

L'idrogeno, tra i protagonisti della transizione

Giuseppe Cassone, Ricercatore
Luciano Celi, Primo tecnologo all'Istituto per i Processi Chimico-Fisici
CNR

Oltre un ventennio fa uno degli economisti più illuminati del nostro tempo ipotizzò un'intera economia all'idrogeno. Esponeva le sue tesi in un libro, diventato una sorta di cult e pubblicato nel nostro Paese con il titolo *Economia all'idrogeno. La creazione del Worldwide Energy Web e la redistribuzione del potere sulla terra*. Quell'economista è Jeremy Rikfin.

Ma, come pare abbia detto Niels Bohr, in maniera un po' tautologica: «È molto difficile fare previsioni, specialmente riguardo al futuro», così una vera economia dell'idrogeno non si è mai sviluppata, per motivi che si possono facilmente spiegare, anche se, tuttavia, questo non significa che l'idrogeno non abbia un ruolo da comprimario in una delle più grandi sfide che forse l'umanità intera si trova a fron-

teggiare: l'abbondano, in relazione all'approvvigionamento energetico, delle fonti fossili.

I motivi per cui l'idrogeno – vettore energetico, e non vera e propria fonte – non ha preso piede, sono strutturali: l'idrogeno non esiste in natura sul nostro pianeta, se non in modeste quantità¹ ed è quindi necessario produrlo. Esistono diversi sistemi per farlo, che sono più o meno energivori, ma soprattutto è la gestione del "vettore idrogeno" a complicare un po' le cose nel mondo reale: è una molecola (parliamo normalmente di idrogeno molecolare, H₂) piuttosto volatile e reattiva, capace quindi di innescare esplosioni abbastanza facilmente; ha bisogno di essere compressa molto (e quindi raffreddata) per poter essere conservata e trasportata; i contenitori o i tubi

¹ Esistono di fatto giacimenti di idrogeno, ma appunto, per quanto se ne sa, di modeste quantità. C'è un po' di letteratura scientifica che ne parla e se ne parla, in modo più divulgativo, sul blog della Società di Chimica Italiana, in questo post: <https://ilblogdellasci.wordpress.com/2023/03/01/giacimenti-di-idrogeno/>. La scarsità di questo elemento sul nostro pianeta però sembra essere compensata dal fatto che invece nell'universo che conosciamo l'idrogeno è uno degli elementi più abbondanti.

in cui questo idrogeno passa devono essere monitorati relativamente spesso perché l'idrogeno (questa volta atomico, che in piccole percentuali rimane) tende a operare una forma di "corrosione", chiamata "infragilimento da idrogeno". Insomma: qualche problema c'è. Tutti problemi risolvibili, ma che, messi insieme, costituiscono l'ostacolo alle rosee previsioni che Rifkin fece un quarto di secolo fa.

