

05 novembre 2020



REGIONE SICILIANA



«La filiera dell'Idrogeno: stato attuale e prospettive»



Luigi Crema, Responsabile ARES - Fondazione Bruno Kessler

IDROGENO Contesto internazionale

2016

Meeting di Davos, si forma **L'HYDROGEN COUNCIL**. Iniziativa globale rivolta all'industria industriale e con una visione a lungo termine per l'idrogeno a supporto della transizione energetica;

2018

Viene lanciata dall'Australia l'Innovation Challenge 8 sul tema dell'idrogeno, parte del programma di lavoro di **MISSION INNOVATION** a cui partecipa anche l'Italia.

LINZ HYDROGEN INITIATIVE: Iniziativa proposta dalla Presidenza Austriaca e sottoscritta dai Ministri Europei dell'Energia per supportare il tema dell'idrogeno da parte dei paesi membri;

Confermato nuovo programma sull'Idrogeno "**CLEAN HYDROGEN FOR EUROPE**" a continuazione della piattaforma FCH JU, prosegue il supporto a R&I per l'idrogeno fino al 2030;

2019

L'idrogeno entra tra i temi delle Strategic Value Chains sui quali si valuta il supporto agli **IPCEI – IMPORTANT PROJECTS OF COMMON EUROPEAN INTEREST**;

2020

L'Europa pubblica **L'HYDROGEN STRATEGY** e
lancia la **CLEAN HYDROGEN ALLIANCE**

Iniziative politiche e strategiche **ITALIA**

2016

Con il **decreto legislativo 16 dicembre 2016, n. 257** - l'Italia recepisce la Direttiva 2014/94/UE sulla realizzazione di una infrastruttura per i combustibili alternativi - **DAFI**

2018

L'Italia partecipa a **MISSION INNOVATION**: IC8 – Renewable and Clean Hydrogen Innovation Challenge e firma la **LINZ HYDROGEN INITIATIVE**

L'Italia è coinvolta nella fase esplorativa per l'avvio di **IPCEI** sull'idrogeno

"Regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio degli impianti di distribuzione di idrogeno per autotrazione" **DECRETO DEL MINISTERO DELL'INTERNO DEL 23 OTTOBRE 2018**

2019

L'idrogeno viene incluso nel **PNIEC** in tutte le dimensioni, in particolare si prevede che l'1% del target FER per i trasporti. Il MISE lancia **TAVOLO IDROGENO** coinvolgendo le aziende del settore.

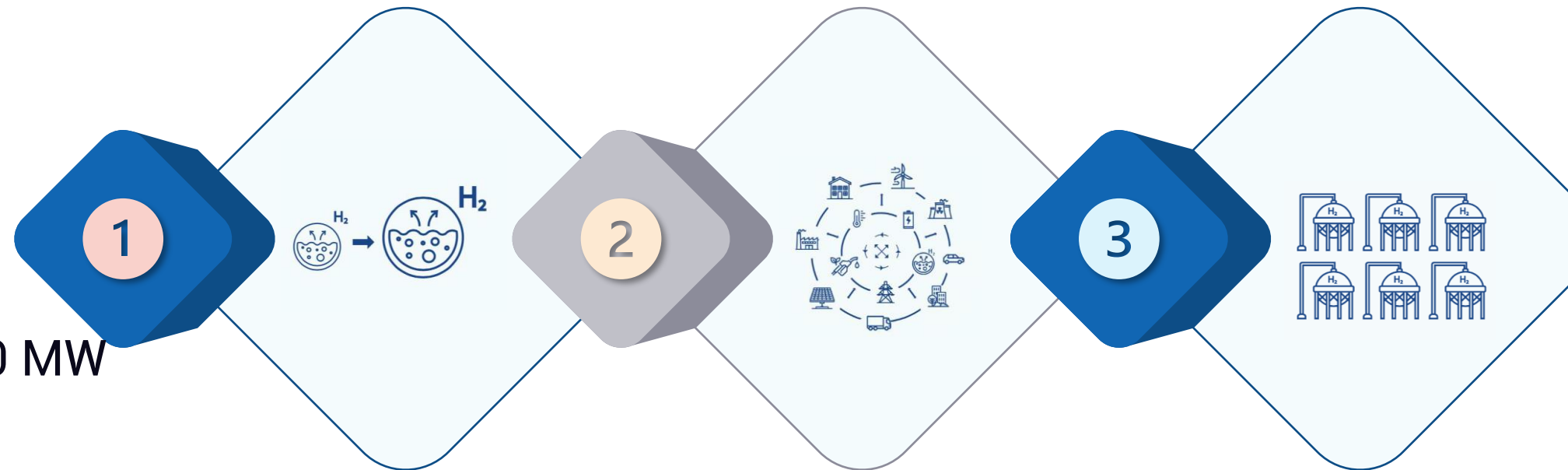
2020

Patuanelli: «Tra la manovra di bilancio di dicembre e le risorse del Recovery Plan non potranno esserci meno di **3 miliardi** per l'Ipcei per l'idrogeno»

European Hydrogen Strategy 7 luglio 2020

Today - 2024

- 6 GW elettrolizzatori
- 1 Milioni di t H₂ verde
- Elettrolizzatori fino a 100 MW
- Produzione vicino alla domanda



2030-2050

- Maturità tecnologica e sviluppo su larga scala
- ¼ dei consumi energetici rappresentati dall'idrogeno verde.

2025-2030

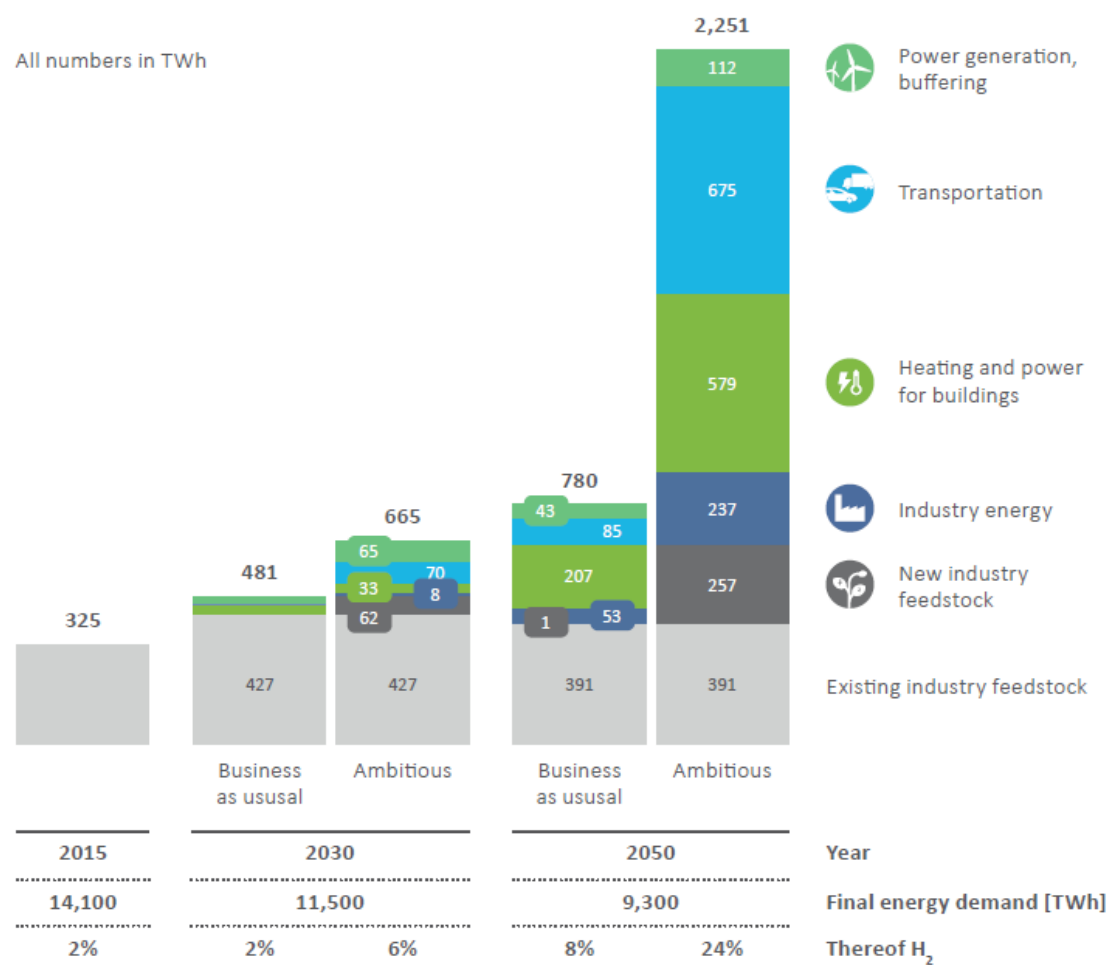
- Decarbonizzazione settori industriali
- Sviluppo di H₂ valleys
- 40 GW di elettrolizzatori e 10 Milioni di t H₂ verde
- Sviluppo dell'infrastruttura logistica e delle stazioni di rifornimento
- Mercato dell'idrogeno aperto e competitivo

Already in 2030, the use of hydrogen will be more than doubled to 665 TWh, compared to 2015 use

Hydrogen gas infrastructure backbone to transport large amounts of H₂ from the solar and wind RES areas throughout Europe including Ukraine



All numbers in TWh

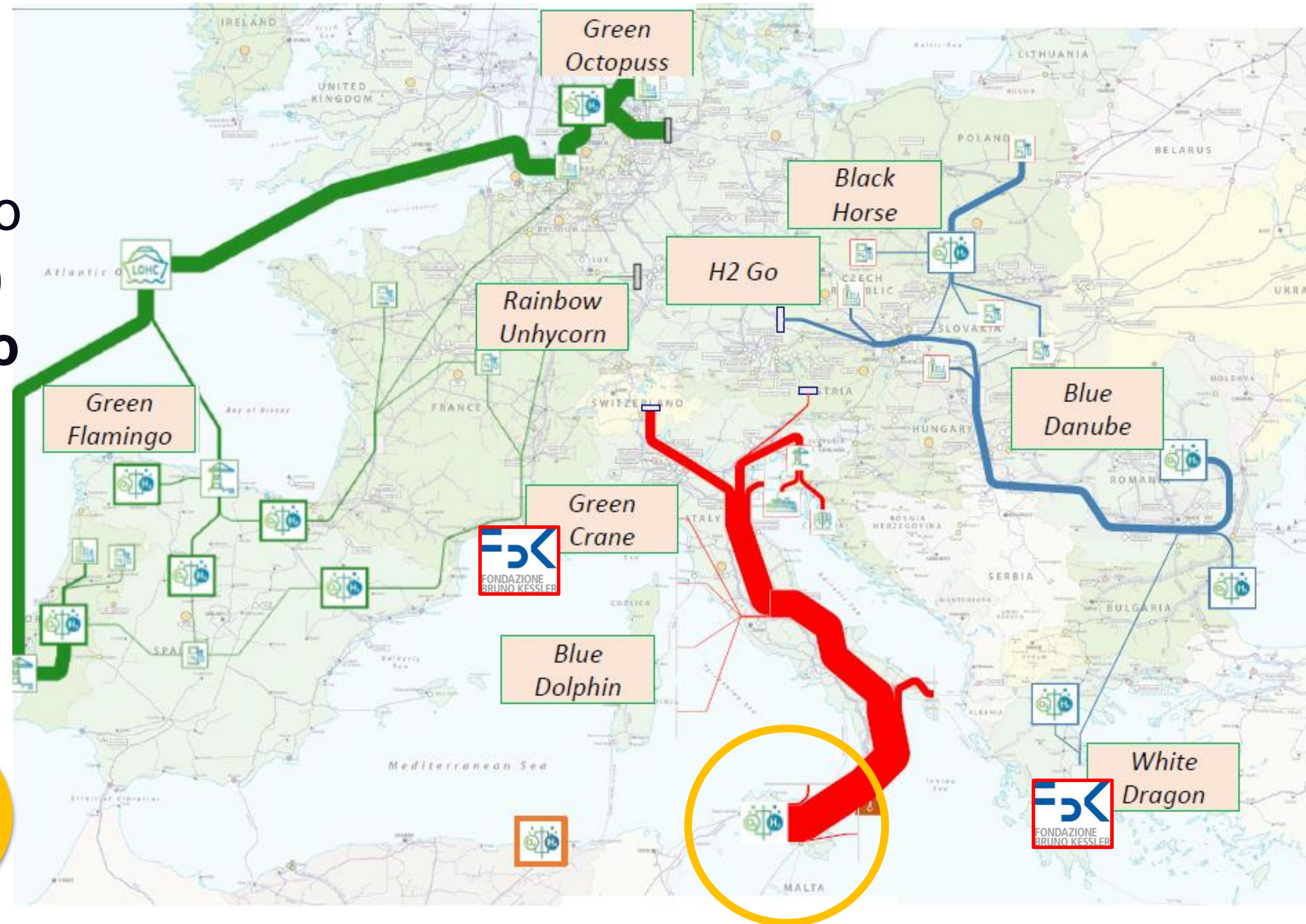


IPCEI Important Projects of Common European Interest

- **Grandi Progetti** transfrontalieri
- **Chi è coinvolto:** coloro che hanno inviato l'EoI al MISE (30 Progetti)
- Commitment dello **Stato Membro**
- **Filiera strategica Europea**

Fase di avvio NOVEMBRE 2020

1st wave



L'IDROGENO ESSENZIALE PER DECARBONIZZARE L'EUROPA

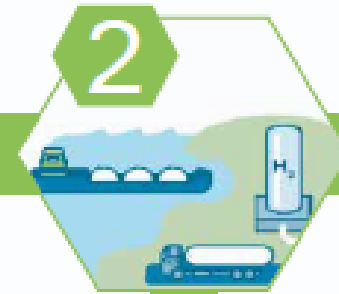
Abilita il sistema energetico rinnovabile

Decarbonizza i consumi

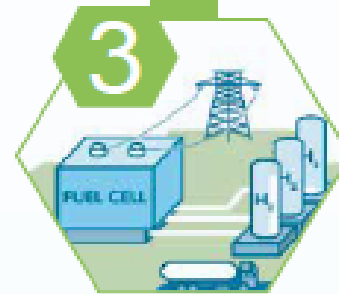
Abilita l'integrazione di larga scala delle rinnovabili e la generazione energetica



Distribuisce energia attraverso i settori e le regioni



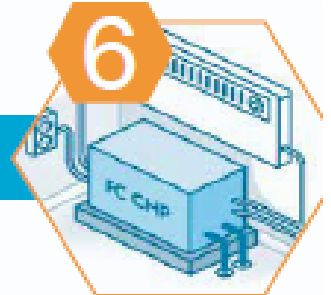
Agisce come un buffer per aumentare la resilienza dei sistemi



