với các mục tiêu cho năm 2035 như sau:

- Xây dựng nền tảng đổi mới tập trung để tăng cường nghiên cứu và phát triển công nghệ hydrogen xanh đột phá.

- Thúc đẩy xây dựng cơ sở hạ tầng năng lượng hydrogen, sản xuất, lưu trữ và vận chuyển.

THÔNG TIN THẾ GIỚI

- Thúc đẩy việc sử dụng hydrogen trong vận tải, lưu trữ năng lượng và các ngành công nghiệp nặng.

- Thiết lập và hoàn thiện chính sách về xây dựng cơ sở hạ tầng hydrogen, giá điện phục vụ sản xuất hydrogen xanh.

- Thiết lập các tiêu chuẩn về chất lượng, an toàn, cơ sở hạ tầng và ứng dụng của hydrogen.

Để triển khai kế hoạch, hầu hết các tỉnh và khu vực ở Trung Quốc đều đưa hydrogen vào kế hoạch phát triển của mình và hơn 120 dự án hydrogen xanh đang được phát triển. Trong đó, Trung Quốc đã có những bước tiến mạnh mẽ trong cam kết hướng tới một tương lai năng lượng bền vững với việc ban hành 33 chính sách năng lượng hydro tại 24 tỉnh thành vào tháng 11/2024.

Về mặt tài chính, Bộ Tài chính Trung Quốc phân bổ 1,625 tỷ NDT tiền trợ cấp cho xe chạy bằng pin nhiên liệu vào năm 2025, cho thấy cam kết tài chính đối với việc mở rộng năng lượng hydrogen. Các khoản trợ cấp này được xây dựng triển khai tại 10 tỉnh và thành phố, một cách tiếp cận có mục tiêu nhằm củng cố cơ sở hạ tầng và ứng dụng công nghệ của ngành. Bên cạnh đó, ưu đãi của các địa phương cũng bổ sung cho các chính sách quốc gia, với các tỉnh như Đại Liên cung cấp khoản trợ cấp lên đến 20 triệu NDT để hỗ trợ các dự án hydrogen. Nguồn tài chính này đóng vai trò quan trọng trong việc đẩy nhanh triển khai dự án và mở rộng quy mô hoạt động. Duy Phường và Tứ Xuyên cũng nổi bật với các biện pháp hỗ trợ đáng kể, bao gồm các ưu đãi tài chính trực tiếp để kích thích tăng trưởng ngành.

Trung Quốc trở thành quốc gia sản xuất và sử dụng hydrogen xanh hàng đầu thế giới

Cam kết của Trung Quốc đối với hydrogen được thể hiện rõ qua sự phát triển nhanh chóng của các dự án. Theo Cơ quan quản lý năng lượng quốc gia Trung Quốc (NEA), năm 2024, sản lượng hydrogen của Trung Quốc đạt 36,5 triệu tấn, tăng 3,5% so với năm 2023. Trong đó, khoảng 20,7 triệu tấn hydrogen đến từ than đá, tăng 6,7% so với năm trước; 7,7 triệu tấn hydrogen là sản phẩm phụ công nghiệp, tăng 4%; và 7,6 triệu tấn hydrogen là sản phẩm từ khí tự nhiên, giảm 4,4%. Trong khi đó, có khoảng 320.000 tấn nguồn cung cấp hydrogen được sản xuất thông qua quá trình điện phân nước (sử dụng cả năng lượng tái tạo và nhiệt điện) vào năm 2024, tăng 3,6% so với năm trước.

