



# MASTERPLAN IDROGENO

## EUREGIO TIROLO – ALTO ADIGE – TRENTINO

Corridoio dell'idrogeno lungo l'asse del Brennero



# IMPRONTA

**n. 01/2021**  
Prof. Konrad Bergmeister

**Committente:**  
GECT Euregio Tirolo – Alto Adige – Trentino

**E-Mail:**  
info@europaregion.info

**Data:**  
01/2021





La presente relazione consta di 180 pagine. La pubblicazione e l'utilizzo a fini promozionali sono consentiti solo con l'autorizzazione dell'autore.

# Indice

<b>1.</b>	<b>Obiettivi .....</b>	<b>9</b>
<b>2.</b>	<b>Direttive, norme, legislazione, bibliografia.....</b>	<b>17</b>
2.1.	Direttive, norme, legislazione comunitaria .....	17
2.2.	Basi per l'attuazione della strategia nell'Euregio .....	18
2.3.	La strategia europea .....	19
2.4.	Standard .....	22
2.5.	Bibliografia.....	24
<b>3.</b>	<b>Mobilità, veicoli, energia, emissioni .....</b>	<b>31</b>
3.1.	Energia ed emissioni.....	33
3.1.1.	Produzione di energia elettrica .....	33
3.1.2.	Produzione di idrogeno con energia verde (idroelettrica).....	34
3.1.3.	Veicoli a idrogeno.....	34
3.1.4.	Vapore acqueo.....	35
3.1.5.	Bilancio delle emissioni nella trazione a idrogeno.....	35
<b>4.</b>	<b>Idrogeno – Lo stato dell'arte .....</b>	<b>41</b>
4.1.	Applicazioni dell'idrogeno .....	41
4.2.	Sviluppi internazionali.....	43
4.2.1.	Giappone .....	48
4.2.2.	Australia.....	48
4.2.3.	Paesi Bassi.....	49
4.2.4.	Svizzera.....	50
4.2.5.	Francia .....	51
4.2.6.	Germania.....	52
4.2.7.	Austria .....	54
4.2.8.	Italia.....	55
4.2.9.	USA .....	56
4.2.10.	Sviluppi internazionali .....	58
4.3.	Gli sviluppi nell'Euregio .....	59
4.3.1.	Presupposti attuali.....	59
4.3.2.	Passi intrapresi.....	61
4.3.3.	Idee e progetti per il futuro.....	62
4.4.	Impiego dell'idrogeno per la mobilità .....	66
4.4.1.	Traffico pesante.....	66
4.4.2.	Autobus per trasporto pubblico .....	67

4.4.3.	Trasporto pubblico su rotaia .....	67
4.5.	Fabbisogno e bilancio energetico.....	69
4.6.	Produzione di idrogeno .....	70
4.7.	Stoccaggio .....	72
4.8.	Distributori .....	78
4.8.1.	Considerazioni generali .....	78
4.8.2.	Integrazione tra stazioni di rifornimento di idrogeno con impianti di conversione energetica da 6 MW.....	80
4.8.3.	Idee per nuove stazioni energetiche multifunzione .....	83
4.8.4.	Componenti.....	85
4.8.5.	Pacchetti completi.....	102
4.9.	Veicoli .....	107
4.9.1.	Veicoli attualmente disponibili .....	108
<b>5.</b>	<b>Strategia dell'Euregio Tirolo – Alto Adige – Trentino .....</b>	<b>115</b>
5.1.	Tirolo .....	116
5.2.	Alto Adige.....	118
5.3.	Trentino.....	119
5.4.	Strategie comuni .....	119
<b>6.</b>	<b>Progetti di ricerca e formazione .....</b>	<b>121</b>
<b>7.</b>	<b>Comunicazione .....</b>	<b>123</b>
<b>8.</b>	<b>Euregio Tirolo-Alto Adige-Trentino.....</b>	<b>125</b>
8.1.	Raccomandazioni .....	125
8.2.	Interventi attuativi .....	132
8.3.	Effetti nell'Euregio.....	140
8.3.1.	Situazione attuale 2020.....	140
8.3.2.	Scenario Euregio 2025 .....	145
8.3.3.	Scenario Euregio 2030 .....	146
8.4.	Conclusione .....	148
	<b>Indice delle figure.....</b>	<b>151</b>
	<b>Indice delle tabelle .....</b>	<b>153</b>

<b>Allegato 1:</b>	Stazioni energetiche multifunzione innovative.....	155
--------------------	--	-----

<b>Allegato 2:</b>	La ricerca sull'idrogeno negli USA.....	159
--------------------	---	-----

<b>Allegato 3:</b>	La ricerca sull'idrogeno in Europa.....	169
--------------------	---	-----





# 1. Obiettivi

L'Euregio Tirolo – Alto Adige – Trentino, istituita nel 2011 in base al regolamento UE 1082 del 5 luglio 2006 come organismo dotato di propria personalità giuridica, riunisce circa 1,8 milioni di abitanti su una superficie complessiva di 26.255 km<sup>2</sup>. L'UE mira ad attuare entro il 2030 un piano da 140 miliardi di euro volto a realizzare una completa decarbonizzazione dell'economia attraverso l'impiego dell'idrogeno.

L'Europa persegue così la neutralità climatica in conformità con gli obiettivi dell'accordo di Parigi che prevedono di mantenere il riscaldamento globale ben al di sotto dei 2°C, limitandolo possibilmente a 1,5°C. Inoltre, l'Unione Europea si propone di raggiungere la neutralità delle emissioni di gas serra entro il 2050.

La strategia UE per l'idrogeno ("A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe") ha ricevuto nuovo impulso grazie all'alleanza per l'idrogeno avviata l'8 luglio 2020.<sup>1</sup>

Nel documento politico dell'8 luglio 2020 si parla specificamente di "Local Hydrogen Clusters" e "Hydrogen Valleys", che ben si accordano con gli sviluppi in atto nell'Euregio, L'idrogeno è un elemento essenziale della cogenerazione.

I progetti saranno portati avanti con fondi UE specificamente destinati a favorire lo sviluppo degli elettrolizzatori su tutto il territorio comunitario: l'obiettivo è di far nascere entro il 2024 una rete di elettrolizzatori fino a 6 Gigawatt (GW) di potenza in grado di produrre un milione di tonnellate di idrogeno verde da energie rinnovabili, per puntare poi entro il 2030 ad avere impianti fino a 40 GW di potenza capaci di produrre fino a 10 milioni di tonnellate di idrogeno.

Tra il 2030 e il 2050 si prevede di sviluppare e affinare ulteriormente le tecnologie per riuscire infine a realizzare in tutti i settori una decarbonizzazione su larga scala. Attualmente nell'UE circa il 75% delle emissioni di gas serra è dovuto alla produzione e al consumo di energia.

La tecnologia dell'idrogeno è considerata a livello internazionale il "fattore facilitante" per la transizione verso un'energia sostenibile. Attualmente nel mondo si producono circa 70 milioni di tonnellate di idrogeno all'anno. Essendo presente in natura prevalentemente in forma legata, l'idrogeno deve essere estratto e stoccato per le varie applicazioni tecnologiche e industriali. Per questo motivo l'idrogeno non viene classificato come fonte energetica, bensì come vettore energetico.

<sup>1</sup> [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen\\_strategy.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf), consultato in luglio 2020.

Ma affinché l'idrogeno possa divenire una componente della strategia di decarbonizzazione, deve essere riconvertita l'intera catena di valore che include la produzione di energia, la produzione di idrogeno, lo stoccaggio e la fornitura nonché la relativa infrastruttura logistica. Inoltre, nel settore dei trasporti devono essere sviluppati e impiegati i veicoli adatti. Nello specifico, la nuova ferrovia con il tunnel di base del Brennero, le tratte di accesso e i relativi terminali devono diventare parte integrante di questo sviluppo strategico per realizzare un Corridoio verde del Brennero.

Il GECT (= Gruppo Europeo di cooperazione territoriale) Euregio Tirolo – Alto Adige – Trentino coordina le attività volte a porre le basi per lo sviluppo di un "Corridoio dell'idrogeno lungo l'asse del Brennero", che potrebbe fare dell'Euregio Tirolo-Alto Adige-Trentino una regione modello in Europa. Con questo masterplan l'Euregio Tirolo – Alto Adige – Trentino mira non solo a creare tra Kufstein (Monaco) e Ala-Avio (Verona) un corridoio dell'idrogeno lungo quasi 300 km (400 km), ma anche a realizzare gradualmente in tutta l'Euregio progetti riguardanti l'idrogeno come vettore energetico. Il corridoio del Brennero con il suo tunnel di base (BBT) rientra già oggi nel corridoio europeo SCAN-Med che va da Helsinki a La Valletta. Già nel 2001 l'Autostrada del Brennero A22 ha avviato la realizzazione di un centro dell'idrogeno con produzione e distributore a Bolzano Sud. Ora è in programma lo sviluppo di un rete di distributori lungo l'A22 dal Brennero a Modena. Dal 2006 l'Istituto per Innovazioni Tecnologiche Bolzano S.C.A.R.L è impegnato a sviluppare la tecnologia dell'idrogeno. L'obiettivo è quello di riunire e coordinare all'interno dell'Euregio tutte le attività nel settore dell'idrogeno.

#### **A livello dei singoli territori sono stati nominati i seguenti coordinatori per l'elaborazione dei rispettivi masterplan:**

- » Arthur Thöni – Tirolo
- » Peter Mölgg – Alto Adige
- » Raffaele Decol e Roberto Andreatta – Trentino

Il presente masterplan è il risultato di un intenso lavoro condotto dall'Euregio insieme ai coordinatori dei rispettivi territori, ai quali va un sentito ringraziamento. Hanno collaborato attivamente Norbert Gleirscher, Wolfgang Mair, Josef Margreiter in Tirolo e Walter Huber e Thomas Klausner in Alto Adige. Un ringraziamento particolare va a Walter Huber per la revisione e i preziosi suggerimenti. All'elaborazione di questo rapporto ha dato un contributo fondamentale Emanuel Strieder, che ringraziamo sentitamente.

Nell'ambito dell'Euregio Tirolo - Alto Adige - Trentino il progetto è stato efficacemente coordinato dal Segretario generale Mag. Matthias Fink.

I tre governatori Maurizio Fugatti, Arno Kompatscher e Günther Platter, quest'ultimo con un ruolo guida in quanto attuale presidente dell'Euregio, hanno sostenuto e promosso con grande vigore questo progetto.

Dalle idee, i progetti e i masterplan specifici di ciascun territorio è scaturito un masterplan comune dell'Euregio per l'idrogeno, approvato dai tre governatori con deliberazione del 27 maggio 2020 (v. cap. 8.1 Raccomandazioni).

#### **Gli obiettivi essenziali del masterplan sono:**

- » **definizione di condizioni quadro che siano di orientamento nel lungo periodo per le aziende dei trasporti, il settore energetico e le aziende locali**
- » **riduzione del consumo di combustibili fossili**
  - > transizione a vettori energetici alternativi
  - > traffico di transito e mobilità a basse emissioni senza effetti sul clima
- » **idrogeno come vettore energetico da fonti sostenibili**
  - > produzione locale di idrogeno possibilmente da energia e altre fonti di energia rinnovabile
- » **idrogeno come accumulatore di energia**
  - > stoccaggio di H<sub>2</sub>
- » **distributori di idrogeno**
  - > distribuzione capillare di idrogeno nell'Euregio Tirolo-Alto Adige-Trentino
  - > sviluppo di un corridoio verde con distributori lungo l'asse del Brennero
- » **riconversione del TPL con veicoli a basse emissioni**
- » **promuovere la diffusione di TIR a trazione elettrica e possibilmente con celle a combustibile entro il 2030, privilegiando comunque il trasferimento del trasporto merci alla nuova ferrovia del Brennero con il Tunnel di base**
- » **sviluppo di un corridoio digitale**
- » **salvaguardia del delicato ambiente alpino dagli effetti del cambiamento climatico e dalle emissioni**
- » **istituzione di un comitato strategico**
- » **Creazione di una piattaforma di coordinamento nell'ambito del GECT**

#### **Il quadro fondamentale in cui si inseriscono gli obiettivi della strategia per l'idrogeno a livello di Euregio sono gli specifici piani internazionali (UN, UE) e nazionali:**

- » **UN – SDG'S17 (17 United Nations Sustainable Development Goals)**
  - > Goal 7 energia economica e pulita
  - > Goal 13 interventi per il clima
- » **Obiettivi dell'accordo di Parigi sul clima**
  - > limitare il riscaldamento globale a +2°C sui valori preindustriali
  - > ogni 5 anni ciascuno Stato deve illustrare i propri contributi alla riduzione delle emissioni
- » Piano di azione UE per il finanziamento della crescita sostenibile

#### » **European Green Deal del 11.12.2019**

#### » **Strategia UE dell'8 luglio 2020:**

» "A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe", con la quale l'UE attraverso sforzi coordinati lungo l'intera catena di valore mira ad assumere un ruolo guida nella tecnologia dell'idrogeno verde.

#### » **Austria: focus group "Green Finance Agenda"**

#### » **Austria: programma di governo "Aus Verantwortung für Österreich"**

#### » **Germania: Strategia nazionale per l'idrogeno**

#### » **Italia: Piano Nazionale di Sviluppo Mobilità Idrogeno Italia (H2IT)**

#### » **Italia: PNIEC – Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima 2030**

Secondo le analisi attuali nel 2050 l'idrogeno potrebbe coprire fino al 24% del fabbisogno energetico mondiale. L'iniziativa europea "European Clean Hydrogen Alliance" mira a sviluppare investimenti e fondi per questa tecnologia come modello a livello mondiale. Nonostante le molte riflessioni strategiche a livello europeo, nazionale e regionale occorre tuttavia chiarire alcuni elementi chiave.

#### **INFRASTRUTTURE:**

- » Un'inversione di tendenza può attuarsi solo decentralizzando il più possibile la produzione, lo stoccaggio, la fornitura e la distribuzione dell'idrogeno. L'idrogeno va prodotto là dove c'è l'energia elettrica.
- » Gli impianti di produzione e rifornimento possono funzionare in modo economico solo se sono garantite le corrispondenti uscite. Lungo il corridoio del Brennero, entro il 2025 potrebbe sorgere una domanda sufficiente di idrogeno, date le giuste condizioni quadro della politica dei trasporti.
- » Gli impianti di produzione, stoccaggio e rifornimento devono però essere sviluppati in modo tale da garantire un funzionamento pressoché completamente automatico.

#### **AMBIENTE:**

- » La strategia di decarbonizzazione funziona solo se funzionano tutti gli elementi del sistema e si riconverte l'intera catena di valore.
- » L'Austria intende raggiungere la neutralità delle emissioni di gas serra già nel 2040. Entro il 2030 l'elettricità dovrebbe provenire al 100 % da fonti energetiche rinnovabili.
- » L'UE si è data l'obiettivo della neutralità climatica entro il 2050. Per raggiungere la neutralità delle emissioni di gas serra in Europa nel 2050 e attuare la direttiva europea 2019/1161 sui veicoli a basse emissioni ed energeticamente efficienti servono concrete indicazioni politiche e sovvenzioni.
- » Per l'attuazione della direttiva "Clean Vehicle 2019/1161" devono essere tenuti in considerazione lungo l'intera catena sistemica i criteri dell'impatto energetico e

dell'impatto ambientale, che contemplano sia il consumo di combustibili fossili sia le emissioni sostanze nocive e di CO2 durante intero ciclo di vita dei prodotti (estrazione delle materie prime, produzione, funzionamento e smaltimento dei veicoli). Nello specifico per i veicoli valgono i seguenti obiettivi, da realizzare entro il 2025:

- » veicoli commerciali leggeri (autovetture fino a 8 posti, autobus fino a 5 t e camion fino a 3,5 t): riduzione delle emissioni in misura del 38,5%
- » autobus di peso superiore a 5 t (M3): 22,5% a zero emissioni e 22,5% con carburanti alternativi
- » automezzi pesanti / veicoli commerciali: 10% a zero emissioni o con carburanti alternativi

**Questi obiettivi si possono raggiungere solo attraverso una transizione mirata dai carburanti fossili a carburanti sintetici a base di idrogeno e ai motori elettrici nonché attraverso la riduzione delle emissioni grazie al miglioramento delle tecnologie di propulsione.**

#### **RICERCA:**

- » Occorre attivare immediatamente una promozione mirata della ricerca sia di base sia applicata riguardo agli elementi sistemici che possono essere prodotti in Austria. I risultati della ricerca producono i loro effetti non prima di 5-10 anni.
- » Un maggiore utilizzo dell'idrogeno nell'industria richiede un ulteriore impegno nella ricerca. Tutte le attività di ricerca su questi temi dovrebbero quindi essere coordinate all'interno dell'Euregio Tirolo – Alto Adige – Trentino.
- » Il coinvolgimento dell'industria è indispensabile per garantire efficienza sia nella costruzione di prototipi e impianti sia nella commercializzazione dei veicoli. Nell'Euregio vi sono potenzialmente industrie che potrebbero sviluppare e costruire parti di questi impianti.

#### **FORMAZIONE:**

- » A tutti livelli della formazione pratica e accademica devono essere oggetto di studio i temi legati alla tecnologia dell'idrogeno, degli impianti, dei veicoli e della mobilità nonché alla strategia di decarbonizzazione. È indispensabile offrire specifici percorsi formativi all'interno delle scuole professionali e delle scuole superiori a indirizzo tecnico nonché sviluppare e coordinare ulteriori programmi di studio a livello universitario nell'Euregio Tirolo – Alto Adige – Trentino.

#### **DIGITALIZZAZIONE:**

- » L'attuazione della strategia per l'idrogeno nel settore dei trasporti rende necessaria anche la digitalizzazione dei corridoi di trasporto. Così, ad esempio, lungo il corridoio tra Monaco/Kufstein e Rovereto/Verona si potrebbero rilevare tramite satellite tutti i dati relativi al traffico e all'ambiente, regolando in maniera mirata il traffico in base alle emissioni.





## 2. Direttive, norme, legislazione, bibliografia

### 2.1. Direttive, norme, legislazione comunitaria

**A livello europeo si deve fare riferimento alla direttiva UE sullo sviluppo dell'infrastruttura per carburanti alternativi,<sup>1</sup> così come, per il settore della mobilità, alla direttiva (UE) 2018/2001 relativa alla promozione dell'utilizzo di energia da fonti rinnovabili (direttiva sulle energie rinnovabili, RED III) e alla direttiva europea 2019/1161 per i veicoli a basse emissioni ed energeticamente efficienti :**

» DIRECTIVE (UE) 2019/1161 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 20 June 2019 amending Directive 2009/33/EC on the promotion of clean and energy-efficient road transport vehicle

Entro il 18 aprile 2026 e successivamente ogni tre anni gli Stati membri presentano alla Commissione una relazione sull'attuazione di questa direttiva. Tali relazioni vengono allegate alle relazioni di cui all'art. 83 par. 3 punto 2 della direttiva 2014/24/UE e all'art. 99 par. 3 punto 2 della direttiva 2014/25/UE e devono contenere informazioni sui provvedimenti presi in attuazione della direttiva, su futuri interventi attuativi nonché ogni altra informazione utile che lo Stato membro giudichi rilevante. Queste relazioni devono anche – sulla base delle informazioni messe a disposizione dalla Commissione ai sensi del par. 3 di detto articolo – indicare il numero e le classi dei veicoli interessati dai contratti di cui all'art. 3 par. 1 della direttiva. Le informazioni devono essere presentate secondo le categorie stabilite nel regolamento (EG) n. 2195/2002 del Parlamento Europeo e del Consiglio.<sup>2</sup>

Entro il 18 aprile 2027 e successivamente ogni tre anni la Commissione presenta al Parlamento Europeo e al Consiglio una relazione sull'attuazione della direttiva indicando i provvedimenti presi dagli Stati membri secondo le relazioni di cui al par. 2. Entro il 31 dicembre 2027 la Commissione verifica l'attuazione della direttiva e presenta eventualmente una proposta legislativa volta a modificare la direttiva stessa per il periodo successivo al 2030, anche stabilendo nuovi obiettivi e includendo altre classi di veicoli (come quelli a due e tre ruote).

<sup>1</sup> Direttiva 2014/94/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 22 ottobre 2014 , sulla realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi. Official Journal of the European Union, Bd. Volume 57, Nr. L 307, Okt. 2014.

<sup>2</sup> [https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/1161/oj#ntr\\*11-L\\_2019188EN.01011601-E0029](https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/1161/oj#ntr*11-L_2019188EN.01011601-E0029)



## 2.2. Basi per l'attuazione della strategia nell'Euregio

- Bergmeister, Konrad (2008): Idrogeno, il carburante del futuro. In: Galleria di base del Brennero - ambiente e mobilità. Tappeiner<sup>3</sup>
- Huber Walter (2019): Wasserstoff Tirol (non pubblicato). 26.08.2019<sup>4</sup>
- Deliberazione della Giunta provinciale di Bolzano del 12.05.2020. Masterplan idrogeno per l'Alto Adige elaborato da Mölgg Peter<sup>5</sup>
- Deliberazione di principio EN-10/2-2020 del 21.01.2020 del governo del Land Tirolo..... "Wasserstoff-Strategie Tirol 2030"<sup>6</sup>
- Deliberazione del governo del Land Tirolo del 21.01.2020 sul progetto "Corridoio dell'idrogeno lungo l'asse del Brennero" e convenzione con il GECT "Euregio Tirolo – Alto Adige – Trentino"<sup>7</sup>
- Deliberazione dei 3 governatori del 27.05.2020 sulla strategia per l'idrogeno nell'EUREGIO<sup>8</sup>

---

<sup>3</sup> K. Bergmeister, L'idrogeno: l'energia del futuro. Nel: Galleria di Base del Brennero.

<sup>4</sup> W. Huber, Wasserstoff Tirol (non pubblicato), 2019.

<sup>5</sup> deliberazione della Giunta provinciale di Bolzano/Alto Adige Approvazione Masterplan H2, 2020.

<sup>6</sup> Grundsatzbeschluss EN-10/2-2020 vom 21.01.2020 der Tiroler Landesregierung zur "Wasserstoff-Strategie Tirol 2030", 2020.

<sup>7</sup> Beschluss der Tiroler Landesregierung vom 21.01.2020 zum Projekt "Wasserstoff-Korridor-Brenner" und einer Vereinbarung mit dem EVTZ "Europaregion Tirol-Südtirol-Trentino", 2020.

<sup>8</sup> sito internet [http://www.euoparegion.info/downloads/20200527-Umlaufbeschluss-delibera-circolare-EVTZ-Vorstand-GECT-H2-Strategie\\_Nr.\\_3\\_2020.pdf](http://www.euoparegion.info/downloads/20200527-Umlaufbeschluss-delibera-circolare-EVTZ-Vorstand-GECT-H2-Strategie_Nr._3_2020.pdf), consultato a luglio 2020.

## 2.3. La strategia europea

Nell'ambito del "New Green Deal" presentato nel dicembre 2019 l'Europa si è posta l'obiettivo di raggiungere la neutralità climatica entro il 2050. L'8 luglio 2020 è stata quindi presentata una strategia UE per l'idrogeno ("A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe"), un piano che prevede come obiettivo a lungo termine quello di massimizzare l'utilizzo di idrogeno verde (da energia rinnovabile, ad es. energia idroelettrica).

La proposta dell'8 luglio 2020 per un'alleanza europea dell'idrogeno intende favorire attraverso incentivi finanziari e normativi la creazione, entro il 2024, di elettrolizzatori con una potenza complessiva di almeno 6.000 MW capaci di produrre fino a 1 milione di tonnellate di idrogeno. Entro il 2030 la potenza di elettrolisi dovrà salire a 40.000 MW e la quantità prodotta a 10 milioni di tonnellate di idrogeno verde. Tra il 2030 e il 2050 le tecnologie per l'idrogeno rinnovabile dovranno essere ulteriormente sviluppate e impiegate su larga scala in tutti i settori in cui la decarbonizzazione risulta difficile.

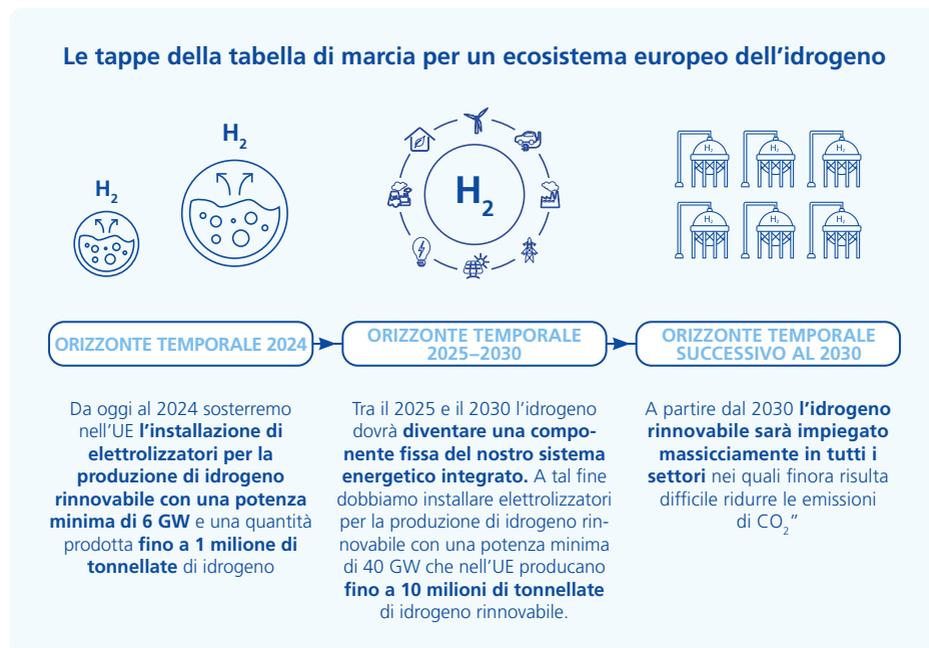
Questa alleanza dovrà contribuire a portare avanti singoli progetti chiave e attuare complessivamente la strategia per l'idrogeno. Il piano prevede di utilizzare l'idrogeno verde come carburante per treni, automezzi pesanti, navi e aerei. Inoltre, l'industria dei fertilizzanti, dell'acciaio, del cemento e chimica potrebbero assorbire importanti quote di produzione, così da stimolare l'economia dell'idrogeno attraverso una consistente domanda iniziale.

È previsto per giugno 2021 anche un nuovo pacchetto legislativo europeo per la certificazione dell'idrogeno e la promozione delle infrastrutture a idrogeno.

**L'idea di fondo è quella di sostenere in maniera mirata i capisaldi della catena di valore dell'idrogeno:**

- » **produzione,**
- » **trasmissione,**
- » **mobilità,**
- » **industria, energia e riscaldamento.**

**Figura 1:** Strategia per l'idrogeno per la neutralità climatica in Europa. Comunicato stampa dell'8 luglio 2020<sup>9</sup>



In generale la strategia europea stabilisce esplicitamente che una strategia complessiva per l'idrogeno in Europa può essere realizzata solo considerando l'intera catena di valore, che va dalla domanda alla produzione fino all'infrastruttura e alle regole di mercato.

La catena di valore include soprattutto ricerca, sviluppo di prototipi, elaborazione di nuovi campi di applicazione, formazione e aggiornamento multidisciplinari. Per attuare efficacemente tale piano per l'idrogeno, l'Europa deve collaborare anche con gli Stati vicini instaurando una nuova cooperazione in materia di importazioni che abbia per oggetto l'idrogeno in luogo dei combustibili fossili.

Infine servono fondi specifici e condizioni quadro adeguate. Oggi in Cina i fondi destinati a incentivare l'economia dell'idrogeno ammontano a 4 euro pro abitante, in Giappone a 3 euro, negli USA a 0,75 euro e in Europa a soli 0,50 euro pro abitante. Per conquistare

la leadership tecnologica nel settore dell'idrogeno verde l'UE deve dunque coordinare i propri sforzi lungo l'intera catena di valore, ma anche creare incentivi concreti e favorevoli condizioni di contorno.

Nel frattempo nella fase di transizione si può utilizzare, per ragioni di costi, anche idrogeno blu (produzione da metano fossile) e in casi eccezionali anche idrogeno grigio (per la produzione di energia "grigia" si usano combustibili fossili quali carbone e gas). Il cosiddetto idrogeno blu può riutilizzare in parte le emissioni di carbonio. Attualmente l'idrogeno grigio può essere prodotto a 1,5 euro al chilogrammo.

Secondo le stime dell'Agenzia Internazionale per l'Energia (IEA) il prezzo dell'idrogeno verde attualmente va da 3,50 a 5 euro al chilogrammo. Ricorrendo ai circuiti energetici locali, come nel caso dell'Euregio Tirolo – Alto Adige – Trentino, si potrebbe produrre idrogeno verde a 5,0 euro circa. A tale scopo occorre sviluppare la rete di distribuzione e ridurre al minimo i costi di produzione. Attualmente nella UE si producono circa 9,8 milioni di tonnellate di idrogeno all'anno, ma solo per il 4% circa si tratta di idrogeno ecologico. A livello mondiale la produzione annua di idrogeno ammonta a circa 74 milioni di tonnellate.

L'UE intende ora aumentare gradualmente e in maniera mirata la produzione di idrogeno verde e blu per gli anni 2030, 2040 e 2050 (con l'obiettivo di produrre nel medio periodo soltanto idrogeno verde), promuovendo nel contempo grandi progetti (40 Gigawatt) per la produzione di idrogeno verde da energia solare ed eolica. In tal modo si dovrebbe riuscire ad abbassare il prezzo a 1–2 euro al chilogrammo.

Un altro aspetto da considerare, oltre alla produzione di idrogeno da fonti energetiche rinnovabili, è quello relativo al trasporto dell'idrogeno. In Europa si potrebbe sfruttare per il trasporto di idrogeno l'attuale rete del gas. Proprio lungo i corridoi TEN si potrebbero posare nuove condutture accanto alle infrastrutture in costruzione (ad es. nella galleria di nel cunicolo esplorativo del Tunnel di base del Brennero).

Insieme all'IEA e ad altri organismi internazionali l'UE cerca di creare un mercato dell'idrogeno liberamente accessibile e basato su regole chiare. In quest'ottica la sostenibilità del vettore energetico e il venir meno delle emissioni sono da considerarsi importanti elementi di valutazione.

<sup>9</sup> [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen\\_strategy.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf), consultato in luglio 2020.

## 2.4. Standard

IL comitato ISO/TC 197 elabora standard relativi all'applicazione di sistemi e apparecchiature per la produzione, lo stoccaggio, il trasporto, la misurazione e l'utilizzo di idrogeno.

**Attualmente sono pubblicati i seguenti 17 standard:**

- » **ISO 13984:1999 Liquid hydrogen**  
Land vehicle fuelling system interface
- » **ISO 13985:2006 Liquid hydrogen**  
Land vehicle fuel tanks
- » **ISO 14687:2019 Hydrogen fuel quality**  
Product specification
- » **ISO/TR 15916:2015 Basic considerations for the safety of hydrogen systems**
- » **ISO 16110-1:2007 Hydrogen generators using fuel processing technologies**  
Part 1: Safety
- » **ISO 16110-2:2010 Hydrogen generators using fuel processing technologies**  
Part 2: Test methods for performance
- » **ISO 16111:2018 Transportable gas storage devices**  
Hydrogen absorbed in reversible metal hydride
- » **ISO 17268:2020 Gaseous hydrogen land vehicle refuelling connection devices**
- » **ISO 19880-1:2020 Gaseous hydrogen**  
Fuelling stations — Part 1: General requirements
- » **ISO 19880-3:2018 Gaseous hydrogen**  
Fuelling stations — Part 3: Valves
- » **ISO 19880-5:2019 Gaseous hydrogen**  
Fuelling stations — Part 5: Dispenser hoses and hose assemblies
- » **ISO 19880-8:2019 Gaseous hydrogen**  
Fuelling stations — Part 8: Fuel quality control
- » **ISO 19881:2018 Gaseous hydrogen**  
Land vehicle fuel containers
- » **ISO 19882:2018 Gaseous hydrogen**  
Thermally activated pressure relief devices for compressed hydrogen vehicle fuel containers
- » **ISO/TS 19883:2017 Safety of pressure swing adsorption systems for hydrogen separation and purification**
- » **ISO 22734:2019 Hydrogen generators using water electrolysis**  
Industrial, commercial, and residential applications
- » **ISO 26142:2010 Hydrogen detection apparatus**  
Stationary applications

**Sono invece in fase di elaborazione o rielaborazione i seguenti standard ISO:**

- » **ISO/WD TR 15916 Basic considerations for the safety of hydrogen systems**
- » **ISO 19880-5:2019/DAMD 1 Gaseous hydrogen**  
Fuelling stations — Part 5: Dispenser hoses and hose assemblies — Amendment 1: Clarification regarding electrical properties of lining materials
- » **ISO 19880-8:2019/DAMD 1 Gaseous hydrogen**  
Fuelling stations — Part 8: Fuel quality control — Amendment 1

**Gli standard CSA/ANSI riguardano i seguenti aspetti:**

- » **CSA ANSI HGV 2-2014:2014-06-01**  
Compressed hydrogen gas vehicle fuel containers
- » **CSA ANSI HGV 3.1-2015:2015-02-01**  
Fuel system components for compressed hydrogen gas powered vehicles
- » **CSA ANSI HGV 4.1:2020**  
Hydrogen-dispensing systems
- » **CSA/ANSI HGV 4.2:2013**  
Hoses for compressed hydrogen fuel stations, dispensers and vehicle fuel systems (reaffirmed February 2019)
- » **CSA ANSI HGV 4.3:2019-07-01**  
Test methods for hydrogen fueling parameter evaluation
- » **CSA ANSI/CSA HGV 4.4:2013:2013-03-01**  
Breakaway devices for compressed hydrogen dispensing hoses and systems
- » **ANSI/CSA HGV 4.5-2013**  
Priority and sequencing equipment for hydrogen vehicle fueling
- » **CSA ANSI/CSA HGV 4.6-2013:2013-03-01**  
Manually operated valves for use in gaseous hydrogen vehicle fueling stations
- » **CSA ANSI/CSA HGV 4.7-2013:2013-03-01**  
Automatic valves for use in gaseous hydrogen vehicle fueling stations
- » **CSA ANSI/CSA HGV 4.8-2012:2012-12-01**  
Hydrogen gas vehicle fueling station compressor guidelines
- » **CSA ANSI HGV 4.9:2020**  
Hydrogen fueling stations
- » **CSA/ANSI HGV 4.10-2012 (R2019)**  
Standard for fittings for compressed hydrogen gas and hydrogen rich gas mixtures (reaffirmed February 2019)

**Gli standard NFPA riguardano i seguenti campi:**

- » **NFPA 2 Hydrogen Technologies Code, 2020 Edition** (published June 2019)
- » **NFPA 55 Compressed Gases and Cryogenic Fluids Code, 2020 Edition** (published April 2018)

### In Giappone esistono varie direttive emanate da JPEC per la sicurezza e affidabilità dei distributori di idrogeno:<sup>10</sup>

- » **HySUT-G 0001** QualityControl
- » **HySUT-G 0002** Hydrogen Metering
- » **HySUT-G 0003** Fueling Performance Validation
- » **HySUT-G 0004** Inspection Apparatus
- » **HySUT-G 0005** Hydrogen Powered Industrial Truck

### Informazioni più approfondite sono disponibili in

- » **Hydrogen a Fuel cell guide of Sweden etc.**
- » **H<sub>2</sub> mobility Switzerland**
- » **H<sub>2</sub> hydrogen standards Japan** (Jonathan Arias, Tokyo, 10/2019)

## 2.5. Bibliografia

Un valido quadro generale dei requisiti per la costruzione di distributori di idrogeno nei Paesi europei è disponibile sul sito [www.hylaw.eu](http://www.hylaw.eu).<sup>11</sup>

Lo sviluppo e la costruzione di nuove infrastrutture sono molto importanti per il successo delle innovazioni. Lo sviluppo di una rete capillare di distributori di idrogeno (HRS = HydrogenRefuelingStation) e l'introduzione di veicoli con celle a combustibile (istituzioni pubbliche: prioritariamente autobus e treni; privati: mezzi pesanti, autovetture e veicoli commerciali) dovrebbero procedere di pari passo. Solo se ci sono i distributori si acquistano i veicoli e solo se ci sono i veicoli si costruiscono i distributori. L'infrastruttura di rifornimento richiede una fase di sviluppo preliminare di 3-5 anni prima che i veicoli con celle a combustibile vengano acquistati su larga scala. È quindi importante guardare a esempi riusciti nel campo di altre tecnologie, ad es. nella telefonia mobile, per imparare da essi.<sup>12</sup>

<sup>10</sup> J. Arias, HYDROGEN AND FUEL CELLS IN JAPAN. Tokyo, Japan: EU-Japan Centre for industrial Cooperation, 2019.

<sup>11</sup> "HyLaw Online Database", HyLaw online Database, Jan. 24, 2020. <https://www.hylaw.eu/database#/database/austria/hydrogen-as-a-fuel-and-refueling-infrastructure-for-mobility-purposes/hrs-and-hydrogen-delivered-to-stations/permitting-requirements-process>.

<sup>12</sup> S. Hardman und R. Steinberger-Wilckens, "Mobile phone infrastructure development: Lessons for the development of a hydrogen infrastructure", International Journal of Hydrogen Energy, Bd. 39, Nr. 16, S. 8185–8193, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2014.03.156>.

L'impianto di produzione e distribuzione di H<sub>2</sub> a Bolzano rappresenta un modello per la graduale applicazione e attuazione di tale strategia.

A livello internazionale le analisi tecnico-economiche relative ai distributori di idrogeno alimentati da energia eolica<sup>13; 14; 15</sup> possono fungere da base per l'ulteriore sviluppo di distributori di idrogeno alimentati da energia idroelettrica. Gli studi sulla sicurezza dei distributori di idrogeno,<sup>16; 17; 18</sup> sulle distanze di sicurezza<sup>19</sup> e sulla prevenzione dei rischi di incendio e di esplosione<sup>20</sup> possono fornire preziose indicazioni per la progettazione dei distributori di idrogeno al di là delle direttive esistenti.