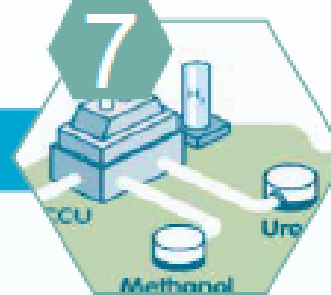
Aiuta a decarbonizzare i trasporti



Aiuta a decarbonizzare il consumo energetico industriale

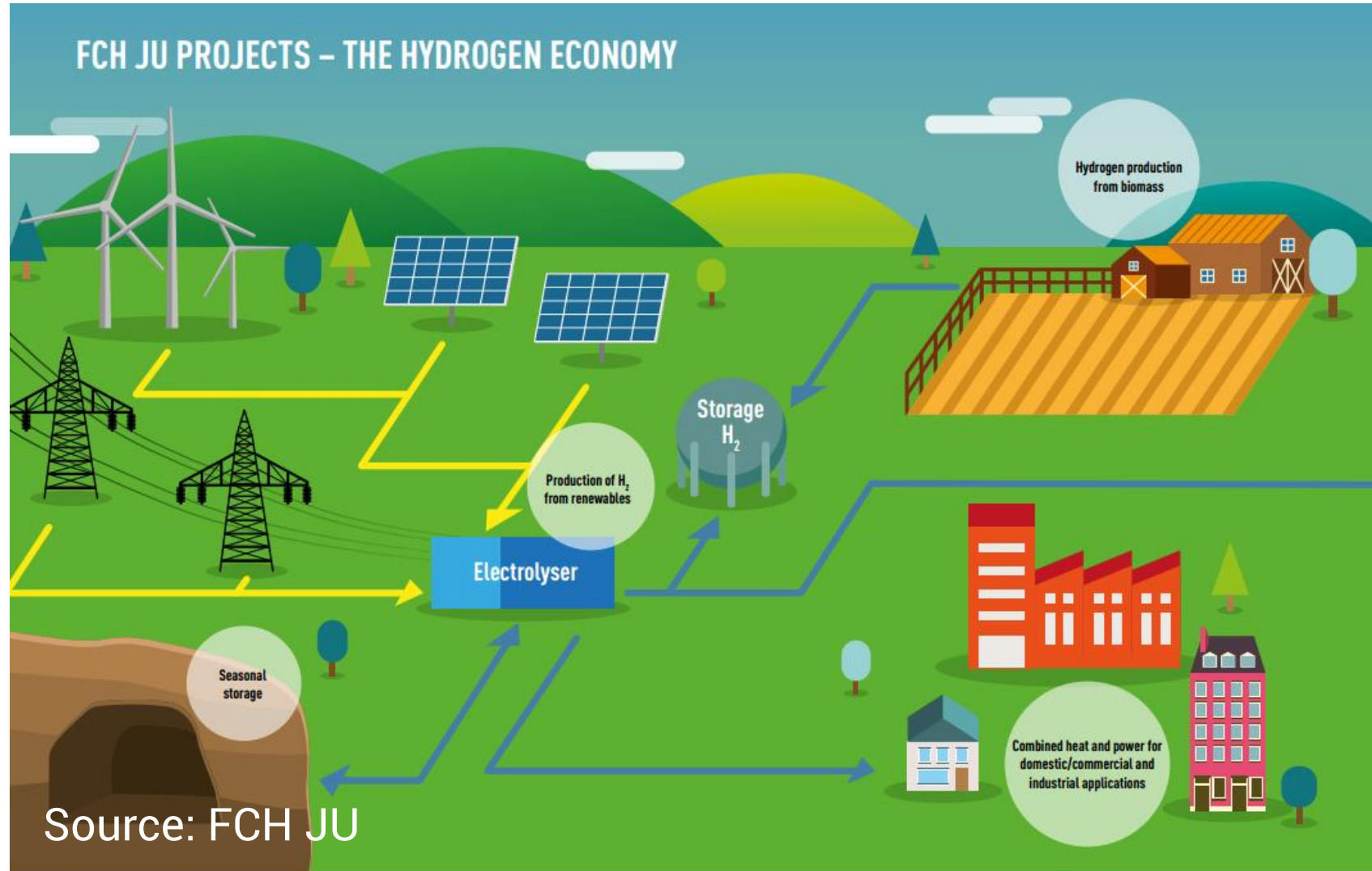


Aiuta a decarbonizzare il calore e l'elettricità domestica



Fornisce riserva rinnovabile: acciaierie, raffinerie, chimica

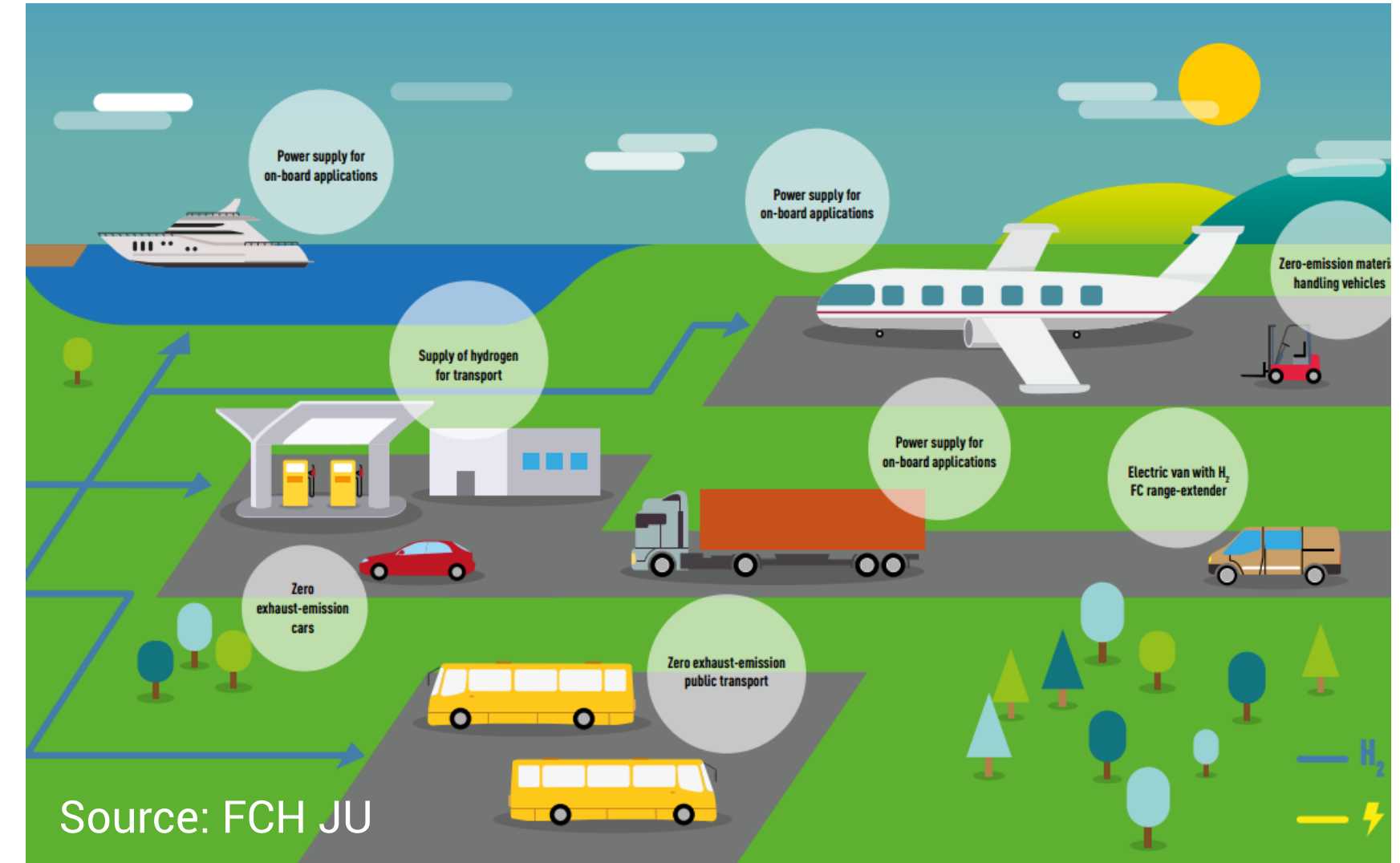
La visione Europea dell'Idrogeno



Produzione di Idrogeno Verde

Diverse tecnologie disponibili sul mercato: PEM, ALK, SOE, AEM

Costi: <400€/kW (scala > 100-MW), Efficienza: > 75%



Usi finali

Aiutare a decarbonizzare i settori difficili, tra cui i trasporti pesanti, industria pesante e il consumo termico invernale, tra tutti

Idrogeno nei piani della UE e dei Paesi Membri

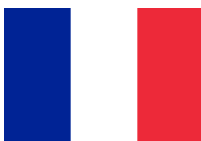
Principali Target



Luglio 2020



Maggio 2020



Settembre 2020



Luglio 2020



Giugno 2020



Aprile 2020



???

Idrogeno Vs. consumi finali energia

2030

-

2-5%

-

3%

2 – 4 %

3%

?

2050

13-14%

15-20%

20%

-

-

-

?

Capacità di Elettrolisi installata (GW)

2030

40

2

7

4

5

3 - 4

?

2050

500

5

-

-

-

-

?

Investimenti (B€)

2030

300 -450
Comprese
infrastrutture e
reti

8

7

9

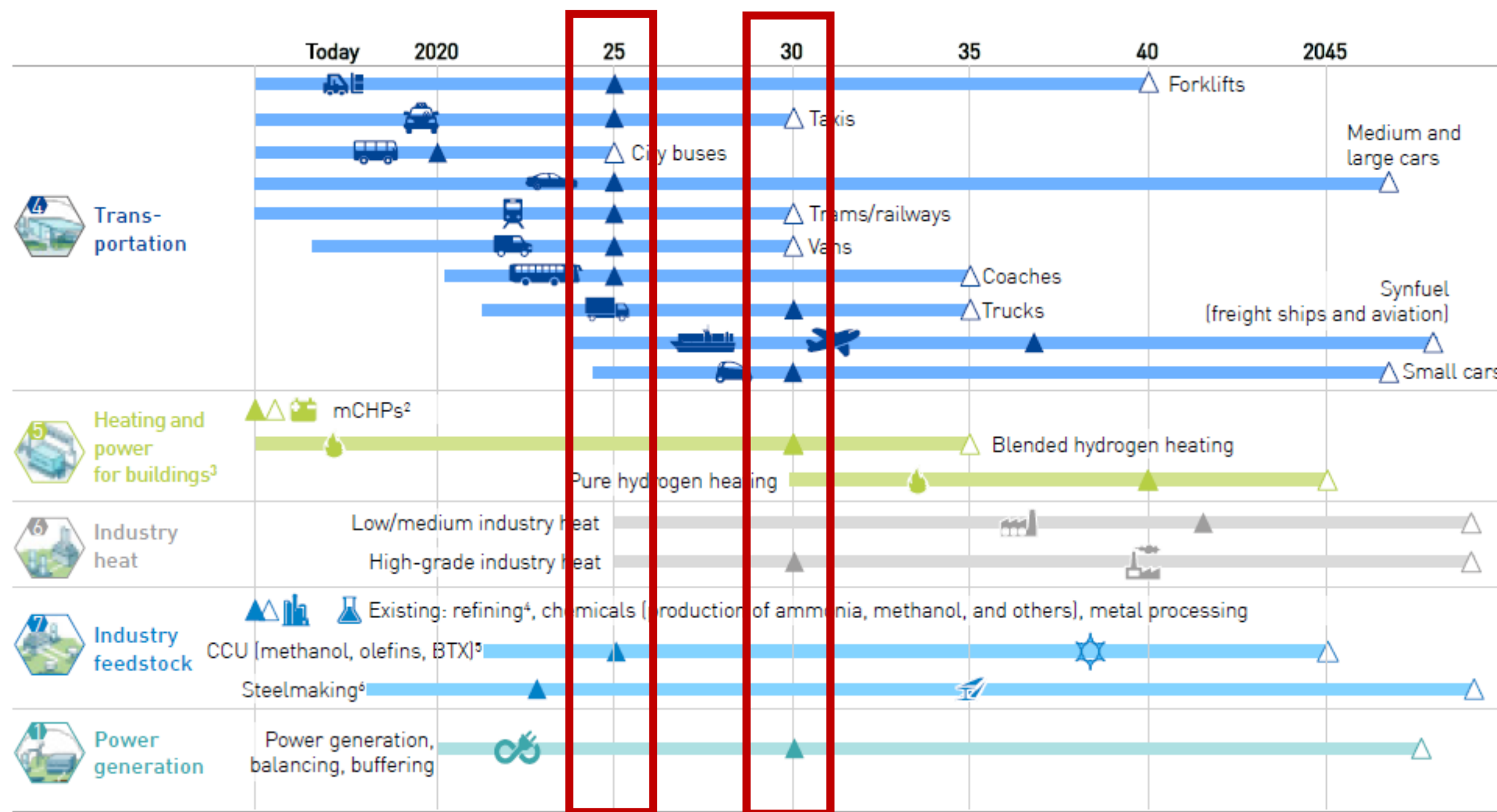
12

-

?

Maturità tecnologica nel settore Idrogeno

Most of the tech solutions will reach market readiness within 2030



Source: HYDROGEN COUNCIL

Il ruolo chiave dell'idrogeno in 10 settori target

SETTORI	COMPETITIVITA' H2	FASE DI INGRESSO	RATIONALE
TRENI		2025 - 2035	Treni a FC per le tratte regionali, non elettrificate e a diesel. Nella prima fase circa 100 treni convertibili
CAMION		2025 - 2030	Su tratte superiori ai 100 km/giorno, l'idrogeno comparabile al diesel nei TCO e preferibile alle batterie
BUS		2025 - 2035	Diversi progetti dimostratori partiti in diverse città europee e in aree urbane. Bid Europea < 375 k€
AUTO		2030 - 2045	Mercato dei veicoli a batteria maturo, mancanza di HRS, TIER1 Europei assenti dal mercato dei veicoli FC
NAVI		2030 - 2040	Idrogeno diretto o come feedstock per carburanti su medio-lunghi tragitti. Idrogeno competitivo
AVIAZIONE		2035 - 2045	Carburanti da idrogeno verde competitivi rispetto ad altre soluzioni
RISCALDAMENO RES & COMM		2035 - 2045	Tecnologie idrogeno competitive. Necessità di una rete gas a idrogeno o in blend. Micro-cogeneratori a FC già inseriti in Bonus 110%. Tecnologia attivabile subito su metano e compatibile per transizione a idrogeno.
CHIMICA&RAFFINER.		2025 - 2030	Idrogeno già presente come utilizzo, possibilità di avviare la produzione di idrogeno verde in situ
ACCIAIO		2030 - 2035	H2-DRI come soluzione migliore per decarbonizzazione del comparto e competitiva rispetto DRI a metano
RISCALD. INDUSTRIA		2035 - 2045	Bruciatori industriali a idrogeno in fase di sviluppo, avvio di progetti sperimentali, maggior ruolo dopo 2035

Ambiti prioritari 2030

Impatto sui consumi

ALTO

BASSO

SCOMMESSE DI LUNGO TERMINE		AZIONI «SAFE»	
ALTO	AUTO	2030	CAMION
	RISCALDAM. INDUSTRIA		NAVI
	RISCALD. RES&COMM.		AVIAZIONE
BASSO	N.A.	2030	CHIMICA&RAFF.
		2030	ACCIAIO
		APPLICAZIONI FLAGSHIP	
BASSO	N.A.	2030	TRENI
		2030	BUS

ALTA

BASSA

Competitività

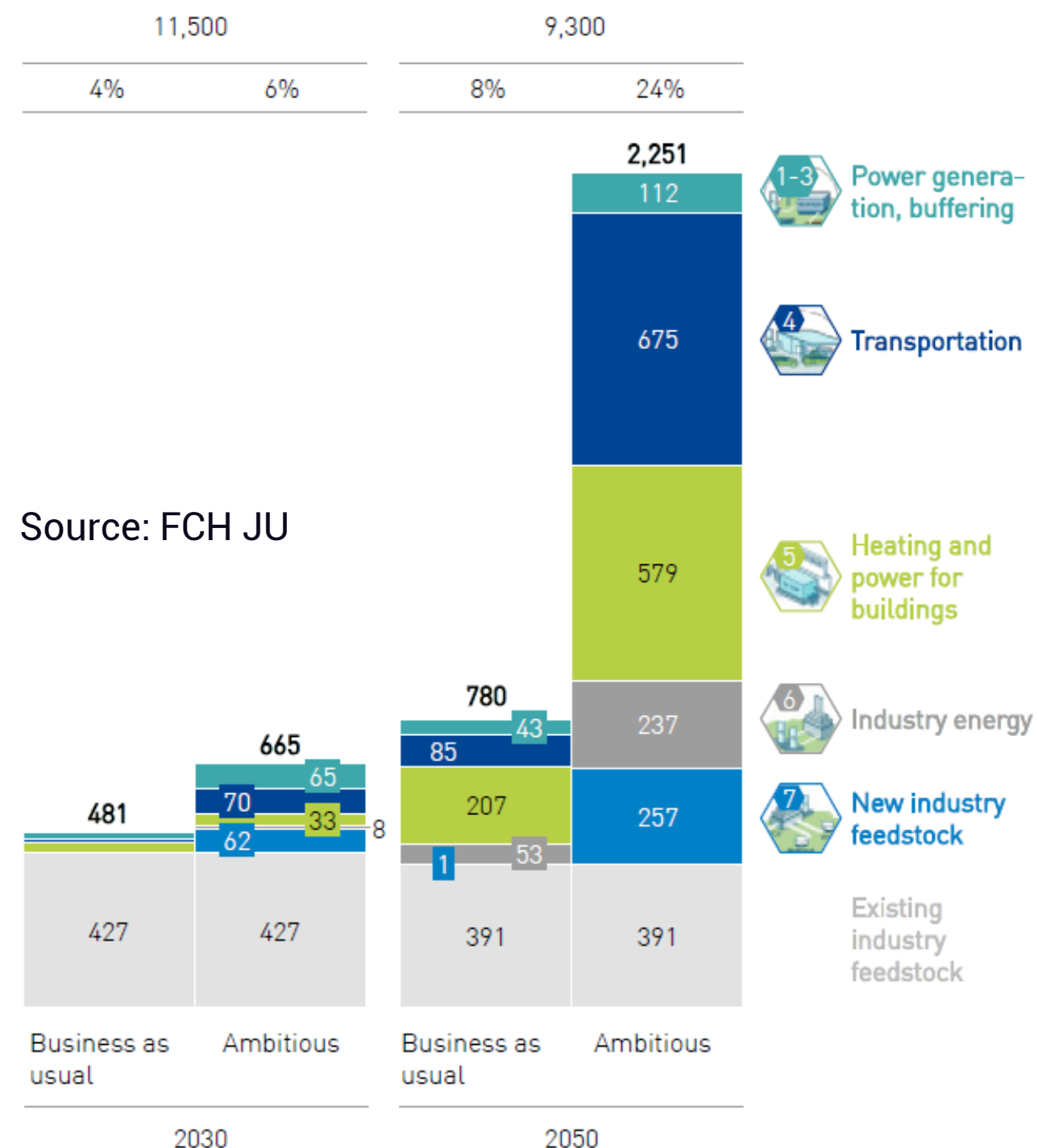
3 aree prioritarie:

- Camion
- Treni
- Chimica & Raffineria

Temi abilitanti:

- Match domanda/offerta per aree prioritarie
- Blending in reti gas
- Storage in aree di surplus da rinnovabili o di grande utilizzo
- Infrastruttura per trasporto pesante
- Siderurgia e Bus come temi di eventuale priorità
- Molti fattori estrinseci

Il supporto dell'Idrogeno alla domanda finale di energia



C'è un sostegno politico all'idrogeno che abilita lo scenario ambizioso a livello globale.

