



**76° CONGRESSO NAZIONALE ATI**  
ROMA 15/17 SETTEMBRE 2021

**TRANSIZIONE ECOLOGICA E DIGITALE:**  
Il ruolo dell'energia



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Facoltà di Ingegneria Civile  
e Industriale

# GREEN HYDROGEN

Programmi e obiettivi

**La ricerca accademica  
nella transizione energetica ambientale**

Aristide Fausto Massardo - AIMSEA

# **Aristide Fausto Massardo - AIMSEA**

- **Università di Genova**

Ordinario di Sistemi per l'Energia e l'Ambiente.

- **UNESCO**

Chair on Innovative Sustainable Clean Energy.

Accademia

- **FCH-JU**

Member, Scientific Committee, Bruxelles, 2018-2021

- **European Research Council ERC.**

Past Chair Panel PE08 Process and Production Engineering.

EU

- **Rolls-Royce**

Director Fuel Cell Systems University Technology Centre

- **Fincantieri**

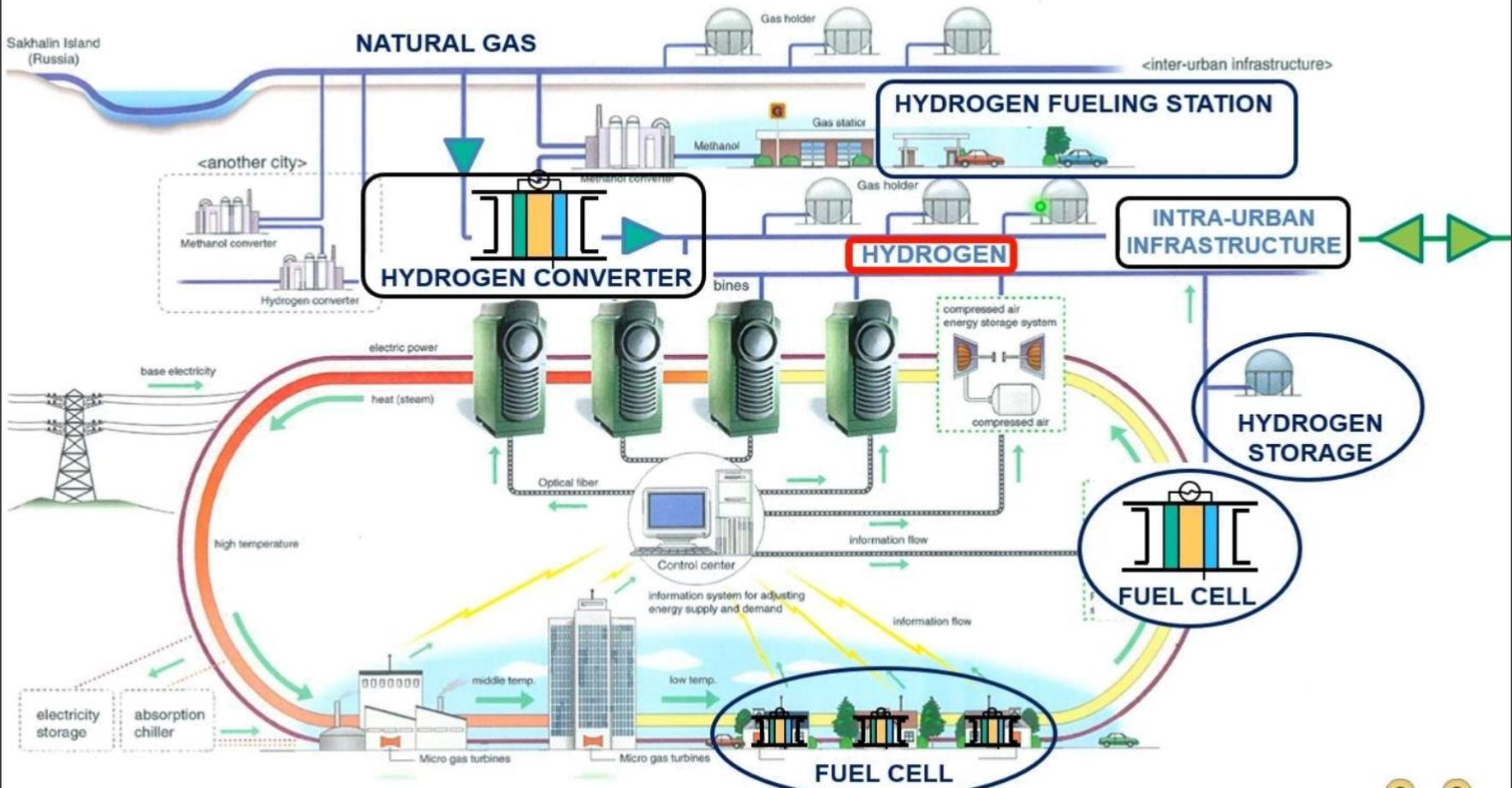
Director Joint Lab. "Hydrogen Initiative for Sustainable Energy Applications - HISEA".

Industria

- **Fondazione Ricerca e Imprenditorialità R&I**

Membro Comitato Scientifico.