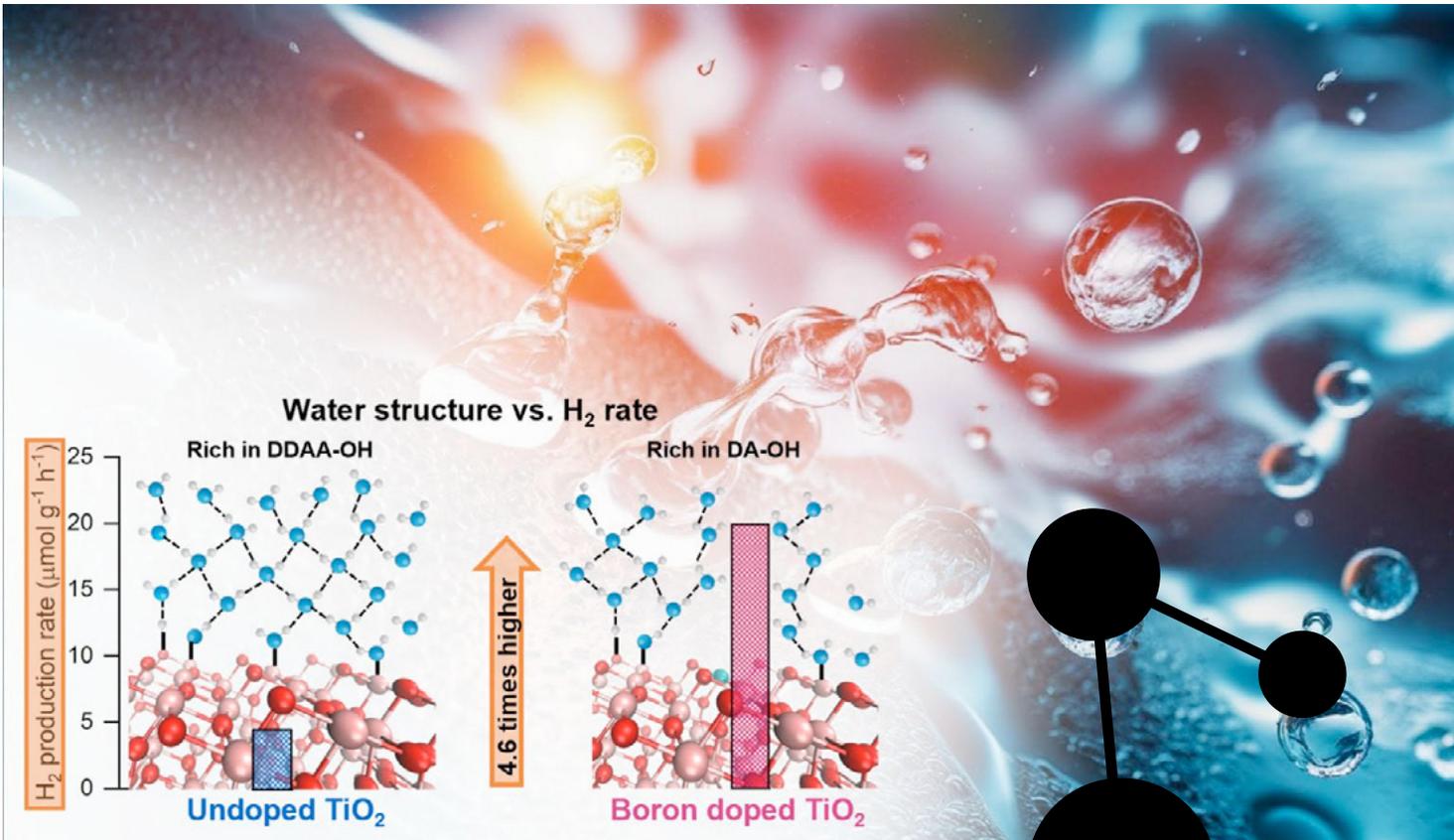
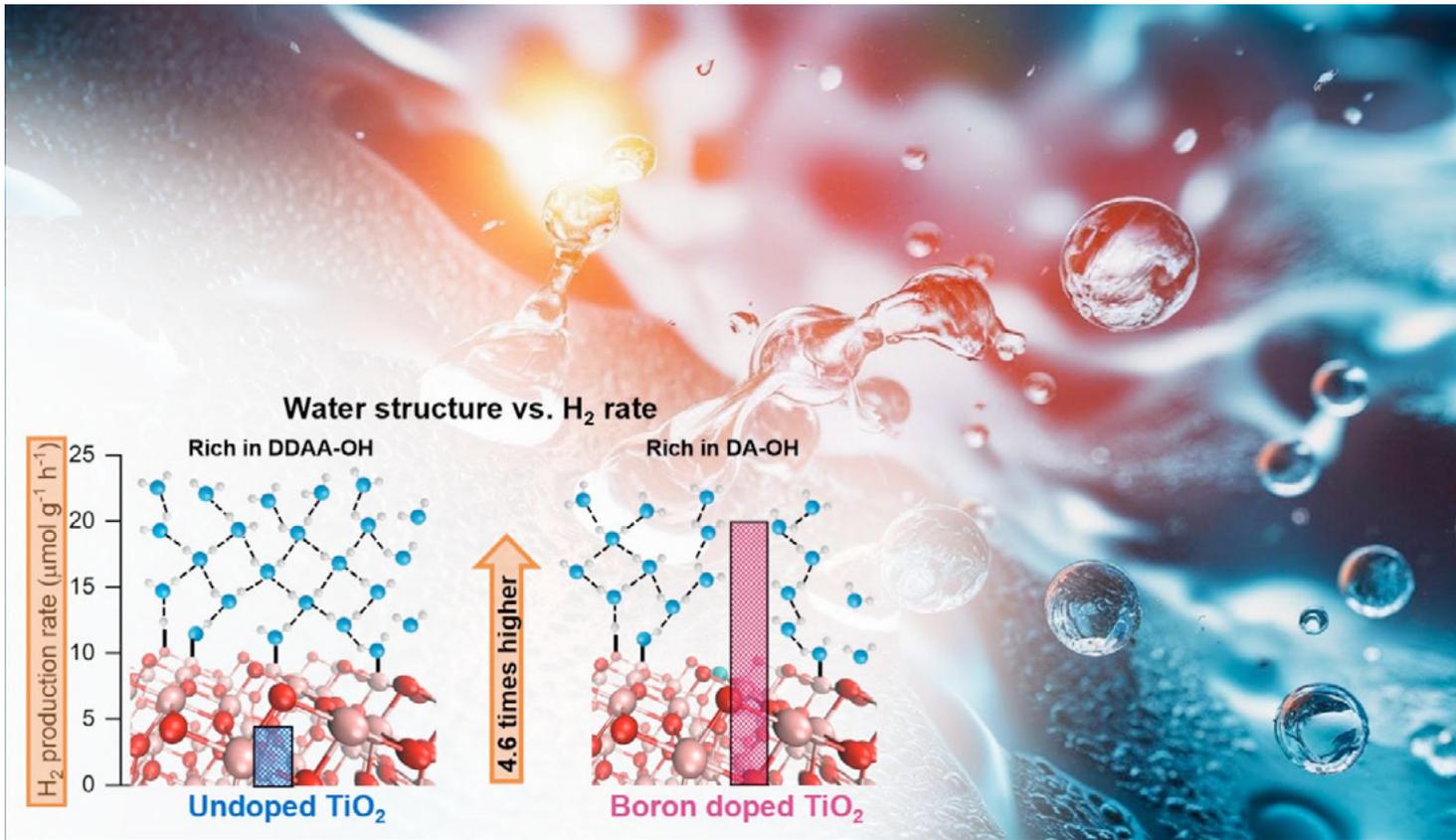
Detto questo, però, c'è anche da dire che il ruolo dell'idrogeno può essere determinante nella transizione energetica. Se infatti ipotizzassimo – come abbiamo cercato di fare in una serie di report² – una transizione completa per il "sistema Italia" alle fonti rinnovabili, uno dei più grandi problemi da affrontare sarebbe quello della sovrabbondanza di energia (tipicamente: solare) prodotta nella stagione estiva, da "conservare" per i momenti di penuria, nella stagione invernale. L'accumulo nel brevissimo periodo (giorno-notte) può essere compensato da batterie, ma nel lungo (stagionale: estate-inverno) presenta diverse difficoltà. Allo stato attuale della tecnologia, infatti, non esiste l'equivalente di una batteria nella quale immagazzinare, in linea teorica, una tale quantità di energia, da rendere disponibile quando serve, nei mesi di scarsa insolazione. E se anche esistesse, il suo costo, considerato il suo fattore di utilizzo teorico (una volta all'anno), sarebbe enorme. Da qui l'idea, per ovviare al problema, di attivare un processo di metanazione attraverso reazione di

