

L'«indipendenza» energetica dell'Italia

L'idrogeno da risorse rinnovabili, è la chiave per il rilancio economico e industriale del nostro paese. Zero inquinamento e zero consumo di risorse: il sogno diventa realtà

Fabio Orecchini



Una operazione che in un futuro (prossimo) diverrà quotidiana: nella foto l'HydroGen3 della GM si rifornisce di idrogeno. [cortesia GM]

Non c'è dubbio: la realizzazione di cicli eco-energetici chiusi è la vera sfida per l'energia di domani. Riuscire ad avere energia senza «consumare» risorse e senza «produrre» rifiuti, ma utilizzando il ciclo naturale di elementi rigenerabili è la prospettiva che evidenzia con forza straordinaria tutto l'interesse dell'opportunità di adozione diffusa dell'idrogeno come nuovo vettore energetico.

A determinate condizioni, l'idrogeno e l'elettricità, applicati su larga scala, potrebbero infatti alimentare praticamente tutti gli usi energetici finali di cui l'attività umana ha bisogno. L'elettricità è ormai una soluzione indiscussa e la sua diffusione cresce inesorabilmente. L'idrogeno è il miglior combustibile che si conosca, con il più alto contenuto energetico specifico (la sua combustione rende, a parità di peso, oltre tre volte il calore sviluppato dal petrolio, il PCI del-

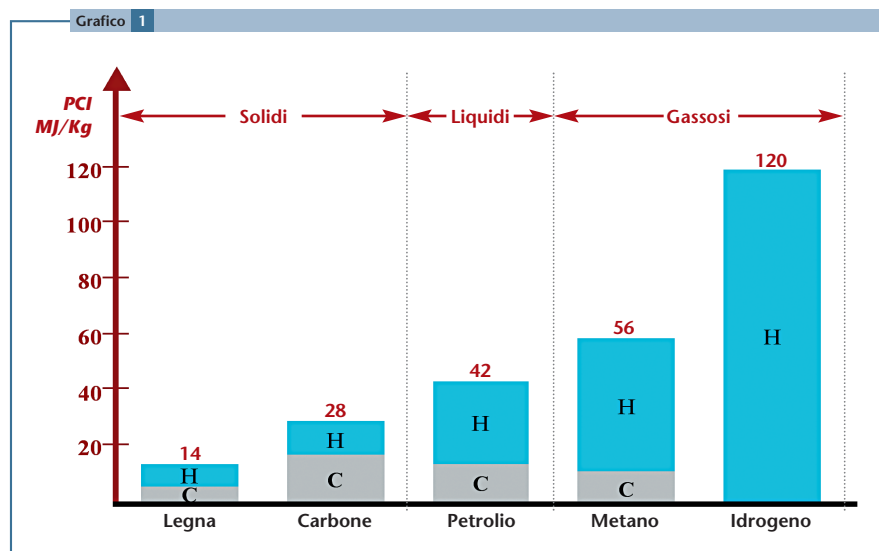
l'idrogeno è intorno ai 120 MJ/kg mentre quello del petrolio è circa 42 MJ/kg) ed il più «pulito» (il calore sviluppato



Vista virtuale della Multi Fuel Station della Shell realizzata in Islanda

dalla reazione di ossidazione è accompagnato solo dalla formazione di vapore d'acqua e, nel caso lo si bruci in atmosfera, di piccole quantità di ossidi di azoto). Essendo l'elemento più diffuso in natura, l'idrogeno permette una produzione diversificata e decentrata, garantendo la sicurezza dell'approvvigionamento ed è il combustibile d'elezione per le celle a combustibile (ha la più semplice reazione di ossidoriduzione). La transizione verso l'idrogeno conferma la tendenza «storica» verso combustibili a PCI crescente (grafico 1), a più alto contenuto d'idrogeno e in stati di aggregazione più efficienti per l'utilizzo (da solidi a liquidi e poi a gas).

