



TECNOLOGIE PER LA RIDUZIONE E VALORIZZAZIONE DELLE EMISSIONI

05 GIUGNO 2025



UNIVERSITY
OF BRESCIA

Via Branze, 38, Brescia – Edificio 09 

+39 0303715970 

<https://nancyartiolilab.org/> 



EMISSIONI

EMISSIONI INQUINANTI LOCALI

Impattano direttamente sulla salute umana e gli ecosistemi locali.

- PM10, PM2.5, NO_x, NH₃, SO₂, CO, O₃
- Causano malattie cardiovascolari e respiratorie
- Provocano acidificazione ed eutrofizzazione

Regolate dalla Direttiva 2008/50/CE sulla qualità dell'aria.

Gas a Effetto Serra (GHG)

Contribuiscono al cambiamento climatico globale.

- CO₂, CH₄, N₂O, gas fluorurati
- Causano riscaldamento globale
- Alterano il bilancio radiativo terrestre

Regolati dagli Accordi di Parigi, ETS EU e normative nazionali.



PERCHÉ AFFRONTARE IL TEMA DELLE EMISSIONI?



Morti premature in Europa

L'inquinamento atmosferico è responsabile di oltre 300.000 morti premature all'anno in Europa secondo l'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA 2023).



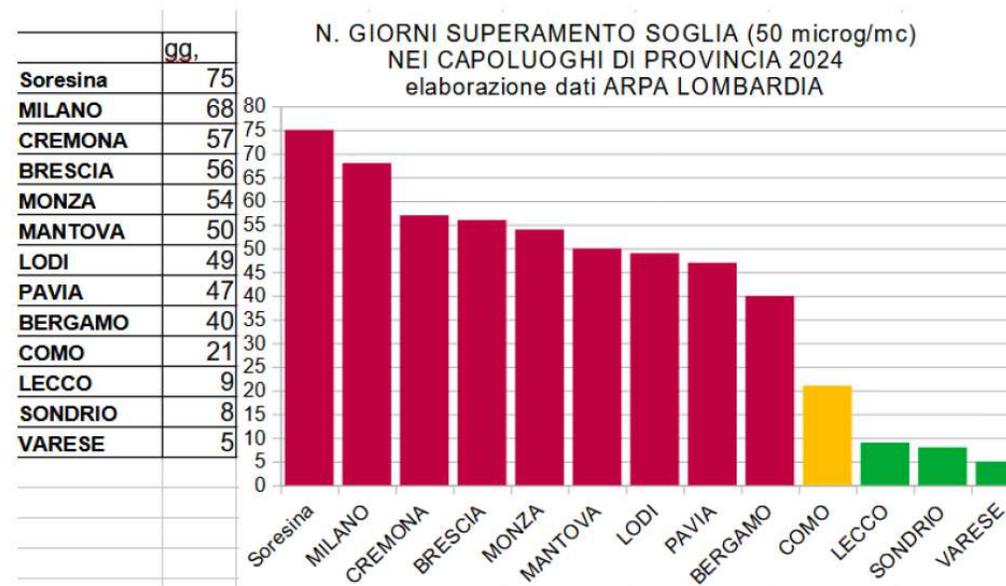
Superamenti in Italia

In Italia, secondo Legambiente (rapporto "Mal'Aria di città 2024"), sono almeno 33 le città capoluogo che nel 2023 hanno superato il limite di legge di 35 giorni annui con concentrazioni medie giornaliere di PM10 superiori a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, come previsto dalla Direttiva 2008/50/CE.

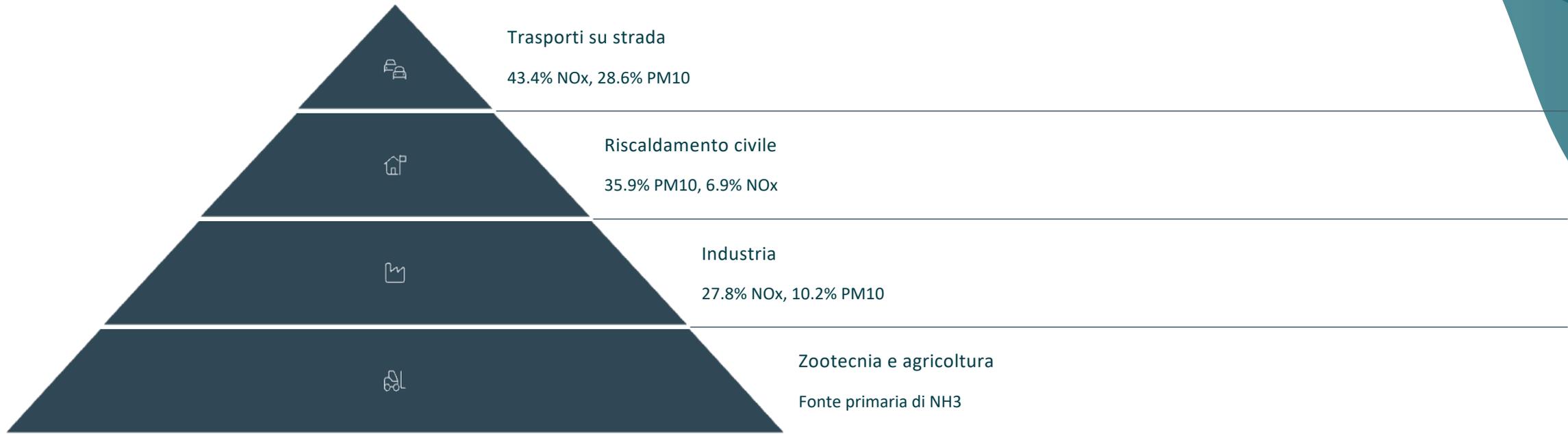


Pianura Padana

La Pianura Padana è tra le aree più inquinate del continente per PM10, PM2.5 e NO2. Le condizioni meteorologiche sfavorevoli (inversione termica e basso strato di rimescolamento invernale < 600 m) contribuiscono all'accumulo di inquinanti



FONTI PRINCIPALI DI EMISSIONE



Le emissioni primarie (es. PM₁₀, NO_x, NH₃) derivano direttamente dai settori emissivi.

Tuttavia, una parte consistente del particolato fine (PM_{2.5}) e ultrafine (PM₁) che respiriamo non è emessa direttamente ma si forma in atmosfera da inquinanti precursori (NH₃, NO_x, SO₂, VOC) attraverso reazioni chimiche secondarie.

Questo particolato secondario può rappresentare fino al 40-60% del PM₁₀ totale in inverno nelle aree di pianura (PAC Brescia 2024).

