

Idrogeno: è davvero l'energia del futuro?

 flashbattery.tech/idrogeno-energia-futuro-vantaggi-limiti

In natura c'è un elemento leggerissimo che permette alle stelle di brillare e al sole di rimanere acceso. È lo stesso elemento che oggi viene considerato come uno degli alleati principali per la **decarbonizzazione**, secondo gli obiettivi europei che vedono il raggiungimento delle zero emissioni entro il 2050.

Stiamo parlando dell'**idrogeno**, un gas incolore e inodore, uno tra gli elementi più leggeri e abbondanti che compongono la materia.

Idrogeno: un vettore energetico abbondante ma difficile da produrre

L'idrogeno è uno degli **elementi più semplici e più abbondanti** sul Pianeta e all'interno del Sistema Solare, costituendo quasi il 90% della massa visibile dell'universo, principalmente nella sua forma gassosa.

La caratteristica che lo rende un'alternativa concreta di **combustibile pulito** è che, **combinandosi con l'ossigeno durante la combustione, produce come scarto esclusivamente vapore acqueo**. Si tratta, infatti, dell'unico combustibile che, sia quando viene utilizzato in motori termici, sia in celle a combustibile, **non produce emissioni inquinanti**, ma semplicemente acqua. Questa è la grande distinzione dell'idrogeno rispetto agli idrocarburi, che essendo formati da idrogeno e carbonio, durante l'utilizzo, combinati con l'ossigeno, emettono anidride carbonica e altri gas dannosi sia per la salute umana che per l'ambiente.

Tuttavia, sulla Terra questo elemento è raramente disponibile in natura da solo, allo stato libero e molecolare (H_2), perché **è presente quasi esclusivamente in combinazione con altri elementi chimici**, per esempio nell'acqua (H_2O) o negli idrocarburi, composti da idrogeno e carbonio (ad esempio il metano, CH_4). Inoltre, trattandosi di un gas altamente reattivo a contatto con l'aria, è difficile trovare sulla superficie terrestre fonti naturali di idrogeno puro.

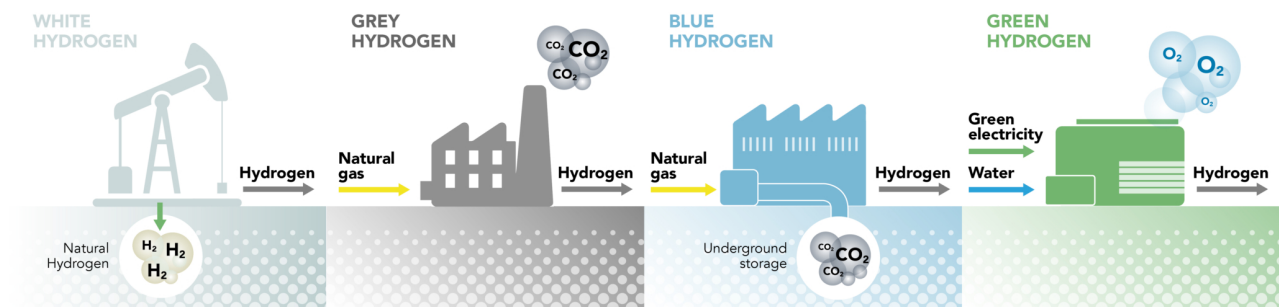
Per produrre idrogeno, quindi, è necessario **separarlo dagli elementi con cui è combinato** impiegando energia che renda possibile il processo di separazione. Dato che questo elemento non è disponibile da solo in natura e dovendo sfruttare un altro tipo di energia per produrlo, l'idrogeno viene considerato **un vettore energetico** in grado di accumulare e, successivamente, di trasferire energia.

Produzione dell'idrogeno: i quattro colori e le differenze

Sebbene l'idrogeno rappresenti un'energia pulita nel momento del suo utilizzo, la sua produzione non ha impatto zero per il pianeta. Esistono attualmente **diverse modalità per produrre idrogeno**, ma non tutte hanno lo stesso effetto sull'ambiente, alcune infatti

producono più emissioni di altre.

Pur trattandosi sempre un gas incolore, le modalità di produzione dell'idrogeno vengono associate per convenzione a diversi colori, che ne classificano il livello di impatto ambientale.



