IL PROGETTO BIOMASS HUB
PER LA TRANSIZIONE ENERGETICA E L'ECONOMIA CIRCOLARE IN LOMBARDIA

17 ottobre 2022 | Sala Pirelli, Milano

Produzione di idrogeno verde per l'autotrazione o per accumulo-power to gas

Gioele Di Marcoberardino
Ricercatore
Dipartimento di Ingegneria Meccanica ed Industriale (DIMI) – Università degli Studi di Brescia

Sostenibilità in Lombardia VERSO IL 3° FORUM 19-22 OTTOBRE 2022 | Regione Lombardia | BIOMASSHUB biometano per una società sostenibile

L’economia dell’idrogeno

Il ruolo dell’idrogeno nella **transizione energetica**:

- Supporto all’integrazione delle **rinnovabili** su larga scala
- **Generazione di Potenza** multiscala e multisettore
- **Buffer** (stoccaggio) per incrementare la resilienza del sistema
- **Decarbonizzazione end-users** (trasporti, calore industrial e terziario-civile)

Produzione H_2 OGGI

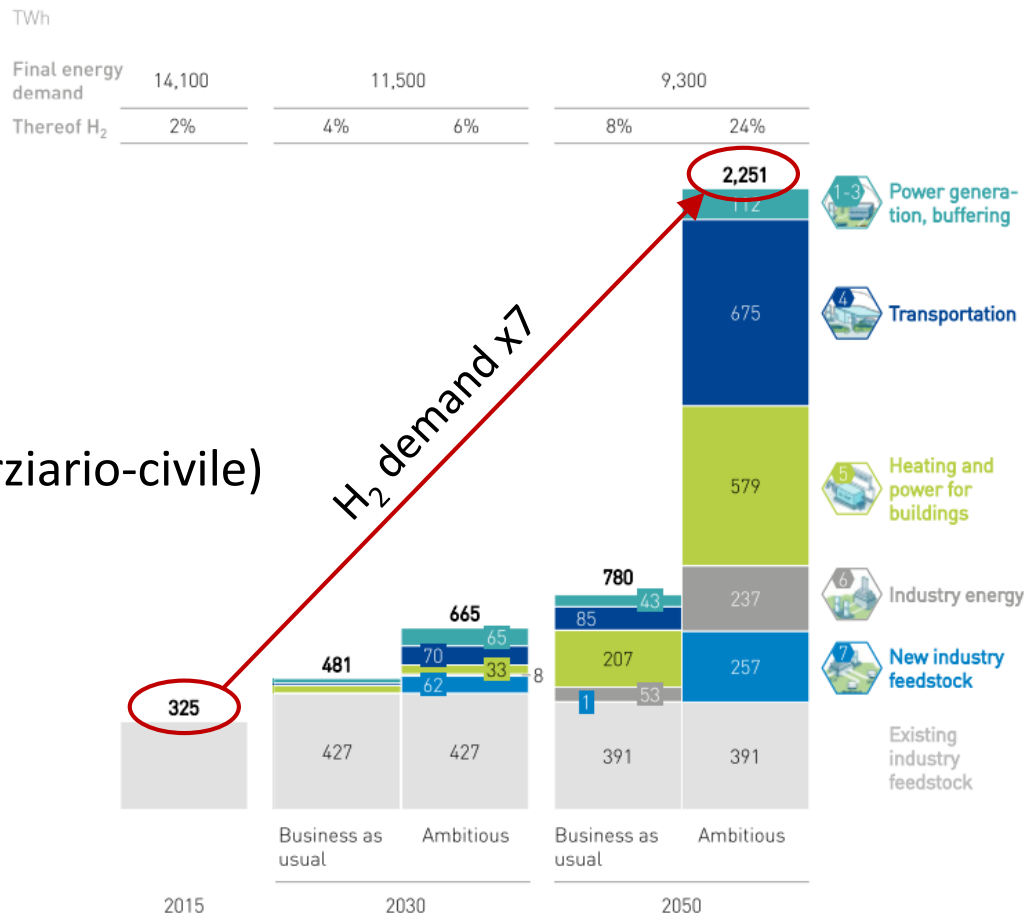
48% da Gas Naturale

30% da Petrolio

18% da Carbone

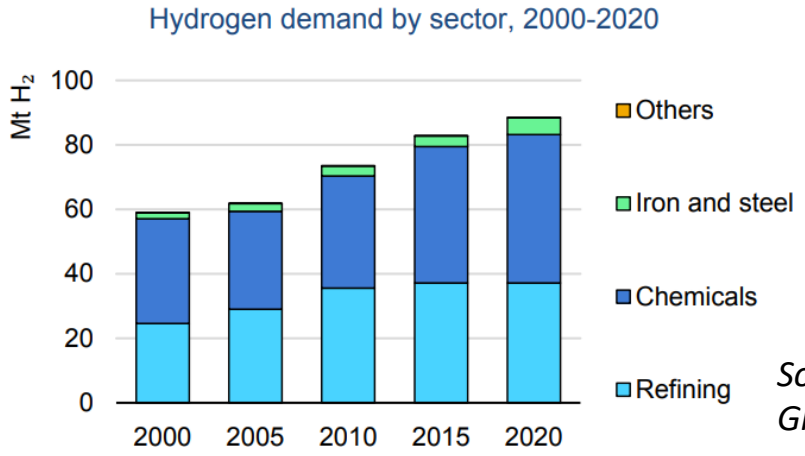
4% da Elettrolisi

FUTURO: **Green H_2** da RES

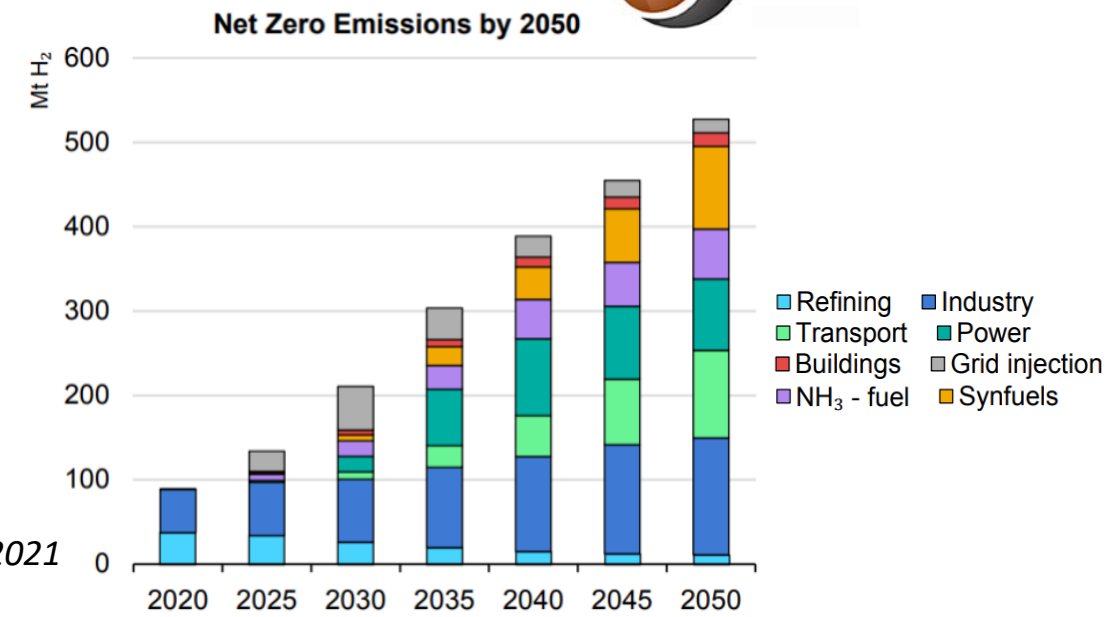


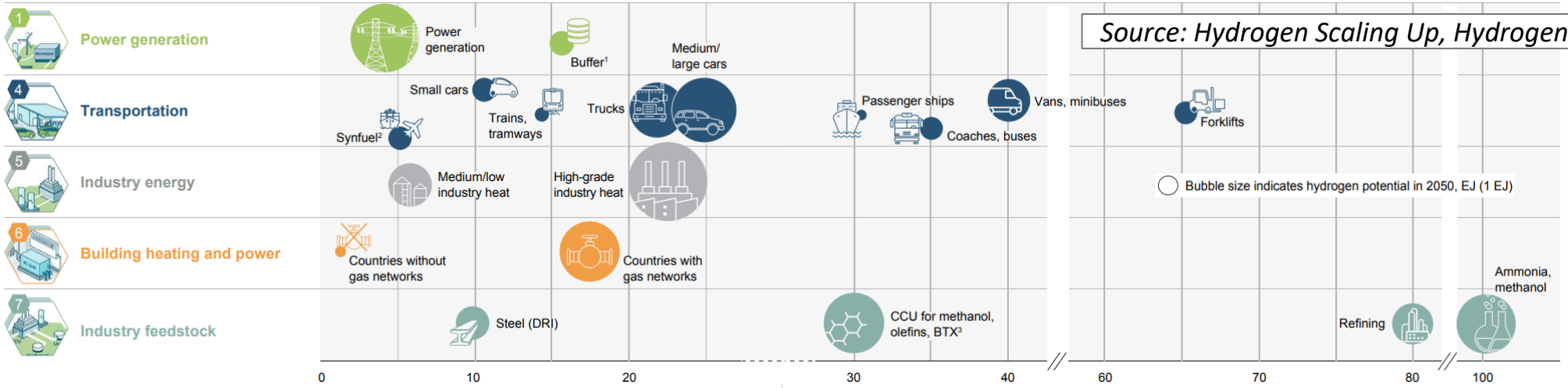
Source: FCH-JU, Hydrogen Roadmap Europe, 2015

L'economia dell'idrogeno: settori



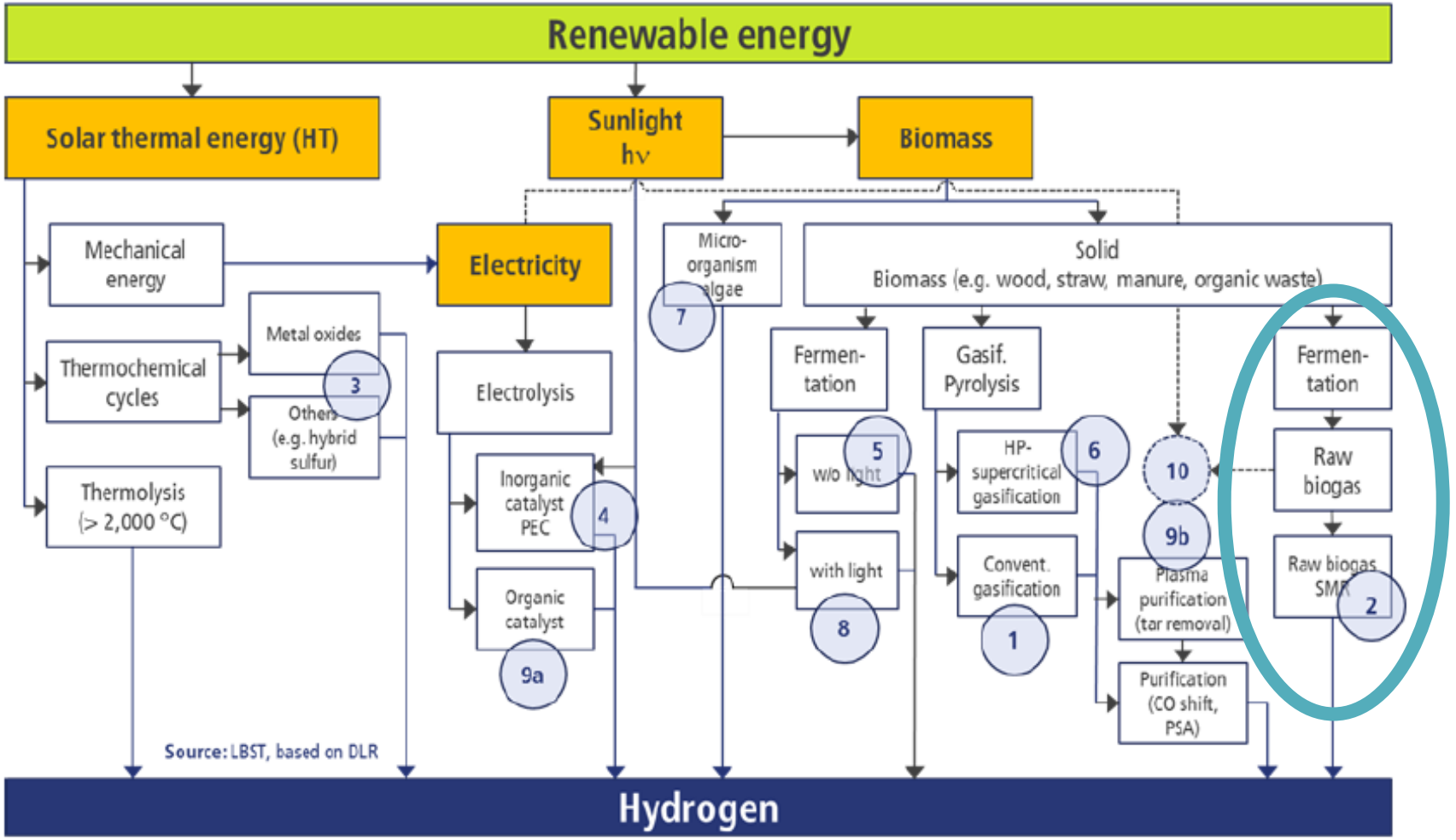
Source:
Global Hydrogen Review, IEA, 2021