<sup>13</sup> R. P. Micena, O. R. Llerena-Pizarro, T. M. de Souza, und J. L. Silveira, "Solar-powered Hydrogen Refueling Stations: A techno-economic analysis", International Journal of Hydrogen Energy, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.11.092>.

<sup>14</sup> M. Gökçek und C. Kale, "Optimal design of a Hydrogen Refuelling Station (HRFS) powered by Hybrid Power System", Energy Conversion and Management, Bd. 161, S. 215–224, 2018, doi: [10.1016/j.enconman.2018.02.007](https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.02.007).

<sup>15</sup> W. C. Nadaleti, G. B. dos Santos, und V. A. Lourenço, "The potential and economic viability of hydrogen production from the use of hydroelectric and wind farms surplus energy in Brazil: A national and pioneering analysis", International Journal of Hydrogen Energy, Bd. 45, Nr. 3, S. 1373–1384, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.08.199>.

<sup>16</sup> M. Honselaar, G. Pasaoglu, und A. Martens, "Hydrogen refuelling stations in the Netherlands: An intercomparison of quantitative risk assessments used for permitting", International Journal of Hydrogen Energy, Bd. 43, Nr. 27, S. 12278–12294, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.04.111>.

<sup>17</sup> P. Speers, "Hydrogen Mobility Europe (H2ME): Vehicle and Hydrogen Refuelling Station Deployment Results", World Electric Vehicle Journal, Bd. 9, Nr. 1, 2018, doi: [10.3390/wevj9010002](https://doi.org/10.3390/wevj9010002).

<sup>18</sup> J. Kurtz, S. Sprik, und T. H. Bradley, "Review of transportation hydrogen infrastructure performance and reliability", International Journal of Hydrogen Energy, Bd. 44, Nr. 23, S. 12010–12023, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.03.027>.

<sup>19</sup> M. Hirayama, Y. Ito, H. Kamada, N. Kasai, und T. Otaki, "Simplified approach to evaluating safety distances for hydrogen vehicle fuel dispensers", International Journal of Hydrogen Energy, Bd. 44, Nr. 33, S. 18639–18647, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.05.153>.

<sup>20</sup> Y. Huang und G. Ma, "A grid-based risk screening method for fire and explosion events of hydrogen refuelling stations", International Journal of Hydrogen Energy, Bd. 43, Nr. 1, S. 442–454, 2018, doi: [10.1016/j.ijhydene.2017.10.153](https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.10.153).

Per la riuscita economica è importante adeguare il dimensionamento dei distributori di idrogeno al fabbisogno atteso.<sup>21</sup>

Una valutazione economica della redditività e del cash flow dei distributori di H<sub>2</sub> riferita a vari scenari di evoluzione in Paesi europei<sup>22, 23</sup> può contribuire a un'adeguata valutazione del fabbisogno e dello sviluppo. Studi dettagliati relativi a Italia<sup>24</sup> e Norvegia<sup>25</sup> sono riportati anche nella bibliografia. Il calcolo di economicità condotto nell'ambito di uno studio su una potenziale rete in tubazione estesa a tutto il territorio tedesco<sup>26</sup> ha dimostrato che la distribuzione di idrogeno tra produttore e consumatore consente di compensare le fluttuazioni del fabbisogno. Da uno studio andaluso<sup>27</sup> sulla distanza massima dei distributori di idrogeno considerata accettabile dagli utenti risulta che il tasso di accettazione scende al di sotto del 30% se il tragitto per raggiungere il distributore richiede oltre 10 minuti in più rispetto al tempo necessario per raggiungere distributori di carburanti tradizionali.

---

<sup>21</sup> F. Grüger, L. Dylewski, M. Robinius, und D. Stolten, "Carsharing with fuel cell vehicles: Sizing hydrogen refueling stations based on refueling behavior", *Applied Energy*, Bd. 228, Nr. Journal Article, S. 1540–1549, 2018, doi: 10.1016/j.apenergy.2018.07.014.

<sup>22</sup> I. Lordache, D. Schitea, und M. Lordache, "Hydrogen refueling station infrastructure roll-up, an indicative assessment of the commercial viability and profitability", *International Journal of Hydrogen Energy*, Bd. 42, Nr. 8, S. 4721–4732, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.12.108>.

<sup>23</sup> M. Lordache, D. Schitea, und I. Lordache, "Hydrogen refuelling station infrastructure roll-up, an indicative assessment of the commercial viability and profitability in the Member States of Europe Union", *International Journal of Hydrogen Energy*, Bd. 42, Nr. 50, S. 29629–29647, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.09.146>.

<sup>24</sup> D. Viesi, L. Crema, und M. Testi, "The Italian hydrogen mobility scenario implementing the European directive on alternative fuels infrastructure (DAFI 2014/94/EU)", *International Journal of Hydrogen Energy*, Bd. 42, Nr. 44, S. 27354–27373, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.08.203>.

<sup>25</sup> Ø. Ulleberg und R. Hancke, "Techno-economic calculations of small-scale hydrogen supply systems for zero emission transport in Norway", *International Journal of Hydrogen Energy*, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.05.170>.

<sup>26</sup> S. Baufumé u. a., "GIS-based scenario calculations for a nationwide German hydrogen pipeline infrastructure", *International Journal of Hydrogen Energy*, Bd. 38, Nr. 10, S. 3813–3829, Apr. 2013, doi: 10.1016/j.ijhydene.2012.12.147.

<sup>27</sup> J. J. Brey, R. Brey, und A. F. Carazo, "Eliciting preferences on the design of hydrogen refueling infrastructure", *International Journal of Hydrogen Energy*, Bd. 42, Nr. 19, S. 13382–13388, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.02.135>.

L'idrogeno quale vettore energetico è stato oggetto di grande attenzione negli ultimi decenni, dato che il riscaldamento globale e l'inquinamento atmosferico sono fenomeni sempre più rilevanti. L'idrogeno risulta interessante per la sua disponibilità in numerosi composti, il suo contenuto energetico e l'assenza di emissioni durante la combustione, nonché per la possibilità di produrlo utilizzando fonti energetiche rinnovabili. Il risultato è un percorso energetico a zero emissioni.

I costi di produzione dell'idrogeno e la quantità producibile in determinate aree d'Europa, del Giappone, degli USA e del mondo sono stati analizzati in,<sup>28</sup> osservando tre tecnologie di produzione note e consolidate, ossia lo steam reforming del metano, la gassificazione del carbone e l'elettrolisi dell'acqua.

In<sup>29</sup> si prende in esame l'approvvigionamento di una rete di distributori con idrogeno a zero emissioni secondo cinque diverse modalità, che vanno dalla gassificazione di biomassa alla produzione di biogas con successivo steam reforming fino alla produzione di bio-H<sub>2</sub> tramite elettrolisi. Oltre alle diverse modalità di produzione in<sup>29</sup> vengono considerate anche varie possibilità di distribuzione per la fornitura finale al distributore: la distribuzione di idrogeno in forma gassosa o liquida mediante autotrasporto e il trasporto tramite tubazione.

A causa della sua ridotta densità volumetrica in condizioni standard l'idrogeno va trattato diversamente dai vettori energetici finora utilizzati. La densità energetica volumetrica dell'idrogeno a pressione atmosferica e temperatura ambiente è talmente bassa che va in ogni caso aumentata attraverso un aumento della pressione, la liquefazione o il legame chimico o fisico con un altro elemento. In<sup>30</sup> vengono presentate sulla base di dati ricavati dalla letteratura varie tecnologie per lo stoccaggio dell'idrogeno esistenti o potenziali, in parte comparate tra loro in base all'ambito di applicazione. La progettazione e l'ammortizzazione dei serbatoi a idruri metallici vengono trattate approfonditamente in.<sup>31</sup>

---

<sup>28</sup> E. Nurkanovic, "Costs of Hydrogen - Through History and Currently From Different Technologies and Energy Sources", *Kosten von Wasserstoff - historisch und aktuell aus verschiedenen Technologien und Energiequellen*, S. 120 Seiten, 2020.

<sup>29</sup> N. Wolf, "Versorgung eines Wasserstofftankstellennetzwerks mit CO<sub>2</sub> neutralem Wasserstoff", S. 119 Seiten, 2019.

<sup>30</sup> J. Schill, "Vergleich verschiedener Methoden zur Speicherung von Wasserstoff", *Comparison of different methods for hydrogen storage*, S. 88 Blätter, Illustrationen, Diagramme, 2018

<sup>31</sup> T. Güney, "Auslegung eines Metallhydrid-Wirbelschichtreaktors zur Speicherung von Wasserstoff und Durchführung einer Wirtschaftlichkeitsanalyse", *Dimensioning of a metal hydride fluidized bed reactor for hydrogen storage and implementation of a profitability analysis*, S. viii, 93 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 2016.





### 3. Mobilità, veicoli, energia, emissioni

In tutto il territorio dell'Euregio e in particolare nell'area alpina la situazione e l'evoluzione del traffico rappresentano una delle principali problematiche. Al riguardo i governi dei singoli territori e la stessa Euregio hanno intrapreso varie attività sia per trasferire il traffico dalla strada alla rotaia sia per ridurre le emissioni. L'Unione Europea finanzia insieme all'Austria e all'Italia nonché ai territori siti lungo l'asse del Brennero la costruzione del Tunnel di base del Brennero e delle relative tratte di accesso.

Veicoli elettrici (a batteria o con celle a combustibile) a zero emissioni basati su nuove tecnologie stanno arrivando sul mercato. Ma oltre ai veicoli servono anche le relative infrastrutture.

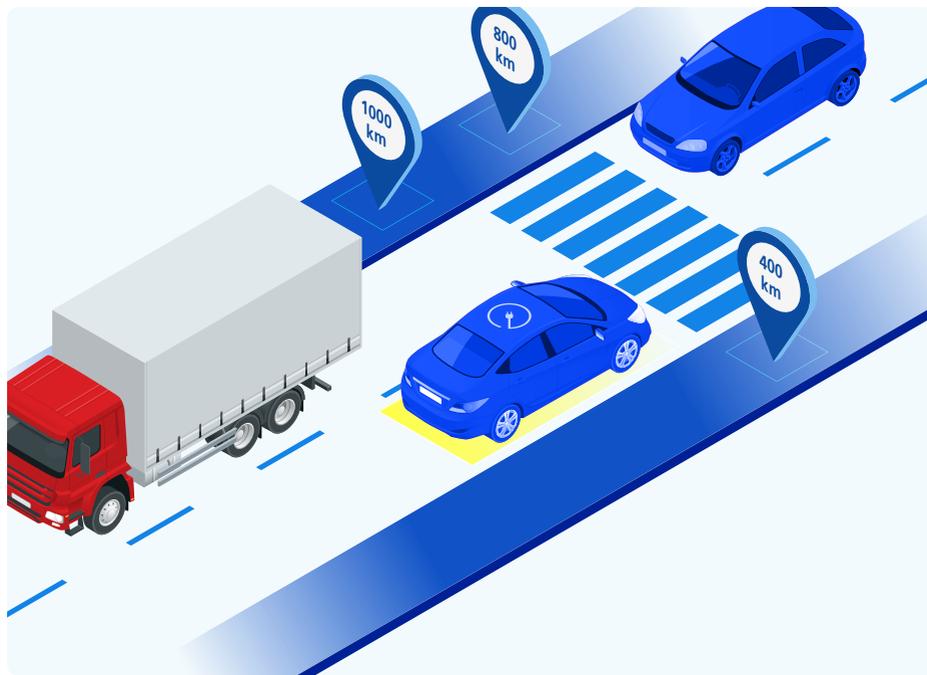
Nell'esposizione che segue verranno specificamente analizzate le tematiche di rilievo connesse alla tecnologia dell'idrogeno. L'importanza dell'idrogeno come vettore energetico va ben oltre i vantaggi di un carburante pulito prodotto in loco, e attraverso la cosiddetta "cogenerazione" pone in correlazione il traffico con le fonti energetiche rinnovabili locali. Inoltre, questi circuiti economici regionali possono generare altri vantaggi per il territorio interessato.

I veicoli a trazione elettrica costituiscono una promettente alternativa ai tradizionali motori a combustione (diesel/benzina). L'energia necessaria al motore elettrico può essere immagazzinata e trasportata in varie forme a bordo del veicolo.

#### Si distinguono i seguenti tipi di alimentazione:

- » **ICE (InternalCombustionEngine):** motori a combustione diesel/benzina
- » **HEV (HybridElectricVehicle):** l'elettricità è recuperata dal carburante o in fase di frenata e può essere riutilizzata per far muovere il veicolo
- » **BEV (BatteryElectricVehicle):** trazione esclusivamente elettrica, che risulta economica nei veicoli piccoli e adatti a tragitti brevi con accumulatore fino a 50 kWh (cfr. Figura 2)
- » **REX (RangeExtenderElectricVehicle):** motore a combustione che produce corrente attraverso un generatore quando la batteria è scarica
- » **PHEV (PlugInHybridElectricVehicle):** si può caricare attraverso la rete elettrica; propulsione con motore a combustione e/o con batteria e motore elettrico
- » **FCEV (FuelCellElectricVehicle):** nelle celle a combustibile l'idrogeno viene trasformato in elettricità e immagazzinato in una batteria o direttamente trasformato in energia cinetica nel motore elettrico.

Figura 2: Autonomia massima BEV e FCEV (modificato in base a <sup>17</sup>)



- » Veicoli a batteria per distanze fino a 400 km
- » Auto con celle a combustibile per distanze fino a 800 km
- » Camion con celle a combustibile superiori a 1000 km

## 3.1. Energia ed emissioni

### 3.1.1. Produzione di energia elettrica

L'idrogeno è l'elemento chimico più diffuso nell'universo. La produzione di idrogeno per elettrolisi richiede energia elettrica. L'elettricità necessaria dovrebbe possibilmente essere prodotta senza generare CO<sub>2</sub>.

Se l'elettricità necessaria viene interamente prodotta da fonti ecologiche, si parla di energia verde, detta anche "duratura". La produzione di elettricità rinnovabile non dovrebbe generare emissioni di CO<sub>2</sub>. Se invece vengono prodotte sostanze inquinanti, si parla di energia grigia. Per la produzione di energia "grigia" si usano combustibili fossili quali carbone e gas.

La produzione di impianti per la produzione di energie rinnovabili richiede a sua volta notevoli quantità di energia. La scarsa densità energetica o densità di potenza comporta spesso un elevato impiego di materiale rispetto alla quantità di energia prodotta, ragion per cui questo tipo di impianti talvolta deve fornire energia per molti anni prima di compensare l'energia grigia.

È importante ridurre al minimo questo periodo di ammortizzazione energetica ed evitare di coprire l'energia grigia proprio con vettori energetici fossili.

L'elettrolisi ha un rendimento compreso tra il 60% e il 75%, ma successivamente l'idrogeno viene comunque ritrasformato in elettricità. La doppia trasformazione ha sul rendimento l'effetto negativo sopra descritto.

Se però si presuppone una produzione di elettricità a zero emissioni, come previsto del resto dall'agenda europea, il rendimento ovviamente non ha più un ruolo decisivo. A quel punto passano in primo piano invece la capacità di stoccaggio e di trasporto, poiché la produzione di energie alternative è soggetta più di altre a forti oscillazioni. Per questo gli esperti calcolano che nella produzione di elettricità da fonti alternative debbano essere stoccati dai 200 ai 300 TWh. Spesso l'energia da fonti rinnovabili è prodotta in luoghi in cui essa non viene direttamente utilizzata. La produzione di idrogeno rappresenterebbe quindi una buona soluzione come sistema di stoccaggio intermedio.

### 3.1.2. Produzione di idrogeno con energia verde (idroelettrica)

L'idrogeno si può ottenere per elettrolisi con elettricità prodotta da fonti energetiche rinnovabili. Dato che l'energia può essere immagazzinata sotto forma di idrogeno anche per lunghi periodi, questo sistema è ideale per stoccare la sovrapproduzione di energia da fonti rinnovabili (eolica o idroelettrica).

### 3.1.3. Veicoli a idrogeno

Le auto a idrogeno, così come i veicoli a batteria, sono fatte in gran parte di acciaio, alluminio o plastiche rinforzate.

Le auto elettriche a batteria sono molto efficienti nel rendimento "tank-to-wheel" (dal serbatoio alla ruota). Ma nella valutazione "well-to-wheel" persino con idrogeno ottenuto da metano l'auto a idrogeno risulta comunque migliore del 25% circa rispetto alle auto con motore a combustione.

Il bilancio CO<sub>2</sub> di un'auto con celle a combustibile durante l'intero ciclo di vita dipende quindi dal mix energetico effettivamente impiegato.

Se si riesce ad alimentare un veicolo solo con energia rinnovabile, le emissioni di CO<sub>2</sub> durante il ciclo di vita calano del 70% rispetto al motore a combustione.

È sorprendente notare che il funzionamento di un'auto con celle a combustibile produce una quantità di acqua non molto maggiore rispetto a un motore a combustione, poiché la benzina è formata da idrocarburi. Anche la combustione libera vapore acqueo, ma nelle auto con celle a combustibile il vapore acqueo ha temperature molto inferiori e condensa prima. L'acqua prodotta durante il funzionamento viene pertanto in parte recuperata e riutilizzata per umidificare la cella a combustibile. Di conseguenza con le auto con celle a combustibile non sembra sussistere il rischio della formazione di ghiaccio.

La produzione delle batterie per le auto elettriche richiede l'utilizzo di cobalto e litio. Questi metalli sono problematici in termini di rilevanza ambientale, in quanto la loro estrazione comporta una notevole interferenza con l'ambiente e il loro riciclaggio è problematico.

La produzione di celle a combustibile richiede ancor oggi l'uso del platino, metallo nobile e costoso.

Tuttavia, questo metallo prezioso è disponibile in quantità maggiori. Attualmente sono in corso ricerche per sostituire questo metallo.

### 3.1.4. Vapore acqueo

La diffusione massiccia delle auto con celle a combustibile attualmente è ostacolata da due principali fattori, gli elevati costi di produzione e l'assenza di infrastruttura, che possono essere compensati soltanto attraverso interventi mirati volti a raggiungere una produzione di massa.

### 3.1.5. Bilancio delle emissioni nella trazione a idrogeno

A seconda della fonte energetica e del tipo di alimentazione il funzionamento di un veicolo richiede differenti quantità di energia (e CO<sub>2</sub> equivalenti). Per un raffronto oggettivo è necessario basarsi sull'analisi "well-to-wheel" (dal serbatoio alla ruota). La comparazione è illustrata nella Figura 3.

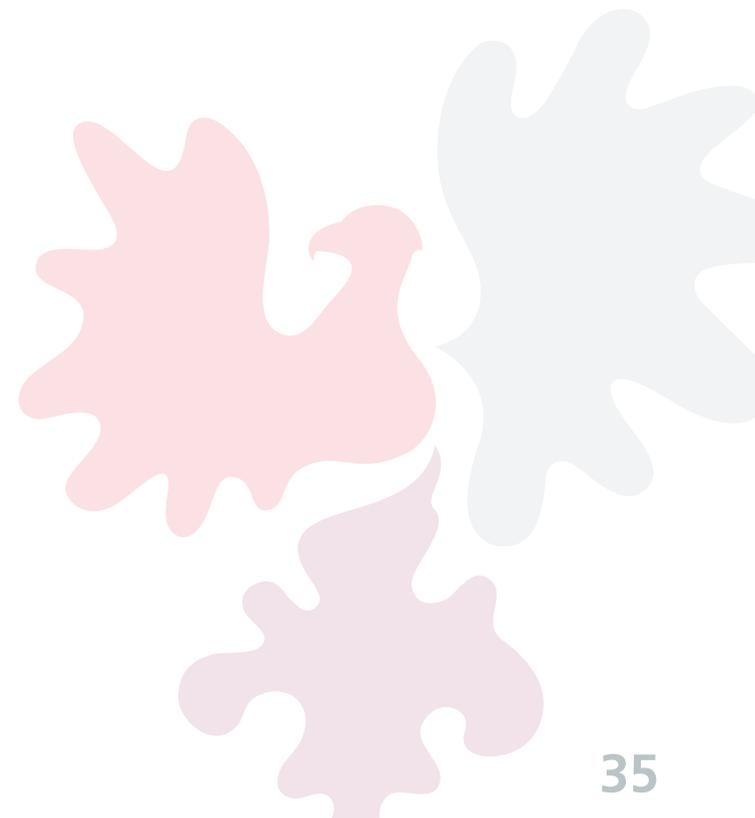
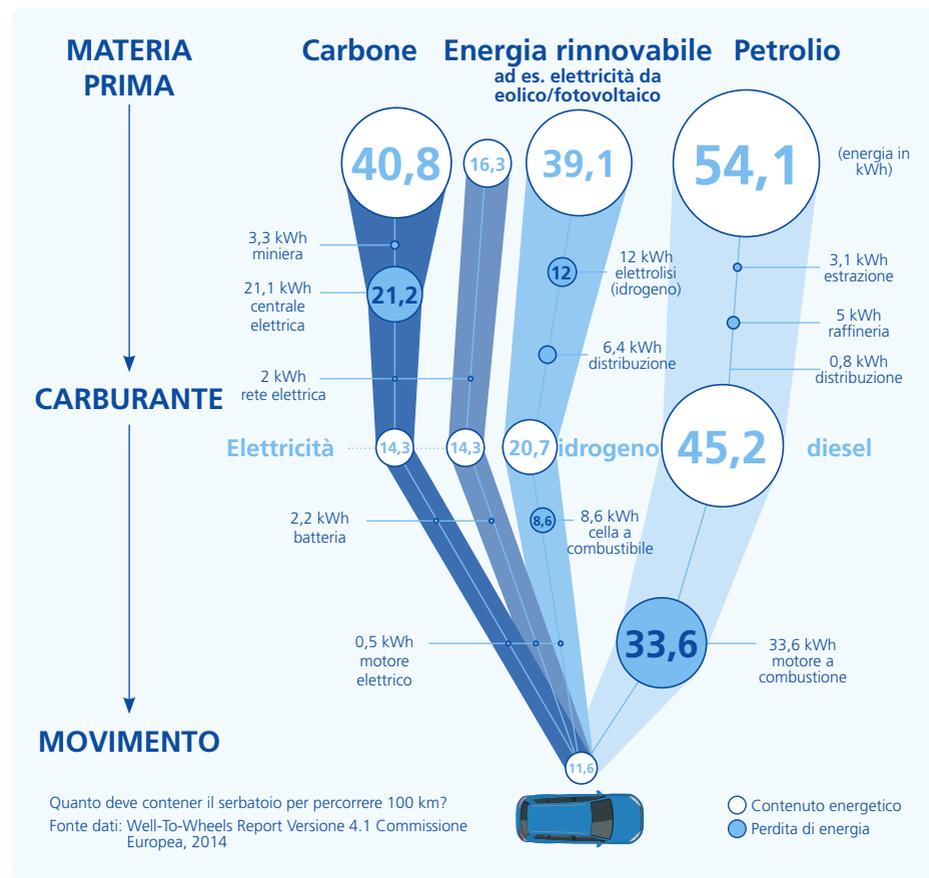


Figura 3: Analisi well to wheel (Fonte:<sup>1</sup>)



**L'analisi<sup>2</sup> condotta dal Fraunhofer Institut nel 2019 per conto di H2 Mobility è giunta ai seguenti risultati:**

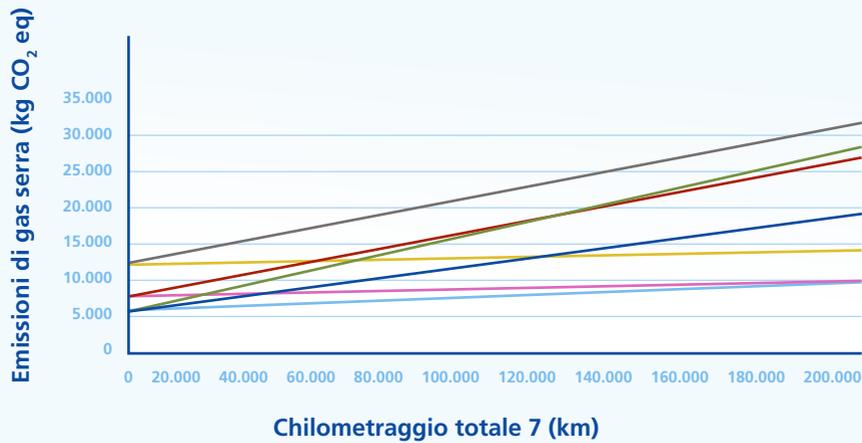
- > Sui tragitti brevi i veicoli elettrici con batterie <60 kWh sono superiori ai veicoli con celle a combustibile. Per il resto i vantaggi prevalgono nei veicoli a idrogeno (v. Figura 4).
- > Il bilancio delle emissioni di gas serra dei veicoli a idrogeno è migliore rispetto ai ≥ 90kWh dei BEV anche qualora l'idrogeno sia interamente prodotto da metano, poiché ciò che incide di più è la produzione della batteria (v. Figura 4).
- > L'impronta del ciclo di vita di un veicolo a idrogeno è migliore rispetto a un veicolo diesel (v. Figura 5).
- > Il bilancio migliore si ottiene producendo idrogeno da energia eolica. Un bilancio altrettanto buono si otterrebbe anche con la produzione di idrogeno da energia idroelettrica.

<sup>1</sup> R. Edwards, H. Hass, J.-F. Larive, L. Lonza, H. Maas, und D. Rickeard, "WELL-TO-WHEELS Report version 4.a : JEC WELL-TO-WHEELS ANALYSIS", Nr. Generic, 2013, doi: 10.2790/95533.

<sup>2</sup> A. Sternberg, C. Hank, und C. Hebling, TREIBHAUSGAS-EMISSIONEN FÜR BATTERIE- UND BRENNSTOFFZELLENFAHRZEUGE MIT REICHWEITEN ÜBER 300 KM. Karlsruhe, Germany: KIT, 2019.

**Figura 4:** Comparazione FCEV e BEV dal 2020 al 2030<sup>2</sup>

Emissioni di gas serra dovute al funzionamento dei veicoli 2020-2030 (inclusi produzione + smaltimento batteria, cella a combustibile e serbatoio H<sub>2</sub>)

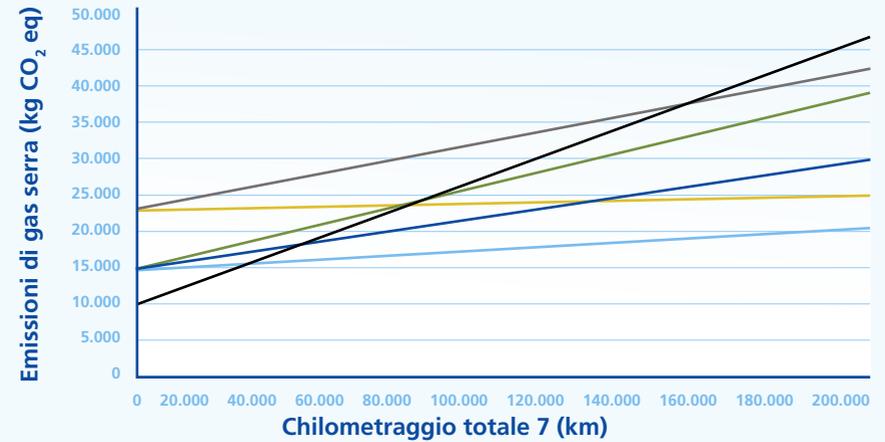


H2: NG – H2 da reforming del metano  
H2: eolico – H2 da elettrolisi con elettricità da energia eolica

- » FCEV (H2: 100% NG)
- » FCEV (H2: 50% NG + 50% eolico)
- » FCEV (H2: 100% eolico)
- » BEV - 90 kWh (mix energetico)
- » BEV - 90 kWh (fotovoltaico)
- » BEV - 60 kWh (mix energetico)
- » BEV - 60 kWh (fotovoltaico)

**Figura 5:** Comparazione FCEV, BEV e diesel dal 2020 al 2030<sup>2</sup>

Emissioni di gas serra dovute al funzionamento dei veicoli 2020-2030  
Confronto con autovetture diesel (100% carburante fossile)



H2: NG – H2 da reforming del metano  
H2: eolico – H2 da elettrolisi con elettricità da energia eolica

- » FCEV (H2: 100% NG)
- » FCEV (H2: 50% NG + 50% eolico)
- » FCEV (H2: 100% eolico)
- » BEV - 90 kWh (mix energetico)
- » BEV - 90 kWh (fotovoltaico)
- » Diesel



## 4. Idrogeno – Lo stato dell'arte

### 4.1. Applicazioni dell'idrogeno

L'attuale consumo annuo di idrogeno nel mondo è stimato in 500 miliardi di Nm<sup>3</sup>/a, che dal punto di vista energetico 5.400 PJ/a =  $1,5 * 10^{12}$  kWh/a rappresenta un contributo trascurabile. Questo idrogeno viene quasi per metà utilizzato direttamente per scopi energetici, generalmente in forma impura quale prodotto di scarto dei processi chimici. Il principale campo di impiego è la produzione di ammoniaca, che assorbe un terzo della produzione di idrogeno. Il resto trova impiego nell'industria degli oli minerali, e quindi viene a sua volta indirettamente utilizzato per scopi energetici. Quantità minori servono per l'industria dei semiconduttori, la metallurgia, l'idrogenazione dei grassi, la riduzione diretta del minerale di ferro e l'industria farmaceutica.

Annualmente nel mondo si producono circa 70 milioni di tonnellate di idrogeno, richieste soprattutto dall'industria, ad esempio nella raffinazione del petrolio (33%), nella produzione di fertilizzanti (27%), di metanolo (11%) e di acciaio (3%).

Ma poiché l'idrogeno è un eccellente vettore energetico verde, la sua importanza nella decarbonizzazione dei trasporti, della tecnologia domestica e del settore energetico sta rapidamente aumentando.

**L'energia immagazzinata nell'idrogeno viene utilizzata nei modi seguenti:**

**a.) trasformazione in energia elettrica tramite cella a combustibile:**

gli ambiti di applicazione sono la mobilità elettrica (autovetture, autobus e veicoli commerciali, mezzi pesanti e treni), la tecnologia domestica per la produzione di elettricità e calore per la casa, la movimentazione merci (muletti), le applicazioni fisse come ad esempio i sistemi di back-up per la sicurezza dell'approvvigionamento elettrico;

**b.) immissione nei gasdotti esistenti e miscelazione con metano:**

tecnicamente l'idrogeno verde può essere miscelato con metano fino al 10% (in Austria attualmente fino al 4%) per ridurre le emissioni delle relative applicazioni e per mantenere costante il potere calorifico

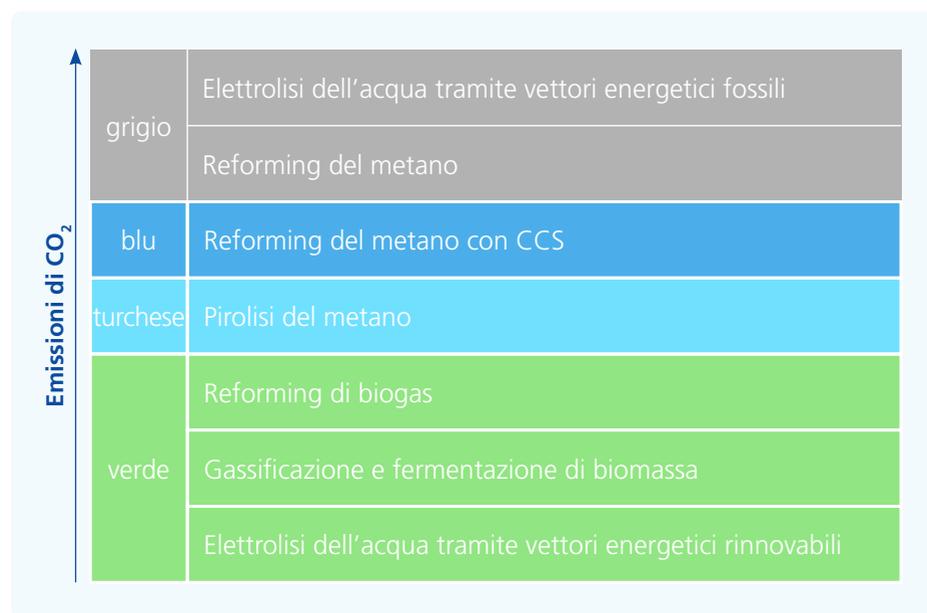
**c.) carburanti sintetici a base di idrogeno:**

i carburanti sintetici a base di idrogeno vengono sviluppati soprattutto per la navigazione e il trasporto aereo.

In linea di principio l'obiettivo di qualsiasi strategia nel settore dell'energia e dei trasporti basata sulla tecnologia dell'idrogeno dovrebbe essere quello di impiegare l'idrogeno verde da energia locale rinnovabile. Anche l'idrogeno ottenuto dal reforming del metano può alimentare localmente veicoli a zero emissioni, ma la sua produzione provoca emissioni di CO2 facendo venir meno il secondo grande vantaggio dell'idrogeno, ossia la neutralità di emissioni di gas serra.

Tuttavia, soprattutto in una fase di transizione può essere opportuno considerare nelle strategie percentuali da definirsi di idrogeno ottenuto da reforming, così da ottenere economie di scala per le infrastrutture o migliorarne l'economicità e quindi attivare anche l'economia privata rispetto a questa tecnologia. L'obiettivo a medio termine deve però essere quello di impiegare esclusivamente idrogeno verde. La Figura 6 riporta una chiara definizione di idrogeno grigio e verde (nonché blu e turchese).

**Figura 6:** Procedimenti per la produzione di idrogeno e relative emissioni di CO2<sup>1</sup>



<sup>1</sup> Was bedeuten die Farben von Wasserstoff? <https://emcel.com/de/farben-von-wasserstoff/>.

## 4.2. Sviluppi internazionali

**La nostra tradizionale mobilità stradale si basa sull'acquisto di carburanti fossili, che vengono trasportati su lunghe distanze e implicano una notevole dipendenza dal quadro politico globale. Oltre a produrre emissioni inquinanti ciò implica anche che grandi quantità di risorse finanziarie fluiscono verso i paesi in cui si estraggono petrolio e gas o nei quali hanno sede le grandi compagnie petrolifere e metanifere, abbandonando quindi il circuito economico locale. Inoltre, la logistica dei carburanti fossili genera a sua volta altro traffico pesante, quantomeno a livello regionale.**

- » Sostituendo gradualmente questi carburanti fossili con carburanti prodotti localmente, come ad esempio l'idrogeno, l'intera **creazione di valore** rimane all'interno del circuito economico locale e lo rivitalizza.
- » L'innovativa tecnologia a idrogeno offre **posti di lavoro** qualificati di grande interesse soprattutto per i giovani.
- » Dato che gli impianti di produzione, stoccaggio e utilizzo di idrogeno possono e devono essere costruiti soprattutto in siti decentrati, si possono creare posti di lavoro interessanti anche nelle zone rurali, contribuendo ad arginare lo spopolamento delle campagne e a **rivitalizzare aree strutturalmente deboli**.
- » Per le aziende, l'artigianato e l'industria locale la tecnologia dell'idrogeno grazie al suo **potenziale innovativo** ancora elevato offre nuovi campi di impiego estremamente interessanti e nicchie di mercato oltre alla possibilità di impiantare nuove produzioni e servizi.
- » La grande dipendenza economica e politica dai paesi produttori di petrolio e di gas, in parte caratterizzati da condizioni di instabilità, può essere ridotta ed eliminata attraverso **l'impiego di idrogeno prodotto a livello decentrato**.

Sul piano internazionale si sta spingendo per la transizione verso tecnologie di propulsione alternative (abbandonando diesel e benzina).

Negli USA lo stato della California fa da apripista alla tecnologia dell'idrogeno con il maggior numero di distributori.<sup>2</sup>

In Asia invece i distributori di idrogeno sono più diffusi in Giappone e Corea del Sud.

<sup>2</sup> <https://www.h2stations.org/stations-map> Stations Map - H2Stations.

**Un quadro generale dei distributori di idrogeno in Europa è riportato in <https://h2.live>.<sup>3</sup>**

- » in Germania si contano 89 distributori di idrogeno, quasi esclusivamente per autovetture (dato aggiornato a fine 2020), che diverranno 100 a fine 2020 e 130 entro il 2021, mentre i distributori tradizionali nel paese secondo il portale Statista sono 14.459 (dato aggiornato al 31.03.2020);
- » in Europa sono attualmente in funzione 177 distributori di idrogeno (dato aggiornato a metà luglio 2020);
- » negli USA al 31.03.2020 esistevano complessivamente 48 distributori di idrogeno, di cui 43 in California;
- » in tutto il mondo i distributori di idrogeno sono 432, di cui 330 accessibili al pubblico. Di questi, 118 si trovano in Asia: 114 in Giappone, 33 in Corea del Sud e 27 in Cina, destinati prevalentemente al rifornimento di bus o mezzi pesanti. Altri 44 distributori di idrogeno sono attualmente in corso di realizzazione

L'evoluzione globale dei distributori di idrogeno è visualizzabile sul sito [www.H2stations.org](http://www.H2stations.org).<sup>2</sup>

**Figura 7:** Distributori di idrogeno in Europa: sfondo bianco - in esercizio, sfondo blu - in fase di realizzazione (dati aggiornati a metà maggio 2020)<sup>3</sup>



<sup>3</sup> <https://h2.live> Wasserstofftankstellen in Deutschland & Europa.