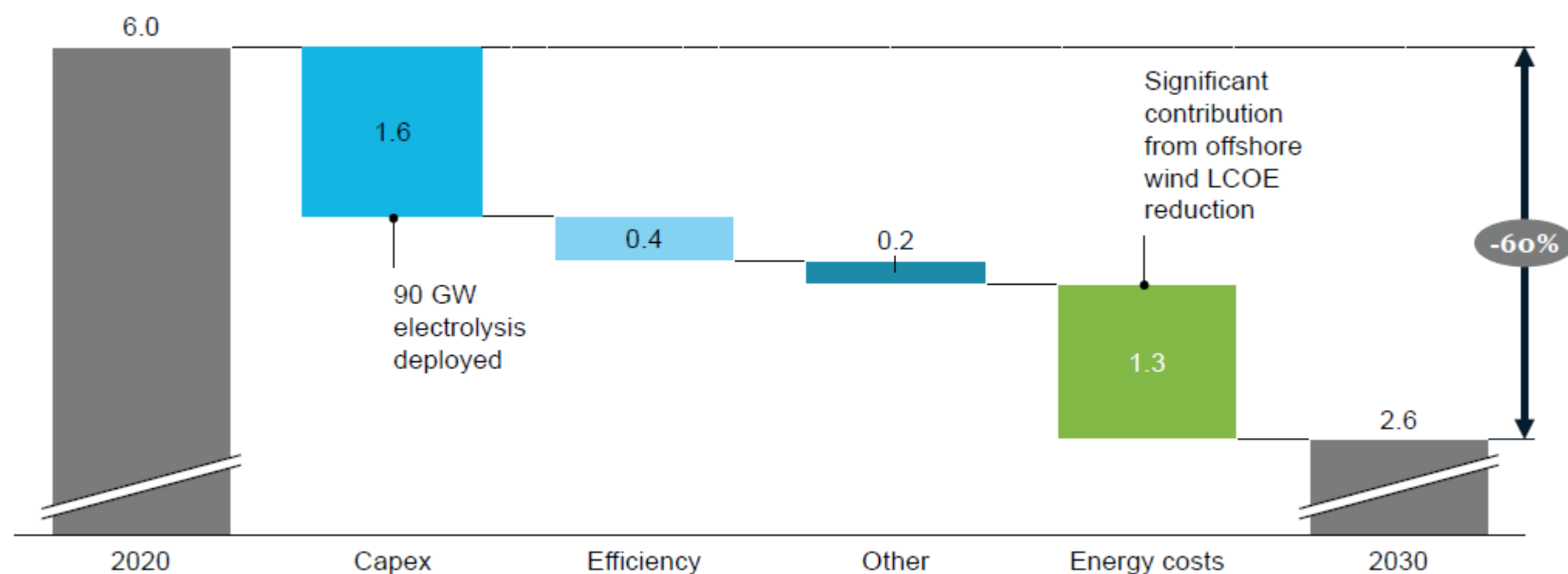
La strategia europea sull'idrogeno pubblicata l'8 luglio 2020 ha fissato nuovi obiettivi per l'elettrolisi (6 GW entro il 2025 e 40 GW entro il 2030)

Diversi Stati membri hanno sviluppato (o stanno preparando) Piani Strategici Nazionali: Francia, Germania, Spagna, Portogallo, e presto anche Italia e altri), per un totale di circa 30 miliardi di euro di investimenti / finanziamenti entro il 2030

La Cina ha appena pubblicato una strategia sull'idrogeno per un valore di 40 miliardi di euro di investimenti / finanziamenti entro il 2025

L'idrogeno può rappresentare il 6% del consumo finale di energia entro il 2030 e il 24% entro il 2050.

Scenari di costo dell'Idrogeno



Source: HYDROGEN COUNCIL 2020

Traiettoria di costo

Riduzione di costo della produzione di idrogeno tramite elettrolisi (USD/kg), caso medio in EU

- CAPEX ridotti del 60% per produzione di scala, curva apprendimento, miglioramenti della tecnologia
- Load factor 50%
- Efficienza da 65 a 70%
- LCOE offshore wind da 57 a 33 USD/MWh

Scenari di costo: CAPEX, LCOE, LF

■ < USD 2/kg ■ USD 2-3/kg ■ USD 3-4/kg ■ > USD 4/kg ■ Viable medium-term (<2030)

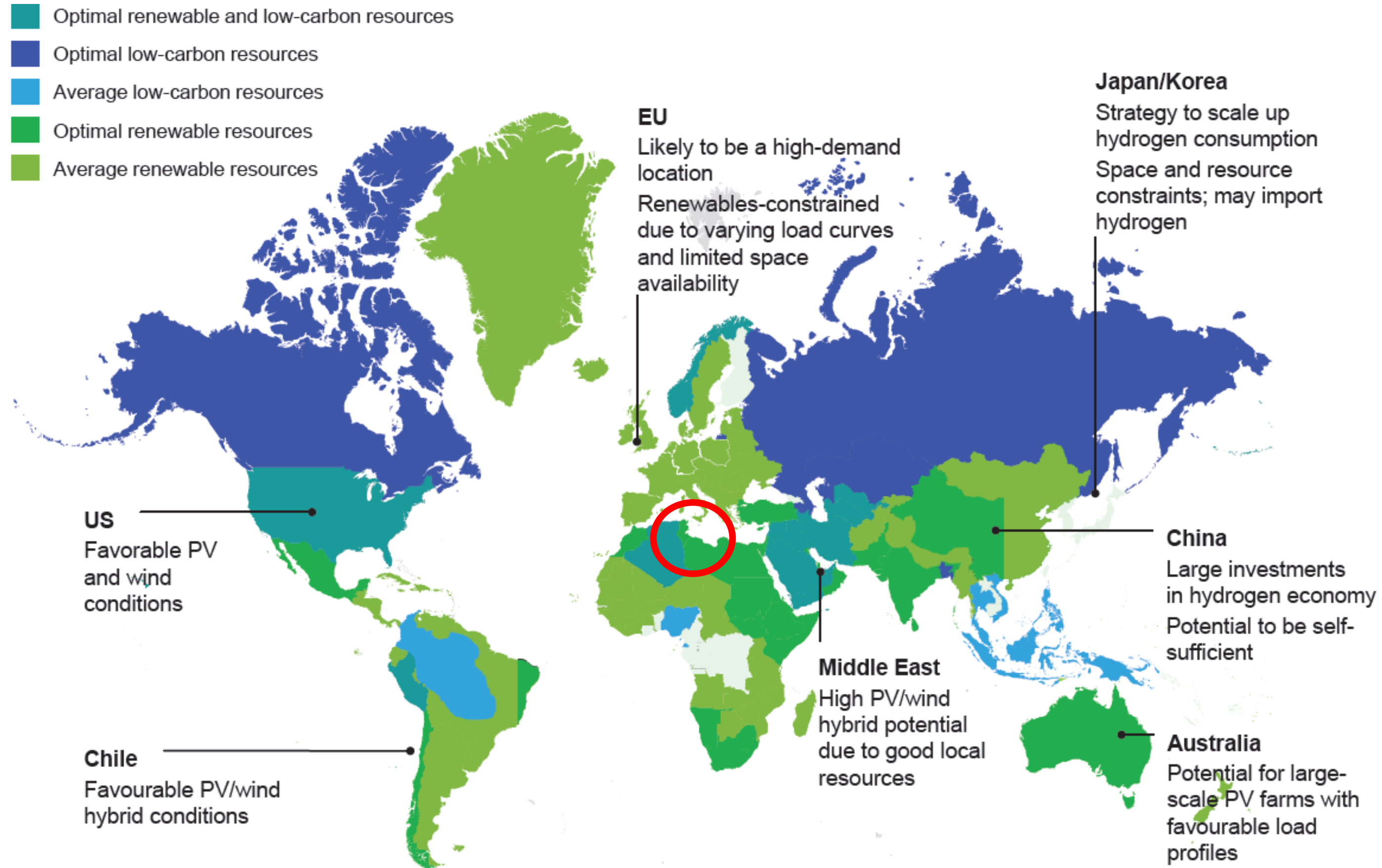
LCOE	Capex electrolyser USD 750/kW					USD 500/kW					USD 250/kW				
USD 0/MWh	5.7	2.8	1.9	1.4	1.1	4.2	2.1	1.4	1.1	0.9	2.8	1.4	0.9	0.7	0.6
USD 10/MWh	6.1	3.3	2.4	1.9	1.6	4.7	2.6	1.9	1.5	1.3	3.2	1.9	1.4	1.2	1.0
USD 20/MWh	6.6	3.8	2.8	2.4	2.1	5.2	3.0	2.3	2.0	1.8	3.7	2.3	1.9	1.6	1.5
USD 30/MWh	7.1	4.2	3.3	2.8	2.5	5.6	3.5	2.8	2.5	2.2	4.2	2.8	2.3	2.1	2.0
USD 40/MWh	7.5	4.7	3.8	3.3	3.0	6.1	4.0	3.3	2.9	2.7	4.6	3.2	2.8	2.6	2.4
USD 50/MWh	8.0	5.2	4.2	3.7	3.5	6.5	4.4	3.7	3.4	3.2	5.1	3.7	3.2	3.0	2.9
USD 100/MWh	10.3	7.5	6.5	6.1	5.8	8.9	6.7	6.0	5.7	5.5	7.4	6.0	5.6	5.3	5.2
Load factor	10%	20%	30%	40%	50%	10%	20%	30%	40%	50%	10%	20%	30%	40%	50%

SOURCE: McKinsey

Idrogeno grigio: i costi attuali sono tra 2 – 3 € / kg H₂. Al 2030 si prevede un aumento a 3 – 4 € / kg H₂, e rimarranno stabili anche al 2050

Idrogeno Blu: costi stabili nel tempo a 3 – 4 € / kg H₂, da ora al 2050. Diventerà competitivo verso l'Idrogeno grigio grazie ai costi CO₂ aggiuntivi e alla tecnologia CCS (Carbon Capture and Sequestration)

Idrogeno Verde: riduzione del costo come visto, passa dagli attuali 6 – 8 €/kg H₂, a 2 – 3 €/kg H₂ al 2030 e a 1 – 3 €/kg H₂ al 2050

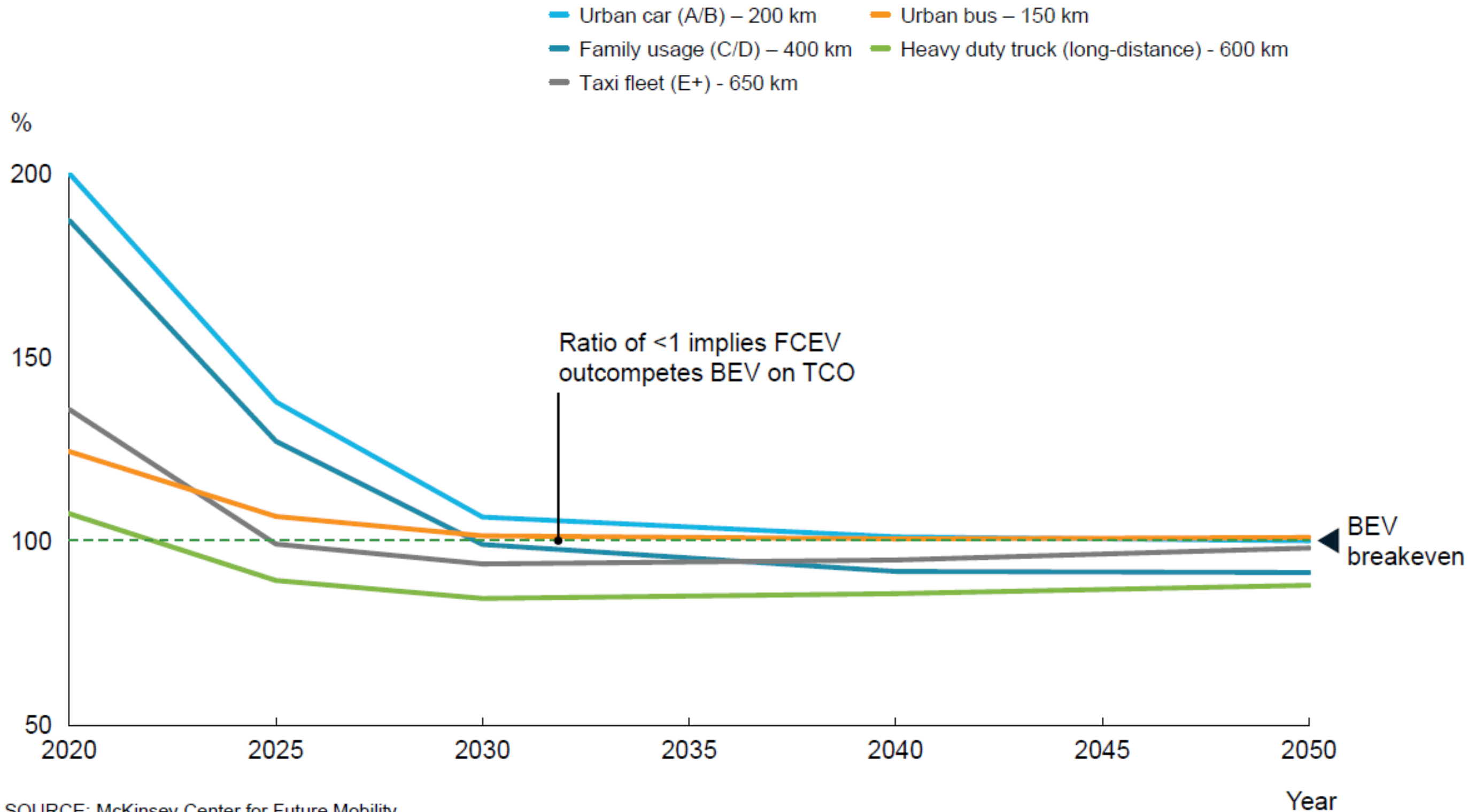


Idrogeno

KEY DRIVERS. FCEV vs. BEV MOBILITY

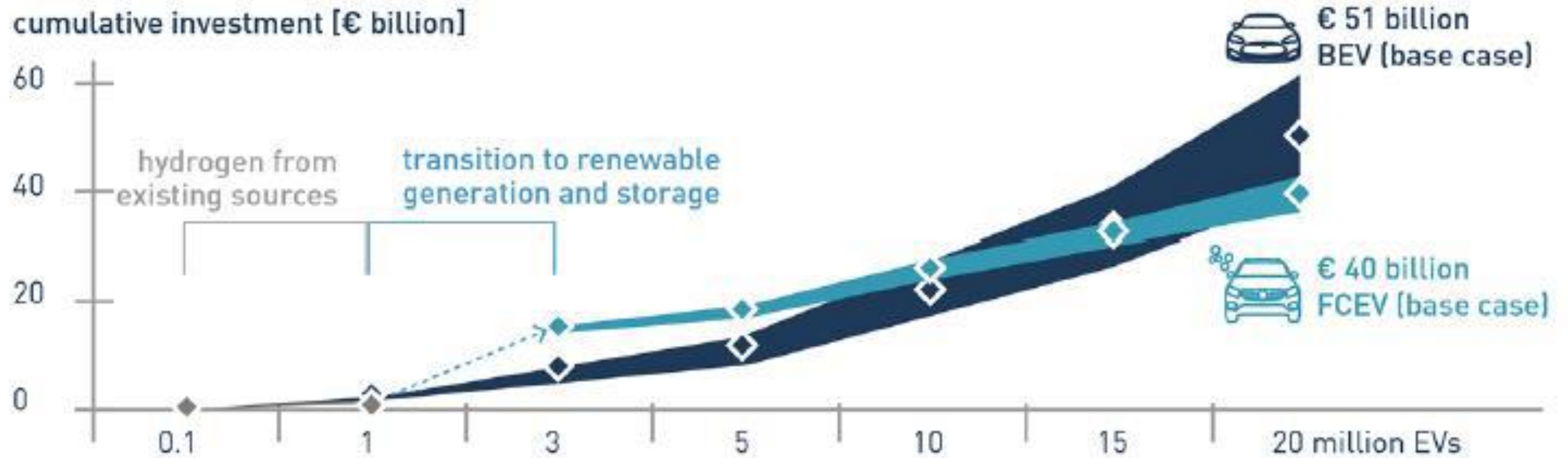
TCO ratio between FCEV/BEV vehicles

No. average of 5 car segments ranging from small and low usage to large and high usage



