



Il Giornale dell'  
**Ingegnere**

ENERGIA



# Affrontare i rischi dell'idrogeno nella transizione energetica

Far fronte alle sfide tecniche e normative è essenziale per costruire un ecosistema dell'idrogeno sicuro e la collaborazione interdisciplinare sarà fondamentale per navigare verso la transizione



DI PAOLO MOCCELLIN\*

Nel contesto attuale, caratterizzato da una spinta globale verso la decarbonizzazione e l'adozione di fonti energetiche rinnovabili, l'idrogeno emerge come un vettore energetico fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi climatici internazionali. La sua capacità di fornire energia pulita e di contribuire significativamente alla riduzione delle emissioni di gas serra lo colloca al centro delle strategie energetiche future. Tuttavia, l'uso dell'idrogeno solleva questioni complesse legate alla sicurezza e alla regolamentazione, richiamando l'attenzione degli ingegneri, dei policy maker e dei professionisti del settore sull'importanza di stabilire normative chiare e rigorose.

La sicurezza nell'uso dell'idrogeno, data la sua elevata reattività e potenzialità energetica, richiede un approccio olistico che contempli la produzione, lo stoccaggio, il trasporto e l'utilizzo finale. Le norme esistenti e quelle in via di definizione mirano a minimizzare i rischi associati a queste fasi, garantendo al contempo che l'adozione dell'idrogeno come fonte

energetica sia accessibile, scalabile e sostenibile.

## RISCHI DELL'IDROGENO: COSA C'È DA SAPERE

L'idrogeno, pur essendo un pilastro fondamentale nella transizione verso un sistema energetico sostenibile, presenta specifici pericoli e rischi legati alla sua sicurezza che necessitano di attenzione particolare e dunque di appropriate soluzioni tecniche, anche avanzate. Ciò si riflette anche sulla componentistica delle infrastrutture dedicate ovvero sugli elementi costitutivi ricorrenti. Tra questi vi sono le apparecchiature di produzione in sito dell'idrogeno, le tubazioni, i locali compressori, le unità di stoccaggio, gli apparecchi di erogazione dell'idrogeno e i box di rifornimento. Se n'è parlato in un recente convegno dal titolo "Prevenzione e gestione del rischio nella produzione e distribuzione di idrogeno" organizzato in collaborazione con il CNI e Fondazione CNI. Nella discussione, è stata posta l'attenzione sui seguenti rischi specifici dell'idrogeno per la sicurezza: infiammabilità. L'idrogeno ha un ampio range di infiammabilità in aria (4-75 % in volume). Ciò lo rende facilmente infiammabile e la maggior

parte delle miscele di idrogeno e aria brucerà o addirittura esploderà in certe condizioni. A confronto, il gas naturale (principalmente metano) ha un intervallo di infiammabilità molto più stretto. **Fiamma e potere radiante.** L'idrogeno brucia in aria con una fiamma molto calda ma poco visibile alla luce del giorno poiché emette principalmente nello spettro ultravioletto. Dunque, può essere difficile rilevare tempestivamente rilasci di gas ed eventuali incendi.

**Energia di accensione.** L'energia minima richiesta per accendere una miscela idrogeno-aria è estremamente bassa (dell'ordine di 0,01-0,02 mJ). Questo valore è significativamente inferiore rispetto a qualsiasi altro gas comune (es. metano e propano). Inoltre, una perdita ad alta pressione potrebbe accendersi spontaneamente. **Densità e diffusività.** L'idrogeno ha una densità molto bassa ed è circa 14 volte meno denso dell'aria in condizioni standard e vi diffonde molto velocemente. Richiede pertanto volumi consistenti di stoccaggio e tubazioni speciali per il trasporto.

**Infragilimento dei metalli.** L'idrogeno riesce a penetrare in molti metalli e leghe riducendone la resistenza meccanica e determinando rotture,

anche precoci. Questo meccanismo dipende dallo stato di aggregazione dell'idrogeno e dalle condizioni operative. **Perdite.** L'idrogeno può fuoriuscire da tubazioni e altre strutture più facilmente rispetto ad altri gas.

Pertanto, navigando tra le sfide poste dalle sue proprietà pericolose, l'idrogeno si rivela non solo un alleato potente per la transizione energetica, ma anche un promemoria della nostra responsabilità ingegneristica di armonizzare innovazione e sicurezza. Un quadro normativo in continua evoluzione