Per la produzione di idrogeno da energie primarie rinnovabili non-biogeniche l'elettrolisi dell'acqua rappresenta un procedimento consolidato, che nella sua versione avanzata funziona con un buon rendimento.<sup>4</sup>

Tutte le energie primarie solari, l'energia idroelettrica, la radiazione solare, l'energia eolica, l'energia derivata dal moto ondoso, dal gradiente termico marino, delle maree e anche la geotermia possono essere sfruttate sotto forma di elettricità e quindi anche trasformate in idrogeno.<sup>5</sup>

Un particolare vantaggio dell'elettrolisi dell'acqua associata all'elettricità da fonti rinnovabili è la capacità di funzionare con un apporto intermittente di corrente, poiché i processi elettrochimici avvengono con sufficiente velocità anche in presenza di rapidi sbalzi di carico. I necessari adattamenti e sviluppi sono stati realizzati nell'ambito di vari progetti pilota e negli ultimi 15 anni anche dimostrati e ottimizzati all'interno di sistemi complessivi insieme alla produzione di elettricità da fonti rinnovabili.

**Figura 8:** Distributori di idrogeno nel mondo (dati aggiornati a metà maggio 2020)<sup>2</sup>



Secondo l'Agenzia Internazionale dell'energia IEA ("Vision 2050") il mercato dell'idrogeno potrebbe raggiungere entro il 2050 i 2,5 miliardi di dollari e creare 30 milioni di posti di lavoro in tutto il mondo. L'idrogeno potrebbe contribuire a coprire fino al 18% del fabbisogno energetico e a ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> fino al 20%, pari -in valore assoluto – a una riduzione di 6 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub> all'anno. La produzione di elettricità dall'idrogeno raggiungerà i 150 TWh all'anno e l'energia in eccesso da fonti rinnovabili, immagazzinata e utilizzata sotto forma di idrogeno, arriverà a 500 TWh all'anno.

<sup>4</sup> Smolinka, T.; Günther, M.; Garche, J.: "Stand und Entwicklungspotenzial der Wasserelektrolyse zur Herstellung von Wasserstoff aus regenerativen Energien". Fraunhofer ISE, 1. Revision 2011

<sup>5</sup> J. Nitsch: "Potenziale der Wasserstoffwirtschaft." Gutachten für den Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU), Stuttgart, Juni 2002.

## 4.2.1. Giappone

**Nel 2014 il governo giapponese ha pubblicato il “Quarto piano generale per l’energia”, che fissa le direttrici fondamentali della politica energetica giapponese basandosi sui principi fondamentali della sicurezza, della sicurezza energetica e di una maggiore economicità e sostenibilità ambientale. Nel luglio 2015 è seguita una previsione a lungo termine riguardante l’approvvigionamento e la domanda di energia, secondo cui il futuro mix energetico includerà entro il 2030 una quota di energia da fonti rinnovabili compresa tra il 22 e il 24%. Gli obiettivi del governo giapponese per il 2030 sono i seguenti:**

- » aumentare la quota di autosufficienza al 40% circa entro il 2030
- » ridurre la dipendenza da combustibili fossili al 56% attraverso la composizione delle fonti di elettricità
- » sostituire l’energia nucleare attraverso lo sviluppo delle energie rinnovabili, in particolare geotermia, energia idroelettrica e biomassa, che garantiscono stabilità indipendentemente dalle condizioni atmosferiche, nonché attraverso il miglioramento dell’efficienza della produzione termoelettrica.

## 4.2.2. Australia

**Nel dicembre 2018 il consiglio per l’energia del governo australiano ha elaborato una visione per un’industria dell’idrogeno pulita innovativa, sicura e competitiva che vada a beneficio di tutti gli australiani, con l’obiettivo di diventare entro il 2030 un importante attore globale. Il consiglio ha approvato la costituzione di un gruppo di lavoro sull’idrogeno presieduto dal responsabile scientifico Dr. Alan Finkel al fine di sviluppare una strategia nazionale per l’idrogeno in grado di concretizzare questa visione.**

Il governo australiano stipulerà convenzioni con importanti mercati internazionali per sostenere investimenti in tale direzione. Sono già stati firmati un accordo di cooperazione con il Giappone e una dichiarazione d’intenti con la Repubblica di Corea. Questo esempio mostra chiaramente quanto sia importante la collaborazione in rete a livello internazionale. Allo stesso modo anche l’Euregio Tirolo – Alto Adige – Trentino e la stessa Europa dovrebbero fare rete per promuovere e attuare in maniera mirata una strategia per l’idrogeno.

## 4.2.3. Paesi Bassi

**A Rotterdam si produrrà presto idrogeno verde per una raffineria sostituendo l’idrogeno “grigio” e a tale scopo è prevista la costruzione e la gestione del primo elettrolizzatore multi-megawatt ad alta temperatura al mondo.**

Un consorzio europeo intende realizzare nella raffineria olandese dell’impresa petrolifera finlandese Neste Oyj nell’ambito di un progetto dimostrativo idrogeno verde per impiego industriale. Il progetto MULTIPLHY è cofinanziato con fondi europei.

Sotto la guida dell’organizzazione di ricerca francese CEA la finlandese Neste Oyj, la lussemburghese Paul Wurth (che costruisce impianti tecnologici e fa parte del SMS Group di Düsseldorf), la compagnia energetica francese Engie e la tedesca Sunfire si sono consorziati per produrre idrogeno verde su larga scala dimostrativa.

Il progetto MULTIPLHY sarà il primo progetto dimostrativo di elettrolisi ad alta temperatura con 2,6 MW di potenza nominale e una produzione di idrogeno pari a 60 kg/h per un rendimento elettrico che raggiungerà l’85%.

L’impresa Sunfire con sede a Dresda è responsabile dell’elettrolizzatore a vapore basato sulla tecnologia aziendale con celle a ossidi solidi che può scomporre l’acqua non solo in forma liquida, ma anche gassosa (vapore acqueo). Entro la fine del 2024 l’elettrolizzatore, con almeno 16.000 ore operative, produrrà complessivamente circa 960 tonnellate di idrogeno verde, evitando circa 8.000 tonnellate di gas serra. Il progetto supporta l’approccio più promettente alla Carbon Direct Avoidance (CDA), ossia alla sostituzione dell’idrogeno “grigio” prodotto da steam reforming (SMR) con idrogeno verde certificato. Il progetto MULTIPLHY è stato finanziato da Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (JU) nell’ambito di una convenzione di sovvenzione. JU è sostenuto dal programma di ricerca e innovazione Horizon 2020 dell’Unione Europea nonché da Francia, Germania, Finlandia e Lussemburgo. Il consorzio di progetto, in quanto parte del programma Horizon 2020 FCH2-JU finanziato dalla UE, riceve fondi per oltre 6,9 milioni di euro.

#### 4.2.4. Svizzera

**In Svizzera lo sviluppo della mobilità a idrogeno viene portato avanti in maniera molto coerente con l'obiettivo di chiudere il ciclo dell'acqua producendo idrogeno verde al 100% da fonti energetiche rinnovabili.**

L'Associazione H2, che riunisce diversi attori in un mix variegato senza pari nel mondo, promuove la mobilità elettrica sostenibile a idrogeno nonché l'acquisto di autovetture e veicoli commerciali, con un approccio basato sull'iniziativa privata. Gli attori puntano a realizzare oltre 2000 distributori e ad acquistare un grande numero di veicoli.

L'Associazione H2 Mobility Svizzera funge da catalizzatore per lo sviluppo e l'utilizzo di veicoli commerciali a idrogeno. Grazie al coinvolgimento dell'iniziativa privata la rete di distributori potrà essere realizzata più rapidamente. Già nel 2020 secondo i media i membri dell'associazione gestiscono un parco di oltre 1700 veicoli pesanti.

Un altro modello interessante è il leasing di veicoli a idrogeno. Primo esempio a livello mondiale, Hyundai ha avviato negli USA il leasing di veicoli elettrici a idrogeno per promuovere la diffusione di questa forma di mobilità ecologica nell'industria dei trasporti, nelle imprese di taxi e nei servizi di car sharing.

Una pietra miliare per la mobilità a idrogeno in Svizzera è rappresentata dalla sottoscrizione di una dichiarazione di intenti (MOU) tra Hyundai Motor e l'impresa svizzera H2 Energy, ora in attuazione. Nell'arco di cinque anni secondo il contratto con Hyundai entro il 2025 in Svizzera entreranno in circolazione 1.600 veicoli pesanti elettrici a idrogeno.

Un ulteriore passo è rappresentato dalla messa in funzione del primo impianto per la produzione di idrogeno verde presso la centrale idroelettrica Alpiq a Gösgen, che con una potenza di 2 MW è il più grande della Svizzera. L'impianto di Gösgen può produrre fino a 300 tonnellate di idrogeno verde all'anno coprendo in tal modo il consumo annuo di circa 40-50 mezzi pesanti a trazione elettrica con celle a combustibile o di 1700 autovetture con celle a combustibile. Nell'impianto di riempimento si possono caricare tre container da 350 kg di idrogeno verde al giorno.

#### 4.2.5. Francia

**Anche la Francia ha presentato un piano strategico per l'attuazione della tecnologia dell'idrogeno con l'obiettivo di conferire al Paese una posizione di leader del mercato in tale settore. Il piano abbraccia tutti i livelli dell'economia francese, tra cui anche il settore dei trasporti.**

Il piano prevede inizialmente di costruire 100 distributori di idrogeno entro il 2023. Secondo i dati disponibili in Francia si contano attualmente circa 20 stazioni di rifornimento per l'idrogeno. Entro il 2023 verranno messi in circolazione oltre 5.000 veicoli commerciali leggeri e oltre 200 veicoli pesanti come autobus, camion ecc. alimentati a idrogeno. Entro il 2028 saranno realizzati da 400 a 1.000 distributori di H2.

Il governo francese ha in programma anche la creazione di un centro internazionale per la qualificazione e certificazione di componenti ad alta pressione per la tecnologia dell'idrogeno. Anche i veicoli per il trasporto su strada e su rotaia nonché i mezzi per il trasporto aereo e la navigazione dovranno essere certificati.

Questo è un tema che dovrebbe essere approfondito anche nell'Euregio, poiché attualmente le condizioni quadro e i requisiti per la produzione, lo stoccaggio e il rifornimento dei veicoli sono diversi nei vari territori.

## 4.2.6. Germania

Con il documento "Die Nationale Wasserstoffstrategie"<sup>6</sup> la Germania punta sull'idrogeno come vettore e accumulatore energetico del futuro che contribuirà all'equilibrio di offerta e domanda. Il documento menziona anche il potenziale insito nella cogenerazione. Il governo federale prevede entro il 2030 un fabbisogno di idrogeno compreso tra 90 e 110 TWh circa. Per coprire parte di questo fabbisogno entro il 2030 dovranno sorgere nel paese impianti per la produzione di idrogeno fino a 5 GW di potenza totale, inclusa la necessaria produzione di energia offshore e onshore. Ciò corrisponde a una produzione di idrogeno verde che raggiungerà i 14 TWh (assumendo 4.000 ore a pieno carico e un rendimento medio degli impianti di elettrolisi pari al 70%) e a un fabbisogno di energia rinnovabile fino a 20 TWh.

**Gli obiettivi definiti nella "Strategia nazionale tedesca per l'idrogeno" sono i seguenti:**<sup>4</sup>

- » **Assunzione di responsabilità globale** (contributo alla salvaguardia del clima)
- » **Rendere concorrenziale l'idrogeno** (nella fase iniziale i costi rispetto ai vettori energetici fossili vanno tenuti bassi, soprattutto perché per i vettori energetici fossili attualmente non è ancora previsto un sovrapprezzo per CO<sub>2</sub>.)
- » **Utilizzo sia di idrogeno verde che di idrogeno blu e turchese** (incluso Carbon Capture and Storage); anche l'importazione di idrogeno assumerà un ruolo essenziale.
- » **Affermare l'idrogeno come vettore energetico alternativo**  
In alcuni settori fondamentali (in particolare il trasporto aereo, in parte gli automezzi pesanti, la difesa nazionale e alleata, la navigazione) non è possibile usare esclusivamente la propulsione elettrica.
- » **Rendere sostenibile l'idrogeno come materia prima per l'industria**  
Attualmente l'impiego di idrogeno (prevalentemente da fonti energetiche fossili) corrisponde a circa 55 TWh. La produzione dovrà raggiungere la neutralità di emissioni di gas serra (anche tramite P2X).
- » **Sviluppare ulteriormente l'infrastruttura di trasporto e distribuzione**  
Per l'importazione e per l'equilibrio tra domanda e offerta occorre costruire gasdotti a idrogeno e testare l'immissione in rete.
- » **Promuovere la scienza, formare specialisti**
- » **Strutturare e accompagnare i processi di trasformazione**

- » **Rafforzare l'economia tedesca** e garantire alle imprese tedesche opportunità sul mercato globale
- » **Sviluppare mercati e collaborazioni internazionali per l'idrogeno**
- » **Concepire le collaborazioni globali come opportunità**
- » **Espandere e garantire un'infrastruttura di qualità per la produzione, il trasporto, lo stoccaggio e l'utilizzo dell'idrogeno e creare fiducia**
- » **Migliorare costantemente il quadro generale e cogliere gli sviluppi attuali**

**Rispetto agli attuali campi di azione vengono definiti tra l'altro i seguenti punti fondamentali:**

- » **entro il 2030 per la Germania si stima un fabbisogno di idrogeno compreso tra 90 e 110 TWh**
- » **entro il 2050 serviranno tra 110 e 380 TWh.**

**I mercati strategici del futuro sono individuati come segue:**

- » **produzione di idrogeno (in particolare da eolico e fotovoltaico)**
- » **fabbisogno di idrogeno nell'industria**
- » **trasporti a idrogeno e mobilità basata su P2X**
- » **mercato del riscaldamento**
- » **trasporto e infrastruttura di distribuzione in Germania e all'estero**

Punto fondamentale della strategia è l'"idrogeno come progetto comunitario europeo", per il quale è indispensabile un'infrastruttura europea di trasporto e distribuzione. Il piano di azione definisce anche gli interventi necessari per il successo della strategia nazionale per l'idrogeno, interventi che comunque ne rappresentano solo la prima fase (lancio sul mercato entro il 2023 e mercato locale funzionante) (v. Nationale Wasserstoffstrategie: Ministero federale dell'economia e dell'energia, giugno 2020).

In Baviera è molto attivo il centro per l'idrogeno H2.B di Norimberga. Nell'autunno 2019 35 partner operanti nel settore della ricerca (Università di Erlangen-Norimberga, Technische Universität di Monaco, Helmholtz-Institut für Erneuerbare Energie ecc.), imprese private e istituzioni pubbliche hanno dato vita a un'alleanza per l'idrogeno con l'obiettivo di promuovere in maniera mirata, insieme alle istituzioni della conoscenza, lo studio delle necessarie tecnologie e delle relative applicazioni industriali.

Secondo i dati forniti dagli attori coinvolti, si prevede di destinare circa 50 milioni di euro allo sviluppo della rete di rifornimento.

<sup>6</sup> Die Nationale Wasserstoffstrategie. Berlin, Germany: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2020.

## 4.2.7. Austria

**Un gruppo di esperti guidato dal Ministero federale per la sostenibilità e il turismo ha elaborato la strategia austriaca per l'idrogeno (con il titolo "Mission2030"), che considera l'idrogeno come tecnologia chiave per la cogenerazione.**

### **Quattro gruppi di lavoro sviluppano i seguenti punti:**

- » Produzione infrastruttura e stoccaggio
- » Greening the gas (sostituire il metano con gas rinnovabili)
- » L'idrogeno nei processi industriali
- » Mobilità & edilizia – celle a combustibile nel consumo finale

### **Le proposte in discussione sono le seguenti:**

- » Entro il 2030 la potenza installata dell'elettrolizzatore dovrà essere compresa tra 0,7 e 1,5 GW
- » Introduzione di un sistema internazionale per certificare la provenienza del gas verde
- » Entro il 2030 il 4–7% del gas dovrà essere sostituito con gas rinnovabile prodotto in loco
- » Entro il 2030 il livello di tolleranza per l'idrogeno nella rete di trasporto del gas dovrà raggiungere il 10%
- » Interventi regolatori al fine di garantire una gestione economicamente sostenibile dell'infrastruttura per l'idrogeno
- » Integrazione nel Piano nazionale per l'energia e il clima e nella Legge sullo sviluppo delle energie rinnovabili

Su iniziativa del Ministero federale per la digitalizzazione e le attività economiche (ministra Margarete Schramböck) con la partecipazione del Ministero federale per il clima, l'ambiente, l'energia, la mobilità, l'innovazione e la tecnologia (ministra Leonore Gewessler) il 16 luglio 2020 è stato varato in Austria un cluster dell'idrogeno con il coinvolgimento dell'industria. Nel Land Alta Austria il 18 ottobre 2019 ha preso il via l'attivazione sperimentale del più grande impianto pilota del mondo per l'idrogeno da elettrolisi destinato alla produzione di acciaio senza CO<sub>2</sub> presso la sede della Voestalpine a Linz: nell'ambito del progetto di ricerca "H2Future" si intende testare in maniera mirata le possibilità di impiego dell'idrogeno nelle singole fasi del processo di produzione dell'acciaio (i costi ammontano a 18 milioni di euro con un finanziamento UE pari a 12 milioni di euro). Il nucleo dell'impianto pilota di Linz è costituito da un modulo per elettrolisi con membrana a scambio protonico (PEM) con una potenza di allacciamento pari a 6 MW. Secondo le indicazioni di fabbrica con questo aggregato si possono produrre fino a 1200 metri cubi di idrogeno all'ora. L'obiettivo principale è ridurre le emissioni di biossido di carbonio del 40% entro il 2030 attraverso l'impiego della tecnologia a idrogeno.

## 4.2.8. Italia

L'Italia è ricca di fonti energetiche rinnovabili quali fotovoltaico ed energia eolica, particolarmente sviluppate nelle regioni meridionali. Nelle regioni settentrionali lungo l'arco alpino prevale la produzione di energia idroelettrica. In varie aree, ad esempio in Toscana, la geotermia rappresenta un'importante fonte energetica.

Al momento si sta adattando la rete del metano per il trasporto di grandi quantità di idrogeno. La rete di distribuzione del metano è ben sviluppata e consente quindi di organizzare la distribuzione di idrogeno su tutto il territorio. Secondo quanto comunicato dalla SNAM, che gestisce la rete del metano, circa 2/3 della rete sarebbero idonei al trasporto di idrogeno.

Contemporaneamente si punta anche sull'impiego di LNG (Liquid Natural Gas) come carburante che, soprattutto nei trasporti a lunga percorrenza, consentirebbe un'autonomia fino a 2.000 km. Già questo comporterebbe una riduzione della CO<sub>2</sub> pari al 12-15% circa. Interessanti sono gli sviluppi nel campo della produzione di metano dagli impianti di biogas alimentati da scarti agricoli. La CO<sub>2</sub> generata dalla combustione garantisce la neutralità climatica. I mezzi pesanti a LNG sono già disponibili sul mercato e i distributori sono in costruzione.

La riduzione del canone di rete per l'energia rinnovabile destinata alla produzione di idrogeno per la mobilità è attualmente oggetto di discussione a vari livelli politico-economici. Ciò dimostra che l'Italia si sta preparando all'era dell'idrogeno concentrandosi soprattutto su infrastruttura e distribuzione.

Il 31 luglio 2019 il Ministero dell'Economia ha istituito un tavolo per l'idrogeno. Dalla relazione dei lavori risultano attualmente in corso 9 progetti prioritari nel settore della mobilità e dei trasporti sul tema idrogeno. Oltre ai veicoli stradali a idrogeno si menziona anche il trasporto ferroviario e si accenna specificamente al Corridoio dell'idrogeno (hydrogen valley green corridor) tra il Brennero e Modena (A22).

Negli ultimi anni il centro IIT di Bolzano ha svolto un ruolo pionieristico nell'attuazione della mobilità a idrogeno. Il progetto di ricerca "Life-progetto &quot; Zero Emission Services for a Decarbonised Alpine Economy&quot;" avviato a fine febbraio 2019 (con costi pari a 22,6 milioni di euro e un finanziamento UE pari a 7,9 milioni di euro) prevede di dotare l'Alto Adige della necessaria infrastruttura per veicoli a batteria e a idrogeno diffusa su tutto il territorio. Inoltre, si punta a mettere in circolazione entro il 2025 il maggior numero possibile di veicoli a zero emissioni, di aprire altri distributori di idrogeno e di ampliare le flotte di veicoli a noleggio.

## 4.2.9. USA

Negli USA lo stato della California ha fatto finora da apripista nel settore dell'idrogeno, ma anche negli altri Stati sono sempre più numerosi i progetti in tale campo. Nikolamotor ha in programma di gestire negli USA una rete capillare di distributori di idrogeno e ha avviato la produzione di camion a idrogeno.

**Figura 9:** Distributori di idrogeno previsti negli USA,<sup>7</sup>



L'US Department of Energy pubblica annualmente il "DOE Hydrogen and Fuel Cells Program, Annual Progress Report".

**Nel report attuale <sup>7</sup> sono indicati i seguenti ambiti principali di ricerca (per i dettagli v. allegato)**

- » **HYDROGEN FUEL R&D**
- » **FUEL CELL R&D**
- » **INFRASTRUCTURE AND SYSTEM R&D**
- » **CODES AND STANDARDS**

Si tratta dei principali oggetti di studio dei vari istituti di ricerca statunitensi, che si concentrano soprattutto sullo sviluppo di nuovi materiali nella tecnologia dell'elettrolisi e delle celle a combustibile al fine di ottimizzare i rendimenti e contemporaneamente ridurre i costi dei sistemi.

Molti stanno lavorando per sostituire gli elettrodi al platino con altri metalli efficienti e disponibili sul mercato a prezzi più convenienti. Si stanno sviluppando membrane più durature ed efficienti per l'elettrolisi e le celle a combustibile, nuovi materiali per i serbatoi e le tecniche di stoccaggio in forma gassosa o legata in liquidi o solidi. La ricerca di nuovi materiali e tecniche riguarda anche la tecnologia di compressione e le procedure di rifornimento alle pompe.

La ricerca sta lavorando su altri processi più efficienti, come i processi fotochimici e biologici e l'elettrolisi ad alta temperatura.

Altri obiettivi di ricerca e sviluppo riguardano nuove metodologie di test e nuove celle a combustibile più potenti per mezzi pesanti, autobus e veicoli speciali. Tutto ciò contribuirà ad agevolare il decollo della tecnologia dell'elettrolisi e delle celle a combustibile dal punto di vista tecnico e dei costi.

<sup>7</sup> 2019 Annual Progress Report: DOE Hydrogen and Fuel Cells Program. United States, 2020.

## 4.2.10. Sviluppi internazionali

Di seguito si riporta una breve rassegna delle attività attualmente note (dal 2020) a livello internazionale. Al momento a livello nazionale molte attività vengono ancora sostenute con finanziamenti pubblici. Anche l'Unione Europea ha prospettato, nell'ambito del nuovo budget per il periodo 2021–2027 ancora in fase di approvazione, sostegni finanziari per promuovere attivamente la tecnologia dell'idrogeno e la sua applicazione soprattutto nel settore della mobilità.

La Gran Bretagna persegue l'obiettivo di sostituire entro il 2040 tutte le locomotive diesel con locomotive a idrogeno in collaborazione con la ditta francese Alstom.

In Corea nell'ambito di un progetto PPP (public-privat-partnership) si prevede di mettere in circolazione entro il 2022 oltre 1000 autobus a idrogeno, puntando ad alimentare con questa tecnologia oltre 40.000 autobus entro il 2040.

Il laboratorio per le energie rinnovabili dell'Università di Tel Aviv (Prof. Iftach Yacoby) ha riferito (comunicato stampa 14.06.2020) di aver estratto idrogeno dalle piante.

## 4.3. Gli sviluppi nell'Euregio

### 4.3.1. Presupposti attuali

Nell'area alpina l'idrogeno può essere prodotto con energia idroelettrica a neutralità carbonica. Anche con l'energia eolica o solare è possibile produrre idrogeno in maniera ecologica. Nell'Euregio l'idrogeno potrebbe essere prodotto con energia idroelettrica, compensando con gli effetti sinergici le fluttuazioni dell'energia rinnovabile.

In Alto Adige le aziende energetiche locali vendono circa 1 TWh di elettricità prodotta in modo sostenibile(verde). Quindi nell'Euregio la quantità di energia verde disponibile e ragionevolmente utilizzabile potrebbe essere impiegata per la produzione di idrogeno.

**Attualmente sono molte le attività che prevedono l'impiego di idrogeno come vettore energetico nel settore della mobilità (Huber, 2019),<sup>8</sup> per la cogenerazione o direttamente come carburante:**

» **trasformazione in energia elettrica tramite cella a combustibile:**

> ambiti di applicazione sono la mobilità elettrica (autobus, veicoli commerciali, mezzi pesanti, locomotive, autovetture)

» **immissione nei gasdotti esistenti e miscelazione con metano:**

> tecnicamente l'idrogeno verde può essere miscelato con metano fino al 10% (in Austria il limite attualmente consentito è del 5% in Germania) per ridurre le emissioni delle relative applicazioni

» **carburanti sintetici a base di idrogeno:**

> attualmente si sta lavorando allo sviluppo di carburante sintetico a base di idrogeno per la navigazione e il trasporto aereo.

L'idrogeno è un vettore energetico. L'elettricità ottenuta da energia idroelettrica può essere trasformata e immagazzinata tramite l'elettrolisi in idrogeno da utilizzare come carburante a zero emissioni per la mobilità (cogenerazione) o da reimmettere nella rete elettrica attraverso una re-elettrificazione. La mobilità è in tutti e tre i territori una delle principali fonti di emissione di CO<sub>2</sub>. In Alto Adige, ad esempio, si contano 0,58 veicoli per abitante (v. Mölgg,<sup>9</sup>). Il 36% della popolazione si sposta con veicoli e solo il 20% utilizza i mezzi pubblici. Il tragitto medio annuo in Alto Adige è pari a 17.500 km circa.

<sup>8</sup> W. Huber, Wasserstoff Tirol (non pubblicato), 2019.

<sup>9</sup> Mölgg, P.: "Wasserstoff Masterplan für Mobilität in Südtirol. Provincia Autonoma di Bolzano, 12/2019"



Il consumo di energia totale ammonta a circa 607 milioni di litri di carburante con emissioni di CO2 per oltre 1 milione di tonnellate.

Si contano poi oltre 35.000 mezzi pesanti al giorno con una percorrenza media di 110 km. Il consumo annuo di energia ammonta a circa 312 milioni di litri carburante con emissioni di CO2 per oltre 1 milione di tonnellate.

Inoltre, circolano più di 1000 autobus con una percorrenza media annua pari a circa 40 milioni di km, un consumo di carburante pari a 11,4 milioni di litri ed emissioni di CO2 superiori a 30.000 tonnellate.

Complessivamente quindi, secondo lo studio condotto nell'ambito del Masterplan idrogeno per l'Alto Adige, si consumano annualmente circa 930 milioni di litri di carburante emettendo circa 2 milioni di tonnellate di CO2. Dalle misurazioni risulta che il 42% circa delle emissioni di CO2 in Alto Adige nel 2018 erano riconducibili al traffico. La crisi di Corona potrebbe invertire la tendenza, dovuta al fatto che la crescente digitalizzazione del lavoro porta a privilegiare lo smart working e più persone rinunciano al proprio veicolo.

I procedimenti elettrolitici e le celle a combustibile per la produzione di idrogeno con i relativi impianti tecnici rappresentano lo stato dell'arte e possono essere collocati in aree periferiche. Dove c'è abbastanza energia elettrica si può produrre e immagazzinare idrogeno. Oggi l'idrogeno viene stoccato in contenitori da max 500 kg con una pressione fino a 700 bar (il rifornimento di un'autovettura richiede 5 kg di idrogeno). Occorre quindi dare impulso alle ricerche in corso per analizzare l'opportunità di impiegare megaserbatoi di idrogeno e condotte in pressione .

In Tirolo sono stati intrapresi passi concreti per l'attuazione di progetti nel settore dell'idrogeno. L'azienda energetica del Land (TIWAG) ha promosso la progettazione di uno stabilimento per la produzione di idrogeno presso Langkampfen / Kufstein.

C'è poi l'idea di progetto (supportata dalla tesi di dottorato del Dipl.-Ing. Dr. Helmut Schreiner) di convertire da diesel a idrogeno le motrici della ferrovia della Zillertal. Il 6 marzo 2018 è stato pubblicato il bando europeo per lo sviluppo e la fornitura di cinque convogli a idrogeno con un'opzione per altri tre convogli, aggiudicata nel maggio 2018 alla ditta Stadler Rail. I costi stimati di tale infrastruttura ammontano a 15 milioni di euro.

### 4.3.2. Passi intrapresi

Nell'Euregio Tirolo Alto Adige Trentino sono stati compiuti importanti passi avanti con l'adozione della strategia congiunta e l'elaborazione di un masterplan per fare dell'Euregio un vero e proprio "distretto dell'idrogeno". Particolarmente importante in questo quadro la deliberazione adottata dai tre governatori il 27 maggio 2020.

Il piano prevede di costruire gradualmente infrastrutture per il corridoio dell'idrogeno da Kufstein e dal Fernpass fino ad Ala-Avio (quasi 300 km). Il coordinamento complessivo dovrebbe essere assicurato da una società dell'Euregio, cui spetterà di seguire la progressiva attuazione del masterplan, coordinare la presentazione delle domande di finanziamento all'UE e fungere da società di progetto curando, oltre alla presentazione delle domande all'UE, anche la vigilanza su costi e tempistiche e, a seconda del tipo di progetto, la fase di realizzazione.

Nei singoli territori i referenti hanno elaborato piani specifici per le rispettive realtà. Per ogni progetto oltre a verificare la realizzabilità e la finanziabilità si dovrebbe effettuare anche un'analisi costi-benefici e un'analisi di impatto ambientale (riduzione delle emissioni di CO2 ecc.). Ciascun progetto necessita di un finanziatore supplementare in veste di partner di progetto. Considerato che la fornitura e i costi dell'energia per la produzione di idrogeno sono i principali elementi chiave, questi progetti dovrebbero essere sostenuti preferibilmente dalle aziende energetiche pubbliche (TIWAG e IKB in Tirolo, Alperia in Alto Adige, Dolomiti Energia in Trentino). Gli effetti sinergici all'interno dell'Euregio consentirebbero di compensare le fluttuazioni dell'energia rinnovabile.

È opportuno pensare a un coinvolgimento strutturato di Asfinag e Autostrada del Brennero A22 nonché di ÖBB, RFI e BBT SE in quanto gestori delle infrastrutture di trasporto. Ciò consentirebbe di sviluppare un corridoio verde integrale del Brennero con la nuova ferrovia, il tunnel di base, le tratte di accesso e i relativi terminal. Per far questo servono decisioni e il coraggio di prefissarsi obiettivi chiari e realizzabili!

Con un'analisi strutturata dei fondamenti tecnici e l'elaborazione di "prototipi di impianti di produzione e rifornimento" (ad es. struttura modulare con impianti da 6MW) si possono ottenere grandi effetti sinergici. La società Euregio coordina tutti i progetti, redige con i partner di progetto le domande di cofinanziamento UE, cura il monitoraggio del progetto, coordina e amministra i finanziamenti UE, vigila su qualità, costi e tempistiche. Inoltre, la società Euregio potrebbe sviluppare una rete digitale lungo il corridoio del Brennero, per fornire agli utenti tutte le informazioni sulla situazione del traffico e i mezzi pubblici nonché sui distributori di elettricità e di idrogeno.

### 4.3.3. Idee e progetti per il futuro

Concretamente nell'Euregio si potrebbero immaginare i seguenti impianti:

#### TIROLO:

- » **centro smaltimento rifiuti Kufstein:**
  - > partner di progetto TIWAG
- » **ferrovia della Zillertal 2020+ autosufficienza energetica con idrogeno**
  - > partner di progetto VERBUND o IKB
- » **distributore sull'Autostrada del Brennero A13 – Ahrental**
  - > partner di progetto IKB
- » **impianto di produzione e distribuzione a Pfaffenhofen**
  - > partner privato di progetto Thöni
- » **strategia per l'idrogeno M2-Preis**
  - > partner privato di progetto MPreis

#### ALTO ADIGE:

- » **impianto di produzione e distribuzione Vipiteno/Brennero**
  - > partner di progetto ALPERIA o A22 (o Istituto per Innovazioni Tecnologiche)
- » **impianto di produzione e distribuzione Bressanone/Val Pusteria**
  - > partner di progetto ALPERIA o A22 (o Istituto per Innovazioni Tecnologiche)
- » **potenziamento impianto di produzione e distribuzione Bolzano**
  - > Istituto per Innovazioni Tecnologiche
- » **impianto di produzione e distribuzione Brunico**
  - > partner di progetto Azienda Pubbli SERVIZI Brunico, IIT
- » **impianto di produzione e distribuzione Merano**
  - > partner di progetto Alperia, IIT
- » **Per l'attuazione della "Clean Vehicle Directive" il Masterplan idrogeno per l'Alto Adige postula la necessità di raggiungere entro il 2030 il seguente scenario (Basis 2030):**
  - > 15% di autovetture a zero emissioni (su 348.000 veicoli), di cui
    - a idrogeno: 5.000 veicoli
    - elettrici: 50.000 veicoli
  - > 64% di autobus a zero emissioni (su 1050 autobus)
  - > 15% di tratte su mezzi pesanti a zero emissioni (su 5 milioni di tratte)

Eurac Research (v. masterplan per l'Alto Adige) ha calcolato in uno studio (Modellazione del sistema energetico italiano 2030, 12/2019) che attraverso l'elettrificazione della mobilità e l'ulteriore sviluppo della produzione di energia idroelettrica si potrebbero ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> di una percentuale compresa tra il 39% e il 47%.

#### TRENTINO:

- » **progetti per la realizzazione di un rete di distributori lungo l'Autostrada del Brennero**
- » **alimentazione a idrogeno per la ferrovia della Valsugana**
- » **Solid Power HTE e biogas**
- » **Produzione di idrogeno e veicoli per lo smaltimento dei rifiuti nel distretto di Riva**

#### ATTIVITÀ COMUNI A TUTTI I TERRITORI DELL'EUREGIO:

- » individuazione del quantitativo di energia producibile da fonti rinnovabili (energia idroelettrica, geotermia, biogas, ecc...)
- » sviluppo di un impianto di conversione energetica standard utilizzando componenti disponibili, che potrebbe essere introdotto come standard nell'Euregio
- » creazione dei presupposti giuridici per garantire l'approvvigionamento elettrico senza costi di rete agli impianti di conversione energetica
- » elaborazione di un piano graduale per il corridoio del Brennero tra Kufstein e Ala/Avio che preveda la realizzazione di distributori e una politica del traffico (abbinata a interventi sui pedaggi) volta a incentivare l'uso di veicoli merci a basse emissioni
- » individuazione di possibili sedi per la produzione e lo stoccaggio nonché per i distributori
- » riconversione prioritaria del TPL
- » attuazione della "UE Clean Vehicle Directive – 2019": riduzione del 40% entro il 2030 rispetto al 1990; aumento della quota di energia rinnovabile pari almeno al 27%, risparmio energetico.

#### INIZIATIVE PRIVATE NELL'EUREGIO:

L'economia locale è caratterizzata da uno spiccato spirito di innovazione e da imprenditori coraggiosi. Pertanto si dovrebbero coinvolgere in maniera mirata le aziende e industrie private, sotto forma di singoli progetti (ad es. mezzi battipista, mezzi agricoli, sistemi per lo stoccaggio, il trasporto e la distribuzione di idrogeno ecc.) o attraverso azioni congiunte sotto forma di progetti PPP.

#### OBIETTIVO:

L'obiettivo dovrebbe essere quello di realizzare i progetti previsti nell'ambito del masterplan Euregio con l'assegnazione di finanziamenti certi (includendo anche possibili fondi UE) e tempistiche chiare. La piattaforma Euregio può essere fungere da centrale informativa ed eventualmente di coordinamento.

**Figura 10:** Proposta di piano di attuazione all'interno dell'Euregio Tirolo-Alto Adige-Trentino



**I passi necessari per rafforzare lo sviluppo regionale attraverso la tecnologia a idrogeno sono pertanto seguenti:**

- » **Utilizzo di risorse energetiche locali:** La produzione diretta di H2 dovrebbe sfruttare prioritariamente le risorse locali e ottimizzarne l'utilizzo. Si dovrebbero instaurare concrete sinergie in stretta collaborazione con i produttori di energia idroelettrica al fine di utilizzare per la produzione di idrogeno i picchi di sovrapproduzione e la corrente generata nelle ore notturne.
- » **Costruzione di una rete di distributori:** Un adeguato numero di distributori pubblici dovrebbe garantire l'approvvigionamento di idrogeno per la mobilità su tutto il territorio. Le stazioni di rifornimento dovrebbero offrire non solo idrogeno, ma anche gli altri carburanti, energia elettrica e assistenza tecnica.
- » **Coinvolgimento dell'economia regionale:** La capacità innovativa dell'industria regionale dovrebbe essere sfruttata in maniera mirata per promuovere a livello locale la produzione di componenti e sistemi, creando così ambiti innovativi per le aziende locali e posti di lavoro qualificati (soprattutto come opportunità per i giovani).
- » **Impianti fissi:** È possibile ottenere un'elevata efficienza se l'idrogeno può essere prodotto in loco e subito immesso in una rete di distributori.
- » **Utilizzo di calore disperso, geotermia e energia residua:** Sarebbe inoltre opportuna la combinazione con centrali di teleriscaldamento, dove l'energia residua e il calore non utilizzato potrebbero essere impiegati per la produzione di idrogeno. Anche gli impianti geotermici potrebbero essere utilizzati per la produzione di idrogeno in combinazione con la produzione di calore.
- » **Promuovere le innovazioni:** E' indispensabile attivare ricerca e sviluppo sia presso gli istituti di ricerca che presso le aziende, facendo rete con le istituzioni della conoscenza a livello internazionale.
- » **Creare le condizioni quadro:** Per aprire prospettive anche all'economia privata si devono creare adeguate condizioni di contorno.
- » **Formazione professionale e istruzione:** La tecnologia dell'idrogeno deve trovare spazio nel sistema formativo. Ciò vale sia per l'istruzione generale, sia per le scuole a indirizzo tecnico e le università. Inoltre, all'interno dell'Euregio si dovrebbero prevedere programmi di aggiornamento mirati.

