

Idrogeno: l'economia del futuro?

Stefano Pisani

I sistemi per la produzione di idrogeno si stanno affinando per diventare sempre più efficienti e meno inquinanti; investimenti e passi avanti sono stati fatti, ma la strada verso una "economia dell'idrogeno" è ancora lunga

“Il passaggio all'idrogeno sarà la terza grande rivoluzione industriale dell'epoca moderna”. Questa era la tesi sostenuta già nel 2008 da Jeremy Rifkin, profeta della rivoluzione industriale verde, alla presentazione del suo saggio *L'economia all'idrogeno*. Secondo il grande economista americano, dopo quello del vapore e del petrolio si avvicina dunque il turno dell'idrogeno, perché le riserve di combustibili fossili - devastanti per il clima - si stanno esaurendo; il 2050 potrebbe essere “l'anno della completa rivoluzione e del passaggio definitivo all'idrogeno”. Il premio Nobel per la fisica Carlo Rubbia indica tre motivi per cui è conveniente passare all'idrogeno. Il primo è la riduzione dell'inquinamento. Sostiene Rubbia: “È inutile proseguire con la politica dei piccoli passi: chiusura dei centri storici, domeniche a piedi, marmitte più pulite. L'obiettivo deve essere un'auto ad emissioni zero. E questo è possibile solo con l'idrogeno”. Il secondo motivo è la sicurezza delle fonti di energia: “Il petrolio c'è, ma non è inesauribile. E soprattutto è in mano a determinati paesi. Con tutto quello che significa in termini di variabilità del prezzo”. Il terzo motivo è la competitività del sistema industriale: “Il primo produttore che riuscirà a vendere un'auto all'idrogeno a prezzi ragionevoli invaderà il mercato. Gli altri rischiano di essere spazzati via”.

Alcuni esperti ritengono che, dal punto di vista della convenienza globale, le celle a combustibile che utilizzano idrogeno come carburante siano l'equivalente futuro del motore a combustione interna del XX secolo o di quello a vapore del XIX secolo. L'idrogeno è l'elemento più abbondante nell'universo, possiede anche un'eccellente densità energetica e, in rapporto al peso, è più efficiente rispetto al metano o ai tipici carburanti per il motore a combustione interna (cosa che, ad esempio, ne consiglia l'impiego in razzi come lo *space shuttle*). In teoria, inoltre, l'unica emissione delle celle a idrogeno è acqua pura e le celle a idrogeno sono più efficienti rispetto al motore diesel.

Attualmente, la domanda mondiale di energia è in costante aumento e la combinazione di idrogeno ed elettricità potrebbe avvicinarci a un futuro a “zero emissioni” basato sull'energia sostenibile. Ma l'idrogeno non esiste in natura e, quindi, bisogna produrlo. Ad esempio si può estrarre dal gas naturale o dal carbone, ma con questo metodo si rilasciano discrete quantità di anidride carbonica; oppure si può ottenere tramite elettrolisi dell'acqua, un sistema meno inquinante, ma ancora poco utilizzato: nel 2006 solo il 4% della produzione di idrogeno proveniva da elettrolisi dell'acqua.

LA PRODUZIONE

Sono passati più di quarant'anni dall'introduzione del concetto di “Economia dell'idrogeno”, lanciato nel 1970 dal chimico John Bockris durante un intervento alla *General Motors (GM) Technical Center*, e la produzione di idrogeno è in continua crescita. Nel 2004 la produzione mondiale è stata di 50 milioni di tonnellate, con una stima di crescita del 10% all'anno. Nel 2005, il valore economico di tutto l'idrogeno prodotto nel mondo è stato valutato intorno a 135 miliardi di dollari all'anno.

