

IL VETTORE IDROGENO: APPLICAZIONI ATTUALI NAZIONALI E PROSPETTIVE FUTURE

FRANCO POLIDORO

CNR Bologna, 23 novembre 2023



PERCHÉ RICORRERE AL VETTORE IDROGENO?



- È un **vettore ottenibile in modo semplice** dall'energia elettrica o dagli idrocarburi
- È **molto versatile** negli usi finali
- Non genera **emissioni di gas serra** nella fase di utilizzo

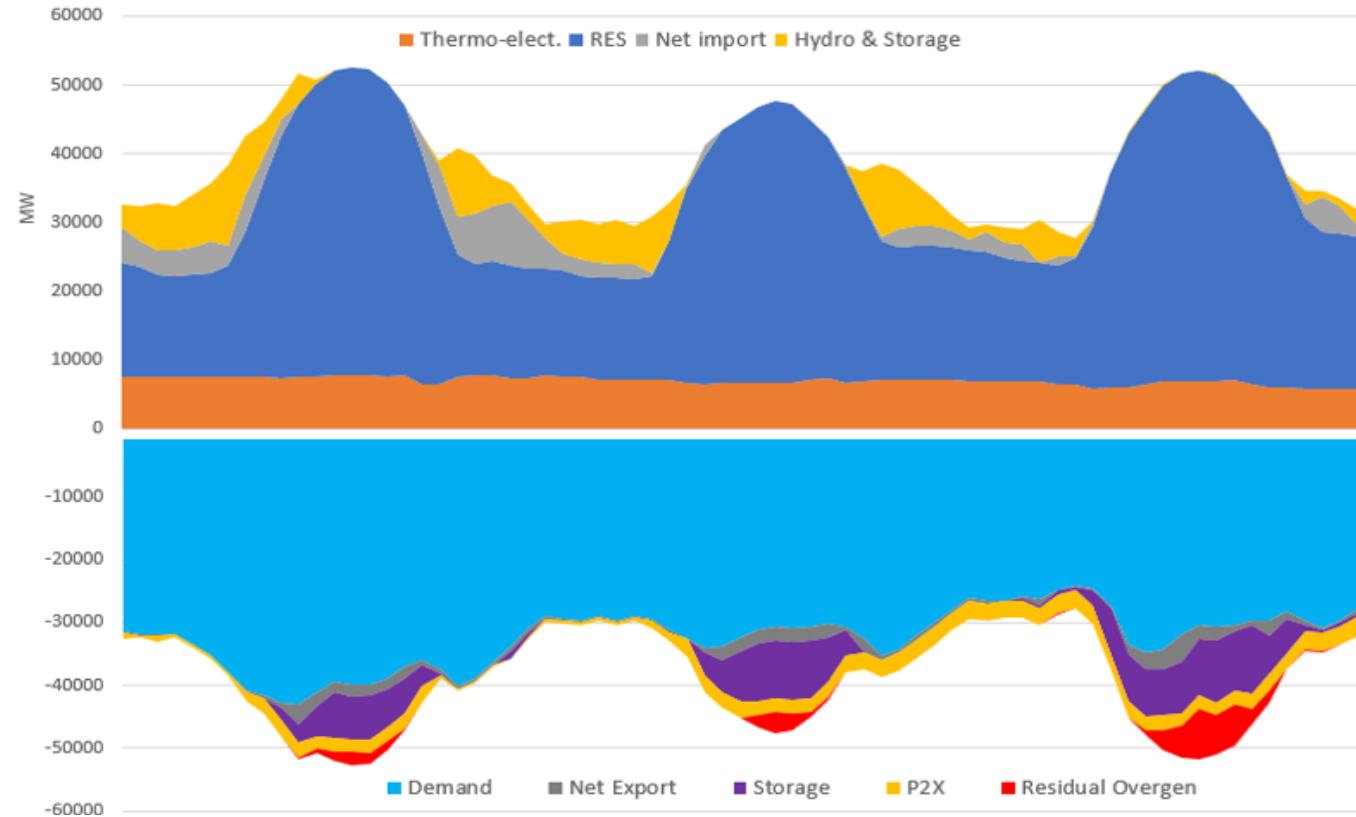
Due motivi, legati alla transizione energetica, rendono attraente l'uso dell'H₂:

- ❑ La penetrazione delle rinnovabili elettriche richiede nuove **risorse di flessibilità: produrre H₂ è una soluzione**, complementare e in parte alternativa all'accumulo elettrico
- ❑ La **decarbonizzazione di molti settori** si traduce spesso, ma non sempre, in elettrificazione dei consumi → quando ciò non è possibile o è poco conveniente, **l'idrogeno e i suoi derivati** sono la principale alternativa

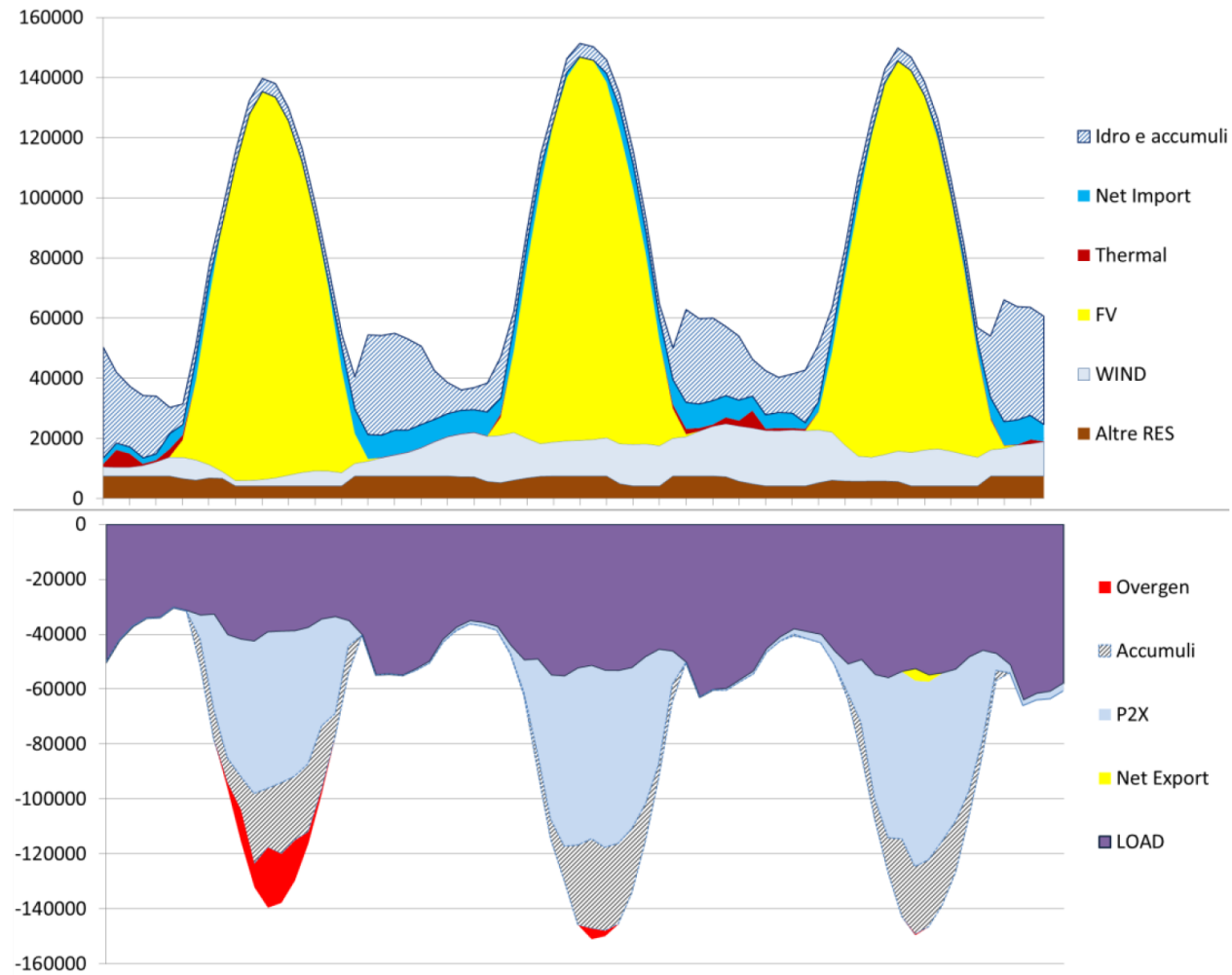
UNO SCENARIO AL 2030...