TECNOLOGIE PER L'INDUSTRIA

Sistemi di abbattimento

Filtri a maniche, cicloni,
precipitatori elettrostatici

Cattura CO₂

Tecnologie di Carbon Capture and
Storage (CCS) e Utilization (CCU)

Inquinanti target: PM10, NO_x, CO₂



Bruciatori avanzati

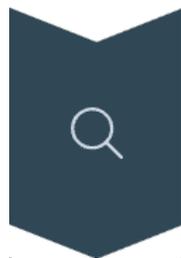
Bruciatori a basse emissioni NO_x e
controllo stechiometrico della
combustione

Recupero energetico

Sistemi di recupero calore e
ottimizzazione energetica (ORC,
scambiatori)



Tecnologie per il trasporto



Veicoli elettrici

Sostituzione progressiva di veicoli endotermici con veicoli elettrici a batteria (BEV)



Idrogeno

Introduzione di autobus a idrogeno e veicoli FCEV per trasporto pubblico e logistica urbana



Carburanti alternativi

Utilizzo di carburanti alternativi a basse emissioni (biometano, e-fuels)



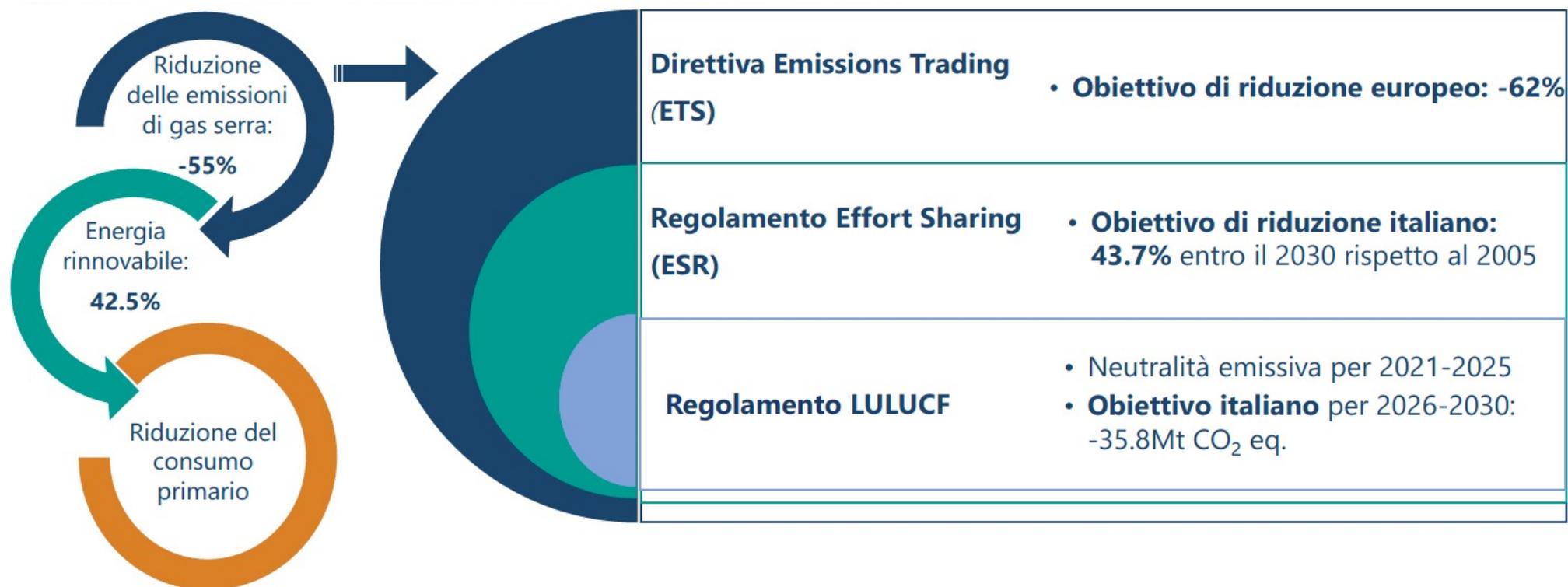
Regolazione traffico

ZTL ambientali, città 30, e sistemi intelligenti di regolazione del traffico (ITS)

Inquinanti target: NO_x, PM₁₀, CO₂, O₃ (indiretto)

Fonte: EEA 2023, H2IT 2024

Obiettivi europei e italiani Fit for 55



- target di riduzione delle emissioni dei settori soggetti all'Emission Trading System (ETS): riduzione del 62% rispetto ai livelli del 2005.
- quota rimanente, non soggetta ad ETS, nuovi obiettivi nazionali (Effort Sharing): all'Italia è richiesta una riduzione complessiva del 43.7% delle emissioni rispetto ai livelli del 2005.

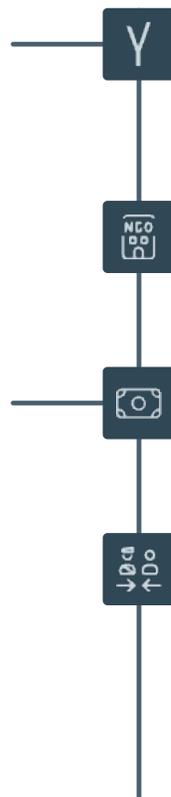
VERSO UNA TRANSIZIONE SISTEMICA

Approccio integrato e settoriale

Interventi sinergici e coordinati su settori chiave come energia rinnovabile, mobilità sostenibile (elettrificazione e idrogeno), efficientamento edilizio e innovazione in agricoltura e industria.

Finanziamenti e strumenti di incentivazione

Sfruttare appieno fondi europei, gli strumenti del PAESC e PRIA, insieme a meccanismi di mercato come l'ETS, per sostenere investimenti in tecnologie a basse emissioni.



Governance multilivello e collaborazione

Una forte sinergia tra enti locali (Comuni), regionali, nazionali e l'Unione Europea è cruciale per definire e attuare strategie coerenti e ambiziose per la decarbonizzazione.