Idrogeno

KEY DRIVERS. COST OF INFRASTRUCTURE

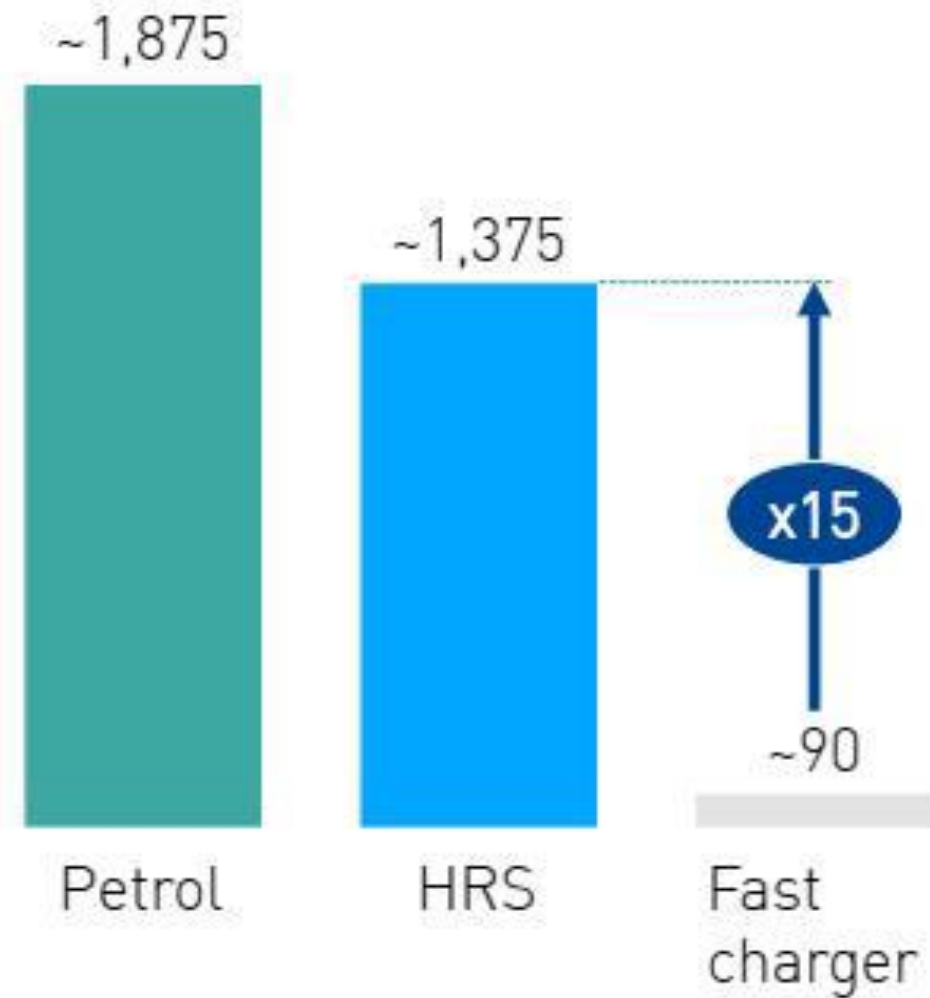


Comparative Analysis of Infrastructures: Hydrogen Fueling and Electric Charging of Vehicles, Martin Robinius, Jochen Linßen, Thomas Grube, Markus Reuß, Peter Stenzel, Konstantinos Syranidis, Patrick Kuckertz and Detlef Stolten, (Schriften des Forschungszentrums Jülich, 2019) <https://www.ap2h2.pt/download.php?id=82>

Idrogeno

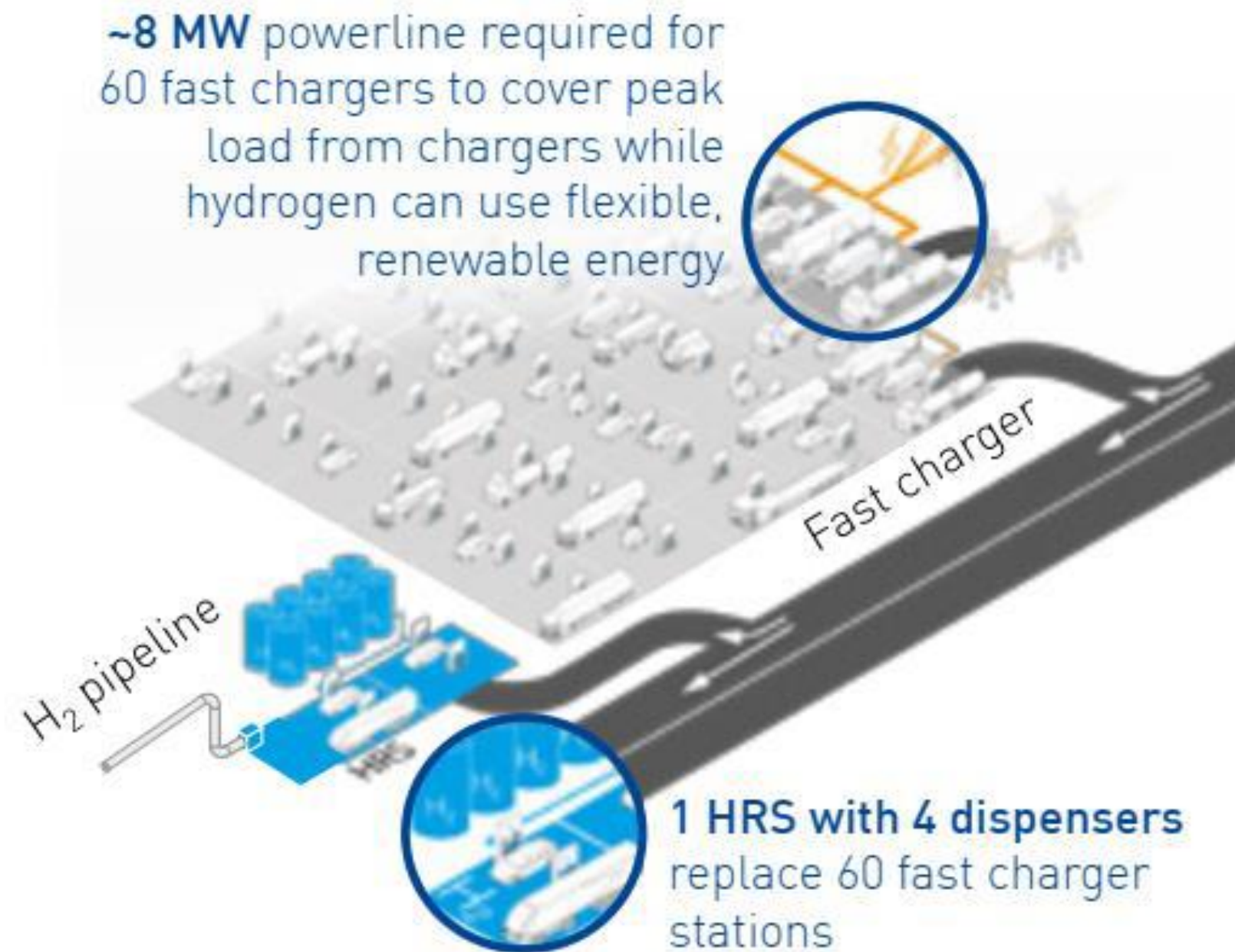
KEY DRIVERS. ASSET H2 MOBILITY SECTOR

Refueling speed
Km/15 minutes of refueling

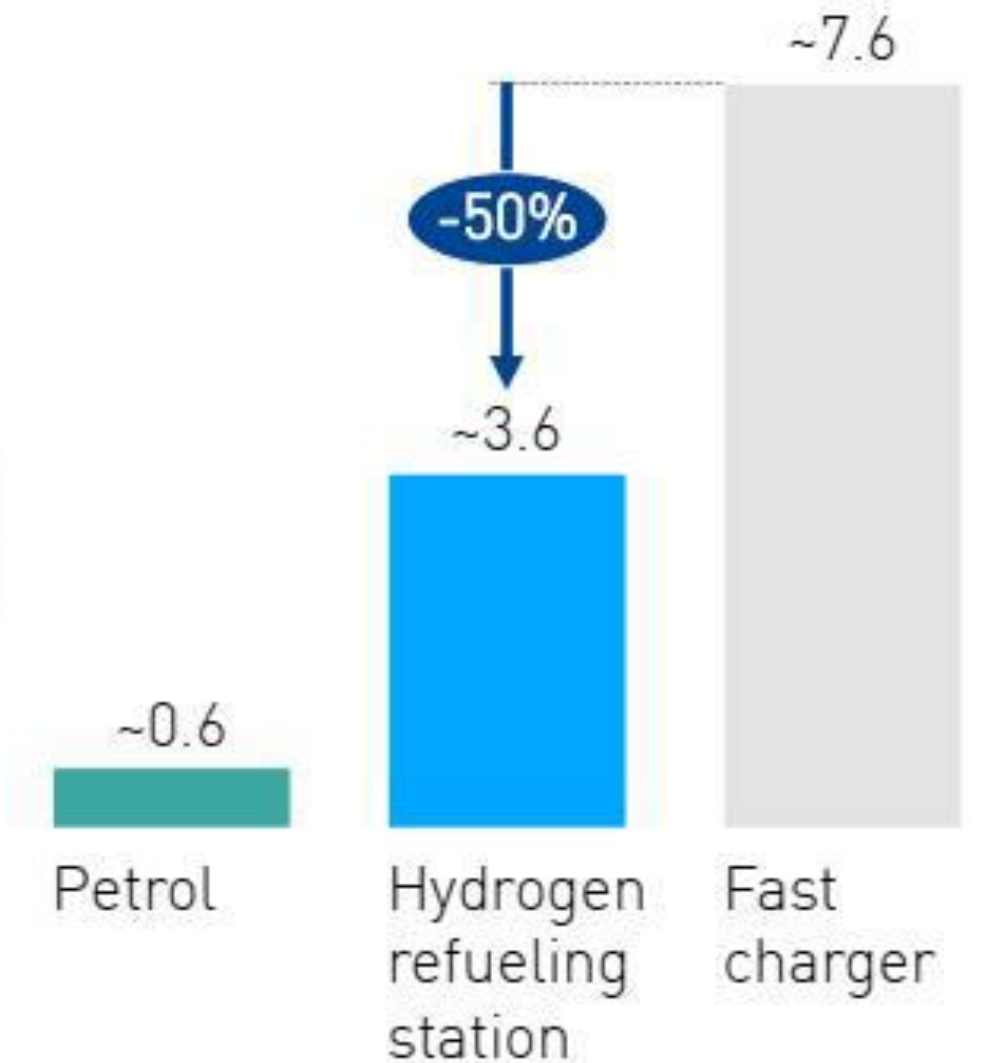


Hydrogen refueling is **15x faster** than fast charging

Space requirements



Investment costs per refueling
EUR/refueling



Hydrogen refueling is **half as capital-intensive** as fast charging

Esempi di applicazioni dell'idrogeno nella filiera (1/3)



Produzione di Idrogeno Verde

L'elettrolisi è già su larga scala, con diverse aziende in grado di produrre elettrolizzatori per capacità di GW / anno



Logistica e Trasporto

L'idrogeno può muoversi tramite reti di gas o trailer, con H2 in pressione, liquefatto o tramite vettori di idrogeno organico liquido

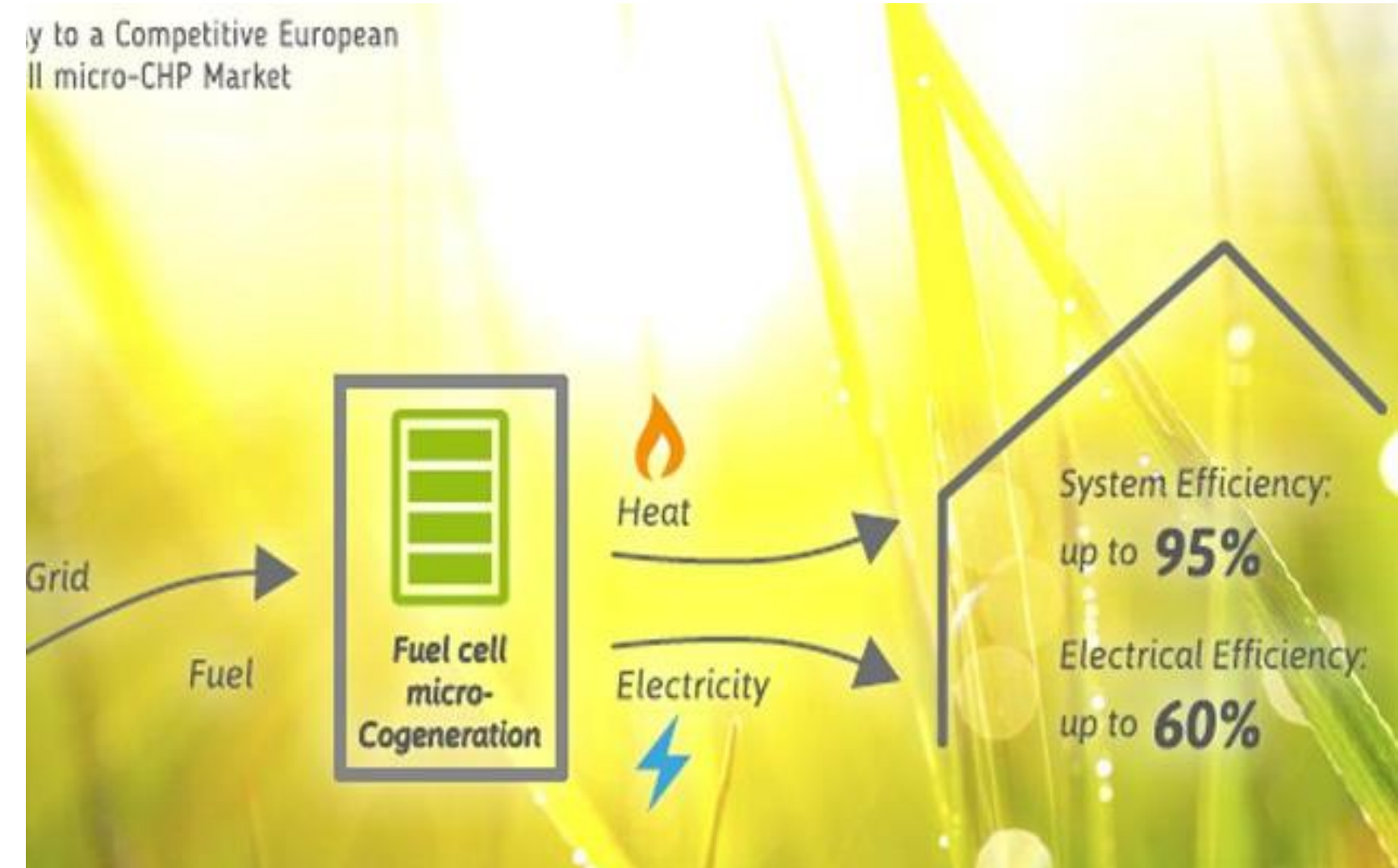
Esempi di applicazioni dell'idrogeno nella filiera (2/3)



Nelle Reti Gas

L'idrogeno potrà essere miscelato fino al 20% nelle reti del gas senza modifiche importanti

Quindi si passerà a reti idrogeno al 100%



Nel Residenziale e nell'Industria

Aiutare a decarbonizzare i settori, senza la completa elettrificazione per il riscaldamento domestico e contribuendo alle industrie pesanti (es. Acciaio, raffinerie, ceramica, cellulosa)

Esempi di applicazioni dell'idrogeno nella filiera (3/3)



Stazioni di Rifornimento Idrogeno

L'idrogeno fa già parte di stazioni multifuel standard in diversi siti di installazione (e.g. Beaconsfield, Regno Unito)



