



**LEGAMBIENTE
CAMPANIA**

RAPPORTO **IDROGENO**

Il ruolo emergente dell'idrogeno verde nella transizione energetica



1 edizione

forum 
IDROGENO

Il ruolo emergente dell'idrogeno verde nella transizione energetica



RAPPORTO **IDROGENO**

Il ruolo emergente dell'idrogeno verde nella transizione energetica

Dossier a cura di:

Ottavia D'Agostino, Ufficio Scientifico Legambiente Campania

Progetto grafico di:

Elvira Guadagna

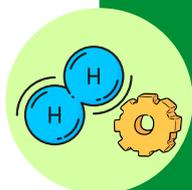
Aprile 2024

"Penso che un giorno l'acqua sarà usata come combustibile e che idrogeno e ossigeno, separati o uniti, garantiranno una fonte inesauribile di energia che il carbone non può fornire."
Jules Verne

Indice



PREMESSA.....04



IL RUOLO STRATEGICO DELL'IDROGENO.....06

Introduzione.....06

Le tipologie di produzione.....06

Il trasporto.....09

L'accumulo.....10

I campi di utilizzo.....11

Le sfide attuali.....13

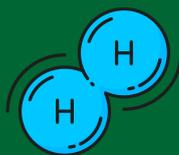


LE HYDROGEN VALLEY DEL PNRR.....15



SITOGRAFIA.....30

PREMESSA



L'**idrogeno**, l'elemento più presente in natura, una risorsa potenzialmente illimitata, **è un candidato promettente per il mix energetico del futuro. La Commissione Europea prevede che la quota di idrogeno nel mix energetico europeo crescerà fino al 13-14% entro il 2050.**

Esso può contribuire a ridurre le emissioni di gas serra, l'inquinamento dell'aria e la dipendenza dalle fonti fossili. **L'idrogeno non è in competizione con le rinnovabili, piuttosto può essere un complemento cruciale**, per sopperire ai problemi legati ad accumulo, intermittenza e **decarbonizzazione dei settori hard-to-abate**, letteralmente "difficili da abbattere".

L'idrogeno in sé, quando viene utilizzato, non inquina, ma i metodi per produrlo (dato che non è presente nella sua forma pura in natura) hanno i loro impatti. L'idrogeno "**verde**", ossia quello ottenuto tramite **elettrolisi alimentata da fonti rinnovabili**, non comporta emissioni di gas serra e costituisce oggi **la filiera di maggiore interesse** ed è quello a cui si farà riferimento nel presente documento come tipologia di idrogeno sulla quale puntare.

L'idrogeno verde va impiegato in settori strategici, altrimenti si rischia di compromettere la sostenibilità complessiva del suo ruolo nella transizione energetica. Il **livello di emissioni di CO₂** equivalenti dell'intera filiera di produzione, accumulo e trasporto dell'idrogeno **deve essere il più contenuto possibile per poter effettivamente contribuire al processo di decarbonizzazione.**

Un contributo sostanziale arriverà se verrà impiegato nella **decarbonizzazione delle industrie pesanti** (raffineria, industria chimica, siderurgia), **l'accumulo di energia, il trasporto marittimo** e quello **aereo**. Questo a discapito invece di settori come il **trasporto leggero** e il **riscaldamento domestico**, che hanno mostrato una maggiore propensione verso l'elettrificazione (rispettivamente con le auto a batteria e le fonti rinnovabili).

La **produzione di idrogeno verde** è ancora considerata costosa, inibendo la sua competitività sul mercato. Questo costo, però, potrà ridursi in misura notevole, grazie all'ammortamento dell'impianto di elettrolisi (è naturale attendersi il tipico meccanismo di incremento delle capacità produttive e riduzione dei prezzi, in relazione allo sviluppo tecnologico e ai volumi di vendita degli elettrolizzatori) e alla diminuzione del costo dell'energia impiegata.

Governi e stakeholder devono implementare politiche e schemi finanziari per aumentare le infrastrutture per produrre idrogeno verde e diminuire il prezzo della produzione di idrogeno da fonti rinnovabili.



Le **infrastrutture devono svilupparsi di pari passo con i bisogni dell'industria**. Da qui la nascita delle Hydrogen Valley: **il Governo italiano ha stanziato 500 milioni per la creazione di 52 Hydrogen Valley**. 50 milioni sono riservati ai cosiddetti "progetti bandiera", considerati di rilevanza strategica per le regioni, mentre i restanti **450 milioni sono ripartiti tra i progetti delle Regioni e delle Province Autonome e sono finalizzati alla produzione di idrogeno in aree industriali dismesse**. Si tratta quindi di siti che possiedono già un collegamento alla rete elettrica e che si trovano in una posizione chiave per essere connesse agli utilizzatori del vettore. La Regione con più progetti approvati è proprio la Campania, con ben 6 progetti che porteranno una produzione annua di idrogeno pari a 420 tonnellate.

Rispetto ad altri paesi europei come Francia, Germania e Spagna, **l'Italia non ha ancora finalizzato un sistema di norme e regole favorevoli allo sviluppo dell'idrogeno rinnovabile**. Il nostro Paese ha adottato una serie di misure, dalle linee guida preliminari della strategia per l'idrogeno emanate nel 2020 ai bandi PNRR, fino all'aggiornamento del target idrogeno nella bozza di PNIEC, ma **manca ancora una vera e propria strategia nazionale**, che sarebbe capace di dare un quadro organico delle linee di sviluppo del settore, dei modelli di produzione previsti e del ruolo dell'Italia nello scenario internazionale.

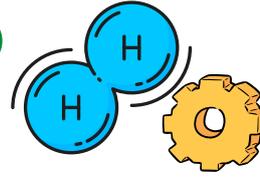
L'accettazione pubblica è un altro fattore chiave. Sono necessari sforzi congiunti tra governi e industrie per educare il pubblico sui benefici dell'idrogeno. Anche perché non va sottovalutato **l'impatto sociale ed economico dell'idrogeno: una creazione dell'economia dell'idrogeno può portare alla creazione di lavoro, opportunità di sviluppo locale e avanzamenti tecnologici**.

Serve un approccio combinato tra aspetti tecnologici, economici, educativi e politici, per un'integrazione di successo dell'idrogeno nel panorama della transizione energetica, che porterà a creazione di lavoro, aumento della sicurezza energetica, benefici sulla salute e mitigazione del cambiamento climatico. Secondo uno studio dell'Hydrogen Council, **l'industria dell'idrogeno potrà generare circa 30 milioni di lavoratori nel mondo entro il 2050**.

L'idrogeno verde ha un ruolo sostanziale nella transizione energetica e, nonostante le attuali sfide, è una grande promessa per un futuro sostenibile. La diffusione dell'idrogeno da rinnovabili, come nuovo e versatile vettore energetico, appare quindi tecnicamente fattibile e avviata alla competitività economica, soprattutto come conseguenza della prevista, imponente transizione verso la generazione elettrica da fonti rinnovabili.