Ad oggi, vengono principalmente identificati 4 colori dell'idrogeno, in base al processo produttivo impiegato:

Idrogeno bianco

L'idrogeno nominato "bianco" si trova in giacimenti naturali presenti nelle profondità della crosta terrestre che, tuttavia, non sono sufficienti per soddisfare il bisogno globale di questa tecnologia. In questo caso, l'**impatto ambientale** di questo elemento è generato dai **metodi invasivi e costosi utilizzati per la sua estrazione**.

Idrogeno grigio

"L'idrogeno grigio" viene ottenuto attraverso il **processo di steam reforming del metano (SMR) o di altri idrocarburi**. Tale procedura utilizza la reazione tra vapore e metano ad altissime temperature per creare idrogeno. Attualmente questo metodo è impiegato per produrre circa il 48% dell'idrogeno mondiale. Si tratta di una **reazione chimica che genera anidride carbonica (CO₂) come prodotto di scarto**, immettendo in media nell'atmosfera più di 9 kg di CO₂ per ogni kg di idrogeno prodotto.

Un processo di produzione simile si verifica a partire anche da altri combustibili fossili, come il carbone, nel caso del "*brown hydrogen*". Si tratta di un processo consolidato e largamente diffuso che, però, genera una quantità di emissioni di CO₂ ancora più elevato, circa 20Kg di CO₂ per ogni kg di idrogeno prodotto.

Idrogeno blu

Il processo di produzione dell'"idrogeno blu" è lo stesso impiegato per il Grey hydrogen ma con una sostanziale differenza: **una parte di emissioni di CO₂ prodotte durante il processo vengono catturate, stoccate e non direttamente immesse nell'atmosfera**.

Idrogeno verde

L'“**idrogeno verde**” rappresenta il metodo di produzione con **minor impatto ambientale**. In questo processo produttivo l'idrogeno viene **ottenuto tramite elettrolisi dell'acqua**, ovvero si utilizza elettricità per separare l'acqua (H₂O) nei suoi due elementi costitutivi: idrogeno e ossigeno. Questo avviene tramite un elettrolizzatore che, se alimentato da fonti di energia rinnovabile, ha come esito una **produzione di idrogeno 100% a zero emissioni**.

Le potenzialità dell'idrogeno verde come energia per un futuro più sostenibile

Oggi l'idrogeno verde è ritenuto **un'opzione concreta per la decarbonizzazione** e, in particolare, a causa delle sue elevate potenzialità e del ridotto impatto ambientale dato dalla sua combustione, è stato identificato dall'Unione Europea come **elemento chiave verso la riduzione delle emissioni di CO₂**, stabilita dal Green Deal Europeo entro il 2050. A tal proposito, proprio la **UE**, molto attenta al percorso verso la neutralità climatica (nel 2022 ha infatti già regolamentato attentamente **il settore delle batterie**), ha presentato **una strategia ad hoc per incoraggiare l'uso dell'idrogeno verde** in tutti gli Stati membri, con lo scopo di velocizzare la produzione dell'idrogeno verde da risorse rinnovabili.

Secondo l'ultimo rapporto dell'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA), oggi vengono consumate circa 75 milioni di tonnellate di idrogeno all'anno nell'Unione Europea, rappresentando il 2% del mix energetico totale. Tuttavia, è importante sottolineare che quasi il 95% della produzione di questo idrogeno è ottenuta tramite combustibili fossili.

Promuovere, dunque, l'utilizzo esclusivo di idrogeno verde, prodotto attraverso energie rinnovabili, potrebbe apportare un **contributo rilevante alla riduzione delle emissioni atmosferiche** influenzando positivamente il percorso verso la **neutralità carbonica entro il 2050**.