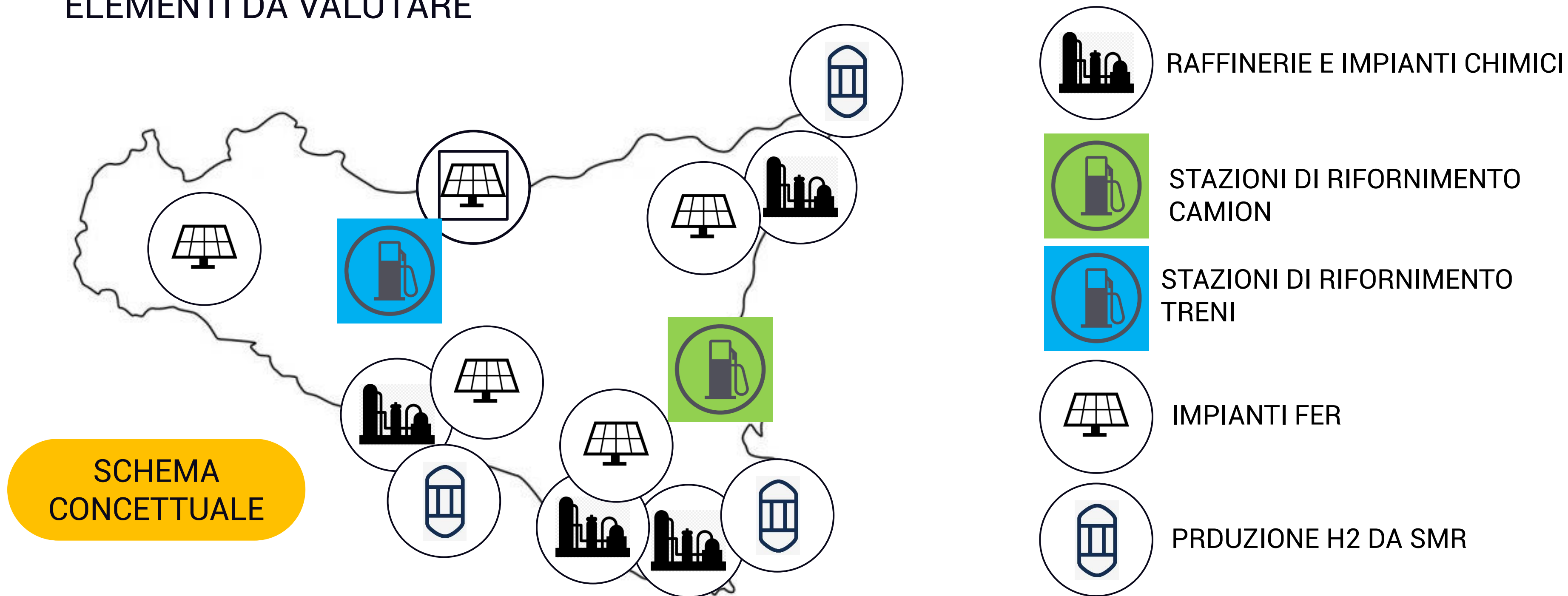
Trasporto Pesante

Aiuta a decarbonizzare il trasporto pesante: ferrovia, autobus, camion, navi, aereo

Prestazioni analoghe alle trazioni a combustibili fossili

Incroccio Domanda / Offerta nella Regione Sicilia

ELEMENTI DA VALUTARE



Va analizzata una mappa Regionale, incrociando elementi di opportunità sul fronte della domanda e dell'offerta di siti per la produzione / consumo di idrogeno. Su questo la proposta è quella di realizzare un master plan che coinvolga lo sviluppo integrato dei vari settori di interesse. Sicuramente chiave per la Sicilia la connessione con il nord Africa e il rapporto con SNAM per le reti gas

FBK come «one stop shop» nel settore energia

- Key player con dominio di **competenze integrate a filiera**, dalla scienza dei materiali, alle soluzioni dell'ICT e AI, con un forte team su Integrazione di Sistema

Visione e Settori

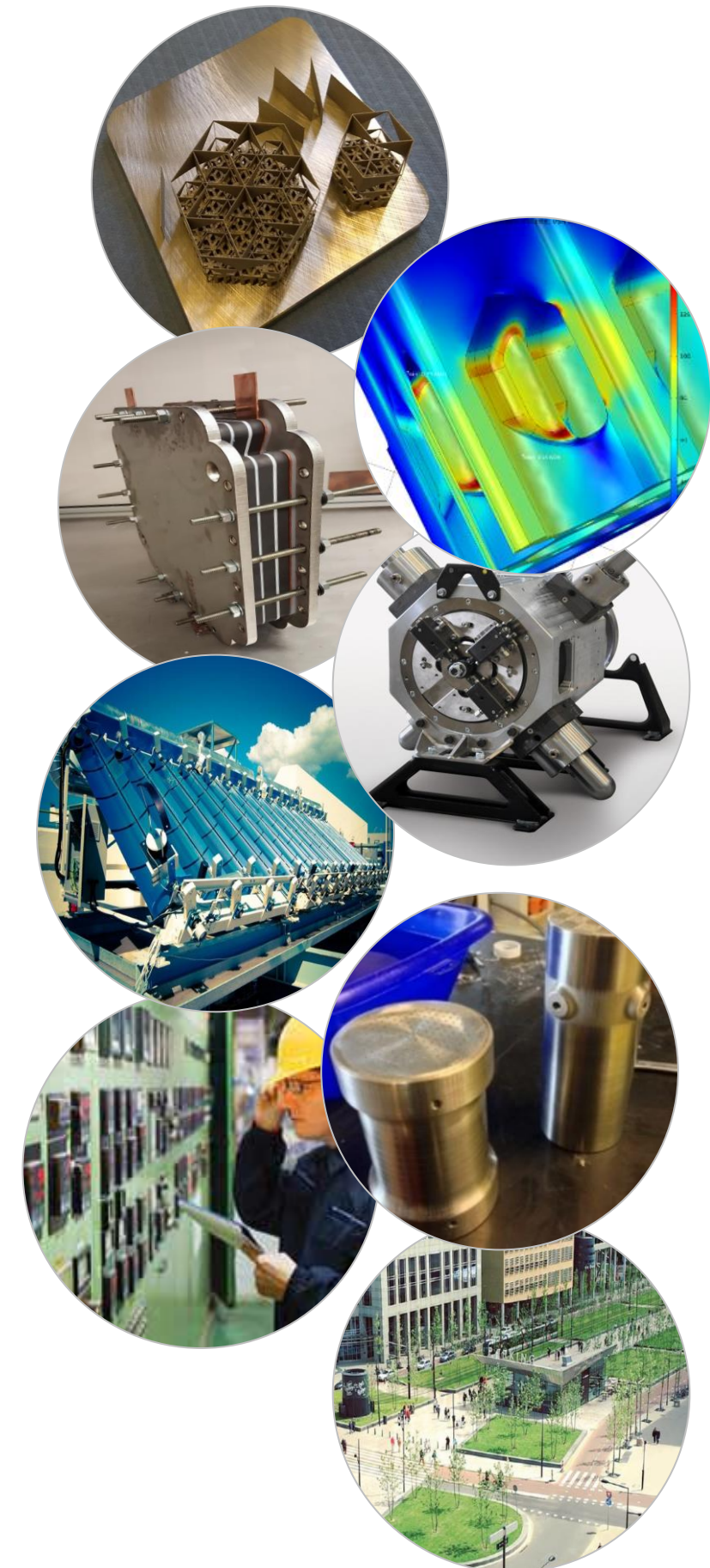
- Approccio di sistema per lavorare sulla **flessibilità del sistema energetico**, in un percorso di **sostenibilità** verso la profonda **decarbonizzazione**
- Focus su **Vettori Energetici** (e.g. Idrogeno e Batterie), competenze su **Solare** (e.g. concentrazione, processi termici)

Competenze

- **Materiali** funzionali, ingegneria di superficie, catalisi
- Analisi, modelli, ambienti simulati, multiscala e multifisica
- Ingegneria avanzata, qualifiche tecnologiche, dimostratori, **sistemi**
- **Controlli** avanzati, machine learning, nowcasting, **modelli** predittivi

Strumenti di collaborazione

- **Progetti** Ricerca e Innovazione, **Consulenze** Industria e Territorio



ENERGIA nell'IT

Collaborazione sulle 2 tematiche di DIGITAL INDUSTRY e DIGITAL SOCIETY coinvolgendo diverse unità di ricerca.

In DIGITAL INDUSTRY competenze quali:

- **Controlli Avanzati:** filiera integrate ENERGIA e DI su sviluppo controlli model based, tecniche FDIR, ambiente di sviluppo condiviso
- **Machine Learning e Now casting:** soluzioni per ottimizzazione uso risorse, pianificazione e gestione

In DIGITAL SOCIETY competenze quali:

- **Digital Transformation:** uso di piattaforme per raccolta e gestione dati settoriale e cross-settoriale per progetti territoriali
- **Temi principali:** Digital - Energy Communities, Positive Energy Districts, Resilienza

QUALE RUOLO DEL DIGITAL nell'ENERGIA

- CONTROLLI AVANZATI
- ENERGY COMMUNITIES
- MOBILITA' SOSTENIBILE

Attività FBK nel settore IDROGENO

produzione: celle a ossidi solidi / elettrolizzatori a membrana anionica

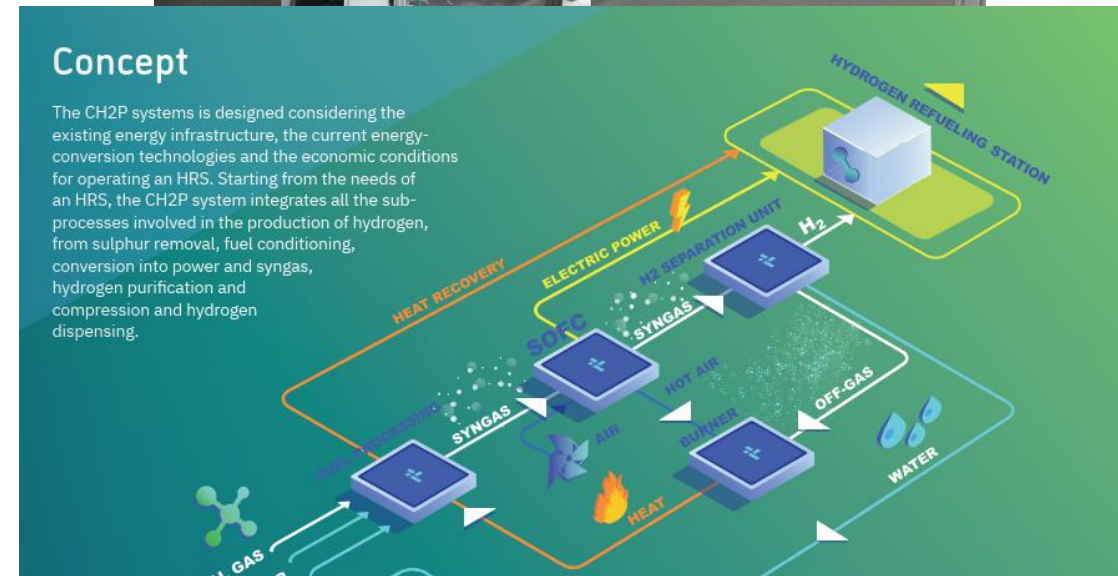
distribuzione: blending idrogeno nelle reti gas, accumuli underground

accumulo: uso dell'ammoniaca come vettore; uso dei materiali a stato solido

utilizzi: treni a idrogeno, bus a idrogeno, stazioni di rifornimento, power to gas

Competenze utilizzate da FBK

- **modelling multiscala e multifisica:** dal dettaglio al sistema, dal materiale al controllo avanzato. Alta integrazione tra FBK-FMPS, ES e ARES
- **engineering:** design di soluzioni innovative usando tecniche innovative quali 3d printing, con ARES
- **lab testing:** dall'analisi del materiale, dalla caratterizzazione delle proprietà alla validazione del componente e del sistema intero, con ARES
- **machine learning per diagnostica e prognostica** sistemi celle (elettrolisi e fuel cells) con MPBA
- **controlli avanzati** model based per sistemi a idrogeno con ES
- nanostrutture, **materiali funzionali** e catalizzatori per accumulo di idrogeno e celle, con FMPS
- **indagini** strutturali su materiali e di gas in tracce in processi, tramite MNF



PRODUZIONE

- **celle a ossidi solidi** nella modalità dual mode, cogenerativa, reversibile, più efficiente soluzione di sector coupling energetico, inclusi vari carriers quali gas, ammoniaca e altre mixtures. [Progetti CH2P, Switch, Mosca](#)
- **elettrolizzatori a membrana anionica**: tecnologia priva di critical raw materials e con componenti a basso costo

RETI GAS

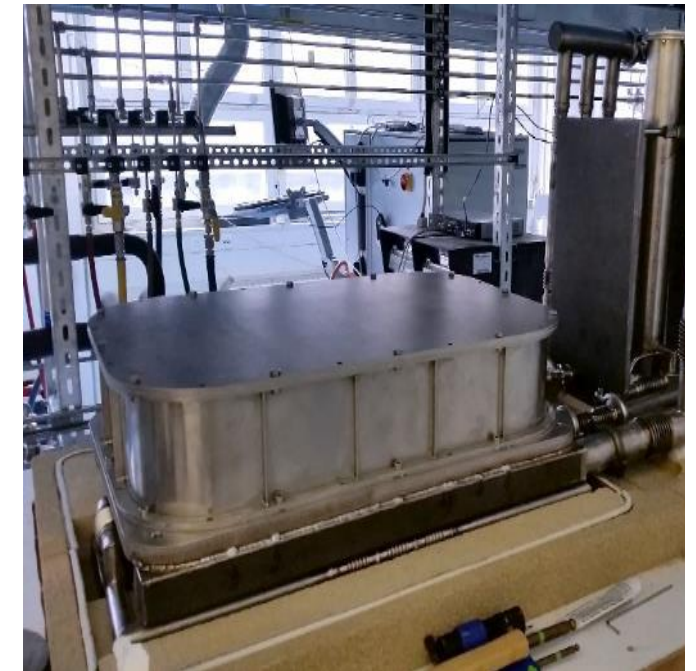
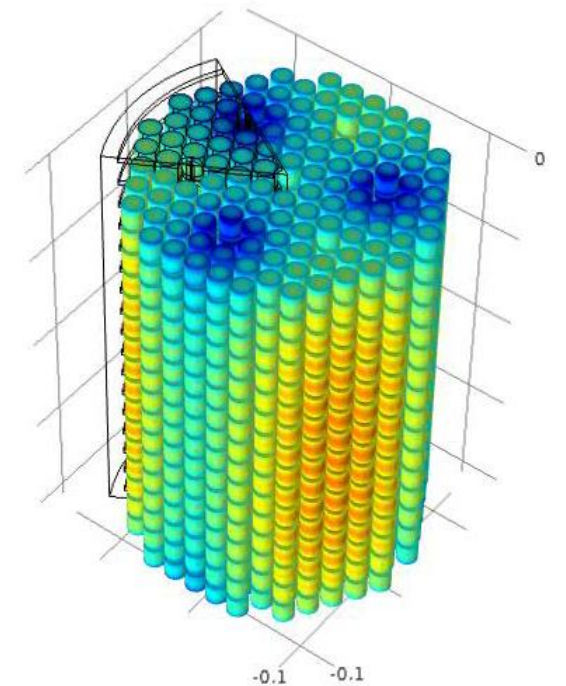
- **blending idrogeno nelle reti gas**: blending a lunga distanza, alta pressione nelle reti di trasmissione, estrazione di idrogeno alla purezza richiesta. Blending sulle reti fino a un 20% di idrogeno.