IL RUOLO STRATEGICO DELL'IDROGENO



FONTE ENERGETICA

VETTORE ENERGETICO

INTRODUZIONE

L'idrogeno sta assumendo forte rilevanza come **vettore energetico**.

Importante infatti è chiarire che non si tratta di una fonte di energia come, ad esempio, l'energia del sole. Un vettore energetico non fornisce "direttamente" energia: **è un composto che veicola grandi quantità di energia, con lo scopo di poterla utilizzare a una certa distanza dal momento e dal luogo di produzione**, è come un serbatoio che viene riempito e questa operazione richiede un certo consumo di energia.

Una **fonte energetica**, invece, è una "sorgente" naturale da cui si ottiene direttamente una delle forme di energia utili agli scopi umani (elettrica, termica, luminosa, e meccanica). Solare, eolico, maree, idroelettrico, geotermico, fossile e nucleare corrispondono tutte a questa definizione.

L'idrogeno non è da considerarsi in competizione con le altre tecnologie rinnovabili, ma piuttosto come un valido complemento, per sopperire alle problematiche di intermittenza (quando non si ha produzione) e di accumulo (quando si ha un eccesso di produzione rispetto ai consumi).

LE TIPOLOGIE DI PRODUZIONE



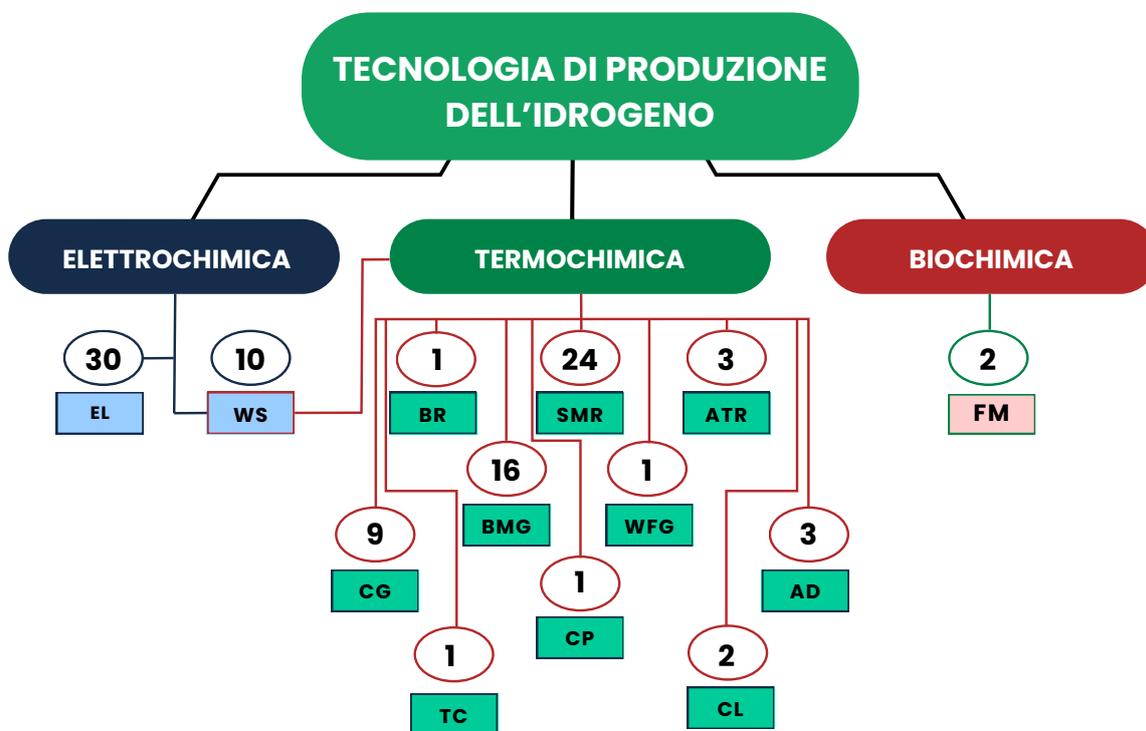
L'idrogeno **non è disponibile in natura nella sua forma pura**, ma è legato ad altri atomi, per formare composti come l'acqua o gli idrocarburi. È necessario quindi separarlo e, per farlo, vi sono varie tecnologie che necessitano di differenti fonti di energia.

Ogni tecnologia di produzione dell'idrogeno ha i suoi impatti ed è caratterizzata da un diverso **LCA (life cycle assessment)**, il metodo standardizzato (ISO standard 14040 e ISO 14044) per analizzare il processo di produzione in ogni sua fase, dall'estrazione delle materie prime, produzione, distribuzione, applicazione, fino allo smaltimento dei rifiuti o riciclo.

In base al processo e alla fonte energetica utilizzati, c'è un **codice** di colori che identifica diverse "forme" di idrogeno.

	Idrogeno MARRONE	Idrogeno GRIGIO	Idrogeno BLU	Idrogeno TURCHESE	Idrogeno GIALLO	Idrogeno ROSA	Idrogeno VERDE
<u>Processo</u>	Gassificazione	Steam reforming	Steam reforming o gassificazione con CCUS	Pirolisi	Elettrolisi	Elettrolisi	Elettrolisi
<u>Fonte energetica</u>	Carbone	Gas metano	Gas metano Carbone	Gas metano	Energia elettrica dalla rete	Energia elettrica nucleare	Energia elettrica rinnovabile

Le macrocategorie delle tecnologie di produzione dell'idrogeno sono 3: termochimica, elettrochimica e biochimica.



elettrochimiche: EL (electrolysis), WS (water splitting)

termochimiche: BR (biogas reforming), SMR (steam methane reforming), ATR (autothermal reforming), BMG (biomass gasification), CG (coal gasification), TC (thermal cracking), CP (coal pyrolysis), CL (chemical looping), AD (autocatalytic decomposition)

biochimiche: FM (fermentation)

Le tecnologie oggi più esplorate sono solamente alcune di queste: la prima è lo SMR (**steam methane reforming**), dove si fa reagire metano e vapore per produrre idrogeno. È attualmente la tecnologia più conveniente e, **stando ai dati del 2021, il 47% dell'idrogeno a livello mondiale è stato prodotto da gas naturale.**

La seconda è invece la BMG (**biomass gasification**), che consiste in un processo in cui biomassa di differente tipologia viene messa a contatto con un agente gassificante (tipicamente, una miscela contenente ossigeno, in presenza di vapor d'acqua/anidride carbonica/azoto), per dare luogo a una sequenza di reazioni chimiche che producono un gas (detto "gas di sintesi") contenente, appunto, idrogeno.