2030 Power Generation

Generation and Load curve (April 3 days)



...E UNO AL 2050



QUALE «COLORE» PER L'IDROGENO?



➤ **Idrogeno Grigio** (reforming del GN)

- Eccessive emissioni di CO₂ ($\approx 8 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{kg}_{\text{H}_2}$), da abbandonare gradualmente (criterio adottato dalla Commissione Europea: emissioni $< 3 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{kg}_{\text{H}_2}$ ^(*))

➤ **Idrogeno Blu** (reforming con CCUS)

- Un po' più costoso del Grigio, ma (oggi) molto meno di quello Verde. Il problema principale è il deposito geologico (localizzazione e accettabilità)

➤ **Idrogeno Verde** (da rinnovabili)

- Flessibile, scalabile, ma ancora costoso. La tecnologia esiste, ma con spazi di miglioramento

L'idrogeno verde è quello di maggiore interesse, ma ci può essere spazio per il blu: può essere la prima, naturale evoluzione del grigio, anche sfruttando impianti esistenti.

(*) REGOLAMENTO DELEGATO (UE) 2021/2139

ALCUNE APPLICAZIONI ATTUALI



- Produzione da FER (fonti energia rinnovabile) elettriche
- Trasporto pubblico locale
- Trasporto ferroviario
- Siderurgia
- Blending
- Produzione di metano sintetico

PRODUZIONE DA FER ELETTRICHE (1)



Due casi:

1. Utilizzo di energia elettrica da eccedenze FER
2. Impianti FER dedicati

1. Utilizzo di energia elettrica da eccedenze FER

Riferimento: scenario al 2030 con elevata penetrazione di FER (60 GW FV, 24 GW eolico)