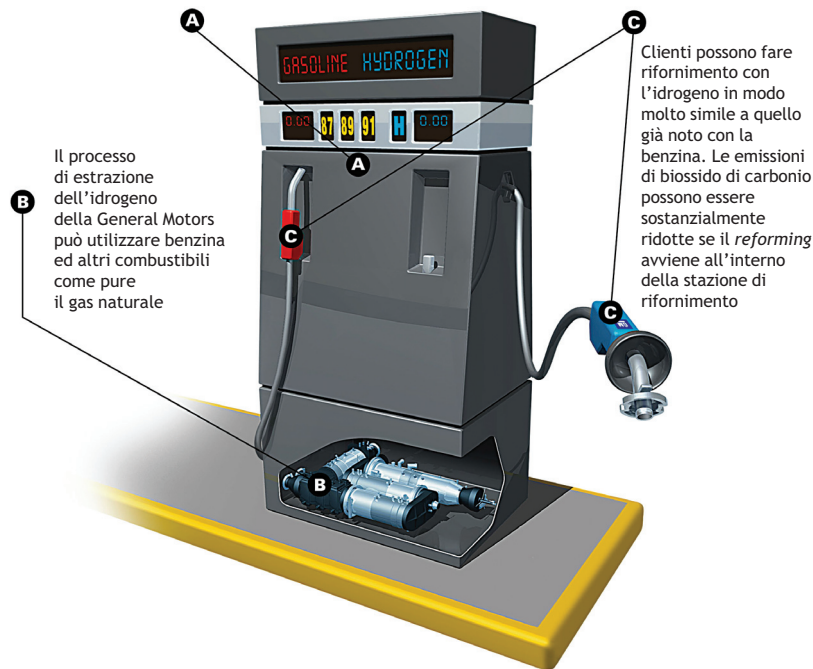
Infine, l'idrogeno, in questo superiore anche all'elettricità, è in grado di rispondere ad una più vasta gamma di usi energetici finali, compresa la propulsione aeronautica e spaziale (nella propulsione spaziale «gravitazionale» l'idrogeno è certamente tra le soluzioni più efficaci; nella micropropulsione extragravitazionale si possono trovare alternative altrettanto valide (elettromagnetica a



Confronto tra il PCI e il contenuto di idrogeno dei principali combustibili

Il Reforming dagli idrocarburi apre una nuova strada all'idrogeno

Nella futura economia legata all'idrogeno, le compagnie petrolifere potranno utilizzare il *reforming* per vendere, guadagnando, idrogeno ed elettricità a società coinvolte nello stesso campo, a clienti residenziali, a clienti di *fuel cell* ed a clienti di flotte di automezzi



B Il processo di estrazione dell'idrogeno della General Motors può utilizzare benzina ed altri combustibili come pure il gas naturale

C Clienti possono fare rifornimento con l'idrogeno in modo molto simile a quello già noto con la benzina. Le emissioni di biossido di carbonio possono essere sostanzialmente ridotte se il *reforming* avviene all'interno della stazione di rifornimento

Stazione di *reforming* e rifornimento dell'idrogeno. [cortesia GM]

plasma ed elettrostatica), potendo assicurare anche l'accumulo di energia. I processi che consentono la produzione di idrogeno, che consiste nella rottura del legame con l'ossigeno (nell'acqua) o con il carbonio (negli idrocarburi e nelle biomasse), sono di tre tipi:

- **termochimici**, che utilizzano energia termica;
- **elettrochimici**, che utilizzano energia elettrica;
- **biochimici**, che consentono di produrre idrogeno grazie all'azione diretta di vari organismi (alghe, microrganismi, batteri, ecc.) in sostanze organiche.

Mentre i processi biochimici sono ancora in fase di ricerca, per i primi due il calore e l'elettricità necessari alla produzione d'idrogeno oggi sono forniti quasi esclusivamente dai combustibili fossili, che coprono più del 97% dell'attuale produzione mondiale di idrogeno; gli oltre 40 milioni di tonnellate di idrogeno prodotti ogni anno sono impiegati prevalentemente per usi industriali. Non è, però, questa la strada migliore: in prospettiva, si dovrà ricorrere alle fonti energetiche rinnovabili. Le relative tecnologie e gli impianti dovranno cer-

tamente essere perfezionati, ulteriormente sperimentati e «dimostrati» su larga scala, per arrivare ad una competitività commerciale; ma la strada più promettente da intraprendere appare senz'altro questa.