Source: Hydrogen Scaling Up, Hydrogen Council, 2017

La produzione di idrogeno verde



Source: FCH-JU, Study on Hydrogen from Renewable Resources in the EU, 2015

Idrogeno verde da biogas

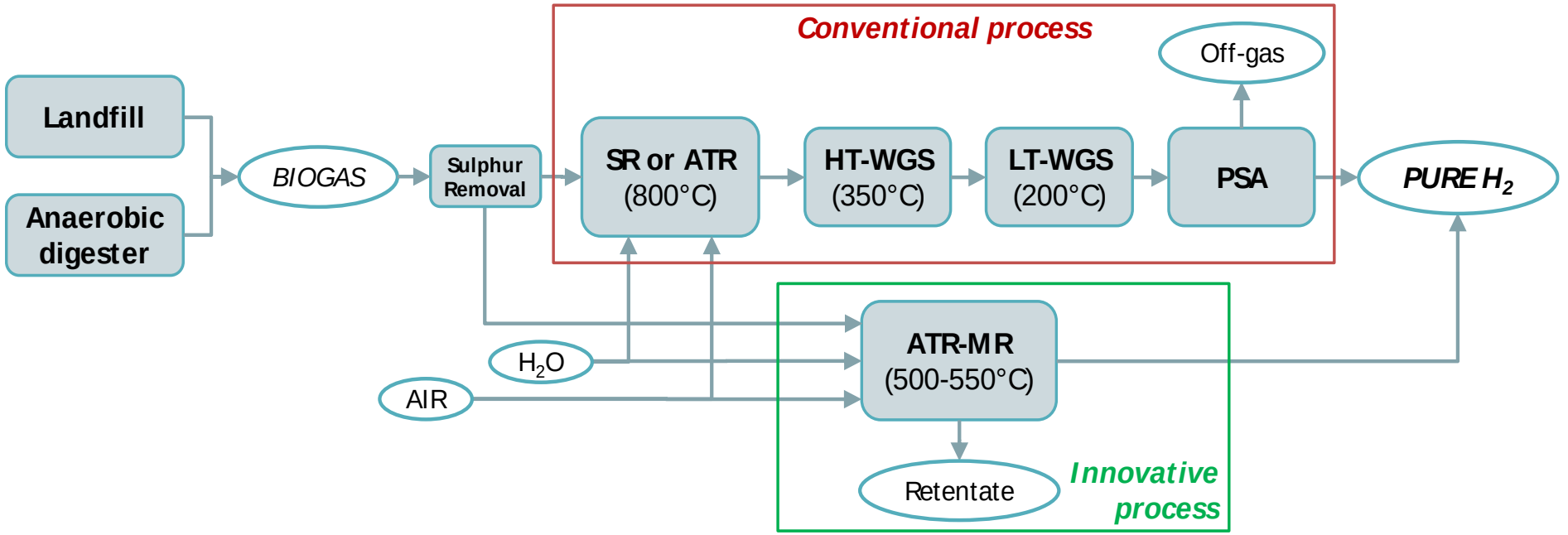
Il **sistema convenzionale** per la produzione di idrogeno si basa su 4 stadi che operano a diversa temperatura (fino a 800 °C) e lavorano con materiali specifici per ogni singolo processo

- La soluzione innovativa permette di ridurre il processo da 4 stadi ad un **unico step** producendo idrogeno puro a temperature inferiori rispetto al caso convenzionale (fino a 550°C)