Ore equivalenti di produzione H₂ ≈ 1000 ore/anno

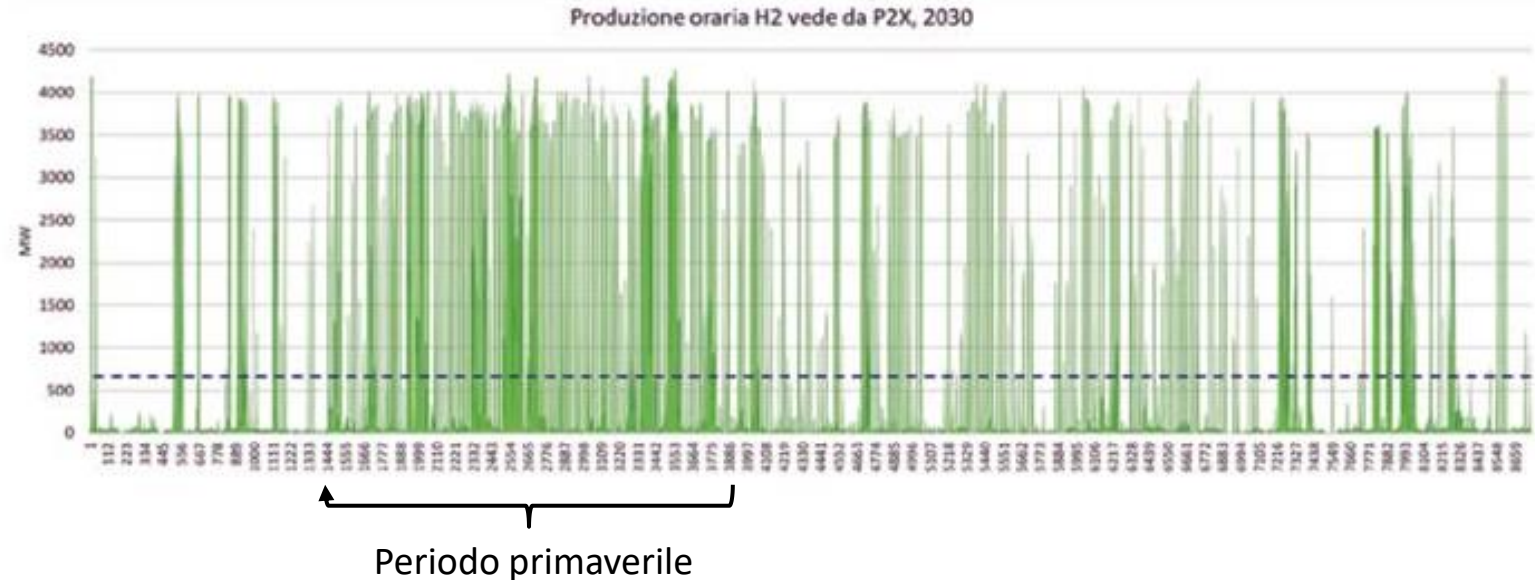
Prezzo medio di acquisto EE ≈ 20 €/MWh

Risultato → costo di produzione H₂ 60÷70 €/MWh (2÷2.3 €/kg)

La situazione migliorerà ulteriormente (ore ↑ , costo ↓) al crescere della potenza FER installata

PRODUZIONE DA FER ELETTRICHE (2)

Problema: necessità di accumulo H_2 di lungo periodo (eccedenze concentrate nei mesi primaverili)



Soluzioni:

- Stoccaggio stagionale (capacità circa 40% della produzione annua!) → unica soluzione accettabile è lo stoccaggio geologico (tecnologia da dimostrare)
- Immissione in rete gas delle eccedenze, compensata da produzione di H_2 grigio quando la produzione è scarsa

PRODUZIONE DA FER ELETTRICHE (3)



2. Produzione da impianti FER dedicati

Vantaggio: ore di produzione più elevate, fino a: 1500 FV, 2000 FV a inseguimento, 3000 eolico

Svantaggio: costo EE più alto (LCOE da FER, 50÷60 €/MWh)

Risultato → costo di produzione H₂ 90÷100 €/MWh (3÷3.5 €/kg)

➤ Minori necessità di accumulo di lungo termine

IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (1)

Al fine di **ridurre le emissioni di CO₂ e di inquinanti**, diverse città hanno realizzato o hanno in programma progetti di introduzione di autobus a basse emissioni.



- Si esaminano vari progetti sotto il profilo economico

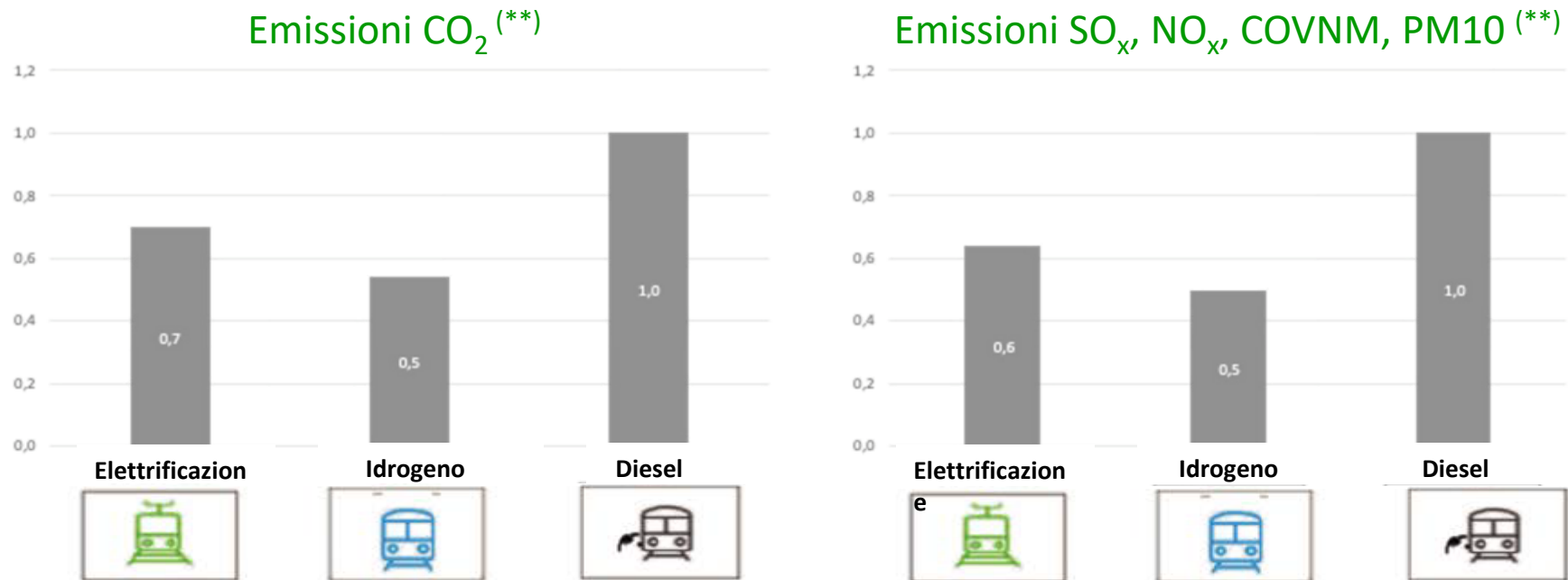
IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (2)