Đáng chú ý, chi phí sản xuất hydrogen của Trung Quốc khá cạnh tranh so với Hoa Kỳ và EU. Theo báo cáo của NEA, tính đến tháng 12 năm 2024, chi phí sản xuất hydrogen của Trung Quốc đã giảm xuống còn 28 NDT/kg (tương đương 3,85 USD/kg), giảm 15,6% so với cùng kỳ năm trước; Giá mua vào giảm xuống còn 48,6 NDT/kg (tương đương 6,69 USD/kg), giảm 13,7%, cao hơn đáng kể so với chi phí sản xuất do chi phí hậu cần cao, đặc biệt là đối với vận chuyển đường dài. Để giải quyết những khó khăn này, NEA đã kêu gọi đẩy nhanh chuỗi hậu cần cho hydrogen để có thể truyền tải đường dài trên quy mô lớn. Trong khi đó, theo dữ liệu từ Platts, một bộ phận của S&P Global Commodity Insights, giá hydrogen điện phân PEM của Hoa Kỳ là 5,2 USD/kg và giá hydrogen điện phân PEM của EU là 6,1 Euro/kg (tương đương 6,94 USD/kg). Các đánh giá của Platts được xây dựng dựa trên chi phí sản xuất.

Theo NEA, cho đến nay, phần lớn nguồn cung cấp hydrogen thực tế của Trung Quốc vẫn đến từ khí hóa than, SMR (chuyển hóa khí mê-tan bằng hơi nước) và các sản phẩm phụ của công nghiệp, mặc dù năng lực sản xuất hydrogen xanh tăng trưởng đáng kể.

Với công suất phát điện tái tạo lớn nhất thế giới, Trung Quốc đã đẩy nhanh quá trình phát triển hệ sinh thái hydrogen xanh nhằm tạo ra một trung tâm lớn về điện tái tạo. Theo NEA, Trung Quốc có công suất sản xuất hydrogen xanh khoảng 125.000 tấn/năm, chiếm 50% công suất toàn cầu với tốc độ tăng trưởng 62% so với cùng kỳ.

Trung Quốc bắt đầu kế hoạch mở đường cho giao dịch hydrogen xuyên biên giới

Hiện tại, phần lớn hydrogen sản xuất tại Trung Quốc được tiêu thụ bởi các ngành công nghiệp trong nước. Tính đến cuối năm 2024, 9,95 triệu tấn - tương đương 27% - lượng hydrogen tiêu thụ trong nước được sử dụng cho tổng hợp metanol, 9,5 triệu tấn - tương đương 26% - cho tổng hợp amoniac, 6 triệu tấn - tương đương 16% - cho lọc dầu, và 4,05 triệu tấn - tương đương 11% - cho ngành công nghiệp hóa chất than.

NEA kêu gọi kích thích nhu cầu hydrogen trong ngành điện, bao gồm: sử dụng trực tiếp hydrogen làm nhiên liệu để phát điện, trộn hydrogen với khí tự nhiên để đốt chung, cũng như trộn amoniac được chuyển đổi từ hydrogen với than để đốt chung. Theo NEA, các thí nghiệm đã chứng minh rằng có thể pha trộn tới 30% hydrogen vào khí tự nhiên cho hệ thống tua-bin khí 50 MW.

Đối với ngành vận tải, Trung Quốc cũng đã có các chương trình trợ cấp được áp dụng ở cả cấp quốc gia và cấp tỉnh để mở rộng thị trường xe chạy bằng pin nhiên liệu hydrogen. Theo NEA, đến cuối năm 2024, Trung Quốc đã thành lập hơn 540 trạm tiếp nhiên liệu hydrogen và đưa vào sử dụng khoảng 24.000 xe FCEV.

NEA cũng đã bắt đầu mở đường cho việc giao dịch hydrogen xuyên biên giới quốc gia. Theo báo cáo, NEA kêu gọi xây dựng các cơ chế thương mại và công nhận các tiêu chuẩn liên quan đến hydro lẫn nhau giữa các đối tác tiềm năng, bao gồm các nước châu Âu, các thành viên Hiệp hội các quốc gia Đông Nam Á (ASEAN), các thành viên Liên đoàn Ả Rập và các thành viên Liên minh châu Phi.