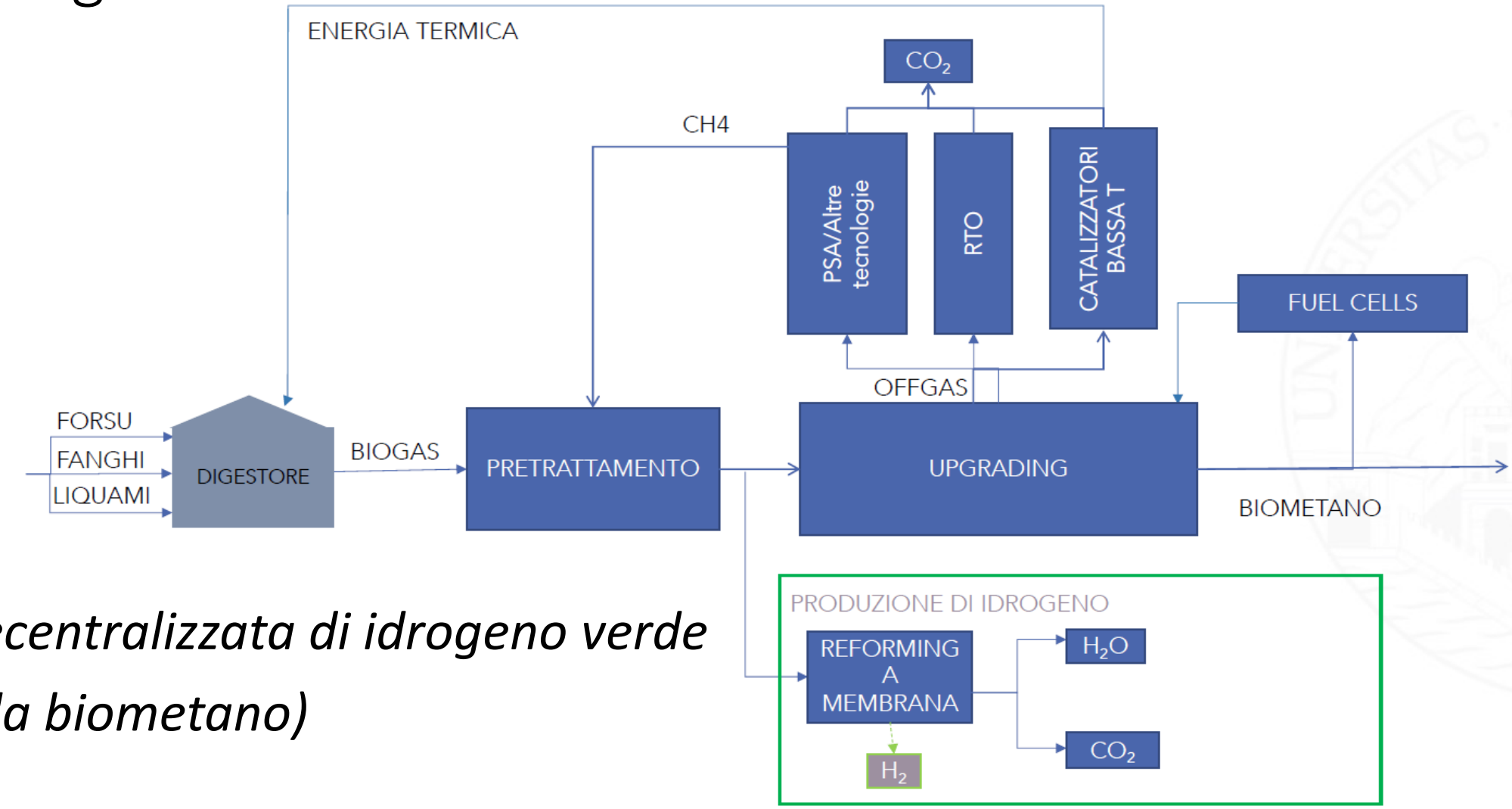
Efficienza delle sistemi convenzionali: **SR process 52%**, **ATR process 28%**

Efficienza delle sistemi convenzionali: **SR process 52%**, **ATR process 28%**

per la produzione di H_2 @ 20 bar*



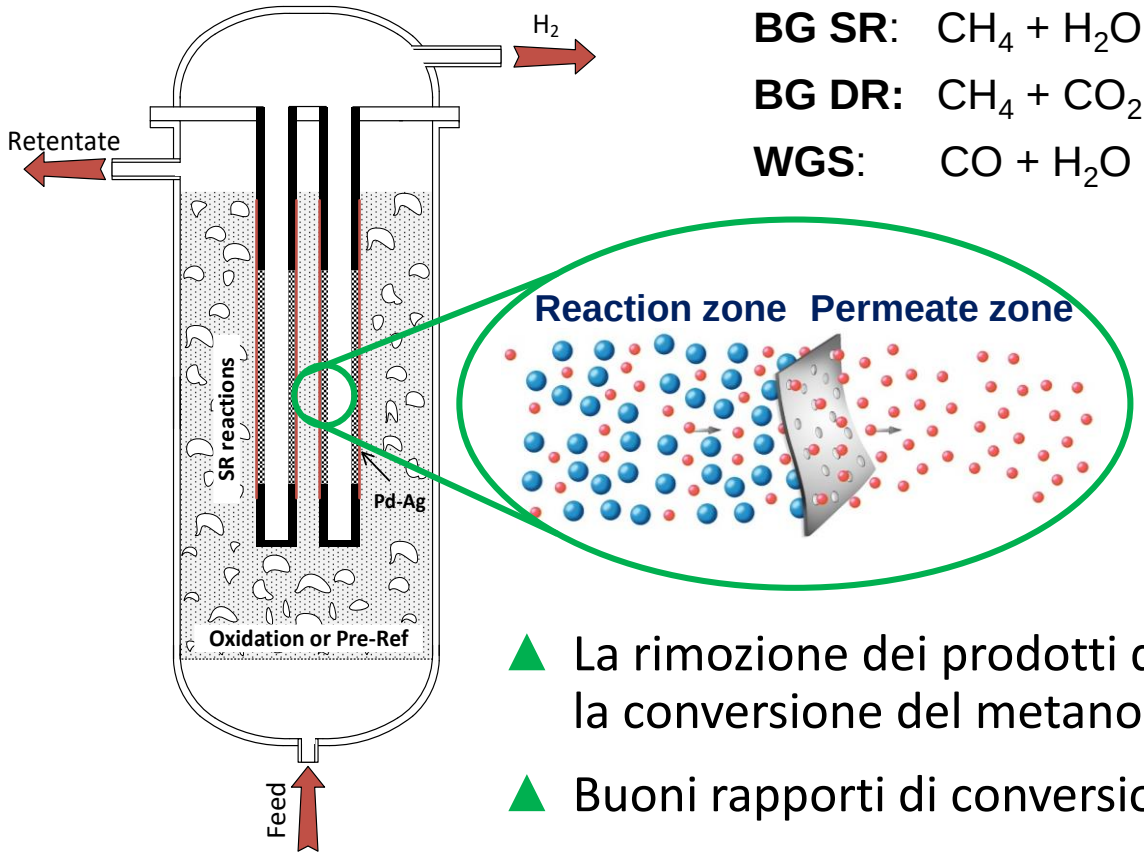
WP1 Energia



Produzione decentralizzata di idrogeno verde da biogas (o da biometano)

