

UNA STRATEGIA INDUSTRIALE PER L'IDROGENO VERDE

Roma, 5 Ottobre 2020,
Senato della Repubblica

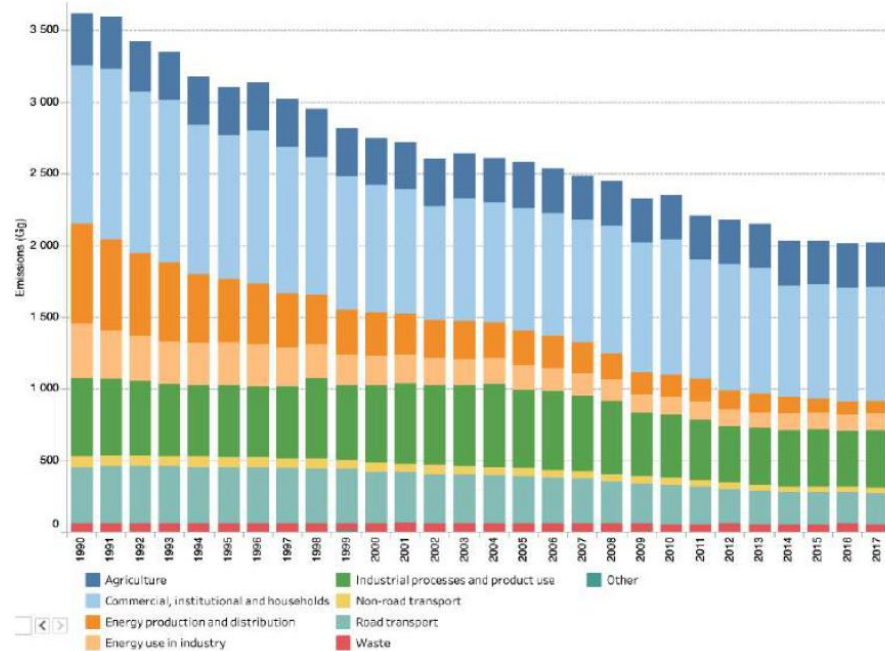
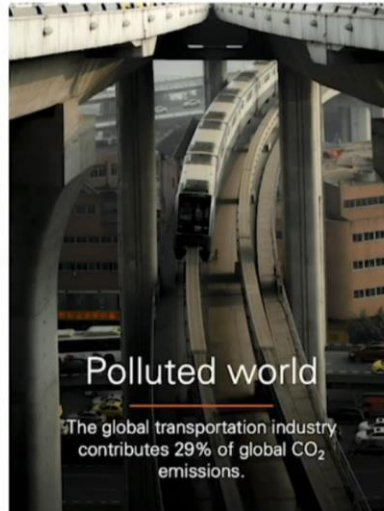
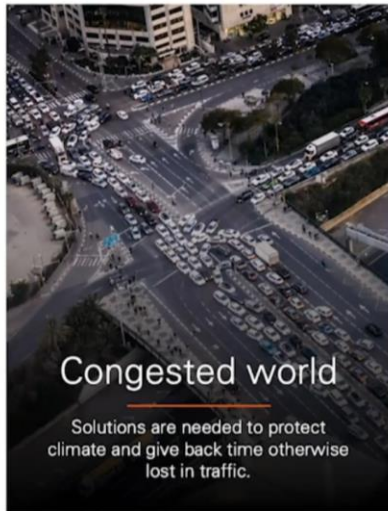
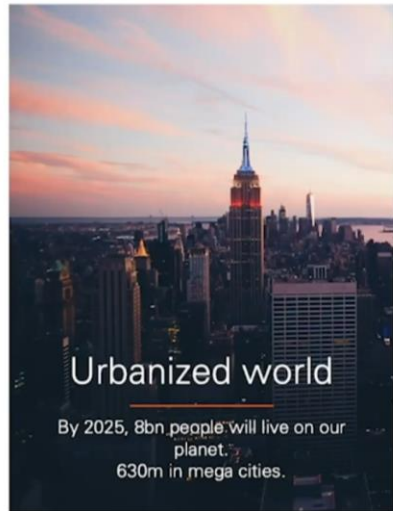
PROSPETTIVE GLOBALI DELL'IDROGENO VERDE

Aristide Fausto Massardo

AIMSEA – Associazione Italiana Macchine e Sistemi per l'Energia e l'Ambiente

UNESCO Chair on Innovative Sustainable Clean Energy 4 Equity

Emissioni nulle nel 2050



1870 energy = coal



1920 coal gas



Worcester Bosch team proud of their new hydrogen ready boiler March 2020



2020 'hydrogen ready'

Figure 33. PM₁₀ emissions by economic sector in Europe (EU-28). Source: European Environment Agency [82].

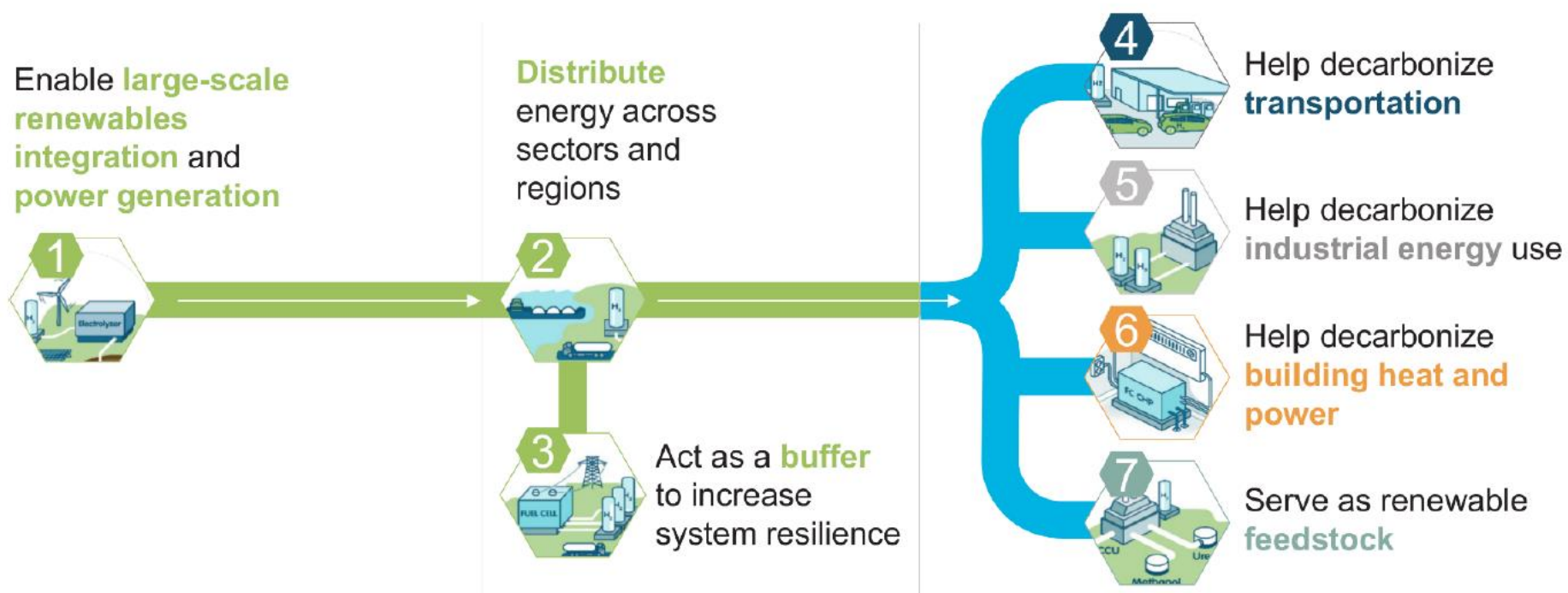
Emissioni nulle nel 2050 significano:

- Sistema elettrico in crescita da 2 a 4 volte
- Eolico crescita di 10-20 volte (fotovoltaico idem o più)
- ***Produzione di H₂ 10⁺ volte (da grigio oggi a blu e soprattutto verde)***
- CCS crescita fino a 200 Mt/y
- Forestazione (uso delle foreste) 10k-50kha anno (da definire sui territori)
- Aviazione, shipping, trasporti terrestri zero carbonio
- Decine di milioni di case con riscaldamento a basso uso di carbonio
- Auto a carbonio zero fino a 30 Milioni di veicoli
- Modifiche dell'ambiente con influenza del 20% sull'agricoltura
- Cambiamenti alimentazione: dimezzamento consumo di carne e simili.

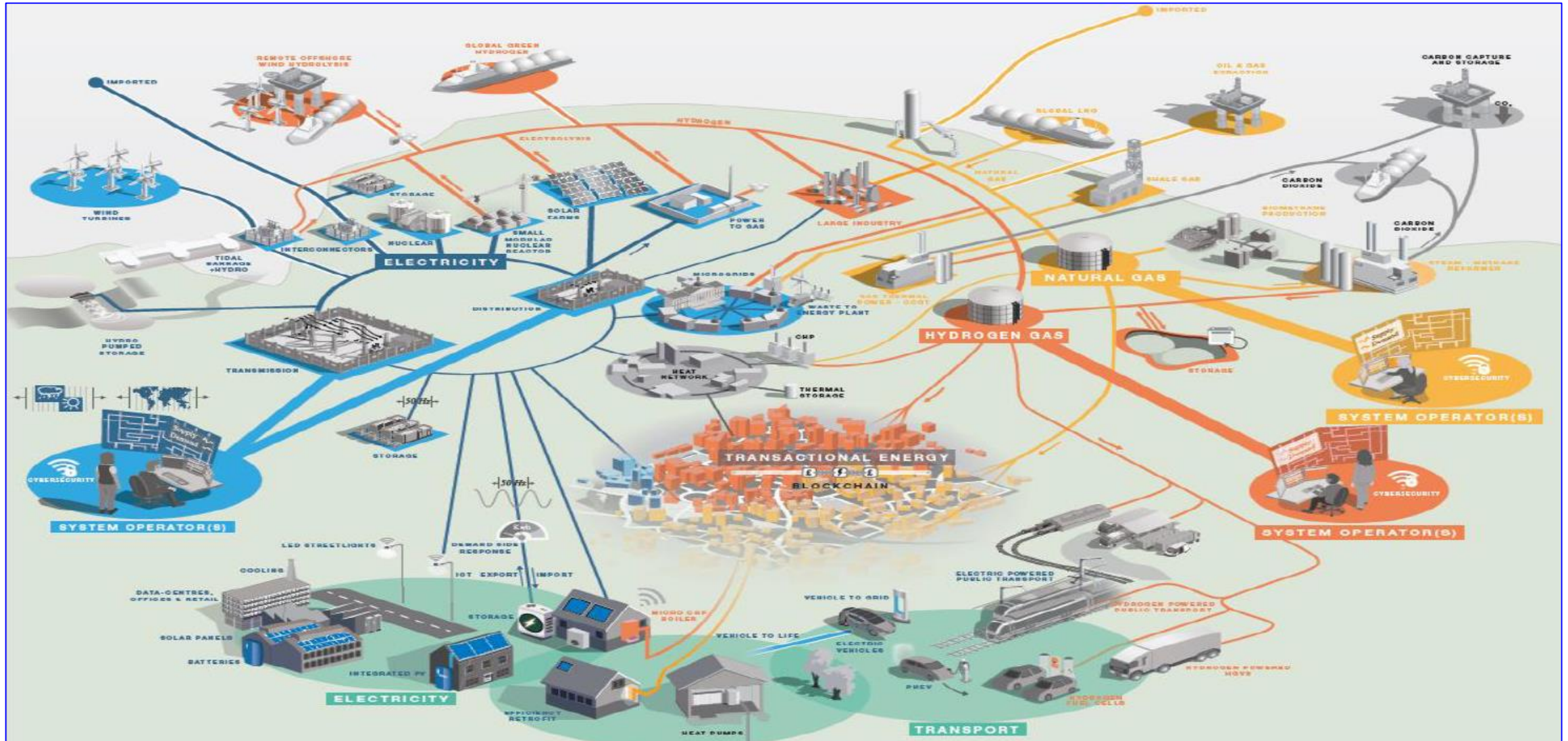


Perché l'idrogeno verde per la mitigazione climatica ?