Una particolare sfida oggi è rappresentata dalla possibilità di produrre una miscela contenente una percentuale interessante di H₂ mediante **gassificazione di materiali di scarto**, quali, ad esempio, **biomasse** (come trucioli di legno) o **fanghi da depurazione**. Da studi effettuati in Italia, si è ottenuto un gas di sintesi contenente H₂ intorno al 25% a partire da trucioli di legno di abete e un gas di sintesi al 33% a partire dal trattamento di acque reflue urbane.

Passando invece alle tecnologie elettrochimiche, c'è principalmente l'**elettrolisi**, che consiste nel **dividere le molecole di acqua in ossigeno e idrogeno sfruttando una corrente elettrica**. Quando l'**elettrolisi** è alimentata da **fonti rinnovabili**, si produce il famoso **"idrogeno verde"**.

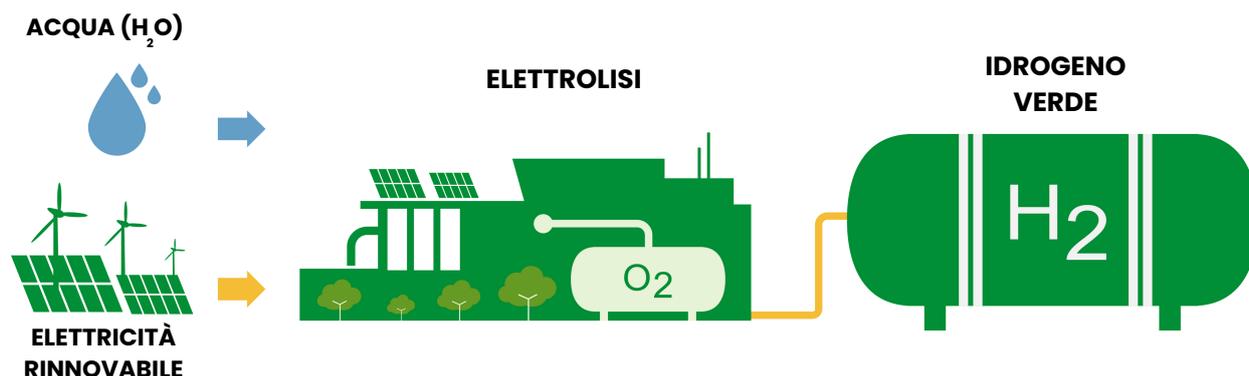
Gli **elettrolizzatori sono perfetti per la generazione decentrata di idrogeno**, poiché possono essere posizionati vicini al luogo di utilizzo. **Produrre idrogeno localmente ha vantaggi in termini di efficienza, trasporto e risparmi nei costi di infrastrutture**.

Ci sono sicuramente degli elementi da migliorare per quanto riguarda l'elettrolisi: lo sviluppo dei catalizzatori, l'ottimizzazione degli elettroliti (i materiali che migliorano conduttività, stabilità ed efficienza del processo), l'integrazione con le fonti rinnovabili, gli studi di scale up (per portare la produzione su larga scala e renderla competitiva) e maggiori e più approfondite analisi di LCA. In Europa i frontrunner nella produzione di idrogeno verde sono Germania, Paesi Bassi e Danimarca, sia su larga scala che decentralizzato. Quello dell'idrogeno verde è senz'altro un panorama dinamico e in rapida evoluzione.

Secondo IRENA (2021), il **12% dell'idrogeno verde, e suoi derivati, è necessario nell'uso di energia al 2050 per lo scenario 1,5°C degli accordi di Parigi del 2015**, uno scenario con 5000 GW di idrogeno con elettrolizzatori. Inoltre, **i costi dell'elettrolisi diminuiranno del 60% entro il 2040**, posto che il costo dell'energia da rinnovabili continuerà ad abbassarsi e la tecnologia legata agli elettrolizzatori andrà migliorando.

In conclusione, ogni tecnologia varia per quantità di calore richiesto, emissioni e altro ancora e ha i suoi pro e contro in termini ambientali ed economici. Si rischia di perdersi dietro le definizioni di "green", "clean", "renewable", "low carbon", "sustainable", ma bisogna ricordare che nemmeno l'idrogeno verde, e in generale nessuna tecnologia, è completamente "net-zero".

Sicuramente, l'idrogeno verde comporta, in termini di emissioni nel ciclo di vita, un ben più basso potenziale per acidificazione e global warming rispetto al tradizionale e più diffuso metodo steam-reforming. **L'elettrolisi tramite energia del vento ha il più basso fattore di emissioni di gas ad effetto serra** ed è richiesto il minimo quantitativo di risorse fossili e minerali. **In termini di LCA, l'elettrolisi alimentata da energia prodotta con vento o idroelettrico è una delle opzioni migliori, se confrontata con le tecnologie che usano fonti fossili.**





IL TRASPORTO

Una volta prodotto, è importante che l'idrogeno sia trasportabile **dal punto di produzione al punto di utilizzo**. Il trasporto deve avvenire secondo modalità sostenibili ed efficienti dal punto di vista energetico, garantendo sicurezza e affidabilità delle forniture.

L'idrogeno, però, ha una **bassa densità volumetrica** a temperatura e pressione standard: significa che **occupa grandi volumi per unità di energia contenuta. 1 kg di idrogeno occupa infatti ben 11,000 litri a pressione e temperatura standard**. Ciò, quindi, comporta delle sfide soprattutto per applicazioni dove lo spazio è limitato (un esempio su tutti, i veicoli).

Inoltre, ha un'**alta densità gravimetrica**, significa che, per unità di peso, contiene molta energia, circa **33,6 kWh/kg**. Un valore molto più alto se paragonato ai combustibili fossili o alle batterie. Questo lo rende un'opzione interessante nelle applicazioni dove il peso è un fattore critico, come l'aviazione o i viaggi nello spazio, ma con le dovute accortezze in termini di sicurezza.

Ci sono diverse soluzioni per poter trasportare questo gas, peraltro altamente infiammabile, ognuna con pro e contro nella sicurezza, nei costi e nell'efficienza.

- SU STRADA, COMPRESSO (BOMBOLE, PACCHI BOMBOLE E CARRI BOMBOLA)
- SU STRADA O ROTAIA, LIQUEFATTO (CISTERNE CRIOGENICHE)
- IN MISCELA CON IL GAS NATURALE NEI GASDOTTI ESISTENTI
- IN CONDOTTE DEDICATE (IDROGENODOTTI)

Può **essere compresso ad alte pressioni (fino a 700 bar) o liquefatto a basse temperature (-253°C)**. In forma liquida, viene trasportato in serbatoi criogenici, che devono essere ben isolati per evitare che la temperatura aumenti e l'idrogeno ritorni in forma gassosa. In forma di gas compresso, si ha una soluzione semplice e relativamente a basso costo, tuttavia i volumi rimangono comunque elevati.