## 4.4. Impiego dell'idrogeno per la mobilità

Nel territorio dell'Euregio, prevalentemente rurale e interessato dal traffico di transito, i veicoli con celle a combustibile ovvero a idrogeno rivestono un ruolo particolarmente importante.

Nella cella a combustibile, così come viene impiegata oggi nei veicoli di nuova generazione, l'idrogeno funge da convertitore di energia e non direttamente da carburante: la cella a combustibile trasforma l'idrogeno in corrente elettrica. Un tale sistema quindi non potrà mai essere efficiente al pari di una batteria, che è un accumulatore di energia. Ma questo punto debole si rivela al tempo stesso un punto di forza, poiché il calore disperso dal sistema di celle a combustibile può essere recuperato per il riscaldamento dei veicoli.

Considerando l'intera catena dalla produzione dell'idrogeno fino alla sua trasformazione in energia elettrica e cinetica si ottiene un rendimento compreso tra il 29% e il 35%. Di conseguenza l'auto con celle a combustibile è migliore rispetto a un motore a combustione a benzina (14 % WTW) o diesel (15 % WTW). Ma anche l'auto elettrica in una valutazione well-to-wheel (inclusando la produzione di elettricità) risulta appena migliore di un'auto con celle a combustibile.

Le moderne celle a combustibile hanno un rendimento superiore all'80%, il veicolo complessivamente arriva al 50%. Le auto a batteria raggiungono un rendimento del 90% circa. In questo caso le perdite si verificano soprattutto a seguito dei tempi di carica troppo brevi e possono far scendere il rendimento anche al di sotto del 75%.

### 4.4.1. Traffico pesante

Se l'obiettivo primario a lungo termine resta il trasferimento del trasporto merci dalla strada alla rotaia, a medio termine la soluzione è rappresentata dall'impiego di mezzi di trasporto dotati prevalentemente, per quanto possibile, di motore a idrogeno. Ciò costituisce anche una soluzione integrativa per la distribuzione delle merci a livello regionale. I veicoli elettrici a batteria non risultano adatti a causa degli elevati requisiti di potenza e della relativa capacità di stoccaggio.

Bosch sta sviluppando con Nikola Motors una cella a combustibile per camion. In futuro saranno disponibili gli automezzi pesanti "Nikola One" e "Nikola Two" con oltre 1.000 PS e 1600 km di autonomia (v. cap. 4.6.1.2). Per l'Europa si sta sviluppando il "Nikola TRE", la cui produzione è in programma dal 2021 presso lo stabilimento Iveco di Ulm. Il Nikola TRE sarà uno dei camion più moderni del mondo.

Secondo le indicazioni del produttore i primi modelli sono i veicoli elettrici a batteria 4x2- e 6x2 con batterie modulari e scalabili con capacità fino a 720 kWh. Il motore elettrico ha una potenza massima continua di 480 kW. Le versioni con celle a combustibile verranno costruite a partire dal 2023 e accanto a un'autonomia di 700 km avranno il vantaggio di non doversi portare dietro batterie del peso di svariate tonnellate. Ulteriori informazioni su questi veicoli sono riportate nel cap. 4.9.1.2.

### 4.4.2. Autobus per trasporto pubblico

Per il trasporto pubblico nei centri urbani gli autobus con celle a combustibile offrono grandi vantaggi, avendo la stessa possibilità e flessibilità di impiego dei tradizionali autobus diesel. Gli autobus a batteria risultano invece, dai test pratici effettuati finora, molto più limitati, potendo coprire solo una parte delle linee esistenti. D'altro canto la tecnologia a batteria ha i suoi vantaggi nel trasporto individuale all'interno dei centri urbani e sui tragitti interurbani medio-brevi così come nel TPL sulle tratte idonee. A Bolzano gli autobus a idrogeno circolano ormai dalla fine del 2013. Le esperienze in fatto di funzionalità e sicurezza degli autobus a idrogeno sono molto positive. Bolzano è insieme ad altre una delle città europee che impiegano autobus a idrogeno per il trasporto pubblico di linea. Inizialmente si calcolavano 4.000 ore operative, ma nel frattempo gli autobus hanno superato senza problemi le 20.000 ore operative.

### 4.4.3. Trasporto pubblico su rotaia

**Anche per quanto riguarda le locomotive ferroviarie ci sono già le prime applicazioni, in fase di progettazione o già in esercizio sulle seguenti tratte:**

- » **Treno a H2 sulla tratta Buxtehude-Bremervörde-Bremerhaven-Cuxhaven in esercizio dal 12/2017 (Bassa Sassonia DE)**
- » **H2 Rail Prignitz (Brandeburgo DE in esercizio dal 2021)**
- » **Rottenbach Katzhütte (Turingia DE in esercizio dal 2021)**
- » **Redlands e San Bernardino (USA)**
- » **Treno a H2 sulla tratta ferroviaria Aspangbahn e Thermenbahn (Austria: fase di prova di 10 settimane nel 2020)**

In Tirolo si prevede di alimentare con celle a combustibile la ferrovia della Zillertal. Questa sarà la prima ferrovia a scartamento ridotto al mondo alimentata da celle a combustibile.

Nel settore sono attivi tra gli altri i seguenti produttori di motrici e treni:

- » H2 Coradia iLint di Alstom (treni a idrogeno produzione in serie)
- » FLIRT H2 treni a idrogeno (Stadler + San Bernardino County Transportation Authority)
- » East Japan Railway Company (treni a idrogeno)
- » BNSF (USA) (locomotiva Hydrail)
- » HET Verkehrstechnik (AT) prima locomotiva di manovra ÖBB riconvertita a idrogeno

Figura 11: Treno a idrogeno Buxtehude - Cuxhaven,<sup>10</sup>



<sup>10</sup> [https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/oldenburg\\_ostfriesland/Wasserstoffzuege-Erfolgsmodell-aus-Niedersachsen,wasserstoffzug114.html](https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/oldenburg_ostfriesland/Wasserstoffzuege-Erfolgsmodell-aus-Niedersachsen,wasserstoffzug114.html).

## 4.5. Fabbisogno e bilancio energetico

1 kg di idrogeno contiene un'energia pari a circa 33,33 kWh. Nella produzione di 1 kg di idrogeno con energia elettrica tramite elettrolisi il rendimento si aggira intorno all' 60–80%,<sup>10</sup> corrispondente a un fabbisogno energetico di 5,5–5,7 kWh/norma-m<sup>3</sup>. Rendimenti maggiori sono tecnicamente possibili. Occorre puntare ad abbassare i costi di impianto ottimizzando il rendimento, per riuscire a ridurre al minimo i costi di produzione.<sup>11</sup> Tecnicamente è possibile aumentare l'efficienza innalzando le temperature di esercizio dell'elettrolisi, ma ciò implica una più rapida obsolescenza. Di conseguenza anche qui va considerato il livello ottimale dal punto di vista economico.<sup>8</sup> Per la produzione di 1 kg di idrogeno servono circa 10 litri d'acqua, che viene nuovamente liberata con la ritrasformazione.

Con 39,1 kWh di energia primaria rinnovabile si possono ottenere circa 11,6 kWh di energia cinetica nel veicolo. Questi valori variano a seconda delle caratteristiche di produzione del veicolo, della tecnologia di stoccaggio e del sistema di distribuzione.

<sup>11</sup> <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:a5fa8257-6c71-496f-a324-454241f1df71/version:1587996910/white-paper-effizienz-de.pdf>.

## 4.6. Produzione di idrogeno

**L'idrogeno si produce principalmente attraverso due procedimenti: elettrolisi e steam reforming.**

**Nell'elettrolisi** l'acqua viene scissa in idrogeno e ossigeno all'interno di un catalizzatore grazie all'energia elettrica ed è possibile produrre **idrogeno verde** se si utilizza elettricità proveniente da fonti energetiche rinnovabili. Tra i seguenti procedimenti possibili, l'elettrolisi PEM si sta attualmente affermando come un nuovo processo di elettrolisi:

» **Si distinguono tre tipi di elettrolizzatori a bassa temperatura (LTE):**

- > Alkaline electrolysis (AE)
- > Proton exchange membrane (PEM) electrolysis
- > Anion exchange membrane (AEM) electrolysis (detta anche PEM alcalina)

» **La promettente elettrolisi ad alta temperatura (HTE) è ancora in fase di sviluppo.**

Lo steam reforming utilizza idrocarburi con l'aggiunta di acqua ed energia termica e produce idrogeno ma anche CO<sub>2</sub>, ragion per cui tale metodo non può essere considerato conforme alla neutralità carbonica, a meno che gli idrocarburi non provengano da fonti rinnovabili (biogas). Attualmente in questo procedimento si utilizzano soprattutto metano e carbone.

A livello globale la produzione di idrogeno avviene prevalentemente con questo metodo. Poiché i materiali utilizzati per produrlo sono soprattutto metano (76%) e carbone (23%) l'idrogeno risultante non è caratterizzato da neutralità climatica. Ma con l'impiego di biogas si può ottenere idrogeno verde anche attraverso tale procedimento. Utilizzando energia idroelettrica per la produzione di elettricità, come nel caso dell'Euregio, è effettivamente possibile produrre idrogeno verde.

Un altro metodo è attualmente ancora in fase di sviluppo. Normalmente con le celle solari è possibile produrre energia elettrica, che tramite l'elettrolisi può poi essere immagazzinata sotto forma di idrogeno. Si tratta però di un processo complesso e costoso. Il sistema biologico rende superfluo il passaggio intermedio, producendo direttamente idrogeno dalla luce solare. Attraverso sistemi vegetali, specificamente colture di ciano batteri, la luce del sole viene trasformata direttamente in idrogeno all'interno di una cella solare (ricerche della Ruhr-Universität di Bochum). Nei batteri un enzima trasforma la luce in elettroni veloci. Questa molecola gigante si è specializzata e funziona meglio rispetto ai materiali convenzionalmente in uso nel fotovoltaico.

Si sta anche valutando (Duke University - USA) di riscaldare con luce solare una miscela di acqua e metanolo contenuta in tubi per produrre idrogeno in maniera nettamente più efficiente attraverso due reazioni catalitiche.

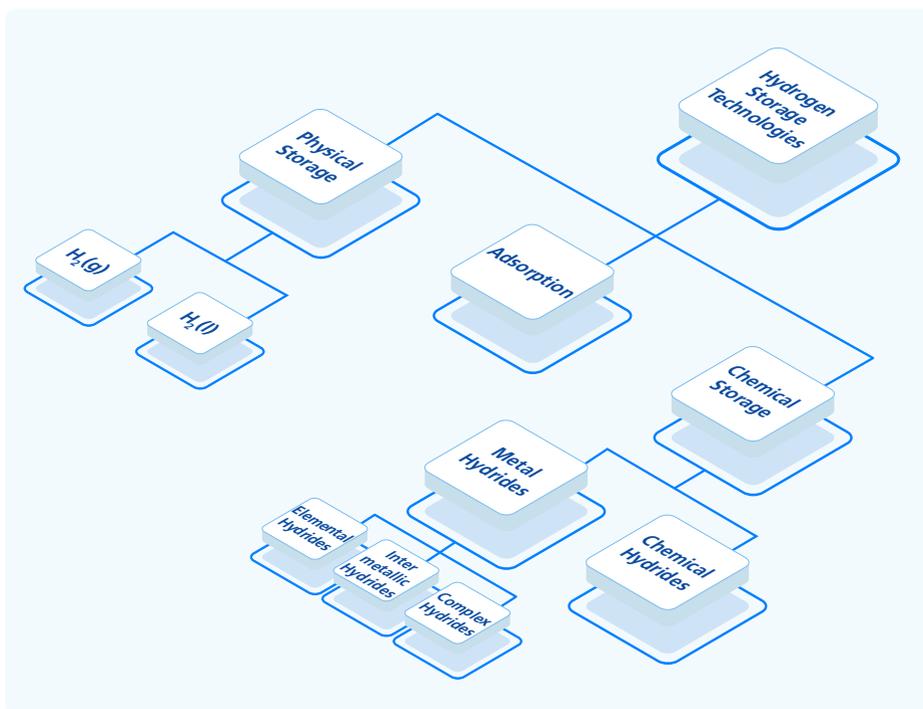
I collettori solari sono rivestiti di nanoparticelle catalitiche, alluminio e ossido di alluminio e conducono al loro interno una miscela di metanolo e acqua. Questi collettori possono captare fino al 95% dell'energia solare incidente e consentono così di riscaldare la miscela di metanolo e acqua a oltre 200°C. Grazie alle elevate temperature raggiunte nei tubi di rame rivestiti il liquido evapora e con l'aggiunta di piccole quantità di catalizzatore produce idrogeno in maniera efficiente.



## 4.7. Stoccaggio

Un aspetto molto importante è rappresentato dallo stoccaggio di idrogeno derivato da picchi di produzione energetica, che aumentano all'aumentare della quota di energie rinnovabili. Come mostra la Figura 17, l'idrogeno può essere stoccato in vari modi. È quindi importante considerare il dispendio di energia, il volume e i costi che caratterizzano i singoli sistemi di stoccaggio.

Figura 12: Tecnologie di stoccaggio dell'idrogeno<sup>12</sup>



**A seconda della quantità e della durata dello stoccaggio vengono opportunamente utilizzati diversi metodi:**

### » Stoccaggio fisico

#### In forma gassosa in contenitori a pressione

Questa forma di stoccaggio è adatta per quantità ridotte che devono essere rapidamente disponibili. L'idrogeno viene compresso a una pressione che va da 10 a 1000 bar e immagazzinato in serbatoi di acciaio o composito a fibra e può essere direttamente utilizzato per il rifornimento di veicoli. Nel settore dei trasporti l'idrogeno viene immagazzinato in contenitori a pressione a 500 bar ad esempio per il rifornimento di autobus e a 1.000 bar per il rifornimento di autovetture. I veicoli si riforniscono a 350 bar (autobus e mezzi pesanti) e a 700 bar (autovetture).

#### In forma liquida in serbatoi criogenici

Per liquefarsi l'idrogeno deve essere raffreddato fino a -253°C. L'idrogeno liquido può essere immagazzinato in appositi contenitori speciali (a pressioni molto basse rispetto ad altre tecnologie di stoccaggio), ma durante il periodo di stoccaggio deve essere costantemente raffreddato, poiché ogni aumento della temperatura a volume costante determina un aumento della pressione. Il raffreddamento dell'idrogeno stoccato comporta un notevole dispendio energetico.

### » Assorbimento

#### tramite „legame di Van der Waals“

In questo tipo di stoccaggio, l'idrogeno viene adsorbito (attaccato) alla superficie dalle forze di Van der Waal. Questo non va confuso con l'assorbimento, dove l'idrogeno forma un legame chimico concreto in superficie.

#### In forma gassosa in serbatoi a idruri metallici

Speciali leghe metalliche grazie alla loro struttura cristallina possono immagazzinare idrogeno in maniera molto efficiente e con poco ingombro a basse pressioni (a seconda della lega ~50 bar). Regolando la temperatura si può gestire il carico e lo scarico del serbatoio. Questo sistema è adatto per stoccare grandi quantità per lunghi periodi. Durante il periodo di stoccaggio non è più necessario alcun apporto di energia. Un impianto prototipo di questo tipo è in funzione dal luglio 2019 in una casa di abitazione a Predoi in Valle Aurina. Altri sistemi con serbatoi fino a 140 kg sono in fase di sviluppo.

<sup>12</sup> J. Andersson und S. Grönkvist, "Large-scale storage of hydrogen", International Journal of Hydrogen Energy, Bd. 44, Nr. 23, S. 11901–11919, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.03.063>.

## » Stoccaggio chimico

### In idruri chimici come metanolo, ammonio, acido formico ecc.

Esistono già sistemi industriali che legano chimicamente l'idrogeno in una sostanza organica oleosa. La tecnologia LOHC ("Liquid Organic Hydrogen Carrier") può utilizzare diverse sostanze. Imprese specializzate (ad es. Hydrogenious Technologies GmbH – Erlangen) usano il dibenziltoluene, che ha caratteristiche fisico-chimiche molti simili al diesel. L'idrogeno stoccato chimicamente nel LOHC può essere conservato a pressione normale ( $p = 1$  bar) e temperatura ambiente ( $T = 20^\circ \text{C}$ ). Il LOHC (peridrodibenziltoluene) così "caricato" a idrogeno può essere trasportato senza pericolo in normali serbatoi. Per il consumatore finale il LOHC viene disidratato e può essere utilizzato come idrogeno. Un altro vantaggio è che l'idrogeno così immagazzinato non è volatile e quindi non possono verificarsi scaricamenti spontanei. Il LOHC può essere caricato a idrogeno un numero illimitato di volte.

Un buon quadro generale delle densità di stoccaggio ottenute con i diversi metodi è riportato in.<sup>12</sup>

Figura 13: Densità di stoccaggio ( $\text{kg}/\text{m}^3$  blu) e (massa % x10 turchese)<sup>12</sup>



Lo stoccaggio richiede energia; i costi di esercizio – sotto forma di calore o di elettricità – di un serbatoio sono indicati nella Figura 19.

**Figura 14:** Costi di esercizio di diverse tecnologie di stoccaggio dell'idrogeno<sup>12</sup>

Storage process					Release process	
Storage technology	Heat (kWh/kg H <sub>2</sub> )	Temperature (°C)	Pressure (bar)	Electricity (kWh/kg H <sub>2</sub> )	Heat (kWh/kg H <sub>2</sub> )	Temperature (°C)
Gas 100 bar	-	-	100	1 <sup>a</sup>	-	-
Gas 200 bar	-	-	200	1,2 <sup>a</sup>	-	-
Gas 700 bar	-	-	700	1,6 <sup>a</sup>	-	-
Liquid hydrogen	-	- 253	-	6	-	-
Absorption	-	- 173	40	6,7	-	-
AlH <sub>3</sub>	54	< 70	-	10	1	100
MgH <sub>2</sub>	-	300	30	0,7 <sup>a</sup>	10,3	350
Intermetallic hydride <sup>d</sup>	-	< 80	50	0,8 <sup>a</sup>	= 2 – 6	< 80
NaAlH <sub>2</sub>	-	125	100	1 <sup>a</sup>	5,7	160
LiBH <sub>4</sub> -MgH <sub>2</sub>	-	350	50	0,8 <sup>a</sup>	6,4	350
2 (Li(NH <sub>2</sub> )-MgH <sub>2</sub> )	-	150	70	0,9 <sup>a</sup>	5,6	150
Methanol	-	250	50	1,3 – 1,8	6,7	250 <sup>c</sup>
Ammonia	-	400	250	2 – 4	4,2	> 425
Formic Acid	64	100 – 180	105	6,7	4,3	> 100
MCH-TOL	-	150	30	0,7	11,2	350 <sup>b</sup>
DBT-PDBT	-	150	30	0,7	9	300
NEC-DNEC	-	150	30	0,7	7,6	220

- a.) Stimare come il lavoro di compressione dell'idrogeno alla pressione dell'idrogeno con rendimento isotermico di 0,7.13
- b.) Circa il 13% del calore può essere fornito da una temperatura di circa 101oC, il rimanente a 350 oC.
- c.) Circa il 66% del calore può essere fornito da una temperatura di circa 100oC, il rimanente a 350 oC.
- d.) Idruro intermetallico generico (si può usare il calore a bassa temperatura)

**In generale i luoghi più adatti in cui costruire impianti di stoccaggio dell'idrogeno dovrebbero presentare i seguenti requisiti:**

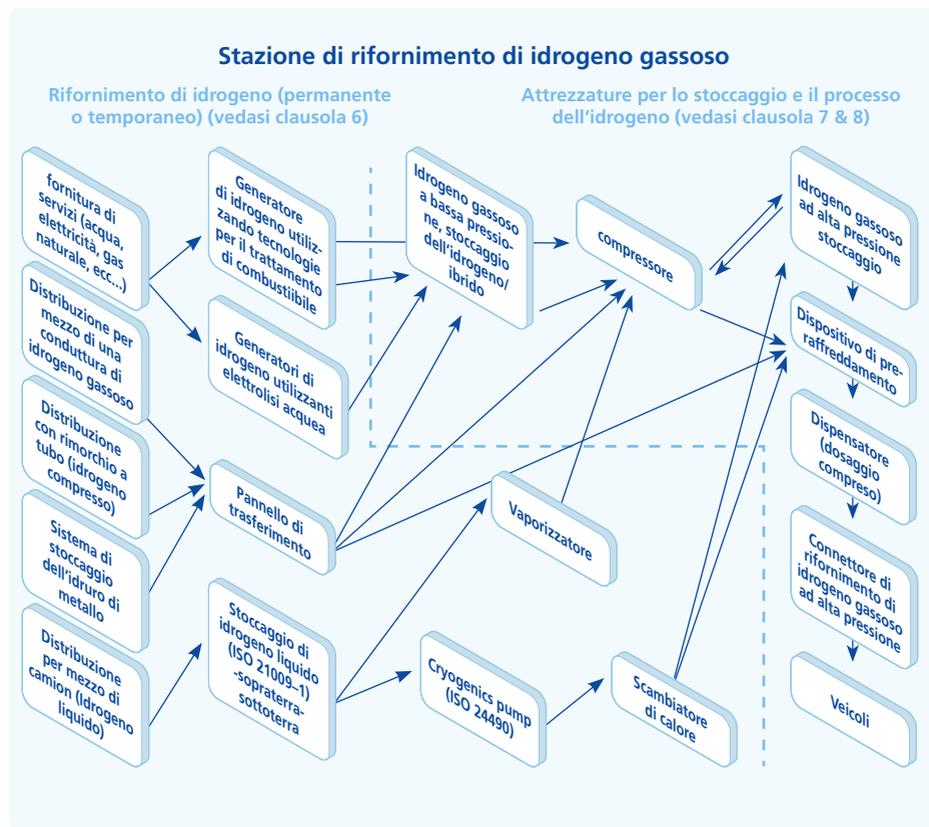
- » **luoghi dove sussiste un fabbisogno energetico**  
(distributore; capolinea ad es. ferrovia della Zillertal; stabilimenti industriali nel caso di ritrasformazione in elettricità)
- » **luoghi con grande produzione di energia elettrica**, dove l'elettricità non viene consumata
- » **stabilimenti con sovrapproduzione di energia**  
(ad es. centrali idroelettriche, centrali di teleriscaldamento ecc.)
- » **a livello decentrato**, dove anche l'elettricità viene prodotta autonomamente.



## 4.8. Distributori

### 4.8.1. Considerazioni generali

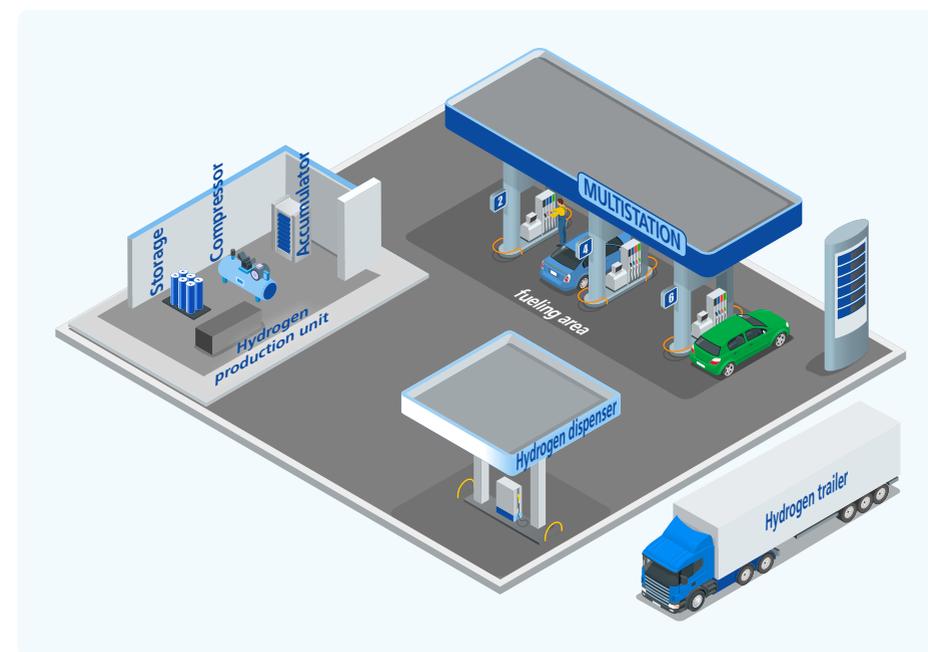
**Figura 15:** Esempio di componenti tipiche di un distributore di idrogeno inclusa la produzione di idrogeno in loco conforme a ISO/TS 198801<sup>13</sup>



<sup>13</sup> M. Mayer, "From prototype to serial production manufacturing hydrogen fuelling stations", gehalten auf der A3PS Conference, Vienna, Okt. 2014, [Online]. Verfügbar unter: [https://www.a3ps.at/sites/default/files/conferences/2014/papers/01\\_linde\\_mayer.pdf](https://www.a3ps.at/sites/default/files/conferences/2014/papers/01_linde_mayer.pdf).

I distributori di idrogeno e le loro componenti sono normati in **ISO/TS 19880-1/2020**.<sup>14</sup> Un'interessante sintesi di tale norma è riportata in.<sup>15</sup> Le componenti di un distributore di idrogeno conforme a ISO/TS 19880-1 sono rappresentate nelle Figura 20 e Figura 21.

**Figura 16:** Esempio di struttura di un distributore di idrogeno conforme a ISO/TS 198801<sup>14</sup>



<sup>14</sup> ISO/TS 19880-1:2020 (en) Gaseous hydrogen — Fuelling stations — Part 1: General requirements. ISO, 2020.

<sup>15</sup> J. Schneider, G. Dang-Nhu, N. Hart, und K. Groth, „ISO 19880-1, Hydrogen Fueling Station and Vehicle Interface Safety Technical Report (ICHS # 116)“.

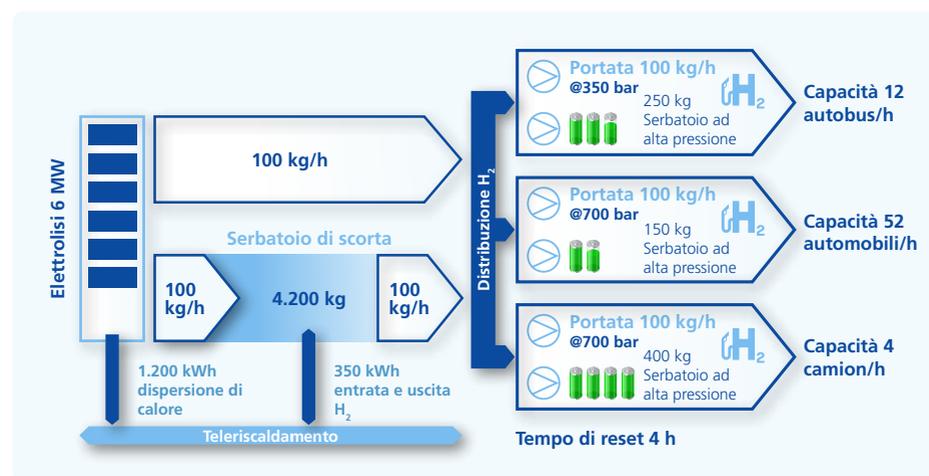
## 4.8.2. Integrazione tra stazioni di rifornimento di idrogeno con impianti di conversione energetica da 6 MW

Questa idea per un impianto di conversione energetica da 6 MW è stata elaborata dai seguenti partner di ricerca:

- » IIT – Bolzano
- » GKN Sinter Metals AG – Brunico
- » Vision4Plant GmbH – Castelrotto
- » WT Consulting GmbH - Brunico

È previsto un sistema di stoccaggio a idruri metallici o ad alta pressione a seconda delle esigenze e possibilità e a seconda della maturità tecnologica che secondo i partner di ricerca dovrebbe avere un'autonomia di 3 giorni. La capacità di stoccaggio con 5 unità da 6 serbatoi ciascuna ammonta a circa 4.200 kg (140 kg x 30 serbatoi).

Figura 17: Schema progettuale (impianto di conversione energetica, WT Consulting, 04/2020)

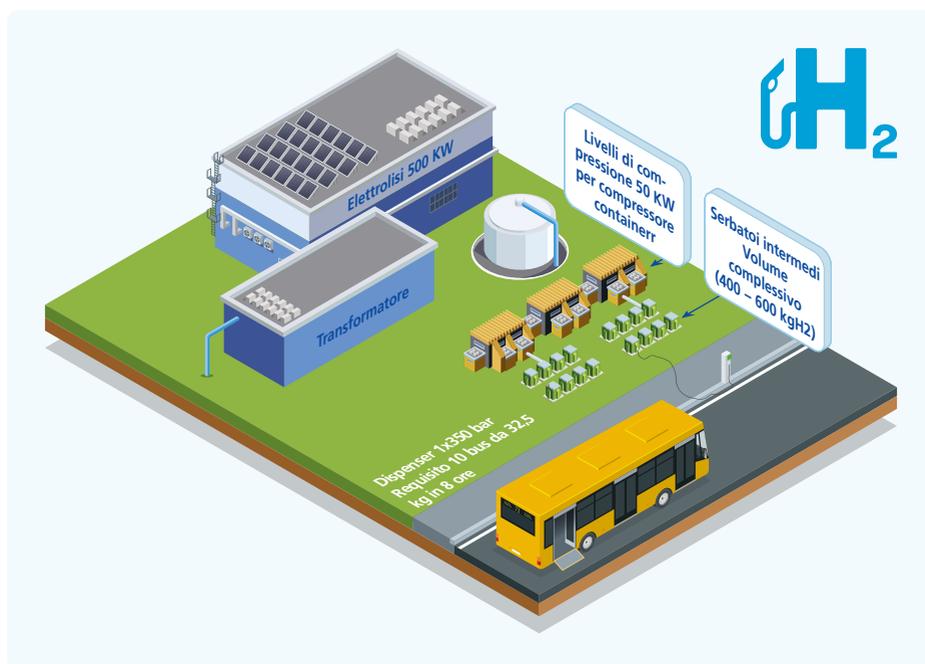


Il calore generato (massima quantità stimata all'anno) è stato quantificato in 9 GWh. Gli investimenti per gli allacciamenti dell'elettrolisi e del serbatoio a idruri metallici alla rete di teleriscaldamento sono stati quantificati in 1 milione di euro. Per l'intero impianto servono poi compressori, impianti intermedi di stoccaggio, booster, compressori e dispenser per il rifornimento. I costi complessivi di installazione senza interventi edilizi per un impianto di conversione energetica da 1,5 MW (con 1 unità di stoccaggio, 4 compressori, 3 booster) sono stati stimati in 4,4 milioni di euro e in 14,9 milioni di euro per un impianto di conversione da 6 MW.

Il grande vantaggio di simili impianti è che si possono tranquillamente integrare nei distributori esistenti senza distanza di sicurezza. Con gli attuali sistemi di stoccaggio a pressione, ad esempio, si deve rispettare una fascia di sicurezza di circa 30 m. La superficie necessaria è stata quantificata in 150 m<sup>2</sup>.



Figura 18: Schema progettuale (impianto di conversione energetica, WT Consulting, 04/2020)



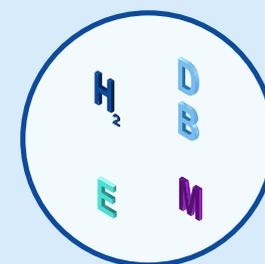
- » Elettrolisi PEM modulare 6MW
- » Temperatura di esercizio 60°
- » Pressione output 35 bar
- » Elevata efficienza
- » Idrogeno puro 5.0
- » Utilizzo ossigeno
- » Compressore H2 multilivello fino a 500 bar
- » Serbatoio idrogeno 500 bar
- » Recupero calore prima del preraffreddamento
- » Compressore Booster
- » Dispenser per auto, bus e camion
- » Pressione di lavoro 250 bar e 700 bar

### 4.8.3. Idee per nuove stazioni energetiche multifunzione

L'epoca attuale si caratterizza per la transizione strutturata dai vettori energetici fossili a vettori energetici rinnovabili. Pertanto i distributori di nuova costruzione dovranno essere concepiti come **"distributori multifunzione"** o meglio come **"stazioni energetiche multifunzione"**. Nell'ambito di questo lavoro è stata elaborata un'idea per tali distributori multifunzione.

Le stazioni energetiche multifunzione sono concepite in un'ottica di multifunzionalità per garantire il rifornimento di tutti i veicoli oggi sul mercato e l'offerta di altri servizi utili. L'idrogeno potrebbe anche essere prodotto nelle stesse aree di servizio oppure in altro luogo e fornito tramite tubazioni o mezzi di trasporto.

I seguenti loghi sono stati scelti come proposte di discussione per essere eventualmente adottati in tutta l'Euregio.



OFFERTA DI VARI TIPI DI ENERGIA



RIFORNIMENTO AUTOMATICO

L'offerta comprende il rifornimento di

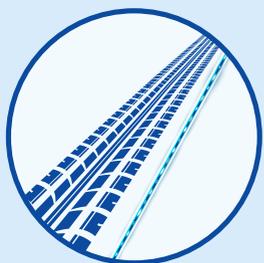
- » idrogeno
- » benzina e diesel
- » energia elettrica
- » metano

Queste nuove stazioni di rifornimento energetico dovranno funzionare in maniera completamente automatica. Un distributore di idrogeno con elevato grado di automazione del processo di rifornimento e funzionamento telecomandato è attivo a Stoccarda. Qui gli utenti autorizzati possono stabilire in qualsiasi momento attraverso una Virtual Private Network (VPN) un collegamento sicuro da remoto con il quadro comandi dell'impianto per gestire e sorvegliare l'impianto a idrogeno a distanza come se fossero in loco. Un robot completamente automatico per il rifornimento è stato presentato già nel 2013 ad Atlanta. Il robot effettua tutte le operazioni di rifornimento, durante le quali il conducente può restare in auto. In tal modo la durata del rifornimento può essere ridotta del 30% circa.



#### SERVIZI VARI

Queste stazioni energetiche multifunzione devono offrire una serie di servizi aggiuntivi, che oltre a efficienti internet point possono comprendere anche informazioni sulla mobilità intermodale, sulla situazione del traffico e meteorologica nonché servizi mirati per il controllo del veicolo. Si può anche automatizzare la vendita di alimentari.



#### SEGNALETICA

Sulla carreggiata andranno collocati sistemi digitali che guidino i veicoli in sicurezza durante la permanenza nell'area.



#### EDIFICIO AUTOSUFFICIENTE

Nella progettazione e costruzione delle stazioni energetiche multifunzione occorre prestare particolare attenzione alla gestione efficiente delle risorse e dell'energia. Sulla superficie del tetto si possono prevedere pannelli solari per la produzione di energia.

Adottando coperture di forma particolare si può anche raccogliere l'acqua piovana da riutilizzare ad esempio per la pulizia.

Nell'allegato 1 vengono presentate le possibili forme architettoniche di tali stazioni energetiche multifunzione in tre diverse dimensioni. Sotto il piano stradale possono trovare spazio i serbatoi per i carburanti e per l'idrogeno nonché altri locali di servizio. Gli impianti di rifornimento automatico e gli impianti per i servizi automatizzati possono essere collocati a livello del piano stradale. Questo impianto architettonico consente una gestione molto efficiente dal punto di vista energetico e delle risorse sia in fase di costruzione che in fase di esercizio. Si potrebbe pensare di produrre queste stazioni energetiche multifunzione come prefabbricati da montare poi nel giro di 1–3 giorni. Queste proposte sono state concepite in modo tale da consentire un'uniformazione e la conseguente ottimizzazione (ad es. all'interno dell'Euregio).

### 4.8.4. Componenti

**I distributori di idrogeno necessitano delle seguenti componenti:**

- » **fornitura energetica**
- » **elettrolizzatore**
- » **compressori**
- » **serbatoi**
- » **tubazioni**
- » **pompe + dispenser**

## 4.8.4.1. Elettrolizzatori

### 4.8.4.1.1. Hydrogenics HyLYZER®

Hydrogenics è una ditta canadese che vanta oltre 60 anni di esperienza nella progettazione e costruzione di impianti a idrogeno industriali e commerciali in tutto il mondo. HyLYZER® è un elettrolizzatore PEM con una capacità di produzione di idrogeno superiore a 5000 Nm<sup>3</sup>/h, corrispondente a una potenza max di 15 MW.

**Figura 19:** HyLYZER® unità per produzione di idrogeno in loco<sup>16</sup>

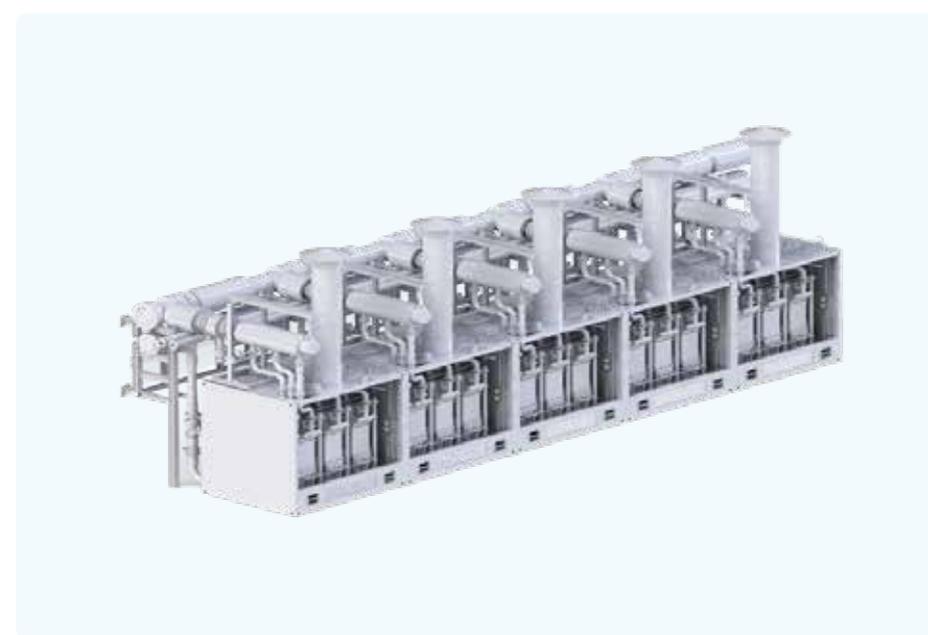


<sup>16</sup> Hydrogenics, Hrsg., "Hydrogenics Renewable-Hydrogen-Brochure". Hydrogenics, [Online]. Verfügbar unter: <http://www.hydrogenics.com/wp-content/uploads/Renewable-Hydrogen-Brochure.pdf>.