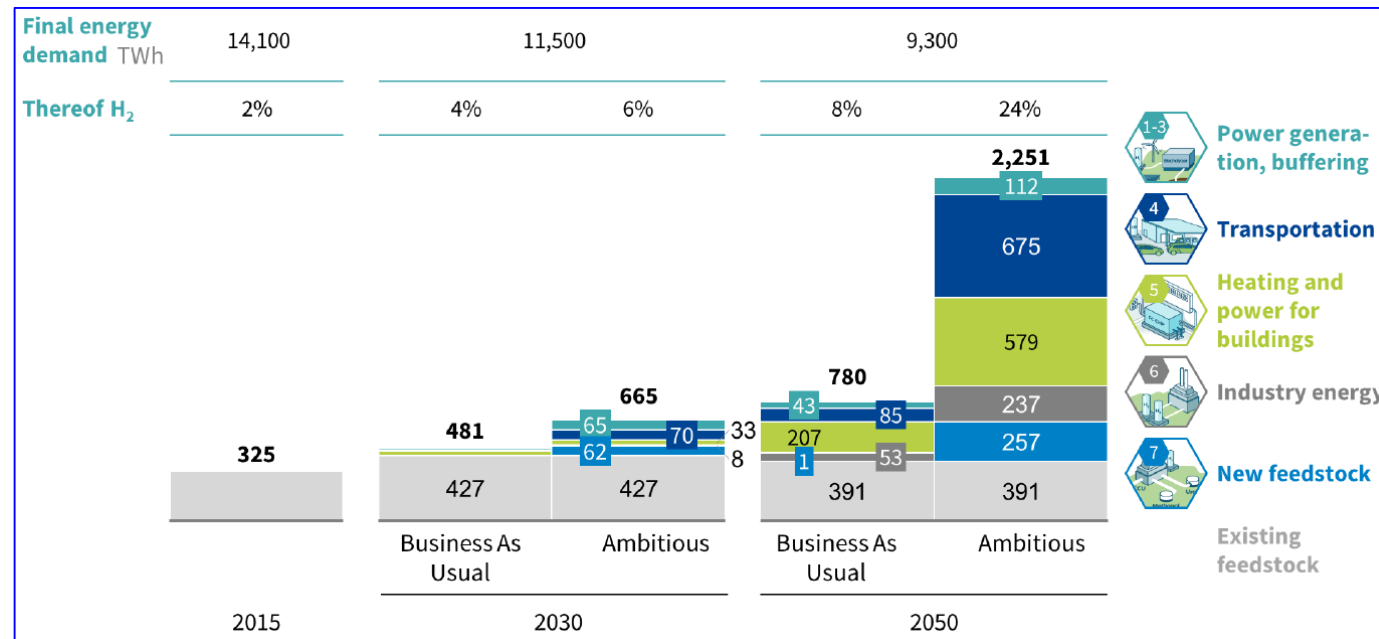
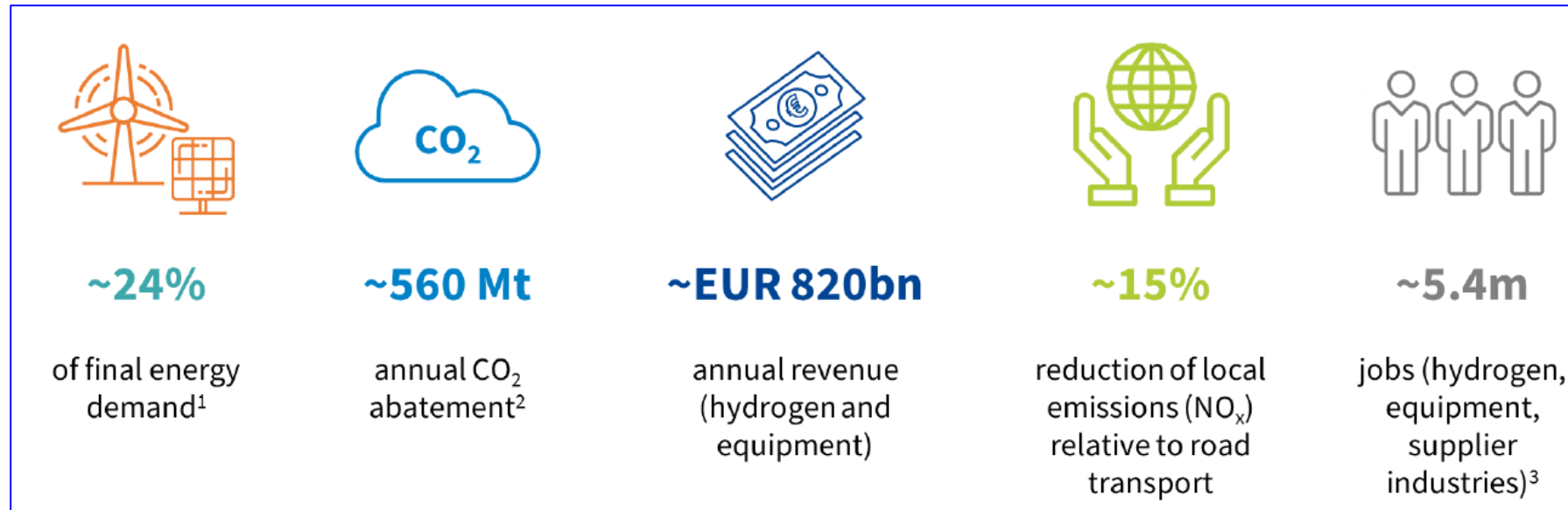
Favorisce lo sviluppo delle rinnovabili ---- decarbonizzazione e utilizzo



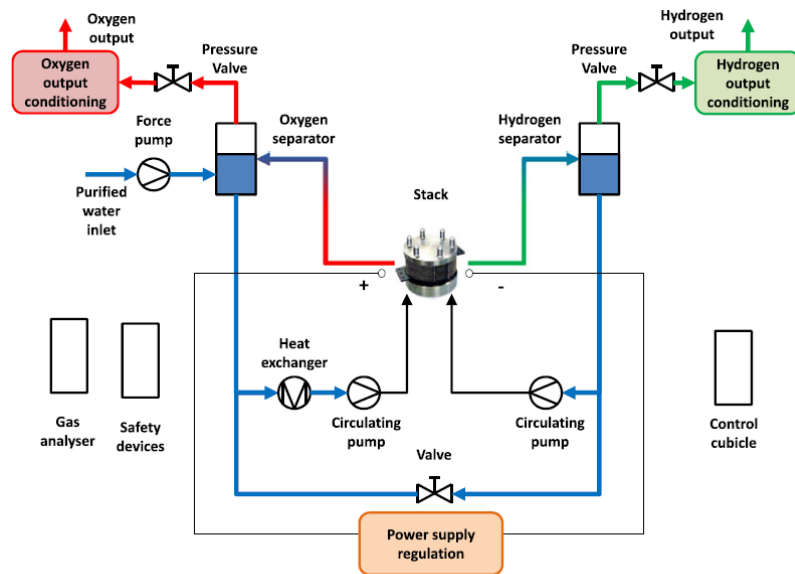
H₂ integra differenti settori in modo strutturato e sinergico



Ipotesi EU di ricaduta occupazionale ed energetica al 2050 via H₂ green



Produzione H₂ da energia elettrica - elettrolisi (verde)



Caratteristiche di alcuni elettrolizzatori commerciali

Costruttore	Tecnologia	Produzione H ₂ [Nm ³ /h]	Consumo energia [kW/Nm ³]
Hydrogenics	HySTAT IMET serie 300	1-3	4,2
	HySTAT IMET serie 1000	4-60	4,2
Norsk Hydro Electrolysers	Inergon	10	4,4
	HPE*	10-60	4,8
	P atmosferica	60-485	4,2
Distributed Energy Systems**	Hogen S40	1,05	6,7
	Hogen 6H	6	6,8
Teledyne Energy Systems	TITAN EC-1000	56	5,6
Avalence H ₂ Energy Systems	Hydrofiller 175	4,6	5,4

* Elettrolizzatori ad alta pressione
** In precedenza Proton Energy Systems



Hydrogenics (HySTAT)



Distributed Energy Systems (Hogen Serie H e S)

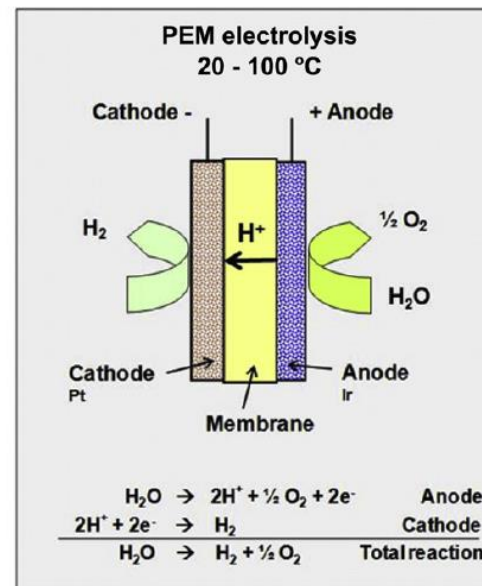
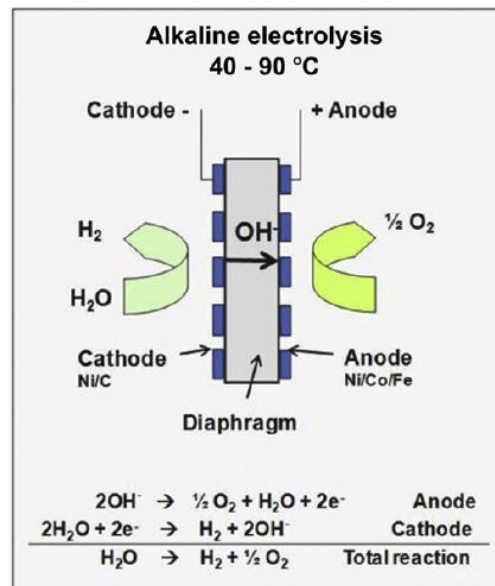