Fra le soluzioni «zero emission» elettrico e H₂, la prima ha un costo per posto passeggero **più basso**

		Acquisto	Manutenzione	Sostituzione batteria	Alimentazione	Totale	
		[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€/pu]
Elettrico	BZ	423.700	111.228	142.500	156.200	787.300	10.497
	TO	420.000	143.000	130.000	156.200	815.400	10.872
	MI	412.600	111.200	142.500	156.200	776.200	10.349
	BG	388.000	111.200	142.500	156.200	751.600	10.021
Diesel	BZ	220.000	171.600	-	286.200	677.600	7.529
	TO	227.000	234.000	-	286.200	747.000	8.300
	BG	210.000	205.400	-	286.000	701.400	7.793
Ibrido	BZ	380.000	243.100	-	263.300	886.400	9.849
	MI	400.500	243.100	-	263.300	906.900	10.077
CNG	TO	247.000	175.500	-	288.000	710.500	7.894
LNG	BZ	250.000	171.600	-	272.800	694.400	7.716
Idrogeno	BZ	650.000	286.000	-	516.600*	1.453.000	16.140

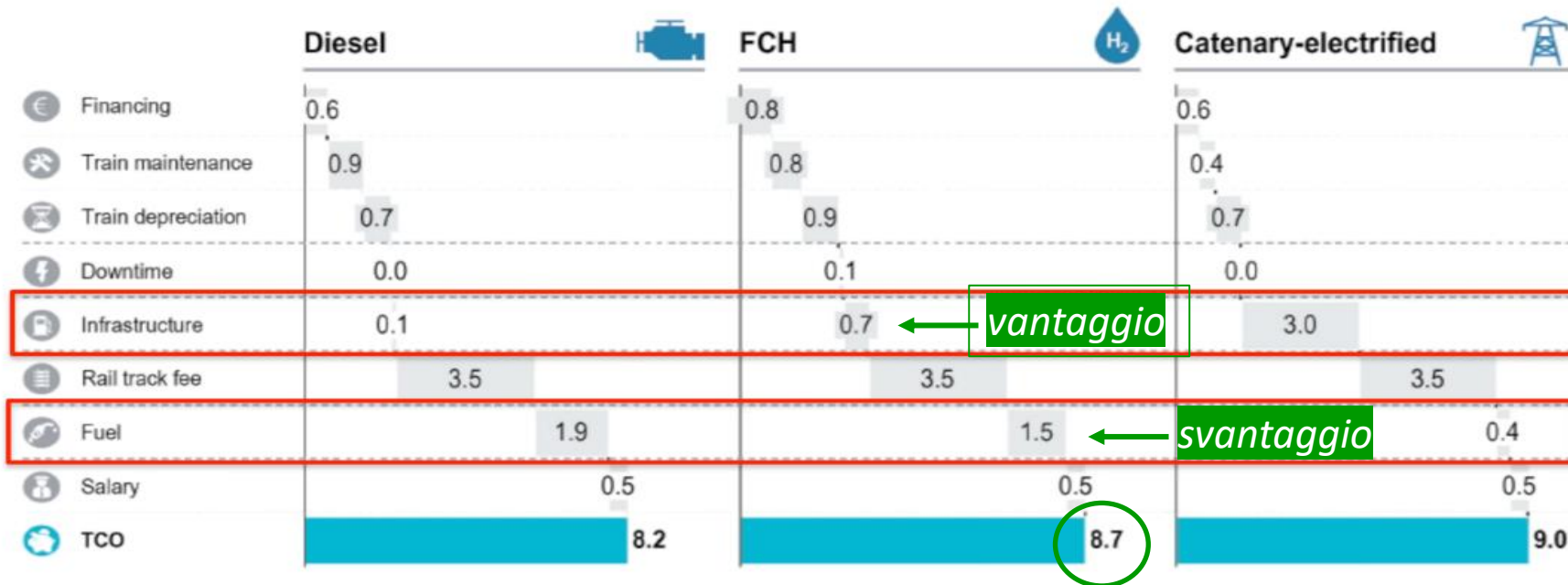
IL TRASPORTO FERROVIARIO

- In Italia, 4717 km di ferrovie non elettrificate (su un totale di 16000 km di rete nazionale)
- La trazione diesel comporta elevate emissioni (da dati RFI, 2021)



(*) COVNM = composti organici volatili non metanici (COVNM), (**) emissioni normalizzate a quelle del diesel

IL TRASPORTO FERROVIARIO (2)

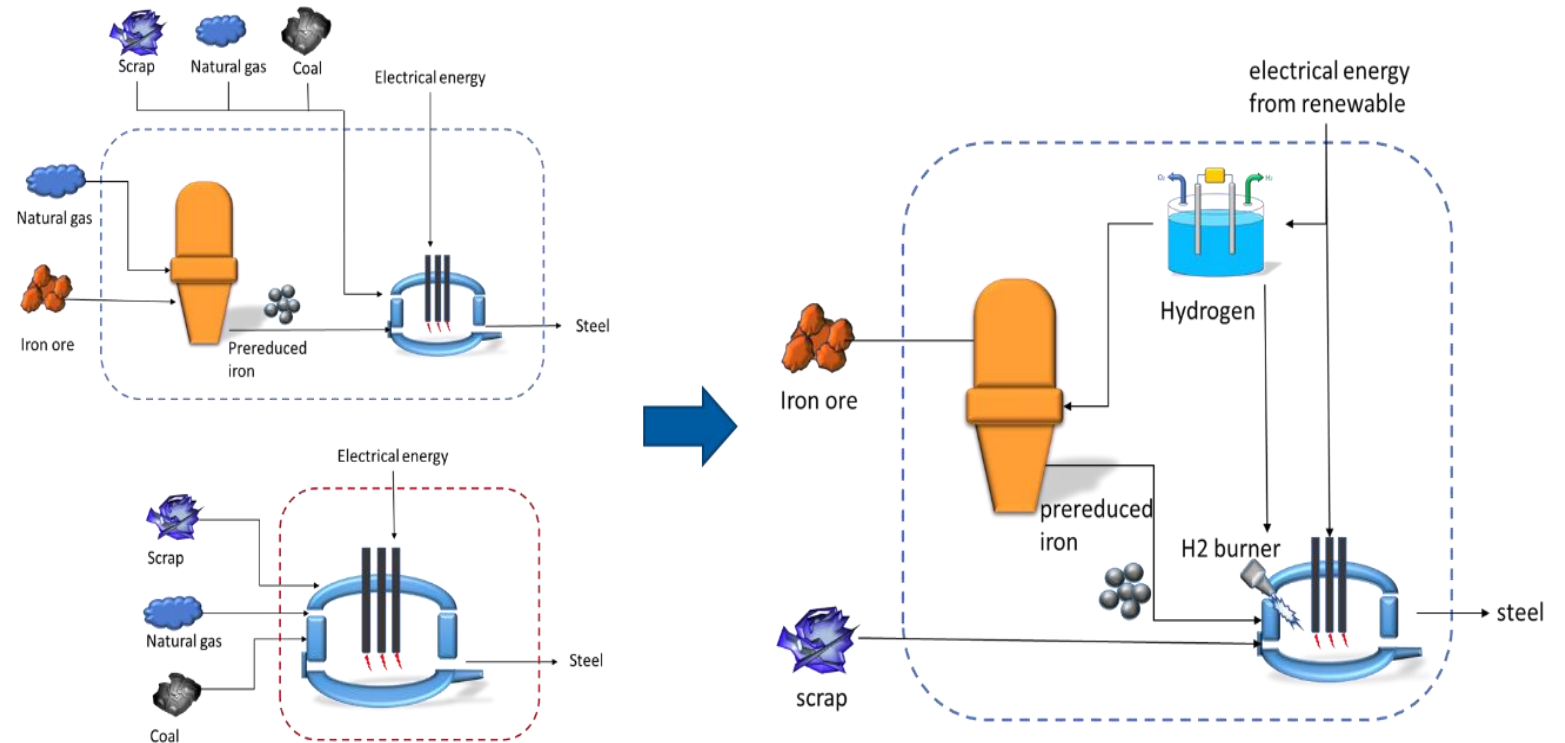


Costo totale (TCO) su base chilometrica (da uno studio H2IT, 2019)