Trong kế hoạch quốc gia để nâng khả năng cạnh tranh toàn cầu về công nghệ và thương mại hydrogen, Cơ quan Quản lý năng lượng Quốc gia Trung Quốc (NEA) đã công bố 9 tiêu chuẩn mới cho ngành hydrogen, nhằm định hướng sản xuất hydrogen xanh từ năng lượng tái tạo. Các tiêu chuẩn này đóng vai trò chiến lược trong cuộc đua công nghệ và chính sách toàn cầu về hydrogen, đồng thời giúp Trung Quốc chuẩn bị ứng phó với các rào cản thương mại như từ EU. Mặc dù sản lượng hydrogen xanh đã tăng nhanh, Trung Quốc vẫn phải đối diện thách thức lớn: chi phí cao, thiếu tín hiệu nhu cầu mạnh, cùng sự phụ thuộc vào nguồn hydrogen hóa thạch.

Nguồn tài nguyên năng lượng mặt trời và gió mang lại cho Namibia lợi thế cạnh tranh trong sản xuất hydrogen xanh

Namibia đang nổi lên như một trong những quốc gia triển vọng nhất trong việc khai thác năng lượng tái tạo để sản xuất hydro xanh với giá cả cạnh tranh. Với nguồn tài nguyên năng lượng mặt trời và gió dồi dào, Namibia đang nỗ lực để trở thành quốc gia dẫn đầu toàn cầu về sản xuất hydrogen xanh, với dự báo nước này có thể đạt được mức chi phí sản xuất thấp nhất thế giới vào năm 2030 - chỉ đứng sau Chile. Chính phủ Namibia đã ưu tiên chiến lược cho hydrogen xanh và các sản phẩm phái sinh của nó như một nền tảng cho tăng trưởng kinh tế và các nỗ lực khử cacbon toàn cầu.

Năm 2022, Namibia đã củng cố tham vọng sản xuất hydrogen xanh của mình bằng cách ký kết quan hệ đối tác chiến lược với Liên minh Châu Âu (EU) để thúc đẩy sự phát triển của ngành hydrogen xanh của Namibia. Sự hợp tác này được chính thức hóa thông qua Biên bản ghi nhớ (MoU), phục vụ mục tiêu dẫn đầu thị trường hydrogen xanh của Namibia và nỗ lực của EU nhằm đa dạng hóa các nguồn năng lượng và đáp ứng các cam kết về khí hậu.

Tại COP27 ở Sharm El-Sheikh, Hội đồng Hydrogen xanh của Namibia đã đưa ra Chiến lược Hydrogen Xanh và các sản phẩm phái sinh, chiến lược này ủng hộ cam kết của Namibia đối với Thỏa thuận Paris về biến đổi khí hậu, với mục tiêu cuối cùng là giảm lượng khí thải xuống mức bằng 0 vào năm 2050.

Chiến lược này cũng sẽ cho phép Namibia trở thành nước xuất khẩu năng lượng ròng bằng cách khai thác tiềm năng đáp ứng nhu cầu toàn cầu là 10 triệu tấn vào năm 2030, đồng thời đóng vai trò quan trọng trong an ninh năng lượng cho khu vực.

Chiến lược này cũng sẽ cho phép Namibia tiếp tục các chiến dịch tiếp cận toàn cầu và thúc đẩy ngoại giao hydrogen để giới thiệu tới các nhà đầu tư tiềm năng, nhà phát triển dự án và các đối tác phát triển quốc tế về cơ hội hydrogen của Namibia.

Chiến lược hydrogen xanh mới của Namibia đặt mục tiêu sản xuất 10-12 triệu tấn hydrogen tương đương mỗi năm vào năm 2050.

Các dự án hydrogen tiêu biểu của Namibia

1. Dự án Hyphen: Sau khi đấu thầu công khai để lựa chọn nhà phát triển dự án hydrogen xanh, Namibia đã ký kết thỏa thuận với Hyphen Hydrogen Energy cho dự án trị giá 9,4 tỷ USD. Dự án được xây dựng trên diện tích khoảng 4.000 km² thuộc Vườn Quốc gia Tsau Khaeb, gần thị trấn ven biển Luderitz, và sẽ sản xuất khoảng 300.000 tấn hydro xanh mỗi năm.