### 4.8.4.1.2. ITM-POWER HGASXMW

ITM Power è leader del mercato britannico nel settore della mobilità a idrogeno. L'elettrolizzatore PEM ad alta efficienza è disponibile in moduli da 0,7 a 2 MW con possibilità di estensione.

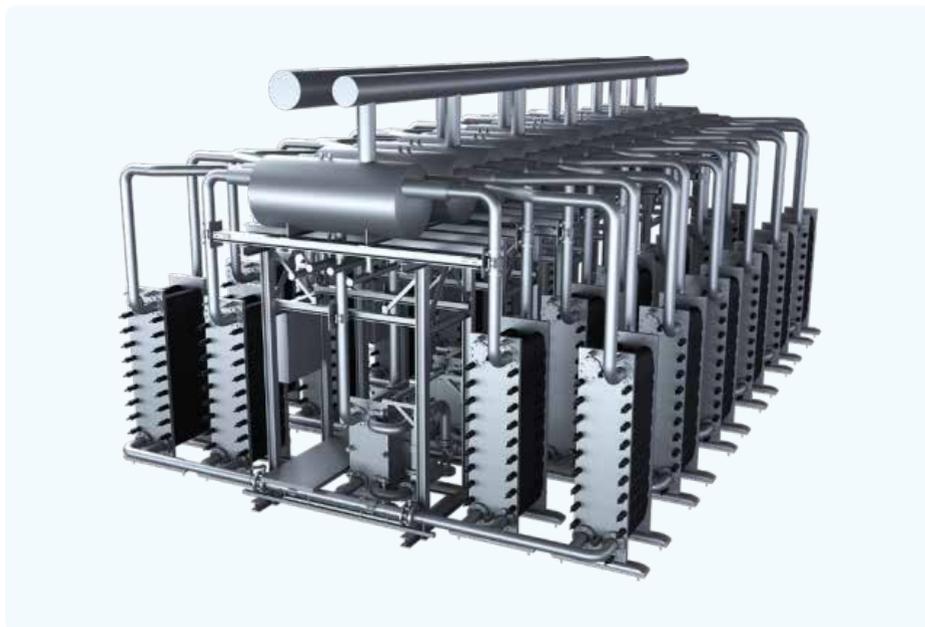
**Figura 20:** ITM POWER HGASXMW (moduli 5 HGASXMW combinati come unità da 10MW)<sup>14</sup>



### 4.8.4.1.3. Siemens Silyzer 300

Siemens Silyzer 300 è il più potente elettrolizzatore POEM di Siemens (100 – 2000 kg H2/ora)

**Figura 21:** Siemens Silyzer 300 con rendimenti fino a 2000 kg H2/h



### 4.8.4.1.4. FRONIUS Hochdruck Elektrolyseur

Fronius è un'azienda austriaca che sta già collaborando alla costruzione di un distributore di idrogeno. L'elettrolizzatore ad alta pressione produce H2 con una pressione di esercizio di 35 MPa (350 bar), pari all'attuale pressione standard per il rifornimento di autobus e camion. Per pressioni maggiori (700 bar), come ad esempio quelle richieste per le auto, l'idrogeno può essere compresso ulteriormente con un compressore. L'attuale impianto pilota produce 31 kg di H2 al giorno, corrispondenti a circa 43 kW.<sup>17</sup>

### 4.8.4.1.5. Panoramica degli elettrolizzatori

La tabella seguente riporta i parametri degli elettrolizzatori disponibili.

**Tabella 1:** Tabella 1: Panoramica degli elettrolizzatori disponibili

Tipo	Nm <sup>3</sup> /h	MW	kg/h	Alta pressione
Hydrogenics HyLYZER®	5000	15	450	-
ITM-POWER HGASXMW	233 – 666	0,7 – 2	21 – 60	-
Siemens Silyzer 300	1111 – 22220	3,3 – 66,66	100 – 2000	-
FRONIUS Hochdruck Elektrolyseur (impianto pilota)	14,4	0,043	1,3	350 bar

<sup>17</sup> "FactsheetResearch projectwind2hydrogen". Jan. 22, 2020, [Online].  
Verfügbar unter: <https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/6/150817Factsheet-Wind2HydrogenEN-FINAL.pdf>.

## 4.8.4.2. Compressori

### 4.8.4.2.1. Linde IC 90

La ditta Linde AG ha già fornito il compressore per idrogeno Ionic Compressor IC 90 a oltre 80 distributori di idrogeno in tutto il mondo.<sup>18</sup>

Ionic Compressor IC 90 è stato sviluppato a Vienna presso il Linde Vienna Application Technology Centre (ATC) per comprimere l'idrogeno a una pressione di stoccaggio pari a 90MPa (900 bar). Secondo la scheda tecnica può raggiungere una portata di 33.6 kg/h (linea singola) o 67.2 kg/h (linea doppia).<sup>19</sup> Con un contenuto energetico riferito alla massa pari a 120.0 MJ/kg (33.33 kWh/kg) una linea singola ha una potenza di compressione di 4.03 MW (8.06 MW per la linea doppia).

I dati tecnici del compressore IC 90 sono riportati in.<sup>20</sup> Il fabbisogno energetico del compressore calcolato in rapporto all'energia compressa è molto ridotto (circa 2.3 %).

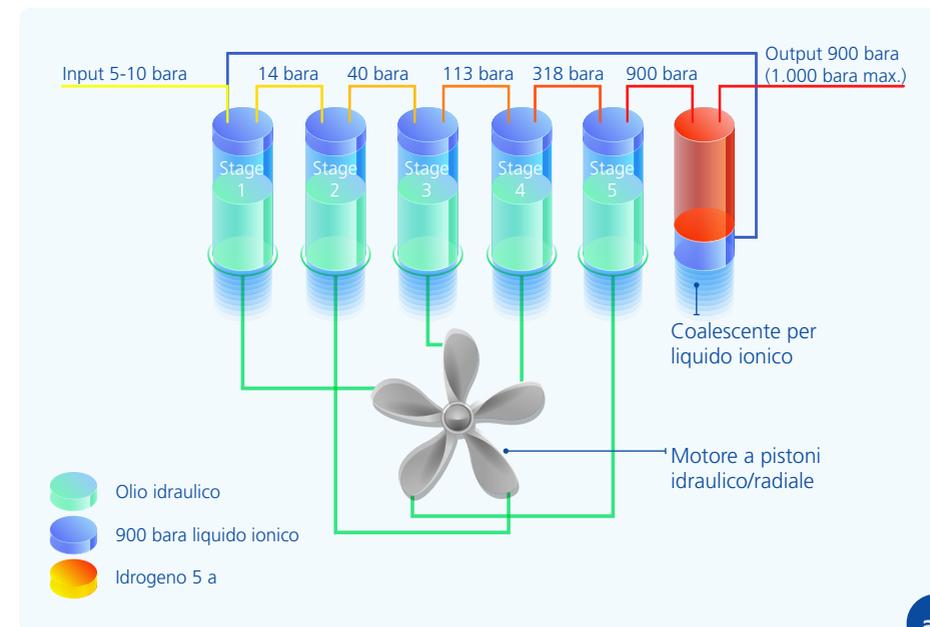
**Tabella 2:** Specifiche tecniche Linde Ionic Compressor IC 90, tratte da<sup>20</sup>

IC 90	valore	unità
<b>dimensioni (L x B x H)</b>	4,2 x 2,7 x 2,6	m
<b>peso</b>	17,5	t
<b>livello sonoro</b>	75	dB(A) in 5m
<b>pressione in entrata</b>	0,5 to 20	MPa
<b>portata approssimativa linea singola (max)</b>	33,6	kg/h
<b>portata approssimativa linea doppia (max)</b>	67,2	kg/h
<b>massima pressione di esercizio</b>	100	MPa
<b>pressione di erogazione</b>	70	MPa at 15°C
<b>temperatura ambiente di esercizio</b>	-30 to 45	°C
<b>fabbisogno energetico a 70MPa (dipende dalla pressione in entrata)</b>	2,7	kWh/kg H <sub>2</sub>

<sup>18</sup> M. Dollinger, "Linde baut Wasserstoff-Tankstellen in Serie", www.merkur.de, Juli 15, 2014.

<sup>19</sup> Linde AG, Hrsg., "Datasheet Hydrogen technologies. The ionic compressor IC90 (90 MPa)". Linde AG, [Online]. Verfügbar unter: [https://www.boconline.co.uk/en/images/Datasheet\\_Ionic%20Fueller%20IC90\\_tcm410-410855.pdf](https://www.boconline.co.uk/en/images/Datasheet_Ionic%20Fueller%20IC90_tcm410-410855.pdf).

**Figura 22:** Compressore Linde IC 90 **a)** schema di funzionamento; **b)** compressore in serie



#### 4.8.4.2.2. Linde IC 50

Il rifornimento di autobus e camion richiede una pressione inferiore. A tale scopo Linde produce il compressore Ionic Compressor IC 50 con una pressione standard di 50MPa.<sup>20</sup>

#### 4.8.4.2.3. NEL ASA „H2Station ® SM001

La ditta norvegese NEL ASA è specializzata in produzione, stoccaggio e distribuzione di idrogeno. Il prodotto H2Station® è progettato per fornire 500 kg di H2 per le auto e fino a 1500 kg per gli autobus. La quantità complessiva di 2000kg di H2 corrisponde a 2,75 MW di potenza.

**Figura 23:** NEL ASA H2Station®<sup>21</sup>



<sup>20</sup> Linde AG, Hrsg., "Datasheet Hydrogen technologies. The ionic compressor IC50 (50 MPa)". Linde AG, [Online]. Verfügbar unter: [https://www.linde-engineering.com/en/images/DS\\_IC%2050\\_tcm19-523715.pdf](https://www.linde-engineering.com/en/images/DS_IC%2050_tcm19-523715.pdf).

<sup>21</sup> "NEL ASA H2Station(R)", H2Station(R), Jan. 24, 2020. <https://nelhydrogen.com/product/h2station/>.

#### 4.8.4.2.4. „Pure energy centre“ Hydrogen Compressor

Pure Energy Centre è una ditta britannica che ha sviluppato, prodotto e installato compressori ad alta e bassa pressione in tutto il mondo. L'idrogeno viene compresso a una pressione massima di 90 MPa con una portata massima di 400 Nm<sup>3</sup>/h.<sup>22</sup> Il contenuto energetico di un metro cubo normale di H2 è pari a 3.0 kWh/Nm<sup>3</sup>.<sup>23</sup> Il compressore "Pure energy centre" raggiunge quindi una potenza di 1,2MW.

#### 4.8.4.2.5. "PDC Machines" Hydrogen Compressor

Con i suoi 350 compressori PDC si presenta come la numero 1 al mondo nel settore dei compressori di gas per distributori di idrogeno. I compressori disponibili hanno una portata che va da 5 a 2500 kg al giorno e una pressione massima di 103 MPa, con una potenza di compressione tra 7 kW e 3,5 MW. I compressori piccoli sono pensati come soluzioni domestiche individuali, i grandi impianti per coprire il fabbisogno di grandi distributori.

<sup>22</sup> "Pure Energy Centre Hydrogen Compressor", Pure Energy Centre Hydrogen Compressor, Jan. 22, 2020. <https://pureenergycentre.com/hydrogen-compressor/>.

<sup>23</sup> Linde AG, Hrsg., "Rechnen Sie mit Wasserstoff. Die Datentabelle". Linde AG, [Online]. Verfügbar unter: [https://www.linde-gas.at/de/images/1007\\_rechnen\\_sie\\_mit\\_wasserstoff\\_v110\\_tcm550-169419.pdf](https://www.linde-gas.at/de/images/1007_rechnen_sie_mit_wasserstoff_v110_tcm550-169419.pdf).

#### 4.8.4.2.6. Panoramica dei compressori

La tabella seguente riporta i parametri dei compressori disponibili.

**Tabella 3:** Panoramica dei compressori disponibili

tipo	Portata massima Nm <sup>3</sup> /h	Potenza di compressione MW	Pressione massima MPa
Linde IC 90	373 – 746	1,1 – 2,2	90
Linde IC 50	200	0,6	50
nel ASA „H <sub>2</sub> Station @ SM001	925	2,78	90
“Pure energy centre” Hydrogen Compressor	400	1,2	90
“PDC Machines” Hydrogen Compressor	2,3 – 1150	0,006 – 3,47	103

#### 4.8.4.3. Serbatoi ad alta pressione

##### 4.8.4.3.1. Serbatoi ad alta pressione Worthingtonindustries

Worthingtonindustries è una ditta statunitense con uno stabilimento in Austria, nel quale si producono tra l'altro serbatoi ad alta pressione per lo stoccaggio di idrogeno.<sup>24</sup> I serbatoi attualmente disponibili hanno una capacità compresa tra 0,2 e 10 kg H<sub>2</sub>.<sup>25</sup>

**Figura 24:** Serbatoi ad alta pressione Worthingtonindustries installati presso distributori di idrogeno<sup>25</sup>



<sup>24</sup> “Worthington Industries Hydrogen Fuel Tanks”, Hydrogen Fuel Tanks, Jan. 24, 2020. <https://worthingtonindustries.com/Products/Alternative-Fuels/Hydrogen-Fuel-Tanks>.

<sup>25</sup> “HYDROGEN FUEL TANKS & BULK GAS TRANSPORT CYLINDERS TYPE III”. Jan. 24, 2020, [Online]. Verfügbar unter: [https://worthingtonindustries.com/getmedia/36f82710-5051-441d-9760-b7afe0aba690/Hydrogen-Type-III-Spec-sheet\\_7.pdf?ext=.pdf](https://worthingtonindustries.com/getmedia/36f82710-5051-441d-9760-b7afe0aba690/Hydrogen-Type-III-Spec-sheet_7.pdf?ext=.pdf).

#### 4.8.4.3.2. Serbatoio di idrogeno per NEL ASA H2Station®

Il serbatoio di idrogeno flessibile di NEL ASA può stoccare fino a 100 kg a 100 MPa.

**Figura 25:** serbatoio di idrogeno NEL ASA FS001<sup>26</sup>



#### 4.8.4.3.3. Serbatoi in acciaio ad alta pressione Linde

Linde produce serbatoi in acciaio per lo stoccaggio ad alta pressione di idrogeno in forma gassosa ma anche impianti di stoccaggio per idrogeno liquido.

**Figura 26:** Serbatoio di idrogeno in acciaio Linde



<sup>26</sup> "NEL ASA Hydrogen Fueling Storage fs001", Jan. 24, 2020. <https://nelhydrogen.com/product/fs001/>.

#### 4.8.4.3.4. Hy2Green

Il sistema Hy2Green di stoccaggio dell'idrogeno si basa su un serbatoio a idruri metallici e viene prodotto dalla ditta gkn powder metallurgy a Brunico in Alto Adige.

**Figura 27:** Serbatoio a idruri metallici di GKN powder metallurgy<sup>27</sup>



<sup>27</sup> Hy2Green Metallhydridspeicher.

#### 4.8.4.3.5. Panoramica dei serbatoi

La tabella seguente riporta i parametri dei serbatoi disponibili.

**Tabella 4:** Panoramica dei serbatoi disponibili

Tipo	Tecnologia	Capacità MWh	Capacità kg H <sub>2</sub>
Serbatoi ad alta pressione Worthingtonindustries	pressione	0,33	10
Serbatoio di idrogeno per NEL ASA H2Station®	pressione	0,33 – 3,33	10 – 100
Serbatoi in acciaio ad alta pressione Linde	pressione	n.d.	n.d.
Serbatoi criogenici Linde	temperatura	n.d.	n.d.
Hy2Green	idruri metallici	0,08 – 66	58 – 47525



## 4.8.4.4. Distributori

### 4.8.4.4.1. DI001 Distributore compact per nel ASA H2Station®



È un distributore compatto che non necessita di unità di raffreddamento sotterranea e può essere posizionato fino a 50 m di distanza dalla stazione (nel ASA 001).

**Figura 28:** distributore nel ASA per auto D001<sup>28</sup>

### 4.8.4.4.2. Distributori FTI



FTI è una ditta canadese attiva tra l'altro nel settore del metano, che produce compressori e distributori di metano compresso (CNG) e metano liquefatto (LNG), ma anche idrogeno. La portata del distributore raggiunge i 20 kg/minuto.

**Figura 29:** Distributore di idrogeno FTI<sup>29</sup>

<sup>28</sup> "NEL ASA 70 MPa car dispenser di001", Jan. 24, 2020. <https://nelhydrogen.com/product/car-dispenser-di001/>.

<sup>29</sup> "FTI Fuelingtech", Jan. 28, 2020. <http://www.fuelingtech.com/index990e.html?id=806>.

### 4.8.4.4.3. Bennett Pump Hydrogen Dispenser



Bennett Pump è un'azienda statunitense che produce distributori di LNG, CNG e idrogeno. Il distributore di idrogeno può erogare fino a due prodotti per lato e raggiunge una portata massima di 1 kg/min.

**Figura 30:** Distributore di idrogeno Bennett<sup>30</sup>

### 4.8.4.4.4. Panoramica dei distributori e dispenser

La tabella seguente riporta i parametri dei distributori e dispenser disponibili.

**Tabella 5:** Panoramica dei distributori e dispenser disponibili

Tipo	Pressione di esercizio Bar	Quantità erogata ad ogni rifornimento (kg)	Tempo di erogazione (SAE J2601-1 2016) (min)
DI001 Distributore idrogeno compact per nel ASA H2Station®	350/700	1 – 7	3 – 5
FTI Distributori 350 bar	350	20 kg /min	
FTI Distributori 700 bar	700	25 kg /min	
Bennett Pump Hydrogen dispenser	350/700	1 kg /min	

<sup>30</sup> "Bennett Pump hydrogen Dispenser", Jan. 28, 2020. <https://www.bennettpump.com/products/clean-fuels/hydrogen>.

## 4.8.5. Pacchetti completi

### 4.8.5.1. Hydrogenics

Hydrogenics offre impianti completi per stazioni di rifornimento di idrogeno in tre diverse dimensioni (HRS 15-700 HRS 100-700 e HRS 200-350/700). La produzione giornaliera di idrogeno è pari rispettivamente a 30 kg, 100 kg o 200 kg, che corrisponde a una potenza di 40 kW, 137 kW o 275 kW.

**Figura 31:** Stazione di rifornimento di idrogeno Hydrogenics<sup>17</sup>



### 4.8.5.2. WyRefueler

Wystrach gmbh è un produttore tedesco di stazioni di rifornimento mobili di idrogeno. Questi impianti possono erogare fino a 120 kg/d con una pressione di erogazione di 350 bar, che corrisponde a circa 165 kW.

**Figura 32:** Stazione di rifornimento mobile di idrogeno Wystrach<sup>31</sup>



### 4.8.5.3. Simple Fuel H2 refuelling station

La ditta "simple. fuel.TM" nasce dalla cooperazione tra Ivys Energy Solutions, McPhy Energy NA e PDC MACHines Inc. con l'obiettivo di sviluppare una soluzione compatta per l'utilizzo diffuso sul territorio. Simili impianti compatti sono pensati ad esempio per abitazioni unifamiliari. Secondo le informazioni disponibili l'impianto "simple.fuel.TM" costa attualmente circa 250.000 euro.<sup>32</sup>

**Figura 33:** Soluzione compatta simple.fuel.TM per stazione di rifornimento di idrogeno<sup>33</sup>

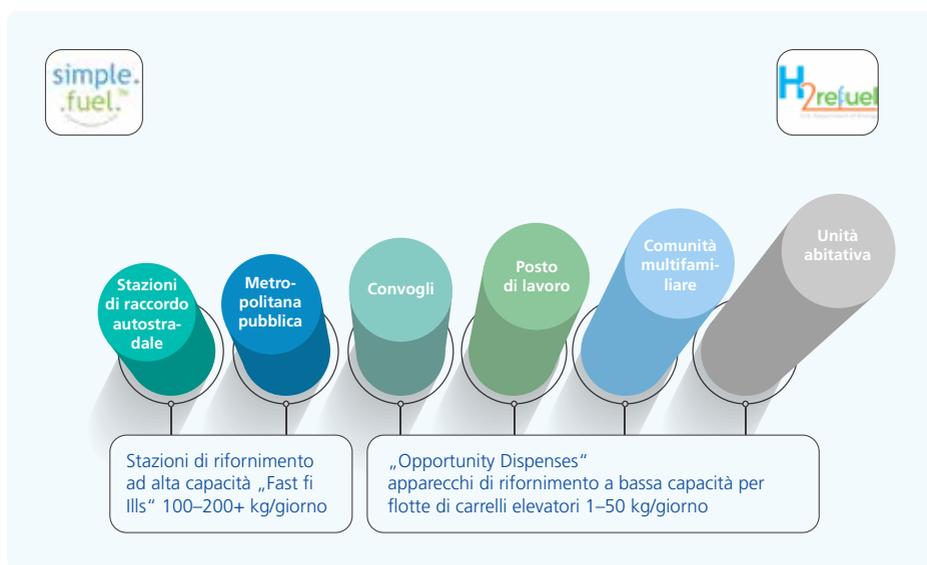


<sup>31</sup> „WyRefueler 350/120“. Jan. 24, 2020, [Online]. Verfügbar unter: <https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/6/150817Factsheet-Wind2HydrogenEN-FINAL.pdf>.

<sup>32</sup> „IVYS Simple Fuel Station Offers Homemade Hydrogen For \$250,000 - live video, UPDATE“, InsideEVs | Electric Vehicle News, Reviews, and Reports, Jan. 22, 2020. <https://insideevs.com/news/333351/ivys-simple-fuel-station-offers-homemade-hydrogen-for-250000-live-video-update/>.

<sup>33</sup> „Technology Description and H2 Refuel H-Prize Competition Experience“. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/htac\\_may17\\_13\\_obrien.pdf](https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/htac_may17_13_obrien.pdf).

Figura 34: Profilo degli utenti delle stazioni di rifornimento di idrogeno<sup>34</sup>



#### 4.8.5.4. McPhy Refuelling station

Le soluzioni complete medie e grandi per stazioni di rifornimento di idrogeno del produttore McPhy sono predisposte per una produzione che va da 10kg/d a multipli di 1000kg/d con pressioni di erogazione pari a 350 bar e 700 bar.

Figura 35: Soluzioni complete medie e grandi per stazioni di rifornimento di idrogeno del produttore McPhy<sup>34</sup>



<sup>34</sup> "Fill up on clean energy in just a few minutes!", McPhy: clean hydrogen production and distribution equipment, Jan. 22, 2020. <https://mcphy.com/en/our-products-and-solutions/hydrogen-stations/>.

#### 4.8.5.5. Linde light Fueller

La ditta Linde "Light Fueller" ha sviluppato una soluzione mobile per l'approvvigionamento temporaneo e decentrato di idrogeno che può immagazzinare 50 kg di idrogeno a 300 bar, corrispondente a un'energia di 1650 kWh. L'impianto contiene 4 fasci di cilindri di stoccaggio e un erogatore. Il peso totale è di 1,5 tonnellate.

**Figura 36:** Linde rifornimento leggero



#### 4.8.5.6. Panoramica dei pacchetti completi

La tabella seguente riporta i parametri dei pacchetti completi disponibili.

**Tabella 6:** Panoramica dei pacchetti completi disponibili

Tipo	Quantità erogata kg/giorno	Pressione di erogazione Bar
Hydrogenics	30 – 200	350/700
wyRefueler	120	350
Simple Fuel H2 stazione di rifornimento	5	700
McPhy stazione di rifornimento	10 – 1000	350/700
Linde rifornimento leggero	50 <sup>1)</sup>	300

1) quantità max stoccabile

#### 4.9. Veicoli

Le attuali auto con celle a combustibile trasportano l'idrogeno in forma gassosa in serbatoi a pressione da 350 bar o 700 bar. Per i serbatoi ci si è basati tra l'altro sull'esperienza raccolta con le auto a metano (pressione fino a 200 bar). Si tratta di serbatoi con pareti multistrato in vari materiali, attraverso le quali nemmeno i piccoli atomi di idrogeno possono disperdersi.

Attualmente il sistema di alimentazione pesa ancora circa 125 kg e nella Mercedes GLC F-Cell contiene circa 4,4 kg. Il consumo è pari a circa un chilogrammo ogni 100 km, cosicché l'energia della cella a combustibile assicura a GLC un'autonomia di 400 km. Nella Tesla Model S con analoga autonomia la batteria pesa circa 650 kg.

## 4.9.1. Veicoli attualmente disponibili

La costruzione dell'infrastruttura per l'idrogeno, e in particolare della rete di distributori, deve andare di pari passo con la disponibilità di veicoli a idrogeno. Nelle seguenti sezioni si vedrà a che punto è lo sviluppo di veicoli a idrogeno pronti per la produzione in serie, basandosi sulle informazioni ricavabili dalla bibliografia senza pretese di completezza e di esaustiva rappresentazione di tutti gli sviluppi attualmente in corso.

### Situazione attuale:

- » Volvo Group e Daimler Truck AG intendono produrre entro il 2039 solo camion e autobus a emissioni zero
- » DHL e StreetScooter hanno avviato lo sviluppo di un nuovo furgone elettrico con tecnologia a idrogeno
- » Hyundai Xcient Fuel Cell camion da 34 t con 400 km di autonomia
- » Renault produce furgoni elettrici con range-extender a idrogeno

### Situazione attuale nell'Euregio:

- » In Alto Adige sono stati effettuati già oltre 9000 rifornimenti di veicoli
- » Nel 2019 sono stati ordinati per Bolzano 12 autobus a idrogeno che saranno consegnati entro la fine del 2020. Entro il 2030 aumenteranno a 660 unità.
- » È in fase di programmazione l'acquisto di veicoli a zero emissioni per la raccolta dei rifiuti a Bolzano e Merano.

## 4.9.1.1. Autobus a idrogeno

Attualmente sono disponibili autobus di Ebe Europa (Blue City Bus), Solaris (Urbino 12 hydrogen) e Van Hool (A330). Nel 2021 inizierà la commercializzazione degli autobus a idrogeno Hyzon con autobus a due assi (versione da 12 m) e a tre assi (versione da 12 m e 18 m). Anche Caetano H2 e Volvo Daimler così come Mercedes Benz (Citaro FuelCell-Hybrid) programmano l'immissione sul mercato per il 2020. Wright Bus ha programmato di produrre circa 3000 pezzi entro il 2024.

### In generale gli autobus si distinguono in

- » **tipo 1:** autobus urbani con posti a sedere e in piedi e una autonomia di circa 400 km
  - » **tipo 2:** autobus extraurbani e autobus adatti a strade di montagna solo con posti a sedere, bagagliaio e autonomia superiore a 800 km
- Attualmente sono disponibili solo autobus urbani; si sta lavorando sugli autobus extraurbani e per strade di montagna.

Tabella 7: Veicoli<sup>35</sup>

Veicolo	Potenza	Autonomia	In vendita a partire da anno
	kW/PS	km	
HYZON Zero Emission 40' 2Achsbus 12m	60/82		2021
HYZON Zero Emission 40' 3Achsbus 12m	80/110		2021
HYZON Zero Emission 60' 3Achsbus 18m	100/138		2021
ebe europa Blue City Bus			disponibile
Solaris Urbino 12 hydrogen		350	disponibile
Van Hool A330			disponibile
WrightBus			3000 pezzi entro il 2024
Caetano H <sub>2</sub>		400	metà 2020
Volvo Daimler			fine anni ,20
Mercedes-Benz Citaro FuelCELL-Hybrid			2021

### 1) consumo combinato con batteria integrata agli ioni di litio

<sup>35</sup> <https://www.fuelcellbuses.eu/category/concepts-0>.

## 4.9.1.2. Mezzi pesanti a idrogeno

I primi mezzi pesanti a idrogeno saranno immessi sul mercato nel 2020 da Hyzon. Nel I° trimestre 2021 l'offerta sarà integrata anche da un furgone. Nikola Motors sta sviluppando insieme a Bosch il Nikola ONE e il camion Nikola TRE, il cui lancio sul mercato non è ancora stato fissato. In Olanda e Belgio si stanno effettuando test pratici sui camion a idrogeno prodotti da VDL e DAF insieme con Holthausen Groep. Hyundai punta ad arrivare entro il 2025 a 1600 esemplari del suo camion Xcient Fuell Cell, i cui prototipi circolano già in Svizzera. I furgoni vengono sviluppati da Mercedes Benz (HySYS Sprinter) e Renault (Kangoo Z.E. Hydrogen e Master Z.E. Hydrogen).

In Olanda e Belgio la ditta Holthausen produce e commercializza i camion di VDL (DAF). Vendono prodotti furgoni da 19 tonnellate con rifornimento di H<sub>2</sub> a 350 bar (15 kg) e batteria da 70 kWh e camion da 40 t e oltre con rifornimento di H<sub>2</sub> a 350 bar (40 kg) e batteria da 70 kWh.

Nell'ambito del progetto sperimentale H2Haul (Hydrogen fuel cell trucks for heavy-duty, zero emission logistics) si stanno testando 16 automezzi pesanti con celle a combustibile in diversi siti in Belgio, Francia, Germania e Svizzera. Il progetto, in parte finanziato dall'UE, è coordinato da Element Energy.

Del consorzio di progetto fanno parte Air Liquide, Eoly, H2 Energy, Hydrogen Europe, IRU Projects, THINKSTEP e WasserstoffNet. Ma sono coinvolte anche molte altre aziende: Iveco, FPT Industrial (entrambe appartenenti a CNH Industrial) e VDL ETS svilupperanno e costruiranno tre modelli di camion fino a 44 t. Le celle a combustibile per i camion saranno fornite dalle due imprese tedesche ElringKlinger e Hydrogenics nonché dalla svedese Powercell.

Nel corso del test un'impresa logistica tedesca farà circolare i camion a H<sub>2</sub> per BMW Group, Coop, Colruyt Group, Carrefour e Air Liquide. Il progetto è finanziato dall'Agenzia europea FCH JU (Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking) con 12 milioni euro per un periodo di cinque anni.

In seguito all'adesione della capogruppo CNH, Iveco e FPT collaborano anche con Nikola, startup nel settore dei mezzi pesanti. Nell'ambito di una joint venture europea verrà sviluppato un automezzo pesante elettrico a batteria e nel lungo periodo anche camion con celle a combustibile adatti per il mercato europeo.

Tabella 8: Veicoli

Veicolo	Capacità serbatoio	Consumo carburante	Prezzo	Potenza	Autonomia	In vendita a partire da
	kg H <sub>2</sub>	kg/100km	€	kW/PS	km	Jahr
Nikola ONE				735/1000	800-1200	
Nikola TRE						
DAF - Holthausen	40			350		
VDL (DAF)						2020 test pratici
Toyota e Hino					600	
HYZON Lkw				370/500		Nov 2020
HYZON furgoni				75/100		Q1 2021
Hyundai Xcient Fuel Cell	32,86			190 FuellCell 350 Motor	400	
Mercedes Benz HySYS Sprinter						
Ford H2 Panel Van (furgone)						DHL (2020 - 2021)
Renault Kangoo Z.E. Hydrogen					370	
Renault Master Z.E. Hydrogen					350	

1) consumo combinato con batteria integrata agli ioni di litio

### 4.9.1.3. Autovetture a idrogeno

Attualmente sono disponibili sul mercato la Hyundai NEXO nonché la ix35, con un serbatoio rispettivamente da 6,33 kg e 5,64 kg e un'autonomia di 756 km e 594 km. Per il momento Honda commercializza il Clarity Fuel Cell solo in Giappone e California. La Toyota MIRAI è disponibile in Europa. La Mercedes Benz GLC F-Cell dal 2019 è disponibile a noleggio (799 €/mese) per personalità rappresentative (politici e partner economici di rilievo).

**Tabella 9:** Veicoli disponibili sul mercato<sup>3</sup>

Veicolo	Capacità serbatoio	Consumo carburante	Prezzo	Potenza	Autonomia	Note
	kg H <sub>2</sub>	kg/100km	€	kW/PS	km	
Hyundai NEXO	6,33	0,84 <sup>1)</sup>	69 000	120/163	756	
Mercedes Benz GLC F-Cell	4,4	0,34 <sup>1)</sup>	n.d.	155/211	478	ibrido con batteria agli ioni di litio
Honda Clarity Fuel Cell	5,0	0,7 <sup>1)</sup>	solo Giappone, California	130/176	650	
Hyundai ix35	5,64	1,0 <sup>1)</sup>	65 450	100/136	594	
Toyota MIRAI	5,0	0,76 <sup>1)</sup>	78 000	114/155	500	

1) consumo combinato insieme con batteria integrata agli ioni di litio

**Tabella 10:** Veicoli sperimentali

Veicolo	Capacità serbatoio	Consumo carburante	Prezzo	Potenza	Autonomia	In vendita a partire da
	kg H <sub>2</sub>	kg/100km	€	kW/PS	km	Jahr
Audi h-tron	6			110	600	2025
BMW i Hydrogen Next				275	400–500	2022/2025
Nikola Badger				665/906	750	-

1) consumo combinato insieme con batteria integrata agli ioni di litio

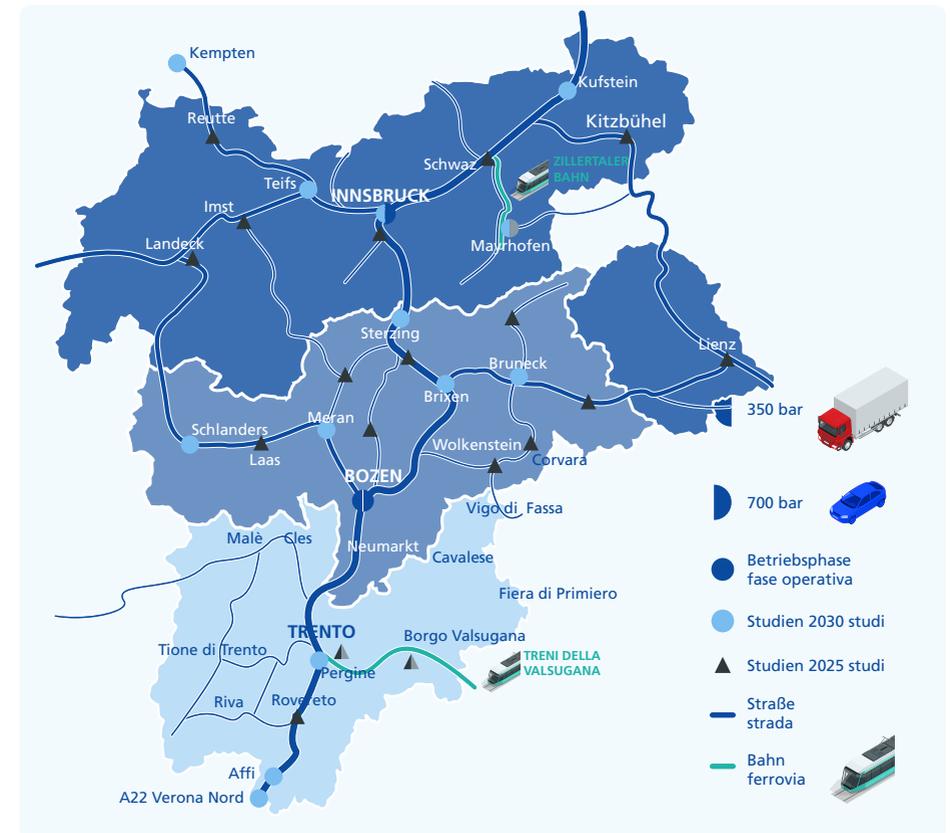
# H2



## 5. Strategia dell'Euregio Tirolo – Alto Adige – Trentino

L'Euregio Tirolo – Alto Adige – Trentino persegue l'obiettivo comune di costruire un'infrastruttura per la mobilità a idrogeno. Nei singoli territori si definiscono strategie adatte al contesto locale che poi vengono concordate a livello sovraregionale. Di seguito vengono descritte brevemente le attività essenziali nei 3 territori.

**Figura 37:** Euregio – distretto dell'idrogeno



## 5.1. Tirolo

A Innsbruck è attivo da maggio 2015 il primo distributore di idrogeno del Tirolo (il primo distributore di idrogeno in Austria è stato inaugurato da ÖMV nel 2012 a Vienna). Il Land Tirolo ha lavorato attivamente a una strategia per l'idrogeno adottando le decisioni politiche necessarie per la sua attuazione.