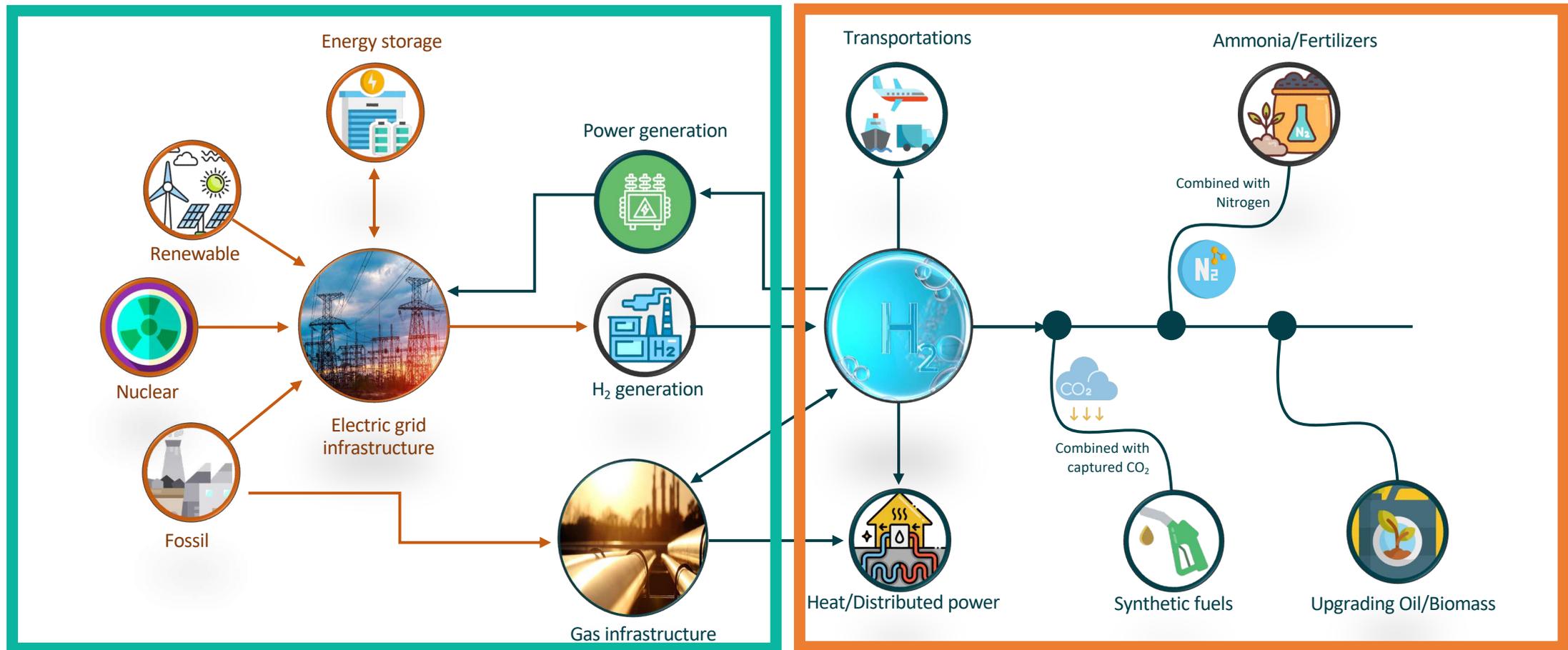
Partecipazione attiva e consapevolezza

Coinvolgere attivamente cittadini e imprese attraverso campagne di sensibilizzazione, incentivi alla transizione ecologica e supporto per l'adozione di pratiche sostenibili.