Dự án sẽ bắt đầu sản xuất vào năm 2026 và quyền khai thác dự án đã được cấp cho Hyphen trong thời hạn 40 năm. Chi phí sản xuất hydrogen xanh tại Namibia sẽ dao động từ 1,73 đến 2,30 đô la Mỹ/kg. Dự án dự kiến sẽ tạo ra 15.000 việc làm trực tiếp trong bốn năm đầu xây dựng và 3.000 việc làm thường xuyên, với 90% là người dân địa phương.

2. Dự án Oshivela: Dự án đặt mục tiêu sản xuất 15.000 tấn sắt khử trực tiếp mỗi năm. Dự án dự kiến sẽ giảm 27.000 tấn khí thải CO₂ mỗi năm, tương đương 50% lượng khí thải CO₂ của ngành điện Namibia. Trong giai đoạn đầu, một hệ thống điện mặt trời công suất 20 MW sẽ cung cấp điện không carbon cho nhà máy, với kế hoạch tăng thêm 18 MW điện gió và 140 MW điện mặt trời công suất định mức trong giai đoạn sản xuất mở rộng đầu tiên.

3. Nhà máy Elof Hansson sẽ sản xuất amoniac xanh tại Namibia với công suất 430.000 tấn mỗi năm. Nguồn điện sẽ được cung cấp từ một công viên năng lượng mặt trời mới công suất 2.500 MW.

4. HDF Energy Namibia sẽ xây dựng nhà máy điện quy mô tiện ích đầu tiên tại Swakopmund, Renewstable Swakopmund .

5. Zhero đang triển khai một dự án amoniac xanh gần Vịnh Walvis, với mục tiêu sản xuất 500.000 tấn mỗi năm kể từ năm 2029. Quyết định đầu tư cuối cùng dự kiến được đưa ra vào năm 2026.

5. Dự án Hydrogen Dune do Cleanergy Solutions phát triển đã khánh thành trạm tiếp nhiên liệu vào năm 2024 và đã hoàn thành 80%. Trạm này tọa lạc tại Vịnh Walvis và được cung cấp năng lượng bởi một công viên năng lượng mặt trời 5 MWp. Cơ sở sản xuất hydrogen độc lập này được trang bị máy điện phân công suất 5 MW và pin 5,9 MWh.

6. Làng Hydrogen Xanh Daures tọa lạc tại vùng Erongo và đặt mục tiêu sản xuất 180.000 tấn hydro xanh và 1 triệu tấn amoniac xanh mỗi năm. Dự án thí điểm, dự kiến sản xuất 18 tấn hydrogen xanh và 100 tấn amoniac xanh. Công ty đang có kế hoạch phát triển một cơ sở năng lượng tái tạo lai công suất 5,5 GW và lắp đặt thiết bị điện phân công suất 2,5 GW.

7. Dự án thí điểm đầu máy xe lửa hydrogen xanh của Đường sắt Namibia sẽ giới thiệu việc chuyển đổi đoàn tàu chạy bằng hydro đầu tiên ở Châu Phi, sử dụng công nghệ đốt nhiên liệu hydro kép và toa tiếp nhiên liệu hydro. Dự án thí điểm sẽ hoàn thành trong vòng 18 tháng tới, sau đó công nghệ này sẽ được áp dụng cho phần còn lại của đội tàu Namibia, gồm khoảng 40 đầu máy.

Tổng quan về sản xuất hydrogen

Hydrogen được sản xuất theo nhiều cách từ các nguồn nguyên liệu và năng lượng khác nhau - bao gồm nguồn hóa thạch và năng lượng tái tạo. Phương thức sản xuất hydrogen có tác động đáng kể đến lượng khí thải được tạo ra. Các cơ quan quản lý lĩnh vực công nghiệp và chính phủ của một số quốc gia đã xây dựng danh mục phân loại mức độ “sạch” của hydrogen, tùy thuộc vào nguồn năng lượng, cấp liệu sử dụng, phương pháp sản xuất và cường độ các-bon.

