

Idrogeno, un 'ponte' verso il mondo rinnovabile

L'idrogeno non è una fonte energetica ma un vettore, in grado di immagazzinare e fornire grandi quantità di energia senza produrre emissioni di CO₂. Per questo suscita grande fiducia e interesse a livello globale come elemento-chiave per affrontare la sfida climatica e decarbonizzare l'industria, i trasporti, la produzione di energia. L'idrogeno, tuttavia, non si trova sulla terra nella sua forma molecolare e deve essere prodotto a partire da composti più complessi come l'acqua o i combustibili fossili: ricerca e innovazione hanno quindi un ruolo fondamentale nello sviluppo di tecnologie che consentano di far nascere un'economia dell'idrogeno.

DOI 10.12910/EAI2021-068 / ENEA PER LA SCUOLA SECONDARIA DI SECONDO GRADO

di Francesca Santoni, Giulia Monteleone - Laboratorio Accumulo di energia, batterie e tecnologie per la produzione e l'uso dell'idrogeno

Con il termine “transizione energetica” si intende il passaggio dal vecchio “mondo fossile” al nuovo “mondo rinnovabile”, ovvero il passaggio da un modello di produzione di energia basato sull'utilizzo di fonti fossili come il petrolio, gas naturale e carbone, ad un modello che si basa su fonti energetiche rinnovabili come eolico e fotovoltaico. Tale passaggio è motivato non solo dal fatto che le fonti fossili sono risorse esauribili, ma soprattutto dalla necessità di ridurre l'impatto ambientale e le emissioni di anidride carbonica (CO₂) prodotte dal loro utilizzo. Infatti, l'aumento di questo gas nell'atmosfera è la principale causa del riscaldamento globale, che provoca non solo la fusione dei ghiacciai e l'innalzamento del livello del mare, ma anche la desertificazione e l'aumento di fenomeni tra cui uragani e inondazioni. Al fine di ridurre tali fenomeni e dare il via quindi ad una transizione energetica che abbia tra i principali obiettivi la decarbonizzazione, l'Unione Europea ha messo a punto una serie di step (Figura.1) che puntano a far divenire l'Europa il primo continente a impatto climatico

zero, raggiungendo l'ambizioso obiettivo della *carbon neutrality* entro il 2050.

È in questo scenario che va inquadrato l'interesse crescente verso l'idrogeno, che, secondo l'Agenzia internazionale dell'Energia (IEA), può offrire un contributo importante “per affrontare molte sfide energetiche e raggiungere gli obiettivi previsti per il 2050”, sia integrando le rinnovabili, sia contribuendo a decarbonizzare i cosiddetti hard-to-abate sectors - come l'industria chimica e siderurgica e i trasporti pesanti - per i quali è difficile azzerare le emissioni ricorrendo all'elettrificazione diretta e alle tecnologie attualmente disponibili.

Le caratteristiche e i 'colori' dell'idrogeno

L'idrogeno è il primo elemento della tavola periodica ed è anche il più leggero. Il suo atomo è estremamente semplice essendo formato da un nucleo centrale occupato da una particella carica positivamente chiamata protone, attorno alla quale orbita una particella carica negativamente chiamata elettrone.

Allo stato elementare esiste sotto for-

ma di molecola biatomica, H₂, che a pressione atmosferica ed a temperatura ambiente è un gas incolore, inodore, completamente atossico, altamente infiammabile; ma l'idrogeno, come già detto, è il più leggero tra gli elementi chimici, la sua densità è minore della densità dell'aria, e questo comporta che in caso di fughe, questo gas si propaghi velocemente verso l'alto.

Tra le caratteristiche più interessanti dell'idrogeno c'è l'elevata densità di energia per unità di massa e una scarsa densità energetica volumetrica rispetto agli idrocarburi quali le benzine. Questo vuol dire che l'energia sviluppata da un chilogrammo di idrogeno è maggiore di quella sviluppata da un chilogrammo di benzina, ma che occupa un volume nettamente maggiore richiedendo per il suo deposito serbatoi più grandi.

L'idrogeno è l'elemento più abbondante dell'universo osservabile e ne costituisce circa il 75%. Sulla superficie terrestre è praticamente introvabile nella sua forma molecolare; la ragione della sua scarsa abbondanza nell'atmosfera terrestre è dovuta al fatto che la molecola di idrogeno è molto leggera, non viene trattenuta dalla



forza di gravità terrestre e tende pertanto a sfuggire dall'atmosfera stessa. Per poterla trattenere è necessaria una forza di gravità molto più grande come quella presente nei cosiddetti 'giganti gassosi', quali Giove, Saturno, Urano e Nettuno.