VERSO UNA TRANSIZIONE SISTEMICA

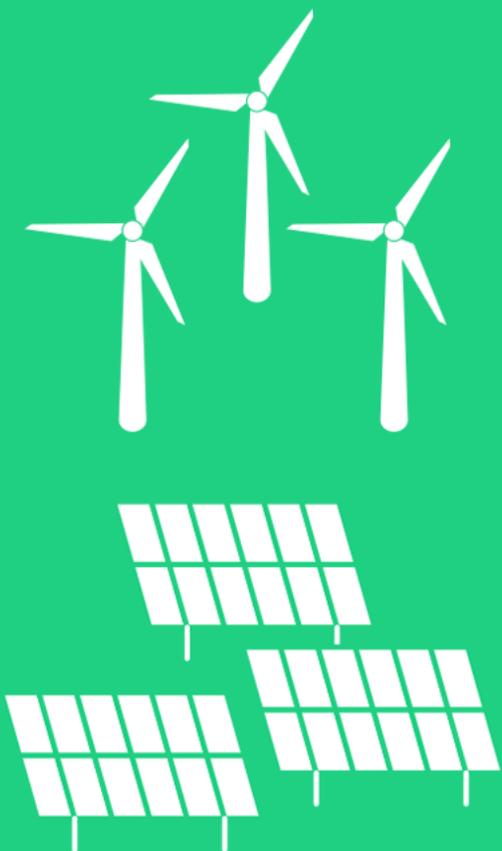
APPROCCIO INTEGRATO E SETTORIALE

ELECTRICITY GENERATION AND TRANSPORTATION



Power - - to - - X

GREEN ENERGY



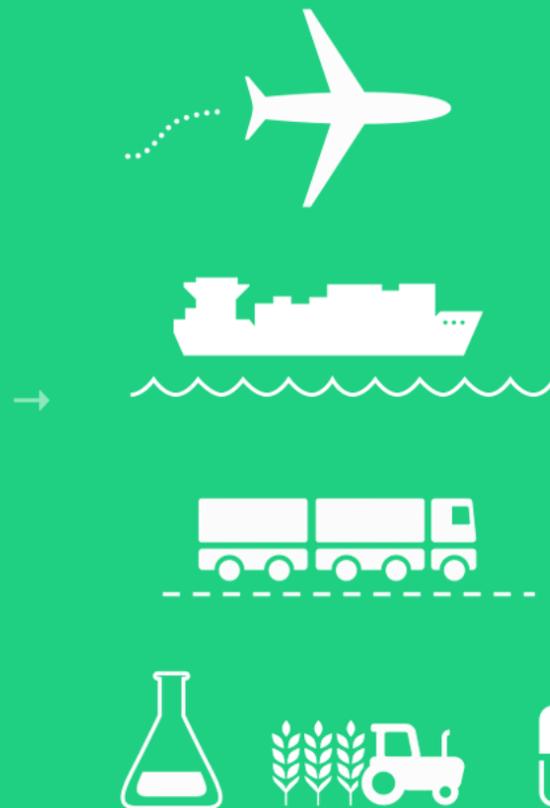
ELECTROLYSIS



SYNTHESIS



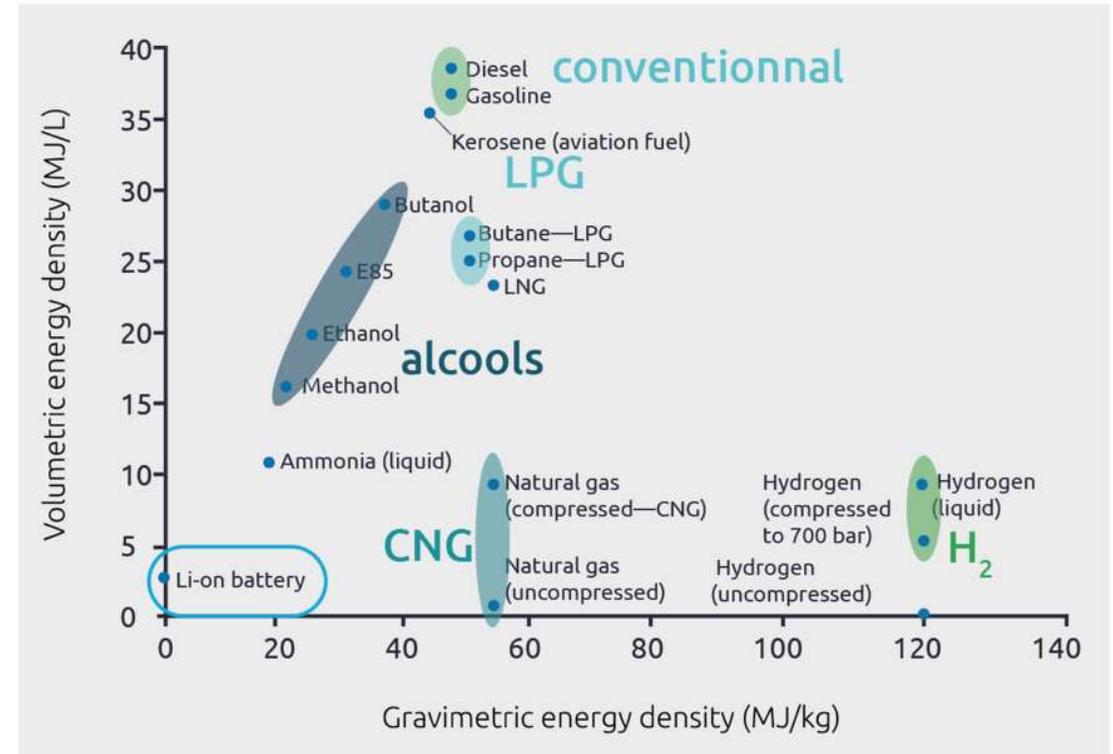
FUELS AND CHEMICALS





POWER-TO-FUEL

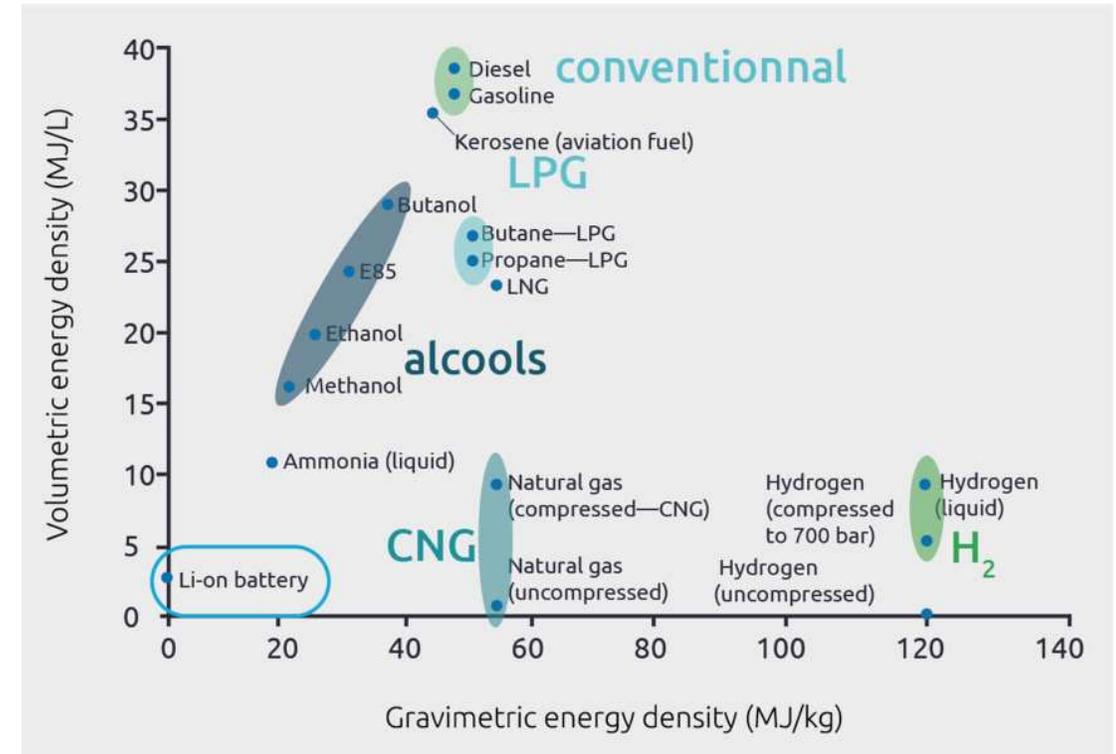
I carburanti sintetici (electrofuels o e-fuels) sono combustibili gassosi e liquidi prodotti a partire da idrogeno e anidride carbonica catturata, utilizzando elettricità rinnovabile come fonte primaria di energia.