2050
CO₂ Net-Zero Emissions

...ma sono ancora molti limiti da oltrepassare: i contro dell'idrogeno verde

L'idrogeno è un gas altamente reattivo ed infiammabile, caratteristiche che richiedono una particolare attenzione e **regolamentazione durante le fasi della produzione, stoccaggio e trasporto.**

Attualmente, **non godiamo di una rete di infrastrutture** adeguate per poterne garantire una distribuzione in sicurezza, rendendo maggiormente difficoltosa la diffusione di questa tecnologia su larga scala. In una prima fase, il problema potrebbe essere ovviato sfruttando i collegamenti che già esistono, permettendo quindi di utilizzare l'idrogeno direttamente dove viene prodotto. Ma, nel lungo termine, al fine di poter rispondere in modo soddisfacente alla domanda, **sarebbe necessario sviluppare nuove reti efficienti.**

Non trascurabile è anche il **fattore prezzo**: per utilizzare l'idrogeno servono infatti sistemi complessi e costosi. **Gli impianti per la produzione di idrogeno verde non sono ancora economicamente competitivi** rispetto agli impianti tradizionali, scoraggiando l'adozione di una produzione più green.

Passando agli aspetti tecnici, **il grande limite dell'idrogeno, oggi, è la bassa efficienza.** Un limite motivato dal fatto che ottenere energia a partire dall'idrogeno comporta una **grande dispersione dell'energia stessa**, soprattutto durante le fasi di produzione, stoccaggio, trasporto e conversione in energia cinetica nei veicoli.

Se immaginiamo una linea i cui estremi rappresentano l'impatto ambientale e l'efficienza energetica, troveremo da un polo i combustibili fossili (maggiore impatto, minor efficienza) e, dall'altro, lato l'energia elettrica rinnovabile con utilizzo diretto o accumulo in batteria (minor impatto, maggior efficienza). L'idrogeno si colloca a metà di questa linea, costituendo un compromesso tra il ridotto impatto ambientale e la ridotta efficienza. Nel caso dell'idrogeno verde ottenuto da fonti energetiche sostenibili, per il suo basso impatto ambientale, questo, sulla linea, si avvicina maggiormente all'energia elettrica.

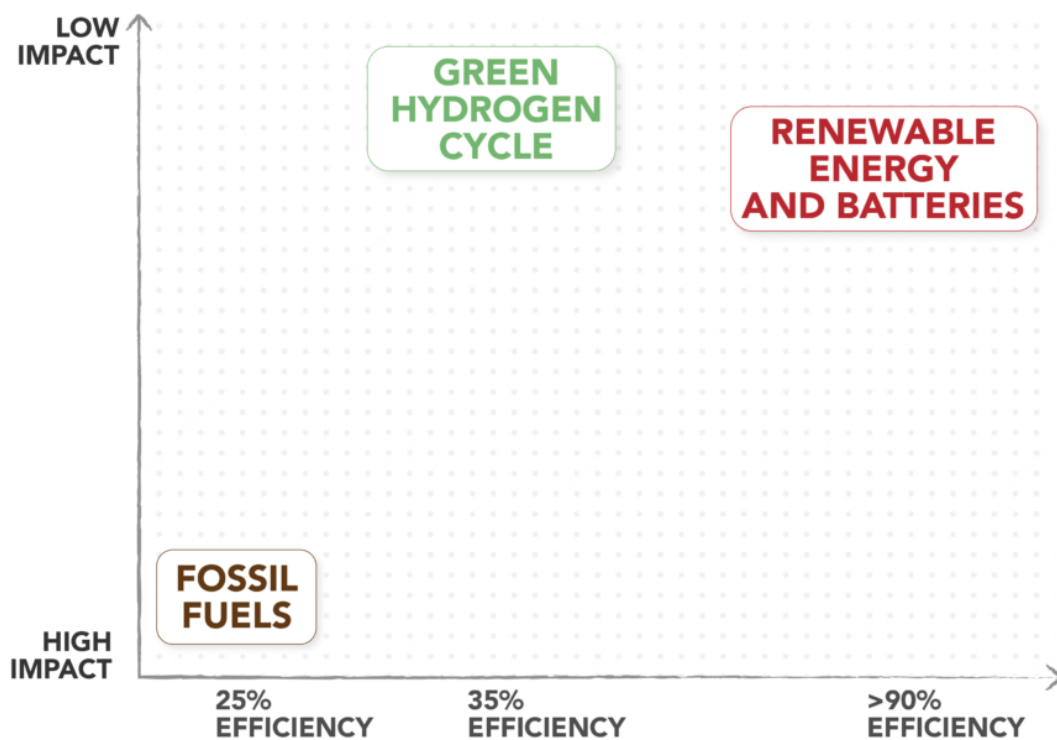


Grafico rappresentativo dell'efficienza e dell'impatto di diverse fonti energetica