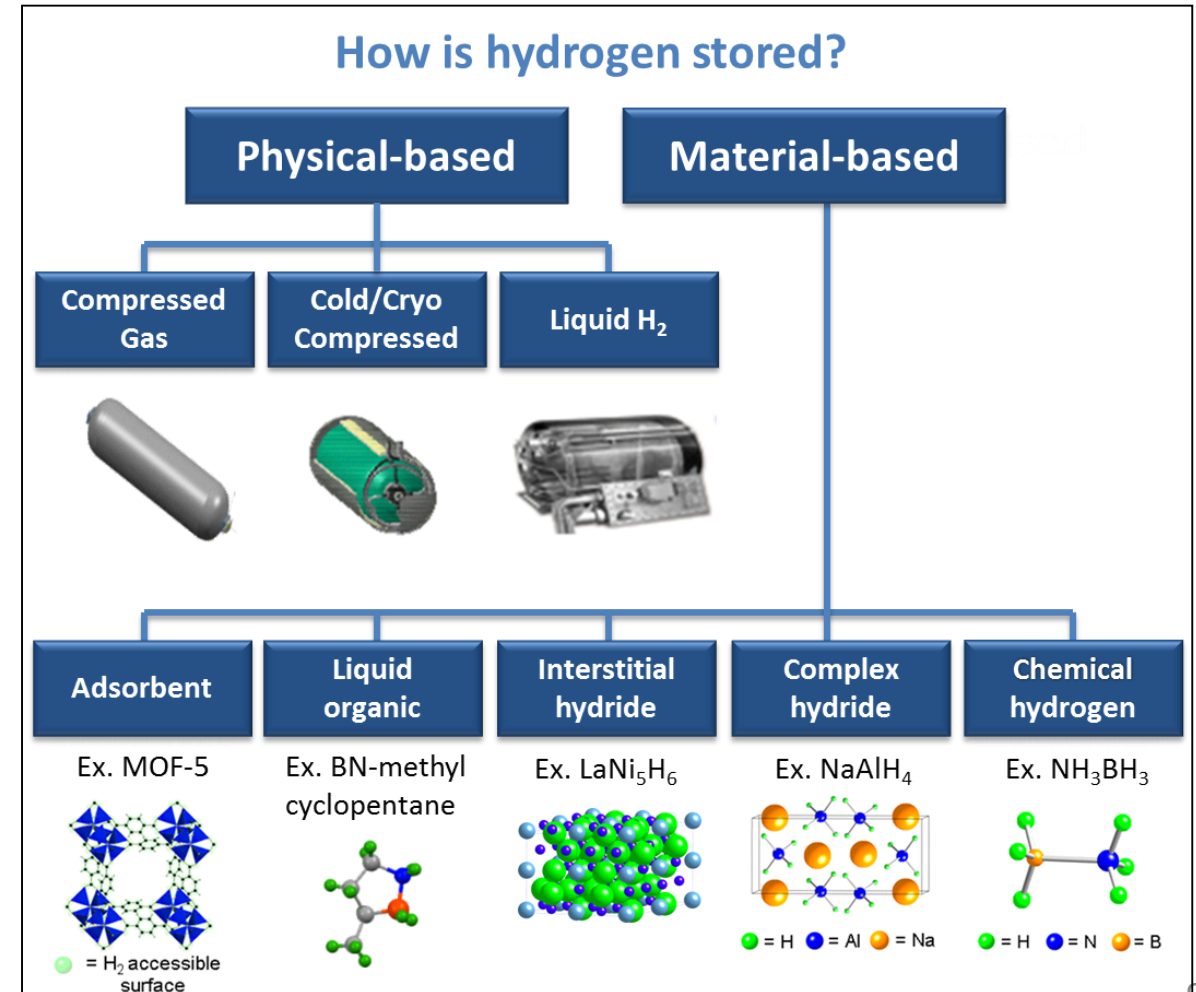
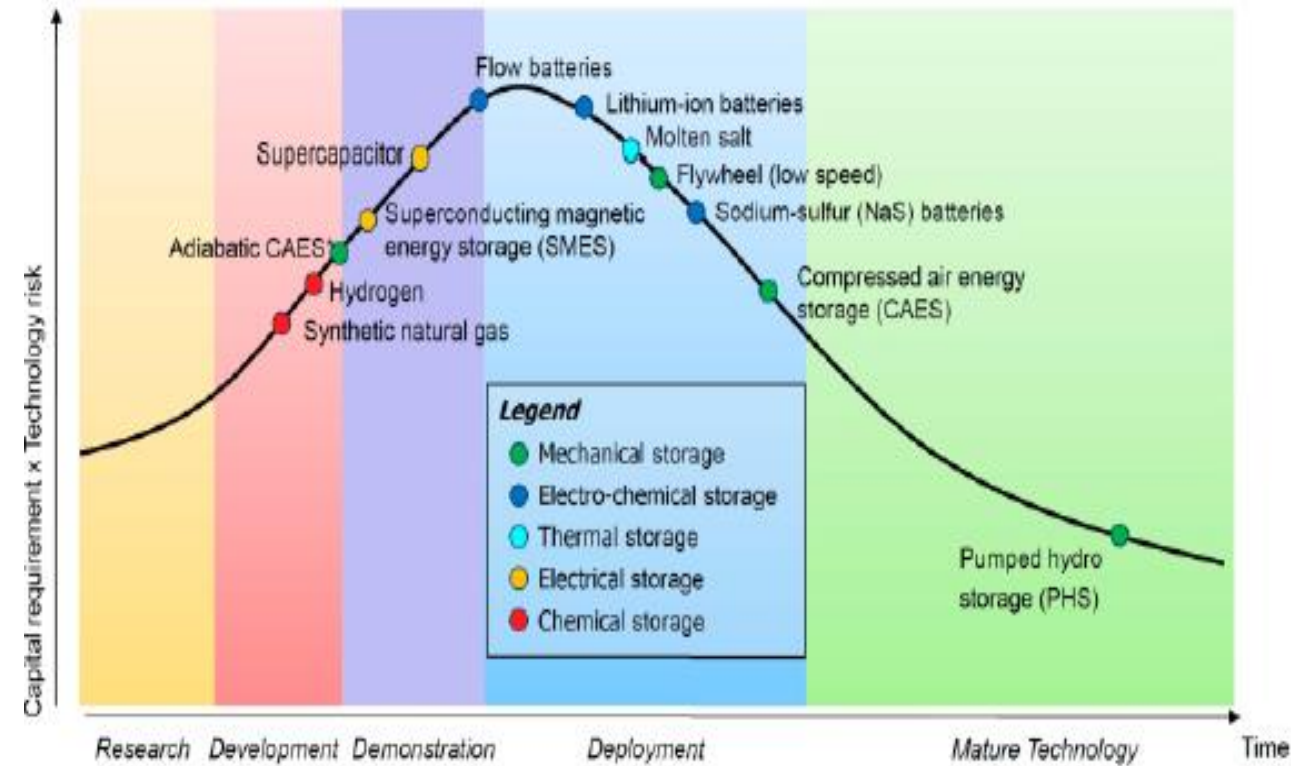
Table 1 – State-of-the-art for the specifications of alkaline and PEM electrolyzers as reported in the NOW-study [20].

Specifications	Alkaline electrolysis	PEM electrolysis
Cell temperature (°C)	60–80	50–80
Cell pressure (bar)	<30	<30
Current density (mA cm ⁻²)	0.2–0.4	0.6–2.0
Cell voltage (V)	1.8–2.4	1.8–2.2
Power density (mW cm ⁻²)	<1	<4.4
Voltage efficiency HHV (%)	62–82	67–82
Specif. energy consumption:		
Stack (kW h Nm ⁻³)	4.2–5.9	4.2–5.6
Specif. energy consumption:		
System (kW h Nm ⁻³)	4.5–7.0	4.5–7.5
Lower partial load range (%)	20–40	0–10
Cell area (m ²)	>4	<0.03
H ₂ production rate:		
Stack-system (Nm ³ h ⁻¹)	<760	<10
Lifetime stack (h)	<90,000	<20,000
Lifetime system (y)	20–30	10–20
Degradation rate (μV h ⁻¹)	<3	<14

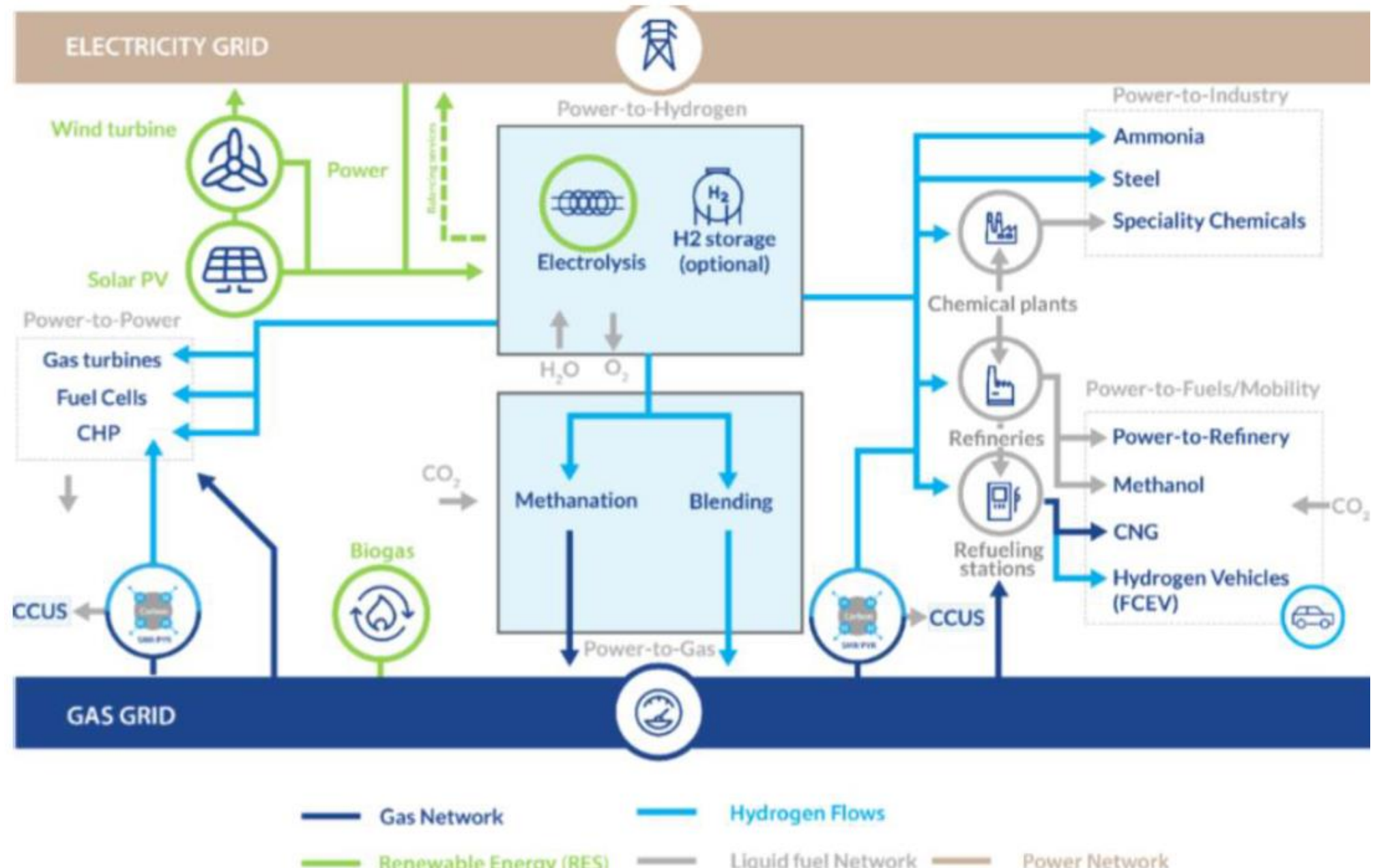
Condizioni globali per la produzione dell'idrogeno rinnovabile - costi di produzione dell'idrogeno da solare e eolico a lungo termine