- Il passaggio all'idrogeno può essere una buona soluzione rispetto alla elettrificazione
- Per RFI la trazione a idrogeno è possibili per brevi tratte (60 – 80 km)

L'INDUSTRIA SIDERURGICA (1)

- L'industria siderurgica genera circa il **20%** delle emissioni industriali di gas serra
- L'acciaio «fossil free» si può ottenere utilizzando EE da FER e H₂ al posto di carbone, coke e gas naturale



L'INDUSTRIA SIDERURGICA (2)

Sul piano energetico, la decarbonizzazione dell'acciaio italiano è molto impegnativa:
18 Mt di acciaio → 490 000 t/anno di H₂ → 25 TWh di energia da FER (≈18 GW di FV)

➤ Sul piano economico:

Costo di produzione acciaio ≈ 500 €/t

Delta costo stimato per acciaio decarbonizzato ≈ 25 % = **125 €/t_{acciaio}**

➤ CO₂ emessa per produzione acciaio ≈ 1.85 t_{CO2}/t_{acciaio}

Quotazione ETS media 2022 = 80.77 €/t_{CO2}

Valore CO₂ evitata ≈ **150 €/t_{acciaio}**



IMMISSIONE DI H2 IN RETE GAS (1)

Il «blending» è spesso considerato un'opzione poco efficiente di utilizzo dell'idrogeno verde.

- Non è selettivo rispetto ai settori di utilizzo: non va preferenzialmente nelle applicazioni «hard to abate», ma viene **distribuito in modo casuale** su tutti gli usi
- Consente comunque di **sfruttare energia eccedente da FER elettriche**, altrimenti persa
- Sostituisce un'equivalente quantità di **gas naturale**, eliminandone le emissioni di CO₂
- Ha grande capacità di **assorbimento di eccedenze**, anche prolungate
- Utilizza **un'infrastruttura esistente e molto capillare**



IMMISSIONE DI H₂ IN RETE GAS (2)



Aspetti economici:

- L'attuale stima del costo di produzione di H₂ da FER (5÷8 €/kg) conduce ad un costo per unità di energia di circa **150÷240 €/MWh**.
- Anche scontando il valore della CO₂ evitata, pur all'elevato valore ETS attuale ($\approx 100 \text{ €/t}_{\text{CO}_2}$), si avrebbero comunque **130÷220 €/MWh**
- Se si considera un futuro sistema elettrico fortemente de-carbonizzato, con rilevanti e prolungate eccedenze di energia da FER, sarebbe possibile considerare circa **nullo il costo** dell'energia usata per l'elettrolisi.
- Il costo dell'idrogeno green sarebbe solo l'ammortamento dell'impianto, stimabile in 2.5 €/kg, equivalenti a 75 €/MWh. Detratto il valore delle emissioni evitate si avrebbero **circa 60 €/MWh, ancora elevati rispetto ai prezzi «storici» del Gas Naturale**, ma non molto diversi dai prezzi attuali