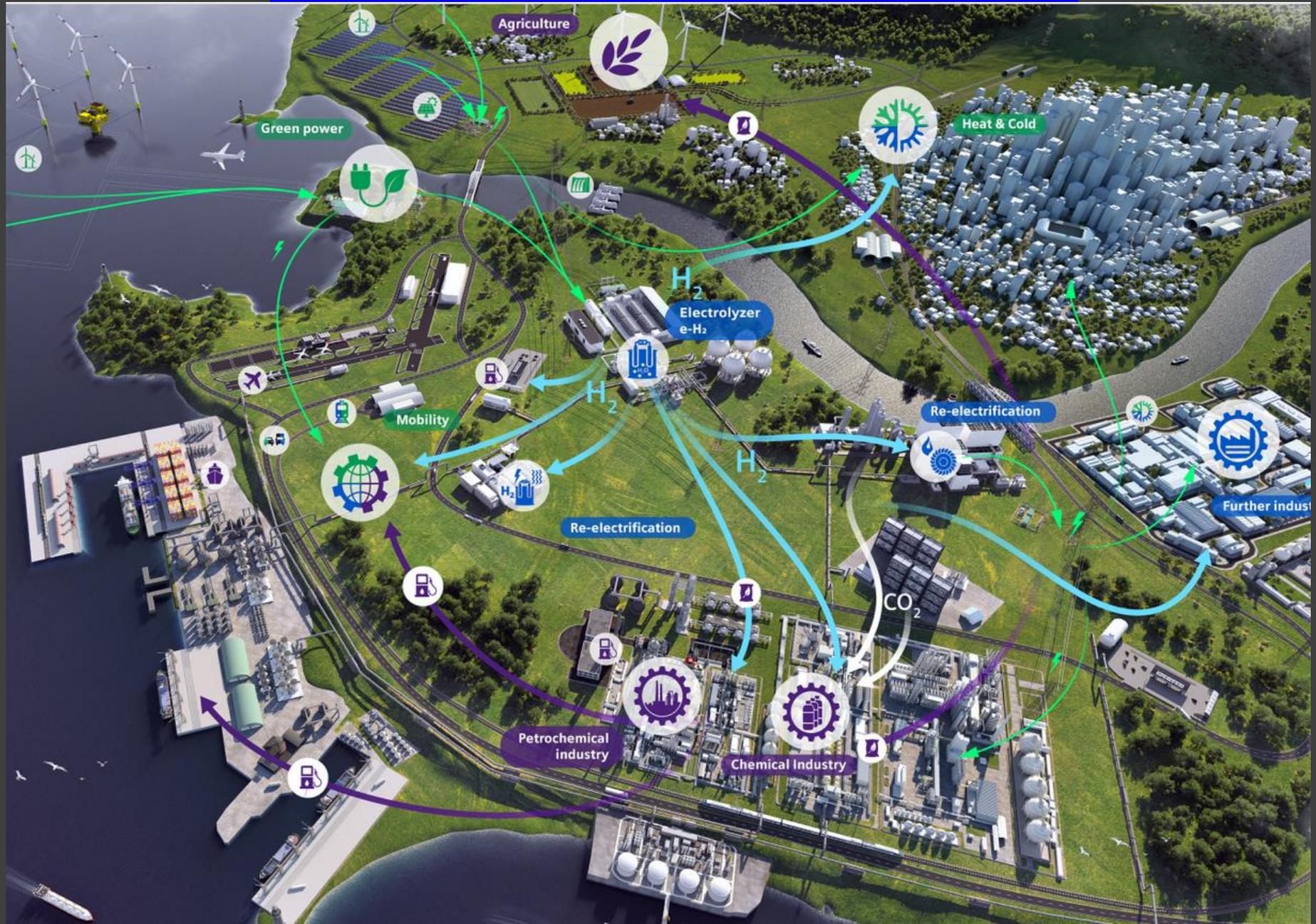
Trasferimento tecnologico



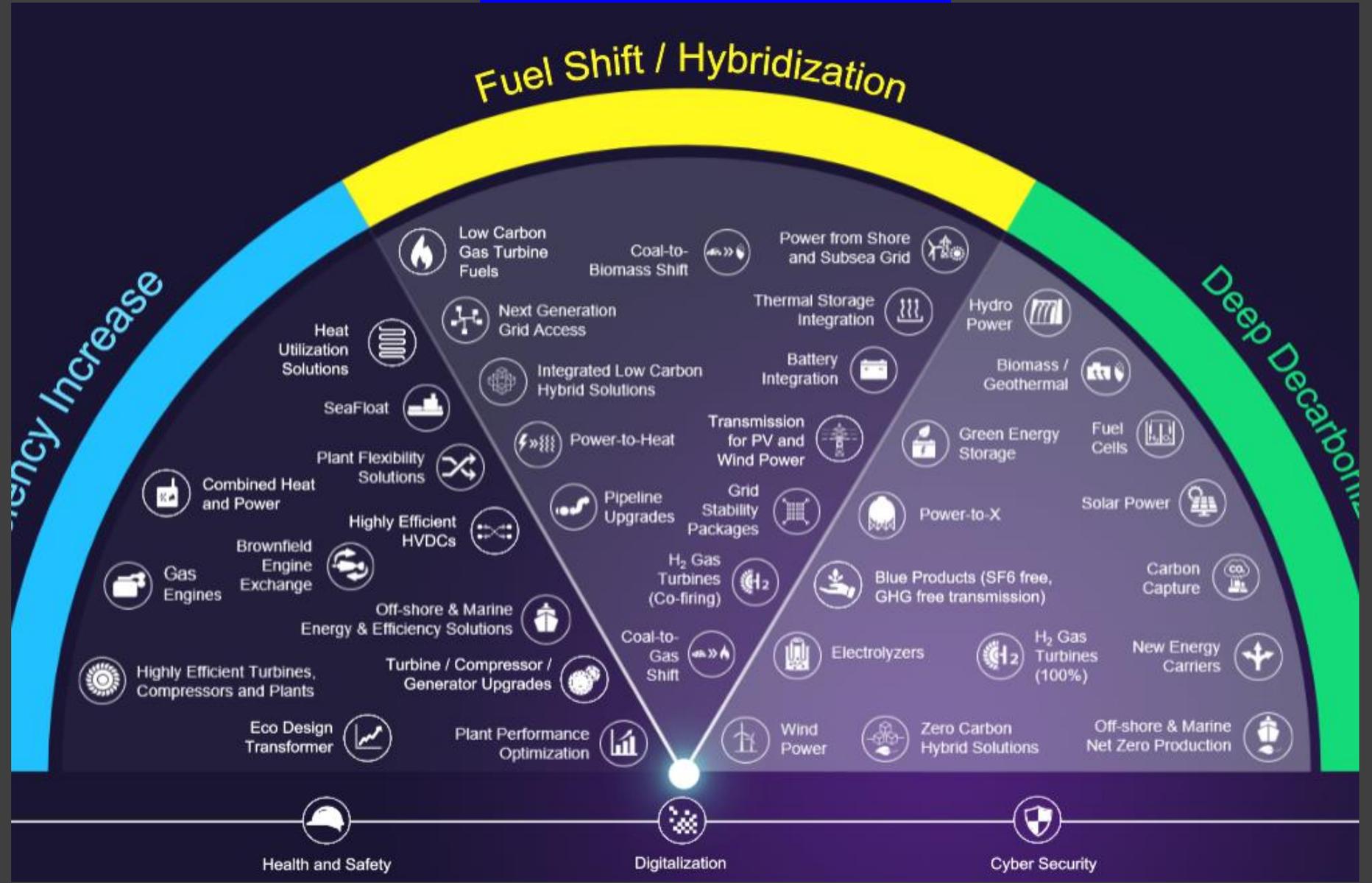
Mitsubishi Research Institute  
ca. 2000