Il trasporto su gomma è in genere l'opzione preferita per piccoli quantitativi, inferiori a 1 tonnellata al giorno, e brevi distanze (poche centinaia di chilometri). Distanze dell'ordine di centinaia di chilometri e/o quantitativi importanti, pari a decine o centinaia di tonnellate al giorno, fanno sì che la scelta si orienti verso il trasporto del prodotto liquefatto o verso condotte appositamente costruite per l'idrogeno, in quanto il trasporto su strada è energeticamente inefficiente su distanze medio lunghe.

ALTA DENSITÀ VOLUMETRICA

BASSA DENSITÀ VOLUMETRICA

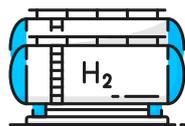
TRASPORTO SU GOMMA

Inoltre, se il numero di questi mezzi in circolazione dovesse significativamente aumentare, ciò comporterebbe anche una maggior probabilità di coinvolgimento in incidenti gravi.

Il **trasporto in condotte** dedicate richiede però un investimento significativo che si giustifica solo per grandi volumi trasportati e garantiti nel tempo. **È stato stimato che il trasporto di idrogeno possa richiedere quasi 4 volte più energia del corrispondente flusso di metano.**

La miscelazione di idrogeno nella rete del gas naturale è stata già indagine di studio in Italia (e anche in Campania). Va ricordato, però, che **l'idrogeno andrebbe miscelato con il gas per essere trasportato negli attuali gasdotti e non potrebbe superare il 10% del totale.** Questo perché l'idrogeno è una molecola molto piccola che va a modificare la struttura dei metalli, inserendosi negli interstizi delle condotte (con conseguenti rischi di infragilimento delle infrastrutture e rischi di fuoriuscita), ed è peraltro altamente infiammabile. Inoltre, essendo l'idrogeno una molecola molto più piccola del metano, **le perdite sarebbero più elevate e più difficilmente rilevabili rispetto a quelle che già si hanno nei gasdotti esistenti.**

Concentrazioni crescenti di idrogeno nella rete del gas naturale comportano una serie di interventi, il cui costo diventa non più giustificabile rispetto alla costruzione di una nuova infrastruttura.



L'ACCUMULO

L'idrogeno ha il grande pregio di **non andare incontro a degradazione**, a differenza di altre forme di stoccaggio di energia come le batterie o i pompaggi.

Sistemi di accumulo efficienti ed economici sono necessari per **poterne differire l'utilizzo nel tempo.** Le opzioni di accumulo disponibili sul mercato sono la compressione e la liquefazione.

I sistemi di accumulo di gas compresso utilizzano serbatoi di acciaio e **serbatoi geologici**, come ad esempio le caverne di sale. Lo stoccaggio di idrogeno puro allo stato gassoso in caverne saline è probabilmente il modo più efficace di stoccare idrogeno. La tecnologia di **accumulo geologico** è però ancora poco conosciuta in Italia.

Con riferimento all'intermittenza e alla variabilità stagionale delle fonti rinnovabili, è utile prevedere la disponibilità di uno stoccaggio stagionale su larga scala, che si aggiunga ad altre opzioni quali le batterie e i pompaggi elettrici.



L'accumulo allo stato liquido è stato studiato soprattutto per le applicazioni del settore spaziale, ma il processo di liquefazione, purtroppo, comporta un grande dispendio di energia, nel migliore dei casi circa un terzo del contenuto energetico dell'idrogeno di partenza.

Tanta è la ricerca che sta venendo portata avanti per sistemi di accumulo alternativi alla compressione e alla liquefazione: si tratta principalmente dell'**adsorbimento su materiali porosi** e altre tecnologie di **accumulo allo stato solido** che evitano i problemi di sicurezza e le criticità che derivano dalla manipolazione di gas ad alta pressione o di liquidi criogenici, ma che per ora sono confinate ad applicazioni di nicchia.

In conclusione, è necessario un approccio articolato nello sviluppo dei sistemi di trasporto e di accumulo, bilanciando capacità, sicurezza e costi per garantire sostenibilità e uno sviluppo efficiente dell'idrogeno. Lo sviluppo di una robusta infrastruttura è necessario per assicurare la disponibilità e l'accessibilità dell'idrogeno nelle sue varie applicazioni. **È dalla possibilità di produrre, accumulare e trasportare in maniera efficiente grandi quantità di idrogeno che dipende il futuro di questo vettore energetico.**

I CAMPI DI UTILIZZO



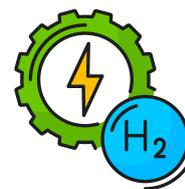
L'**idrogeno è estremamente versatile** in quanto a utilizzi. È importante, quindi, **definire le aree dove può avere l'impatto più significativo.**

Oggi l'idrogeno viene principalmente utilizzato nell'**industria petrolchimica**, in particolare in **processi di raffinazione** e *upgrading* di prodotti petroliferi, ma anche nella **sintesi dell'ammoniaca**, composto richiesto soprattutto dall'industria dei fertilizzanti, nella produzione di metanolo e nella **produzione di acciai**. Per questi utilizzi sono necessari elevati quantitativi di idrogeno e, dato che questo gas non è facilmente trasportabile, sono state nel tempo privilegiate soluzioni per produrlo sul posto, con materie prime lì disponibili, e al minor costo possibile, tralasciando l'impatto ambientale in termini di emissioni climalteranti.

Oggi però, una nuova e diffusa disponibilità del vettore energetico idrogeno apre diverse **nuove opzioni di utilizzo**. Gli stringenti vincoli emissivi rendono necessario l'idrogeno per quelle applicazioni che non sono elettrificabili con le fonti rinnovabili e che non hanno alternative per essere decarbonizzate. I principali benefici dell'idrogeno potranno essere: valorizzazione delle eccedenze di energia elettrica da fonti rinnovabili e decarbonizzazione dei settori di uso finale più difficilmente elettrificabili.

- **GENERAZIONE DI ENERGIA ELETTRICA/ACCUMULO**

Per la decarbonizzazione al 2050, la produzione di energia elettrica dovrà puntare a essere completamente rinnovabile, con un ruolo preponderante di solare ed eolico.



Il sistema elettrico avrà bisogno di **flessibilizzare i carichi e introdurre capacità di accumulo**, a causa dell'enorme produzione da fonti rinnovabili come solare ed eolico. In questo senso, **l'idrogeno potrà avere un ruolo attivo nella flessibilità del sistema elettrico**. Valori di produzione così alti da queste fonti creano la necessità di uno **stoccaggio a lungo termine e stagionale dell'idrogeno**.