Sau khi được sản xuất, hydrogen có nhiều ứng dụng và việc sử dụng hydrogen có thể làm giảm khí thải nhà kính (GHG) từ nhiều lĩnh vực. Phần này mô tả các phương pháp sản xuất hydrogen chính dựa trên phương pháp sử dụng nhiên liệu hóa thạch và phi nhiên liệu hóa thạch, đồng thời trình bày các ứng dụng hydrogen sạch tiềm năng ở cấp độ toàn cầu.

1. Sản xuất hydrogen từ nhiên liệu hóa thạch

Trên toàn cầu, hầu hết sản lượng hydrogen hiện nay là từ nhiên liệu hóa thạch và 98% sản lượng không có bất kỳ biện pháp kiểm soát khí thải nào¹. Tại Hoa Kỳ, nơi có nguồn khí thiên nhiên dồi dào, phương pháp sản xuất hydrogen phổ biến nhất là nhiệt hoá mê-tan (SMR), không đi kèm thu giữ và lưu trữ các-bon (CCS), trong đó khí mê-tan phản ứng với hơi nước để tạo ra hydrogen và các-bon dioxide. Hydrogen được tách ra khỏi hỗn hợp và các-bon dioxide được thải vào khí quyển. SMR không có CCS chiếm khoảng 95% tổng sản lượng hydrogen ở Hoa Kỳ² vì đây là cách rẻ nhất để sản xuất hydrogen, với chi phí khoảng 1-2 USD/kg hydrogen³. Mặc dù phương pháp sản xuất hydrogen này tương đối rẻ và hoàn thiện về mặt công nghệ nhưng lại có những tác động tiêu cực đến môi trường vì một nhà máy SMR thải ra từ 8 đến 12 kg (kg) các-bon dioxide cho mỗi kg hydrogen sản xuất ra⁴. Hoa Kỳ sản xuất khoảng 9,5 triệu tấn hydrogen hàng năm bằng phương pháp SMR, do đó, tác động môi trường là rất đáng kể.

1 <https://www.energypolicy.columbia.edu/publications/hydrogen-fact-sheet-production-of-low-carbon-hydrogen>

2 [https://www.energypolicy.columbia.edu/publications/hydrogen-fact-sheet-production-of-low-carbon-hydrogen/#:~:text=In%20the%20United%20States%2C%2095,steam%20methane%20reforming%20\(SMR\).](https://www.energypolicy.columbia.edu/publications/hydrogen-fact-sheet-production-of-low-carbon-hydrogen/#:~:text=In%20the%20United%20States%2C%2095,steam%20methane%20reforming%20(SMR).)

3 <https://css.umich.edu/publications/factsheets/energy/hydrogen-factsheet>

4 https://rmi.org/wp-content/uploads/2020/01/hydrogen_insight_brief.pdf

Than cũng có thể được sử dụng làm nguyên liệu để sản xuất hydrogen. Khoảng 4% hydrogen ở Hoa Kỳ được sản xuất thông qua quá trình khí hóa than, trong đó than được gia nhiệt ở nhiệt độ rất cao để tạo ra khí tổng hợp có chứa hydrogen, các-bon monoxide và các-bon dioxide. Khí tổng hợp được lọc và hydrogen được tách ra và thu giữ⁵. Ở Hoa Kỳ, phương pháp khí hóa than thường được sử dụng để sản xuất khí tổng hợp cho sản xuất thép. Phương pháp sản xuất hydrogen này có lượng khí thải cao hơn phương pháp SMR, vì quá trình khí hóa than tạo ra 18 - 20 kg các-bon dioxide trên mỗi kg hydrogen được sản xuất⁶. Tại Hoa Kỳ, hydrogen được sản xuất thông qua quá trình khí hóa than có giá khoảng 2,58 USD/kg hydrogen, kém kinh tế hơn so với hydrogen được sản xuất từ khí thiên nhiên⁷. Các phương pháp sản xuất hydrogen phát thải lượng khí nhà kính cao này thường được gọi là sản xuất hydrogen xám, vì chúng sử dụng nhiên liệu hóa thạch làm nguyên liệu thô và không thu giữ, cô lập hoặc lưu trữ khí nhà kính thải ra.⁸