“L’energia rinnovabile non è priva di costi, specialmente nella fase di produzione di tecnologie come i pannelli fotovoltaici o parchi eolici. Fino a quando non saremo completamente autosufficienti tramite fonti rinnovabili, è quindi imperativo utilizzarle in modo oculato e responsabile, evitando sprechi e massimizzando l’efficienza energetica. Impiegare l’idrogeno verde in quei settori in cui la batteria potrebbe soddisfare la domanda, dunque, non è attualmente la soluzione ideale.”

Alan Pastorelli CTO di Flash Battery – [LinkedIn](#)

Mobilità: un settore in cui l’alimentazione a batteria continua ad essere più vantaggiosa

La bassa efficienza dell’idrogeno come vettore energetico rappresenta una questione di particolare importanza nel settore della mobilità, poiché ne determina direttamente l’adozione su larga scala. In termini pratici, **l’efficienza energetica complessiva di un sistema a idrogeno è spesso inferiore rispetto ad alternative più consolidate, come i veicoli elettrici alimentati da batterie.**

Quando sono alimentate a batteria, le auto utilizzano direttamente l’energia elettrica derivata dalla batteria stessa; quando, invece, l’idrogeno viene utilizzato come vettore, non è impiegato direttamente perché necessita di essere prima trasformato in energia elettrica per alimentare il motore.

Questa tecnologia, che produce elettricità utilizzando l'idrogeno in forma gassosa per alimentare un motore elettrico, prende il nome di **fuel cells**. In questo processo **l'energia viene convertita due volte: prima per produrre idrogeno, e poi per riprodurre energia elettrica**. In ogni passaggio, dunque, ci sono perdite di efficienza: durante la produzione di idrogeno attraverso l'elettrolisi e, successivamente, durante la fase di stoccaggio e trasporto. Infine, un'altra parte si disperde quando l'idrogeno è convertito in elettricità per azionare il motore.

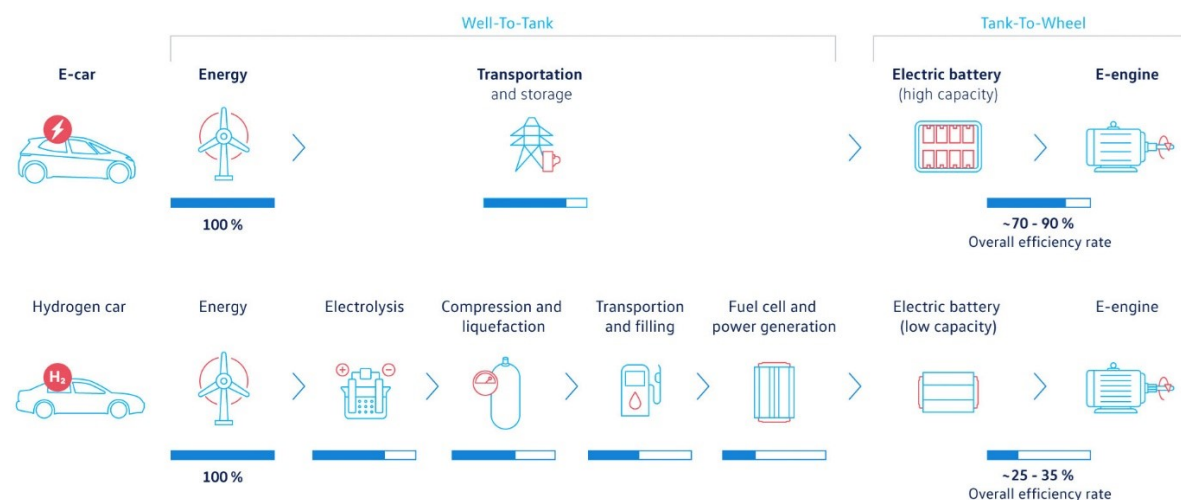
L'auto alimentata a idrogeno raggiunge in media **un'efficienza compresa solo tra il 25% e il 35%**. In un veicolo alimentato solo a batteria, al contrario, le percentuali sono completamente rovesciate: solamente una minima parte di energia viene dispersa durante il trasporto, prima di essere immagazzinata, arrivando ad un'efficienza complessiva che può arrivare fino al 90%.