CARRIERS

- **ammoniaca**: utilizzo diretto di carrier con densità di accumulo pari a 3 volte H₂ in pressione a 700 atmosfere, pari a CNG. Uso in modalità reversibile e diretta delle celle a ossidi solidi. [Ricerca interna](#)

ACCUMULI

- **idrogeno in stato solido**, polveri FeTi, accumuli di larga scala, a temperatura ambiente e bassa pressione [Progetto Hycare](#)



Mobilità green Idrogeno e energie rinnovabili

TRENI A IDROGENO

- sostituzione dei treni diesel nelle linee regionali a costi mediamente inferiori del 20% rispetto all'elettrificazione (TCO su 30 anni). [Collaborazione attiva con ALSTOM](#)
- Studi di fattibilità in varie regioni italiane, estensione del piano strategico nazionale della mobilità al tema dei treni. [Collaborazione con Regione Toscana, Provincia di Trento](#)

STAZIONI DI RIFORNIMENTO

- abilitare la cogenerazione di idrogeno e elettricità da celle a ossidi solidi per raggiungere costi di produzione idrogeno inferiori a 5€/kg.
[Collaborazione attiva con SHELL, SOLIDpower, Hygear, EPFL, DLR nei progetti CH2P e SWITCH, entrambi a coordinazione FBK](#)

BUS A IDROGENO

- valutazione della qualità del servizio nel contesto europeo.
Collaborazione con SASA di Bolzano, con Aberdeen e Cologna.
[Finanziamento all'interno del progetto Europeo JIVE](#)

DIAGNOSTICA E PROGNOSTICA per SOFC

- [Progetto Ruby](#)

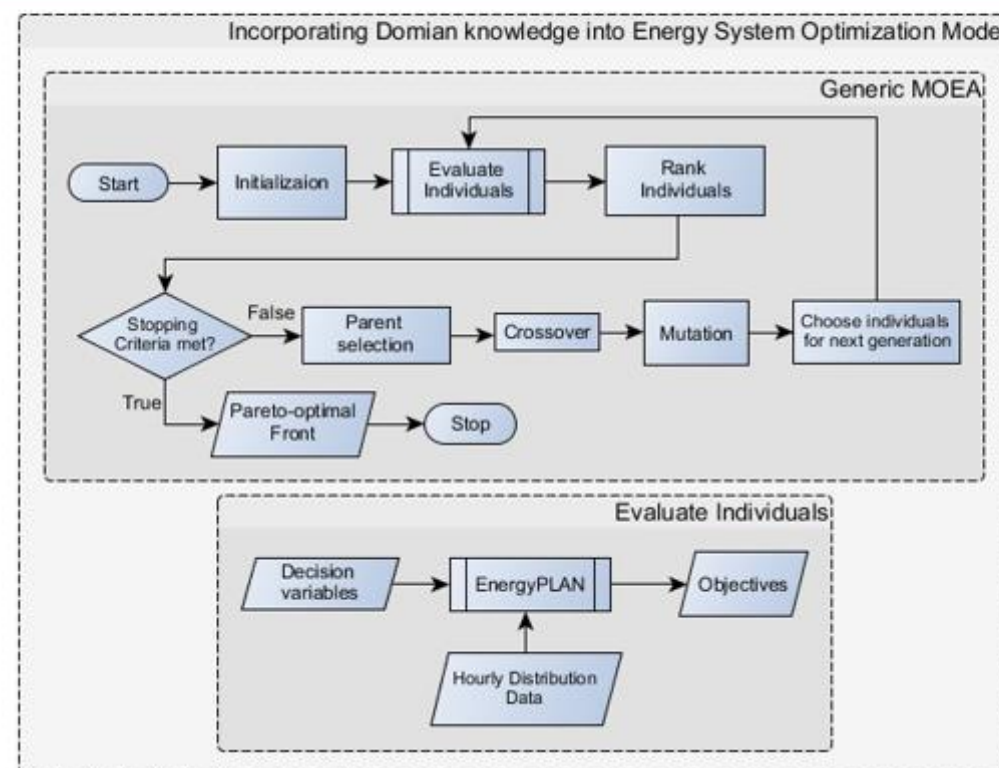


Optimized solutions: EnergyPLAN+MOEA

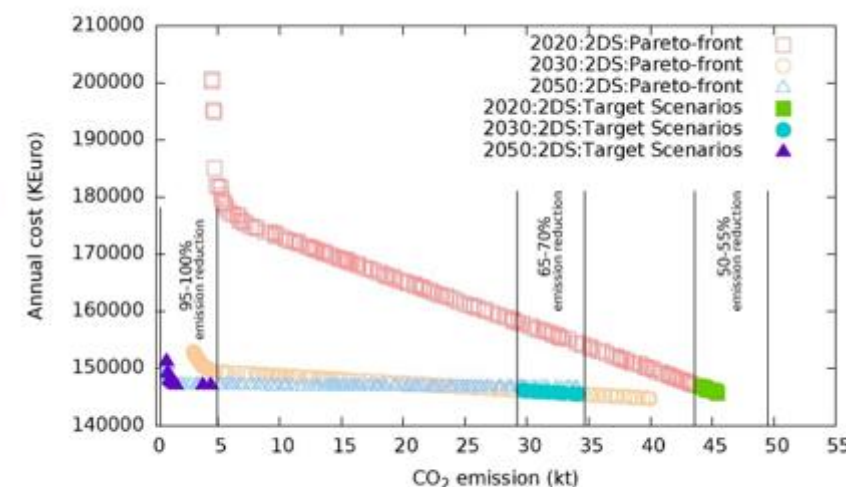
TRENTINO

INNOVATION
MADE IN TRENTINO

Which scenarios make it possible to reach CO2 targets at the lowest cost? ...
.. the multi-objective analysis (**minimizing CO2 and costs**) and the Pareto Front



Case study SEAP Val di Non



Energy PLAN

Advanced energy
system analysis
computer model

Newsletter no. 13 - November 2016

New study on combining EnergyPLAN with multi-objective evolutionary algorithms

In a new study by Mahbub et al, the versatility of EnergyPLAN and in particular the ability of EnergyPLAN to be run from other modelling environments is exploited in an automated methodology for generating scenarios, evaluating these according multiple objectives and subsequently generating new scenarios. EnergyPLAN is thus used in an application more commonly associated with investment optimisation models. See <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.11.042> for further details.

SCIENTIFIC ARTICLES PUBLISHED BY FBK:

1. Mahbub, M.S., Cozzini, M., Østergaard, P.A. and Alberti, F., 2016. Combining multi-objective evolutionary algorithms and descriptive analytical modelling in energy scenario design. Applied energy, 164, pp.140-151.
2. Mahbub, M.S., Wagner, M. and Crema, L., 2016. Incorporating domain knowledge into the optimization of energy systems. Applied Soft Computing, 47, pp.483-493.
3. Mahbub, M.S., Viesi, D. and Crema, L., 2016. Designing optimized energy scenarios for an Italian Alpine valley: the case of Giudicarie Esteriori. Energy, 116, pp.236-249.
4. Mahbub, M.S., Viesi, D., Cattani, S. and Crema, L., 2017. An innovative multi-objective optimization approach for long-term energy planning. Applied energy, 208, pp.1487-1504.



FBK
FONDAZIONE
BRUNO KESSLER



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK



Energy 116 (2016) 236–249



Contents lists available at ScienceDirect

Energy

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



Designing optimized energy scenarios for an Italian Alpine valley: the case of Giudicarie Esteriori

Md Shahriar Mahbub^{a,b,*}, Diego Viesi^a, Luigi Crema^a

^a Applied Research on Energy Systems (ARES), Fondazione Bruno Kessler (FBK), Via Sommarive 18, I-38123, Povo, Trento, Italy

^b Doctoral School in ICT, University of Trento, Via Sommarive 9, I-38123, Povo, Trento, Italy



ARTICLE INFO

Article history:

Received 31 March 2016
Received in revised form
14 September 2016
Accepted 14 September 2016

Keywords:

Energy scenario design
Multi-objective optimization
Energy planning
Energy modelling

ABSTRACT

The design of future local energy scenarios, under the framework of covenant of mayors' initiative, is an important and challenging task for the energy and policy planners. Designing energy scenarios is a multi-objective optimization problem, hence, a framework that combines a multi-objective evolutionary algorithm and EnergyPLAN is employed to identify optimized scenarios. In this study, optimized scenarios for the policy makers of Giudicarie Esteriori are identified, so that they are able to face the challenges of minimizing energy costs and CO₂ emissions, decreasing the dependency on foreign resources, and integrating large amount of renewable energy. The results show that economically attractive, environmental friendly and less dependent energy scenarios can be achieved by 1) increasing the capacity of photovoltaics, 2) maximizing local biomass usage through individual wood boilers, and 3) partially electrifying the thermal sector through ground source heat pumps. The modification of the transport sector by introducing electric cars is not economically viable under the current market conditions. Our kind of study can be performed for the policy makers of other regions as well, by 1) collecting energy data, 2) identifying local renewable resources, 3) modelling reference scenarios, 4) identifying optimized scenarios, 5) studying the scenarios according to the requirements.

© 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Impact Factor: 5.537



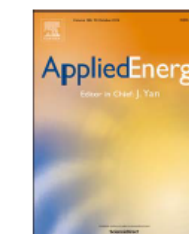
Applied Energy 208 (2017) 1487–1504



Contents lists available at ScienceDirect

Applied Energy

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



An innovative multi-objective optimization approach for long-term energy planning



Md Shahriar Mahbub^{a,b,*}, Diego Viesi^a, Sara Cattani^{a,c}, Luigi Crema^a

^a Fondazione Bruno Kessler, Via Sommarive 18, 38123 Povo, Trento, Italy

^b University of Trento, Via Sommarive 9, 38123 Povo, Trento, Italy

^c University of Turin, Via Verdi, 8, 10124 Turin, Italy

HIGHLIGHTS

- Future optimized scenarios are identified by considering future demands and costs.
- Optimized scenarios are identified for three different time-horizons.
- A method is proposed for selecting target scenarios from optimized ones.
- A technique is proposed to design a smooth transition path.
- Best suited transient scenarios are chosen from the selected scenarios.

ARTICLE INFO

Keywords:

Energy system optimization
Multi-objective evolutionary optimization
Long-term energy planning
Energy transition

ABSTRACT

Designing future energy scenarios is an important topic to energy planners. As designing future optimized scenarios is a multi-objective optimization problem; therefore, it is required to identify trade-off scenarios (Pareto-front) in order to optimize conflicting objectives. In this study, three Pareto-fronts are identified for designing future scenarios for Val di Non (VdN) for three different time horizons. As the community has to reach different emission targets in different time horizons, it is required to select the optimized scenarios that fulfill the targets. In this regards, we propose a new approach for selecting scenarios based on maximizing decision space diversity in order to provide a diverse set of scenarios to the decision makers. The technique is tested on optimized scenarios of VdN and three sets containing 10 diverse scenarios for different time horizons are selected. Moreover, a smooth transition (in terms of decision variables) is desirable when having a transition from a scenario from one time horizon to a consecutive time horizon. A novel method is proposed to choose scenarios from the sets for a smooth transition based on minimizing distances among the scenarios. The approach is applied on VdN where transient scenarios are identified among different possible optimized scenarios.

Impact Factor: 8.426

- The elaboration of **energy scenarios with technological, economic and environmental analysis** has seen important results in the field of **sustainable mobility** and in the **energy-environmental planning** for the **Autonomous Province of Trento**.



Piano Energetico Ambientale Provinciale
PEAP 2021-2030



Elaborazione scenari
dinamici-integrati-ottimizzati

.. verso un Trentino energeticamente autonomo
e a 0 emissioni carboniche ..



Novembre 2019

Responsabile della ricerca:

Luigi Crema <crema@fbk.eu>

Autori:

Diego Viesi <viesi@fbk.eu>

Nicola Destro <ndestro@fbk.eu>

Gruppo di lavoro:



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO



FONDAZIONE
EDMUND
MACH



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Reg. delib. n. 482

Prot. n.

VERBALE DI DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA PROVINCIALE

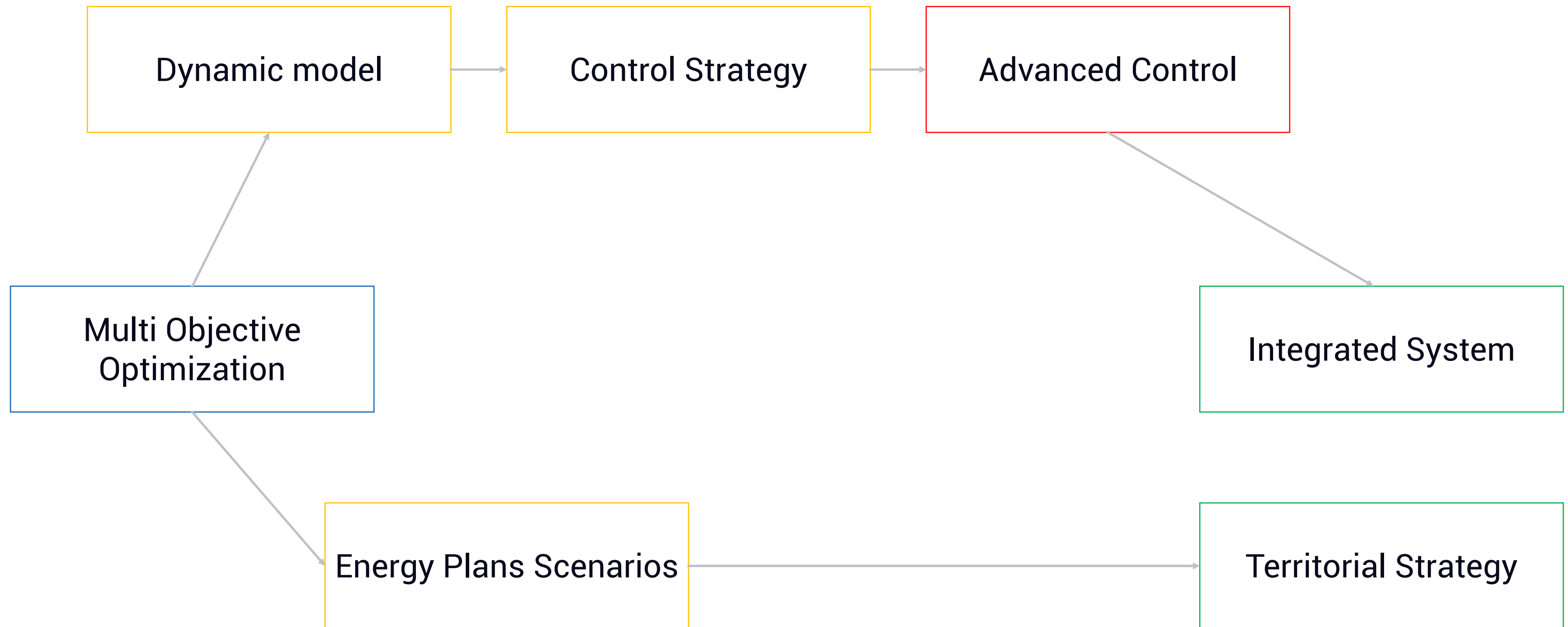
OGGETTO:

Piano energetico-ambientale provinciale 2021-2030. Approvazione dello Schema di Protocollo d'Intesa tra la Provincia autonoma di Trento, il Dipartimento di Ingegneria civile, ambientale e meccanica dell'Università degli Studi di Trento, la Fondazione Bruno Kessler e la Fondazione Edmund Mach, per la redazione della proposta di Piano.

Il giorno **23 Marzo 2018** ad ore **09:35** nella sala delle Sedute
in seguito a convocazione disposta con avviso agli assessori, si è riunita

LA GIUNTA PROVINCIALE

DEFINIZIONE DELLA TECNOLOGIA



DEFINIZIONE DELLE POLITICHE ENERGETICHE

DECRETO LEGISLATIVO 16 dicembre 2016, n. 257

Disciplina di attuazione della direttiva 2014/94/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 22 ottobre 2014, sulla realizzazione di una infrastruttura per i combustibili alternativi. (17G00005) (GU Serie Generale n.10 del 13-01-2017 - Suppl. Ordinario n. 3)

note: **Entrata in vigore del provvedimento: 14/01/2017**

INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY 42 (2017) 27354–27373

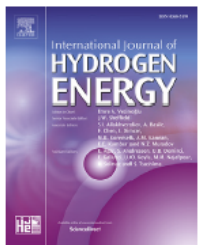


ELSEVIER

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

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



The Italian hydrogen mobility scenario implementing the European directive on alternative fuels infrastructure (DAFI 2014/94/EU)

Diego Viesi*, Luigi Crema, Matteo Testi

Fondazione Bruno Kessler (FBK), ARES Unit, Via Sommarive 18, 38123 Povo, TN, Italy

ARTICLE INFO

Article history:

Received 30 June 2017

Received in revised form

25 August 2017

Accepted 28 August 2017

Available online 30 September 2017

Keywords:

Hydrogen mobility

Fuel cell electric vehicles

Hydrogen refueling stations

Hydrogen production

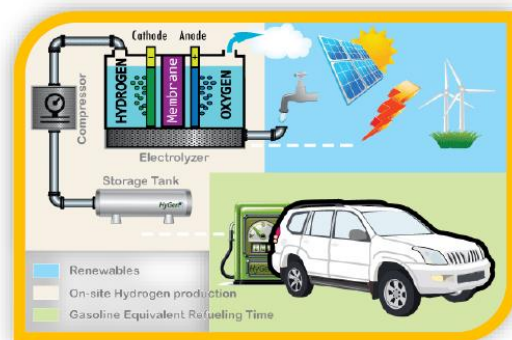
ABSTRACT

The European commitment to promote a sustainable (green and clean) mobility has been strengthening in recent years. An important milestone is the DAFI Directive 2014/94/EU, targeting the deployment of an alternative fuels infrastructure in the European Union, to be implemented through national policy frameworks. The DAFI Directive has been implemented in Italy through the Legislative Decree n. 257 (December 2016), including hydrogen in the list of alternative fuels. Concerning the hydrogen mobility, this paper describes the methodology and the main results of the Scenario MobilitàH2IT. On behalf of the Italian Ministry of Economic Development, it summarized the common vision of several stakeholders joined in the initiative “Mobilità Idrogeno Italia” (MH2IT), established in June 2015. Moreover, these results are reproduced in the Annex III of the Legislative Decree n. 257, thus representing an official reference. With a 2050 time horizon, the applied methodology considers: (1) Sizing of the FCEV fleet and hydrogen demand at the refueling stations; (2) Hydrogen production for the transport sector and integration of renewable electricity with hydrogen storage; (3) Sizing of the hydrogen refueling stations; (4) The consumer perspective; (5) Reduction of CO2 emissions and other harmful pollutants; (6) Measures to support the national policy framework. This methodology can be replicated in other national studies and the Italian results can be checked as a comparison term.