Một quá trình sản xuất hydrogen khác thường được gọi là “hydrogen xanh lam”, sử dụng nhiên liệu hóa thạch làm nguyên liệu thô nhưng đi kèm với thu giữ lượng khí nhà kính thải ra trong quá trình sản xuất. Phương pháp sản xuất hydrogen lam phổ biến nhất là SMR kết hợp với CCS. Trong phương pháp này, quy trình sản xuất hydrogen giống như phương pháp SMR điển hình, nhưng các-bon dioxide tạo ra từ phản ứng sẽ được thu giữ và lưu trữ thay vì thải vào khí quyển. Trung bình, việc thêm công nghệ CCS vào quy trình SMR sẽ làm tăng chi phí sản xuất hydrogen thêm 0,4 USD/kg hydrogen, do đó giá sản xuất hydrogen vào khoảng 1,4-2,5 USD/kg⁹. CCS cũng có thể được áp dụng cho quá trình khí hóa than, tạo ra hydrogen với chi phí khoảng 3 USD/kg¹⁰. Trong các dự án sử dụng CCS, khoảng 90% lượng khí các-bon dioxide thường được thu giữ và 10% còn lại được thải vào khí quyển.

Một phương pháp khác để sản xuất hydrogen có nguồn gốc từ hóa thạch không phát thải khí nhà kính là nhiệt phân mê-tan, trong đó mê-tan (CH₄) bị phân hủy thông qua nhiệt (hoặc nhiệt phân) thành các thành phần hydrogen dạng khí và các-bon rắn. Hydrogen được sản xuất theo cách này được gọi là “hydrogen ngọc lam”. Tuy nhiên,

5 <https://www.hydrogennewsletter.com/hydrogen-production-from-coal-gasification/>

6 https://rmi.org/wp-content/uploads/2020/01/hydrogen_insight_brief.pdf

7 <https://www.power-eng.com/hydrogen/which-hydrogen-production-method-is-lowest-cost/#gref>

8 *Hydrogen được sản xuất bằng than làm nguyên liệu cũng có thể được gọi là hydrogen nâu.*

9 <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2206/2206.10689.pdf>

10 <https://www.power-eng.com/hydrogen/which-hydrogen-production-method-is-lowest-cost/#gref>

nhệt phân mê-tan là một phương pháp sản xuất hydrogen mới chưa được chứng minh về mặt thương mại. Ước tính ban đầu từ các phòng thí nghiệm quốc gia Hoa Kỳ cho thấy hydrogen được sản xuất bằng phương pháp nhiệt phân mê-tan có thể có giá 1,72 USD/kg, mặc dù giá sẽ thay đổi tùy theo giá khí thiên nhiên¹¹. Bộ Năng lượng Hoa Kỳ đang hỗ trợ nghiên cứu và phát triển để thúc đẩy sản xuất hydrogen thông qua quá trình nhiệt phân mê-tan nhằm giảm chi phí và nâng cao khả năng nhân rộng, ứng dụng và thương mại hóa quá trình nhiệt phân mê-tan.

Tất cả các quy trình sản xuất hydrogen sử dụng nhiên liệu hóa thạch được mô tả ở trên có thể được khử các-bon thêm nữa bằng cách sử dụng điện tái tạo để tạo ra nhiệt cung cấp cho các quá trình.

2. Sản xuất hydrogen từ nhiên liệu phi hóa thạch

Mặc dù nhiên liệu hóa thạch là nguyên liệu chính để sản xuất hydrogen ngày nay nhưng hydrogen có thể được sản xuất bằng cách sử dụng các nguồn tài nguyên phi hóa thạch như điện sạch và sinh khối. Hydrogen xanh lá được sản xuất thông qua quá trình điện phân, trong đó phân tử nước được tách thành các thành phần là nước và hydrogen, sử dụng điện tái tạo. Phương pháp sản xuất hydrogen này không phát thải khí nhà kính.