Il reattore a membrana

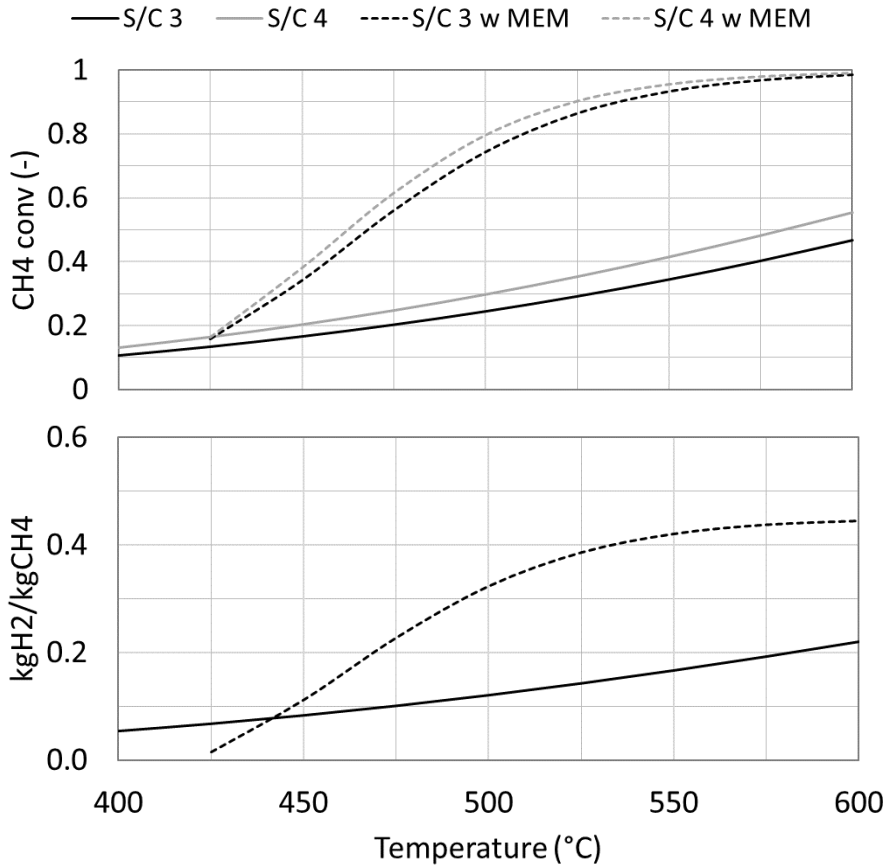
L'uso di **membrane** selettive all'H_2 permette di realizzare un unico reattore nel quale, **contemporaneamente**, avvengano la **conversione** del fuel e la **separazione** di H_2



BG SR: $CH_4 + H_2O = CO + 3H_2$

BG DR: $CH_4 + CO_2 = 2CO + 2H_2$

WGS: $CO + H_2O = CO_2 + H_2$

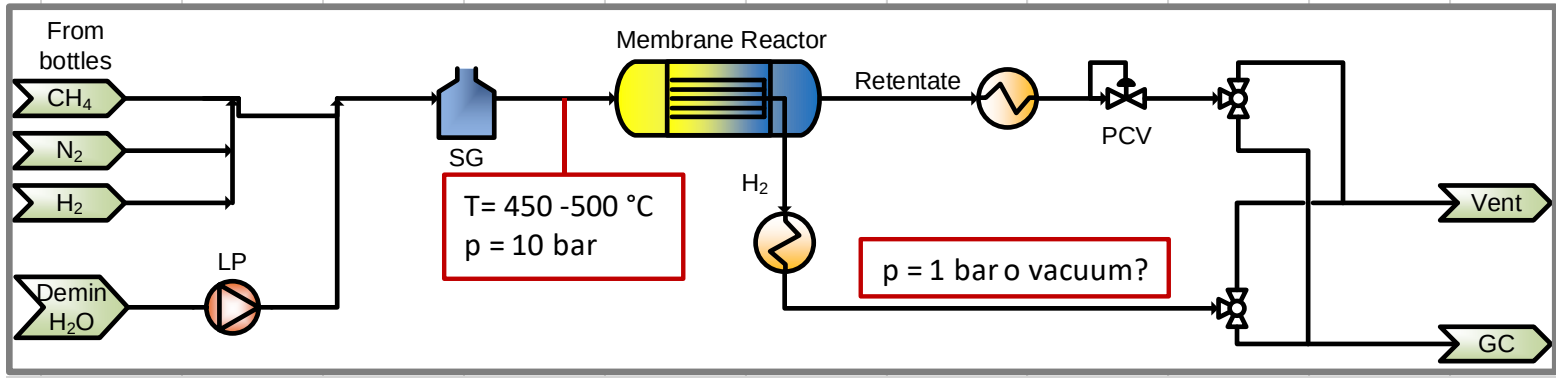


- La rimozione dei prodotti dal reattore favorisce la conversione del metano in idrogeno
- Buoni rapporti di conversione a T inferiori

Banco prova MR per produzione H_2

✓ Studio e progettazione banco prova reattore a membrana per produzione H_2

⇨ Definizione del PFD (Process Flow Diagram) per 3 composizioni biogas indicate da AB Impianti