La produzione massiccia di idrogeno da risorse rinnovabili, ovunque le condizioni lo permettano, ha una valenza strategica e di lungo periodo. Sperimentare subito, applicare e migliorare le tecnologie relative alla filiera dell'«idrogeno pulito» è giustificato da queste considerazioni:

- i cicli eco-energeticamente chiusi sono la soluzione obbligata a medio termine (al contrario dei cicli aperti che consumano scorte per definizione limitate e concentrate geograficamente e generano rifiuti sempre meno gestibili, non sono soggetti a problemi geopolitici, ambientali e di limitazione delle risorse);
- producendo idrogeno, ovvero trasferendo al vettore idrogeno prodotto parte del contenuto energetico delle risorse rinnovabili, si superano quasi completamente i limiti intrinseci di queste, quali la bassa densità energetica, l'aleatorietà, la discontinuità;

- i costi di installazione e produzione appaiono maggiori rispetto ai combustibili fossili perché non si tiene conto dei costi «occulti», ossia dei maggiori costi complessivi che i fossili comportano per il loro elevato impatto ambientale e per altre sfavorevoli caratteristiche; e comunque essi sono destinati a diminuire con la diffusione massiccia delle nuove tecnologie, già ora competitive in alcuni settori;
- lo sviluppo delle rinnovabili, per loro natura a bassa densità e diffuse, favorisce un miglior presidio del territorio ed origina nuove opportunità occupazionali (per esempio, la conversione del bosco ceduo in alto fusto porta stabilità idrogeologica, minore esposizione agli incendi, maggiore assorbimento di CO₂ ed aumento della manodopera);
- si avrebbe una migliore interrelazione tra vettori energetici; l'elettricità e l'idrogeno possono essere trasformati l'uno nell'altro sempre con rendimenti accettabili.

Risultati della ricerca CIRPS-Università di Roma «La Sapienza» sulla possibile produzione di idrogeno da rinnovabili in Italia

L'analisi delle risorse rinnovabili per la produzione di idrogeno e di elettricità svolta dal CIRPS conduce ad alcune considerazioni generali per il caso dell'Italia.

- **Geotermico**. Per questa tecnologia non appare plausibile, in Italia, una produzione dedicata di idrogeno tramite elettrolisi, in quanto tali impianti sono particolarmente adatti alla produzione di «base» per la rete elettrica; inoltre lo sfruttamento della risorsa è ormai prossimo al potenziale, quindi l'energia elettrica eventualmente destinata alla produzione di idrogeno andrebbe a detrimento della quota di energia elettrica da rinnovabili immessa nella rete.

- **Grande idroelettrico**. Ci sono due tipi di impianti:

a) *a bacino*: svolgono un'importante funzione di volano per la rete elettrica, attraverso il pompaggio nelle ore notturne, di minore carico, quindi non vengono considerate in prima analisi per la produzione di idrogeno da elettrolisi;

b) *ad acqua fluente*: per tali impianti, l'u-

so di una parte dell'energia elettrica generata durante i picchi di produzione per l'elettrolisi dell'idrogeno può regolarizzare l'immissione di energia elettrica in rete e rappresentare un'ottima soluzione in caso di eventuale *surplus*.

In sintesi, la produzione di idrogeno da energia idroelettrica di *surplus* è già conveniente da un punto di vista energetico se non si ha disponibilità di sistemi di pompaggio.

- **Mini-idroelettrico.** Può essere conveniente l'utilizzo dell'energia elettrica usata per la produzione di idrogeno da elettrolisi in diverse circostanze, quali le ore di *surplus* e in caso di impianti fuori rete.

- **Eolico e fotovoltaico.** Una volta che queste due fonti destinate alla produzione di elettricità abbiano raggiunto una maggiore diffusione o in applicazioni particolari, la produzione di idrogeno tramite elettrolisi può portare al superamento di un ruolo altrimenti limitato di queste tecnologie. Non si considera la produzione di idrogeno da impianti fotovoltaici integrati negli edifici (anche se in un futuro, forse prossimo, ove i costi ed i rendimenti del fotovoltaico diventino migliori, potrebbe essere conveniente l'installazione di una potenza elettrica maggiore del fabbisogno e, quindi, una conseguente produzione d'idrogeno in loco che servirebbe anche per stabilizzare il maggiore contributo di fonti aleatorie immesse in rete).

- **Biomasse e solare termico a concentrazione.** La fonte solare e le biomasse hanno enormi potenzialità per la produzione di idrogeno attraverso processi bio/termochimici.