Gli ambiti principali sono tre: il trasporto merci (prevalentemente asse del Brennero, secondariamente Fernpass), il traffico turistico di transito (prevalentemente asse del Brennero e Fernpass) e il trasporto individuale e collettivo nei centri urbani. In Tirolo saranno attuati prioritariamente i seguenti progetti:

- » **Corridoio dell'idrogeno**
  - > Kufstein-Brennero (con l'Euregio fino a Verona)  
[Brennero, Innsbruck, Jenbach/Schwaz, Kufstein]
  - > Landeck e Außerfern  
[Reutte, Telfs, Imst, Landeck ]
  - > Valli laterali  
[Lienz, Völs]
- » **Realizzazione di impianti dimostrativi (Kufstein TIWAG) in progettazione**
- » **Studio di potenzialità sui mezzi battipista**
- » **Sviluppo dell'infrastruttura**
  - > produzione di idrogeno
  - > distribuzione di idrogeno (stazioni di rifornimento)
  - > approvvigionamento merci e traffico turistico a lunga percorrenza
- » **Studio di potenzialità sulle emissioni di CO2 in depuratori, centrali termiche e stabilimenti industriali**
- » **Idrogeno verde da fonti energetiche rinnovabili locali**
- » **Mezzi di trasporto a zero emissioni**
  - > auto, camion, autobus in aree urbane e montane
- » **Riconversione a idrogeno della ferrovia della Zillertal**
- » **Promuovere ricerca, sviluppo e innovazione a tutti i livelli**
  - > cattedra sponsorizzata
  - > cooperazione con università tecniche
  - > formazione di tecnici nel settore H2
- » **Mobilità locale a idrogeno/elettrica a zero emissioni e lo sviluppo della Nuova Ferrovia del Brennero.**
  - > riduzione del traffico
  - > miglioramento del traffico (ridurre inquinamento acustico ed emissioni e lo sviluppo della Nuova Ferrovia del Brennero.
  - > trasferimento del traffico (BBT - Galleria di Base del Brennero)

- » **Creare cogenerazione:**
  - > cogenerazione tra tutte le fonti energetiche alternative mobilità e industria.
  - > trasporti con energia prodotta in loco per rafforzare i circuiti economici regionali
  - > salvaguardia del clima tramite l'autosufficienza energetica
- » **Strategie:**
  - > riduzione del traffico
  - > miglioramento del traffico (ridurre inquinamento acustico ed emissioni)
  - > trasferimento del traffico (BBT)
- » **Finanziamento:**
  - > ricorso a vari canali di finanziamento
  - > esonero dal canone di rete elettrica per H2 destinato al settore dei trasporti e stabilizzazione della rete
- » **Incentivi per l'acquisto di veicoli elettrici**
  - > riduzione dei pedaggi



## 5.2. Alto Adige

La diffusione della tecnologia dell'idrogeno in Alto Adige prevede complessivamente tre fasi. La terza fase contempla, oltre all'introduzione della tecnologia delle celle a carburante sul territorio provinciale, anche l'espansione a livello sovraregionale e internazionale. Il corridoio del Brennero, in quanto arteria di collegamento con l'Europa centrale, viene così ad assumere un'importanza particolare nello sforzo di ridurre a zero le emissioni lungo le direttrici del traffico tra l'Italia e gli Stati vicini.

La prima fase ha visto l'attuazione di progetti pilota UE riguardanti autobus e auto con celle a combustibile.

Dopo aver realizzato con successo i primi progetti pilota UE "CHIC" e "HyFIVE" nel settore degli autobus e delle automobili elettriche con celle a combustibile l'Alto Adige è giunto ora alla fase 2: attraverso i progetti "Mehrlin", "JIVE" e "LIFEalps", sostenuti dalla Giunta provinciale di Bolzano e dall'UE, si realizza il roll-out regionale creando infrastrutture per la mobilità elettrica a batteria e a idrogeno e mettendo in circolazione numerose flotte di veicoli per incentivare servizi a zero emissioni in vari settori quali ad esempio i trasporti pubblici locali e il turismo.

### In Alto Adige sono in programma i seguenti passi:

- » riduzione o abolizione del canone di rete per l'elettricità destinata alla produzione di idrogeno
- » costruzione di 12 impianti standardizzati da 6 MW di conversione energetica e distribuzione (costo totale 120 Mio EUR)
  - > 6-8 nei centri urbani
  - > 6 tra Brennero e Modena
- » attualmente l'Alto Adige esporta circa 1TWh di elettricità verde all'anno, che in futuro potrà essere utilizzata per la produzione di H2
- » ulteriore sviluppo dei serbatoi a idruri metallici nonché dello stoccaggio di idrogeno in caverne fino a 150 tonnellate
- » conversione graduale degli autobus alla tecnologia a idrogeno:
  - > dapprima nei centri urbani
  - > poi su passi dolomitici, collegamenti a lunga percorrenza e valli laterali
- » trasferimento del traffico pesante lungo l'asse del Brennero su rotaia (BBT) e camion a idrogeno
- » promozione della produzione sostenibile di elettricità (ad es. impianti fotovoltaici privati)
- » Un obiettivo è anche quello di gestire la mobilità durante le Olimpiadi invernali del 2026 con carburanti sintetici a base di idrogeno possibilmente a zero emissioni.
- » Entro il 2030 sulle strade dell'Alto Adige dovrebbero circolare 55.000 BEV e FCEV, 660 autobus a H2 ed essere effettuati 750.000 viaggi con mezzi pesanti a idrogeno.

## 5.3. Trentino

In Trentino si stanno progettando distributori lungo l'Autostrada del Brennero a Trento e Rovereto Sud. Poi sull'A22 verso sud a Verona e Campogalliano.

Inoltre, è in fase di progettazione lo sviluppo di un treno a idrogeno da impiegare sulla tratta Trento-Venezia (ferrovia della Valsugana). L'idrogeno verde verrà dalla produzione propria. Ulteriori interventi sono attualmente in elaborazione.

## 5.4. Strategie comuni

**Ciascun territorio dell'Euregio (Tirolo, Alto Adige e Trentino) stabilisce i propri assi prioritari, di cui si concordano tempistiche e contenuti a livello di Euregio per ottenere la massima efficienza.**

- » Strategie concordate per la produzione, lo stoccaggio e la fornitura di idrogeno
- » Strategie concordate per la realizzazione di distributori di H2
- » Sistemi condivisi per la distribuzione delle merci a zero emissioni a livello locale e regionale
- » Green Corridor comune con il Tunnel di base del Brennero e le tratte di accesso
- » Sistema condiviso di acquisto degli autobus
- » Programmi di ricerca e sviluppo concordati e/o congiunti
- » Programmi di formazione e studio concordati e/o congiunti con cattedre sponsorizzate su questi temi
- » Possibile fondazione di imprese comuni o cooperanti
- » Fondo di cofinanziamento comune dell'Euregio
- » Sviluppo di iniziative transfrontaliere private e pubbliche (ad es. progetti PPP)

La transizione verso un'energia sostenibile nell'Euregio Tirolo – Alto Adige – Trentino può avere successo solo in combinazione con strategie chiare, con finanziamenti e tempistiche per l'attuazione di progetti fattibili e con la volontà di attenersi agli obiettivi climatici. Le tecnologie a idrogeno devono essere studiate, applicate e realizzate anche nell'Euregio in quanto elementi chiave della transizione verso un'energia sostenibile, per decarbonizzare la mobilità e i processi di produzione con l'aiuto delle energie rinnovabili.



## 6. Progetti di ricerca e formazione

**Attualmente sono oltre 80 le istituzioni di ricerca che si occupano dell'idrogeno<sup>1</sup> portando avanti un gran numero di progetti di ricerca.<sup>2</sup>**

**Un maggiore utilizzo dell'idrogeno nella mobilità e nell'industria richiede ulteriore impegno nella ricerca, e ciò impone di coordinare all'interno dell'Euregio Tirolo – Alto Adige – Trentino tutte le attività di ricerca su questa tematica.**

Nell'Euregio Tirolo – Alto Adige – Trentino vanno promosse in maniera mirata insieme con le università dell'Euregio (Innsbruck, Bolzano, Trento) sia la ricerca di base sia la ricerca applicata. Dato che, come è noto, i risultati della ricerca producono i loro effetti a distanza di almeno 3-5 anni, è indispensabile coinvolgere, partendo dalle esperienze finora raccolte, imprese industriali che possano sviluppare e costruire parti di questi impianti.

A livello europeo è attualmente in corso una serie di attività correlate a corsi di laurea breve e specialistica nel settore delle energie rinnovabili.

**Anche nell'Euregio Tirolo – Alto Adige – Trentino esistono già corsi di studio attinenti a questi temi:**

- » laurea breve: Ingegneria ambientale, energetica e di processo - MCI Innsbruck
- » laurea specialistica: Energy Engineering - Libera Università di Bolzano e Università di Trento

È necessario inoltre, offrire specifici percorsi formativi nelle scuole professionali e nelle scuole superiori a indirizzo tecnico. Un altro aspetto importante è quello della formazione e dell'aggiornamento permanente.

---

<sup>1</sup> <https://hydrogeneurope.eu/directory/Research>.

<sup>2</sup> <https://hydrogeneurope.eu/projects>.



## 7. Kommunikation

**Una comunicazione trasparente sui temi legati all'idrogeno è molto importante, e all'interno del territorio euroregionale dovrebbe essere il GECT "Euregio Tirolo – Alto Adige – Trentino" a farsi carico del suo coordinamento. Le singole attività nei vari territori contribuiscono in ultima analisi a portare avanti in modo più mirato la strategia complessiva.**

Presso la sede dell'IIT a Bolzano è già possibile visitare un impianto di produzione e rifornimento, ma è bene valutare l'opportunità di istituire nei tre capoluoghi Innsbruck, Bolzano e Trento e lungo le direttrici del traffico specifici centri di informazione sulla futura mobilità sostenibile, come ne esistono già riguardo alla costruzione della nuova ferrovia del Brennero con il tunnel di base.

Poiché con il Masterplan idrogeno l'Euregio Tirolo – Alto Adige – Trentino si è impegnata a ridurre le emissioni di gas serra del 40% entro il 2030 e ad aumentare la quota di energia rinnovabile almeno del 27% rispetto ai livelli del 1990, essa dovrebbe riferire annualmente sui progressi conseguiti.



## 8. Euregio Tirolo-Alto Adige-Trentino

### 8.1. Raccomandazioni

#### **Beschluss des Vorstandes des EVTZ „Europaregion Tirol-Südtirol-Trentino“**

##### **Umlaufbeschluss**

##### **Mitglieder des Vorstandes:**

EVTZ-Präsident: Landeshauptmann des Landes Tirol, **Günther Platter**  
Landeshauptmann der Autonomen Provinz Bozen, **Arno Kompatscher**  
Landeshauptmann der Autonomen Provinz Trient, **Maurizio Fugatti**

##### **Generalsekretär:**

Matthias Fink

### **GEGENSTAND**

#### **Wasserstoffstrategie der Europaregion Tirol-Südtirol-Trentino**

Gemäß Art. 5, Abs. 8 der Geschäftsordnung des EVTZ können die Mitglieder des Vorstandes auch per E-Mail ihre Stimme abgeben, wenn die Angelegenheit so dringend ist, dass die nächste Sitzung des Vorstandes nicht abgewartet werden kann, weil sonst ein irreparabler Schaden entstünde.

#### **Deliberazione della Giunta del GECT „Euregio Tirolo-Alto Adige-Trentino“**

##### **Delibera adottata a mezzo lettera circolare**

##### **Componenti della Giunta:**

Presidente GECT: **Günther Platter**,  
Capitano del Land Tirol  
**Arno Kompatscher**, Presidente della  
Provincia Autonoma di Bolzano-Alto Adige  
**Maurizio Fugatti**, Presidente della  
Provincia Autonoma di Trento

##### **Segretariato generale:**

Matthias Fink

### **OGGETTO**

#### **Strategia per l'idrogeno dell'Euregio Tirolo-Alto Adige-Trentino**

Secondo l'articolo Art. 5, comma 8, del Regolamento interno del GECT i membri della Giunta possono addivenire d una decisione con il voto favorevole espresso in modo digitale per mezzo di posta elettronica, qualora la questione sia urgente e non possibile differirla senza pregiudizi in merito.

Der Umlaufbeschluss wird mit dem Datum der Unterschrift des Generalsekretärs nach Abgabe der letzten Stimme wirksam.

Gemäß Art. 5, Abs. 1 lit. b) der Übereinkunft des EVTZ verfolgt der EVTZ das Ziel der Förderung der territorialen Entwicklung seiner Mitglieder im Bereich ihrer jeweiligen Zuständigkeit, wobei der Kooperationsbereiche Energie und Nachhaltige Mobilität besondere Beachtung finden.

Gemäß Art. 5, Abs. 1 lit. c) der Übereinkunft des EVTZ verfolgt der EVTZ das Ziel der Stärkung der Abstimmung bei der gemeinsamen Teilnahme an Programmen der Europäischen Territorialen Zusammenarbeit und anderen thematischen Programmen der EU

Gemäß Art. 6, Abs. 3 der Übereinkunft des EVTZ können die Mitglieder des EVTZ einstimmig beschließen, einem der Mitglieder die Wahrnehmung von Aufgaben des EVTZ zu übertragen.

Gemäß Art. 17, Abs. 7, lit. a) der Satzung des EVTZ beschließt der Vorstand das jährliche Arbeitsprogramm.

Der Vorstand des EVTZ hat mit Beschluss Nr. 21/2019 vom 14. November 2019 das Projekt „Wasserstoff-Korridor Brenner“ in das Arbeitsprogramm des EVTZ 2020 aufgenommen und mit einem Budget von EUR 150.000,00 genehmigt.

Der Vorstand des EVTZ hat mit Beschluss Nr. 1/2020 vom 19.2.2020 das Land Tirol beauf-

tragt, im Rahmen des gemeinsamen Projekts Wasserstoff-Korridor Brenner in Abstimmung mit den Mitgliedern des EVTZ die vollumfängliche Vorbereitung und Ausarbeitung des Förderansuchens an die Europäische Kommission zu besorgen. Der EVTZ koordiniert die Zusammenarbeit mit den Autonomen Provinzen Bozen-Südtirol und Trient.

La deliberazione adottata a mezzo lettera circolare è efficace dalla data della controfirma del Segretario generale a seguito dell'ultimo voto.

Secondo l'articolo Art. 5, comma 1, lett. b), della Convenzione del GECT, il GECT persegue in particolare l'obiettivo di agire a favore dello sviluppo del territorio dei suoi membri negli ambiti di rispettiva competenza accordando un'attenzione particolare ai ambiti di cooperazione energia e viabilità sostenibile.

Secondo l'articolo Art. 6, comma 3, della Convenzione del GECT, i membri del GECT possono decidere all'unanimità di demandare a uno dei membri l'esecuzione dei compiti del GECT.

Secondo l'articolo Art. 17, comma 7, lett. a), dello Statuto del GECT, la Giunta adotta il programma di lavoro annuale.

La Giunta del GECT, con delibera n. 21/2019 del 14 novembre 2019, ha inserito il progetto „Corridoio idrogeno del Brennero“ nel programma di lavoro annuale del GECT 2020 e lo ha approvato prevedendo un budget di Euro 150.000,00.

La Giunta del GECT, con delibera n. 1/2020 del 19.2.2020, ha incaricato il Land Tirol

tragt, im Rahmen des gemeinsamen Projekts Wasserstoff-Korridor Brenner in Abstimmung mit den Mitgliedern des EVTZ die vollumfängliche Vorbereitung und Ausarbeitung des Förderansuchens an die Europäische Kommission zu besorgen. Der EVTZ koordiniert die Zusammenarbeit mit den Autonomen Provinzen Bozen-Südtirol und Trient.

Auf Grundlage des Beschlusses des Vorstands des EVTZ Nr 1/2020 wurde am 19.2.2020 das Abkommen zur Zusammenarbeit beim Projekt „Wasserstoff-Korridor Brenner“ zwischen dem EVTZ und dem Land Tirol unterzeichnet.

Das Land Tirol hat die Lebensraum Tirol Holding GmbH mit der Umsetzung beauftragt. Diese arbeitet wiederum mit Prof. Konrad Bergmeister zusammen, der für die Lebensraum Tirol Holding die Euregio-Arbeitsgruppe koordiniert.

Bei den ersten Arbeitsgruppentreffen wurden bereits die Wasserstoffstrategien und möglichen Projekte der drei Länder abgeglichen.

Am 15.05.2020 hat die Euregio-Arbeitsgruppe den mit den Mitgliedern des EVTZ abgestimmten Entwurf einer Wasserstoffstrategie der Europaregion Tirol-Südtirol-Trentino vorgelegt.

Nach Einsichtnahme in die geltende Satzung

**beschließt**

**der Vorstand des EVTZ „Europaregion Tirol-Südtirol-Trentino“**

della completa preparazione ed elaborazione della richiesta di finanziamento alla Commissione Europea nell'ambito del progetto comune „Corridoio idrogeno del Brennero“ di comune accordo con i membri del GECT. Il GECT coordina la cooperazione con la Provincia autonoma di Bolzano-Alto Adige e la Provincia autonoma di Trento

Su base della della delibera della Giunta del GECT n. 1/2020, in data 19.02.2020, è stato firmato l'accordo di cooperazione per il progetto „Corridoio idrogeno del Brennero“ tra il GECT e il Land Tirol.

Il Land Tirol ha incaricato la Lebensraum Tirol Holding GmbH per attuazione dell'accordo. Questa azienda collabora a sua volta con il Prof. Konrad Bergmeister che coordina per la Lebensraum Tirol Holding GmbH il gruppo di lavoro dell'Euregio.

Nei primi incontri del gruppo di lavoro sono già state messe a confronto le strategie sull'idrogeno e i possibili progetti dei tre territori.

In data 15 maggio 2020 il gdl dell'Euregio ha presentato la bozza per una strategia per l'idrogeno dell'Euregio Tirolo-Alto Adige-Trentino accordata con i membri del GECT.

Visto lo Statuto vigente la Giunta del GECT „EUREGIO Tirolo-Alto Adige-Trentino“

**delibera**

**Die Mitglieder des EVTZ genehmigen die beiliegende Wasserstoffstrategie der Europaregion Tirol-Südtirol-Trentino.**

Gelesen, genehmigt und gefertigt



**Günther Platter \***

Präsident des EVTZ

“Europaregion Tirol-Südtirol-Trentino”

*Presidente del GECT*

“Euregio Tirolo-Alto Adige-Trentino”

Landeshauptmann des Landes Tirol

*Capitano del Land Tirolo*



**Arno Kompatscher \***

Landeshauptmann der Autonomen Provinz Bozen

*Presidente della Provincia autonoma*

*di Bolzano*

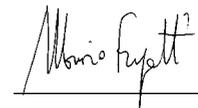
**che i membri del GECT adottano la Strategia per l'idrogeno dell'Euregio Tirolo-Alto Adige-Trentino allegata.**

Letto, approvato e firmato



**Matthias Fink \***

Der Generalsekretär | *Il Segretario generale*



**Maurizio Fugatti \***

Landeshauptmann der Autonomen Provinz Trient

*Presidente della Provincia autonoma*

*di Trento*

**Wasserstoffstrategie Europaregion Tirol-Südtirol-Trentino**

Die Europaregion Tirol-Südtirol-Trentino hat es sich zum Ziel gesetzt, eine Vorzeigeregion in Europa im Bereich der Emissionsreduktion, des Umweltschutzes und der Entwicklung eines emissionsarmen grünen Brennerkorridors zu werden;

Wasserstoff muss in der Euregio CO<sub>2</sub>-neutral aus erneuerbaren Energiequellen hergestellt werden;

In der Euregio wird primär elektrische Energie aus Wasserkraft produziert. Jedoch stimmt der Zeitpunkt der Produktion mit jenem der Nachfrage nicht immer überein: Im Frühling und im Sommer, sowie in der Nacht, wird mehr Strom produziert als benötigt. Im Winter sowie während des Tages hingegen muss elektrische Energie zugekauft werden muss;

Wasserstoff kann effizient als Energievektor für die Sektorenkoppelung eingesetzt werden: Er kann gespeichert und bei Bedarf wieder in Strom umgewandelt werden. Durch diese Synergieeffekte können die Schwankungen der erneuerbaren Energie ausgeglichen werden;

**Mit diesem H<sub>2</sub>-Masterplan verpflichtet sich, die Europaregion Tirol-Südtirol-Trentino**

- » die Emissionen von Treibhausgasen bis 2050 auf null zu reduzieren, unter Berücksichtigung folgender Beschlüsse:
- > Beschluss vom 14. November 2019,
- > einzelne Beschlüsse der Landesregierungen,

**Strategia per l'idrogeno dell'Euregio Tirolo-Alto Adige-Trentino**

L'Euregio Tirolo-Alto Adige-Trentino si è posta l'obiettivo di diventare una regione modello in Europa nel campo della riduzione delle emissioni, della tutela dell'ambiente e dello sviluppo di un corridoio “verde” del Brennero a basse emissioni;

L'idrogeno deve essere CO<sub>2</sub> neutrale, prodotto nell'Euregio da fonti energetiche rinnovabili;

Nell'Euroregione la fonte energetica principale è l'idroelettrico. Purtroppo, il momento di produzione e il momento di richiesta non combaciano sempre: in primavera, in estate e di notte si produce più energia elettrica di quanto non serva, mentre in inverno e durante il giorno è necessario acquistare energia elettrica;

L'idrogeno può essere utilizzato in modo efficiente come vettore energetico per l'accoppiamento dei settori: può essere stoccato e riconvertito in energia elettrica secondo le necessità. Grazie a questi effetti sinergici, le oscillazioni delle energie rinnovabili possono essere bilanciate;

**Con questo Master Plan H<sub>2</sub>, l'Euroregione Tirolo-Alto Adige-Trentino si impegna**

- » di ridurre le emissioni di gas serra a zero entro il 2050, rispettando le seguenti delibere:
- > decisione del 14 novembre 2019,
- > delibere individuali dei governi regionali;

\*mit digitaler Unterschrift unterzeichnet – *sottoscritto con firma digitale*

Zudem verpflichtet sich die Europaregion Tirol-Südtirol-Trentino durch den H2-Masterplan bis 2030 zu einer Reduktion der Emissionen der Treibhausgase um 40%, zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energie um mindestens 27% im Vergleich zum Niveau von 1990, und verpflichtet sich in Umsetzung der Europäischen Richtlinie 2019/1161 vom 20. Juni 2019: Directive 2009/33/EC zur Förderung von sauberen und energieeffizienten Fahrzeugen, **folgende Schritte in der Europaregion Tirol-Südtirol-Trentino umzusetzen:**

1. Die Herstellung von Wasserstoff muss aus regenerativen Energiequellen, primär Wasserkraft, erfolgen;
2. die Unterstützung zur Schaffung der gesetzlichen Voraussetzungen, um die Stromversorgung von Wasserstoffproduktionsanlagen ohne Netzbetreiberkosten sicherzustellen;
3. die Aktivitäten zur Umsetzung eines digitalen Mobilitäts- und Transportkorridors von München nach Verona unter Einbeziehung relevanter Verkehrsinfrastrukturbetreiber und Forschungseinrichtungen voranzutreiben;
4. die industriellen Standards für Standorte, Produktion, Speicherung, Verteilung und Tankstellen in der Europaregion abzustimmen;
5. den Stufenplan für den Brennerkorridor in der Euregio inkl. der Realisierung von mindestens 6 H2-Tankstellen und verkehrspolitischen Maßnahmen unter Berücksichtigung

Inoltre l'Euroregione Tirolo-Alto Adige-Trentino si impegna tramite questo Master Plan H2 di ridurre le emissioni dei gas serra del 40%, di aumentare la quota dell'energia rinnovabile in rete di almeno il 27 rispetto ai livelli del 1990 entro il 2030, e si impegna in attuazione della Direttiva Europea 2019/1161 del 20 giugno 2019: Direttiva 2009/33/CE sulla promozione di veicoli puliti ed energeticamente efficienti, **di implementare i seguenti passi nell'Euregio Tirolo-Alto Adige-Trentino:**

1. la produzione di idrogeno deve derivare da fonti energetiche rinnovabili, principalmente dall'idroelettrico;
2. sostenere la creazione delle condizioni legali che garantiscono la fornitura di energia elettrica agli impianti di produzione d'idrogeno senza oneri per i gestori di rete;
3. promuovere le attività per realizzare un corridoio digitale di mobilità e trasporto da Monaco a Verona, comprendendo gli operatori delle principali reti di trasporto ed istituti di ricerca;
4. coordinare nell'Euregio gli standard industriali per: siti di produzione, stoccaggio, nonché le stazioni di distribuzione e di rifornimento;
5. attuare il piano graduale per il corridoio del Brennero nell'Euregio con la realizzazione di almeno 6 stazioni di rifornimento H2 e le misure in materia di trasporti, nel

sichtigung der europäischen Vorgaben für emissionsarme Transportfahrzeuge und der Beschlüsse der drei Länder diese bis 2025 umzusetzen;

6. die schrittweise Umstellung des ÖPNV für emissionsarme Fahrzeuge;
7. die Förderung von Lastkraftwagen mit elektrischem Antrieb und möglichst mit Brennstoffzellen bis 2030 bei Priorisierung der Verlagerung des Güterverkehrs auf die neue Brennerbahn mit dem Brenner Basistunnel;
8. die Prüfung von Möglichkeiten für einen gemeinsamen Ankauf und Betrieb von Fahrzeugen sowie der dazu notwendigen Infrastrukturen;
9. die EVTZ als Koordinierungseinrichtung einzusetzen. Der EVTZ prüft über die Euregio-Arbeitsgruppe der drei Länder insbesondere für jedes Projekt, welche Trägerschaft als Plattform für die Abwicklung des jeweiligen grenzüberschreitenden Vorhabens im Bereich des Wasserstoffes eingesetzt bzw. errichtet werden soll;
10. einen strategischen Beirat, bestehend aus Experten der drei Länder (Tirol, Südtirol, Trentino) einzusetzen, um die weitere Entwicklung und Forschung sowie um die Kontakte mit dem TEN-T Koordinator, den europäischen Generaldirektionen, insbesondere mit der „DG Energy“, der „DG Move“, der „Brenner Corridor Platform“ sowie den möglichen nationalen und europäischen Fördermöglichkeiten zu koordinieren.

rispetto della normativa europea per i veicoli di trasporto a basse emissioni e della decisione delle tre provincie di attuarla entro il 2025;

6. il passaggio graduale del trasporto pubblico locale verso veicoli con basse emissioni;
7. promozione di camion elettrici a basse emissioni e preferibilmente con celle a combustibile entro il 2030, dando priorità al trasferimento del trasporto merci sulla nuova ferrovia del Brennero con la galleria di base del Brennero;
8. verificare la possibilità di acquistare e gestire congiuntamente veicoli e infrastrutture necessarie;
9. Utilizzare il GECT come centro di coordinamento. Il GECT verifica, attraverso il gruppo di lavoro dell'Euregio, composto dai tre territori, quale gestione debba essere impiegata o istituita per ogni progetto, affinché possa fungere da piattaforma per la gestione del rispettivo progetto transfrontaliero nel campo dell'idrogeno;
10. istituire un comitato consultivo strategico composto da esperti delle tre province (Tirolo, Alto Adige, Trentino) per coordinare gli ulteriori sviluppi e ricerche nonché i contatti con il coordinatore TEN-T, le Direzioni Generali Europee, in particolare la „DG Energy“ e la „DG Move“, la „Piattaforma del Corridoio del Brennero“ e le possibili opportunità di finanziamento nazionali ed europee.

## 8.2. Interventi attuativi

Grazie alla propria produzione di energia idroelettrica l'Euregio ha tutti i presupposti per produrre idrogeno verde destinato alla mobilità. Ma oltre all'energia idroelettrica servono anche i necessari impianti per la produzione, lo stoccaggio e il rifornimento nonché anche i veicoli adatti. Con deliberazione del 27 maggio 2020 l'Euregio ha espresso chiaramente l'intento di realizzare la produzione e distribuzione di idrogeno in tutto il territorio dell'Euregio Tirolo Alto Adige Trentino e di sviluppare un corridoio verde con distributori lungo l'asse del Brennero.

L'idrogeno verde offre l'opportunità di rendere l'economia regionale più sostenibile, concorrenziale e resistente alle crisi. Con l'idrogeno verde possiamo supportare in maniera mirata le iniziative locali a tutela del clima e lo sviluppo regionale. Per far ciò è importante creare all'interno dell'Euregio catene di valore per promuovere specificamente l'innovazione, la formazione, l'aggiornamento e l'occupazione.

In Europa sono già più di 30 le regioni che hanno aderito alla "European Hydrogen Valleys Partnership". Lo sviluppo integrato di catene di valore regionali e della cogenerazione in stretta collaborazione con l'economia locale può creare importanti reti tra economia, scienza e amministrazione.

**Il finanziamento di questi progetti può avvenire attraverso:**

» **fondi europei (DG Move, DG Energy)**

» **finanziamenti nazionali**

» **i singoli territori dell'Euregio (Tirolo, Alto Adige, Trentino) o loro società**

» **economia privata**

Di seguito si cercherà di illustrare un cronoprogramma concreto per le singole fasi, prendendo volutamente in considerazione orizzonti temporali circoscritti in modo da consentire il relativo aggiornamento e uno sviluppo mirato.

### 2020–2022

#### » **EUREGIO:**

- > piattaforma Euregio per il coordinamento dei progetti nel settore dell'idrogeno, della formazione e dell'aggiornamento nonché, ove opportuno e possibile, per la ricerca
- > contratti per l'utilizzo del quantitativo di energia producibile da fonti rinnovabili (energia idroelettrica...)
- > studio di materie prime alternative rinnovabili e locali per la produzione di idrogeno verde (biogas, biomassa, pirolisi, geotermia...)
- > creazione dei presupposti giuridici per garantire l'approvvigionamento elettrico senza costi di rete agli impianti di conversione energetica
- > sviluppo di un impianto di conversione energetica standard utilizzando componenti disponibili, che potrebbe essere introdotto come standard nell'Euregio
- > elaborazione di un piano graduale per il corridoio del Brennero tra Kufstein e Ala/Avio (Monaco – Verona) che preveda la realizzazione di distributori e una politica del traffico (abbinata a interventi sui pedaggi) volta a incentivare l'uso di veicoli merci a basse emissioni
- > elaborazione dei documenti per l'autorizzazione dei distributori (simulazioni CFD, analisi di rischio, chiarimenti istituzionali in Italia, Austria ecc.)
- > richiesta fondi Europei
- > creazione di società pubbliche nei tre territori o di società transfrontaliere per acquisto, noleggio di veicoli, assistenza tecnica con prioritaria riconversione del TPL
- > **costi delle suddette attività: circa 1,5 Mio EUR**

#### » **TIROLO:**

- > Strategia per l'idrogeno MPreis partner privato di progetto
- > impianto di produzione e distribuzione a Pfaffenhofen e Reutte
- > distributore Kufstein: partner di progetto TIWAG e/o Senn
- > progetto + finanziamento: ferrovia della Zillertal 2020+

#### » **ALTO ADIGE:**

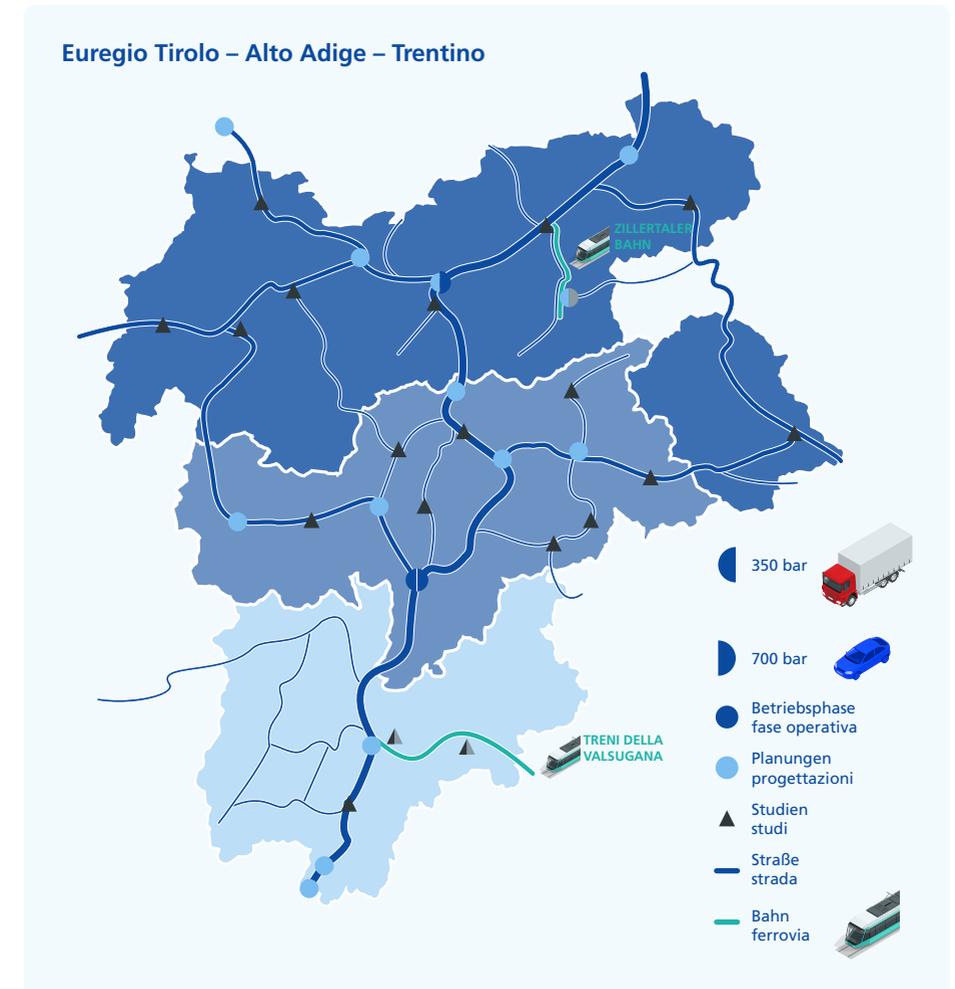
- > progetto LIFEalps: l'ampliamento della rete infrastrutturale nell'Alto Adige per una mobilità a zero emissioni, instaurazione delle flotte pilota di vari veicoli elettrici e servizi a zero emissioni
- > impianto di produzione e distribuzione a Brunico con Azienda Pubbliservizi Brunico, IIT
- > progettazione e sviluppo stabilimenti di produzione di H2 a Bolzano, Merano, Bressanone
- > progetto MEHRLIN con acquisto ed esercizio di un distributore di H2 presso il deposito SASA a Bolzano e acquisto di 2 rimorchi per la logistica a idrogeno
- > progetto REVIVE con acquisto e utilizzo di un veicolo a zero emissioni per la raccolta dei rifiuti a Bolzano e Merano

- > attuazione del progetto JIVE con l'acquisto di 12 autobus a idrogeno con un periodo di attività di 8 anni
- > progettazione e utilizzo di autobus a zero emissioni nell'area dolomitica e a Braies: finanziamenti pubblici integrativi

» **TRENTINO:**

- > e della propulsione a idrogeno per la ferrovia della Valsugana
- > distributore a Trento e Borgo Valsugana
- > Progettazione della produzione di idrogeno e dei veicoli per la raccolta dei rifiuti nel distretto di Riva sul lago di Garda
- > **costi delle suddette attività: circa 10 Mio EUR**

**Figura 38:** Stato di attuazione 2020



## » EUREGIO:

- > centri di ricerca, formazione e coordinamento per l'idrogeno nei tre territori Tirolo, Alto Adige e Trentino
- > formazione specialistica per tecnici dell'idrogeno
- > specializzazione (laurea breve o specialistica), meglio se insieme a tutte le università dell'Euregio
- > **costo delle suddette attività: circa 6 Mio EUR**

## » TIROLO:

- > impianto di produzione e distribuzione presso l'area di servizio di Zenzenhof
- > costruzione di altri 2 distributori in Tirolo (Unterland, Oberland)
- > costruzione della ferrovia a idrogeno della Zillertal 2020+
- > graduale riconversione del TPL nelle aree urbane e montane

## » ALTO ADIGE:

- > ampliamento di Bolzano Sud – investimenti stimati
- > costruzione di 3 distributori in Alto Adige: Brennero/Vipiteno, Bressanone/Merano (A22 + Alperia)
- > progetto LIVEalps con lo sviluppo di infrastrutture per H2, introduzione di flotte pilota ecc.
- > graduale riconversione del TPL nelle aree urbane e montane
- > costo delle suddette attività:
- > pianificazione del trasporto passeggeri con autobus a idrogeno tra Anterselva e Cortina d'Ampezzo, che ospiteranno rispettivamente le gare di biathlon e di discesa nelle Olimpiadi invernale 2026: 2 stabilimenti di produzione di H2 e 15 autobus a idrogeno:

## » TRENINO:

- > costruzione di 2 distributori in Trentino: Rovereto Sud e Affi
- > progettazione di ulteriori impianti
- > approvazione + contratti ferrovia Valsugana

Figura 39: Stato di attuazione 2025



## 2025–2030

L'obiettivo è attuare in maniera compiuta la strategia per l'idrogeno entro il 2030 e fare dell'Euregio una regione modello per la produzione e la distribuzione capillare di idrogeno verde.

### » TIROLO:

- > Potenziamento della rete di produzione e distribuzione
- > Completamento della riconversione del TPL

### » ALTO ADIGE:

- > Potenziamento della rete di produzione e distribuzione
- > Completamento della riconversione del TPL

Secondo le stime contenute nel masterplan idrogeno per l'Alto Adige gli investimenti ammonteranno entro il 2030 a 1.365 Mio EUR. Per la fase "Basis 2030" si prevede una potenza di elettrolisi installata per la produzione di idrogeno pari a 154 MW con un consumo di elettricità superiore a 1 Terawatt e una produzione giornaliera pari a 50 tonnellate.