I sistemi di produzione dell'idrogeno sono legati storicamente al suo impiego negli impianti petrolchimici, nei quali viene prodotto mediante l'utilizzo di vapore acqueo per la separazione dei gas di sintesi (*syngas*, ovvero gas di origine idrocarburica desolforati). I metodi industriali noti e applicati sono:

- *steam reforming*, in cui viene utilizzato il metano (oppure un gas di sintesi) che reagisce con il vapore acqueo in un convertitore catalitico (generalmente di nichel) alla temperatura di 900 °C circa;
- ossidazione parziale, che permette di ottenere idrogeno da idrocarburi pesanti come la nafta: un sistema poco efficiente, che inoltre richiede l'utilizzo di ossigeno puro per la creazione del *syngas*;
- pirolisi e gassificazione negli impianti a



carbone che utilizzano questa tecnologia nei quali le alte temperature trasformano parte del carbone in un gas ricco di idrogeno;

- idrolisi – o elettrolisi chimica dell’acqua –, ovvero la scissione della stessa nei suoi due elementi costitutivi mediante il passaggio di corrente tra due elettrodi di segno opposto.

Secondo i dati del *Department of Energy*¹ americano, i 9 milioni di tonnellate di idrogeno gassoso prodotto ogni anno negli Stati Uniti provengono per il 95% dal *reforming* di metano con vapore acqueo, una tecnica che ha un’efficienza energetica dell’80%, ma che produce 9 kg di anidride carbonica per ogni chilogrammo di idrogeno ottenuto. In sostanza, lo *steam reforming* del gas naturale emetterebbe più CO₂ della benzina che l’idrogeno dovrebbe rimpiazzare.

Uno dei modi “puliti” attraverso cui può essere prodotto l’idrogeno è mediante l’elettrolisi chimica dell’acqua, un procedimento che sfrutta l’energia elettrica per scindere la molecola dell’acqua (H₂O) ottenendo così idrogeno gassoso. La difficoltà che su questo fronte si trova a fronteggiare la ricerca scientifica di base è quella di trovare il modo più



Esiste il prototipo di un sistema capace di generare idrogeno senza utilizzare forme esterne di energia

efficiente e meno inquinante con il quale ottenere l’energia elettrica necessaria per operare questa scissione. I metodi migliori attualmente testati sono arrivati a un’efficienza che va dal 50% all’80%: per produrre 1 kg di idrogeno gassoso sono necessari fra 50 e 80 kWh di elettricità, ma questa energia elettrica dovrebbe essere ottenuta senza ricorrere a combustibili fossili, per evitare la produzione di quei gas serra che vanificherebbero gli intenti ecologici dell’uso di idrogeno.

NUOVE TECNOLOGIE

Nel campo della produzione di idrogeno è particolarmente attivo un gruppo di ricercatori americani della *Pennsylvania State University*, che di recente ha annunciato quella che potrebbe diventare una svolta tecnologica: per la prima volta, infatti, gli scienziati hanno prodotto in modo sostenibile idrogeno gassoso, usando solo acqua e batteri. La sfida dei ricercatori è avviare il processo su ampia scala, per fornire una buona quantità di idrogeno da destinare all’alimenta-

zione dei veicoli, oppure di piccoli generatori. In precedenza, circa quattro anni fa, gli stessi scienziati avevano prodotto idrogeno gassoso da celle a combustibile, apportando particolari modifiche a un prototipo per produrre idrogeno a partire da comunissimi batteri con un altissimo grado di efficienza. “Con questo sistema, però, si riusciva a ottenere idrogeno solo immettendo dell’energia elettrica che veniva fornita dall’esterno”, spiega Bruce Logan, ingegnere ambientale della Pennsylvania State University, University Park. Un’altra tecnica si basava sull’uso di apparecchi che contenevano ampie membrane permeabili tese per separare l’acqua salata dall’acqua dolce: gli scienziati sfruttavano la differenza di potenziale che si veniva a creare, ma questi apparecchi producevano solo un diverso voltaggio, non generavano la corrente elettrica necessaria a produrre idrogeno. “Gli atomi di idrogeno si formano in macchine come queste solo quando gli elettroni fluiscono in un fluido dove possono combinarsi con ioni idrogeno: questi atomi si combinano l’uno con l’altro per creare idrogeno gassoso”, continua Logan.