Nonostante i benefici ambientali siano pressoché gli stessi, l'uso dell'idrogeno verde per il trasporto leggero su strada risulta oggi **meno vantaggioso rispetto all'alimentazione elettrica**. La disponibilità di una **rete di ricarica capillare e il costo di rifornimento più basso rendono la ricarica elettrica più conveniente** rispetto ad un rifornimento di idrogeno. L'auto elettrica può, inoltre, godere della presenza di infrastrutture di trasporto e distribuzione consolidate che, nel caso dell'idrogeno, dovrebbero essere implementate.

Un'ulteriore difficoltà è rappresentata dalla criticità del **trasporto** dell'idrogeno alle stazioni di rifornimento per l'approvvigionamento delle vetture. Si tratta infatti di un **gas difficile da maneggiare a causa della sua bassa densità energetica**, che richiede una compressione ad alte pressioni (da 350 a 700 bar) per essere stoccato in quantità sufficienti ad alimentare un'auto.

Hydrogen and electric drive

Efficiency rates in comparison using eco-friendly energy



Source Volkswagen

*[Fig. 1]

L'idrogeno come alternativa possibile per i settori altamente energivori e per lo stoccaggio di energia rinnovabile

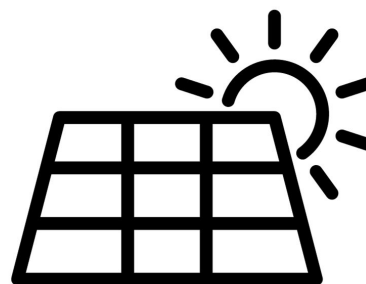
L'idrogeno potrebbe svolgere un ruolo fondamentale nel settore dei mezzi di trasporto pesanti, come il trasporto marittimo o l'aviazione, che devono compiere lunghissime distanze. Per queste tipologie di applicazione non è pensabile, oggi, considerare l'elettificazione a batteria, in quanto sarebbero necessari pacchi di grandi dimensioni e molto pesanti, che ne impedirebbero la realizzazione.

L'idrogeno presenta i benefici di un sistema più compatto, con tempi di rifornimento veloci e lunghe distanze percorribili. Questo aspetto è motivato dal fatto che l'idrogeno è l'elemento con la maggiore densità energetica per unità di peso, rendendolo particolarmente adatto per trasporti a lunga distanza e merci pesanti.



Inoltre, quando la produzione di energia rinnovabile sarà sovrabbondante, un'altra area applicativa in cui l'idrogeno potrebbe apportare importanti vantaggi è quella dello stoccaggio stagionale, grazie al suo ruolo di vettore energetico.

L'aumento della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili come il solare e l'eolico implica, infatti, la necessità di immagazzinare l'energia prodotta durante i periodi di elevata generazione, per poi utilizzarla durante il resto dell'anno. Mentre la variabilità giornaliera della produzione solare ed eolica può essere gestita mediante l'impiego di batterie, il contrasto della variabilità stagionale potrà essere soddisfatto tramite l'immagazzinamento dell'idrogeno nel sottosuolo nel periodo estivo, per poi essere disponibile per l'utilizzo durante l'inverno, quando la produzione di energia solare è ridotta.