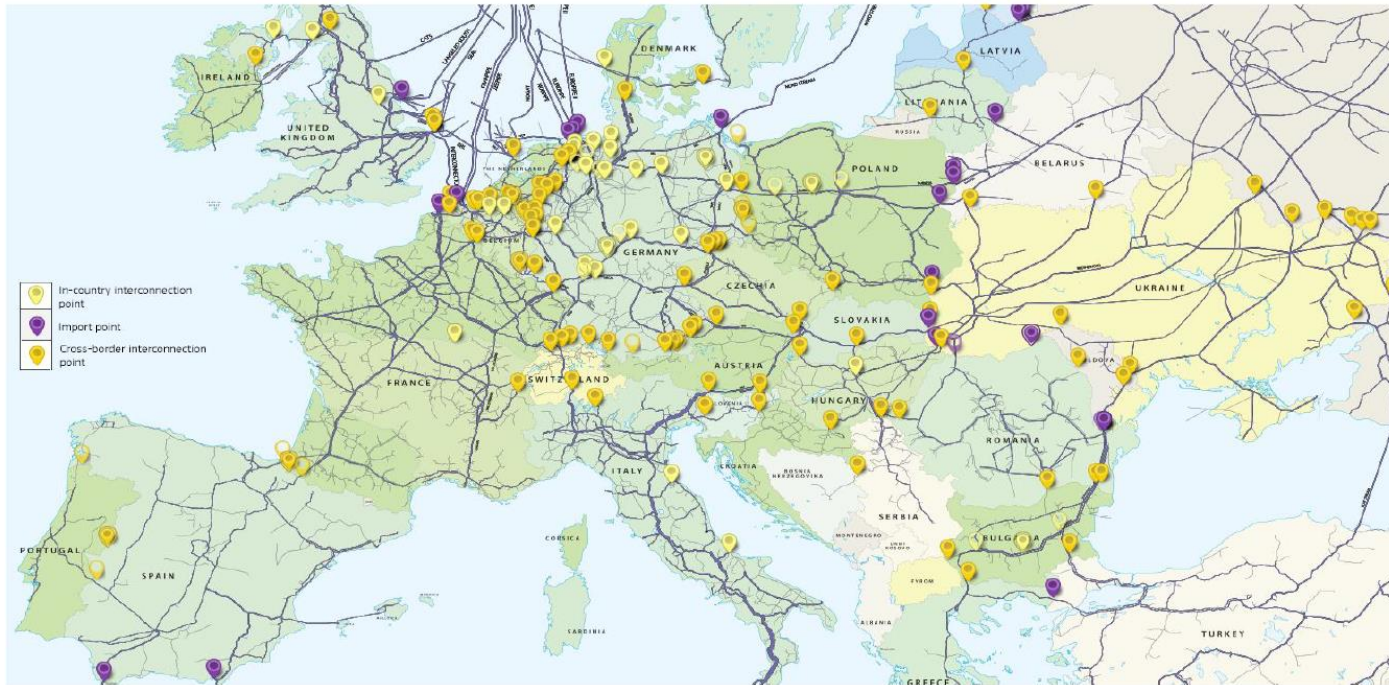
H₂ non è una fonte energetica ma un vettore energetico: necessità di stoccaggio



Power to gas



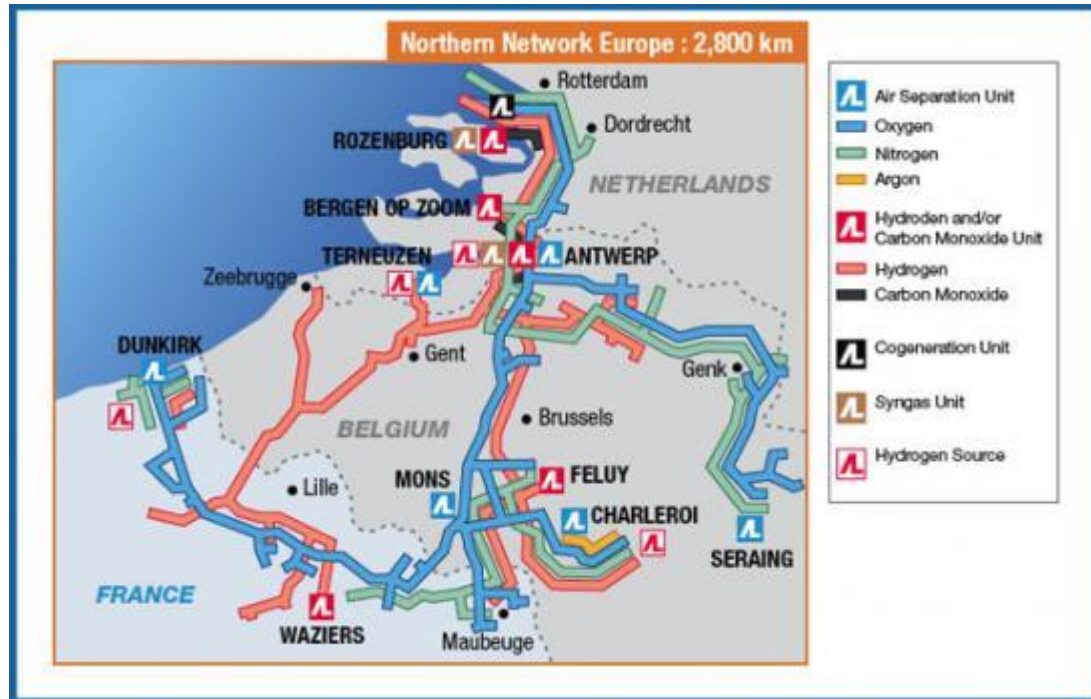
Infrastrutture esistenti e capacità di trasporto energia



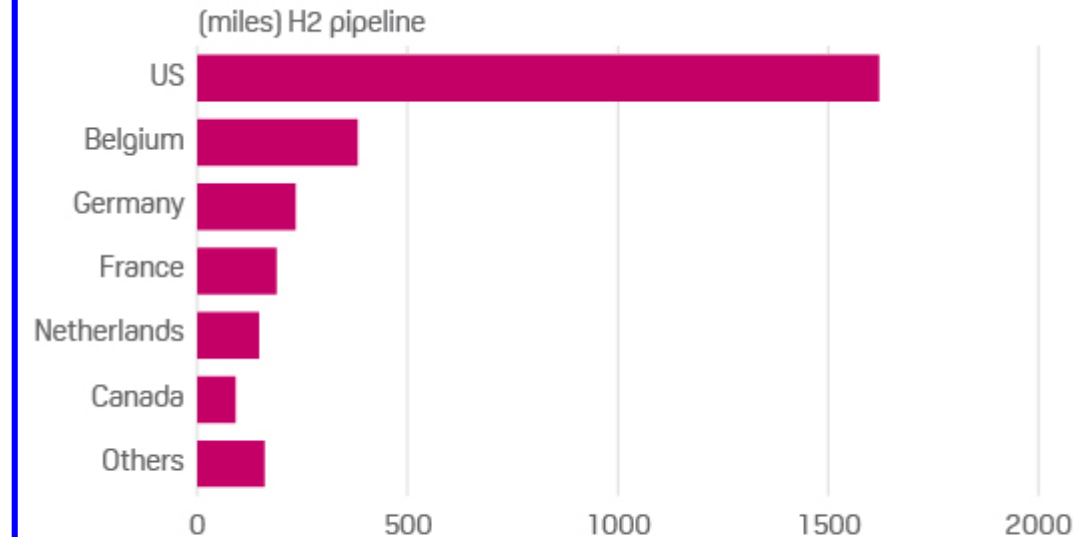
Un metanodotto di
diametro 1,2 m
trasporta tanta energia
quanto 8 piloni ad alta
tensione (3GW ognuno)



Distribuzione H₂: pipeline (idrogenodotti)



GLOBAL LENGTH OF HYDROGEN PIPELINES*



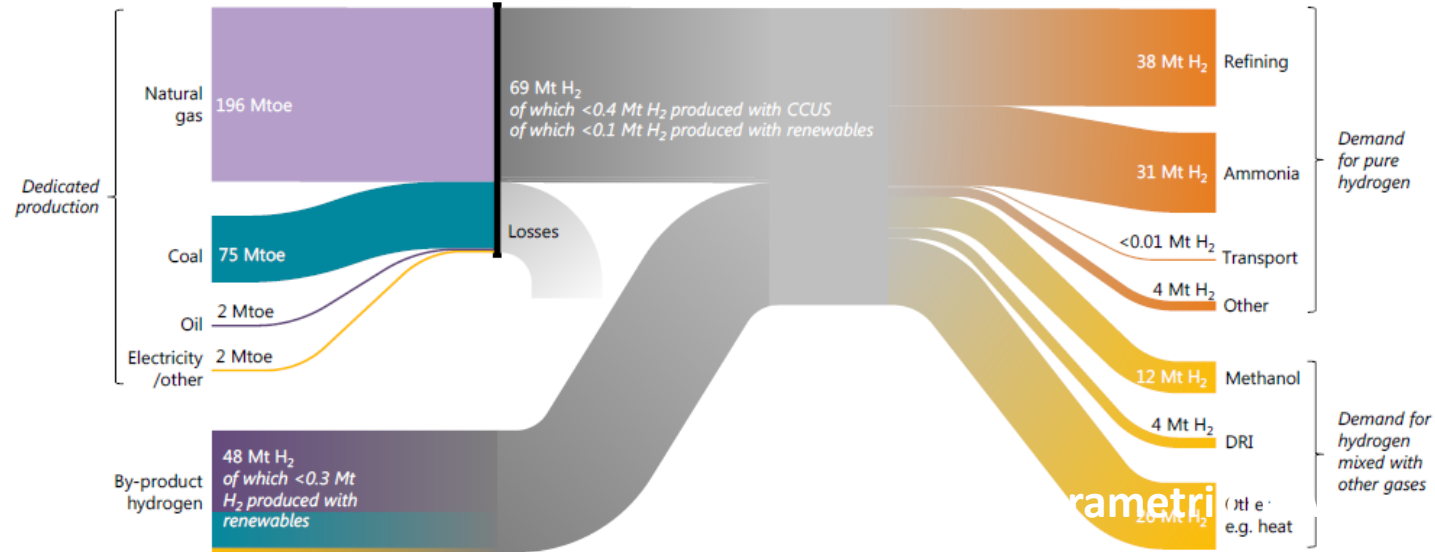
*2016 data

Source: US DOT, HyARC, S&P Global Platts Analytics

Gulf coast & Mississippi river Pipeline networks (+ 2700 km pipelines)



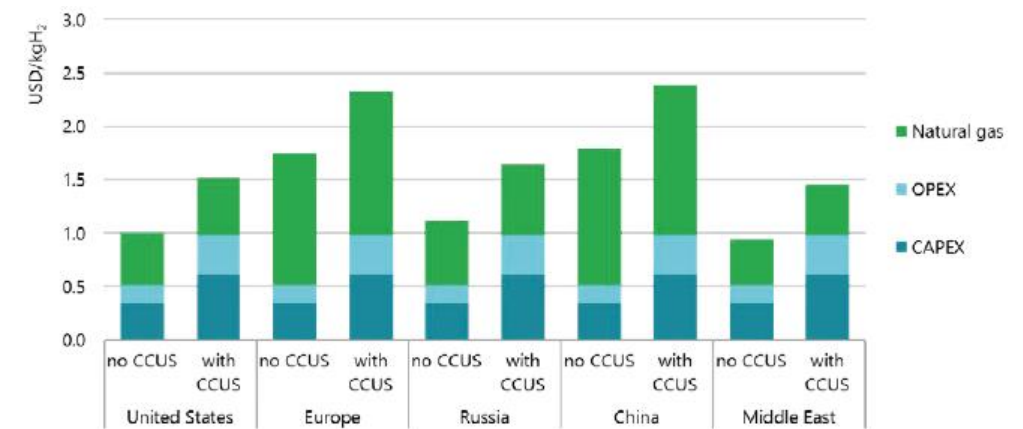
DOVE SIAMO OGGI ??? Produzione e domanda di H₂



Allo stato attuale, quasi tutta la produzione di idrogeno avviene da combustibili fossili quindi Grey H₂ (Fonte: IEA)

Gli usi dell'idrogeno sono soprattutto di tipo industriale e per la produzione di altri combustibili / chemicals.