Di recente, Logan e l’ingegnere ambientale Younggy Kim (sempre della Pennsylvania State University), come riportato dalla rivista *Proceedings of the National Academy of Sciences*, sono riusciti a fare qualcosa che finora nessun team aveva fatto: combinando i due tipi di apparecchio, hanno generato idrogeno senza utilizzare la benché minima fonte esterna di energia. Il prototipo del sistema consta di due piccole camere - una contenente i batteri e i loro nutrienti, l’altra l’acqua salata in cui l’idrogeno viene prodotto - che sono separate da cinque celle impilate attraverso le quali i ricercatori fanno cir-



In Europa, a differenza degli Stati Uniti, non esiste un progetto per lo sviluppo del motore elettrico

colare acqua fresca e acqua salata. Tutte insieme, queste celle generano fra 0,5 e 0,6 volt, un’energia sufficiente a produrre idrogeno nelle celle combustibili microbiche, nelle quali i batteri vengono nutriti con composti acetati. Per ogni 30 millilitri di acetato di sodio fornito ai batteri, il sistema genera fra 21 e 26 millilitri di

idrogeno gassoso nel corso di una giornata. Un piccolo volume, certo, ma che corrisponde a circa quattro volte la quantità di combustibile di un accendino usa e getta. “Ed è abbastanza per dimostrare che, concettualmente, la generazione di idrogeno secondo queste modalità funziona in laboratorio”, precisa Logan. Sebbene l’equipaggiamento necessario a produrre idrogeno sia costoso, l’apparecchio non ha bisogno di nessuna fonte di energia esterna e non produce gas serra durante il processo. Il sistema rappresenta certamente un passo avanti, ma non mancano le voci critiche, come quella di César Torres, un ingegnere chimico della Arizona State University di Tempe, il quale sostiene che la nuova tecnologia non sia ancora pronta per una piena produzione di idrogeno su larga scala. “È un processo semplice – afferma – ma la chimica che coinvolge e i componenti che usa sono complicati. Il punto più delicato è la produzione di membrane che non si intasino e che siano efficienti. E ora come ora c’è ancora molta ricerca da fare, in quella direzione”.

L’IMPIEGO: UN ORIZZONTE INCERTO

Le difficoltà tecnologiche legate all’impiego dell’idrogeno, che è un vettore energetico (come l’elettricità) e non una fonte di energia, sono molte. “In questo momento, l’alternativa ai combustibili fossili è l’utilizzazione di vari dispositivi per la produzione di energia elettrica. Ci sono due tecnologie su cui si sta concentrando la ricerca: gli accumulatori di energia elettrica (batterie al litio) e gli accumulatori di altre forme di energia, che poi dovrà essere riconvertita in energia elettrica. Tra questi ultimi sistemi, citiamo gli elettrolizzatori, che estraggono idrogeno dall’acqua, e consentono che venga utilizzato successivamente tramite dispositivi (celle a combustibile) che ne riconvertono l’energia chimica dell’idrogeno in energia elettrica”, spiega Valerio Rossi Albertini, fisico nucleare dell’Istituto di Struttura della Materia del CNR di Roma e autore, insieme a Mario Tozzi, del volume *Il futuro dell’energia* (2011, edizioni Ambiente). Nelle celle a combustibile, infatti, non si immagazzina energia elettrica, ma l’idrogeno viene fatto reagire opportunamente con l’ossigeno; in seguito a questa reazione chimica, le celle emettono elettricità avendo come unico sottoprodotto di scarto il vapore acqueo. Nei motori elettrici possono essere utilizzate le batterie agli ioni di litio oppure le celle a combustibile a idrogeno. Queste ultime soluzioni, però, hanno delle difficoltà tec-