La produzione di idrogeno

a) per elettrolisi

Tenendo conto di quanto sopra richiamato, si ipotizza di usare per la produzione di idrogeno da elettrolisi soprattutto l'energia elettrica prodotta da eolico, minidraulico e fotovoltaico (per quest'ultimo la percentuale di energia elettrica utilizzabile è la più bassa, in quanto appare la tecnologia più adatta per la fornitura locale di elettricità; tra quelle esaminate, il fotovoltaico è la tecnologia che meglio si presta a soluzioni

integrate negli edifici. In questo caso, trattandosi di impianti di piccola taglia per la produzione in loco di energia e collegati alla rete, si è escluso di usare l'energia elettrica per produrre idrogeno). L'energia elettrica prodotta con impianti idroelettrici di grossa taglia va invece usata quasi esclusivamente per l'alimentazione della rete (5% per la produzione di idrogeno) mentre quella prodotta da impianti geotermici non viene usata affatto per l'elettrolisi.

Con tali ipotesi, la quota di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili non utilizzata per la produzione di idrogeno e messa in rete sarebbe pari al 40% dei consumi nazionali di energia elettrica del 2000 (circa 297 TWh netti), ben al di sopra degli obiettivi per l'Italia previsti dal Libro Bianco per l'Energia (25% della produzione nel 2010).

Il contributo di energia elettrica prodotta da fonti aleatorie o discontinue (vento, sole, ecc.) è stimato pari a circa il 10%, in accordo con le stime che indicano come un contributo superiore al 30% in termini di potenza installata non possa essere accettato.



Esempio di cella a combustibile fissa ad uso residenziale. [cortesia GM]

b) da biomasse

Per quanto riguarda le biomasse, è stata valutata una disponibilità annua, in Italia, di circa 40 Mt da destinare alla conversione termochimica e 20 Mt adatte alla conversione biochimica.

Considerando che gli impianti che sfruttano le tecnologie più indicate sono ancora allo stadio dimostrativo, si prevede di poter conseguire significativi aumenti dell'affidabilità (numero di ore annue equivalenti di funzionamento) e dei rendimenti (attraverso un miglioramento del processo e dell'impiantistica). Traducendo tutto ciò in un aumento del rendimento globale, rispettivamente, dell'ordine del 40-50% e 15-25%, per i due processi, si stima un potenziale tecnico obiettivo di 3,1 Mt per il BIGC (Biomass Integrated Gasification Cycle) e di 0,45 Mt per gli impianti di produzione di biogas da digestore anaerobico con *reforming*.

c) da impianti solari a concentrazione

Attraverso processi di termolisi che sfruttano energia solare, risultano potenzialmente producibili 2,9 Mt/anno di idrogeno, naturalmente considerati soltanto nel caso di potenziale obiettivo e tali da giustificare con la loro cospicuità investimenti ingenti per il conseguimento. Tale stima è basata sulle seguenti ipotesi:

- 1) occupazione del suolo pari a 2.000 km²; 1 m² di superficie captante per 10 m² di suolo occupato complessivamente dall'impianto;
- 2) rendimento complessivo per la produzione di idrogeno pari al 35% (rendimento globale dei cicli chimici pari al 53%; rendimento globale di captazione dell'energia solare del 66%).

Potenzialità della produzione di idrogeno da rinnovabili

Sulla base di quanto esposto, il potenziale annuo globale di produzione di idrogeno da fonti rinnovabili è stimabile in circa 3.500.000 t, che possono diventare oltre 7.000.000 t se si considera un livello tecnologico e di rendimento obiettivo per il sistema di elettrolisi e per i processi bio/termochimici. La *tabella 1* riassume i potenziali per fonte e tecnologia.



Finanziato dalla UE con 21 milioni di euro, è stato avviato un programma sperimentale - all'interno dei progetti CUTE (Clean Urban Transport for Europe) ed ECTOS (Ecological City Transport System) - per effettuare un primo test commerciale per grandi flotte a livello mondiale di autobus a celle a combustibile. Lo scopo è di valutare sia il funzionamento del veicolo che le infrastrutture necessarie e verificare l'atteggiamento dell'opinione pubblica nei confronti di questa tecnologia a basso impatto ambientale. Mercedes-Benz ha quindi consegnato, in prova per due anni, 30 bus urbani Citaro a dieci città europee per la sperimentazione. [cortesia Mercedes-Benz]

Possibile uso dell'idrogeno nel settore degli autotrasporti

Volendo meglio comprendere la consistenza «pratica» del potenziale idrogeno italiano raggiungibile con livelli di rendimento obiettivo, tale potenziale può essere messo in relazione con il possibile futuro mercato europeo di idrogeno nel settore degli autotrasporti, valutando i seguenti scenari:

- Scenario A: 20% dei veicoli europei sostituiti da veicoli a idrogeno.
- Scenario B: 50%.
- Scenario C: 100%.