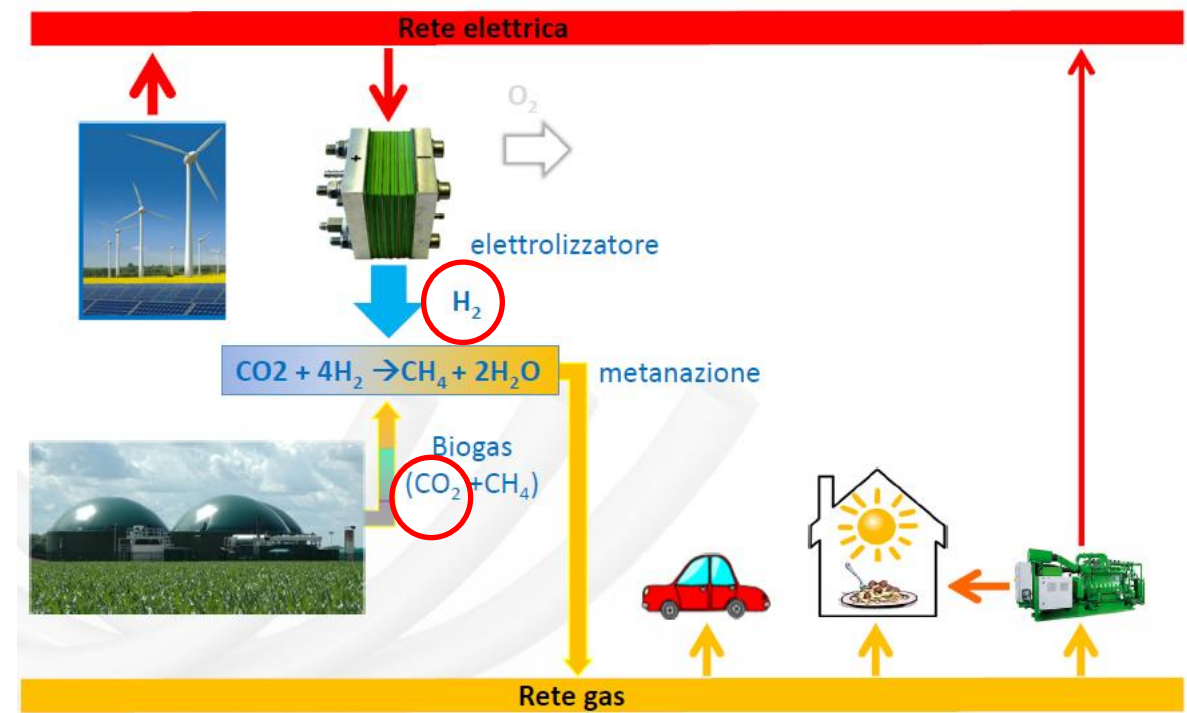
16

LA PRODUZIONE DI METANO SINTETICO (1)

Il processo più «classico» è quello della **reazione di Sabatier**: $CO_2 + 4H_2 = CH_4 + 2H_2O$

- L'idrogeno si può ottenere mediante elettrolisi con energia da FER
- La CO₂, ad esempio, dall'upgrading del biogas
- Si ottiene quindi metano di sintesi a emissioni circa nulle di gas serra

Vantaggio: il metano sintetico è un «perfeito sostituto» del Gas Naturale



LA PRODUZIONE DI METANO SINTETICO (2)

CONFIGURAZIONE	RICAVI ANNUI [M€/ANNO]	TEMPO DI RITORNO DELL'INVESTIMENTO
caso 1 (PPA)	3,50	6-9
caso 2 (no oneri)	4,98	4-6
caso 3 (no oneri sistema)	4,50	4-7

Valutazione
economica

Ipotesi: CO₂ da impianto biogas (produzione 500m³/h), H₂ da elettrolisi

Energia elettrica in 3 casi

Caso 1: EE da impianto fotovoltaico dedicato (PPA)

Caso 2: EE acquisto da rete, GO e prezzo MGP (medio 50€/MWh, esenzione da tutti gli oneri), partecipazione a MSD

Caso 3: EE acquisto da rete, GO, esenzione dai soli oneri di sistema, partecipazione a MSD

LE RICADUTE INDUSTRIALI PER L'ITALIA



Il Libro ANIE – RSE contiene un contributo, fornito da H2IT, sulle **potenzialità delle filiere industriali italiane** nell’ambito delle tecnologie per il «vettore idrogeno»:

- Industria dei gas tecnici
- Produzione di elettrolizzatori
- Componenti e sistemi di trasporto e stoccaggio
- Componenti per mezzi di trasporto alimentati a idrogeno
- Fuel cells per micro-cogenerazione e caldaie a idrogeno

La necessaria crescita di queste filiere comporta **elevati investimenti** in nuova capacità produttiva, che troveranno sostegno nei fondi previsti da:

- PNRR (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza), componente «M2C2»
- IPCEI (Important Project of Common European Interest) “H₂ Technology”

Grazie per l'attenzione!

franco.polidoro@rse-web.it