Blue (transizione - gas naturale con CCS) e idrogeno green



Abbiamo oggi l'idrogeno green necessario per applicazioni reali ??

Provare un turbogas per soli 20 minuti di test con 100% idrogeno richiede tutte le bombole di H₂ della Svezia



Tutto l'idrogeno prodotto oggi in Europa non potrebbe alimentare per un anno nemmeno una singola grande nave da crociera (a parte i problemi di accumulo a bordo).



Alcuni possibili casi applicativi interessanti

- 1) Applicazioni aeronautiche
- 2) Applicazioni marittime
- 3) Trasporti ferroviari
- 4) Siderurgia

Nota: non consideriamo qui le autovetture perché esiste moltissima letteratura su questo aspetto a cui si rimanda e il tempo è poco.

Idrogeno: quali applicazioni in ambito aeronautico ?



Industry achievements

Significant progress has already been made in reducing the industry's environmental impact, including:

- ④ -80% CO₂ emissions per seat kilometre
- ④ -90% NO_x emissions
- ④ -75% noise

Airbus demonstrators



E-Fan 1.0
English Channel
Crossing
July 2015



APU-Fuel Cell
2016



CityAirbus
First Take-Off May
2019



E-FAN X
Design & Ground
Testing

Vahana
First Flight Jan 2018
>100 flights by Nov
2019



**E-Aircraft Systems Test
Facility**
Opened Oct 2019
20 Megawatt Capability



**Hydrogen Hybrid-Electric
Aircraft 2030s**



AIRBUS

Non basta sviluppare tecnologia specifica, servono le infrastrutture adeguate (aeroporti, infrastrutture di trasporto H₂, ecc.)



Zero-Emission Aviation

A zero-emission aircraft will require a zero-emission ecosystem.



Hydrogen transport and refueling infrastructure at airports



Existing oil and gas transport networks conversion

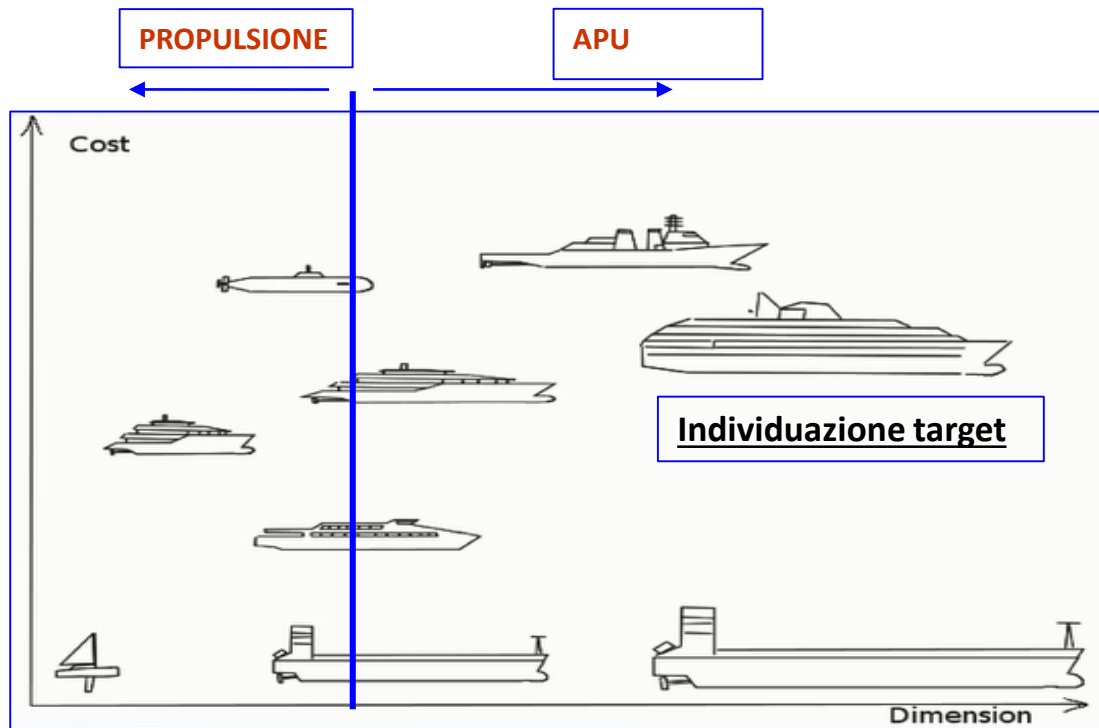


Cross-industry collaboration

Idrogeno: quali applicazioni in ambito marittimo?

il settore marittimo
include target molto
diversi

- **Potenze richieste molto variabili** (da pochi kW sino a decine di MW)
- **Differenti applicazioni** (trasporto passeggeri, trasporto merci, navi militari, yachts) e **pertanto differenti esigenze**
- Differenti zone di navigazione



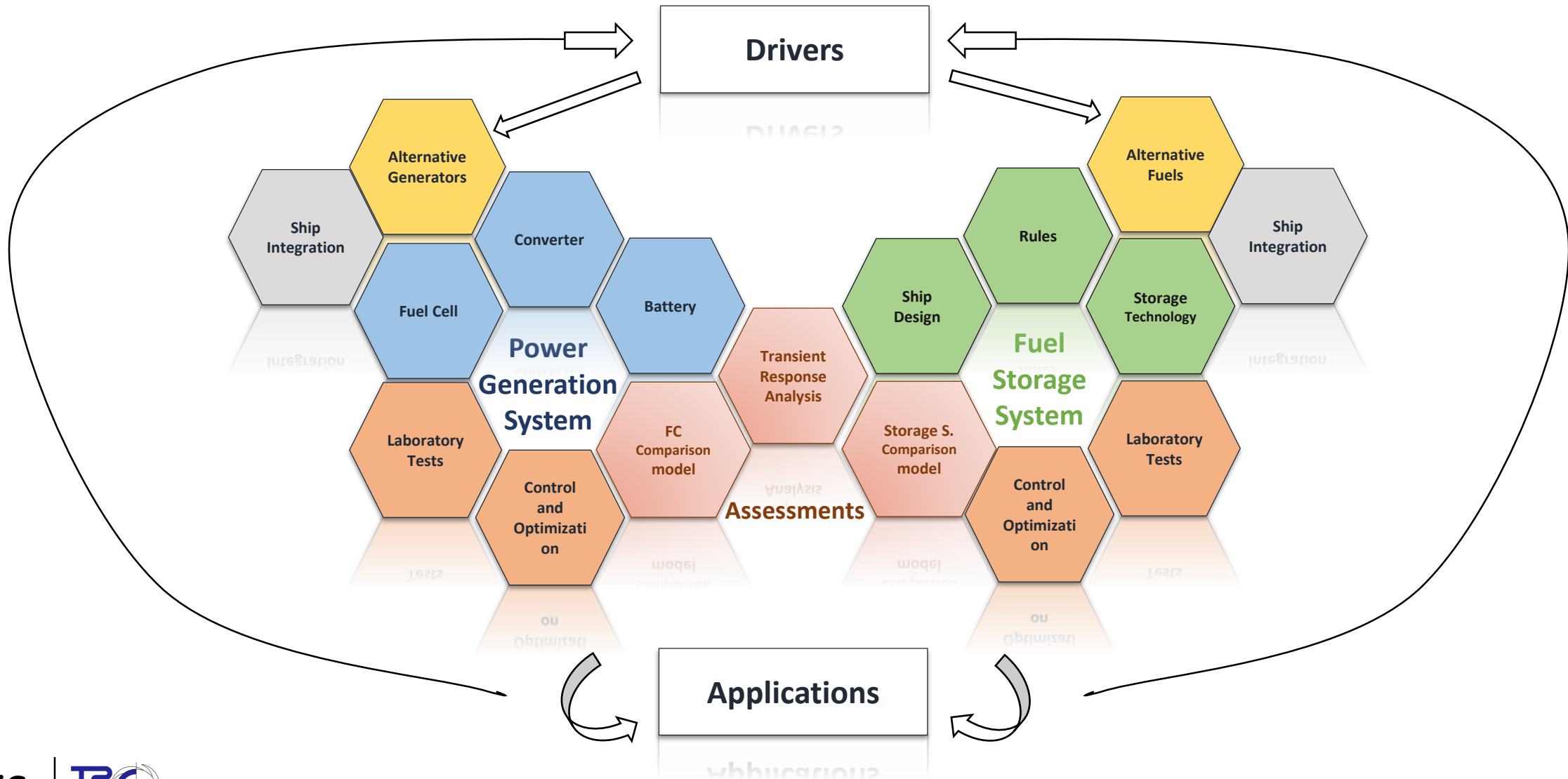
Parametri di cui tenere conto per la scelta

- Tempi di avvio e di risposta
- Confronto con diesel ICE
- Silenziosità
- Spazi disponibili
- Richiesta di energia e di potenza
- Costi

Parametri chiave

- Tipologia di nave
- Tempi di permanenza nei porti
- Navigazione nelle ECA

Verso soluzioni alternative in ambito marittimo



Idrogeno: applicazioni in ambito marittimo

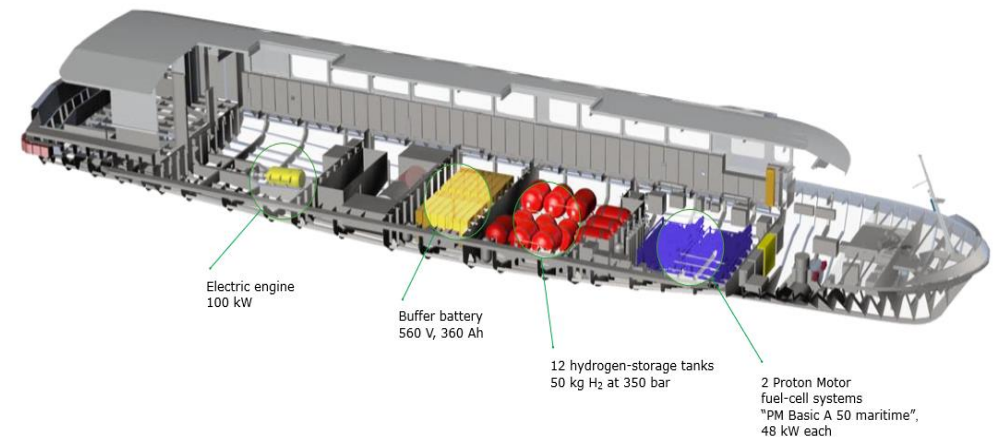
Nemo H2

- Piccola nave passeggeri per navigazione in canali
- Stack PEMFC (60 kW totali)
- Stoccaggio idrogeno a 350 bar in bombole (totale 40 kg)

Hornblower Hybrid

- Traghetto ibrido (600 passeggeri)
- Potenza totale 1 MW, comprende:
 - Stack PEMFC (32 kW)
 - Pannelli fotovoltaici (20 kW)
 - Due turbine eoliche (5 kW)
 - ICE
 - Batterie

- Piccola nave passeggeri (lunghezza 25 m, peso 72 ton)
- 2 stack PEMFC da 48 kW ciascuno realizzati da Proton Motor
- Stoccaggio idrogeno a 350 bar in bombole (totale 50 kg)



Progetto TecBia (2019 – 2022)

Progetto Nazionale finanziato dal MISE (circa 5M€)

Obiettivo del progetto:

Sviluppare un nuovo prodotto in grado di rispondere ai requisiti normative nazionali ed internazionali seguendo il trend in crescita di mezzi navali a ridotto impatto ambientale.