Sulla Terra, quindi, l'idrogeno lo si trova combinato con altri atomi, ad esempio con l'ossigeno nel formare l'acqua, o assieme al carbonio in diversi idrocarburi (il più semplice è il metano CH₄), nonché in piante, animali e in altre forme di vita essendo un costituente essenziale delle molecole organiche.

Per poter essere utilizzato l'idrogeno deve allora essere 'estratto' da molecole più complesse, e quindi 'prodotto' da uno dei composti in cui si trova; questo processo richiede il consumo di energia. Attualmente l'idrogeno viene prodotto per la quasi totalità tramite il *reforming* del gas naturale (il cosiddetto 'Idrogeno grigio'), dalla gasificazione del carbone (detto anche 'Idrogeno nero') e dalla lignite (detto anche 'Idrogeno marrone'); tale produzione è associata ad ingenti emissioni di anidride carbonica.

Al fine di rendere la sua produzione più sostenibile, le strade percorribili sono due: la prima è ottenerlo sempre dal gas

naturale tramite il *reforming*, ma catturando e sequestrando la CO₂ emessa nel processo (detto anche 'Idrogeno blu'), oppure generarlo dalla scissione della molecola d'acqua (H₂O) tramite il processo di elettrolisi con l'utilizzo di energia elettrica rinnovabile ('Idrogeno verde o rinnovabile').

Ruolo e criticità dell'Idrogeno nella transizione energetica

L'idrogeno non è una fonte di energia, ma un 'vettore energetico', sul quale si ripone grande fiducia a livello globale per far fronte alle sfide climatiche, poiché può immagazzinare e fornire grandi quantità di energia senza generare emissioni di CO₂ durante il suo utilizzo.

Per le sue caratteristiche, questa molecola sta assumendo un ruolo chiave nella decarbonizzazione di diversi settori quali l'industria, i trasporti e l'energia elettrica, tutti comparti nei quali la riduzione delle emissioni di carbonio è tanto urgente quanto difficile.

In quanto vettore energetico, l'idrogeno può svolgere un ruolo chiave nel favorire la penetrazione delle stesse fonti rinnovabili non programmabili, quale eolico

e fotovoltaico nel sistema energetico, andando ad agire come bilanciatore di rete. Ciò significa, come mostrato nella Figura 2, che l'eccesso di energia elettrica prodotta nei momenti di picco dalle fonti 'green', può essere utilizzata per produrre idrogeno attraverso il processo di elettrolisi e può, quindi, essere 'immagazzinata' sotto forma d'idrogeno, diventando una riserva di energia da utilizzarsi nei momenti di carenza o di maggior richiesta. L'idrogeno così accumulato può essere utilizzato come combustibile pulito, bruciato per produrre calore, o utilizzato in dispositivi chiamati *fuel cell* (*celle a combustibile*), per generare energia elettrica in modo pulito ed efficiente. Le *fuel cell* possono funzionare anche in modalità *reversibile*, ossia produrre Idrogeno quando l'energia elettrica da rinnovabile è in eccesso, e utilizzare l'Idrogeno per produrre energia elettrica in momenti in cui c'è ne è richiesta, in assenza di rinnovabile (quando mancano il vento o il sole!).

L'idrogeno rappresenta uno dei vettori energetici con maggiore versatilità e flessibilità, il suo utilizzo potrà quindi avere un ruolo importante anche nella produzione di calore privo di CO₂ per la decarboniz-

zazione dell'industria 'energivora' come ad esempio i settori dell'acciaio e del vetro che necessitano di grandi quantità di calore industriale per i processi produttivi.

Avrà un ruolo, inoltre, nel futuro della mobilità sostenibile, in primis nei trasporti pesanti e a lungo raggio come descritto nel Piano Nazionale di Sviluppo - Mobilità Idrogeno Italia elaborato da H2IT - Associazione Italiana Idrogeno e Celle a Combustibile [2]. In particolare, l'idrogeno può essere fondamentale nel trasporto su strada, riducendo le emissioni di CO₂ e garantendo al tempo stesso migliore qualità dell'aria in ambiente urbano. Anche nel settore ferroviario, locomotori con powertrain a celle a combustibile sono già concorrenziali agli attuali a trazione diesel, in termini di prestazione e garanzia del servizio.