**Tabella 11:** Panoramica degli interventi in settori specifici e relativi costi

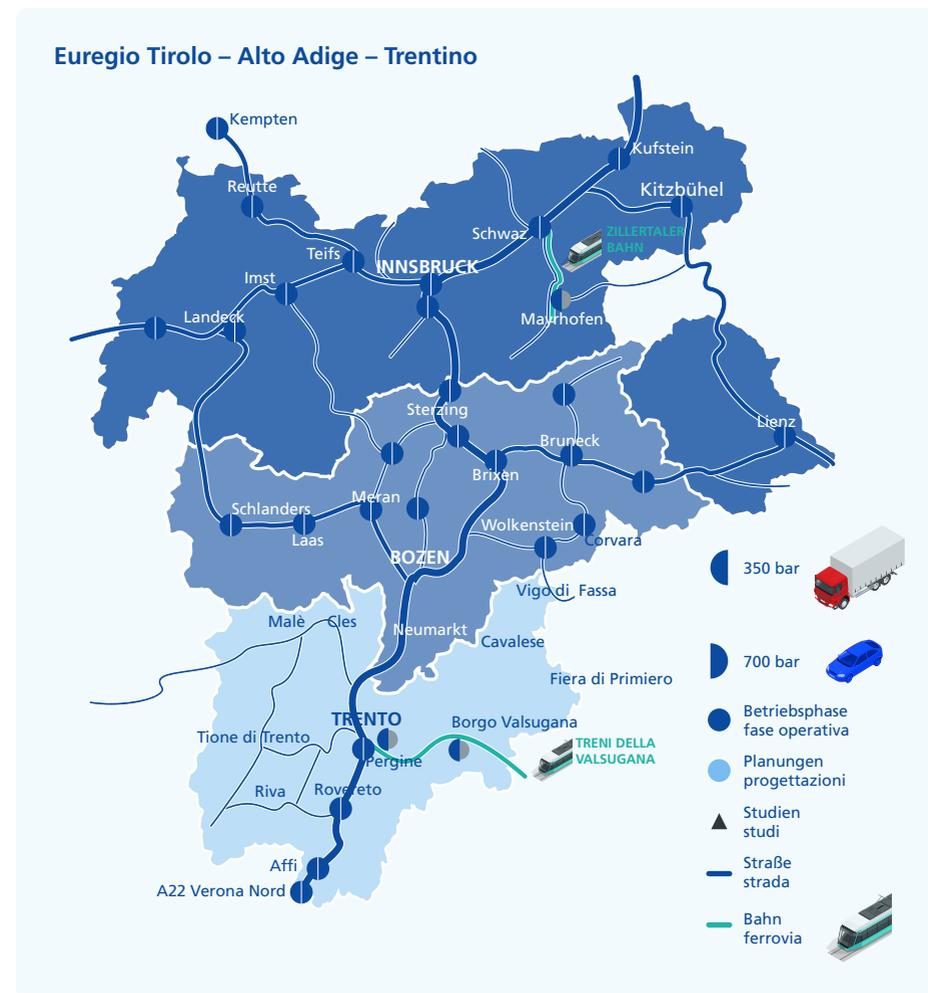
Ambito	Interventi	Finanziamento costi
<b>Infrastruttura</b>	produzione di H2, stoccaggio, distributori	350 Mio.
<b>TPL</b>	autobus per zone montane autobus per centri urbani	280 Mio. 150 Mio.
<b>Trasporto merci, logistica</b>	veicoli da trasporto a H2 incentivo mezzi pesanti Ampliamento rete elettrica Sviluppo stazioni di ricarica (35 BEV stazioni di ricarica x 8.000 EUR)	9 Mio. 300 Mio. 100 Mio. 50 Mio.
<b>Approvvigionamento energetico</b>	circa 10% riserva per rischi	125 Mio.
<b>Imprevisti</b>		<b>1.365 Mio.</b>

I progetti relativi agli autobus e ai mezzi pesanti potrebbero essere gestiti tramite contratti di rete.

### » TRENINO:

- > Potenziamento della rete di produzione e distribuzione
- > Completamento della riconversione del TPL
- > Costruzione della ferrovia a H2 in Valsugana

**Figura 40:** Stato di attuazione 2030



## 8.3. Effetti nell'Euregio

Nei paragrafi che seguono si analizzeranno la situazione attuale (2020) e possibili scenari per il 2025 e per il 2030, evidenziando gli effetti di una transizione strutturata verso l'idrogeno e la conseguente graduale decarbonizzazione.

In tutti e tre i territori la mobilità è una delle principali cause delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

Lo scenario ipotizzato per l'Euregio Tirolo – Alto Adige – Trentino è elaborato a partire dalle dettagliate ricerche svolte in Alto Adige (v. Mölgg, 2019).

L'obiettivo comune dell'Euregio è attuare concretamente nel settore della mobilità la direttiva UE 2018/2001 (che promuove l'utilizzo di energia da fonti rinnovabili) e la direttiva europea 2019/1161 per i veicoli a basse emissioni e energeticamente efficienti. Dato che entro il 18 aprile 2026 e successivamente ogni tre anni gli Stati membri devono presentare alla Commissione UE una relazione sull'attuazione della direttiva 2019/1161, l'Euregio si è data una scadenza per fine 2025 in modo da poter redigere una prima relazione sull'attuazione dei provvedimenti presi e su futuri interventi attuativi.

Entro il 18 aprile 2027 e successivamente ogni tre anni la Commissione UE deve poi presentare al Parlamento Europeo e al Consiglio una relazione sugli interventi.

Entro il 31 dicembre 2027 la Commissione verificherà l'attuazione della direttiva e presenterà un'eventuale proposta legislativa per modificarla relativamente al periodo successivo al 2030.

La scadenza successiva è stata fissata per la fine del 2030, in modo da poter reagire a eventuali nuove proposte da parte della Commissione UE nel periodo 2025–2030.

### 8.3.1. Situazione attuale 2020

Le valutazioni si sono basate su determinati assunti, riportati nella tabella che segue:

**Tabella 12:** Consumo medio di energia ed emissioni medie 2020

	Autovetture	Autobus	Mezzi pesanti
<b>Consumo medio di combustibili fossili [l/100km]</b>	10,5	29	30
<b>Valore medio emissioni di CO<sub>2</sub> [g/km]</b>	160	750	1000

Il Trentino si contano circa 0,77 veicoli per abitante (2015), in Alto Adige 0,62 (2019) e in Tirolo 0,544 (2019).

Considerando un tragitto medio di circa 17.500 km (Masterplan Alto Adige, v. Mölgg, 2019) vengono calcolati il consumo di energia (assumendo un valore di 10,5 l/100 km), il fabbisogno di carburante e le emissioni di CO<sub>2</sub> nell'intera Euregio.

Il numero di autovetture è però influenzato anche dal turismo. Il numero di abitanti e di pernottamenti sono riassunti nella seguente tabella.

**Tabella 13:** Abitanti e pernottamenti

	Tirolo	Alto Adige	Trentino
<b>Abitanti (2020)</b>	757.850	533.600	541.100
<b>Pernottamenti (2018) [in milioni]</b>	49	32	18

L'Alto Adige ha registrato nel 2019 circa 32 milioni di pernottamenti. Ipotizzando gruppi di 3 persone che trascorrono 4,5 giorni di vacanza percorrendo in provincia circa 400 km (andata e ritorno dal luogo di villeggiatura circa 200 km + 4 gite da 50 km ciascuna), si ottiene un numero di veicoli ulteriori pari a circa 2.370.370 unità che percorrono circa 948 milioni di km (32 milioni di pernottamenti / 3 persone / 4,5 giorni x 400 km = circa 948 milioni di km). Per il Tirolo si presume che ai 412.000 veicoli presenti se ne aggiungano altri 46.500 per turismo (49 milioni di pernottamenti / 3 persone / 4,5 giorni x 400 km = circa 1.452 milioni di km). In Trentino si stima un numero aggiuntivo di 17.000 veicoli legati alle presenze turistiche (18 milioni di pernottamenti / 3 persone / 4,5 giorni x 400 km = circa 533 milioni di km).

In Alto Adige circolano oltre 1000 autobus al giorno. In totale ne risultano circa 40,2 milioni di km con un consumo annuo di carburante pari a 11,4 milioni di litri (29 litri ogni 100 km). Postulando emissioni di CO<sub>2</sub> in misura pari a 0,75 kg/km, la quantità di emissioni raggiunge circa 30.180 tonnellate. Nella valutazione si è calcolato per il Trentino e per il Tirolo un numero di 650 autobus al giorno (dati da<sup>1</sup>). Secondo le stime contenute nel masterplan per l'Alto Adige ogni giorno circolano sul territorio della provincia di Bolzano circa 35.000 mezzi pesanti con un tragitto medio di 112 km, per un totale complessivo di 1.430 milioni di km all'anno.

Il consumo annuo di energia ammonta a circa 429 milioni di litri di carburante con emissioni di CO<sub>2</sub> pari a 1,43 tonnellate (calcolando circa 1kg CO<sub>2</sub>/km).

Su questa base sono stati elaborati gli scenari anche per il Tirolo e il Trentino.

<sup>1</sup> sito internet [www.tirol2050](http://www.tirol2050), consultato a luglio 2020.

Per il Tirolo si è partiti dal numero medio di passaggi giornalieri (dato riferito a tutti i giorni di un anno - 2018) rilevati presso le postazioni di censimento del traffico: a Vomp transita giornalmente una media di 8.648 mezzi pesanti con un tragitto medio di 70 km, al Fernpass 1.300 mezzi pesanti con un tragitto medio 70 km, nell'Alta Valle dell'Inn -Imst 1.900 mezzi pesanti con circa 80 km di tragitto medio e sull'A13 (Brennersee) 6.895 mezzi pesanti con un tragitto medio di 40 km,<sup>2</sup> per una percorrenza complessiva annua di circa 410,3 milioni di km. Poiché inoltre, si può supporre che oltre il 70% del trasporto merci abbia origine e destinazione nell'Euregio, ne consegue che i mezzi pesanti percorrono annualmente in Tirolo a circa 1.367 milioni di km.

Anche per il Trentino si sono ipotizzati 35.000 mezzi pesanti, ma con un tragitto giornaliero minore. L'autostrada del Brennero attraversa l'Alto Adige per 116 km, mentre il tratto trentino è lungo circa 60 km. Ai fini del calcolo della percorrenza complessiva dei mezzi pesanti si assume per il Trentino un valore medio di 80 km, da cui risulta un totale annuo di circa 1.022 milioni di km.

**Tabella 14:** Traffico, consumo di energia ed emissioni di CO2 2020

Territorio	Tirolo	Alto Adige	Trentino
n. abitanti (2019)	757.850	533.439	541.100
<b>autovetture</b> trasporto individuale	412.270 (0,544 veic./abit.)	298.726 (0,58 veic./abit.)	416.647 (0,77 veic./abit.)
percorrenza annua [km] turismo	8.028 Milioni 1.452 Milioni	5.784 Milioni 948 Milioni	7.590 Milioni 533 Milioni
consumo di combustibili fossili [l/anno]	843 Milioni	607 Milioni	797 Milioni
emissioni di CO2[tonnellate]	1,517 Milioni	1,077 Milioni	1,200 Milioni
<b>consumo annuo di combustibili fossili per autovetture nell'Euregio [milioni di l]</b>	<b>2.247</b>		

<sup>2</sup> sito internet [www.tirol.gv.at/verkehr/verkehrspolitik/publikationen-verkehr](http://www.tirol.gv.at/verkehr/verkehrspolitik/publikationen-verkehr) (Jahresbericht 2018: Verkehr in Tirol 08/2019), consultato a luglio 2020.

<b>attuali emissioni di CO2 da autovetture nell'Euregio [milioni di tonnellate]</b>	<b>3,8</b>		
<b>autobus</b>	650	1.000	650
percorrenza annua [km]	26 Milioni	40 Milioni	26 Milioni
consumo di combustibili fossili [l/anno]	7,5 Milioni	11,4 Milioni	7,5 Milioni
emissioni di CO2 [tonnellate]	0,02 Milioni	0,03 Milioni	0,02 Milioni
<b>consumo annuo di combustibili fossili per autobus nell'Euregio [milioni di l]</b>	<b>26,4</b>		
<b>attuali emissioni di CO2 da autobus nell'Euregio [milioni di tonnellate]</b>	<b>0,07</b>		
<b>mezzi pesanti al giorno</b>		35.000	35.000
percorrenza annua [km]	1.367 Milioni km	1.430 Milioni km	1022 Milioni km
consumo di combustibili fossili [l/anno]	410 Milioni	429 Milioni	306 Milioni
emissioni di CO2 [tonnellate]	1,36 Milioni	1,43 Milioni	1,02 Milioni
<b>consumo annuo di combustibili fossili mezzi pesanti nell'Euregio [milioni di l]</b>	<b>3.422</b>		
<b>attuali emissioni di CO2 mezzi pesanti nell'Euregio [milioni di tonnellate]</b>	<b>3,81</b>		

Complessivamente dunque secondo le valutazioni basate sui dati di cui sopra nell'Euregio Tirolo – Alto Adige – Trentino nel 2019 si è avuto un consumo annuo pari a circa **5.695 milioni di litri di carburante** con emissioni di CO2 per circa **7,67 milioni di tonnellate**.

Dato che le previsioni per i prossimi orizzonti temporali (2025 e 2030) non dipendono solo da come si svilupperà l'economia dopo la crisi provocata dal coronavirus, ma anche dalla misura in cui si riuscirà a realizzare una mobilità a zero emissioni con l'impiego di carburanti sintetici a base di idrogeno, per gli scenari futuri si utilizzeranno solo valori percentuali, basati sulle previsioni ricavate dal masterplan per l'Alto Adige.



### 8.3.2. Scenario Euregio 2025

Lo scenario 2025 si basa anche per il Tirolo e il Trentino sulle riduzioni percentuali individuate nello studio di Mölgg (2019), presupponendo emissioni pari a 109 g/km per le autovetture, 750 g/km per gli autobus e 1.000 g/km per i mezzi pesanti.

Per l'attuazione della direttiva "Clean Vehicle 2019/1161" devono essere tenuti in considerazione lungo l'intera catena sistemica i criteri dell'impatto energetico e dell'impatto ambientale, che contemplano sia il consumo di combustibili fossili sia le emissioni sostanze nocive e di CO2 durante intero ciclo di vita dei prodotti (estrazione delle materie prime, produzione, funzionamento e smaltimento dei veicoli).

**Nello specifico per i veicoli valgono i seguenti obiettivi,:**

- » **veicoli commerciali leggeri (autovetture fino a 8 posti, autobus fino a 5 t e camion fino a 3,5 t): riduzione delle emissioni in misura del 38,5% (max. 50g CO2/km e max. 80% dei valori limite)**
- » **autobus di peso superiore a 5 t (M3): 22,5% a zero emissioni e 22,5% con carburanti alternativi**
- » **automezzi pesanti / veicoli commerciali: 10% a zero emissioni o con carburanti alternativi.**

Questi obiettivi si possono raggiungere attraverso una transizione mirata dai carburanti fossili a carburanti sintetici a base di idrogeno e ai motori elettrici nonché attraverso la riduzione delle emissioni grazie al miglioramento delle tecnologie di propulsione.

**Tabella 15:** Consumo di energia ed emissioni di CO2 2025

Territorio	Tirolo	Alto Adige	Trentino
consumo di combustibili fossili [milioni di l] % rispetto al 2019	970 77% von 1.260	806 77% von 1047	855 77% von 1.110
consumo di idrogeno [tonnellate]	5.373	4.148	4.817
emissioni di CO2 [milioni di tonnellate]	2,13 74% von 2,89	1,88 74% von 2,54	1,66 74% von 2,24
<b>consumo annuo di H2 nell'Euregio [tonnellate]</b>	<b>14.338</b>		
<b>consumo annuo di combustibili fossili nell'Euregio [milioni di l]</b>	<b>2.631</b>		
<b>attuali emissioni di CO2 nell'Euregio [milioni di tonnellate]</b>	<b>5,67</b>		

### 8.3.3. Scenario Euregio 2030

Anche lo scenario 2030 è stato elaborato sulla base degli studi contenuti del masterplan per l'Alto Adige di Mölglg (2019). La transizione mirata ai carburanti sintetici a base di idrogeno richiederebbe solo in Alto Adige circa 15.147 tonnellate di idrogeno all'anno. Si sono calcolate emissioni pari a 65 g/km per le autovetture, 750 g/km per gli autobus e 1.000 g/km per i mezzi pesanti.

**La direttiva "Clean Vehicle 2019/1161" prevede per i veicoli i seguenti obiettivi da realizzare nel periodo successivo al 2026:**

- » **veicoli commerciali leggeri (autovetture fino a 8 posti, autobus fino a 5 t e camion fino a 3,5 t): 38,5% di veicoli a emissioni ridotte**
- » **autobus superiori a 5 t (M3): 32,5% a zero emissioni e 32,5% a carburanti alternativi**
- » **automezzi pesanti / veicoli commerciali: 15% a zero emissioni o a carburanti alternativi**

Nell'Euregio il fabbisogno annuo sarebbe pari a **52.350 tonnellate** di idrogeno. Calcolando 33,3 kWh per 1 kg di H2 si ottengono 1.743.255.00 kWh. Per soddisfare questo fabbisogno di idrogeno nell'Euregio si dovrebbero produrre 204 tonnellate di H2 al giorno per 320 giorni (con una riserva pari a +25%) .

**Tabella 16:** Consumo di energia ed emissioni di CO2 2030

Territorio	Tirol	Alto Adige	Trentino
consumo di combustibili fossili [milioni di l] % rispetto al 2019	769 61% von 1.260	639 61% von 1047	677 61% von 1.110
consumo di idrogeno [tonnellate]	19.623	15.147	17.580
emissioni di CO2 [milioni di tonnellate]	1,65 57% von 2,89	1,45 57% von 2,54	1,28 57% von 2,24
<b>consumo annuo di H2 nell'Euregio [tonnellate]</b>	<b>52.350</b>		
<b>consumo annuo di combustibili fossili nell'Euregio [milioni di l]</b>	<b>2.085</b>		
<b>attuali emissioni di CO2 nell'Euregio [milioni di tonnellate]</b>	<b>4,38</b>		

In conclusione viene riportata per i 3 scenari (2019, 2025 e 2030) una sintesi dei principali parametri relativi alla conversione dei veicoli dai combustibili fossili all'idrogeno.

**Tabella 17:** Scenari relativi ai veicoli per gli anni 2019, 2025 e 2030

Territorio	Tirol	Alto Adige	Trentino
<b>consumo di combustibili fossili 2019</b>	1.260 [milioni di l]	1.047 [milioni di l]	1.110 [milioni di l]
<b>consumo di combustibili fossili 2025</b>	970 [milioni di l]	806 [milioni di l]	855 [milioni di l]
<b>consumo di combustibili fossili 2030</b>	769 [milioni di l]	639 [milioni di l]	677 [milioni di l]
<b>consumo di idrogeno 2025</b>	5.373 [t]	4.148 [t]	4.817 [t]
<b>consumo di idrogeno 2030</b>	19.623 [t]	15.147 [t]	17.580 [t]
<b>autovetture a batteria/ H2 2019</b>	0,36% / 0,01%		
<b>autovetture a batteria/ H2 2025</b>	6,5% / 0,2%		
<b>autovetture a batteria/ H2 2030</b>	13% / 1,3%		
<b>autobus a H2 2019</b>	0,5%		
<b>autobus a H2 2025</b>	24%		
<b>autobus a H2 2030</b>	62%		
<b>mezzi pesanti a H2 2025</b>	6%		
<b>mezzi pesanti a H2 2030</b>	14%		
<b>emissioni di CO2 2019</b>	2.89 [milioni di t]	2,54 [milioni di t]	2,24 [milioni di t]
<b>emissioni di CO2 2025</b>	2,13 [milioni di t]	1,88 [milioni di t]	1,66 [milioni di t]
<b>emissioni di CO2 2030</b>	1,65 [milioni di t]	1,45 [milioni di t]	1,28 [milioni di t]

In questo scenario nel 2030 le emissioni di CO2 nell'Euregio Tirolo – Alto Adige – Trentino calerebbero del **43% rispetto al 2019 passando da 7,67 a 4,38 milioni di tonnellate**. Il fabbisogno annuo di idrogeno ammonterebbe annualmente a 52.000 tonnellate.

## 8.4. Conclusione

L'Euregio Tirolo-Alto Adige-Trentino grazie alla propria produzione di energia idroelettrica soddisfa tutti i presupposti per attuare in maniera mirata una strategia per l'idrogeno. Dalle analisi di cui sopra e dalle idee contenute nei masterplan dei singoli territori e in particolare nell'approfondito studio relativo all'Alto Adige si può concludere che entro il 2030 all'interno dell'Euregio Tirolo – Alto Adige – Trentino sarebbero necessari investimenti per un totale di circa 5 miliardi di euro. L'importo tiene conto anche delle sovvenzioni e include i costi per le attività di formazione e ricerca nel settore dell'idrogeno in ambito euroregionale (circa 300 Mio EUR).

Secondo lo scenario calcolato per il 2030 nell'Euregio Tirolo – Alto Adige – Trentino servirebbero **annualmente oltre 50.000 tonnellate di idrogeno**. Parallelamente le **emissioni di CO2 si ridurrebbero di 3,3 milioni tonnellate** rispetto ai valori 2019.

È assolutamente indispensabile intraprendere passi concreti verso la realizzazione di singoli progetti. Si raccomanda di coordinare questi interventi all'interno dell'Euregio sostenendoli con fondi pubblici dei territori, degli Stati o dell'UE. Gli esempi internazionali mostrano chiaramente che gli investitori privati sono più efficienti nell'attuazione, ragion per cui anche questo settore andrebbe concretamente stimolato. Le istituzioni pubbliche dovrebbero creare i presupposti per la realizzazione, per le autorizzazioni e l'omologazione di sistemi e impianti di produzione, stoccaggio e rifornimento.

Particolare attenzione va riservata alla formazione, all'aggiornamento e alla ricerca in questo settore. Tali attività dovrebbero essere concordate e portate avanti molto concretamente anche all'interno dell'Euregio.

**Tabella 18:** Sintesi dei parametri rilevanti per il settore dell'idrogeno 2030

Territorio	Tirolo	Alto Adige	Trentino
consumo di idrogeno [tonnellate]	19.623	15.147	17.580
fabbisogno di elettricità [TWh]	1,39	1,08	1,25
potenza di elettrolisi installata [MW]	199	154	178
quantità di calore [GWh]	298	230	267
investimenti [Mio EUR]	1.768	1.365	1.584
consumo annuo di idrogeno nell'Euregio	52.000 [tonnellate]		
fabbisogno di elettricità – Euregio	4,4 [TWh]		
potenza di elettrolisi installata	530 [MW]		
quantità di calore	795 [GWh]		
investimenti nell'Euregio	4.700 [Mio. EUR]		



## Indice delle figure

<b>Figura 1:</b> Strategia per l'idrogeno per la neutralità climatica in Europa. Comunicato stampa dell'8 luglio 2020 (capitolo 1) <sup>1</sup> .....	<b>20</b>
<b>Figura 2:</b> Autonomia massima BEV e FCEV (modificato in base a [capitolo 2 <sup>17</sup> ]) .....	<b>32</b>
<b>Figura 3:</b> Analisi well to wheel (Fonte: [capitolo 3 <sup>1</sup> ]).....	<b>36</b>
<b>Figura 4:</b> Comparazione FCEV e BEV dal 2020 al 2030 (capitolo 3 <sup>2</sup> ).....	<b>38</b>
<b>Figura 5:</b> Comparazione FCEV, BEV e diesel dal 2020 al 2030 (capitolo 3 <sup>2</sup> ) .....	<b>39</b>
<b>Figura 6:</b> Procedimenti per la produzione di idrogeno e relative emissioni di CO2 (capitolo 4 <sup>1</sup> ) .....	<b>42</b>
<b>Figura 7:</b> Distributori di idrogeno in Europa: sfondo bianco - in esercizio, sfondo blu - in fase di realizzazione (dati aggiornati a metà maggio 2020) (capitolo 4 <sup>3</sup> ).....	<b>45</b>
<b>Figura 8:</b> Distributori di idrogeno nel mondo (dati aggiornati a metà maggio 2020) (capitolo 4 <sup>2</sup> ).....	<b>47</b>
<b>Figura 9:</b> Distributori di idrogeno previsti negli USA, (capitolo 4 <sup>2</sup> ) .....	<b>56</b>
<b>Figura 10:</b> Proposta di piano di attuazione all'interno dell'Euregio Tirolo-Alto Adige-Trentino.....	<b>64</b>
<b>Figura 11:</b> Treno a idrogeno Buxtehude - Cuxhaven, (capitolo 4 <sup>7</sup> ) .....	<b>68</b>
<b>Figura 12:</b> Tecnologie di stoccaggio dell'idrogeno (capitolo 4 <sup>9</sup> ).....	<b>72</b>
<b>Figura 13:</b> Densità di stoccaggio (kg/m <sup>3</sup> blu) e (massa % x10 arancione) (capitolo 4 <sup>9</sup> ).....	<b>75</b>
<b>Figura 14:</b> Costi di esercizio di diverse tecnologie di stoccaggio dell'idrogeno (capitolo 4 <sup>9</sup> ).....	<b>76</b>
<b>Figura 15:</b> Esempio di componenti tipiche di un distributore di idrogeno inclusa la produzione di idrogeno in loco conforme a ISO/TS 198801 (capitolo 4 <sup>11</sup> ).....	<b>78</b>
<b>Figura 16:</b> Esempio di struttura di un distributore di idrogeno conforme a ISO/TS 198801 (capitolo 4 <sup>11</sup> ).....	<b>79</b>
<b>Figura 17:</b> Schema progettuale (impianto di conversione energetica, WT Consulting, 04/2020).....	<b>80</b>
<b>Figura 18:</b> Schema progettuale (impianto di conversione energetica, WT Consulting, 04/2020).....	<b>82</b>
<b>Figura 19:</b> HyLYZER® unità per produzione di idrogeno in loco (capitolo 4 <sup>14</sup> ).....	<b>86</b>
<b>Figura 20:</b> ITM POWER HGASXMW (moduli 5 HGASXMW combinati come unità da 10MW) (capitolo 4 <sup>11</sup> ) .....	<b>87</b>
<b>Figura 21:</b> Siemens Silyzer 300 con rendimenti fino a 2000 kg H2/h .....	<b>88</b>
<b>Figura 22:</b> Compressore Linde IC 90 a) schema di funzionamento; b) compressore in serie ..	<b>91</b>
<b>Figura 23:</b> nel ASA H2Station® (capitolo 4 <sup>19</sup> ) .....	<b>92</b>
<b>Figura 24:</b> Serbatoi ad alta pressione Worthingtonindustries installati presso distributori di idrogeno (capitolo 4 <sup>21</sup> ).....	<b>95</b>
<b>Figura 25:</b> serbatoio di idrogeno nel ASA FS001 (capitolo 4 <sup>24</sup> ).....	<b>96</b>

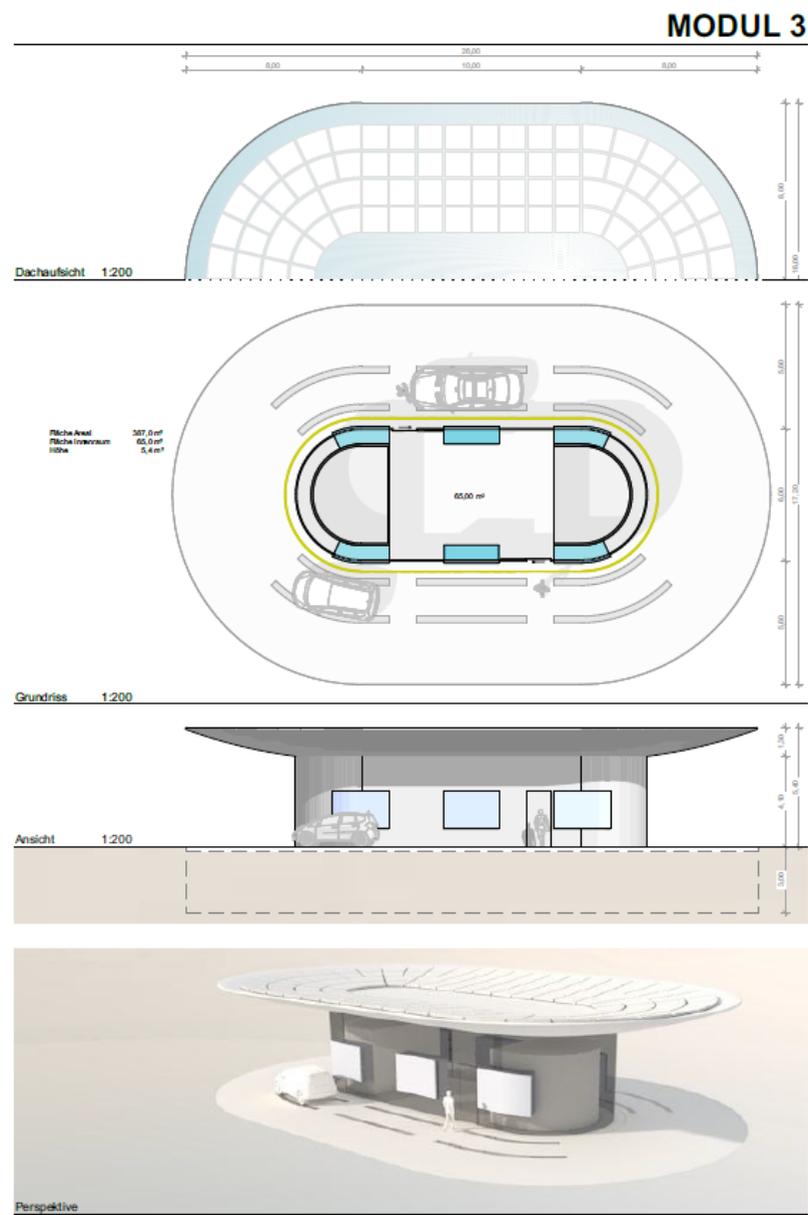
## Indice delle tabelle

<b>Figura 26:</b> Serbatoio di idrogeno in acciaio Linde.....	<b>97</b>
<b>Figura 27:</b> Serbatoio a idruri metallici di GKN powder metallurgy (capitolo 4 <sup>25</sup> ).....	<b>98</b>
<b>Figura 28:</b> distributore nel ASA per auto D001 (capitolo 4 <sup>26</sup> ).....	<b>100</b>
<b>Figura 29:</b> Distributore di idrogeno FTI (capitolo 4 <sup>27</sup> ).....	<b>100</b>
<b>Figura 30:</b> Distributore di idrogeno Bennett (capitolo 4 <sup>28</sup> ).....	<b>101</b>
<b>Figura 31:</b> Stazione di rifornimento di idrogeno Hydrogenics (capitolo 4 <sup>14</sup> ).....	<b>102</b>
<b>Figura 32:</b> Stazione di rifornimento mobile di idrogeno Wystrach (capitolo 4 <sup>29</sup> ).....	<b>102</b>
<b>Figura 33:</b> Soluzione compatta simple.fuel.™ per stazione di rifornimento di idrogeno (capitolo 4 <sup>31</sup> ).....	<b>103</b>
<b>Figura 34:</b> Profilo degli utenti delle stazioni di rifornimento di idrogeno (capitolo 4 <sup>31</sup> ).....	<b>104</b>
<b>Figura 35:</b> Soluzioni complete medie e grandi per stazioni di rifornimento di idrogeno del produttore McPhy (capitolo 4 <sup>32</sup> ).....	<b>105</b>
<b>Figura 36:</b> Linde light fuele.....	<b>106</b>
<b>Figura 37:</b> Euregio – distretto dell'idrogeno.....	<b>115</b>
<b>Figura 38:</b> Stato di attuazione 2020.....	<b>135</b>
<b>Figura 39:</b> Stato di attuazione 2025.....	<b>137</b>
<b>Figura 40:</b> Stato di attuazione 2030.....	<b>139</b>

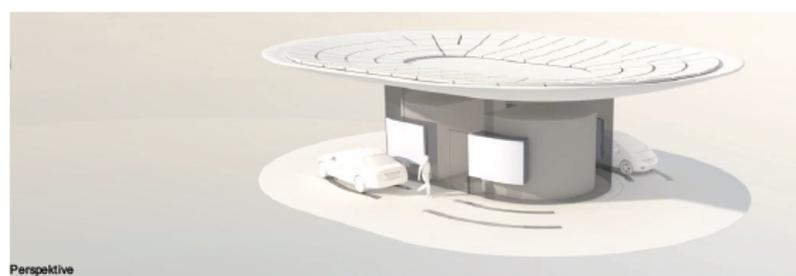
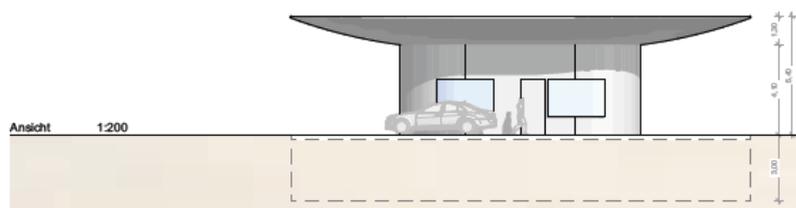
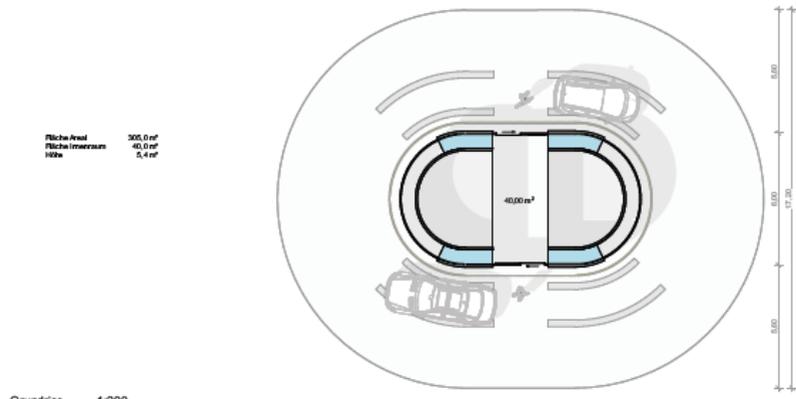
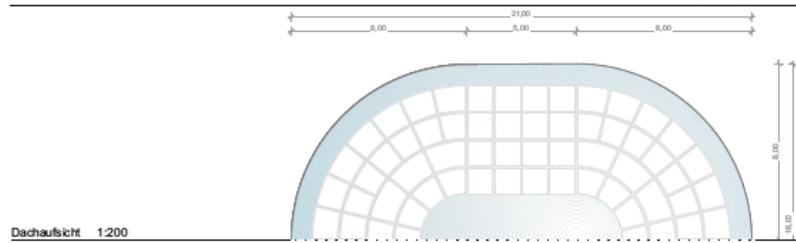
<b>Tabella 1:</b> Panoramica degli elettrolizzatori disponibili.....	<b>89</b>
<b>Tabella 2:</b> Specifiche tecniche Linde Ionic Compressor IC 90, tratte da (capitolo 4 <sup>17</sup> ).....	<b>90</b>
<b>Tabella 3:</b> Panoramica dei compressori disponibili.....	<b>94</b>
<b>Tabella 4:</b> Panoramica dei serbatoi disponibili.....	<b>99</b>
<b>Tabella 5:</b> Panoramica dei distributori e dispenser disponibili.....	<b>101</b>
<b>Tabella 6:</b> Panoramica dei pacchetti completi disponibili.....	<b>107</b>
<b>Tabella 7:</b> Veicoli (capitolo 4 <sup>33</sup> ).....	<b>109</b>
<b>Tabella 8:</b> Veicoli.....	<b>111</b>
<b>Tabella 9:</b> Veicoli disponibili sul mercato (capitolo 4 <sup>3</sup> ).....	<b>112</b>
<b>Tabella 10:</b> Veicoli sperimentali.....	<b>113</b>
<b>Tabella 11:</b> Panoramica degli interventi in settori specifici e relativi costi.....	<b>138</b>
<b>Tabella 12:</b> Consumo medio di energia ed emissioni medie 2020.....	<b>140</b>
<b>Tabella 13:</b> Abitanti e pernottamenti.....	<b>141</b>
<b>Tabella 14:</b> Traffico, consumo di energia ed emissioni di CO2 2020.....	<b>142</b>
<b>Tabella 15:</b> Consumo di energia ed emissioni di CO2 2025.....	<b>145</b>
<b>Tabella 16:</b> Consumo di energia ed emissioni di CO2 2030.....	<b>146</b>
<b>Tabella 17:</b> Istituzioni di ricerca europee operanti nel settore dell'idrogeno (capitolo 4 <sup>33</sup> ).....	<b>147</b>
<b>Tabella 18:</b> Progetti di ricerca europei nel settore dell'idrogeno (capitolo 5 <sup>1</sup> ).....	<b>148</b>