- **TRASPORTI**

Altro settore è quello dei **trasporti**: i veicoli a idrogeno hanno delle celle a combustibile (in inglese *fuel cell*), che producono elettricità tramite un processo elettrochimico che non prevede combustione e, di conseguenza, emissione di CO₂ e altre sostanze inquinanti.



Autonomia, tempo di rifornimento e rapporto energia/peso sono sicuramente dei punti a favore per il trasporto privato e pubblico su strada. Non va però dimenticato che **l'efficienza energetica complessiva associata al processo è del 33% nel caso dei veicoli a idrogeno, contro il 77% nel caso dei veicoli elettrici a batteria**. Significa che, a parità di mezzo e distanza percorsa, **un veicolo a idrogeno richiede una produzione di energia rinnovabile di oltre il doppio dell'energia rispetto all'alternativa elettrica a batteria, con un aumento considerevole anche dei costi d'esercizio**.

L'idrogeno non ha alcun ruolo nella decarbonizzazione del trasporto leggero: la maggiore efficienza di auto e furgoni elettrici, i minori costi d'esercizio che determinano già oggi - per alcuni segmenti - un costo totale di proprietà minore rispetto al veicolo tradizionale a benzina (o ad un veicolo *fuel cell*), la maturità tecnologica e la prontezza commerciale, non lasciano dubbi sulla **mobilità elettrica a batteria come tecnologia predominante**.

Piuttosto, l'idrogeno ha interessanti prospettive di sviluppo in diversi altri settori dei trasporti: **ferroviario, nautico/navale e anche aeronautico**.

Per affrontare le sfide della decarbonizzazione nel trasporto via mare, i combustibili a base di idrogeno sono tra le migliori opzioni. Per il trasporto ferroviario, l'idrogeno potrà costituire un'opzione per quelle tratte difficilmente elettrificabili, mentre per l'aviazione i biocombustibili avanzati e i combustibili a base di idrogeno risultano essere le opzioni più promettenti.

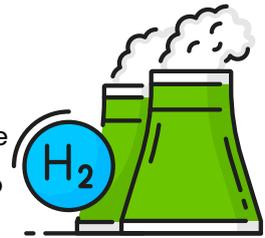
Se per le auto l'elettricità avrà il ruolo principale nel mix energetico, per i veicoli pesanti la necessità di coprire lunghe distanze e portare elevate quantità di prodotti richiede il ricorso a una varietà più ampia di tecnologie e combustibili. Il volume necessariamente elevato delle batterie per l'autotrasporto potrebbe essere un ostacolo all'elettrificazione di questo segmento.

- **INDUSTRIA AD ALTA DENSITÀ ENERGETICA**

Ultimo, ma non per importanza, è il settore dell'industria pesante.

L'industria rappresenta proprio un settore che difficilmente potrà

essere completamente elettrificato, a causa delle grandi quantità di calore industriale e /o di agenti riducenti per i processi produttivi (come per il vetro e l'acciaio).



Secondo l'IEA, **l'industria può raggiungere un effettivo obiettivo di decarbonizzazione col miglioramento dell'efficienza energetica, sostituzione dei combustibili fossili con carburanti a base biologica, elettricità rinnovabile e/o idrogeno.**

Un uso promettente è quello della produzione di acciaio, utilizzando idrogeno anziché gas naturale nel processo di riduzione del minerale di ferro che utilizza i forni elettrici. O ancora, può sostituire il carbone o il coke negli altiforni nel ciclo integrale (come quello di Taranto, unico sito siderurgico a ciclo integrale in Italia). Una tecnologia matura, ma ancora frenata dal costo dell'idrogeno. Interessante è quindi la prospettiva di sostituzione dell'acciaio da produzione a ciclo integrato con acciaio pre-ridotto e forni a idrogeno.

Altri settori potranno essere la **produzione di vetro**, la **chimica** e la **petrolchimica**, settori questi ultimi dove l'idrogeno è già attualmente utilizzato, come spiegato a inizio paragrafo, come feedstock, ossia come materia prima, ma non come vettore energetico.

LE SFIDE ATTUALI



L'idrogeno è certamente una promessa significativa per la transizione energetica, ma ci sono una serie di sfide che è necessario vincere per poter far esprimere il pieno potenziale di questo vettore energetico:

- **costi di produzione:** al momento la maggior parte dell'idrogeno è prodotto da gas attraverso lo steam methane reforming, un metodo poco costoso ma che rilascia CO₂. L'elettrolisi con fonti rinnovabili è significativamente più costosa. Ridurre il costo della produzione da idrogeno verde è una delle principali sfide per la sua diffusione a livello globale.
- **infrastruttura:** tutto ciò che riguarda le strutture per la produzione, l'accumulo e le reti di distribuzioni sono al momento limitate. Costruire questa infrastruttura richiederà investimenti significativi.

- **efficienza**: il processo di produzione, accumulo, trasporto e utilizzo comporta delle perdite di energia, che devono essere bilanciate dai benefici del suo utilizzo, soprattutto in settori difficilmente “decarbonizzabili”.
- **maturità della tecnologia**: ulteriore ricerca e sviluppo sono necessari per portare le tecnologie, in particolare quelle legate all’idrogeno verde, sul mercato.
- **quadro politico**: deve essere sviluppato un quadro normativo che supporti la produzione, l’accumulo, il trasporto e l’utilizzo dell’idrogeno.
- **consapevolezza e accettazione pubblica**: come per ogni nuova tecnologia, la disinformazione e la non comprensione su sicurezza e benefici dell’idrogeno possono ostacolarne la diffusione.

PERCHÉ SÌ ALL’IDROGENO VERDE (e no agli altri colori)?

EMISSIONI QUASI ZERO

L’idrogeno verde non produce emissioni di gas serra durante la sua produzione e utilizzo



RINNOVABILE

L’idrogeno verde è prodotto utilizzando fonti di energia rinnovabile, come il solare e l’eolico, che non si esauriscono a differenza dei combustibili fossili utilizzati per produrre idrogeno blu, grigio e marrone.



VERSATILE

L’idrogeno verde può essere utilizzato in diversi settori, tra energia, trasporto aereo e marittimo e industria, rendendolo una soluzione versatile per la transizione verso l’energia pulita.

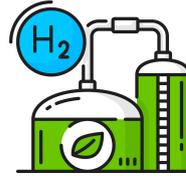


Affinché l’idrogeno abbia un **ruolo decisivo nella transizione energetica**,

Il livello di emissioni di CO₂ equivalenti dell’intera filiera di produzione, accumulo e trasporto dell’idrogeno deve essere il più contenuto possibile **per poter effettivamente contribuire al processo di decarbonizzazione**.

Ciò non è possibile se si utilizzano idrogeno grigio e blu.