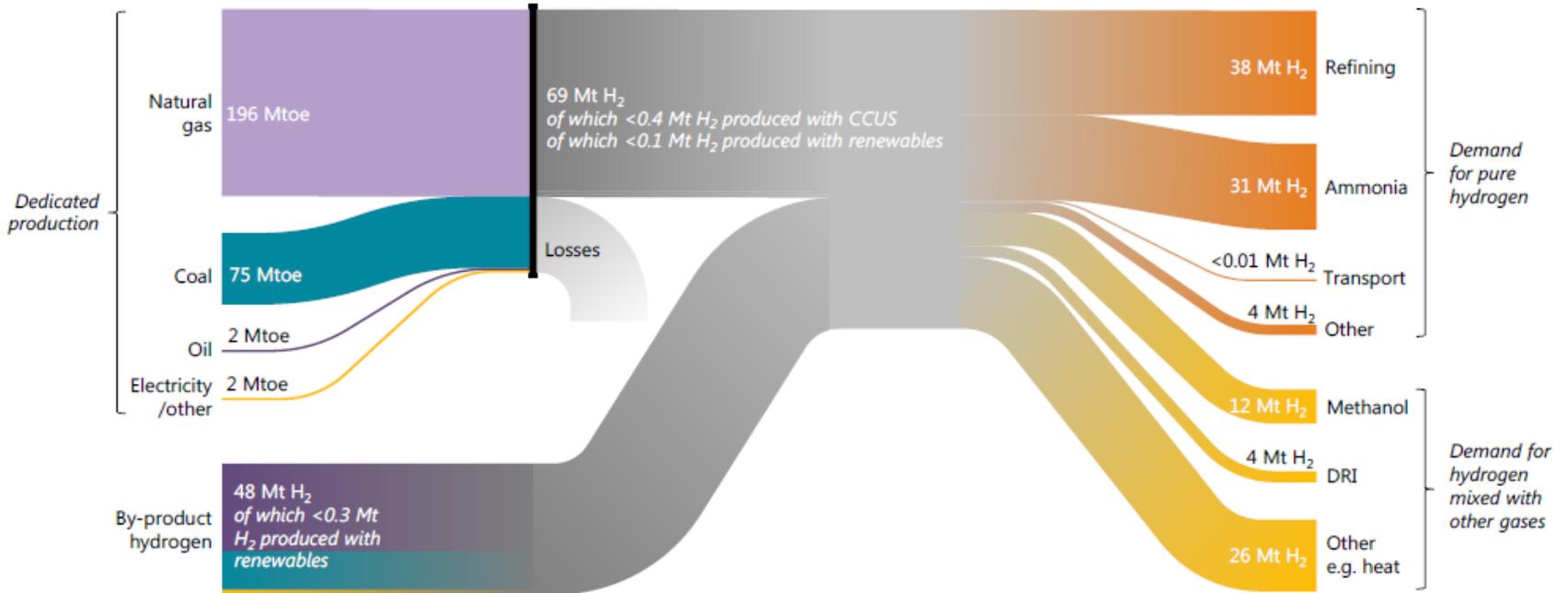
# Dove andiamo - Vision 2050



# Vision 2050



# Idrogeno oggi



## Produzione e domanda attuale di H<sub>2</sub>

- 2018 (Fonte: IEA): quasi tutta la produzione di idrogeno avviene ancora da combustibili fossili (circa 115Mt ovvero circa 14.000 miliardi di MJ anno).
- Gli usi dell'idrogeno sono soprattutto di tipo industriale e per la produzione di altri combustibili/chemicals.
- In ambito trasporti, l'idrogeno è ancora poco impiegato.

# Blue Hydrogen

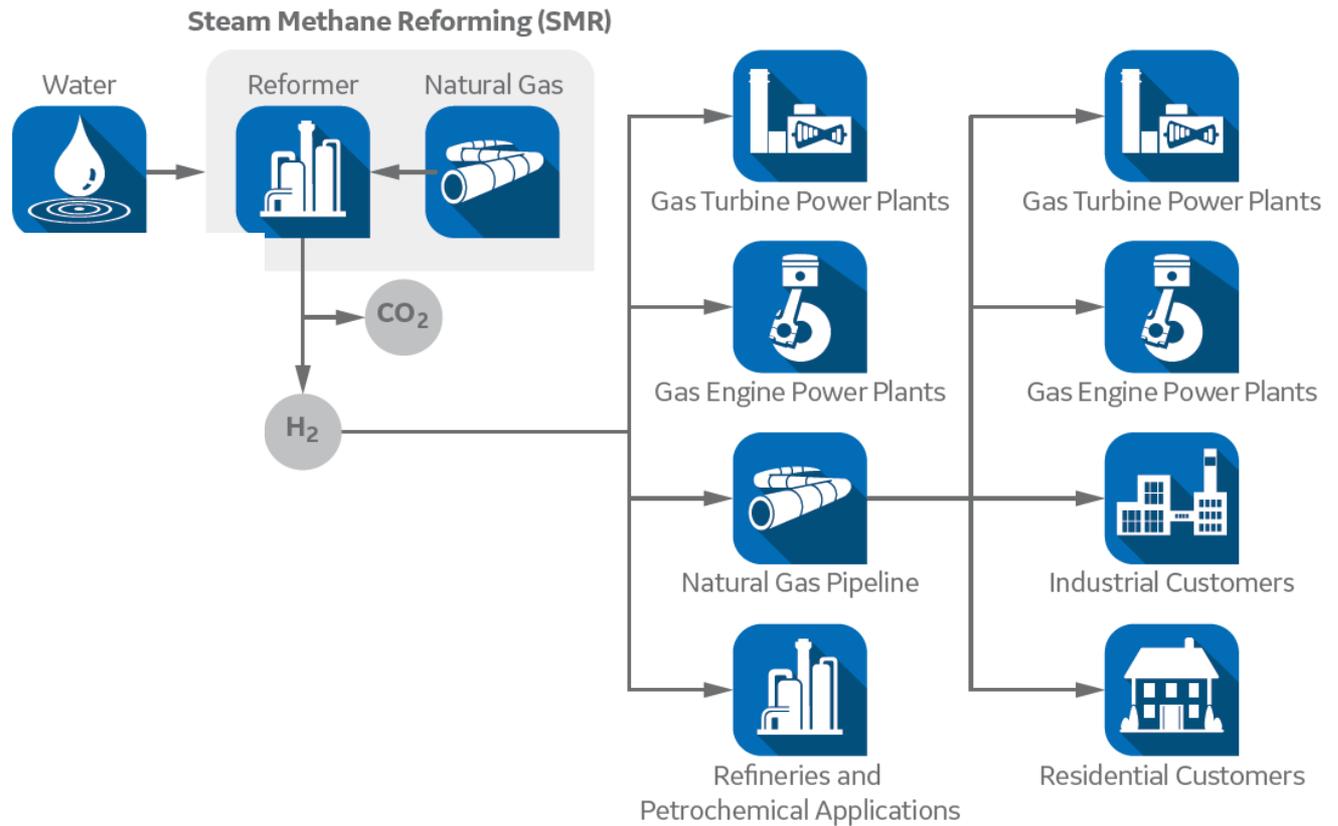


Figure 1: Power to hydrogen energy ecosystem concept.

