



Verso un Polo Nazionale sulla Transizione Energetica

Fabrizio Pirri, Massimo Santarelli e Francesca Verga - Politecnico di Torino e Istituto Italiano di Tecnologia
Pietro Asinari - Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica

Venerdì 1° luglio 2022

Idrogeno e transizione ecologica Gli attori, i luoghi e le opportunità
Environment Park SpA





Politecnico
di Torino



**“Infrastructure for Energy Transition and
Circular Economy @ EuroNanoLab”
(iENTRANCE@ENL)
NextGenerationEU (NGEU)**

**Ministero dell’Università e della Ricerca
PNRR - M4-C2 Investimento 3.1**

**CONCESSIONE DI FINANZIAMENTI DESTINATI ALLA REALIZZAZIONE O
AMMODERNAMENTO DI INFRASTRUTTURE TECNOLOGICHE DI INNOVAZIONE**

Obiettivo strategico al 2025: sostenere lo sviluppo e la competitività industriale nel settore della transizione energetica in Piemonte

La strategia intende contribuire a rafforzare e completare la filiera del processo di ricerca e innovazione, potenziando i meccanismi di **knowledge transfer** incoraggiando **l'uso sistemico dei risultati della ricerca** da parte del tessuto produttivo nel settore dei materiali, dei processi, dei componenti e dei sistemi in alcune importanti filiere della transizione energetica

Questo obiettivo è perseguito attraverso laboratori di ricerca esistenti presso il **Centre for Sustainable Future Technology dell'Istituto Italiano di Tecnologia, il Politecnico di Torino, l'INRIM ed Environment Park** e attraverso nuove iniziative proposte nell'ambito **delle misure del PNRR** ed in particolare le «Infrastrutture di Ricerca», le «Infrastrutture di Innovazione» e gli «Ecosistemi dell'innovazione».

Presso Environment Park sono operativi oltre 3.000 m² di laboratori focalizzati sulle Tecnologie della Transizione Energetica

- *Energie rinnovabili;*
- *Produzione di H₂ green, stoccaggio e utilizzo come combustibile;*
- *Tecnologie di stoccaggio underground e distribuzione del H₂;*
- *Stoccaggio di energia elettrica per mobilità sostenibile e stabilizzazione delle reti;*
- *Cattura e valorizzazione della CO₂ antropica*
- *Produzione di combustibili green da materiali di scarto.*