LE HYDROGEN VALLEY DEL PNRR



Per promuovere l'utilizzo dell'idrogeno, nell'ambito del PNRR il **Governo ha stanziato 500 milioni per la creazione di 52 Hydrogen Valley**. 50 milioni sono riservati ai cosiddetti "progetti bandiera", considerati di rilevanza strategica per le regioni, mentre i restanti **450 milioni sono ripartiti tra i progetti delle Regioni e delle Province Autonome e sono finalizzati alla produzione di idrogeno in aree industriali dismesse**. Si tratta quindi di siti che possiedono già un collegamento alla rete elettrica e che si trovano in una posizione chiave per essere connesse agli utilizzatori del vettore.

L'obiettivo dell'operazione è attivare in Italia almeno 10-50 MW di valli dell'Idrogeno.



 Hydrogen Valley

REGIONI	N.	CITTÀ	AREE INDUSTRIALI DISMESSE
VALLE D'AOSTA	2	Cogne (AO)	Cogne Acciai Speciali
		Aosta (AO)	Compagnia Valdostana delle Acque
PIEMONTE	3	Premosello-Chiovenda (VB)	Films Spa
		Gattinara (VC)	RF-IDRA, RF-40
		Novara (NO)	SARPOM
LIGURIA	1	Cairo Montenotte (SV)	Autotrasporti Pensiero
LOMBARDIA	4	Cairate (VA)	Expand
		Mantova (MN)	Gruppo Sapiro
		Verolanuova (BS)	Lucchini energy Srl
		Mura (BS)	Raffmetal
TRENTINO-ALTO ADIGE	4	Riva del Garda (TN)	Cantiere del Garda
		Rovereto (TN)	Dolomiti Energia Holding
		Borgo Valsugana (TN)	Polytec Energy e Polytec Spa
		Bolzano (BZ)	SASA, Alperia
VENETO	1	Venezia (VE)	Sapiro Produzione Idrogeno Ossigeno Srl

REGIONI	N.	CITTÀ	AREE INDUSTRIALI DISMESSE
FRIULI-VENEZIA GIULIA	1	Trieste (TS)	AcegasApsAmga S.p.A.
EMILIA-ROMAGNA	1	Modena (MO)	Hera, Snam
TOSCANA	2	Carrara (MS)	F2 Holding Portuale Spa
		Rosignano Marittimo (LI)	Solvay Chimica Italia Spa, Sapio Produzione
UMBRIA	1	Narni (TR)	Sangraf Italy
MARCHE	3	Marche	Esdigis4u
		Monte Urano (FM)	Konia
		Marche	RTI
LAZIO	2	Civitavecchia (RM)	Civitavecchia Fruit & Forest Terminal (CFFT)
		Frosinone (FR)	Engie Servizi
ABRUZZO	2	Rosciano (PE)	Blu Solar
		Vasto (CH)	ARAP
MOLISE	3	Guglionesi (CB)	(Foglia Umberto)
		Pettoranello (IS)	Recupero Etico Sostenibile
		Isernia (IS)	SIRAM

REGIONI	N.	CITTÀ	AREE INDUSTRIALI DISMESSE
CAMPANIA	6	Acerra (NA)	Engie Servizi
		Quarto (NA)	F.M.C.
		Pignataro Maggiore (CE)	Igat
		Avellino (AV)	IVPC 4.0
		Battipaglia (SA)	Jcoplastic
		Acerra (NA)	So.F.Invest
BASILICATA	3	Ferrandina (MT)	Greenswitch
		Matera (MT)	MER MEC Spa
		Tito (PZ)	Patrone e Mongiello
PUGLIA	5	Campi Salentina (LE)	Ce.Ri.Sma
		Cerignola (FG)	Cericherm Biopharm
		Cerano (BR)	Enel
		Taranto (TA)	Panita
		Taranto (TA)	Solarind Green
CALABRIA	1	Lamezia Terme (CZ)	Teca Gas

REGIONI	N.	CITTÀ	AREE INDUSTRIALI DISMESSE
SICILIA	4	Pace del Mela (ME)	Duferco Energia Spa
		Catania (CT)	Etna Hitech SCpA
		Siracusa (SR)	Resintegra srl
		Catania (CT)	Società agricola Agrobiofert
SARDEGNA	3	San Lorenzo (SS)	Maffei Sarda Silicati
		Porto Torres (SS)	Nuove Tecno Energie Srl (QAIR Srl)
		Carbonia (SU)	Sotacarbo Spa

Le Hydrogen Valley non saranno soltanto centri di produzione, ma **hub da cui potrà partire lo sviluppo di un vero e proprio mercato dell'idrogeno**, con l'obiettivo di decarbonizzare i settori *hard-to-abate* e contribuire all'indipendenza energetica del Paese. Da Nord a Sud, infatti, verranno creati una serie di hub dove produrre, trattare, stoccare e distribuire idrogeno.

Il Mezzogiorno è l'area maggiormente interessata, con 28 di 52 progetti, per un investimento totale di 225 milioni di euro.

Al Nord prenderanno vita 17 progetti per 162,5 milioni di euro (36%) e al Centro 7, per un totale di 62,5 milioni di euro (14%).

Guardando alle singole regioni, **gli investimenti più ingenti** sono concentrati in tre regioni del Sud: **Campania (6 progetti finanziati)**, Puglia (5 progetti) e Sicilia (4 progetti), che hanno ammesso a finanziamento 40 milioni di euro ciascuna.



<p>AZIENDA</p>	<p>ENGIE SERVIZI S.P.A.</p> 
<p>LOCALIZZAZIONE</p>	<p>Strada Provinciale Pomigliano - Acerra 10-11 (80011)</p>
<p>TECNOLOGIA DI PRODUZIONE UTILIZZATA</p>	<p>Elettrolizzatore a membrana polimerica (PEM).</p> <p>L'elettrolizzatore PEM si caratterizza da una rapida risposta che lo rende ideale non soltanto per l'inseguimento della produzione delle rinnovabili, ma anche per i mercati di bilanciamento della rete primaria e secondaria e per soddisfare gli eventuali deficit energetici</p>
<p>CARATTERISTICHE IMPIANTO</p>	<p>Elettrolizzatore da 1 MW Impianti fotovoltaici da 1586 kWp Produzione di 104 ton/anno</p>

BREVE RELAZIONE DESCRITTIVA

La finalità del progetto consiste nella produzione di idrogeno verde, ottenuto dall'elettrolisi dell'acqua utilizzando energia elettrica prodotta da pannelli fotovoltaici.