# Green Hydrogen: mandatory

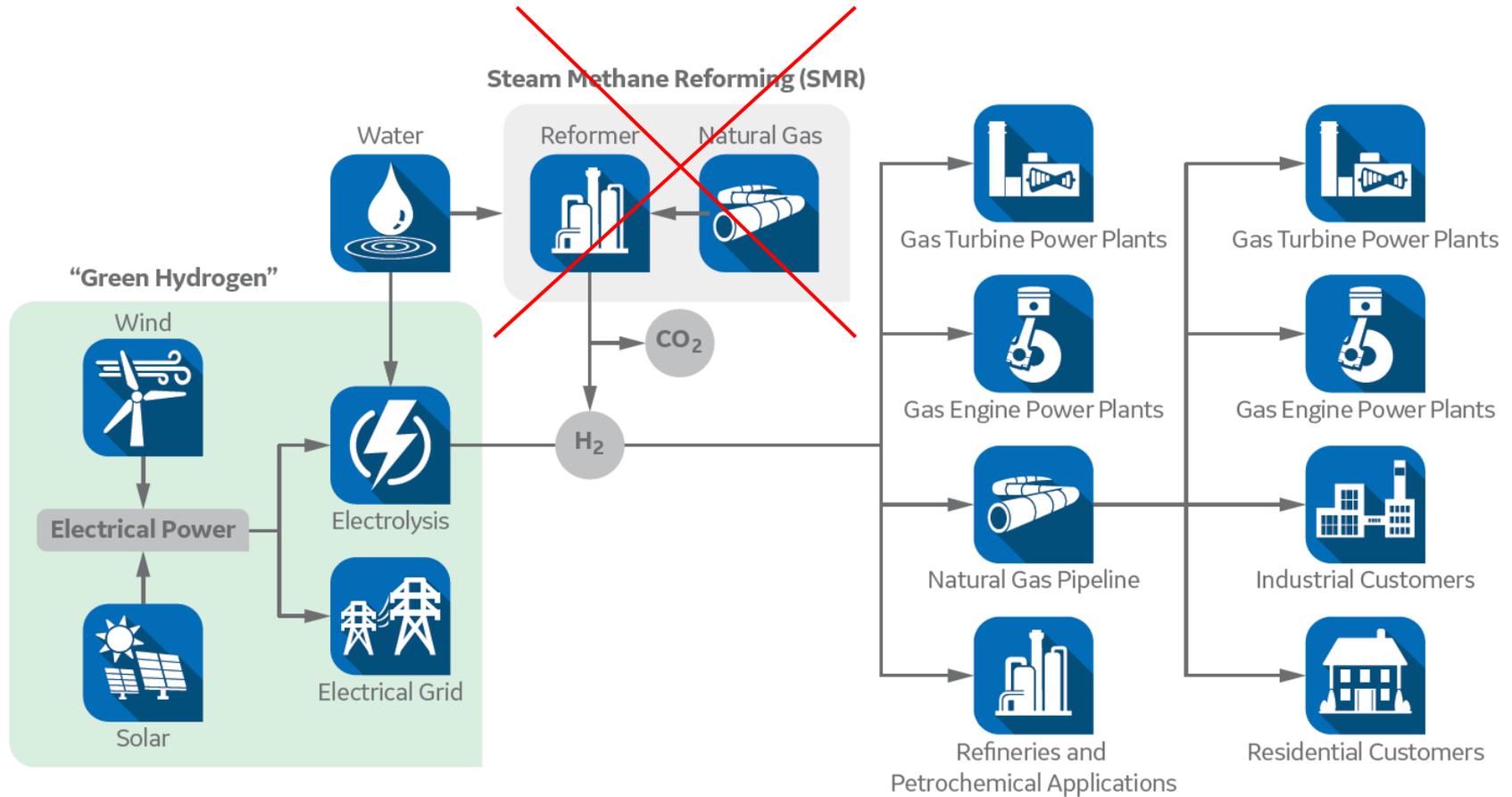


Figure 1: Power to hydrogen energy ecosystem concept.