POWER-TO-FUEL

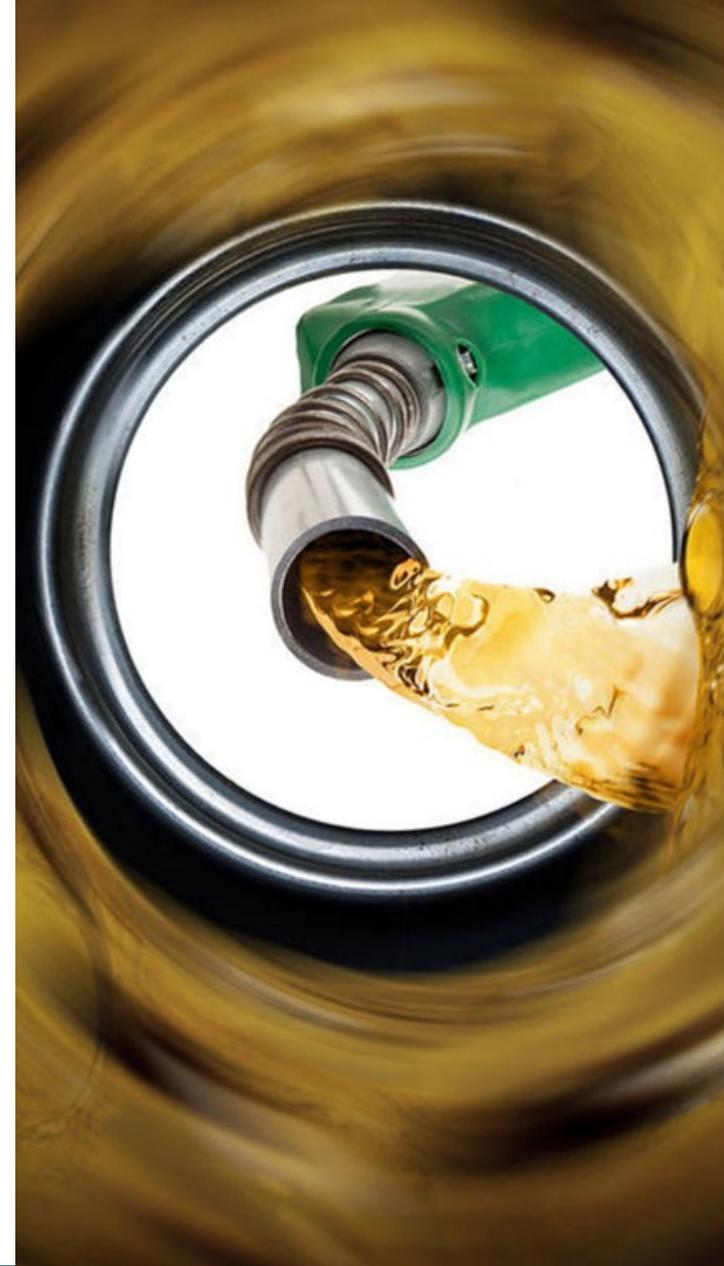
- **Elevata densità energetica:** alta densità energetica (il cherosene e fuel può superare i ~30 MJ/L), rendendoli ideali per applicazioni che richiedono lunghe autonomie e carichi elevati, come l'aviazione e il trasporto marittimo.
- **Compatibilità con infrastrutture esistenti:** utilizzati direttamente nelle attuali infrastrutture di distribuzione e nei motori dei veicoli e delle navi, minimizzando la necessità di costosi aggiornamenti o nuove costruzioni.
- **Decarbonizzazione dei settori hard-to-abate:** Forniscono una soluzione pratica per la riduzione delle emissioni di carbonio in settori dove l'elettrificazione diretta è difficile o impraticabile, come l'aviazione, la navigazione, l'industria pesante (es. cemento e acciaio) e la produzione di sostanze chimiche.
- **Stoccaggio di energia su larga scala:** Consentono lo stoccaggio dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili intermittenti in forma liquida o gassosa, superando i limiti delle batterie e garantendo la flessibilità della rete.
- **Valorizzazione della CO₂:** Trasformano la CO₂, un gas serra, da rifiuto a risorsa, integrandola in un'economia circolare e contribuendo attivamente alla riduzione delle emissioni nette.