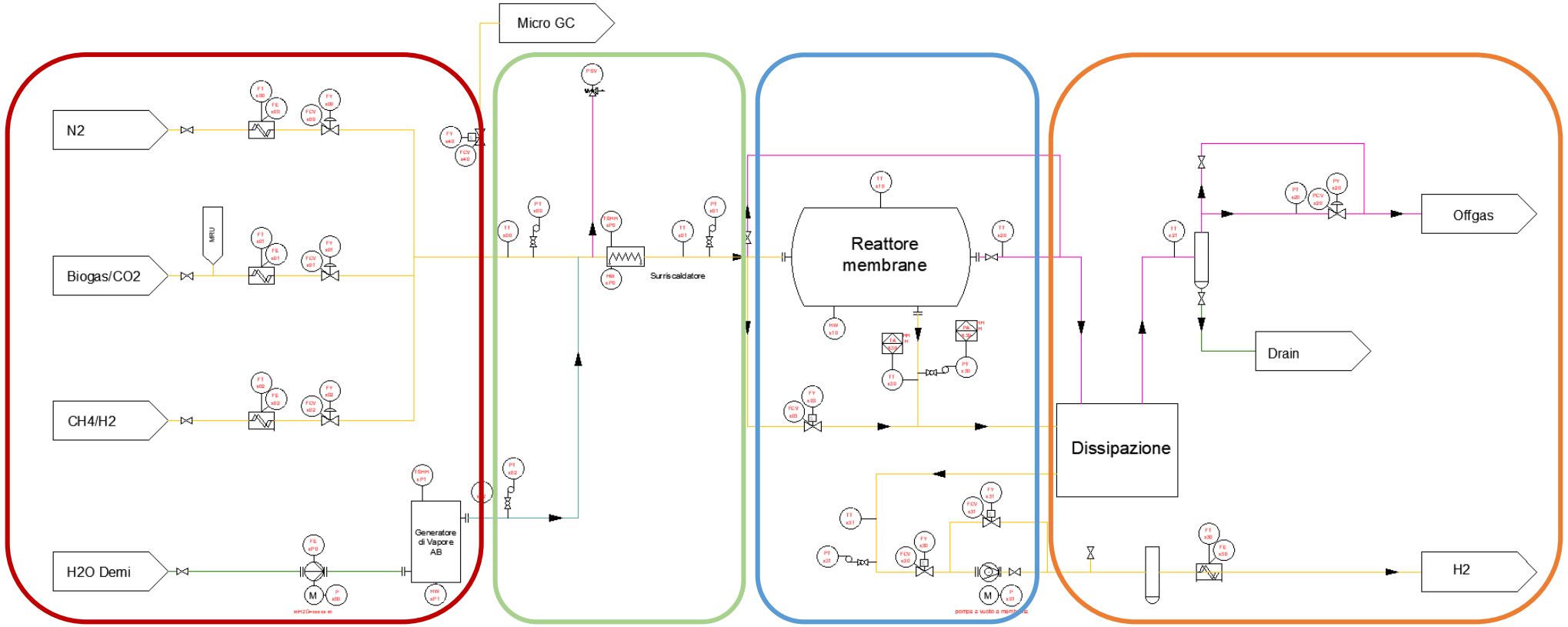


$$HRF = \frac{N_{H_2,out}}{4 \cdot N_{CH_4,in}} \qquad S/C = \frac{N_{H_2O_{in}}}{N_{CH_4,in}}$$

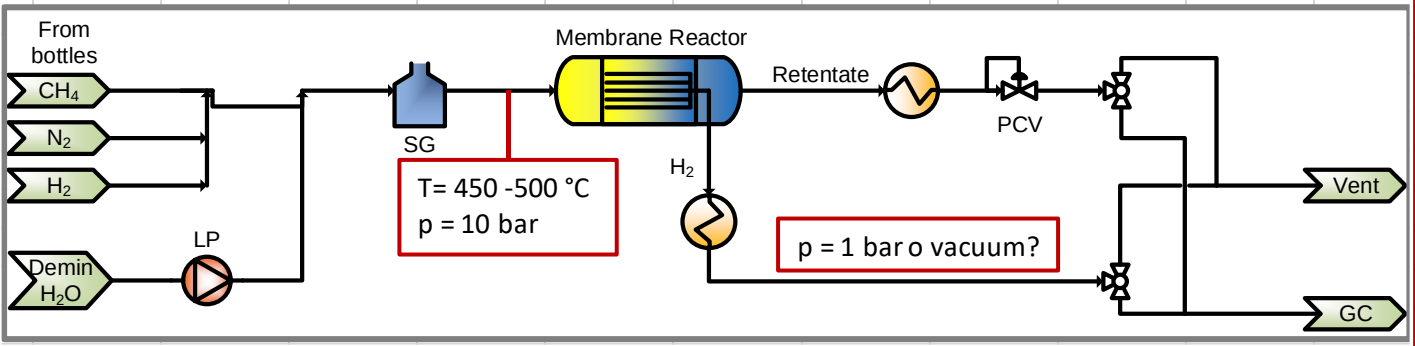
			1			3			5		
	H2	Nl/min									
	HRF	-	20%	30%	50%	20%	30%	50%	20%	30%	50%
	CH4	Nl/min	1.25	0.83	0.50	3.75	2.50	1.50	6.25	4.17	2.50
0.55	BG 55	Nl/min	2.27	1.52	0.91	6.82	4.55	2.73	11.36	7.58	4.55
0.75	BG 75	Nl/min	1.67	1.11	0.67	5.00	3.33	2.00	8.33	5.56	3.33
0.95	BG 95	Nl/min	1.32	0.88	0.53	3.95	2.63	1.58	6.58	4.39	2.63
	S/C	-	3	3.5	4	3	3.5	4	3	3.5	4
	H2O -CH4	Nl/min	3.75	2.92	2.00	11.25	8.75	6.00	18.75	14.58	10.00
		kg/h	0.18	0.14	0.10	0.54	0.42	0.29	0.90	0.70	0.48