Quá trình điện phân diễn ra trong thiết bị điện phân. Có ba loại thiết bị điện phân phổ biến: thiết bị điện phân kiềm, thiết bị điện phân màng trao đổi proton và thiết bị điện phân oxit rắn với phương pháp khác nhau¹². Tuy nhiên, chỉ có chưa đến 1% sản lượng hydrogen ở Hoa Kỳ là hydrogen xanh lá, chủ yếu là do chi phí cao, khoảng 5 USD/kg¹³. Sản xuất hydrogen xanh lá rất tốn kém với mức tiêu thụ điện năng cao cho quá trình tách phân tử nước thành các nguyên tử tiêu tốn nhiều năng lượng vì các liên kết nguyên tử oxy và hydrogen rất mạnh mẽ, cần một lượng điện đáng kể để phá vỡ liên kết. Trung bình, một kg hydrogen được sản xuất bằng phương pháp điện phân tiêu thụ khoảng 53 kilowatt giờ.¹⁴

Quá trình điện phân có thể sử dụng năng lượng hạt nhân và sản phẩm của quá trình này được gọi là “hydrogen hồng”. Mặc dù không được coi là năng lượng tái tạo

11 <https://www.osti.gov/servlets/purl/1533129>

12 <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-production-electrolysis#:~:text=Solid%20oxide%20electrolyzers%20must%20operate,less%20than%20100%C2%B0C>

13 <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-shot>

14 <https://newatlas.com/energy/hysata-efficient-hydrogen-electrolysis/>

do sử dụng nguồn điện phi tái tạo (năng lượng hạt nhân) nhưng phương pháp sản xuất hydrogen này không phát thải khí nhà kính. Hydrogen được sản xuất bằng năng lượng hạt nhân có giá khoảng 2,75 - 4,08 USD mỗi kg.¹⁵

Một phương pháp sản xuất hydrogen tiên tiến hơn, không sử dụng nhiên liệu hóa thạch là quá trình khí hóa sinh khối - quá trình này sử dụng nhiệt, hơi và oxy để chuyển hóa sinh khối thành hydrogen và các sản phẩm phụ khác. Nguyên liệu sinh khối bao gồm phế phẩm nông nghiệp, cây trồng cho mục đích sử dụng năng lượng, chất thải động vật, v.v. Hydrogen được sản xuất thông qua quá trình khí hóa sinh khối có lượng khí thải các-bon ròng thấp vì quá trình phát triển sinh khối sẽ loại bỏ các-bon dioxide khỏi khí quyển, bù trừ cho một phần các-bon dioxide thải ra trong quá trình khí hóa¹⁶. Phương pháp sản xuất hydrogen này không cạnh tranh về mặt kinh tế với SMR vì chi phí trồng, vận chuyển và thu hoạch sinh khối cao - hydrogen được sản xuất thông qua quá trình khí hóa sinh khối có giá từ 1,48 USD đến 3 USD/kg (chưa bao gồm CCS). Nếu sử dụng công nghệ CCS, chi phí sẽ tăng lên 3,15 - 3,60 USD/kg¹⁷. CCS kết hợp với quá trình khí hóa sinh khối có thể làm cho quá trình sản xuất hydrogen này không phát thải các-bon vì lượng khí thải các-bon được lưu trữ thay vì thải vào khí quyển.