La nascita di una economia dell'idrogeno in Europa è oggi rallentata da ostacoli di natura non solo tecnologica, che vanno dai costi elevati alla mancanza di una dotazione infrastrutturale, all'assenza di un quadro normativo/regolatorio/autorizzativo favorevole e di una campagna di investimenti atta a finanziare la ricerca e innovazione incentrata su tecnologie d'avanguardia e nuove soluzioni per il mercato.

L'ENEA e l'idrogeno

L'ENEA è impegnata nella ricerca e sviluppo e nel miglioramento delle tecnologie appartenenti all'intera catena del valore dell'idrogeno, dalla produzione agli usi finali. Grande attenzione viene posta ai sistemi per la produzione dell'idrogeno verde: nell'ambito di un programma di ricerca finanziato dal MiSE (Ricerca di Sistema Elettrico), ENEA sta studiando, su scala di laboratorio, diversi processi innovativi basati sulla produzione di idrogeno tramite elettrolisi dell'acqua sia a bassa che ad alta temperatura, cicli termochimici, processi biologici e il *reforming* del biogas.

A livello europeo, sul tema delle tecnologie dell'idrogeno, ENEA è coinvolta in numerosi progetti H2020 cofinanziati principalmente dalla Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU). Molti di questi hanno riguardato lo sviluppo e la validazione di celle a combustibile ad alta temperatura, altri progetti hanno incluso il tema dell'elettrolisi ad alta temperatura e altri ancora hanno studiato il funzionamento delle celle a combustibile con biogas e syngas.

Su scala pilota due progetti europei coordinati da ENEA, riguardano lo sviluppo

di sistemi innovativi di produzione di idrogeno, basati sul reforming solare e sull'elettrolisi di ossidi solidi (SOE) assistita da energia solare. Ed ancora ENEA è coinvolta in progetti per l'uso dell'idrogeno nel settore marittimo e portuale.

Tra i vari progetti quello che rappresenta la più importante sfida dei prossimi anni, è la realizzazione presso il Centro Ricerche ENEA della Casaccia della prima **"Hydrogen Valley" italiana. L'idea di base è creare incubatore tecnologico che curi tutta la nascente filiera dell'idrogeno: dalla produzione alla distribuzione, dall'accumulo all'utilizzo, e che faccia "dialogare" tra loro università, istituti di ricerca, associazioni e imprese.**

All'interno Hydrogen Valley italiana si testerà l'impiego di idrogeno puro e in miscela con gas naturale, mettendo a punto miscele idrogeno-metano da immettere nella rete interna di distribuzione del gas. Sarà realizzato un **"idrogenodotto" locale** dedicato da utilizzare in modo capillare, a seconda della domanda delle utenze. Sarà realizzata una stazione di rifornimento per veicoli a fuel cell in uso all'interno dello stesso Centro. **Nascerà dunque una Cittadella dell'Idrogeno.**

Per info: marialudovica.bitonti@enea.it

I percorsi formativi ENEA sul tema dell'idrogeno

Sul fronte della tematica idrogeno l'ENEA si impegna anche in programmi per la divulgazione del proprio know-how attraverso diversi canali dedicati non solo ad un pubblico tecnico/scientifico ma anche nei percorsi di formazione per ragazzi. **In particolare, è stato attivato un PCTO (Percorsi per le Competenze Trasversali e l'Orientamento), specificamente dedicato a "Idrogeno, vettore energetico per la decarbonizzazione",** rivolto alle scuole secondarie di secondo grado. Il ciclo di incontri e lezioni viene realizzato in modalità virtuale, o con attività presso i laboratori del Centro della Casaccia. La proposta prevede un 'approccio' graduale di conoscenza, che parte dagli insegnamenti di base sull'elemento idrogeno e sulle tecnologie ad esso associate fino a mettere i ragazzi nella condizione di sviluppare autonomamente un proprio progetto sull'idrogeno.

BIBLIOGRAFIA

1. Net Zero by 2050- A Roadmap for the Global Energy Sector- IEA- May 2021 - https://iea.blob.core.windows.net/assets/20959e2e-7ab8-4f2a-b1c6-4e63387f03a1/NetZeroby2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf
2. Mobilità ad idrogeno-Piano Nazionale di Sviluppo-H2IT- Novembre 2019 - https://www.h2it.it/wp-content/uploads/2019/12/Piano-Nazionale_Mobilita-Idrogeno_integrale_2019_FINALE.pdf