# Green Hydrogen: mandatory

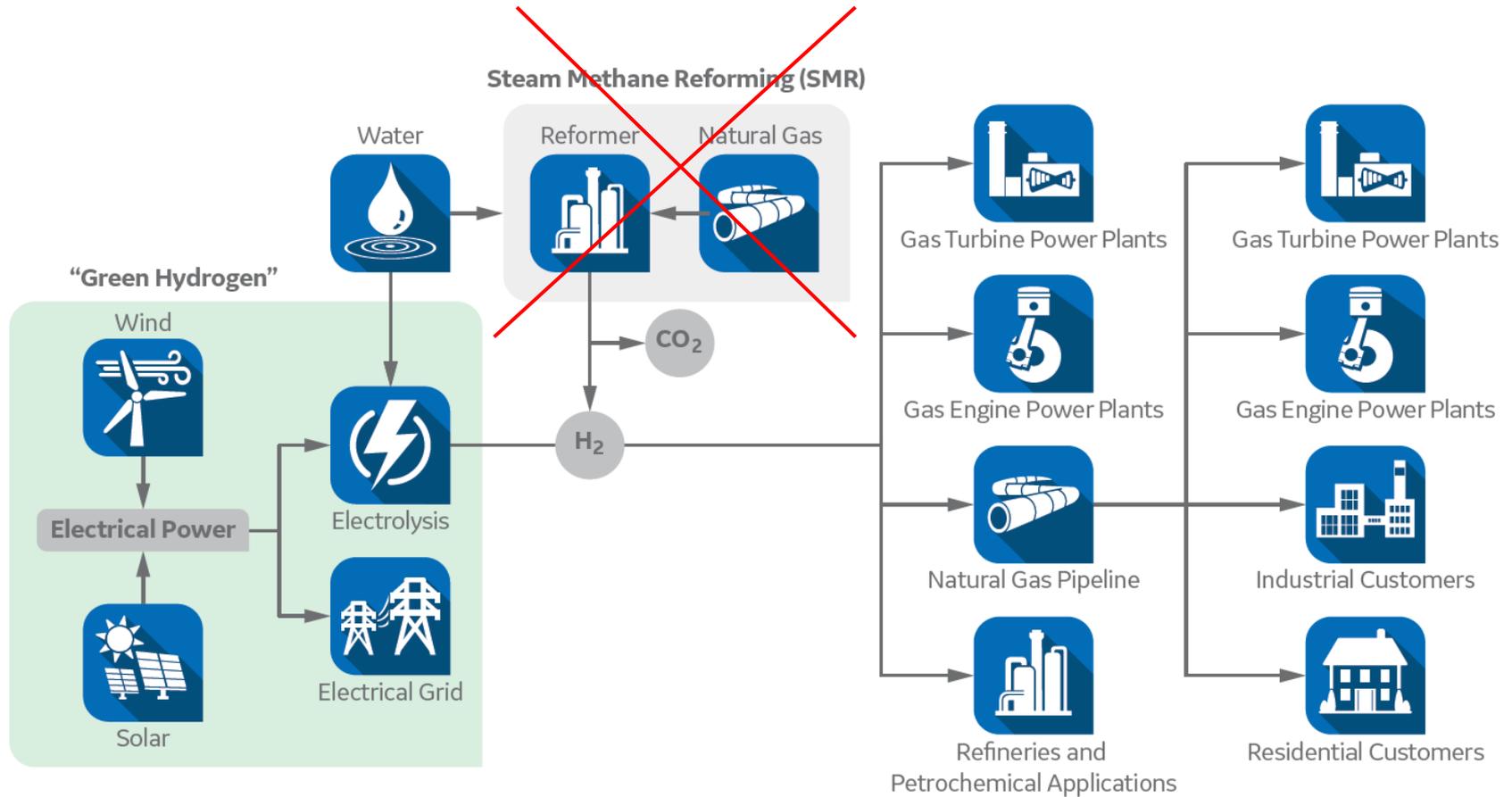


Figure 1: Power to hydrogen energy ecosystem concept.

Tre esempi applicativi non banali

# (1) Sistema elettrico nazionale (ed europeo) Fattori chiave nella transizione energetica e importanza dell'idrogeno verde

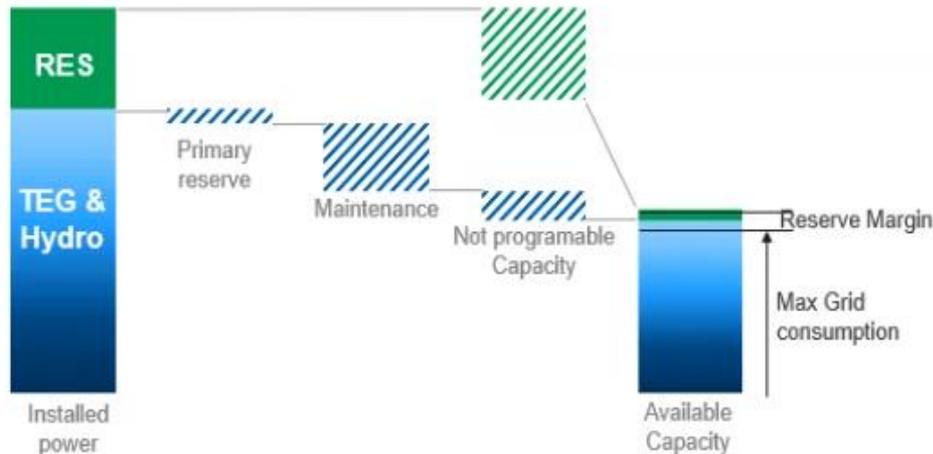


Renewables and storage are key players in achieving Paris agreement target, but...



...Stability, quality and safety of supply (Grid Adequacy) is mandatory. **Installed Vs Available**

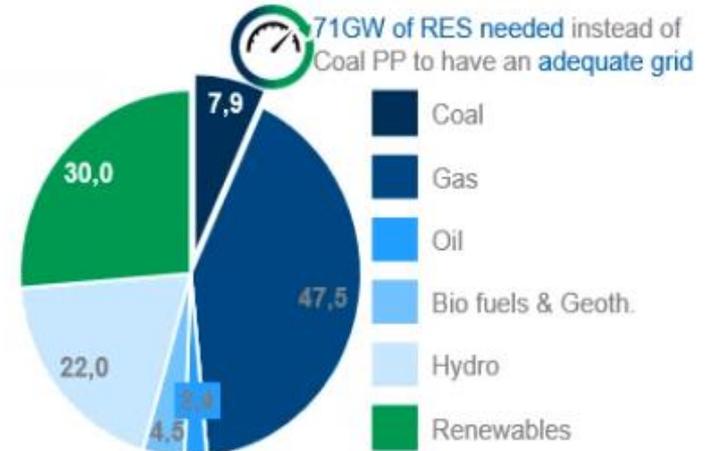
Installed and available power in Italy @ 2018, Terna



Italian reserve margin grid evolution



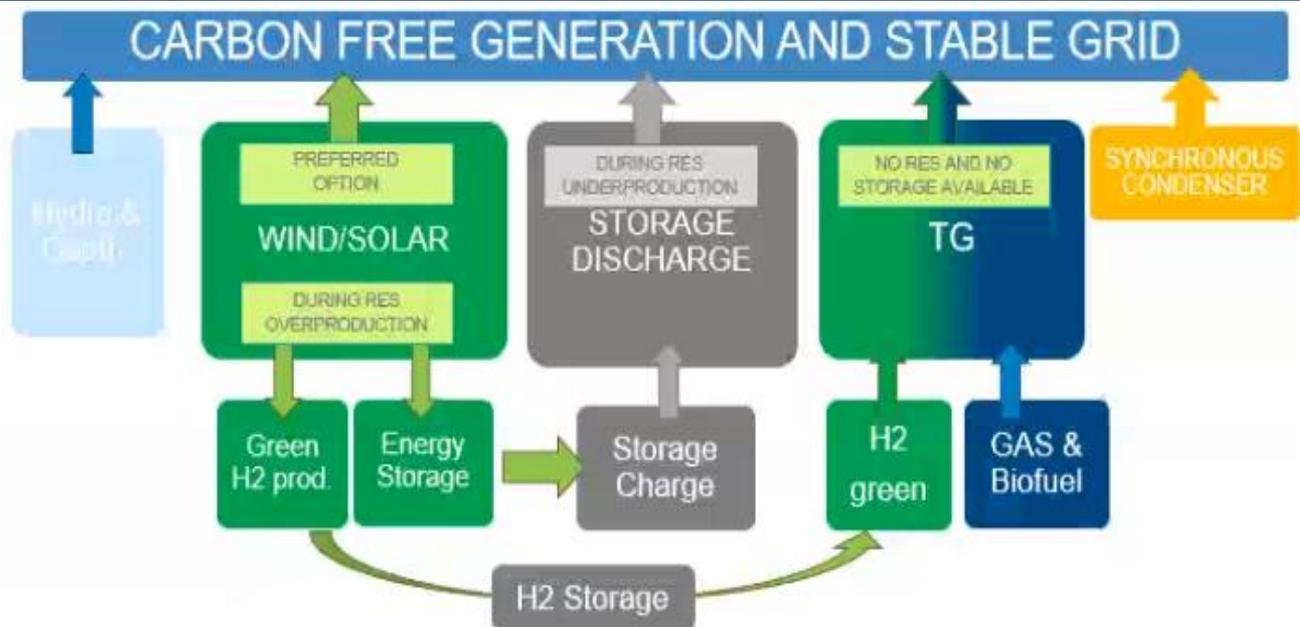
Installed power [GW] by sector in Italy @ 2018, Terna