La struttura del progetto TecBIA prevede:

1. Studio impianto Fuel Cell/Batteria ibrido con stoccaggio di Idrogeno in Idruri Metallici.
2. Studio applicazione impianto FC (Generazione Distribuita, Cogenerazione)

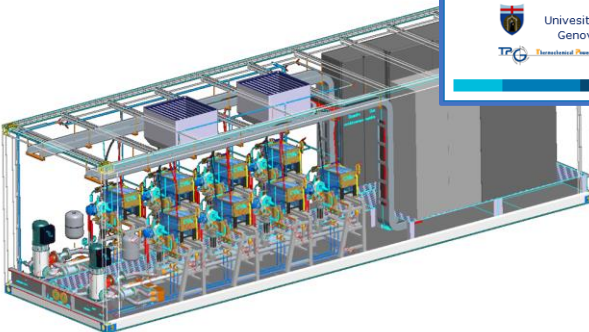


Genova HI-SEA

Hydrogen Initiative for Sustainable Energy Applications



FINCANTIERI
The sea ahead



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA

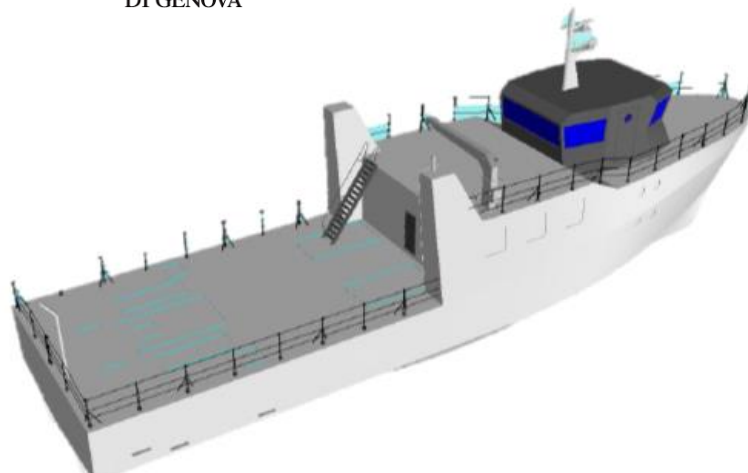
FINCANTIERI
The sea ahead



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI "FEDERICO II"
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CHIMICA,
DEI MATERIALI E DELLA PRODUZIONE INDUSTRIALE



Il sistema sarà installato e testato prima nel laboratorio UNIGE e poi a bordo dell'imbarcazione ZEUS (circa 30 m) appositamente costruita in modo da rispettare le future normative.

N.B.: 30 settembre 2020

Shell backs hydrogen and fuel cells in future fuels debate



Sam Chambers · September 30, 2020

0 🔥 1,151 📖 2 minutes read



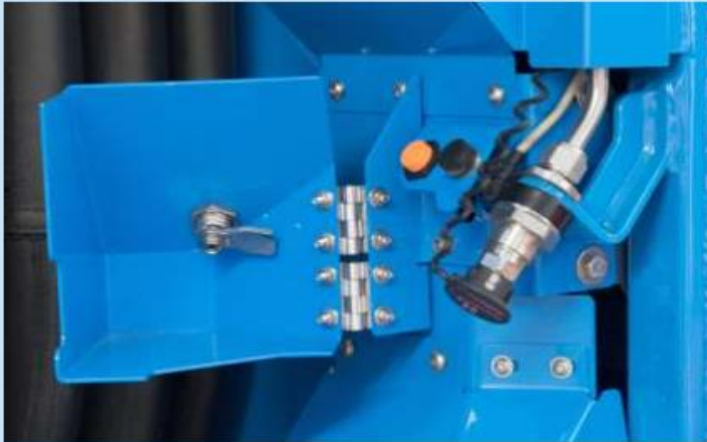
- 1) Necessità di attrezzare i porti con le infrastrutture necessarie alla ricarica dell'idrogeno green (o blue).
- 2) Necessità di generare e trasportare l'idrogeno green in maniera sicura
- 3) Definire in modo univoco le regole di sicurezza a livello internazionale eliminando interventi di singoli enti con impossibilità di operare da parte dei players internazionali.
- 4) Verificare la possibilità di utilizzare idrogeno chemical bounded ad esempio sotto forma di ammoniaca
- 5) Decidere quali tipologie di fuel cells sono applicabili in relazione al sistema di accumulo

Trasporto ferroviario a idrogeno

Hydrogen – Alstom's iLint



Hydrogen Fuel Cells



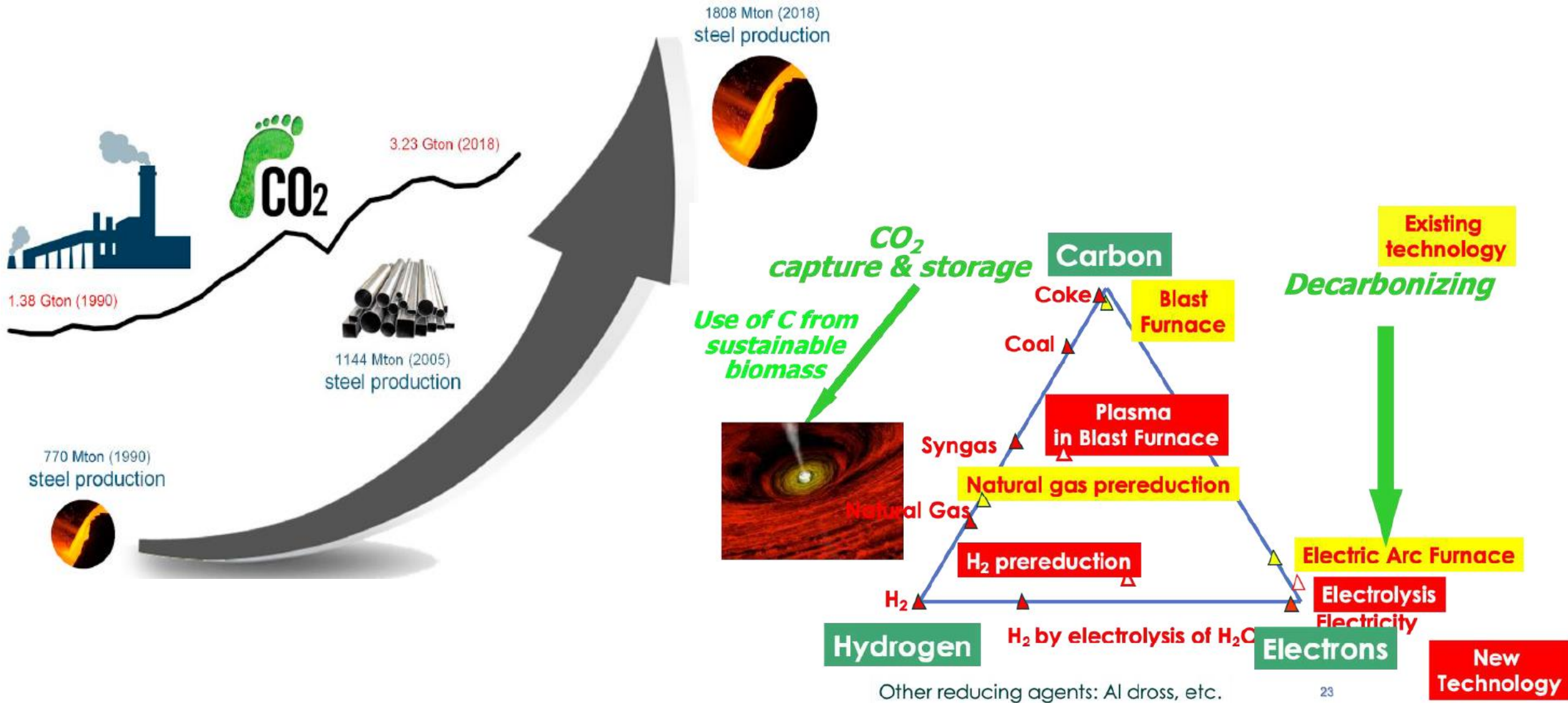
Hydrogen fuelling point



HVAC and Hydrogen tanks

- Due treni con PEMFC in servizio dal settembre 2018 in Germania per trasporto passeggeri
- Percorsi oltre 350000 km, senza problemi
- Altri 40 treni saranno operativi entro il 2022
- Stoccaggio in bombole a 350bar – autonomia di 700km circa
- Velocità max 140 km/h, stesse prestazioni di un locomotore diesel
- Progetti analoghi in fase di sviluppo in Francia e in UK
- Applicazione: **linee NON elettrificate**, dove al momento si impiegano i locomotori diesel

Siderurgia



Utilizzo dell'idrogeno nella produzione dell'acciaio con reazione endotermica di riduzione con H₂ per diminuire le emissioni di CO₂

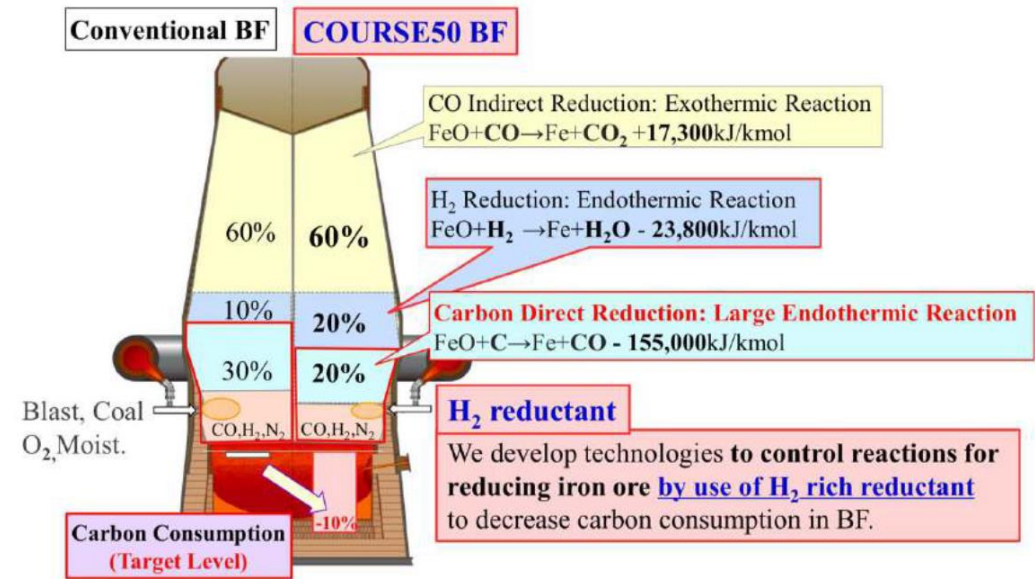


Figure 27. Concept of “iron ore hydrogen reduction reinforcement” in the Japanese COURSE50 program