nologiche non indifferenti. È per questo che in America, ad esempio, la ricerca nel settore dell'idrogeno, per la quale negli ultimi 15 anni era stato investito qualcosa come circa 2 miliardi di dollari, sta vivendo una battuta d'arresto. Nel 2009 Steven Chu, segretario per l'Energia degli Stati Uniti, dichiarò che, poiché le autovetture alimentate dalle celle a combustibile a idrogeno non sarebbero state disponibili nel corso dei successivi 10 o 20 anni, il Governo avrebbe tagliato i fondi alla ricerca. All'inizio di quest'anno è stata confermata l'intenzione dell'*Office of Energy Efficiency and Renewable Energy* di ridurre di oltre il 41% il finanziamento per il programma di sviluppo delle tecnologie a idrogeno, con un taglio di circa 70 milioni di dollari da indirizzare verso tecnologie che possano essere pronte in tempi più prossimi. "La scelta Usa – continua Rossi Albertini – è stata appunto quella di privilegiare le batterie agli ioni litio rispetto alle celle a combustibile. Per tutto il progetto di sviluppo del motore elettrico, il DOE² ha comunque stanziato circa un miliardo di dollari e la previsione è di portare nelle strade americane circa un milione di autovetture (con motori con batterie ioni litio) già entro il 2015. Naturalmente, si tratta di proiezioni da prendere con una certa elasticità". Le batterie a ioni di litio sono già ampiamente diffuse: si usano nei computer portatili, ad esempio, o nei telefonini. Non esistono, invece, apparecchi di consumo che si basino sull'utilizzo di celle a combustibile. Gli Stati Uniti hanno dunque deciso di puntare su una tecnologia più matura per un progetto di motore elettrico da ottenersi a breve termine. "Attualmente, esistono solo prototipi di automobili elettriche a celle a combustibile che però costano ancora centinaia

di migliaia di euro e hanno prestazioni paragonabili a quelle di una utilitaria tradizionale. C'è da dire, però, che la produzione su vasta scala sarebbe in grado di abbattere i costi", spiega Rossi Albertini. Le celle a combustibile sono estremamente costose, soprattutto a causa dei catalizzatori che impiegano. I catalizzatori sono quei componenti necessari a promuovere la reazione fra idrogeno e ossigeno che, altrimenti, avverrebbe troppo lentamente e fornirebbe poca elettricità. Il catalizzatore che viene comunemente usato è il preziosissimo platino, da qualche milligrammo fino a frazioni di grammo. "Poi ci sono altre difficoltà – aggiunge Rossi Albertini – legate al trasporto dell'idrogeno, per esempio: è un gas leggero che occupa tanto spazio con poca 'materia' e non permette di realizzare facilmente un immagazzinamento efficiente per avere autonomia accettabile. E i metodi di produzione che si stanno collaudando danno ancora una resa molto bassa che rischia di non riuscire a sostenere una richiesta industriale". Per quanto riguarda l'Europa, a differenza degli Usa, non esiste un progetto per lo sviluppo del motore elettrico e la ricerca di base sull'idrogeno è meno condizionata dalle pressanti necessità dell'industria. "Nel Settimo programma Quadro ci sono stanziamenti ad hoc per la ricerca sull'idrogeno dell'ordine di decine di migliaia di euro. L'obiettivo di raggiungere una 'economia dell'idrogeno' certamente è auspicabile, ma oggi come oggi è ancora piuttosto lontano. Alla fine dello scorso millennio, l'Islanda dichiarò di voler convertire completamente la sua economia all'idrogeno dandosi come obiettivo il 2050. La recente crisi economica ha un po' bloccato questo processo, che pure era cominciato sotto i migliori auspici, ma la ricerca e lo

sviluppo continuano. Tutti i paesi del Nord Europa sono d'altronde storicamente molto sensibili alla questione dell'affrancamento dai combustibili fossili. Per ora, in tutta Europa i progetti di ricerca sulle celle a combustibile continuano, anche in collaborazione con gli americani e i risultati sono incoraggianti anche se non siamo ancora pronti a produrre un autoveicolo a celle a combustibile che sia conveniente”, spiega Rossi Albertini.