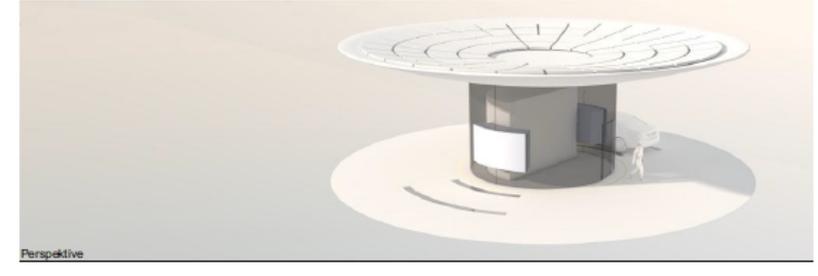
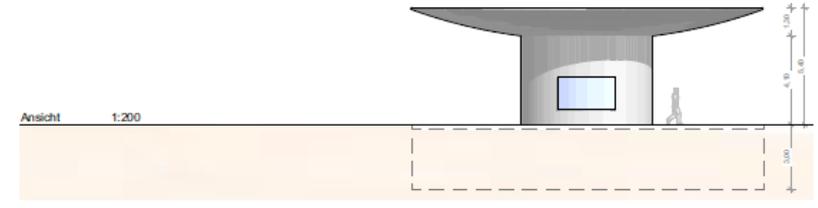
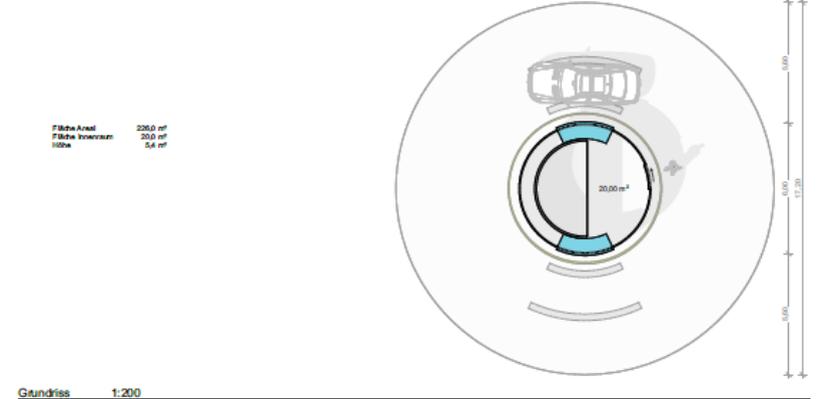
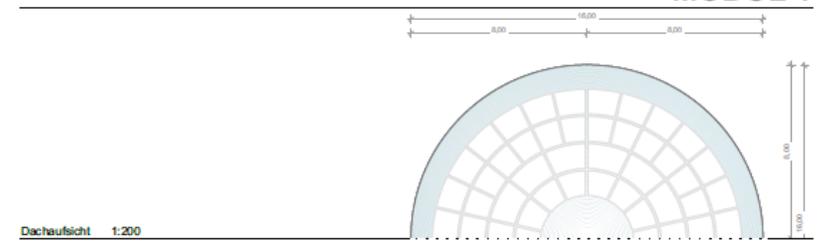
# Allegato 1: Stazioni energetiche multifunzione innovative



## MODUL 2



## MODUL 1





## Allegato 2: La ricerca sull'idrogeno negli USA

### Studi e progetti in materia di Hydrogen Fuel R&D:

#### » Hydrogen Fuel R&D Subprogram Overview

#### » Hydrogen Production Analysis

> Strategic Analysis, Inc.: Analysis of Advanced Hydrogen Production Pathways

#### » Electrolysis Production

- > Giner, Inc.: High-Temperature Alkaline Water Electrolysis
- > University of Connecticut: HydroGEN Seedling: Proton-Conducting Solid Oxide Electrolysis Cells for Large-Scale Hydrogen Production at Intermediate Temperatures
- > Northwestern University: HydroGEN Seedling: Degradation Characterization and Modeling of a New Solid Oxide Electrolysis Cell Utilizing Accelerated Life Testing
- > United Technologies Research Center: HydroGEN Seedling: Thin-Film, Metal-Supported, HighPerformance, and Durable Proton-Solid Oxide Electrolyzer Cell
- > Proton Energy Systems d/b/a Nel Hydrogen: HydroGEN Seedling: High-Efficiency Proton Exchange Membrane Water Electrolysis Enabled by Advanced Catalysts, Membranes, and Processes
- > Northeastern University: HydroGEN Seedling: Developing Novel Platinum-Group-Metal-Free Catalysts for Alkaline Hydrogen and Oxygen Evolution Reactions
- > Argonne National Laboratory: HydroGEN Seedling: Platinum-Group-Metal-Free Oxygen Evolution Reaction Catalysts for Proton Exchange Membrane Electrolyzers
- > Los Alamos National Laboratory: HydroGEN Seedling: High-Performance Ultralow-Cost NonPrecious-Metal Catalyst System for Anion Exchange Membrane Electrolyzer
- > Los Alamos National Laboratory: HydroGEN Seedling: Scalable Elastomeric Membranes for Alkaline Water Electrolysis
- > West Virginia University: HydroGEN Seedling: Intermediate Temperature Proton-Conducting Solid Oxide Electrolysis Cells with Improved Performance and Delivery
- > Saint-Gobain: HydroGEN Seedling: HydroGEN Seedling: Development of Durable Materials for Cost Effective Advanced Water Splitting Utilizing All Ceramic Solid Oxide Electrolyzer Stack Technology
- > FuelCell Energy, Inc.: Proton-Conducting Ceramic Electrolyzers for High-Temperature Water Splitting
- > National Renewable Energy Laboratory: Industrially Scalable Waste CO2 Reduction to Useful Chemicals and Fuels Outline FY 2019 Annual Progress Report iv DOE Hydrogen and Fuel Cells Program

### » Biological Production

- › Oregon State University: Novel Hybrid Microbial Electrochemical System for Efficient Hydrogen Generation from Biomass
- › National Renewable Energy Laboratory: BioHydrogen (BioH<sub>2</sub>) Consortium to Advance Fermentative Hydrogen Production

### » HydroGEN Consortium Overview

- › National Renewable Energy Laboratory: HydroGEN Overview: A Consortium on Advanced Water Splitting Materials
- › Proton Energy Systems d/b/a Nel Hydrogen: HydroGEN: Benchmarking Advanced Water Splitting Technologies: Best Practices in Materials Characterization

### » Photoelectrochemical Production

- › Rutgers University: HydroGEN Seedling: Best-in-Class Platinum-Group-Metal-Free Catalyst Integrated Tandem Junction Photoelectrochemical Water Splitting Devices
- › Stanford University: HydroGEN Seedling: Protective Catalyst Systems on III-V and Si-Based Semiconductors for Efficient, Durable Photoelectrochemical Water Splitting Devices
- › University of Hawaii: HydroGEN Seedling: Novel Chalcopyrites For Advanced Photoelectrochemical Water Splitting
- › University of Michigan: HydroGEN Seedling: Monolithically Integrated Thin-Film/Silicon Tandem Photoelectrodes for High-Efficiency and Stable Photoelectrochemical Water Splitting

### » High-Temperature Thermochemical

- › Colorado School of Mines: HydroGEN Seedling: Accelerated Discovery of Solar Thermochemical Hydrogen Production Materials via High-Throughput Computational and Experimental Methods
- › University of Colorado Boulder: HydroGEN Seedling: Computationally Accelerated Discovery and Experimental Demonstration of High-Performance Materials for Advanced Solar Thermochemical Hydrogen Production
- › Northwestern University: HydroGEN Seedling: Transformative Materials for High-Efficiency Thermochemical Production of Solar Fuels
- › Arizona State University: HydroGEN Seedling: Mixed Ionic Electronic Conducting Quaternary Perovskites: Materials by Design for Solar Thermochemical Hydrogen

### » Testing and Analysis – Storage

- › Argonne National Laboratory: System Analysis of Physical and Materials-Based Hydrogen Storage
- › Strategic Analysis, Inc.: Hydrogen Storage Cost Analysis

### » Systems Engineering – Storage

- › National Renewable Energy Laboratory: Hydrogen Storage System Modeling: Public Access, Maintenance, and Enhancements

### » Advanced Materials – Storage

- › Sandia National Laboratories and National Renewable Energy Laboratory: HyMARC: A Consortium for Advancing Hydrogen Storage Materials
- › Liox Power: HyMARC Seedling: Electrolyte-Assisted Hydrogen Storage Reactions Outline FY 2019 Annual Progress Report v DOE Hydrogen and Fuel Cells Program
- › University of Hawaii: HyMARC Seedling: Development of Magnesium Boride Etherates as Hydrogen Storage Materials
- › National Renewable Energy Laboratory: HyMARC Seedling: Atomic Layer Deposition Synthesis of Novel Nanostructured Metal Borohydrides
- › University of Michigan: HyMARC Seedling: Optimized Hydrogen Adsorbents via Machine Learning and Crystal Engineering

### » Advanced Tanks – Storage

- › University of Kentucky Center for Applied Energy Research: Precursor Processing Development for Low-Cost, High-Strength Carbon Fiber for Composite Overwrapped Pressure Vessel Applications
- › Pennsylvania State University: Developing a New Polyolefin Precursor for Low-Cost, High-Strength Carbon Fiber
- › Oak Ridge National Laboratory: Novel Plasticized Melt-Spinning Process of Polyacrylonitrile Fibers Based on Task-Specific Ionic Liquids
- › Pacific Northwest National Laboratory: Material Challenges for Cryogenic Hydrogen Storage Technologies

**In materia di ricerca e sviluppo relativamente alle celle a combustibile si menzionano i seguenti temi:**

### » Fuel Cell R&D Subprogram Overview

#### » Catalysts and Electrodes

- › Argonne National Laboratory: Tailored High-Performance Low-Platinum-Group-Metal Alloy Cathode Catalysts
- › Brookhaven National Laboratory: Platinum Monolayer Electrocatalysts
- › 3M Company: Highly Active, Durable, and Ultra-Low-Platinum-Group-Metal Nanostructured Thin Film Oxygen Reduction Reaction Catalysts and Supports
- › General Motors: Highly Accessible Catalysts for Durable High-Power Performance

- > Washington University in St. Louis: Corrosion-Resistant Non-Carbon Electrocatalyst Supports for Proton Exchange Fuel Cells
- > Los Alamos National Laboratory: Advanced Electrocatalysts Through Crystallographic Enhancement
- > Ford Motor Company: Vapor Deposition Process for Engineering of Dispersed Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell Oxygen Reduction Reaction Pt/NbOx/C Catalysts
- > pH Matter LLC: FY18 SBIR Phase II Release 1: Multi-Functional Catalyst Support
- > Northeastern University: Developing Platinum-Group-Metal-Free Catalysts for Oxygen Reduction Reaction in Acid: Beyond the Single Metal Site
- > Indiana University Purdue University Indianapolis: Mesoporous Carbon-Based Platinum-Group-Metal-Free Catalyst Membrane Electrode Assemblies
- > Vanderbilt University: Fuel Cell Membrane Electrode Assemblies with Platinum-Group-Metal-Free Nanofiber Cathodes Outline FY 2019 Annual Progress Report vi DOE Hydrogen and Fuel Cells Program
- > Pajarito Powder: Active and Durable Platinum-Group-Metal-Free Cathodic Electrocatalysts for Fuel Cell Application
- > United Technologies Research Center: High-Performance Non-Platinum-Group-Metal Transition Metal Oxide Oxygen Reduction Reaction Catalysts of Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells
- > Los Alamos National Laboratory: Lab Call FY19: Accessible Platinum-Group-Metal-Free Catalysts and Electrodes: ElectroCat
- > Argonne National Laboratory: Lab Call FY19: Polymer Electrolyte Fuel Cell Electrode Structures with Encased Catalysts to Eliminate Ionomer Adsorption on Catalytic Sites

#### » ElectroCat Consortium

- > Los Alamos National Laboratory and Argonne National Laboratory: ElectroCat (Electrocatalysis Consortium)
- > Giner, Inc.: ElectroCat: Durable Mn-Based Platinum-Group-Metal-Free Catalysts for Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells
- > Carnegie Mellon University: ElectroCat: Advanced Platinum-Group-Metal-Free Cathode Engineering for High Power Density and Durability
- > Pacific Northwest National Laboratory: ElectroCat: Highly Active and Durable Platinum-Group-Metal-Free Oxygen Reduction Reaction Electrocatalysts Through the Synergy of Active Sites
- > Greenway Energy, LLC: ElectroCat: Platinum-Group-Metal-Free Engineered Framework NanoStructure Catalyst

#### » Membranes/Electrolytes

- > Los Alamos National Laboratory: Advanced Materials for Fully Integrated Membrane Electrode Assemblies in Anion Exchange Membrane Fuel Cells

- > National Renewable Energy Laboratory: Advanced Ionomers and Membrane Electrode Assemblies for Alkaline Membrane Fuel Cells
- > Argonne National Laboratory: Highly Efficient and Durable Cathode Catalyst with Ultralow Platinum Loading through Synergetic Platinum/Platinum-Group-Metal-Free Catalytic Interaction
- > NanoSonic, Inc.: FY17 SBIR II Release 1: Novel Hydrocarbon Ionomers for Durable Polymer Electrolyte Membranes
- > National Renewable Energy Laboratory: Lab Call FY18 (Membrane): Spirocyclic Anion Exchange Membranes for Improved Performance and Durability
- > Lawrence Berkeley National Laboratory: Lab Call FY18 (Membrane): Stable Alkaline Membrane Based on Proazaphosphatranes Organic Super Base
- > Los Alamos National Laboratory: Lab Call FY18 (Membrane): High Performing and Durable Pyrophosphate-Based Composite Membranes for Intermediate-Temperature Fuel Cells
- > National Renewable Energy Laboratory and Los Alamos National Laboratory: Membrane Working Group Outline FY 2019 Annual Progress Report vii DOE Hydrogen and Fuel Cells Program
- > Rensselaer Polytechnic Institute: Cyclic Olefin Copolymer-Based Alkaline Exchange Polymers and Reinforced Membranes
- > Pennsylvania State University: Advanced Anion Exchange Membranes with Tunable Water Transport for Platinum-Group-Metal-Free Anion Exchange Membrane Fuel Cells
- > Drexel University: Polymerized Ionic Liquid Block Copolymer/Ionic Liquid Composite Ionomers for High Current Density Performance
- > Vanderbilt University: Composite Polymer Electrolyte Membranes from Electrospun Crosslinkable Poly(Phenylene Sulfonic Acid)s
- > Xergy Inc.: Novel Non-Perfluorosulfonic Acid Proton Exchange Membrane for Fuel Cell Application
- > Lawrence Livermore National Laboratory: Molten Hydroxide Dual-Phase Membranes for Intermediate Temperature Anion Exchange Membrane Fuel Cells
- > Sandia National Laboratories: Lab Call FY19: Electrode Ionomers for High Temperature Fuel Cells

#### » Fuel Cell Performance and Durability

- > Los Alamos National Laboratory: FC-PAD: Fuel Cell Performance and Durability Consortium
- > 3M Company: Novel Ionomers and Electrode Structures for Improved Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell Electrode Performance at Low Platinum-Group-Metal Loadings
- > General Motors: Durable High-Power Membrane Electrode Assemblies with Low Platinum Loading

- › United Technologies Research Center: High-Performance Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell Electrode Structures
- › Vanderbilt University: Fuel Cell Membrane Electrode Assemblies with Ultra-Low-Platinum Nanofiber Electrodes

#### » MEAs, Cells, and Other Stack Components

- › TreadStone Technologies, Inc.: Novel Structured Metal Bipolar Plates for Low-Cost Manufacturing
- › Giner, Inc.: FY18 SBIR IIB: Ionomer Dispersion Impact on Advanced Fuel Cell and Electrolyzer Performance and Durability
- › Advent Technologies, Inc.: Facilitated Direct Liquid Fuel Cells with High-Temperature Membrane Electrode Assemblies
- › Los Alamos National Laboratory: Lab Call FY18 (Reversible Fuel Cell): Microstructured Electrodes and Diffusion Layers for Enhanced Transport in Reversible Fuel Cells
- › National Renewable Energy Laboratory: Lab Call FY18 (Reversible Fuel Cell): Bipolar Membrane Development to Enable Regenerative Fuel Cells
- › Lawrence Berkeley National Laboratory: Lab Call FY18 (Reversible Fuel Cell): TechnologyEnabling Materials, Cell Design for Reversible Proton Exchange Membrane Fuel Cells Outline FY 2019 Annual Progress Report viii DOE Hydrogen and Fuel Cells Program
- › Lawrence Berkeley National Laboratory: Novel Bifunctional Electrocatalysts, Supports, and Membranes for High Performing and Durable Unitized Regenerative Fuel Cells
- › Northwestern University: Efficient Reversible Operation and Stability of Novel Solid Oxide Cells
- › Giner, Inc.: High-Efficiency Reversible Alkaline Membrane Fuel Cells
- › Georgia Institute of Technology: Durable, High-Performance Unitized Reversible Fuel Cells Based on Proton Conductors
- › University of Kansas: Stationary Direct Methanol Fuel Cells Using Pure Methanol
- › Los Alamos National Laboratory: Lab Call FY19: Low-Cost Gas Diffusion Layer Materials and Treatments for Durable High-Performance Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells
- › Pacific Northwest National Laboratory: Lab Call FY19: Solid Phase Processing for Reduced Cost and Improved Efficiency of Bipolar Plates

#### » Testing and Technical Assessment

- › Argonne National Laboratory: Performance and Durability of Advanced Automotive Fuel Cell Stacks and Systems with State-of-the-Art d-PtCo/C Cathode Catalyst in Membrane Electrode Assemblies
- › Strategic Analysis, Inc.: Fuel Cell Systems Analysis

## In materia di Infrastructure and systems R&D si menzionano i seguenti temi:

### » Infrastructure and Systems R&D Overview

#### » Hydrogen Infrastructure R&D

- › Sandia National Laboratories: H-Mat Overview: Steels
- › Southwest Research Institute: Hydrogen Compression Application of the Linear Motor Reciprocating Compressor
- › Pacific Northwest National Laboratory: Magnetocaloric Hydrogen Liquefaction
- › Giner ELX, Inc.: Electrochemical Compression
- › Sandia National Laboratories: Metal Hydride Compression
- › National Renewable Energy Laboratory: Dispenser Reliability
- › Ivys Energy Solutions: Advancing Hydrogen Dispenser Technology by Using Innovative Intelligent Networks
- › NanoSonic, Inc.: Cryogenically Flexible, Low-Permeability Hydrogen Delivery Hose
- › GVD Corporation: Coatings for Compressor Seals
- › General Engineering & Research, LLC: Low-Cost Magnetocaloric Materials Discovery

#### » Technology Acceleration

- › National Renewable Energy Laboratory: Membrane Electrode Assembly Manufacturing R&D
- › Mainstream Engineering: In-Line Quality Control of Polymer Electrolyte Membrane Materials
- › National Renewable Energy Laboratory: Material-Process-Performance Relationships in Polymer Electrolyte Membrane Catalyst Inks and Coated Layers Outline FY 2019 Annual Progress Report ix DOE Hydrogen and Fuel Cells Program
- › Sandia National Laboratories: Maritime Fuel Cell Generator Project
- › National Renewable Energy Laboratory: Fuel Cell Bus Evaluations
- › National Renewable Energy Laboratory: Hydrogen Station Data Collection and Analysis
- › Idaho National Laboratory: Dynamic Modeling and Validation of Electrolyzers in Real-Time Grid Simulation
- › Center for Transportation and the Environment: Fuel Cell Hybrid Electric Delivery Van
- › Electricore, Inc.: Innovative Advanced Hydrogen Mobile Fueler
- › Idaho National Laboratory: High-Temperature Electrolysis Test Stand
- › FuelCell Energy, Inc.: Modular Solid Oxide Electrolysis Cell System for Efficient Hydrogen Production at High Current Density
- › National Renewable Energy Laboratory: Optimal Stationary Fuel Cell Integration and Control (Energy Dispatch Controller)
- › Lawrence Berkeley National Laboratory: Integrated Systems Modeling of the Interactions between Stationary Hydrogen, Vehicles, and Grid Resources





## Allegato 3: La ricerca sull'idrogeno in Europa

Le istituzioni di ricerca operanti nel settore dell'idrogeno sono riepilogate di seguito. I progetti sono riassunti nella Tabella 18.<sup>2</sup>

**Tabella 17:** Istituzioni di ricerca europee operanti nel settore dell'idrogeno<sup>1</sup>

Aalto University (former TKK - Helsinki University of Technology)	<b>Finland</b>
AAU - Aalborg University	<b>Denmark</b>
AIT Austrian Institution of Technology	<b>Austria</b>
Aragon Hydrogen Foundation - Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón	<b>Spain</b>
BAS - Bulgarian Academy of Science	<b>Bulgaria</b>
BERA - Belgian Energy Research Alliance (former WaRE)	<b>Belgium</b>
CEA - Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives	<b>France</b>
CERTH (National Centre for Research and Technology Hellas) with CPERI	<b>Greece</b>
CIEMAT - Centro De Investigaciones Energeticas, Medioambientales y Tecnologicas	<b>Spain</b>
CNH2 - Centro Nacional del Hidrógeno	<b>Spain</b>
CNR - Consiglio Nazionale delle Ricerche	<b>Italy</b>
CNRS - Centre National de la Recherche Scientifique	<b>France</b>
Danish Technological Institute	<b>Denmark</b>
DLR - German Aerospace Center	<b>Germany</b>
DLR Institute of Networked Energy Systems	<b>Germany</b>
DTU - Danmarks Tekniske Universitet	<b>Denmark</b>
DVGW - German Technical and Scientific Association for Gas and Water	<b>Germany</b>
EIFER - Europäisches Institut für Energieforschung	<b>Germany</b>

<sup>1</sup> <https://www.fuelcellbuses.eu/category/concepts-0>.

EMPA	<b>Switzerland</b>
ENEA - Agenzia per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo sviluppo economico sostenibile	<b>Italy</b>
EPFL - Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne	<b>Switzerland</b>
FBK - Fondazione Bruno Kessler	<b>Italy</b>
FORTH/ICEHT - Foundation for Research and Technology - Hellas/ Institute of Chemical Engineering Sciences	<b>Greece</b>
Fraunhofer	<b>Germany</b>
GERG - European Gas Research Group	<b>Belgium</b>
HyCentA - Hydrogen Center Austria	<b>Austria</b>
HZG - Helmholtz-Zentrum Geesthacht Centre for Materials and Coastal Research GmbH	<b>Germany</b>
ICIT - Institutul National de Cercetare-Dezvoltare pentru Tehnologii Criogenice si Izotopice - ICSI Rm.Valcea	<b>Romania</b>
IEN - Instytut Energetyki	<b>Poland</b>
IFCC - Israel Fuel Cells Consortium	<b>Outside of Europe</b>
IFE - Institute for Energy Technology	<b>Norway</b>
IMDEA Energia	<b>Spain</b>
INTA - Instituto nacional de Técnica Aeroespacial	<b>Spain</b>
IREC - Institut de Recerca en Energia de Catalunya	<b>Spain</b>
IRESN	<b>Outside of Europe</b>
JÜLICH - Forschungszentrum Jülich GmbH	<b>Germany</b>
KIT - Karlsruher Institut für Technologie	<b>Germany</b>
KTH - Royal Institute of Technology	<b>Sweden</b>
Marin	<b>Netherlands</b>
MINES ParisTech/ARMINES PERSEE	<b>France</b>
National University of Ireland Galway - NUIG	<b>Ireland</b>
NCSR Demokritos - INRASTES	<b>Greece</b>
NPL - National Physical Laboratory	<b>United Kingdom</b>
NTNU - Norwegian University of Science and Technology	<b>Norway</b>
Parthenope University of Naples	<b>Italy</b>
Polimi - Politecnico Milano	<b>Italy</b>

Polito - Politecnico di Torino	<b>Italy</b>
PSI - Paul Scherrer Institut	<b>Switzerland</b>
RCNS - Research Center for Natural Sciences, Hungarian Academy of Sciences	<b>Hungary</b>
RISE Research Institutes of Sweden	<b>Sweden</b>
Sabanci University	<b>Turkey</b>
SINTEF AS	<b>Norway</b>
SINTEF Energy	<b>Norway</b>
TECNALIA	<b>Spain</b>
Tekniker	<b>Spain</b>
TNO	<b>Netherlands</b>
TUBITAK - THE SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH COUNCIL OF TURKEY	<b>Turkey</b>
UBFC - Université Bourgogne Franche-Comté	<b>France</b>
UCL - University of London	<b>United Kingdom</b>
UCT Prague (University of Chemistry and Technology, Prague)	<b>Czech Republic</b>
UKERC - UK Energy Research Centre	<b>United Kingdom</b>
UL - University of Lorraine	<b>France</b>
Ulster University	<b>United Kingdom</b>
UniPi - University of Pisa	<b>Italy</b>
UNITUS - University of Tuscia, Italy	<b>Italy</b>
Université de Nantes	<b>France</b>
University of Alicante	<b>Spain</b>
University of Antwerp - UAntwerpen	<b>Belgium</b>
University of Birmingham	<b>United Kingdom</b>
University of Genoa	<b>Italy</b>
University of Modena and Reggio Emilia (UNIMORE)	<b>Italy</b>
University of Perugia	<b>Italy</b>
University of Salerno	<b>Italy</b>
University of Tartu	<b>Estonia</b>
University of the Basque Country - Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente	<b>Spain</b>
University of Turin	<b>Italy</b>

VTT - Technical Research Centre of Finland	<b>Finland</b>
WHS - University of Applied Sciences Gelsenkirchen Bocholt Recklinghausen	<b>Germany</b>
ZBT - The Hydrogen and Fuel Cell Center	<b>Germany</b>
<b>ZSW - Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung Baden-Württemberg</b>	<b>Germany</b>

**Tabella 18:** Progetti di ricerca europei nel settore dell'idrogeno<sup>2</sup>

3EMOTION - Sub project 1	<b>Belgium</b>
AD ASTRA	<b>Our events</b>
ADEL - Sub project 1	<b>Switzerland</b>
ALKAMMONIA - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>
ARTEMIS - Sub project 1	<b>France</b>
ARTIPHYCTION - Sub project 1	<b>Italy</b>
ASSENT - Sub project 1	<b>Finland</b>
Asterix3 - Sub project 1	<b>Denmark</b>
AUTO-STACK - Sub project 1	<b>Germany</b>
AUTO-STACK CORE - Sub project 1	<b>Germany</b>
AutoRE - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>
BeingEnergy - Sub project 1	<b>Portugal</b>
BIG HIT - Sub project 1	<b>Spain</b>
BIONICO - Sub project 1	<b>Italy</b>
BIOROBUR - Sub project 1	<b>Italy</b>
BIOROBURplus - Sub project 1	<b>Italy</b>
BOR4STORE - Sub project 1	<b>Germany</b>
C3SOFC - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>
CATAPULT - Sub project 1	<b>France</b>
CATHCAT - Sub project 1	<b>Germany</b>
CATION - Sub project 1	<b>Finland</b>

<sup>2</sup> <https://hydrogeneurope.eu/directory/Research>.

Cell3Ditor - Sub project 1	<b>Spain</b>
CERTIFHY - Sub project 1	<b>Belgium</b>
CH2P - Sub project 1	<b>Italy</b>
CHIC - Sub project 1	<b>Germany</b>
CISTEM - Sub project 1	<b>Germany</b>
CLEARgen DEMO - Sub project 1	<b>Denmark</b>
COBRA - Sub project 1	<b>France</b>
CoMETHy - Sub project 1	<b>Italy</b>
COMPASS - Sub project 1	<b>Austria</b>
ComSos - Sub project 1	<b>Our events</b>
COPERNIC - Sub project 1	<b>France</b>
COSMHYC - Sub project 1	<b>Germany</b>
COSMHYC XL	<b>Our events</b>
CRESCENDO - Sub project 1	<b>Our events</b>
D-CODE - Sub project 1	<b>Italy</b>
D2Service - Sub project 1	<b>Germany</b>
DeliverHy - Sub project 1	<b>Germany</b>
DEMCOPEM-2MW - Sub project 1	<b>Netherlands</b>
DEMMEA - Sub project 1	<b>Greece</b>
Demo4Grid - Sub project 1	<b>Greece</b>
DEMOSOFC - Sub project 1	<b>Italy</b>
DEMSTACK - Sub project 1	<b>Greece</b>
DeSIgn - Sub project 1	<b>France</b>
DESTA - Sub project 1	<b>Austria</b>
DIAMOND - Sub project 1	<b>Netherlands</b>
DIGIMAN - Sub project 1	<b>France</b>
DOLPHIN	<b>Our events</b>
Don Quichote - Sub project 1	<b>Belgium</b>
DURAMET - Sub project 1	<b>Italy</b>
ECo - Sub project 1	<b>Denmark</b>
EDEN - Sub project 1	<b>Italy</b>
ELECTRA - Sub project 1	<b>Norway</b>
ELECTROHYPEM - Sub project 1	<b>Italy</b>

ELECTROU	<b>Our events</b>
ELY4OFF - Sub project 1	<b>Spain</b>
ELYGRID - Sub project 1	<b>Spain</b>
ELYntegration - Sub project 1	<b>Spain</b>
ENDURANCE - Sub project 1	<b>Italy</b>
ene.field - Sub project 1	<b>Belgium</b>
EURECA - Sub project 1	<b>Germany</b>
EVERYWH2ERE - Sub project 1	<b>Our events</b>
EVOLVE - Sub project 1	<b>Germany</b>
FC-EuroGrid - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>
FCGEN - Sub project 1	<b>Slovenia</b>
FCHgo	<b>Our events</b>
FCpoweredRBS - Sub project 1	<b>Italy</b>
FERRET - Sub project 1	<b>Netherlands</b>
FIRECOMP - Sub project 1	<b>France</b>
Fit-4-AMandA - Sub project 1	<b>Netherlands</b>
FITUP - Sub project 1	<b>Italy</b>
FLAGSHIPS	<b>Our events</b>
FLHYSAFE - Sub project 1	<b>Our events</b>
FLUIDCELL - Sub project 1	<b>Spain</b>
FluMaBack - Sub project 1	<b>Italy</b>
GAIA	<b>Our events</b>
GAMER - Sub project 1	<b>Our events</b>
GENIUS - Sub project 1	<b>Germany</b>
Giantleap - Sub project 1	<b>Norway</b>
GRASSHOPPER - Sub project 1	<b>Our events</b>
GrInHy - Sub project 1	<b>Germany</b>
GrInHy2.0	<b>Our events</b>
H2FC-LCA - Sub project 1	<b>Italy</b>
H2Future - Sub project 1	<b>Austria</b>
H2ME - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>
H2ME 2 - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>
H2moves Scandinavia - Sub project 1	<b>Germany</b>

H2Ports	<b>Our events</b>
H2REF - Sub project 1	<b>France</b>
H2SENSE - Sub project 1	<b>Germany</b>
H2TRUST - Sub project 1	<b>Spain</b>
Haeolus - Sub project 1	<b>Our events</b>
HAWL - Sub project 1	<b>France</b>
HEALTH-CODE - Sub project 1	<b>Italy</b>
HEATSTACK - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>
HEAVEN	<b>Our events</b>
HELMETH - Sub project 1	<b>Germany</b>
High V.LO-City - Sub project 1	<b>Belgium</b>
HPEM2GAS - Sub project 1	<b>Italy</b>
Hy2Seps-2 - Sub project 1	<b>Greece</b>
HY4ALL - Sub project 1	<b>France</b>
HYAC - Sub project 1	<b>Denmark</b>
HYACINTH - Sub project 1	<b>Spain</b>
HyBalance - Hobro	<b>France</b>
HyCARE	<b>Our events</b>
HYCARUS - Sub project 1	<b>France</b>
HyCOMP - Sub project 1	<b>France</b>
HYCORA - Sub project 1	<b>Finland</b>
HYDRAITE - Sub project 1	<b>Our events</b>
HYDROSOL-3D - Sub project 1	<b>Greece</b>
HYDROSOL-beyond	<b>Our events</b>
HYDROSOL-PLANT - Sub project 1	<b>Greece</b>
HyFacts - Sub project 1	<b>Germany</b>
HYFIVE - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>
HyGrid - Sub project 1	<b>Netherlands</b>
HYGUIDE - Sub project 1	<b>Germany</b>
HyIndoor - Sub project 1	<b>France</b>
HyLAW - Sub project 1	<b>Belgium</b>
HyLIFT-DEMO - Sub project 1	<b>Germany</b>
HyLIFT-EUROPE - Sub project 1	<b>Germany</b>

HYPACTOR - Sub project 1	<b>France</b>
HYPHER - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>
Hyprofessionals - Sub project 1	<b>Spain</b>
HyQ - Sub project 1	<b>France</b>
HYRESPONSE - Sub project 1	<b>France</b>
HySEA - Sub project 1	<b>Norway</b>
HySTOC - Sub project 1	<b>Our events</b>
HyTEC - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>
HYTECHCYCLING - Sub project 1	<b>Spain</b>
HyTIME - Sub project 1	<b>Netherlands</b>
HYTRANSFER - Sub project 1	<b>Germany</b>
HyTransit - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>
HyTunnel-CS	<b>Our events</b>
HyUnder - Sub project 1	<b>Spain</b>
ID-FAST - Sub project 1	<b>Our events</b>
IDEALHY - Sub project 1	<b>Netherlands</b>
IMMEDIATE - Sub project 1	<b>Denmark</b>
IMPACT - Sub project 1	<b>Germany</b>
IMPALA - Sub project 1	<b>France</b>
INLINE - Sub project 1	<b>Austria</b>
INN-BALANCE - Sub project 1	<b>Spain</b>
INNO-SOFC - Sub project 1	<b>Finland</b>
INSIDE - Sub project 1	<b>Germany</b>
INSIGHT - Sub project 1	<b>France</b>
INSPIRE - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>
IRAFC - Sub project 1	<b>Greece</b>
IRMFC - Sub project 1	<b>Greece</b>
ISH2SUP - Sub project 1	<b>Finland</b>
JIVE - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>
JIVE 2 - Sub project 1	<b>Our events</b>
KEEPEMALIVE - Sub project 1	<b>Norway</b>
KNOWHY - Sub project 1	<b>Netherlands</b>
LASER-CELL - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>

LiquidPower - Sub project 1	<b>Denmark</b>
LOLIPEM - Sub project 1	<b>Italy</b>
LOTUS - Sub project 1	<b>Netherlands</b>
LOWCOST-IC	<b>Our events</b>
MAESTRO - Sub project 1	<b>France</b>
MAMA-MEA - Sub project 1	<b>Our events</b>
MARANDA - Sub project 1	<b>Finland</b>
MATHRYCE - Sub project 1	<b>France</b>
MATISSE - Sub project 1	<b>France</b>
MCFC-CONTEX - Sub project 1	<b>Italy</b>
MEGASTACK - Sub project 1	<b>Norway</b>
MEMPHYS - Sub project 1	<b>Germany</b>
METPROCELL - Sub project 1	<b>Spain</b>
METSAPP - Sub project 1	<b>Denmark</b>
MMLRC=SOFC - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>
MOBYPOST - Sub project 1	<b>France</b>
MON PROJET	
NANO-CAT - Sub project 1	<b>France</b>
NELLHI - Sub project 1	<b>Italy</b>
NEMESIS2+ - Sub project 1	<b>Germany</b>
NEPTUNE	<b>Our events</b>
NET-Tools - Sub project 1	<b>Germany</b>
NewBusFuel - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>
NEXPEL - Sub project 1	<b>Norway</b>
NextHyLights - Sub project 1	<b>Germany</b>
NH34PWR - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>
NOVEL - Sub project 1	<b>Norway</b>
ONSITE - Sub project 1	<b>Italy</b>
OxiGEN - Sub project 1	<b>Our events</b>
PACE - Sub project 1	<b>Belgium</b>
PECDEMO - Sub project 1	<b>Germany</b>
PECSYS - Sub project 1	<b>Germany</b>
PEGASUS	<b>Our events</b>

PEMBeyond - Sub project 1	<b>Finland</b>
PEMICAN - Sub project 1	<b>France</b>
Phaedrus - Sub project 1	<b>Netherlands</b>
POWER-UP - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>
PREMIUM ACT - Sub project 1	<b>France</b>
Prepar-H2 - Sub project 1	<b>Iceland</b>
PRESLHY - Sub project 1	<b>Our events</b>
PRETZEL - Sub project 1	<b>Our events</b>
PrimoLyzer - Sub project 1	<b>Denmark</b>
PROSOFC - Sub project 1	<b>Austria</b>
PUMA MIND - Sub project 1	<b>France</b>
PURE - Sub project 1	<b>Netherlands</b>
qSOFC - Sub project 1	<b>Finland</b>
QualyGridS - Sub project 1	<b>Germany</b>
RAMSES - Sub project 1	<b>France</b>
REFHYNE - Sub project 1	<b>Our events</b>
REFLEX - Sub project 1	<b>Our events</b>
ReforCELL - Sub project 1	<b>Spain</b>
REMOTE - Sub project 1	<b>Our events</b>
RESelyser - Sub project 1	<b>Germany</b>
REVIVE - Sub project 1	<b>Our events</b>
ROBANODE - Sub project 1	<b>Greece</b>
RoRePower	<b>Our events</b>
SAFARI - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>
SAPIENS - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>
SAPPHIRE - Sub project 1	<b>Norway</b>
SCoReD 2:0 - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>
SCOTAS-SOFC - Sub project 1	<b>Denmark</b>
SECOND ACT - Sub project 1	<b>France</b>
SElySOs - Sub project 1	<b>Greece</b>
SHEL - Sub project 1	<b>Spain</b>
SMARTCAT - Sub project 1	<b>France</b>
SOCTESQA - Sub project 1	<b>Germany</b>

SOFC-Life - Sub project 1	<b>Germany</b>
SOFCOM - Sub project 1	<b>Italy</b>
SOFT-PACT - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>
SOL2HY2 - Sub project 1	<b>Italy</b>
SOPHIA - Sub project 1	<b>Netherlands</b>
SOSLeM - Sub project 1	<b>Italy</b>
SSH2S - Sub project 1	<b>Italy</b>
StackTest - Sub project 1	<b>Germany</b>
STAGE-SOFC - Sub project 1	<b>Finland</b>
STAMPEM - Sub project 1	<b>Norway</b>
STAYERS - Sub project 1	<b>Netherlands</b>
SUAV - Sub project 1	<b>Netherlands</b>
SUSANA - Sub project 1	<b>Germany</b>
SWARM - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>
T-CELL - Sub project 1	<b>Greece</b>
TAHYA - Sub project 1	<b>Our events</b>
TeachHy - Sub project 1	<b>Our events</b>
Temonas - Sub project 1	<b>Austria</b>
THOR	<b>Our events</b>
TOWERPOWER - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>
TrainHy-Prof - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>
TriSOFC - Sub project 1	<b>United Kingdom</b>
UNifHY - Sub project 1	<b>Italy</b>
VOLUMETRIQ - Sub project 1	<b>France</b>
WASTE2GRIDS	<b>Our events</b>
WASTE2WATTS	<b>Our events</b>
WindGas Falkenhagen - Power-to-Gas phase I (direct injection)	<b>Germany</b>
ZEFER - Sub project 1	<b>Our events</b>