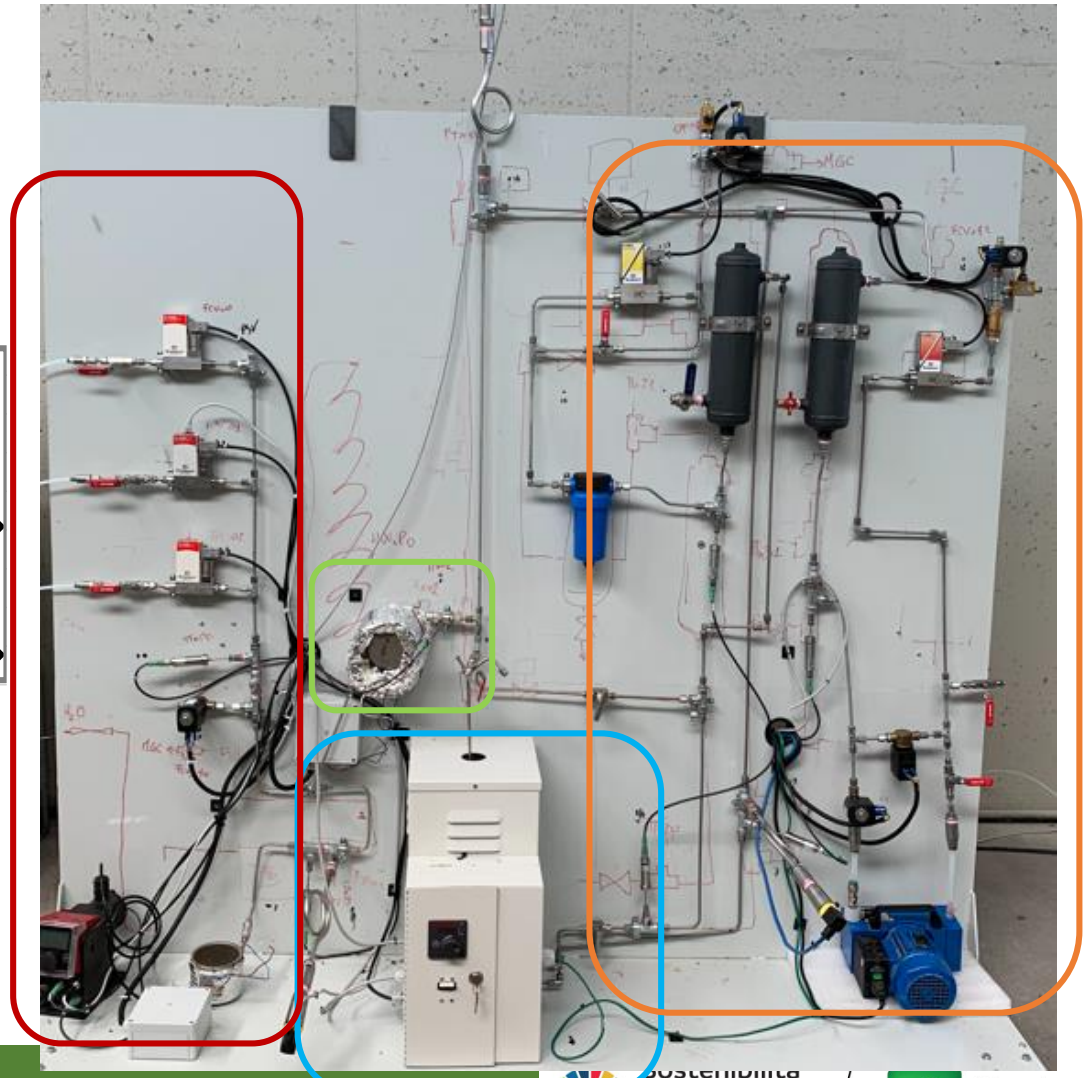
Banco prova MR per produzione H_2

- ✓ Scelta e **acquisto** prototipo **reattore** da REB (USA) – 7 membrane a Pd-Ag per 1 Nl/min H_2
- ✓ **Definizione P&ID** banco prova (Piping & Instrumentation Diagram)



Banco prova MR per produzione H_2





Campagna sperimentale

1. **Collaudo e Attivazione catalizzatore**

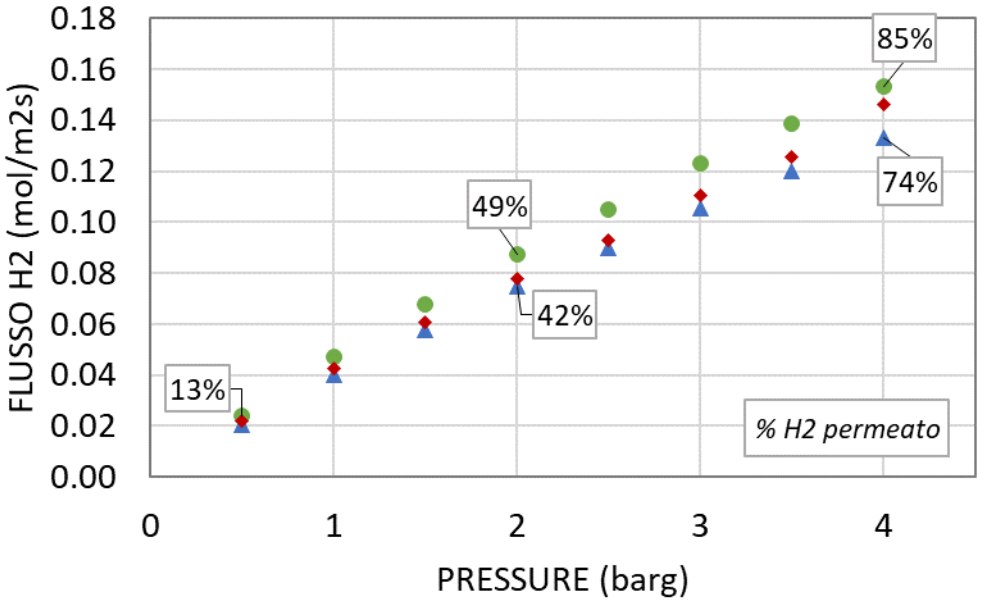
2. **Caratterizzazione membrana**

WHAT Test permeazione idrogeno puro ed in miscela
Influenza condizioni operative

GOAL Valutazione flusso idrogeno permeato
Parametri legge di permeazione *n, Ea, P_0*
Grado di purezza

$$J_{H_2,p}\left(\frac{mol_{H_2}}{m^2 s}\right) = \frac{\boldsymbol{P_0}}{t} \cdot e^{-(\boldsymbol{Ea}/RT)} \cdot \left(p_{H_2,f}{}^{\boldsymbol{n}} - p_{H_2,p}{}^{\boldsymbol{n}}\right)$$

Flusso ingresso: H_2 puro 3 Nl/min



Purezza Esempio ANALISI GC Miscela H_2-N_2 50/50 @ 400 °C, 4 barg
H_2 permeato 99.99%

Campagna sperimentale

3. Test con reazione e separazione

WHAT Steam reforming **con** e **senza** attivazione membrane

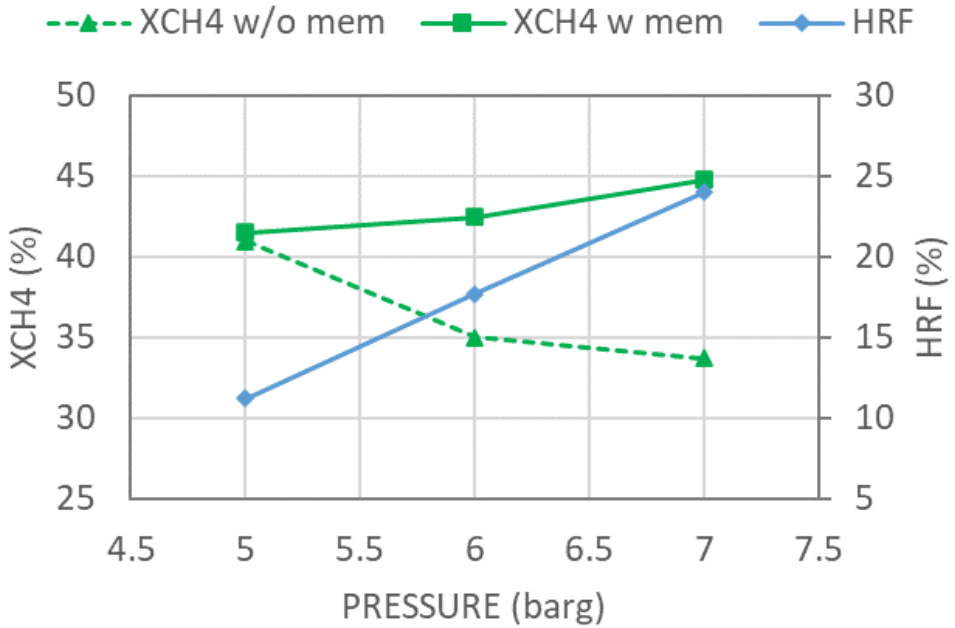
Valutazione prestazioni a diverse condizioni del feed