Sabatier, ovvero, immaginare un ciclo chiuso nel quale il vettore energetico principale, e potremmo dire unico per gli usi finali, sia l'elettricità:

1. Generare nei mesi estivi, grazie alla sovrabbondanza di produzione da fonti rinnovabili, idrogeno verde, attraverso elettrolisi e fotocatalisi (su quest'ultimo processo torneremo poco oltre);
2. Attraverso la metanazione Sabatier, produrre metano verde – l'altro componente, la CO₂ si prende dai camini delle centrali turbogas a ciclo chiuso che hanno lavorato durante l'inverno precedente per la generazione di energia elettrica, opportunamente stoccata in opportuni giacimenti che, per caratteristiche potrebbero essere non dissimili agli attuali giacimenti artificiali di metano di cui il nostro Paese già dispone;
3. D'inverno il metano viene bruciato, come si è accennato, non per riscaldare, ma per generare energia elettrica, unico vettore per gli usi finali che saranno, in questo ipotetico futuro della transizione, tutti elettrificati e, come detto, il residuo di combustione, la CO₂, può essere conservata per il ciclo successivo.

Gli scenari ipotizzati non sono privi di problemi che in sostanza sono di ordine economico e relativi al fattore di utilizzo degli impianti che devono "lavorare" il più possibile per ammortizzare i costi. Se molte tecnologie sono

² Verso un sistema energetico italiano basato sulle fonti rinnovabili (<https://zenodo.org/records/10522889>); Studio ScETuR del settore elettrico del PNIEC (nella versione della proposta MASE del giugno 2023) (<https://zenodo.org/records/10663979>) e Verso un sistema energetico nazionale basato sulle fonti rinnovabili - seconda parte (<https://zenodo.org/records/12542798>). Una versione divulgativa del primo report è diventato anche un articolo: L. Pardi, L. Celi, Scenari per un'Italia rinnovabile, «Sapere», n. 3/2023, pp. 22-27, DOI: 10.12919/sapere.2023.03.3.



COLTIVIAMO L'ENERGIA DEL TUO FUTURO.

Chi semina GESCO, raccoglie energia.
Progettiamo, studiamo, realizziamo soluzioni
per ridurre i consumi energetici e aumentare
la sostenibilità a lungo termine.
Scopri come su www.gesco.energy

gesco^o
KNOW, SAVE, GROW.

mature, altre – in specie quelle che devono tenere conto della transizione energetica e dell'alimentazione il più possibile "verde", quindi da fonti rinnovabili, di questi impianti – sono in via di sviluppo. Vi sono altri problemi di cui non si è tenuto conto, essendo gli scenari proposti qualitativi e non quantitativi – non si sono fatte, per esempio, stime economiche su quanto proposto, anche se si è cercato il più possibile di "usare quel che già abbiamo a disposizione" per agevolare la transizione, senza immaginare di rifare daccapo il mondo. Uno di questi riguarda lo stoccaggio dell'anidride carbonica: mentre infatti per il metano sarebbe possibile usare i depositi che già si usano per il normale uso nazionale che se ne fa, bisognerebbe immaginare depositi di CO₂ che siano per altro non lontani da quelli in cui viene prodotto l'idrogeno, ai fini del processo di metanazione cui si è accennato.

La questione è quindi anche (e forse soprattutto) logistica: l'Italia ha una estensione non banale e caratteristiche geomorfologiche che da sempre costituiscono una sfida a chi voglia far correre lungo la penisola (e non solo) qualunque cosa (auto, elettricità, gas, ecc.): problemi di difficile ma non impossibile soluzione.