Predictable Energy system is mandatory to have a stable grid

# (1) Sistema elettrico nazionale (ed europeo) Fattori chiave nella transizione energetica e importanza dell'idrogeno verde

Italian installed capacity  
scenario, 2025 forecast [GW]



- Support coal phase out (EU27 produced 595 TWh of electricity from coal or derivative in 2018\*)
- Enable a Reliable, Resilient grid, supporting RES unpredictability
- Enable Gas Fired Power Plant 2<sup>nd</sup> life, by Retrofitting Hydrogen ready solutions and become carbon neutral thanks to green hydrogen

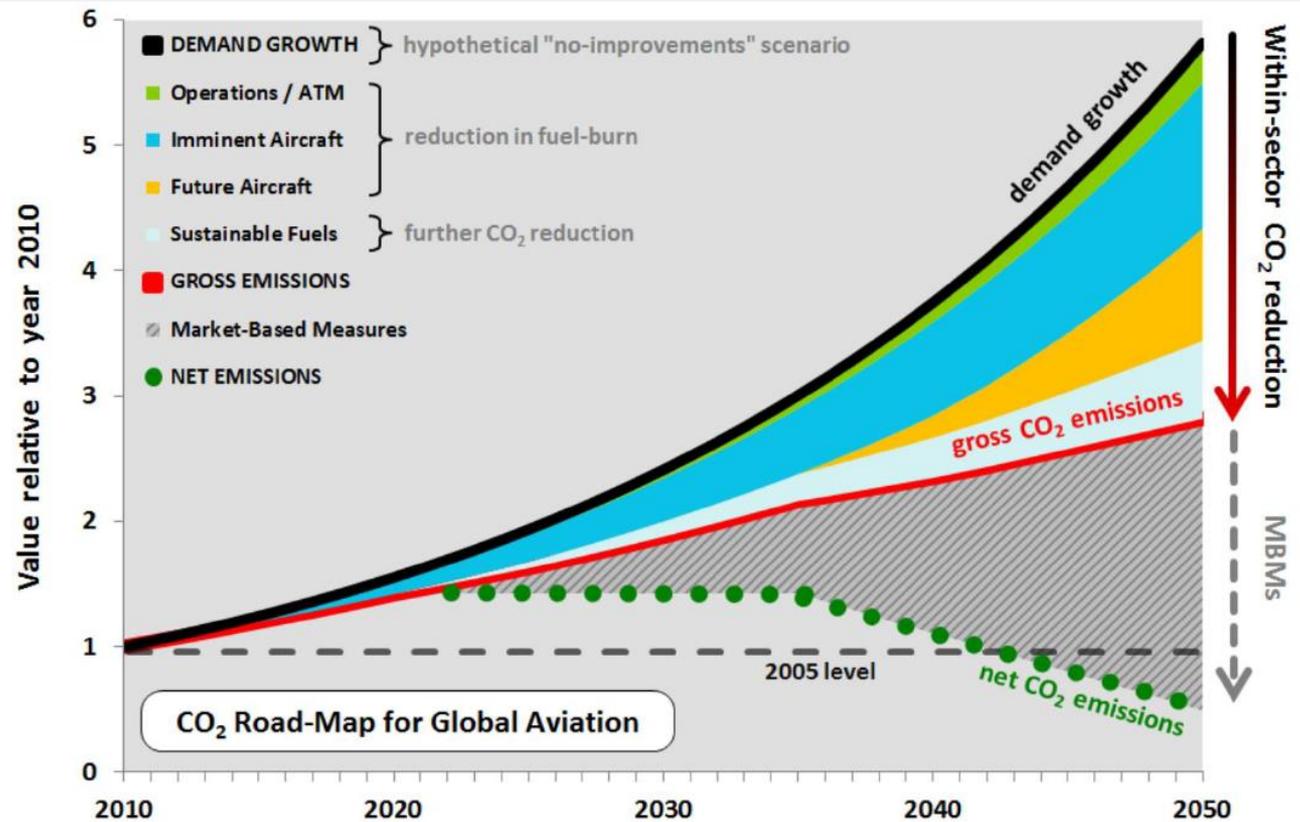
\* Eurostat

## (2) L' idrogeno nel trasporto aereo



No silver bullet exists

Concerted effort on a number of fronts is required



Source: Sustainable Aviation

Fuel Cell Systems  
University Technology Centre



# (2) L idrogeno nel trasporto aereo



3x the energy density but occupies  
4x the volume of kerosene



**GH2**  
requires specialist pressurised (700 bar) heavyweight storage tanks



**LH2**  
requires complex pressure and thermal management



Certification & Safety for flight



Operational implications, e.g. increase in aircraft turnaround times

## Technical challenges and considerations of flying hydrogen

# (3) L'idrogeno nel trasporto marittimo

**FINCANTIERI**  
The sea ahead



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI GENOVA

**Il settore marittimo include target molto diversi**



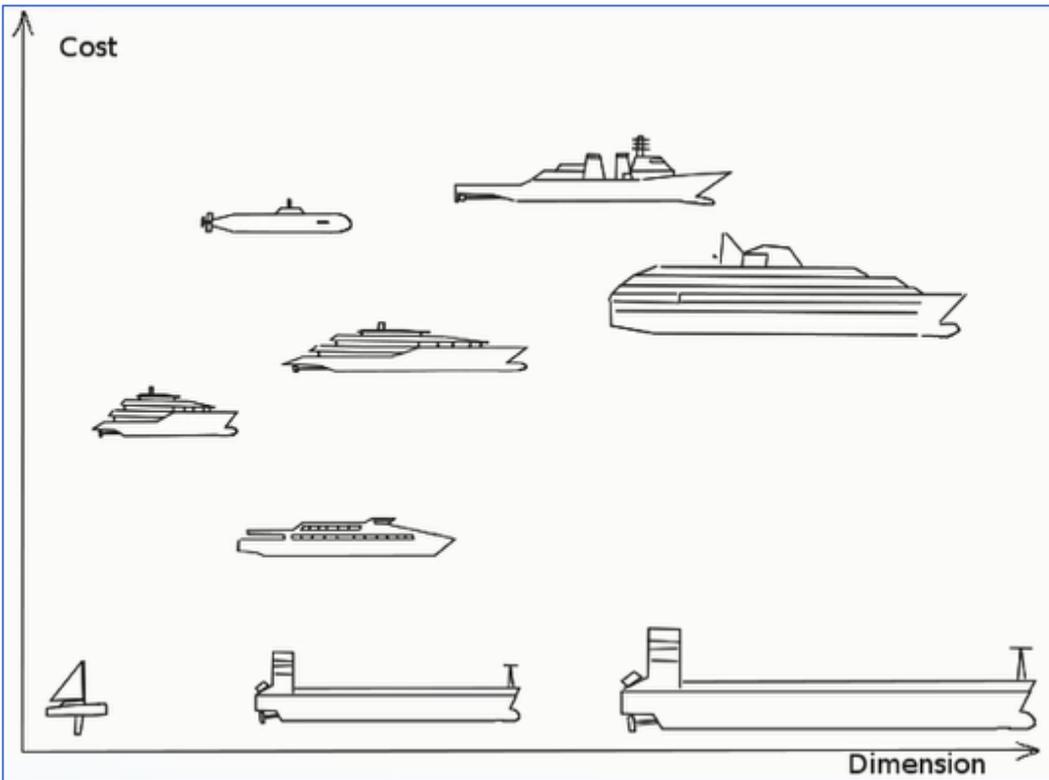
- **Potenze richieste molto variabili** (da pochi kW sino a decine di MW)
- **Differenti applicazioni** (trasporto passeggeri, trasporto merci, navi militari, yachts) e **pertanto differenti esigenze**
- **Differenti zone di navigazione** (IMO)

## Parametri chiave

- Tipologia di nave
- Tempi di permanenza nei porti
- Navigazione nelle aree protette

## Parametri da considerare

- Tempi di avvio e di risposta
- Confronto con motori diesel
- Silenziosità
- Spazi disponibili a bordo
- Costi



# **Finanziamento della ricerca nel settore idrogeno**

- inizio anni 2000: **FISR** per oltre **120 M€**;