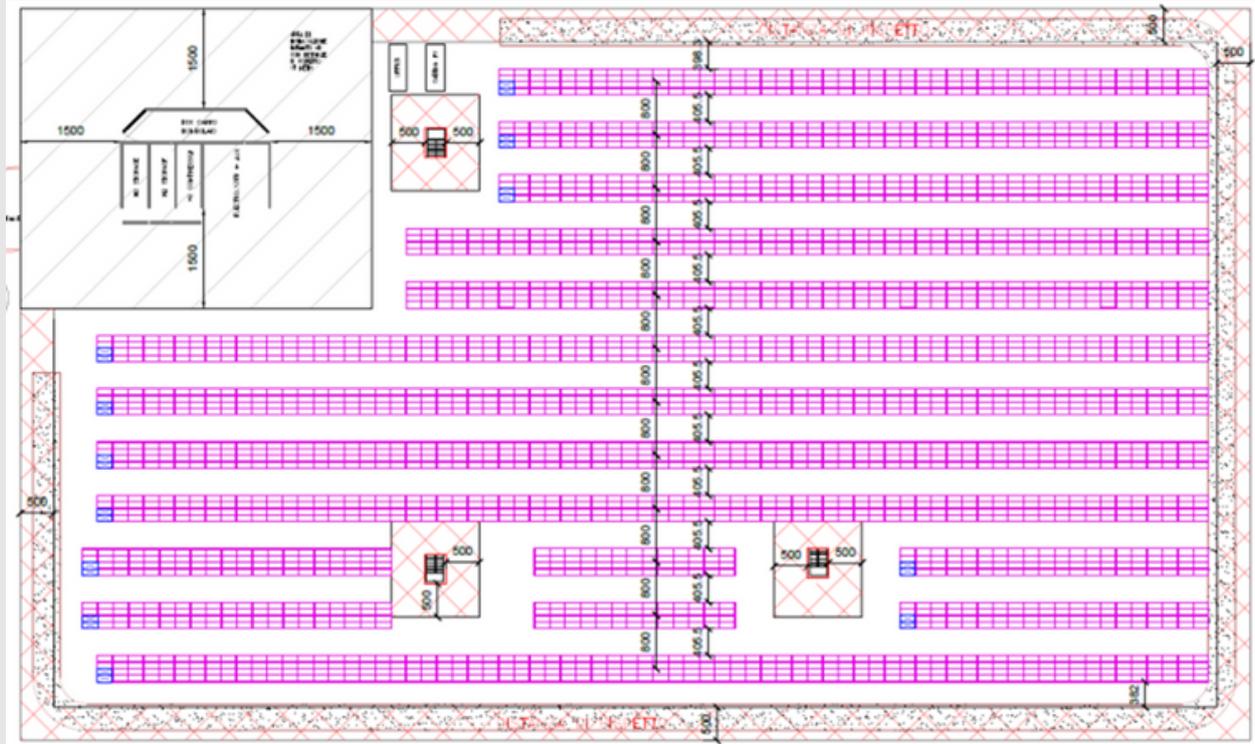
L'idrogeno così prodotto sarà reso a imprese che ne fanno già uso per i propri processi chimico-fisici e/o manifatturieri specifici.

In uscita dall'elettrolizzatore l'idrogeno viene portato tramite compressione ad una pressione di 250 bar così da poterlo stoccare in serbatoi e utilizzarlo successivamente.

Sarà poi fatto confluire in carri bombolai che trasporteranno l'Idrogeno presso i siti finali dei clienti.

L'area industriale dismessa identificata per la realizzazione del suddetto impianto è ubicata nella zona industriale di Acerra a Sud del centro abitato. La prossimità al sito di una fitta area ricca di realtà industriali energivore, che hanno già manifestato il loro interesse ad un processo di decarbonizzazione della loro filiera, fanno del sito individuato un punto di interesse strategico di grande potenzialità e con elevate possibilità di ampliamento in futuro.

PLANIMETRIA



ENGIE SERVIZI S.P.A.

<p>AZIENDA</p>	<p>SO.F.INVEST. S.R.L. </p>
<p>LOCALIZZAZIONE</p>	<p>In area compresa nel complesso industriale dismesso ex Montefibre sito in Acerra (NA), contrada Pagliarone</p>
<p>TECNOLOGIA DI PRODUZIONE UTILIZZATA</p>	<p>Elettrolizzatore AEM da 1 MW alimentato da un impianto fotovoltaico ad inseguimento solare con pannelli bifacciali da 1,4 MW elettrici di picco</p>
<p>CARATTERISTICHE IMPIANTO</p>	<p>Elettrolizzatore da 1 MW Impianto fotovoltaico da 1,4 MW Produzione di 420 tonn/anno</p>

BREVE RELAZIONE DESCRITTIVA

I componenti essenziali dell’impianto sono: un impianto fotovoltaico da 1,4 MW, un elettrolizzatore AEM da 1 MW, un serbatoio di stoccaggio di idrogeno da 70 kg a 35 bar, un compressore elevatore con pressione massima di 950 bar ed un serbatoio di stoccaggio di idrogeno a 930 bar da 75 kg. L’impianto fotovoltaico è del tipo ad inseguimento solare con potenza elettrica di picco pari a 1.425 kWp ed è basato su moduli fotovoltaici bifacciali di ultima generazione in silicio monocristallino.

La totalità dell’energia elettrica prodotta dall’impianto fotovoltaico alimenterà un elettrolizzatore AEM da 1 MW destinato alla produzione di idrogeno verde, completo di sistema di deumidificazione e filtraggio dell’idrogeno prodotto e avente capacità nominale di produzione pari a 18,8 kg/h. L’elettrolizzatore, costituito da 420 stack suddivisi in 42 stringhe indipendenti, ognuna in grado di modulare la potenza tra il 60 e il 100% della propria capacità, garantisce al sistema una notevole capacità di adeguare la produzione di idrogeno all’energia elettrica prodotta dall’impianto fotovoltaico.

L’idrogeno prodotto dall’elettrolizzatore verrà successivamente inviato a un primo serbatoio di stoccaggio a 35 bar, utilizzato per disaccoppiare l’elettrolizzatore dal compressore a valle. Quest’ultimo componente, realizzato in modalità containerizzata completa di sicurezze e sistema di intercooling, avrà una capacità nominale pari a 14 kg/h e consentirà di elevare la pressione dell’idrogeno prodotto da 35 bar a 930 bar. A valle del compressore sarà installato un sistema di stoccaggio ad alta pressione a 930 bar composto da singoli cilindri da 50 litri/cadauno.

PLANIMETRIA



ENGIE SERVIZI S.P.A.

SONO STATI GIÀ SOTTOSCRITTI ACCORDI CON IMPRESE AFFERENTI ALL'AREA INDUSTRIALE DI RIFERIMENTO?

La produzione di idrogeno sarà principalmente destinata ad alimentare una flotta di veicoli industriali di proprietà di una società del territorio, la Planetaria Srl, facente capo insieme ad altre aziende alla Greenenergy Holding S.p.A., con quest'ultima sottoposta a direzione e coordinamento da parte di So.F.Invest. S.R.L.

AVETE UNA STIMA DEL NUMERO DI POSTI DI LAVORO PREVISTI?