Hydrogen phân tử (không có các nguyên tố đi kèm) chỉ tồn tại trên Trái đất với số lượng nhỏ, được gọi là hydrogen địa chất hoặc dưới lòng đất. Hydrogen được sản xuất thông qua các quá trình địa chất tự nhiên, một dạng hydrogen tái tạo không phát thải khí nhà kính, được gọi là hydrogen trắng.¹⁸ Hydrogen dưới lòng đất là một lĩnh vực còn non trẻ, chủ yếu đang ở giai đoạn nghiên cứu và phát triển (R&D). Các chuyên gia khí hậu ước tính rằng thu hồi hydrogen trắng có thể có chi phí khoảng 1 USD/kg.¹⁹

Như đã thảo luận ở trên, có rất nhiều phương pháp sản xuất hydrogen bằng những nguyên liệu khác nhau. Những phương pháp sản xuất này thường được dán nhãn với màu sắc phản ánh mức độ thân thiện với môi trường. Bảng dưới đây tóm tắt các phương pháp sản xuất hydrogen chính, phân loại màu và giá tương ứng.

15 <https://www.reuters.com/business/energy/north-american-subsidies-help-boost-nuclear-hydrogen-plans-2023-05-18/>

16 <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-production-biomass-gasification#:~:text=Biomass%20gasification%20is%20a%20mature,and%20other%20products%2C%20without%20combustion.>

17 https://bof.fire.ca.gov/media/10190/introduction-to-the-hydrogen-market-in-california-draft-for-comment_ada.pdf

18 <https://www.usgs.gov/news/featured-story/potential-geologic-hydrogen-next-generation-energy#:~:text=There%20are%20at%20least%20two%20major%20areas%20of,of%20the%20Great%20Plains%20and%20the%20Upper%20Midwest.>

19 <https://www.cnn.com/2023/10/29/climate/white-hydrogen-fossil-fuels-climate/index.html>

Bảng: Tóm tắt các phương pháp sản xuất hydrogen và giá

Cấp liệu	Phương pháp sản xuất	Màu	Chi phí sản xuất tại Hoa Kỳ (\$/kg hydrogen)
Khí thiên nhiên	Nhiệt hoá mê-tan không đi kèm với CCS	Xám	1-2
Khí thiên nhiên	Nhiệt hoá mê-tan đi kèm với CCS	Xanh lam	1,4- 2,5
Khí thiên nhiên	Nhiệt phân metan	Ngọc lam	1,72
Than	Khí hóa than không có CCS	Xám/nâu	2,58
Than	Khí hóa than bằng CCS	Xanh lam	3
Sinh khối	Khí hóa sinh khối + CCS	Xanh lá	3,15 - 3,60
Nước	Điện phân nước sử dụng điện tái tạo	Xanh lá	5
Nước	Điện phân nước sử dụng năng lượng hạt nhân	Hồng	2,75 - 4,08
Hydrogen phân tử	Khai thác dưới bề mặt	Trắng	1

Các nhà hoạch định chính sách và những người ủng hộ lĩnh vực hydrogen sạch trên toàn cầu đang ngày càng tránh việc phân loại hydrogen dựa trên màu sắc quá chung chung và thay vào đó đang tập trung vào định lượng lượng khí thải. IRA áp dụng ưu đãi thuế để sản xuất “hydrogen sạch đủ tiêu chuẩn”, theo luật định nghĩa là “hydrogen được sản xuất thông qua một quy trình dẫn đến tỷ lệ phát thải khí nhà kính trong vòng đời không quá 4 kg các-bon dioxide tương đương (CO₂tđ) mỗi kg hydrogen.”²⁰Liên minh Châu Âu (EU) định nghĩa “hydrogen tái tạo” là hydrogen (i) chiết xuất hàm lượng năng lượng từ các nguồn tái tạo phi sinh khối và (ii) đạt được mức giảm phát thải khí nhà kính 70% so với nhiên liệu hóa thạch.²¹ Theo quy tắc của EU, hydrogen phát thải các-bon thấp có hàm lượng năng lượng từ các nguồn không thể tái tạo nhưng có mức giảm phát thải khí nhà kính là 70% so với hydrogen sản xuất từ nhiên liệu hóa thạch.

20 https://www.martenlaw.com/news-and-insights/energy-department-clarifies-its-view-of-clean-hydrogen#_ftn8
21 <https://www.insideenergyandenvironment/>