GOAL Conversione metano e fattore di recupero dell'idrogeno @ diversi p,T

$$X_{CH_4} = \frac{N_{CH_4,f} - N_{CH_4,r}}{N_{CH_4,f}}$$

$$HRF = \frac{N_{H_2,p}}{4 \cdot N_{CH_4,f} + N_{H_2,f}}$$

FLUSSO IN (Nl/min)
S/C = 3
CH_4: 0.5
H_2O: 1.5
N_2: 0.1
@700 °C

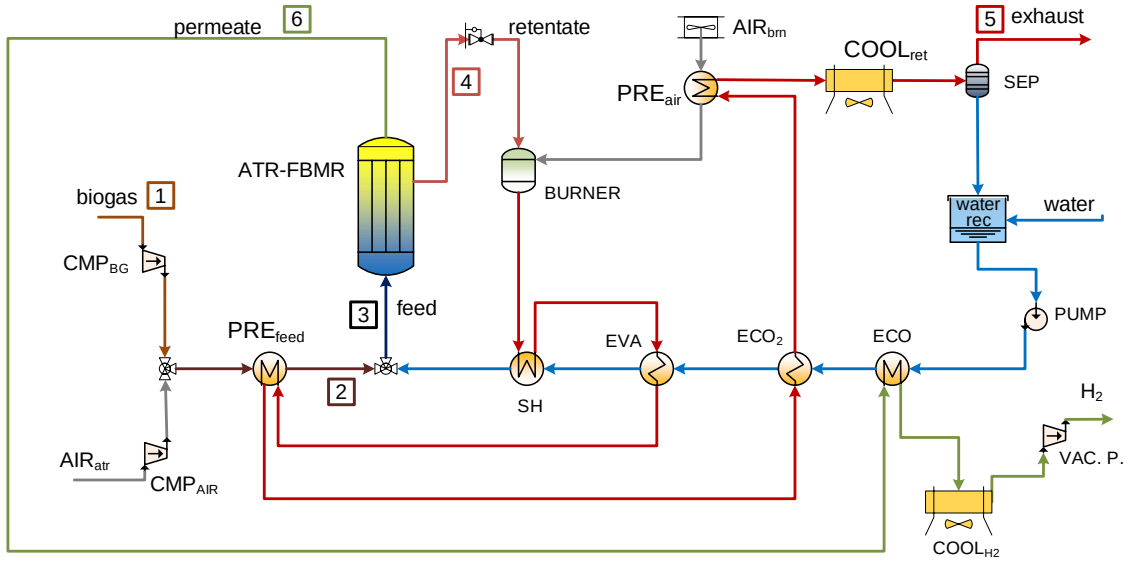


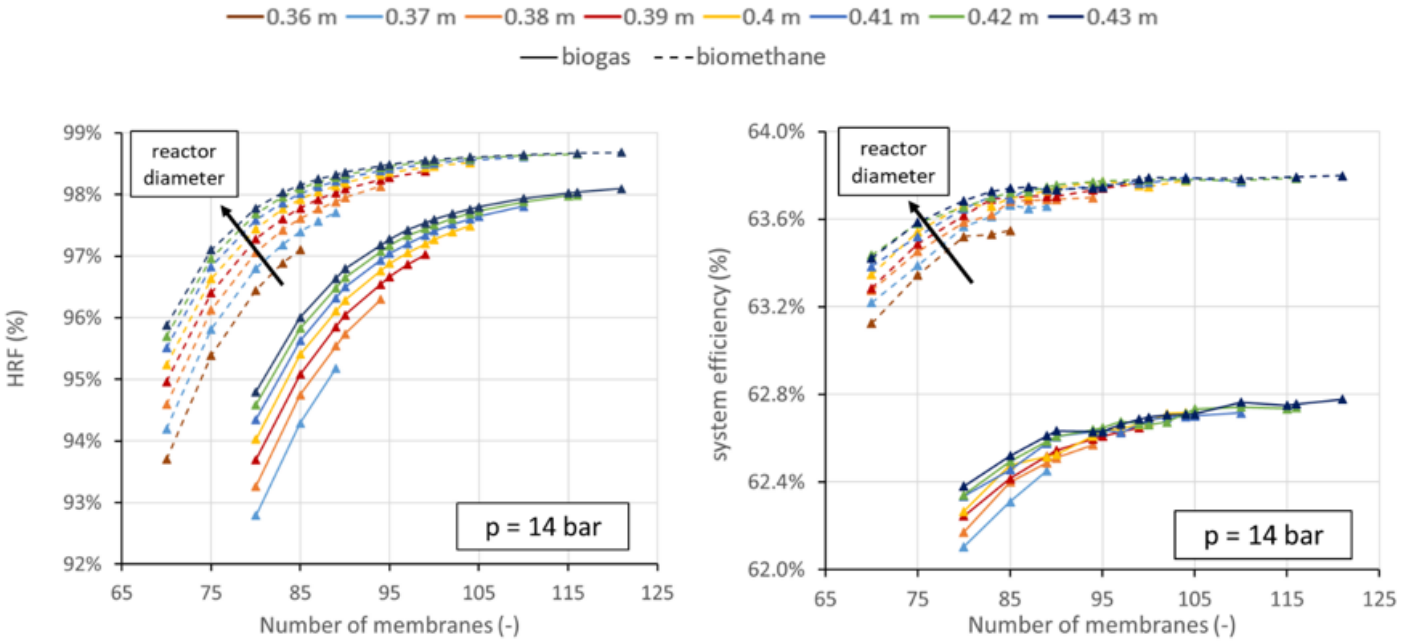
Ulteriori risultati:

- Influenza p,T sulla conversione del CH_4
  - ▲ X_{CH_4}
    - ▲ T
    - ▲ S/C (w/o mem)
    - ▲ p (w mem)
- Influenza della pressione lato permeato
  - ▲ HRF → >50% @ 0.16 bara

Valutazione di sistema di media taglia

❖ *Produzione H_2 100 kg/d - Esempio sistema con ATR-MR*





BIOMASSHUB
biometano per una società sostenibile

*Gra*zie per l'attenzione!

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA

ERGO
Energy Technology Group

AB