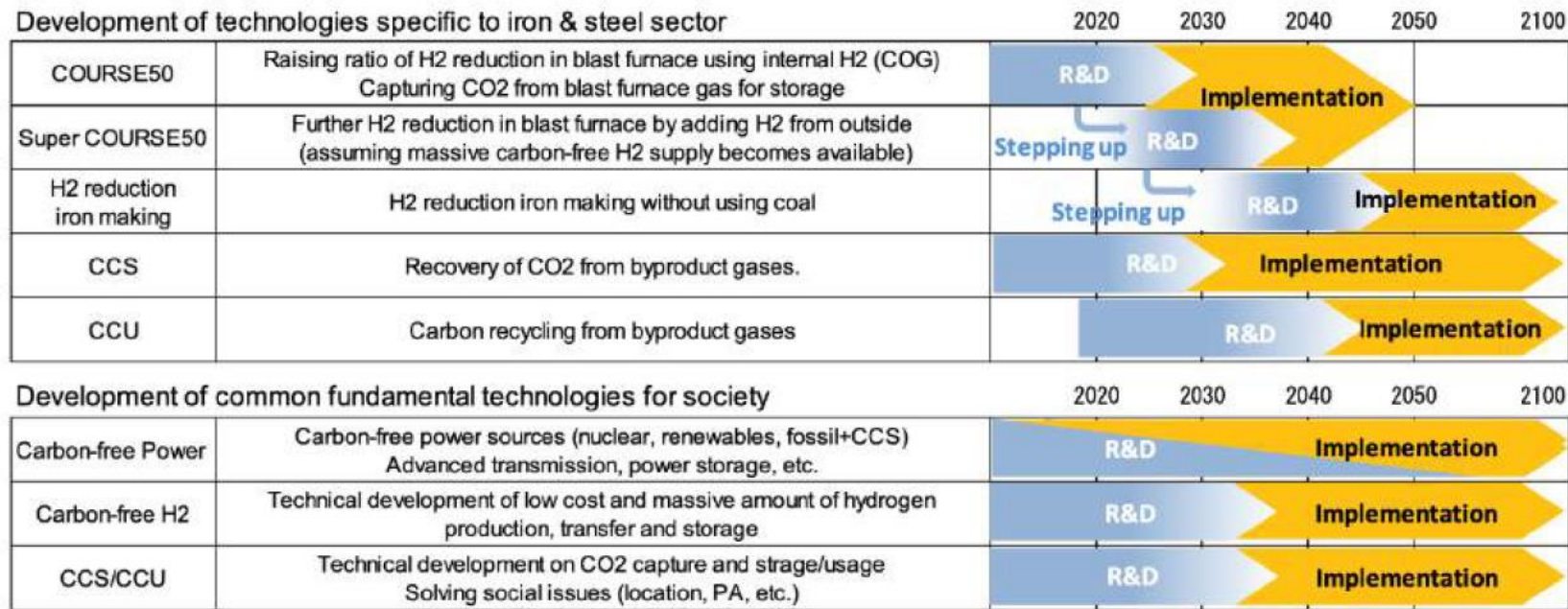


Figure 28. Long-term vision of the Japanese iron and steel industry for zero-carbon steelmaking [66].

Sviluppo di tecnologie in Giappone nel settore siderurgico. Visione al 2050 e 2100 (!!)

Nuove industrie si svilupperanno nello spazio compreso fra quelle esistenti

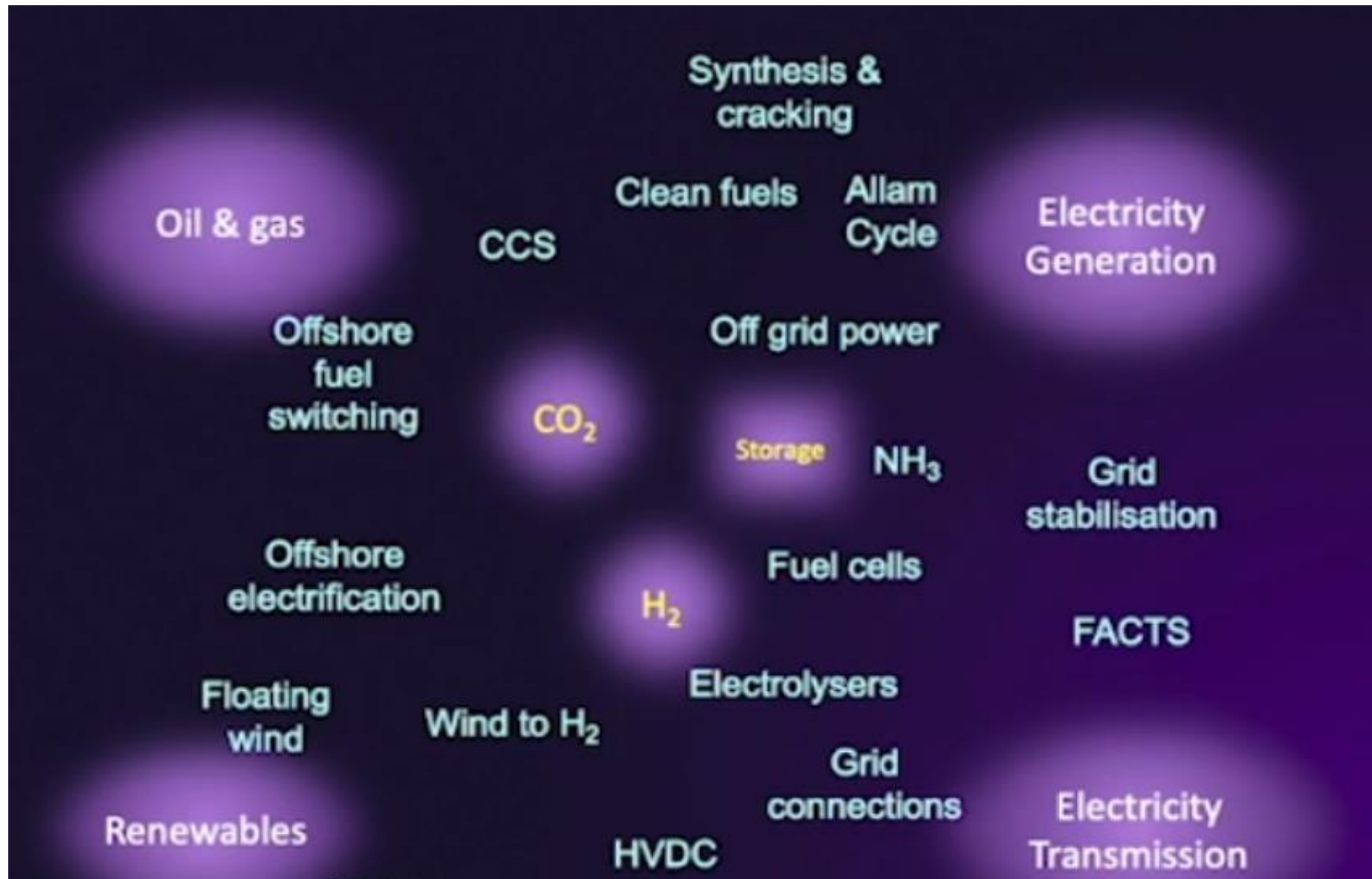




Fig. 1 – Itaipu dam and power plant (on the left the spillway).

2010-2012

INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY 37 (2012) 5434–5443



ELSEVIER

Available online at www.sciencedirect.com

SciVerse ScienceDirect

journal homepage: www.elsevier.com/locate/he



Time-dependent optimization of a large size hydrogen generation plant using “spilled” water at Itaipu 14 GW hydraulic plant

M. Rivarolo ^{a,*}, J. Bogarin ^b, L. Magistri ^a, A.F. Massardo ^a

^a DiMSET, University of Genova, SIIT, Genova, Italy

^b Itaipu Binacional, Asuncion, Paraguay

Table 1 – Produced and spilled power average values (2006–2010).

Year	Average produced power [MW]	Average spilled power [MW]
2006	10,581	415
2007	10,345	472
2008	10,779	264
2009	10,463	734
2010	9814	1508

MefCO₂

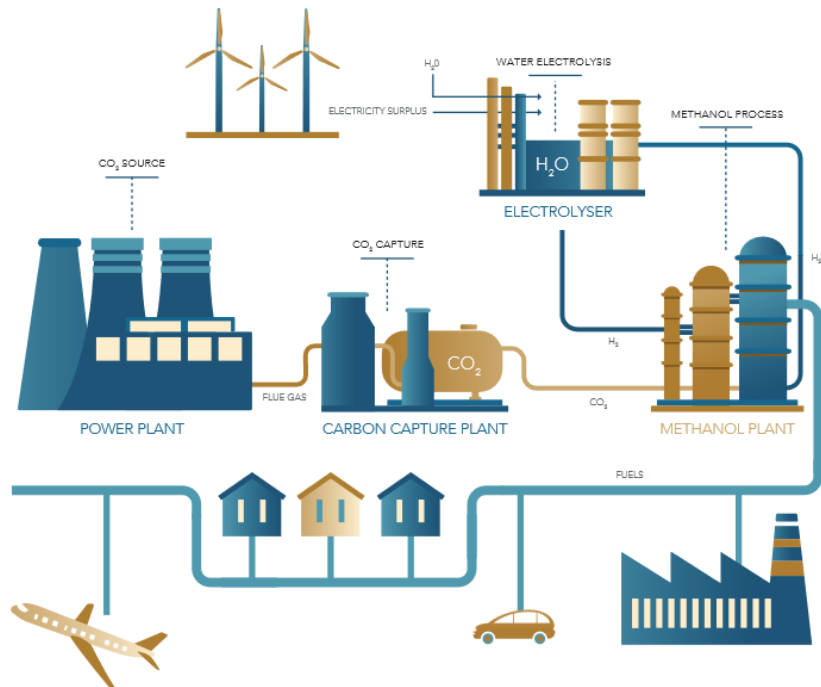
Methanol fuel from CO₂



Synthesis of methanol from captured carbon dioxide using surplus electricity

The challenge

Decarbonising the energy and industry sectors and integrating additional renewable energy in the energy mix are two challenges for the EC towards their energy 2020 and 2030 goals.



Project team

- **i-deals (Spain)**: Coordination, dissemination & exploitation.
- **National Institute of Chemistry (Slovenia)**: Catalysis and reaction engineering.
- **Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe (Germany)**: System integrator.
- **Cardiff Catalysis Institute (UK)**: Research in catalyst synthesis.
- **Carbon Recycling International (Iceland)**: CO₂ to methanol technology developer.
- **DIME - University of Genoa (Italy)**: Thermo-economic analysis and process optimisation.
- **Hydrogenics Europe (Belgium)**: Electrolyser technology developer.
- **University of Duisburg Essen (Germany)**: CO₂ capture technology provider.