© 2017 Hydrogen Energy Publications LLC. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.

Impact Factor: 4.084

Piano Nazionale di Sviluppo Mobilità Idrogeno Italia



H₂ | mobilitah2.it



Maggio 2016 – versione sintetica

In ottemperanza alla DIRETTIVA 2014/94/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 22 ottobre 2014 sulla realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi

Piano Nazionale di Sviluppo – Mobilità Idrogeno Italia



Coordinatore: Cinque International srl

Guido Mattei <gm@cinque.international>

Cinque
INTERNATIONAL

Direzione Scientifica: Fondazione Bruno Kessler

Luigi Crema <crema@fbk.eu>

Diego Viesi <viesi@fbk.eu>

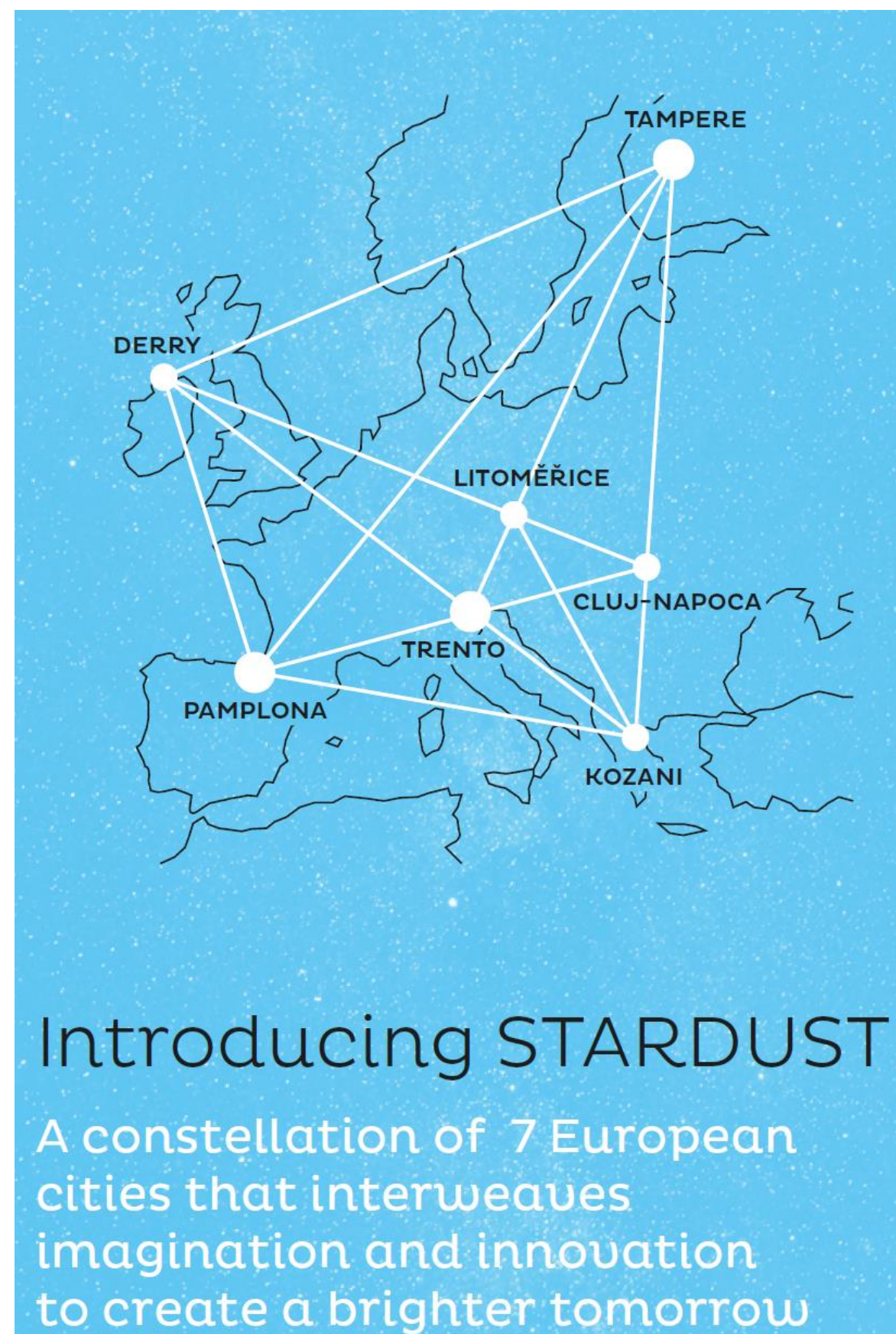


Co-Autori: Air Liquide, ANCI, ANEV, CNR-ITAE, ENEA, FAST, Federchimica/Assogastecnici, Hyundai, IIT Bolzano, Linde, McPhy Energy, Nuvera, Politecnico di Milano, Gruppo SAPIO, SOL, Tenaris Dalmine



Maggio 2016 – versione sintetica

- 1 -



Countable challenges, numerous solutions

STARDUST solutions are categorised into four urban “fields of action”.



ENERGY

Energy consumption in urban areas will be reduced by retrofitting districts, introducing smart heating and cooling systems and making use of renewable energy resources.



MOBILITY

European cities will be less carbon dependent by providing electric vehicles, charging stations and other types of incentives that invite citizens to use greener transportation.



ICT

Advanced technology platforms will be developed to provide real time data and information, as well as to promote social innovation and co-creation of ideas among citizens, technical experts, policy makers and other stakeholders.



ENGAGEMENT

The results of STARDUST will be amplified by engaging citizens to play an active role in creating smart sustainable livelihoods.

SMART ALTITUDE

Alpine regions for a low carbon, high-impact and resilient winter tourism



INTEGRATED ENERGY MANAGEMENT

Living Lab Madonna di Campiglio



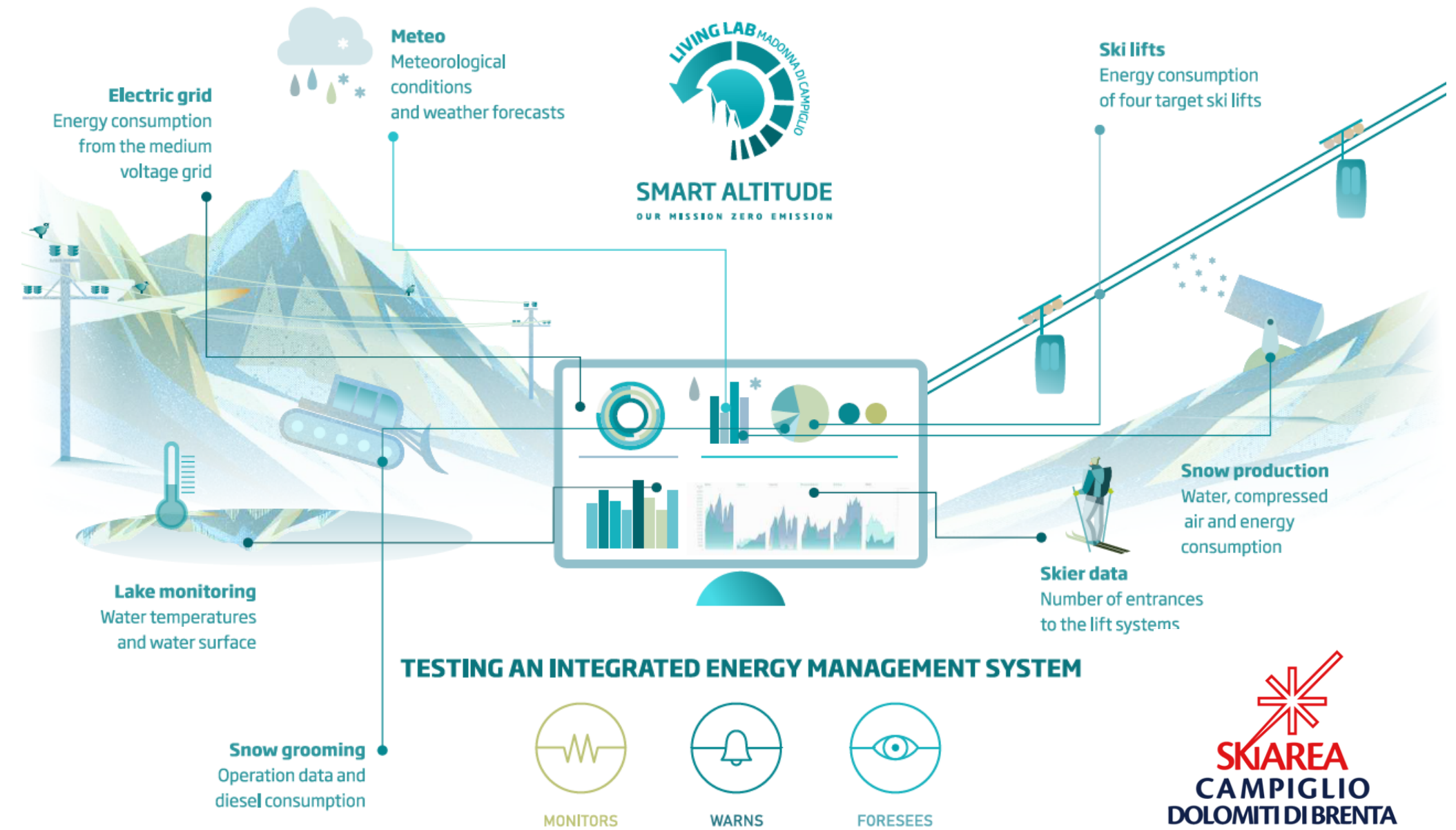
SMART MOUNTAIN GRID

Living Lab Les Orres



ENERGY SAVINGS

Living Lab Krvavec



SKIAREA
CAMPIGLIO
DOLOMITI DI BRENTA

Smart Altitude designs new solution and policies to improve the use of energy in Alpine ski resorts



WebGIS:

for measuring and visualizing energy performance



Living labs:

for testing clean energy innovation in mountain tourism territories



Toolkit:

for planning, optimizing and implementing new strategies



Replication:

for transferring knowledge and solutions over the Alpine Space

PARTNER

LES ORRES

Municipality of Les Orres
France



Electricité de France
France

BSC

Poslovna podporni center Kranj
Regionalna razvojna agencija Gorenjske
BSC Kranj
Slovenia



RTC Krvavec
Slovenia



Fondazione Bruno Kessler
Italy

TRENTINOSVILUPPO

Trentino Sviluppo
Italy



ANMSM
France



ÖAW IGF
Austrian Academy of Sciences
Austria



UNIMONT
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
University of Milan
Italy