- molte iniziative locali (regionali) spesso ripetitive e senza adeguata forza propulsiva in particolare nel trasferimento tecnologico anche se utili per PMI e start-up.
- **MISE** in anni recenti; **Ricerca di Sistema** (RdS) verso H2 ? **PNRR** .
- **H2020 e Horizon Europe**: ottimi finanziamenti continui nel tempo, ma molto competitivi. Nuove attività internazionali (vedi Enea)
- Necessità di **maggiore coinvolgimento di finanziamenti privati** continui nel tempo **non solo ad effetto spot**.
- Necessità di **costituire centri nazionali** «non basati su logiche localiste e politiche» ma sulle reali competenze sinergiche sia per la **formazione** (Dottorato di ricerca nazionale) sia per la **ricerca per competere a livello internazionale**.
- Favorire il trasferimento tecnologico con una reale politica di supporto strutturato nel difficile settore delle **start-up innovative ad alto contenuto di investimenti del settore energetico** ( in ICT costi limitati, vedi sviluppo di app).

**Associazione Macchine e Sistemi per l'Energia e l'Ambiente (AIMSEA):**  
**capacità di ricerca e sviluppo**

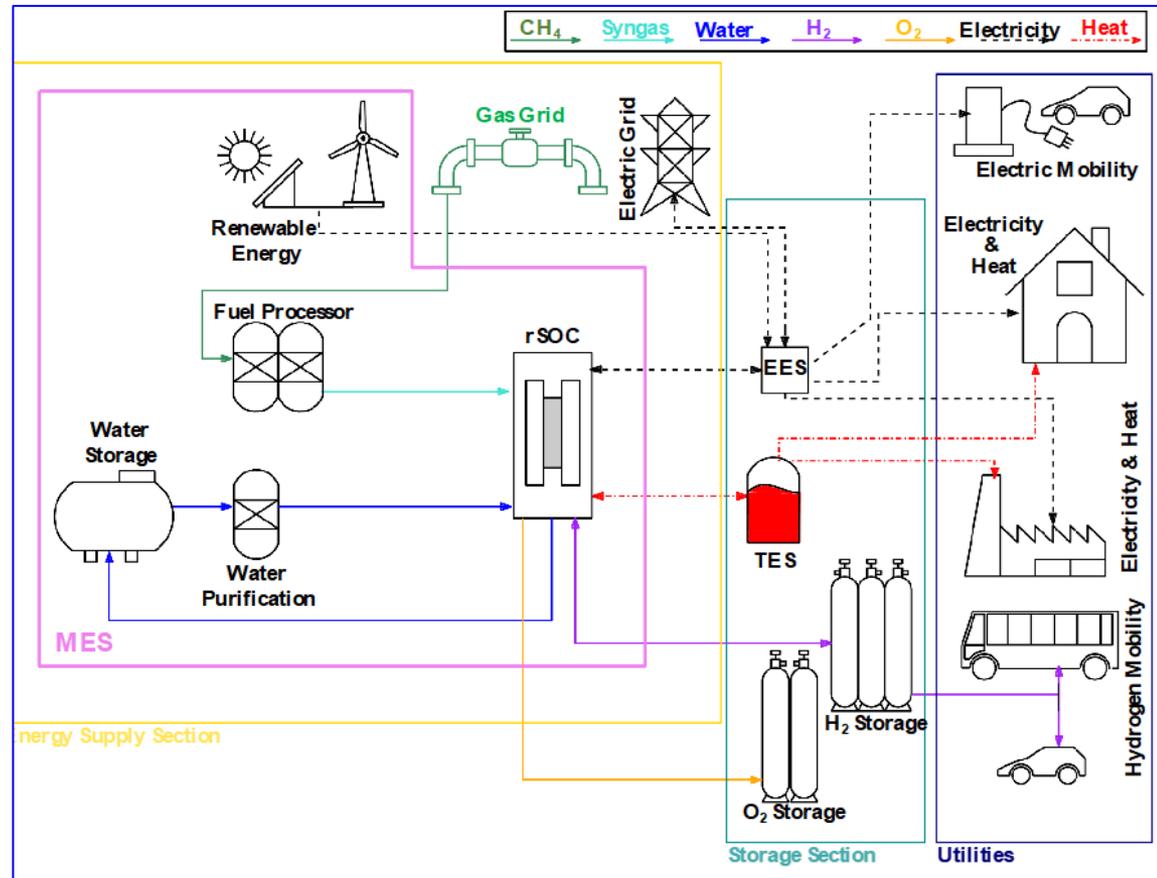
- Generazione elettrica da fonti rinnovabili e integrazione con il sistema elettrico e le tecnologie di accumulo.
- Decarbonizzazione del sistema energetico (industriale, trasporti, elettrico, ecc.).
- Power to XX to Power, Heat to XX to Heat, Power to gas to Power ecc.
- Celle a combustibile ed elettrolizzatori a bassa ed alta temperatura (PEM, SOFC, ecc.) per applicazioni stazionarie, mobili, con biofuels, e-fuels, ecc.
- Analisi termoeconomiche ed environomiche di sistemi complessi basati sulla tecnologia H<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub>
- Impiego di ammoniaca ed altri e-fuels in celle a combustibile, turbine a gas, motori a combustione interna, bruciatori per applicazioni stazionarie e mobili.
- Utilizzo di idrogeno e Fuel Cells in ambito navale, portuale, ferroviario, aereo.
- Integrazione dei sistemi H<sub>2</sub> in reti elettriche complesse e accumuli.
- Elettrificazione vs. Idrogeno dei sistemi di trasporto.
- Sistemi ibridi reversibili
- Molte altre competenze .....