In tutto questo però l'idrogeno ha un ruolo rilevante come tassello fondamentale per la costruzione della transizione e hanno, quindi, ancor più senso tutte le ricerche che, in questo settore, permettono un migliore rendimento del processo di produzione. Qui si inseriscono alcuni interessantissimi risultati recenti per quella che viene

rubricata come "ricerca di base" o "ricerca fondamentale", che già nel nome dice tutto.

Tra i risultati più promettenti annoveriamo senz'altro quelli raggiunti da un gruppo di ricercatori – costituito da ricercatori dell'Istituto per i Processi Chimico-Fisici del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-IPCF), dell'Università di Messina e dell'Università di Zurigo – che ha dimostrato che l'efficienza nella produzione di idrogeno verde tramite fotocatalisi dipende, tra le altre cose, anche dalla disposizione dei legami idrogeno tra le molecole d'acqua in prossimità della superficie del fotocatalizzatore. Il lavoro, pubblicato sulla rivista scientifica *Journal of the American Chemical Society*³, evidenzia come le caratteristiche dell'acqua possano influenzare l'efficienza complessiva della fotocatalisi e avere, quindi, un impatto significativo sulla quantità di idrogeno prodotta.

La capacità di produrre idrogeno verde, in modo completamente eco-sostenibile attraverso i processi di fotocatalisi, dipende infatti strettamente dalle proprietà del semiconduttore (come, ad esempio, l'ossido di titanio TiO₂), il materiale che viene esposto alla luce solare per attivare la reazione chimica. In questi sistemi, la materia prima, cioè gli atomi di idrogeno che compongono l'idrogeno molecolare proviene dall'acqua liquida a contatto con il semiconduttore. Quando il semiconduttore è colpito dalla luce solare genera cariche elettriche che, sotto opportune condizioni, separano le molecole d'acqua in ossigeno e idrogeno. Le ricerche precedenti nel campo della fotocatalisi si sono concentrate esclusivamente sulle proprietà chimico-fisiche

³ R. Verduci, F. Creazzo, F. Tavella, S. Abate, C. Ampelli, S. Lubber, S. Perathoner, G. Cassone, G. Centi, G. D'Angelo, Giovanna: *Water Structure in the First Layers on TiO₂: A Key Factor for Boosting Solar-Driven Water-Splitting*



del semiconduttore, con l'obiettivo di sviluppare fotocatalizzatori stabili, economici ed efficienti per la produzione di idrogeno. Tradizionalmente, l'acqua è da sempre stata vista come un semplice ambiente passivo in cui avviene la reazione chimica, senza un ruolo attivo nella produzione dell'idrogeno». Questo studio dimostra che l'organizzazione delle molecole d'acqua a livello sub-microscopico gioca, invece, un ruolo cruciale. Utilizzando tecniche sperimentali e simulazioni avanzate su calcolatore, è stato scoperto che l'efficienza nella produzione di idrogeno non dipende solo dalle caratteristiche del semiconduttore, ma anche in modo significativo dalla disposizione delle molecole d'acqua nei primi strati adiacenti alla sua superficie.

«Questo è un risultato innovativo perché per la prima volta si mette in luce l'importanza cruciale dell'acqua stessa nel processo, aprendo nuove strade per migliorare l'efficienza della produzione di idrogeno verde», osserva Rosaria Verduci dell'Università di Messina.

Il lavoro offre una comprensione più profonda dei processi di attivazione fotocatalitica e apre nuove prospettive nella progettazione di materiali catalitici capaci di influenzare la struttura dell'acqua a livello molecolare. «Questi progressi sono fondamentali per una produzione di idrogeno verde più efficiente e sostenibile, contribuendo a un futuro energetico più pulito e rispettoso dell'ambiente, in linea con la transizione verso un'economia globale a zero emissioni entro il 2050», conclude Fabrizio Creazzo, dell'Università di Zurigo.

Insomma: passi nella giusta direzione, per una transizione che sia davvero possibile ed efficace.