Steinbeis 2i GmbH
Germany



Center in Energy and Municipal Researches
Switzerland

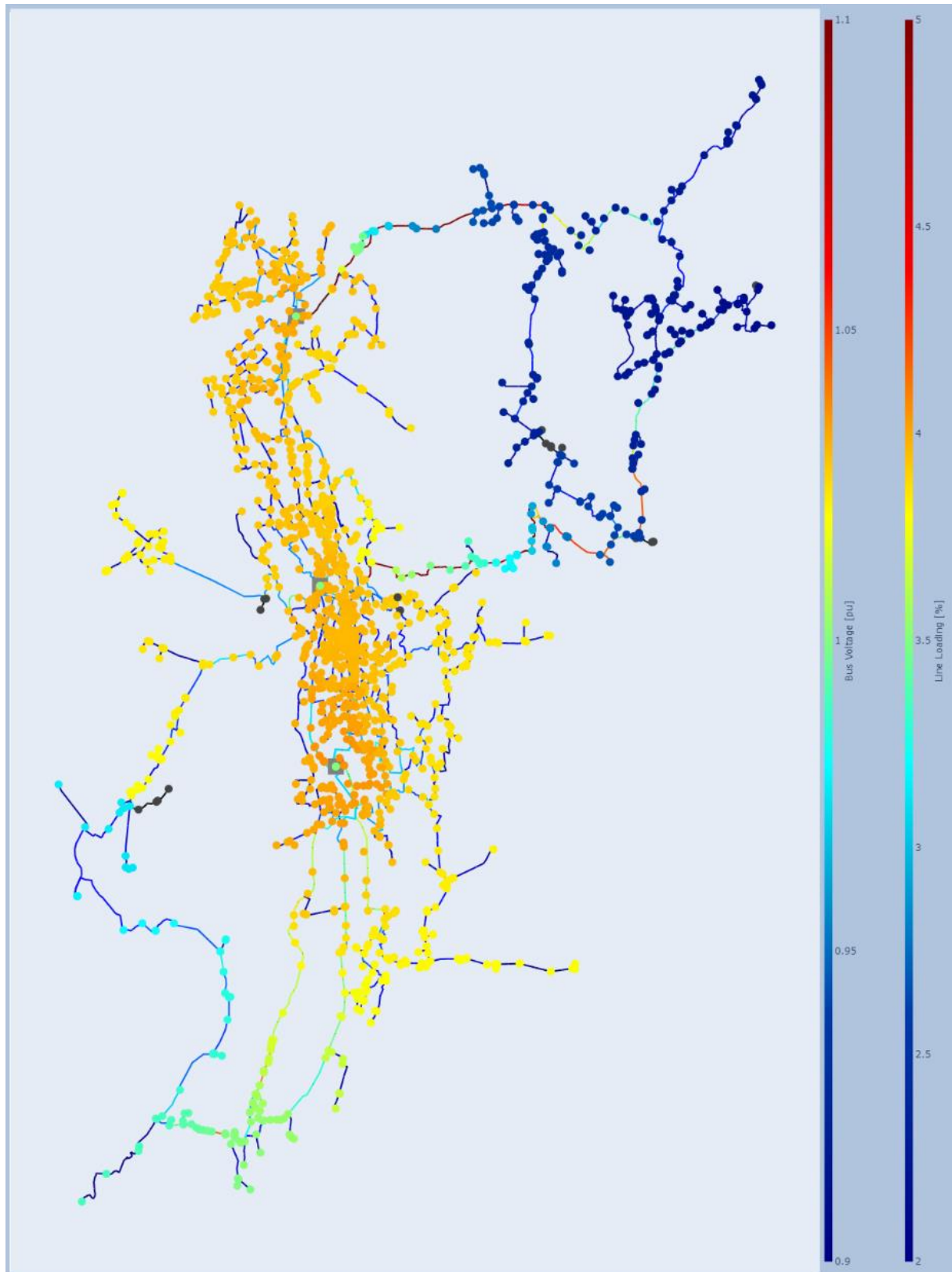
Interreg
Alpine Space



This project is co-financed by the European Union
via Interreg Alpine Space

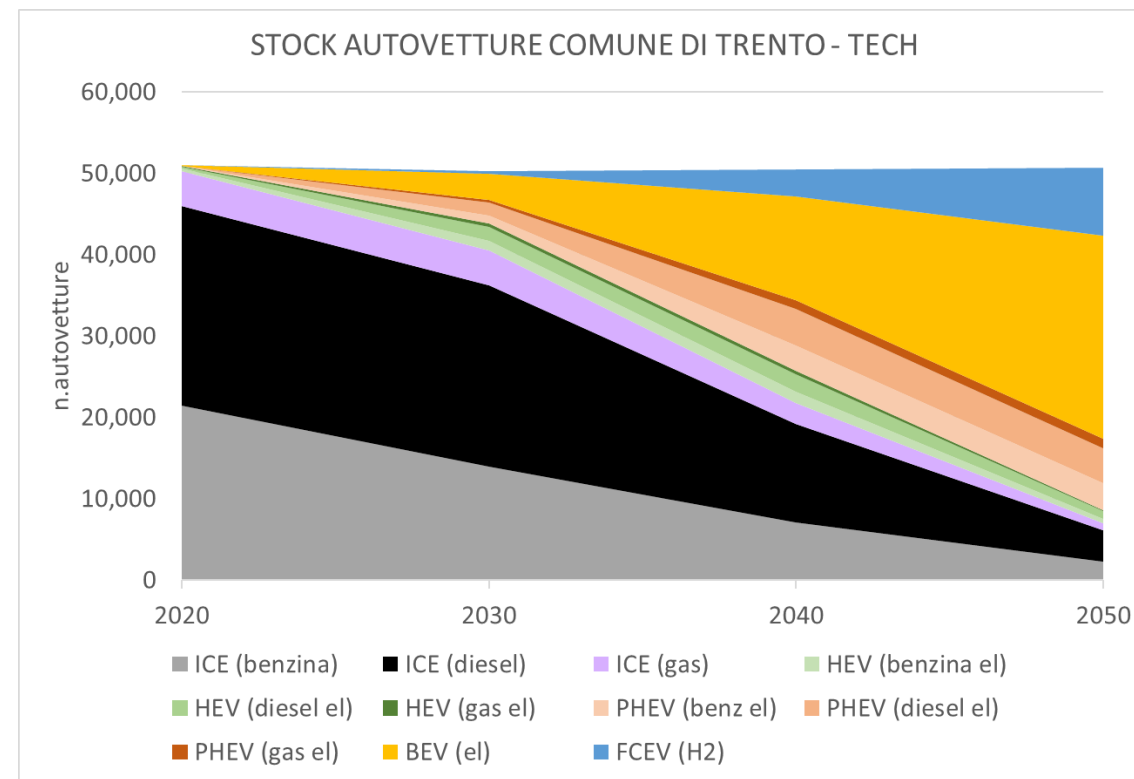


ELECTRIC MOBILITY - STARDUST

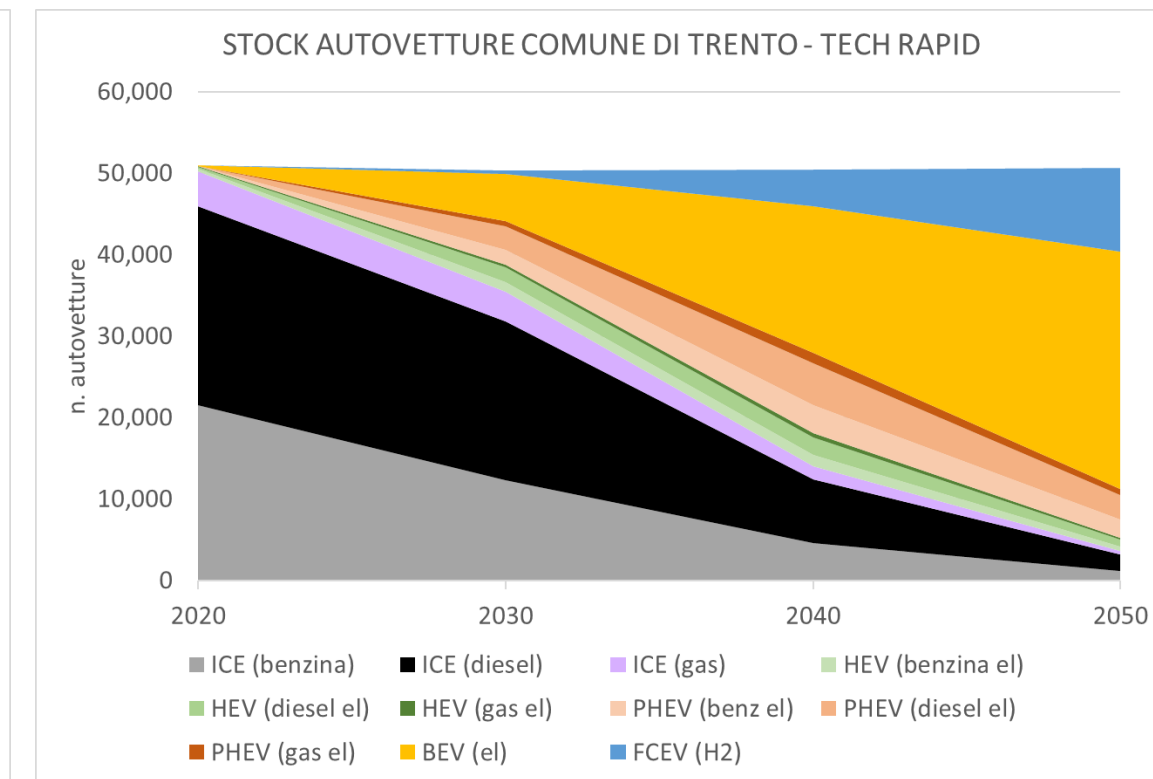


Mobility action within the lighthouse city of Trento:

- Develop long-term scenarios about the penetration of Electric Vehicles (Evs) within the car fleet of Trento
- Assess the future impact of EVs charging on the medium-voltage distribution grid of Trento through a detailed load flow study
- Test battery storage solution based on second-life batteries in a small-scale demonstrator



2030	2050
BEV 6.42 %	BEV 49.19 %
FCEV 0.59 %	FCEV 16.55 %



2030	2050
BEV 11.46 %	BEV 57.46 %
FCEV 0.75 %	FCEV 20.37 %

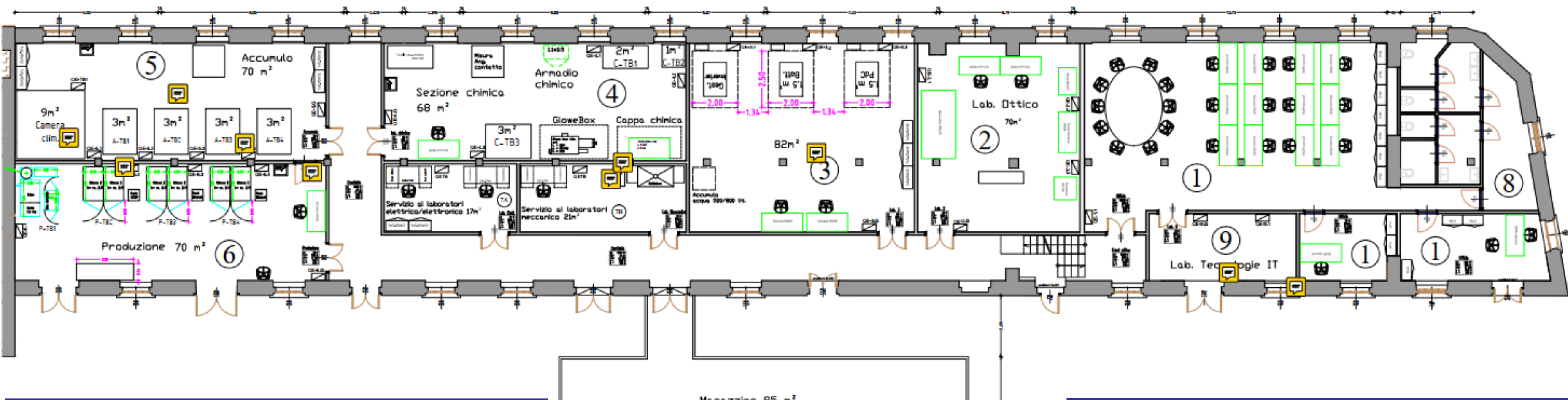
Laboratori PROGETTO MANIFATTURA- Rovereto

1

LABORATORIO
MODELLISTICA

2

LABORATORIO
ACCUMULI
ENERGETICI



3

LABORATORIO
SISTEMI ENERGETICI
DISTRIBUITI

4

LABORATORIO
TECNOLOGIE IT

5

LABORATORIO
INFRASTRUTTURE

Presenza strategica di FBK

- Full member of HYDROGEN EUROPE research, grouping of the Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking
- L. Crema is member of the coordination board
- Support to MAWP and AWP, support to FP9 strategy



L. Crema is 1 of 2 EU researchers drafting the **SRIA - CLEAN HYDROGEN for EU in FP9 – HE**

- Vice Presidente H2IT, Associazione Italiana dell'Idrogeno
- Supporto alla redazione dei Piani Nazionali del Trasporto
- Membro del Board e del Cluster Nazionale Energia
- Referente Scientifico nazionale per la preparazione IPCEI Idrogeno



ARES wrote the **National Strategic Plan on Hydrogen Mobility**, part of the Italian contribution to the DAFI EU Directive

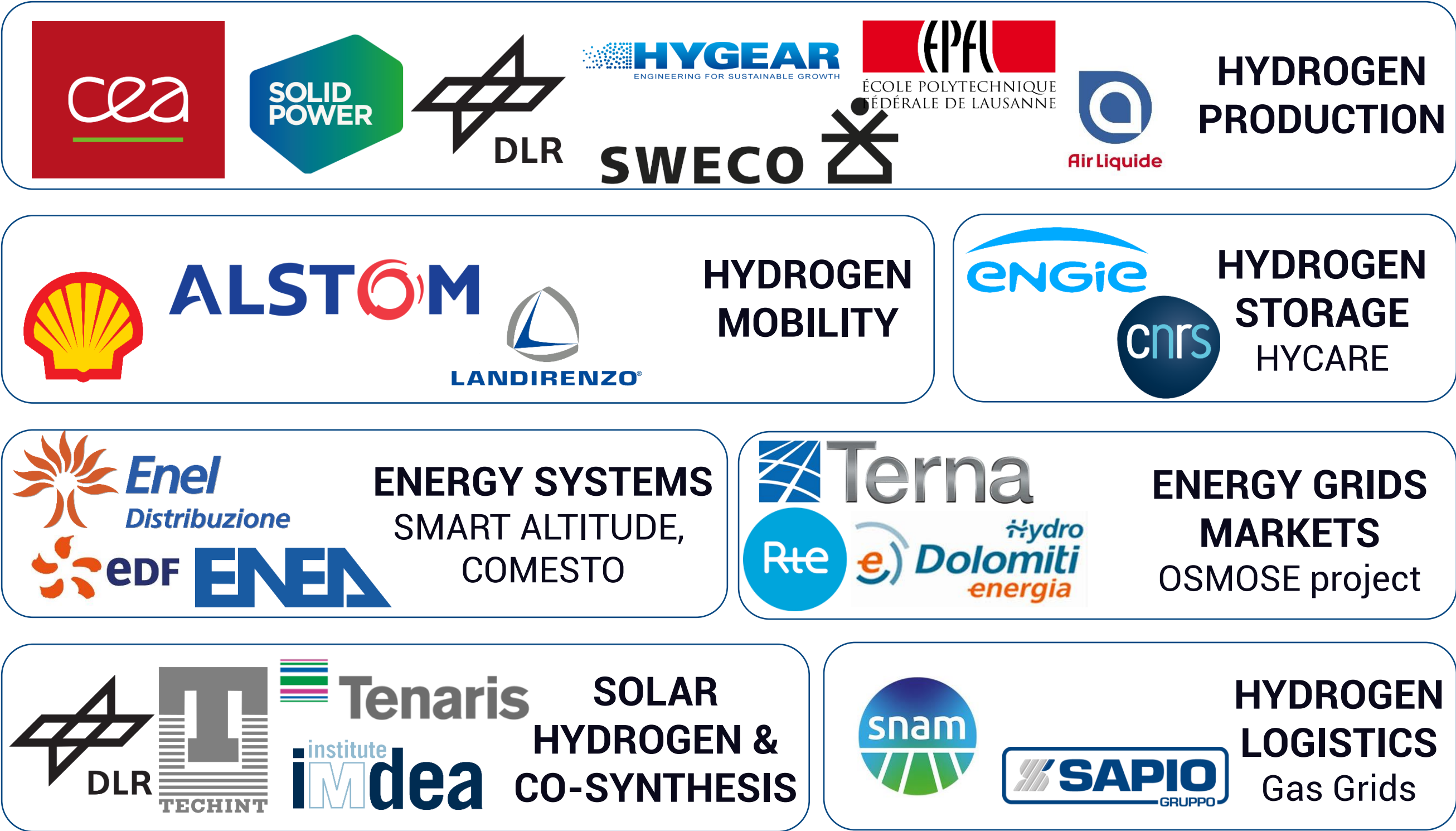
- Full member of the EERA, 2 JPs
- In the Extended Board for Italian H2020 strategy on ENERGY
- Italian representative for Solar Thermal in Industrial process heat, H2020 INSHIP ECRIA project



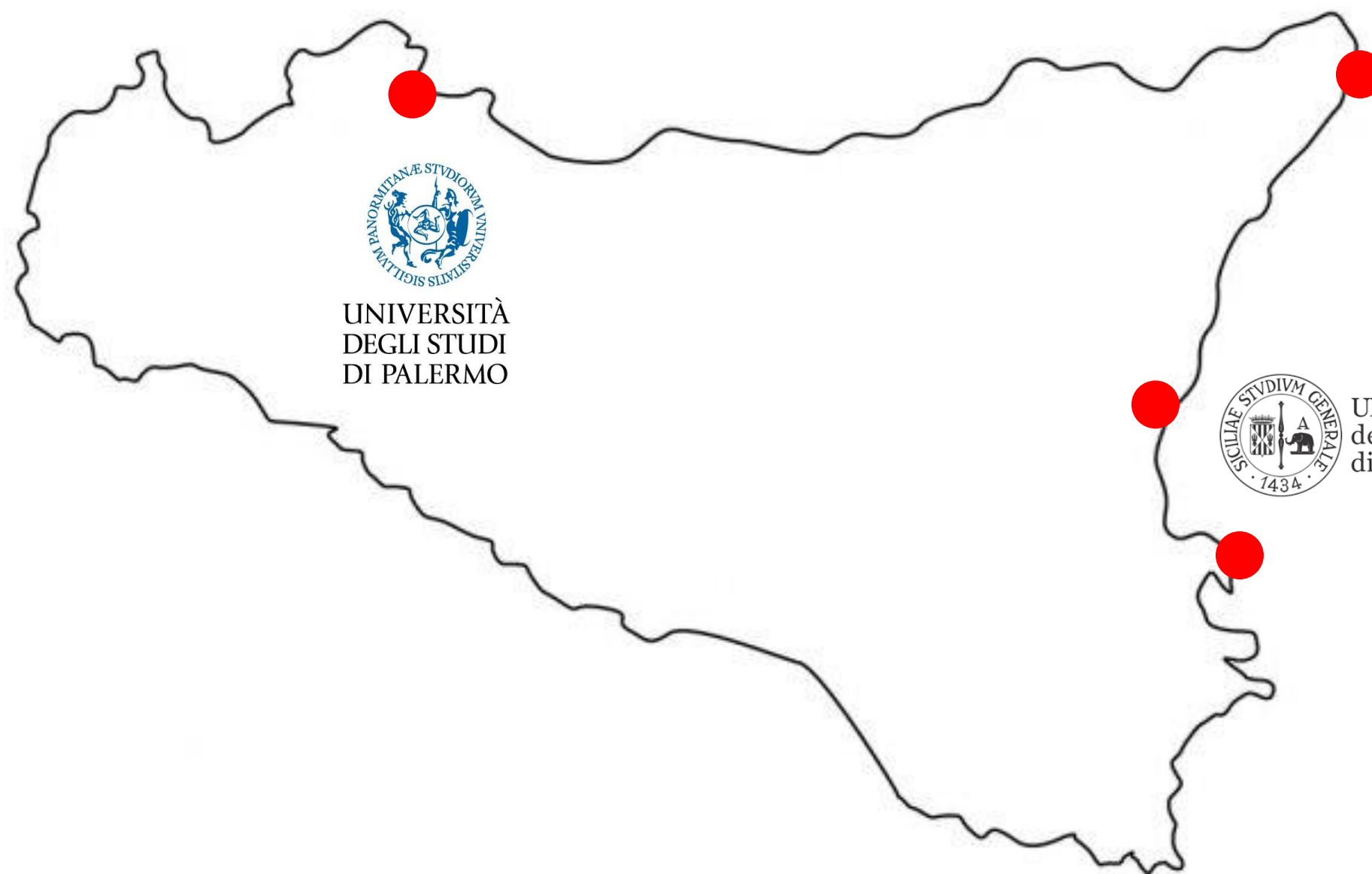
Full member in 2 Joint Programmes:

- **Concentrated Solar Power**
- **Fuel Cells and Hydrogen**

Esempio di collaborazioni settore Idrogeno e Reti



Collaborazione nel contesto Regionale




UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO


UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA



Consiglio Nazionale
delle Ricerche



Nel contesto della Regione Sicilia, FBK è pronta a collaborare con i centri di eccellenza, in primis il CNR ITAE, uno dei riferimenti nazionali nel tema idrogeno, e le Università

FBK svolge già attività di consulenza per una raffineria nel contesto Siciliano, aiutando la fase di transizione alla decarbonizzazione

Grazie per l'attenzione!

Luigi Crema

Head of ARES – Applied Research on Energy Systems
Fondazione Bruno Kessler

crema@fbk.eu

ares.fbk.eu
www.fbk.eu