L'evoluzione della normativa sull'idrogeno, la transizione energetica e la sicurezza rappresentano un intreccio complesso di sfide ed opportunità. Tuttavia, per realizzare questo potenziale, è fondamentale un quadro normativo che evolva in modo da bilanciare l'innovazione con la sicurezza. Di recente, infatti, sono stati introdotti importanti atti normativi per regolamentare l'utilizzo dell'idrogeno, in particolare nel settore dei trasporti e della produzione di energia. Il D.M. del 23 ottobre 2018 ha segnato un passo significativo, introducendo regole tecniche specifiche per la prevenzione incendi negli impianti di distribuzione di idrogeno per autotrazione e stabilendo criteri di sicurezza per le stazioni di rifornimento. Successivamente, il D.M. del 7 luglio 2023 ha introdotto ulteriori dettagli normativi, focalizzandosi sulla progettazione, realizzazione ed esercizio di impianti di produzione di idrogeno mediante elettrolisi. Questo include specifiche su materiali, distanze di sicurezza, pressioni operative e altri aspetti tecnici cruciali per minimizzare i rischi di incidenti. Un elemento chiave è la possibilità di usare l'approccio ingegneristico (*Fire Safety Engineering*, FSE) alla sicurezza antincendio, che permette l'individuazione di distanze di protezione e di sicurezza differenti da quelle fissate dai decreti sulla base di una dettagliata analisi di rischio. Il tema delle distanze di separazione è sicuramente delicato perché strettamente connesso a quello dello spazio cumulat-

vo e degli interventi edilizi necessari per la realizzazione degli impianti. A riguardo è da rilevare che le regole tecniche italiane sono significativamente più restrittive ovvero caute se comparate all'approccio di altri paesi europei.

Per la prevenzione e mitigazione dei rischi legati all'idrogeno, esistono anche molteplici norme tecniche internazionali e linee guida. Queste richiedono l'adozione di sistemi avanzati di rilevamento precoce delle perdite, strategie di ventilazione per prevenire l'accumulo di idrogeno, materiali resistenti all'infragilimento e appropriati piani di gestione della sicurezza e di risposta agli incidenti.

Tra queste:

- PD ISO/TR 15916 (linee guida per la sicurezza dei sistemi ad idrogeno);
- ISO 22734 (sicurezza degli elettrolizzatori);
- ISO 16110-1 (generatori di idrogeno che utilizzano tecnologie di trattamento del combustibile);
- ISO 11114, 11119, 9809 (idrogeno compresso);
- ISO 20421, 21009, 21010, 21013, 21028, 21029 (idrogeno liquefatto);
- ISO 19880-1/3/5 (stazioni di rifornimento);
- ISO 17268, SAE J2601/J2799 (interfaccia stazioni di rifornimento-veicolo).

## ALCUNE RIFLESSIONI CON UNO SGUARDO AL FUTURO

L'introduzione dell'idrogeno nel contesto della transizione energetica rappresenta una componente cruciale, ma l'integrazione in contesti emergenti si accompagna a notevoli sfide. Per il professionista impegnato nel campo dell'idrogeno, la comprensione delle sue uniche proprietà fisiche e chimiche è vitale. Infatti, lavorare con l'idrogeno richiede una rigorosa attenzione alla sicurezza e l'adozione di appropriate soluzioni tecniche e gestionali in ottica *safety by design*. È imperativo anche che l'aggiornamento e l'evoluzione del contesto normativo siano basati su solidi dati scientifici ed esperienze pratiche che sono gradualmente accessibili. A ciò deve accompagnarsi una rilevante azione di armonizzazione (ad oggi ancora limitata) che favorisca lo scambio di migliori pratiche e protocolli di sicurezza. Infine, la sensibilizzazione e la formazione di tutti i portatori di interesse è imprescindibile per costruire una cultura della sicurezza che accompagni l'evoluzione del settore senza compromettere la sicurezza delle persone e delle infrastrutture. In altre parole, la collaborazione interdisciplinare tra categorie professionali, industria, autorità regolatorie, istituti di ricerca e le società sarà fondamentale per navigare con successo questa transizione.

\*COMPONENTE GOL SICUREZZA CNI

## Un po' di storia

L'idrogeno, identificato per la prima volta da Henry Cavendish nel XVIII secolo, ha avuto un impatto significativo sull'evoluzione tecnologica e industriale. Originariamente usato in esperimenti scientifici e per il volo in mongolfiera, la sua produzione industriale crebbe nel XIX secolo, trovando impiego principale nell'industria chimica, in particolare nella sintesi dell'ammoniaca con il processo Haber-Bosch. Nonostante l'incidente del dirigibile Hindenburg nel 1937 abbia evidenziato i pericoli legati alla sua infiammabilità e suscettibilità all'accensione, limitando l'uso in alcuni ambiti, la crisi energetica del XX secolo ha riaperto l'interesse per l'idrogeno come alternativa energetica, portando a ricerche su celle a combustibile e il suo uso in motori a combustione. Nel XXI secolo, l'esigenza di combattere il cambiamento climatico e decarbonizzare ha rinnovato l'interesse per l'idrogeno verde, ottenuto mediante elettrolisi da fonti rinnovabili, promuovendo lo sviluppo di tecnologie per il trasporto e la ricerca su stoccaggio e distribuzione su larga scala. L'idrogeno rappresenta una sfida ingegneristica per la produzione efficiente, la sicurezza, e l'integrazione nei sistemi energetici, posizionandosi come elemento chiave per un futuro energetico sostenibile.