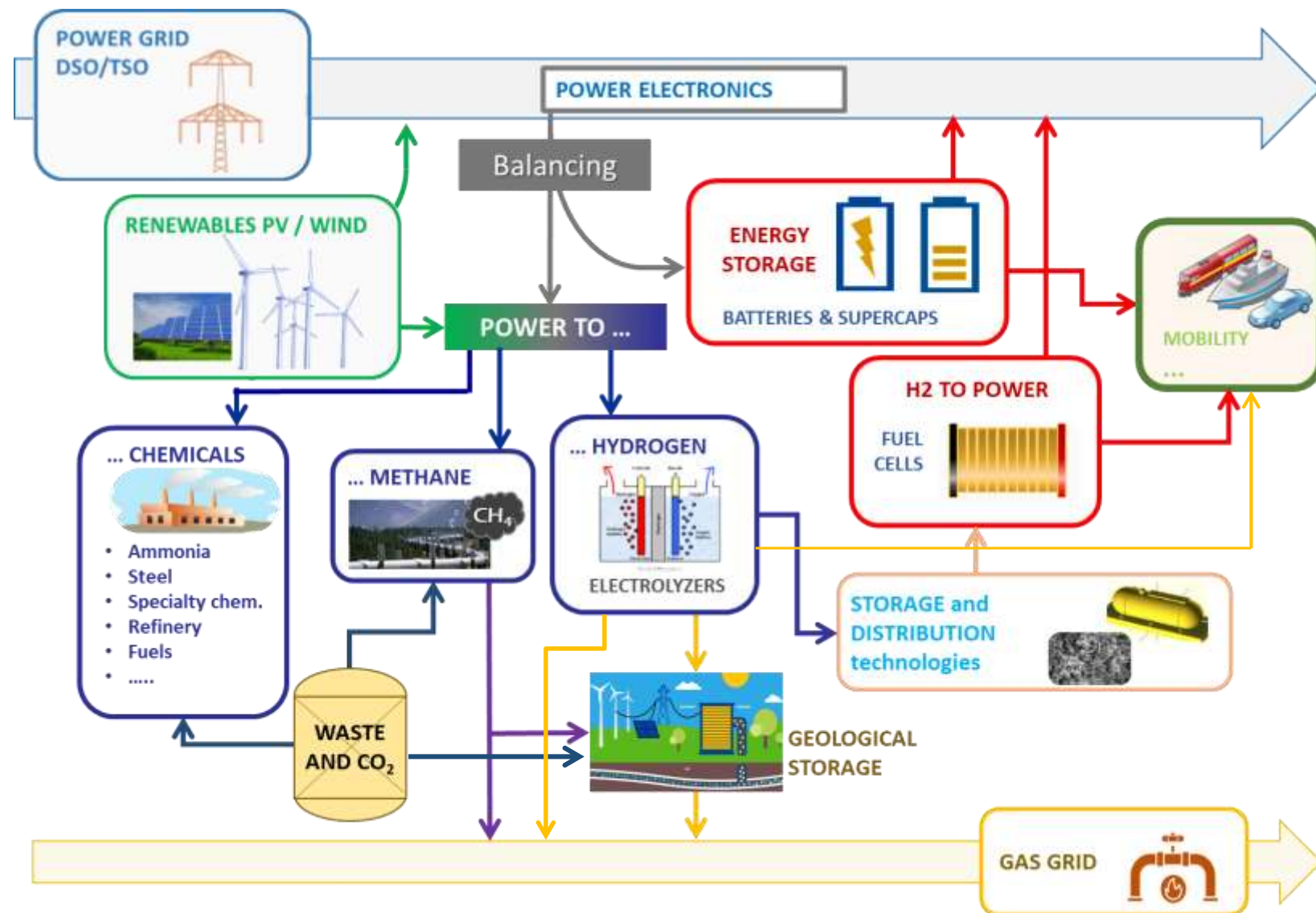
Il nuovo sistema energetico

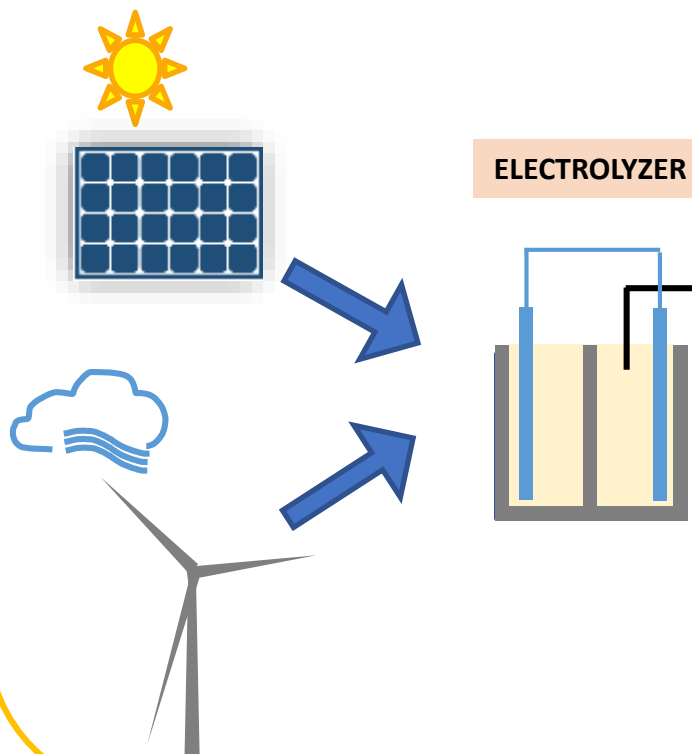
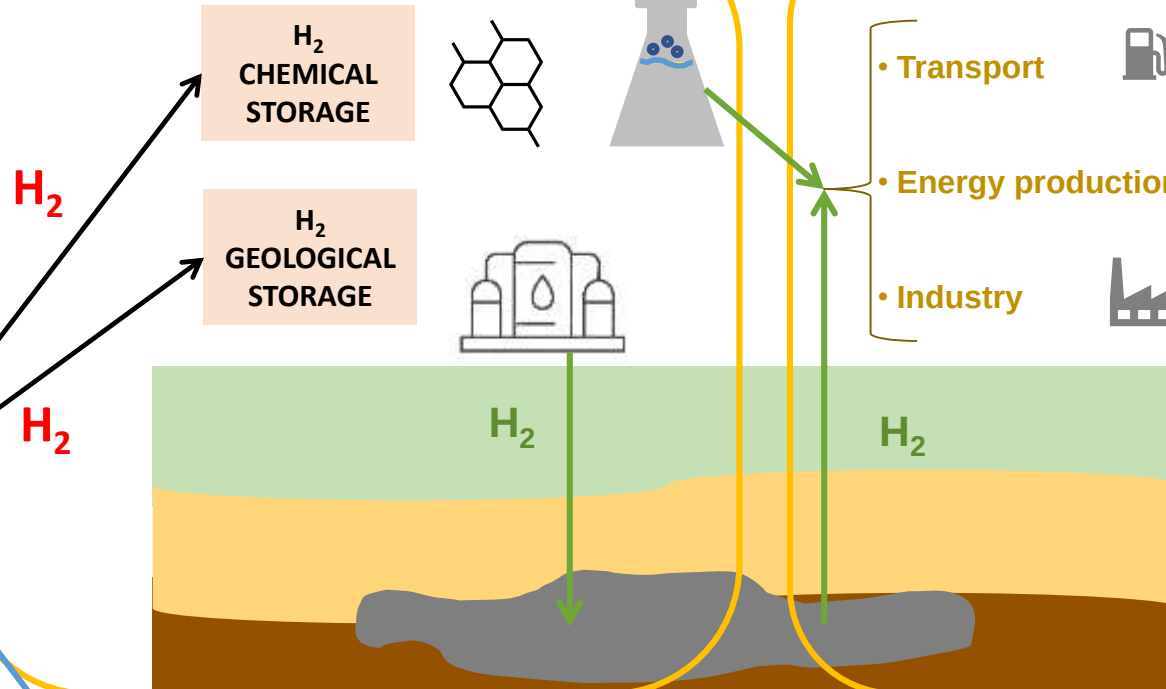
Nel futuro contesto economico e industriale le rinnovabili, i combustibili, i vettori energetici e i **feedstocks green** (in particolare l'**idrogeno** e gli **e-chemicals**) sono destinati ad avere un ruolo chiave nelle società industriali avanzate