# HERMES

## HIGH EFFICIENCY REVERSIBLE TECHNOLOGIES IN FULLY RENEWABLE MULTI ENERGY SYSTEMS

*This Project has received funding from the Italian Ministry of University, MUR, as Project of national interest, PRIN 2017F4S2L3*

**Objective:** Design of an advanced Multi-Energy System (MES), which smartly integrates reversible solid oxide high-temperature cells with up to 100% renewable energy power generators (e.g., PV panels, wind (micro-)turbines, etc.) and storage systems (i.e., fuel tanks, batteries, etc.). The integrated use of Reversible Solid Oxide Cells could be the paradigm of future integrated energy systems, featuring zero harmful emissions and carbon footprint, with capability of levelling discontinuous production of renewable energy systems while coping with dynamic power requests for flexible and smart grid implementation.



# Progetto Nazionale di Ricerca TecBIA Finanziamento MISE (2018 – 2021)

Sviluppo di un'imbarcazione **Zero Emission Ship (ZEUS)** con sola propulsione a celle a combustibile PEM (120 kW) alimentate da idrogeno stoccato a bordo (50 kg in forma di idruri metallici) e integrate con batterie.

Il sistema, in fase di test nel laboratorio HI-SEA, sarà installato e testato a bordo dell'imbarcazione ZEUS (circa 25 m) appositamente progettata e costruita nel cantiere Fincantieri di Castellamare di Stabia in modo da rispettare anche le future normative H<sub>2</sub>.

**FINCANTIERI**  
The sea ahead



**CETENA**  
S.p.A.

**Consiglio Nazionale delle Ricerche**

**RI&A**



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA



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



**“There’s not much hydrogen in hydrogen”**

## **IL FASCINO DELL’AMMONIACA**

**NH<sub>3</sub> come sistema di accumulo di idrogeno carbonfree**

**Hydrogen Combustion – The fun part!**

**CH<sub>4</sub>-Air  
Stable Swirl  
Flame**



**85%H<sub>2</sub>-15%N<sub>2</sub>-Air  
Swirl Flame Flashback  
Event**



**Ammonia Combustion – A Completely Different Fuel**

**Fully Premixed 70%<sub>vol</sub> NH<sub>3</sub>  
- 30%<sub>vol</sub> H<sub>2</sub>**



**100% NH<sub>3</sub> Diffusion  
Flame**



**Nota: per ragioni di tempo non parlo di NH<sub>3</sub> e celle a combustibile dove ci sono interessantissime attività di ricerca in corso**

# Progetti Horizon 2020

**FLEXnCONFU Consortium**  
The FLEXnCONFU project consortium is composed of 21 partners

# FLEXnCONFU

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



**Pillar 1**  
Use of non-conventional fuels in gas turbines combined cycle power plants for flexibility needs and higher environmental sustainability.

Gas turbine based generation systems offer efficient energy conversion solutions to meet the challenge of fuel diversity while maintaining superior environmental performance. FLEXnCONFU evaluates the hydrogen and ammonia combustion performances by conducting a test campaign at Cardiff University combustion laboratory considering different ammonia/methane/hydrogen blends. Tests outcomes will allow a deeper understanding of the modifications required on the gas turbines for ammonia and hydrogen combustion.



**Pillar 2**  
Integration and demonstration of Power to X systems in real power plant.

Combined energy and storage technologies, such as Power to X, represent promising solutions for current multi-dimensional balancing challenge (temporal and spatial grid balancing). FLEXnCONFU will explore the path of carbon-neutral feature producing cleaner gases that can be used as a fuel.



**Pillar 3**  
Development of proper grid oriented control strategies.

To efficiently align power plants' flexibility with grid balancing need in the electrical market framework, FLEXnCONFU promotes an innovative grid oriented controller, driven by the electrical market conditions, aiming to match the requests of the grid with properly managed Power to X systems producing hydrogen and ammonia.



**Pillar 4**  
Promotion of a hydrogen and ammonia energy society.

In line with the Clean energy for all Europeans package, FLEXnCONFU contributes to the establishment of a green hydrogen economy.

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 101017113.

Think out of the box !!





**76° CONGRESSO NAZIONALE ATI**  
ROMA 15/17 SETTEMBRE 2021

**TRANSIZIONE ECOLOGICA E DIGITALE:**  
Il ruolo dell'energia



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Facoltà di Ingegneria Civile  
e Industriale

# GREEN HYDROGEN

Programmi e obiettivi

***Grazie per la vostra gentile attenzione***

**La ricerca accademica  
nella transizione energetica ambientale**

Aristide Fausto Massardo

[www.tpg.unige.it](http://www.tpg.unige.it); [massardo@unige.it](mailto:massardo@unige.it)