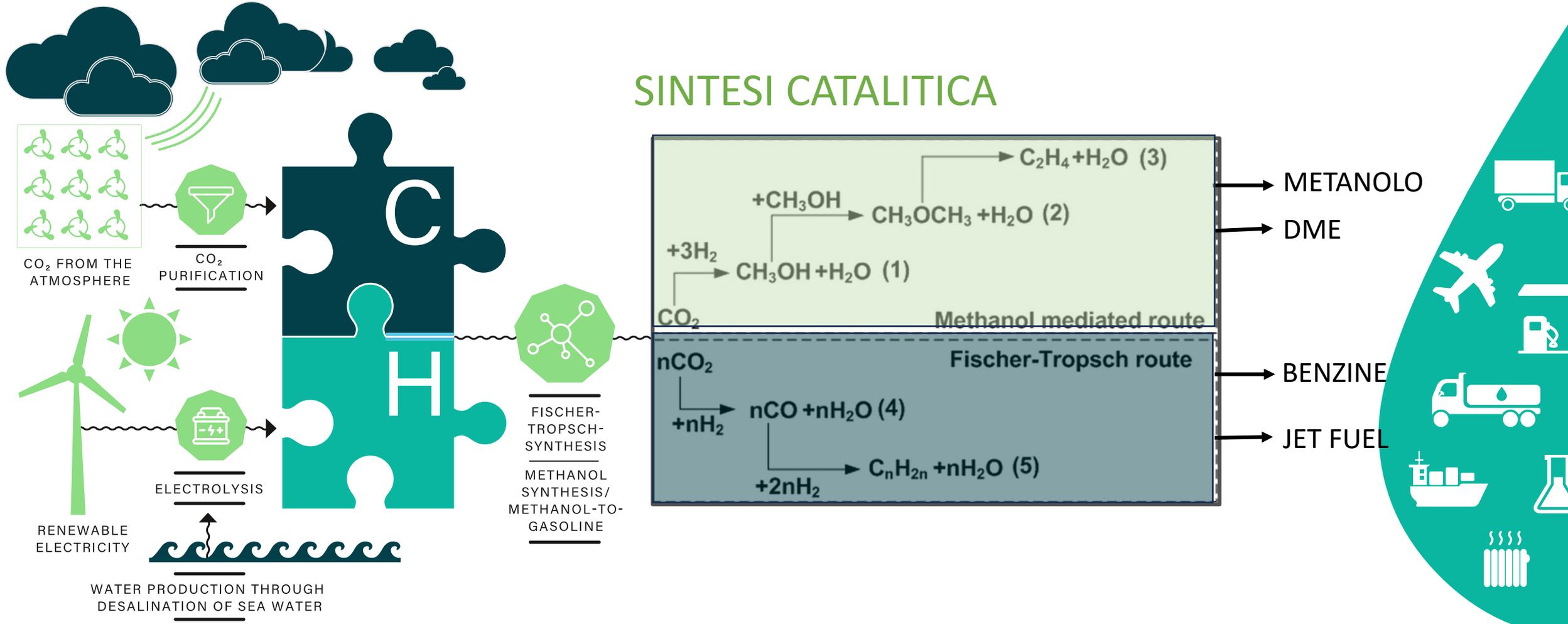




POWER-TO- FUEL

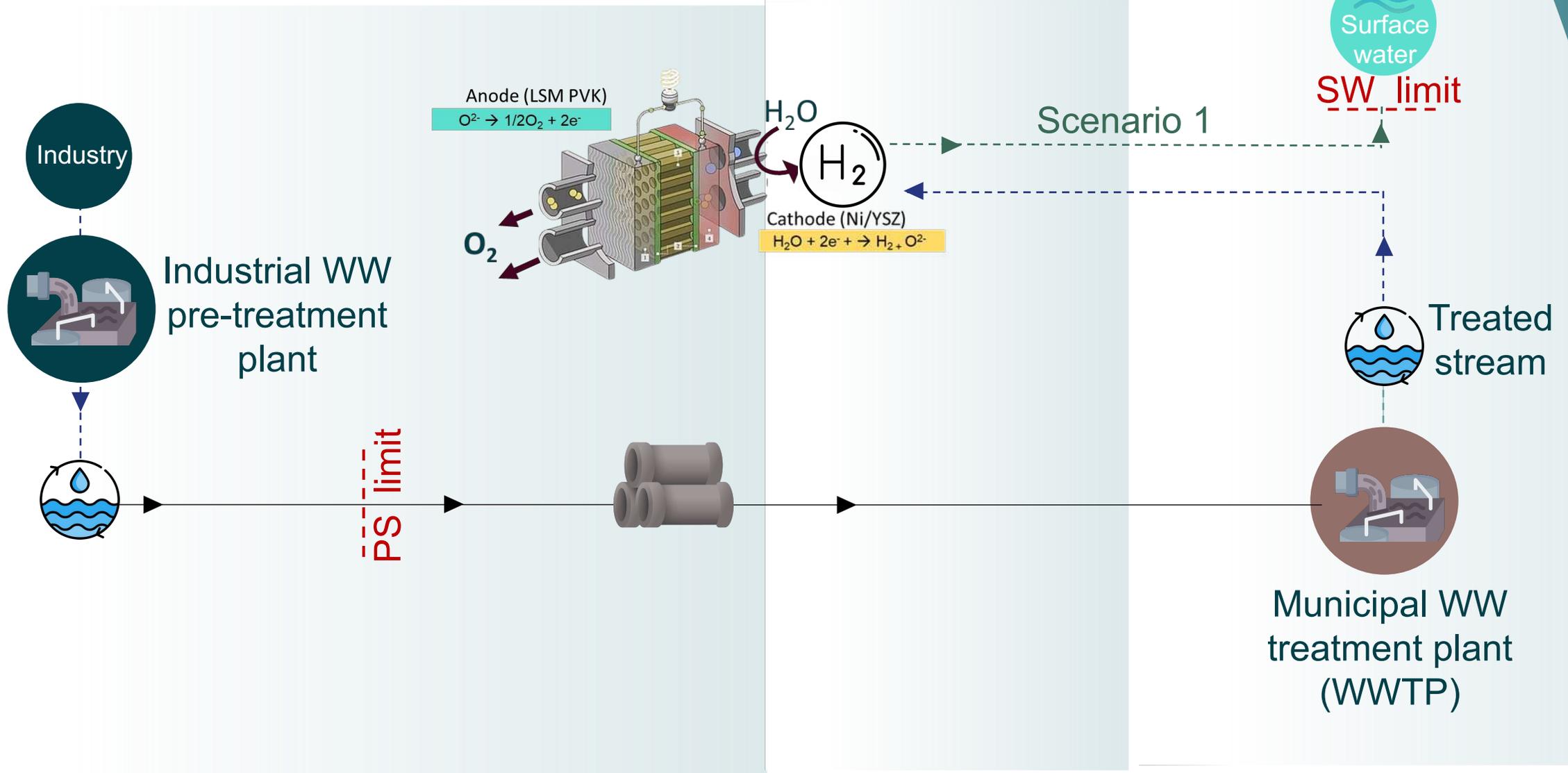
- Carburanti a impatto climatico neutro
- Sostituti diretti: Compatibili con i motori attuali; alternative a carburanti per aerei, diesel e olio combustibile
- Combustione pulita: Emissioni ridotte di particolato e ossidi di azoto rispetto ai combustibili fossili
- Uso di infrastrutture esistenti: Non richiedono nuovi oleodotti, serbatoi o stazioni di rifornimento
- Soluzione all'intermittenza delle rinnovabili: Accumulano energia solare ed eolica sotto forma di combustibile, disponibile in ogni momento
- Ideali per settori difficili da elettrificare: aviazione, navigazione, trasporti pesanti, industrie
- Disaccoppiano la produzione di energia dal consumo — sistemi più resilienti





Copyright: uniti e.V., Icons made by Freepik, Vectors Market and Pixelperfect from www.flaticon.com