Idrogeno: una tecnologia che deve ancora rispondere a grandi sfide

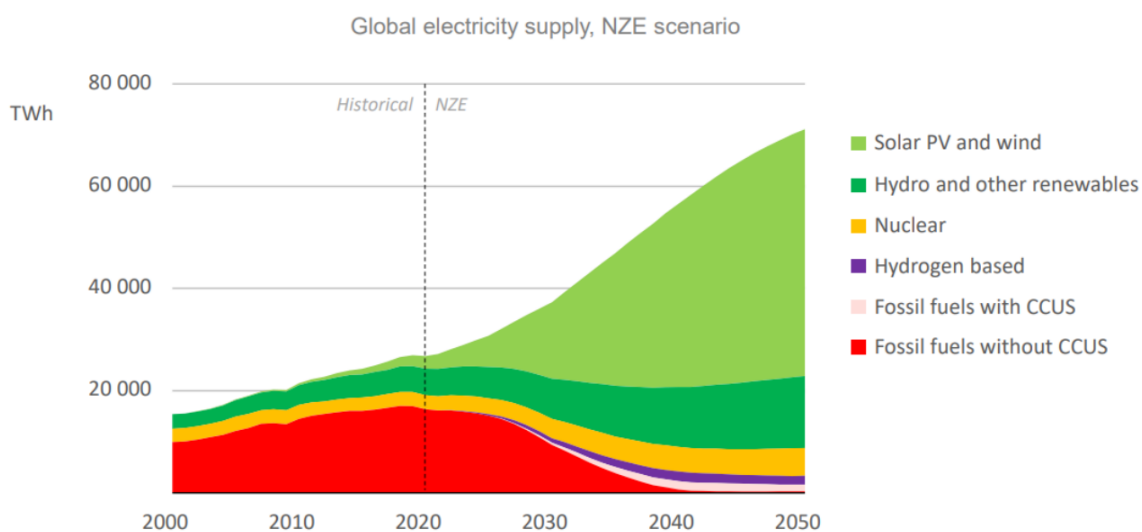
L'idrogeno rappresenta un'opzione concreta di energia pulita ed è considerato come un vettore energetico promettente per la mobilità sostenibile, in quanto offre la possibilità di veicoli a emissioni zero e una soluzione per ridurre la dipendenza dai combustibili

fossili. Tuttavia, nonostante il suo potenziale, **sono ancora numerose le sfide da affrontare**, tra cui la riduzione dei costi di produzione, lo sviluppo di infrastrutture adatte e la risoluzione di questioni legate alla distribuzione e allo stoccaggio dell'idrogeno.

Dobbiamo inoltre considerare che **solamente l'idrogeno verde**, prodotto da risorse rinnovabili, **costituisce una reale risposta alla riduzione delle emissioni**. Infatti, quando non generato da fonti di energia pulita, la produzione dell'idrogeno comporta costi inferiori ma risulta inquinante, con un impatto ambientale considerevole.

Dal punto di vista tecnologico, la bassa efficienza energetica costituisce per alcuni settori un punto a sfavore rispetto alle batterie, pertanto, è fondamentale affrontare le sfide legate all'efficienza dell'idrogeno per garantire un ruolo efficace e sostenibile di questa tecnologia nel futuro.

Inoltre, è fondamentale riconoscere che, affinché l'idrogeno giochi un ruolo più significativo nella transizione verso un'energia più sostenibile, è **essenziale migliorare la tecnologia associata alle celle a combustibile**. Attualmente, **le fuel cell presentano ancora ostacoli significativi, come costi elevati, bassa efficienza e durata limitata**: tutti fattori che influiscono negativamente sull'usabilità complessiva del sistema a idrogeno.



In our net zero pathway, renewables make up nearly 90% of electricity generation in 2050, propelled largely by solar PV and wind

*[Fig.2]

L'idrogeno verde emerge dunque come una **promettente risorsa** energetica nella transizione **verso un futuro sostenibile** e la sua diffusione potrebbe rivestire un ruolo fondamentale **nell'alimentare quei settori ad alta intensità energetica**.

Rimarrà, però, una **parte minoritaria dell'energy mix di cui potremo usufruire nel 2050**, come riportato anche la relazione dell'**ESA – European Space Agency** che, basandosi sui dati indicati dall'Agenzia internazionale dell'energia, indica l'idrogeno con una minima percentuale rispetto alle altre fonti energetiche da adottare in previsione del raggiungimento dell'obiettivo *Zero Emissioni* entro il 2050.

Fonte: Fig. 1: Hydrogen and electric drive. Immagine tratta da sito web Volkswagen del 03/12/20, <https://bit.ly/3ByTAro>

R.E.A. di Reggio Emilia: RE-304473 | Cap. soc. 1.000.000,00 € i.v. | [Privacy Policy](#)