Si stima l'impiego di 15 professionisti per la fase di progettazione e autorizzazione dell'impianto, 60 operatori nella fase di costruzione e 5 addetti per la gestione dell'impianto.

<p>AZIENDA</p>	<p>JCOPLASTIC SPA </p>
<p>LOCALIZZAZIONE</p>	<p>Viale Spagna, Battipaglia (SA) Stabilimento Ex Treofan</p>
<p>TECNOLOGIA DI PRODUZIONE UTILIZZATA</p>	<p>Elettrolizzatore alcalino</p>
<p>CARATTERISTICHE IMPIANTO</p>	<p>Elettrolizzatore da 3 MW Impianto fotovoltaico da 7,5 MW+5,5 MW Produzione di 140 tonn/anno</p>

BREVE RELAZIONE DESCRITTIVA

L’impianto per la produzione di Idrogeno consisterà in un elettrolizzatore da 3 MW alimentato da 7,5 MW di fotovoltaico + 5,5 MW addizionali. La produzione di idrogeno, derivante dal processo elettrolitico, verrà impiegata per l’autoconsumo utilizzando *fuel cell* per alimentare i due stabilimenti di produzione. Ciò al fine di sostituire l’attuale approvvigionamento energetico da gas metano.

AVETE UNA STIMA DEL NUMERO DI POSTI DI LAVORO PREVISTI?

Progettazione: 10 persone
Realizzazione: 37 persone
Gestione impianto: 3 persone

PLANIMETRIA



JCOPLASTIC SPA

Nel tentativo di affermare la tecnologia dell'idrogeno nei trasporti su gomma, il PNRR ha finanziato anche le stazioni di rifornimento per le auto a idrogeno. Entro il secondo trimestre del 2026 ci saranno **36 nuove stazioni in tutta Italia**, corrispondenti ai 36 progetti che sono stati ammessi al contributo concesso dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con **fondi del PNRR**. In controtendenza alle scelte delle multinazionali energetiche che nel Regno Unito e negli Stati Uniti chiudono diverse stazioni di rifornimento per veicoli leggeri, in favore del trasporto pesante.



 Stazioni di rifornimento per i veicoli a idrogeno

Di seguito si riporta il riepilogo della [graduatoria completa](#) con i **progetti ammessi** e i **luoghi** dove saranno le stazioni di rifornimento a idrogeno:

VALLE D'AOSTA	1	Pollein (AO)	SOL SpA
PIEMONTE	5	Tortona (AL)	Milano Serravalle SpA
		Vicolungo (NO)	Sapio Srl / Keropetrol SpA
		Torrazza Piemonte (TO)	Snam 4 Mobility SpA
		Arquata Scrivia (AL)	Snam 4 Mobility SpA
		Belforte Ovada (AL)	Snam 4 Mobility SpA
LOMBARDIA	5	Carugate Est (MI)	Milano Serravalle SpA
		Carugate Ovest (MI)	Milano Serravalle SpA
		Mantova (MN)	Sapio Srl / Keropetrol SpA
		San Donato Milanese (MI)	ENI SpA Mobility
		Torre d'Isola (PV)	Snam 4 Mobility SpA

TRENTINO-ALTO ADIGE	6	Bolzano (BZ)	SASA SpA
		Merano (BZ)	SASA SpA
		Vipiteno (BZ)	Autostrada del Brennero SpA
		Lavis Est (TN)	Autostrada del Brennero SpA
		Lavis Ovest (TN)	Autostrada del Brennero SpA
		Brunico (BZ)	Alperia Greenpower Srl
VENETO	8	Mestre (VE)	ENI SpA Mobility
		Verona (VR)	Autostrada del Brennero SpA
		Paese (TV)	Green Factory Srl
		Meolo (VE)	Edison SpA
		San Bonifacio (VR)	Edison SpA
		Limena (PD)	Snam 4 Mobility SpA
		Monselice (PD)	Snam 4 Mobility SpA
		San Donà di Piave (VE)	Gemmo SpA / Simplify SB Srl

FRIULI-VENEZIA GIULIA	1	Porpetto (UD)	Q8 Petroleum Italia SpA
EMILIA-ROMAGNA	1	Piacenza (PC)	Edison SpA
TOSCANA	1	Le Fosse (AR)	Beyfin SpA Soc. Benefit
LAZIO	2	Roma (RM)	Q8 Petroleum Italia SpA
		Roma (RM)	Q8 Petroleum Italia SpA
ABRUZZO	1	Avezzano (AQ)	Snam 4 Mobility SpA
PUGLIA	3	Bari (BA)	Dilella Invest SpA / Hope Srl
		Taranto (TA)	ENI SpA Mobility
		Bari (BA)	Snam 4 Mobility SpA
CALABRIA	1	Lamezia Terme (CZ)	Teca Gas Srl
SARDEGNA	1	Sestu (CA)	Italgas Reti SpA

A proposito, però, del **trasporto leggero e della sua decarbonizzazione utilizzando l'idrogeno**, è importante ricordare che i processi di produzione dell'idrogeno richiedono un grande dispendio di energia e **sarebbe stato opportuno concentrare il suo utilizzo solo per quei punti di consumo difficilmente convertibili con le rinnovabili, come le industrie pesanti o la mobilità pesante come quella navale e aerea.**

L'industria mondiale dell'automotive ha già investito in modo massiccio nella tecnologia elettrica a batteria, presentando sul mercato sempre più modelli di veicoli elettrici, che risultano essere l'unica opzione commercialmente pronta ed economicamente percorribile in grado di rispettare i target di riduzione di CO₂ necessari alla decarbonizzazione.

SITOGRAFIA



ARTICOLI ONLINE



<https://greenreport.it/news/energia/hydrogen-valley-500-milioni-del-pnrr-a-52-hub-per-la-produzione-di-idrogeno-verde/>

<https://www.rinnovabili.it/energia/idrogeno/hydrogen-valleys-distretti-idrogeno/>

<https://www.qualenergia.it/articoli/miscelare-idrogeno-su-reti-gas-esistenti-limiti-costi-trasporto/>

ARTICOLI SCIENTIFICI



<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123024001439>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319924004488>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957582024001459#:~:text=Hydrogen%20role%20in%20the%20global,Siddiqui%20and%20Dincer%2C%202019>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484723015871>

<https://www.mdpi.com/1996-1073/15/16/5883>

<https://analyticalsciencejournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jctb.7393>

REPORT



https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2021/05/ruolo-idrogeno-nel-trasporto-terrestre_2021.pdfhttps://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2021/05/ruolo-idrogeno-nel-trasporto-terrestre_2021.pdf

partner





**LEGAMBIENTE
CAMPANIA**

Seguici su [legambiente.campania.it](https://www.legambiente.campania.it)