EFFICIENT CONVERSION



EFFICIENT CONVERSION

Operation time 7500h/y

Power

2.12 V

H₂ production

WWTP A = 1.46 Mt/y

WWTP C = 0.10 Mt/y

Energy demand

WWTP A = 20 %

WWTP C = 1.3 %

Operation time 2000h/y

Power

2.12 V

H₂ production

WWTP A = 0.39 Mt/y

WWTP C = 0.03 Mt/y

Energy demand

WWTP A = 5.4 %

WWTP C = 0.4 %

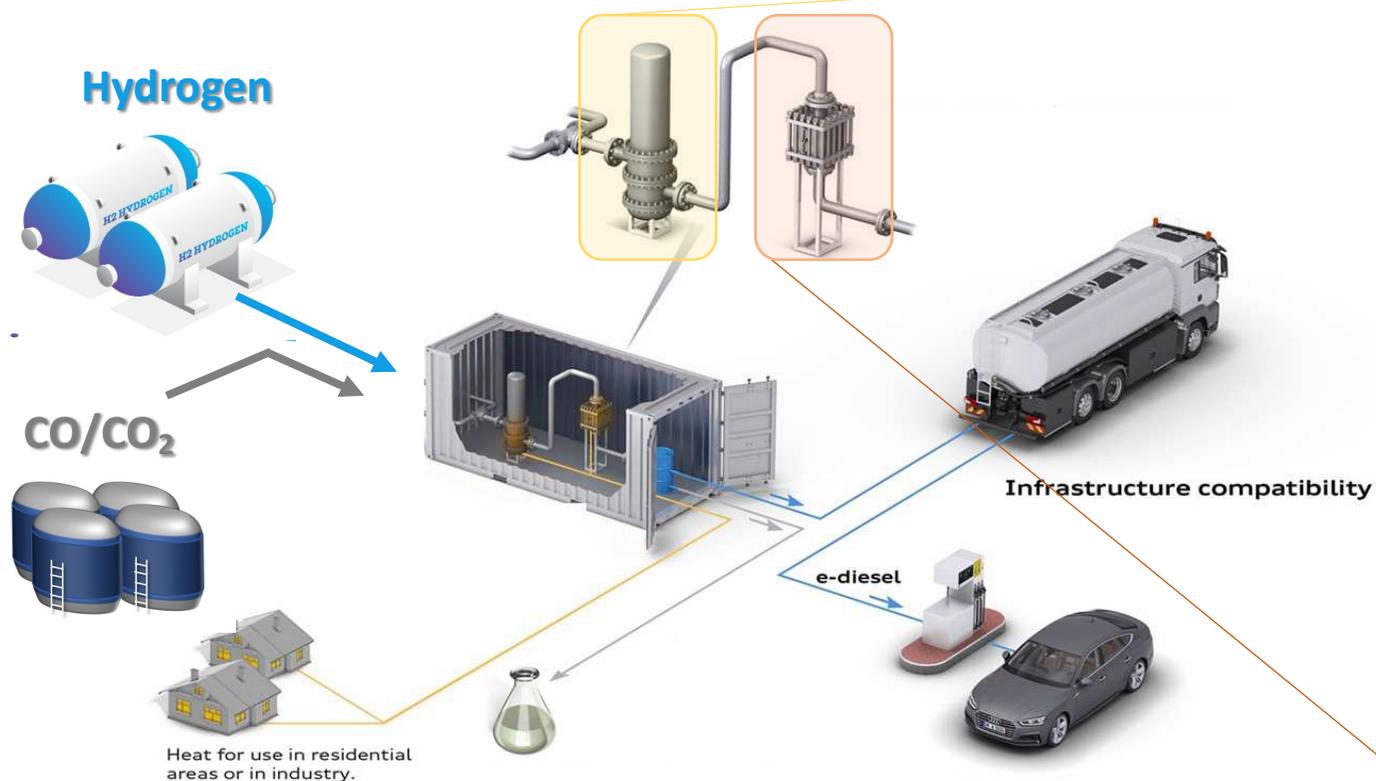
850.000 tons H₂ = 43.000 GWh⁵

Italy aim

5 GW

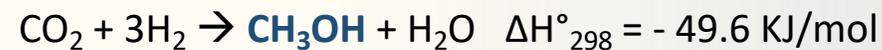
and 366 TWh by 2030⁴

Chemical synthesis



Two step chemical synthesis

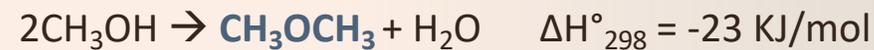
1. Methanol synthesis:



or

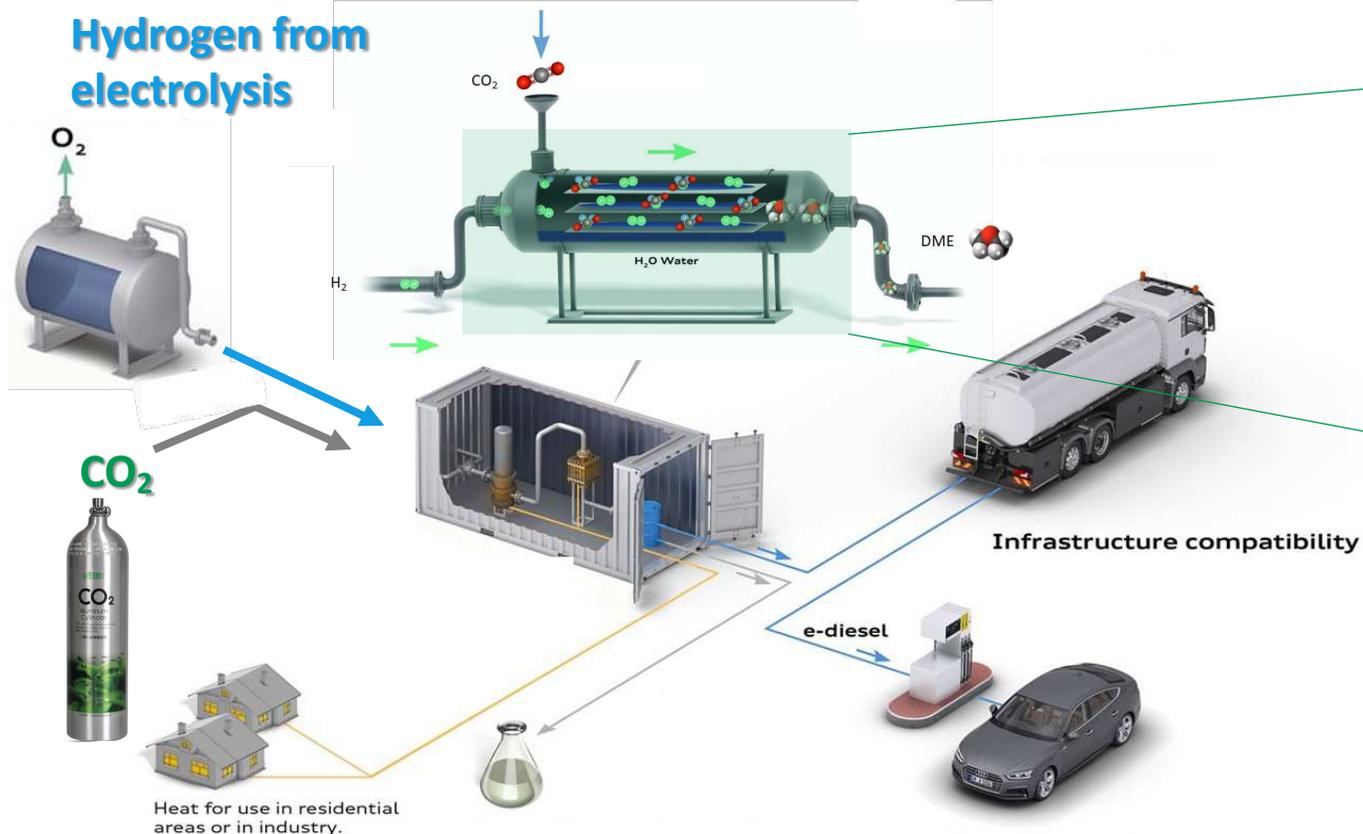


2. Methanol Deidration:



Chemical synthesis

One step chemical synthesis

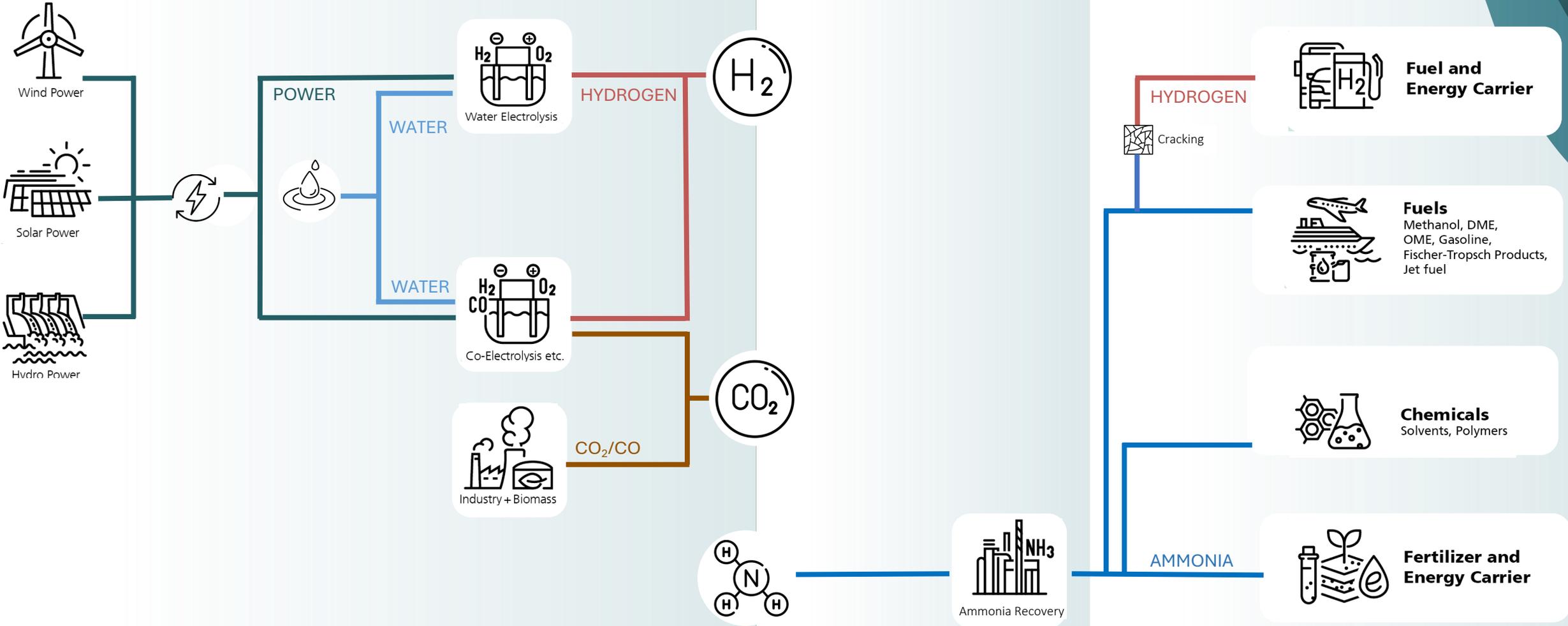


- $\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \quad \Delta H^\circ_{298} = -49.6 \text{ kJ/mol}$
- $2\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{OCH}_3 + \text{H}_2\text{O} \quad \Delta H^\circ_{298} = -23.4 \text{ kJ/mol}$

SUSTAINABLE FEEDSTOCK

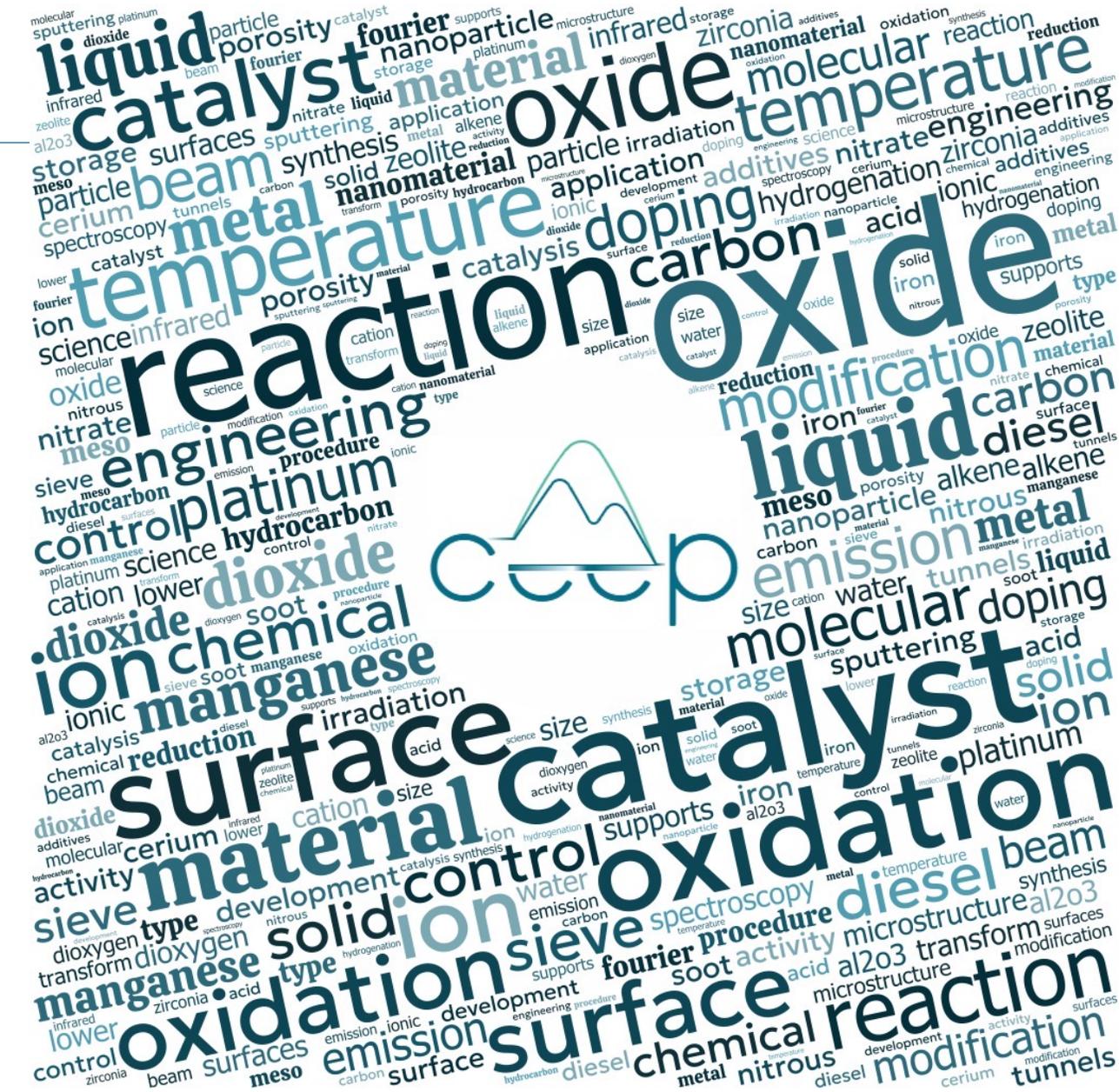
EFFICIENT CONVERSION

ADVANCED PRODUCT





- Tematiche principali: sostenibilità, transizione energetica, e contributo agli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile
- Approccio multiscala: combinazione di sperimentazione e modellazione matematica per studiare i siti catalitici a livello atomico.
- Applicazioni: valutazione delle prestazioni dei materiali tramite impianti progettati per condizioni specifiche (alta pressione, dinamiche complesse)





GRAZIE

Per l'attenzione e la partecipazione

Catalizzatori per il controllo delle emissioni
Idrogenazione della CO₂ a idrocarburi
Spettroscopia operando



Prof.ssa Nancy Artioli
nancy.artioli@unibs.it



Dott.ssa
Marina Maddaloni
Studio dei liquidi ionici
Sintesi catalizzatori
Analisi cromatografica



Dott.
Daniele LaCorte
Catalisi elettrochimica
Analisi FT-IR
Testing membrane



Ing.
Matteo Lombardi
Ingegneria
dell'automazione
Controllo di processo



Dott.
Nicolò Paletti
CO₂ supercritica
Sintesi di supporti
catalitici