La Opel, divisione europea di General Motors, già molto attiva nella produzione di auto elettriche, sta puntando massicciamente sulle vetture a idrogeno. La fase di sperimentazione è in pieno sviluppo: 100 veicoli con questo tipo di alimentazione stanno girando da alcuni



Le case automobilistiche General Motors e Mercedes stanno già investendo sulla produzione di veicoli a idrogeno

anni in tutto il mondo. In particolare a Berlino partecipano al test ben 40 flotte aziendali. L'obiettivo dichiarato è arrivare al 2015 con il primo modello destinato alla commercializzazione. “Quella dell'idrogeno – sostiene Karl-Friedrich Stracke, amministratore delegato di Opel – è l'unica vera tecnologia a emissioni zero. Ciò che manca al momento sono le infrastrutture”. Non esiste, in altre parole, una rete di stazioni per il rifornimento. La ricerca, però, va avanti: “Stimiamo che entro 10-15 anni potranno circolare vetture a idrogeno con le stesse prestazioni di quelle a benzina”. E anche la Mercedes crede nella pila a combustibile (lo dimostra uno studio che porta avanti da dieci anni): funziona a idrogeno e verrà applicata nel 2014 su una versione della Classe B. Il CEO³ di Daimler/Mercedes, Dieter Zetsche, ha deciso di spronare questo combustibile del futuro insieme al colosso Linde (produttore di gas industriali), guidato da Wolfgang Reitzle. L'obiettivo è costruire in Germania, entro tre anni, 20 nuove stazioni di servizio a idrogeno per alimentare le nuove vetture. “Anche se un po' tutte le case automobilistiche (anche la Toyota ad esempio) hanno realizzato dei modelli a celle a combustibile, diciamo che sarebbero in pochi quelli che potrebbero permetterselo. Certo, in questo momento sarebbe difficile anche sapere dove fare un pieno di carburante, ma

il concetto di distributore è tecnologicamente meno impegnativo dello sviluppo della tecnologia delle celle”, aggiunge Rossi Albertini. “Per fare un esempio di costi di auto elettriche – prosegue – a Carloforte, sull'Isola di San Pietro che diventerà la prima isola del Mediterraneo a impatto zero (non consumerà energia dall'esterno e non emetterà gas serra e inquinanti di altra natura) è stato di recente presentato un veicolo a celle a ioni litio delle dimensioni di quelle piccole auto che guidano i quattordicenni: il prezzo commerciale era di 25 mila euro. Figuriamoci i costi di un'analoga vettura a celle a combustibile”. E la situazione italiana si incastona nel quadro europeo. “Purtroppo, in Italia non abbiamo una politica energetica tout court, figuriamoci se abbiamo una politica per l'idrogeno o per lo sviluppo di celle a combustibile. Ogni tanto arrivano finanziamenti dal Miur: ad esempio, s'è concluso da poco il progetto NUME (NUove MEMbrane elettrochimiche) per lo sviluppo di celle a combustibile, guidato dal professore Bruno Scrosati dell'Università La Sapienza di Roma. È stato finanziato con diversi milioni di euro, raccoglieva 12 centri di eccellenza di ricerca scientifica e abbiamo ottenuto anche risultati interessanti. Finito il progetto, però, è finita l'avventura. Non si è passato alla fase di sfruttamento. Questi finanziamenti accidentali, episodici, che non fanno parte di una strategia complessiva, non possono ottenere certamente dei risultati incisivi”, conclude Rossi Albertini.



Riferimenti bibliografici

¹ <http://fossil.energy.gov/programs/fuels/hydrogen/currenttechnology.html>

² Il Department of Energy statunitense

³ Chief Executive Officer, denominazione anglofona per il nostro “amministratore delegato”