Attraverso una analisi qualitativa, basata su criteri analoghi a quelli impiegati, si è giunti alle seguenti conclusioni:

- nello Scenario A, l'Italia può fornire il 93% del mercato europeo con la propria produzione di idrogeno da rinnovabili (coprendo il 100% del mercato italiano);

- nello Scenario B, l'Italia può alimentare il 40% del mercato europeo con la propria produzione di idrogeno da rinnovabili (ancora coprendo il 100% del mercato italiano);
- nello Scenario C, l'Italia può coprire il 20% del mercato europeo ed il 100% del mercato italiano.

Conclusioni

Considerate le enormi potenzialità individuate, la produzione di idrogeno da rinnovabili può rappresentare per l'Italia un'opportunità unica per intraprendere con decisione la via di uno sviluppo sostenibile ed affrancarsi dal problema della dipendenza energetica. La messa a punto di nuove modalità di fornitura dell'energia a qualsiasi tipologia di utente costituisce la più grande opportunità per dar vita ad un sistema sostenibile da un punto di

vista ambientale. In questo senso, la strategia basata sull'idrogeno appare vincente a medio termine: dapprima per ragioni ambientali, poi anche per quelle tecnologiche, economiche e sociopolitiche. Il futuro mercato dell'idrogeno è legato in larga parte a tecnologie ormai «dimostrate», praticamente mature, ma che richiedono un completamento dell'attività di sviluppo e l'avvio della fase di industrializzazione per l'intero nuovo comparto da costruire. Al fine di creare i presupposti per la diffusione dell'uso dell'idrogeno e, quindi, per un effettivo cambiamento del sistema energetico, è necessario perseguire i seguenti obiettivi:

- attuazione di appropriate politiche di indirizzo, da concordarsi alla più ampia scala internazionale ed in base ad accordi, anche di tipo «volontario», tra imprenditoria pubblica e privata, amministratori e con il consenso della società civile;
- miglioramento dell'efficienza delle tecnologie;
- sviluppo di standard appropriati e di opportune misure legislative e normative.

Per restare al nostro paese, appare evidente la necessità di un immenso sforzo di risorse umane e di capitali da dedicare alla nascita dell'economia dell'idrogeno (produzione, stoccaggio, infrastrutture, usi finali richiederebbero investimenti dell'ordine di grandezza delle centinaia di miliardi di euro in dieci, quindici anni).

D'altra parte, a prescindere dai recuperi finanziari che si possono ragionevolmente prevedere, la possibilità di ottenere gran parte del combustibile partendo da fonti rinnovabili (e quindi locali), porterebbe grandi vantaggi politici e strategici ed un enorme beneficio per la bilancia dei pagamenti, oggi gravata dal costo di importazione di quasi tutta l'energia di cui il Paese necessita. Lo scenario di un'energia «made in Italy», grazie alla produzione di idrogeno ed elettricità da fonti rinnovabili, è talmente interessante da poter essere indicato come il più affascinante elemento strategico per il rilancio dello sviluppo economico ed industriale nel nostro paese.

Fabio Orecchini

Responsabile Gruppo di Ricerca Energia Ambiente - CIRPS (Centro Interuniversitario di Ricerca per lo Sviluppo Sostenibile) - Università «La Sapienza» (Roma)

Potenziali di produzione di idrogeno da rinnovabili per fonte o tecnologia

FONTE/TECNOLOGIA	POTENZIALE TECNICO (t/anno)	POTENZIALE OBIETTIVO (t/anno)	POSSIBILE INCREMENTO
Biomassa	2.813.000	3.100.000	10%
Solare FV	157.500	360.000	129%
Solare a concentrazione	0	2.920.860	-
Eolica	252.340	422.400	67%
Geotermica	0	0	0%
Elettrolitico >10 M W	28.840	38.400	33%
Elettrolitico <10 M W	155.610	228.200	47%
TO TALE	3.407.290	7.069.860	107%

Tabella 1