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Kemijski inštitut
Ljubljana
Slovenija

National
Institute of Chemistry
Slovenia

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA

MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS
EUROPE

CARDIFF
UNIVERSITY
PRIFYSGOL
CAERDYDD

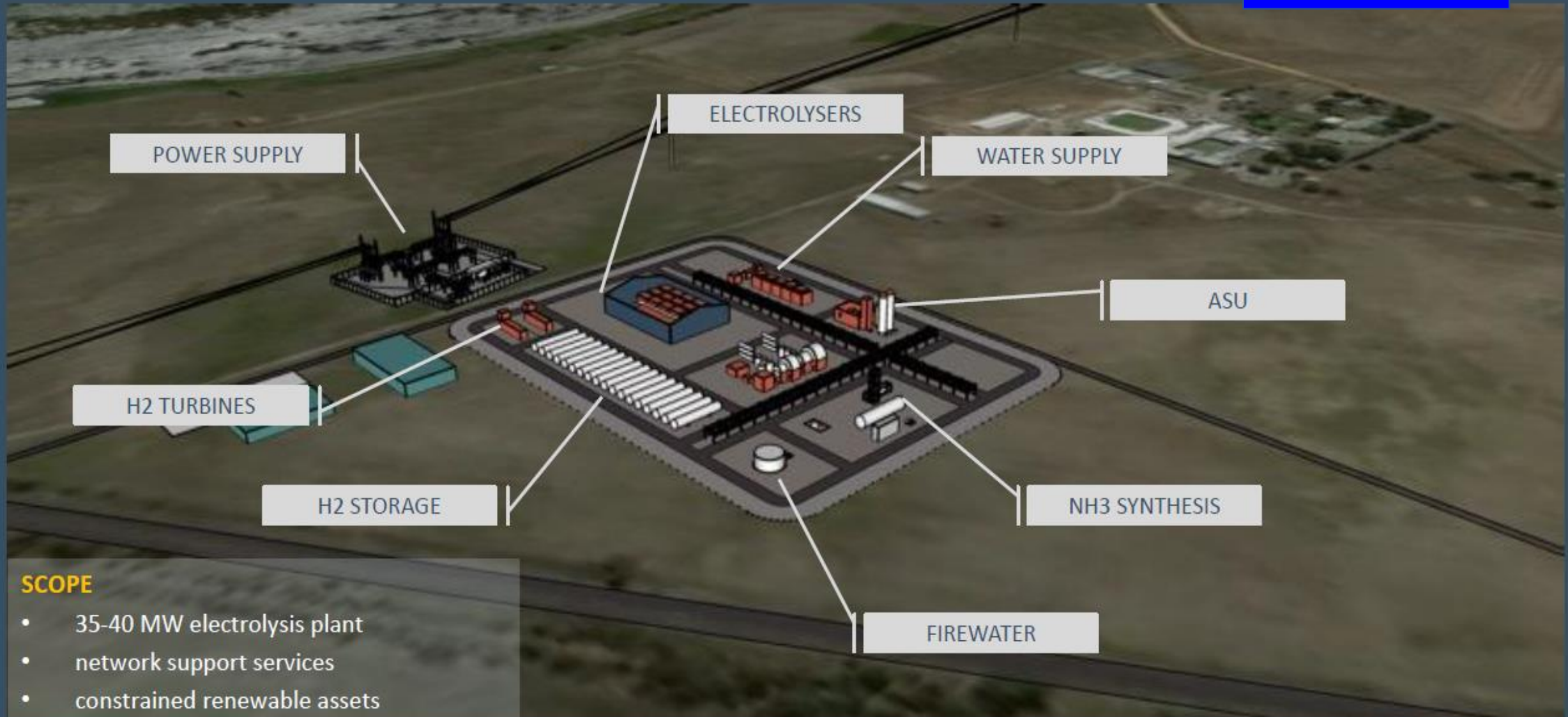
CARBON RECYCLING
INTERNATIONAL

i-deals
everis group

HYDROGENICS
SHIFT POWER | ENERGIZE YOUR WORLD

H2U PLANT LAYOUT | OVERVIEW

Australia



SCOPE

- 35-40 MW electrolysis plant
- network support services
- constrained renewable assets
- 60 tpd distributed ammonia production
- 2x16 MW H2 OCGT

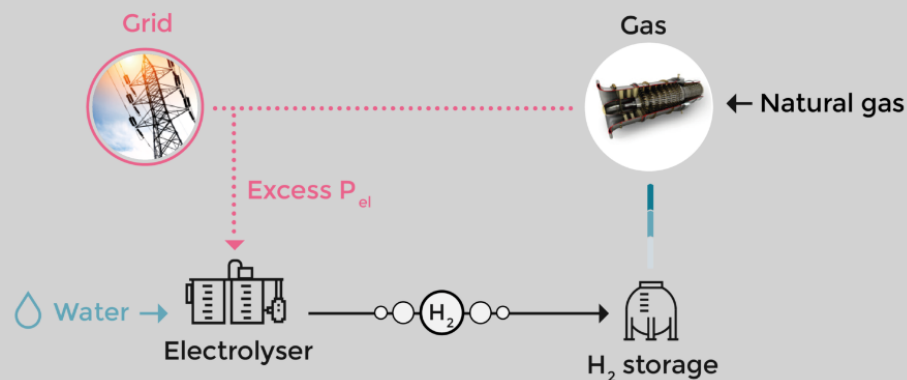
FLEXnCONFU

FLEXIBILIZE COMBINED CYCLE POWERPLANT THROUGH POWER-TO-X SOLUTIONS USING NON-CONVENTIONAL FUELS

OBJECTIVES

Power to Hydrogen

Development, integration and demonstration of power to hydrogen solution to increase the EDP's Ribatejo combined cycle power plant flexibility.



<https://flexnconfu.eu/>

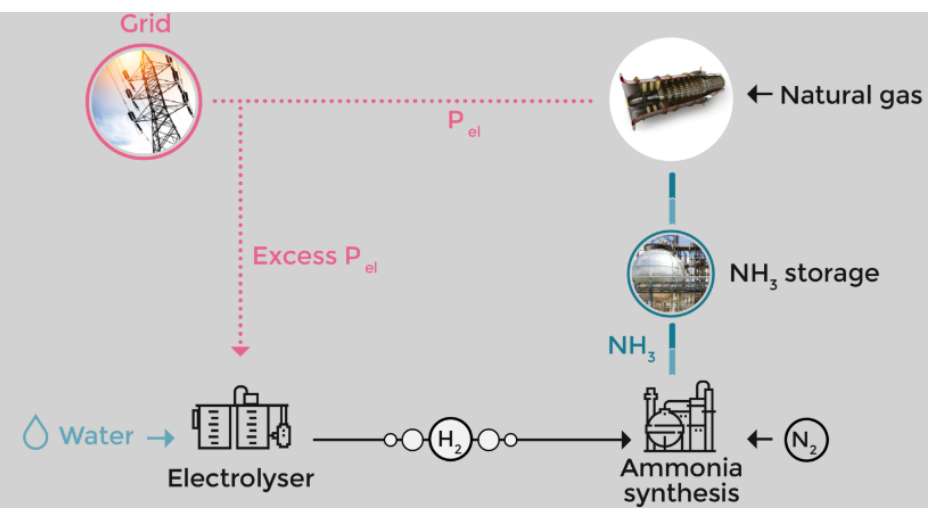


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA

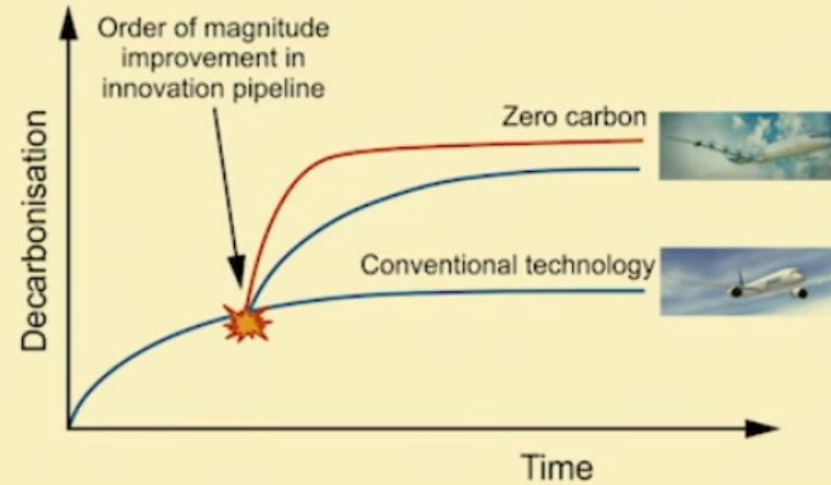
OBJECTIVES

Power to Ammonia

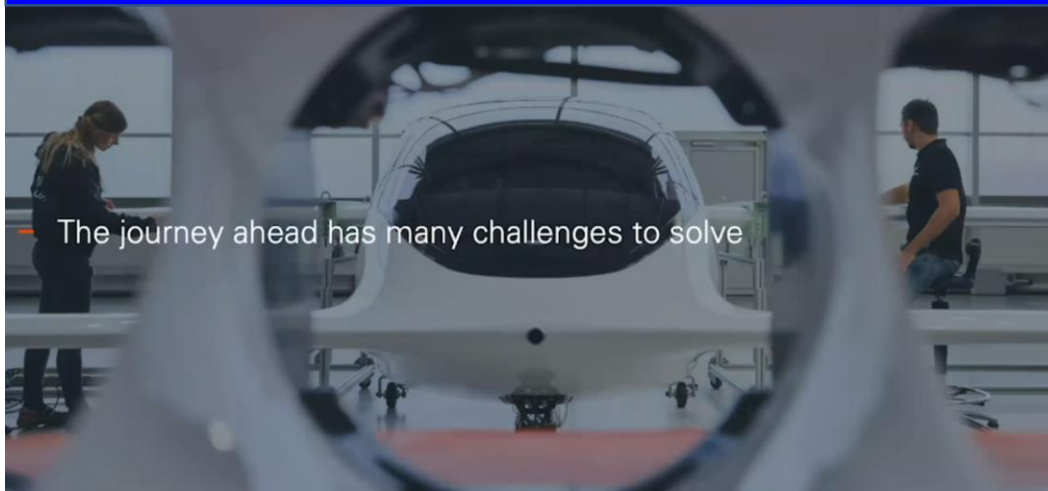
Demonstration of power to ammonia solution at lab scale.



*Arrivare a zero emissioni nel 2050: il nostro nemico è il tempo.
Come possiamo fare per ridurre i tempi di sviluppo delle tecnologie di un fattore 10 ?*



I vincitori nel mondo a zero carbonio saranno le aziende e i paesi che sapranno adattarsi più velocemente e meglio alle tecnologie che cambiamo



We have 1Bn
seconds to deliver
net zero

We can't afford to
waste any of them



Grazie per la vostra attenzione !

Aristide Fausto Massardo

AIMSEA – Associazione Italiana Macchine e Sistemi per l'Energia e l'Ambiente

massardo@unige.it

Tel. 010 3532444; cell. 3281004787



UNA STRATEGIA INDUSTRIALE PER L'IDROGENO VERDE

Roma, 5 Ottobre 2020, Senato della Repubblica



European Union



Italy

TPG European Research Projects