L'interconnessione tra le reti power & gas rappresenta il nuovo paradigma della produzione e distribuzione energetica

Dalla produzione di **energie rinnovabili** e l'**uso della CO₂** sarà possibile derivare carburanti e molecole utilizzabili sia per l'uso energetico che industriale.

Lo **stoccaggio dell'energia** è l'**elemento chiave** che consentirà di massimizzare l'efficienza dei sistemi energetici, l'utilizzo di **energie pulite nella mobilità** e un sostanziale **abbandono dell'uso delle fonti fossili**



Renewable energy storage into H₂H₂ storageH₂ Recovery and Use

• Transport



• Energy production



• Industry

On-site H₂ Use

• Transport



• Energy production



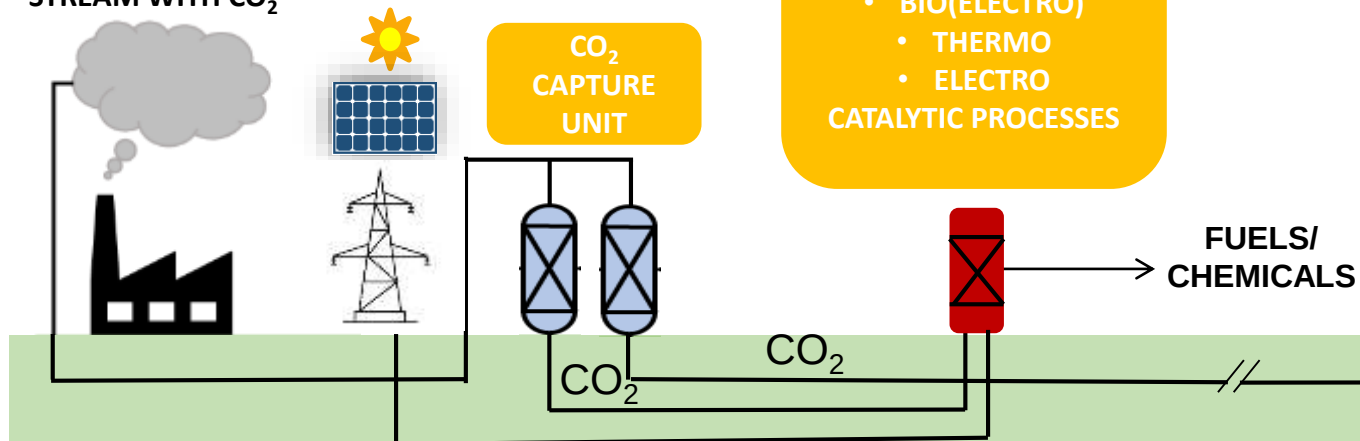
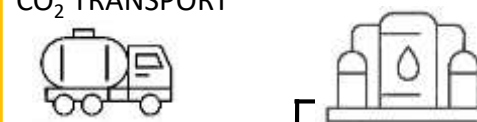
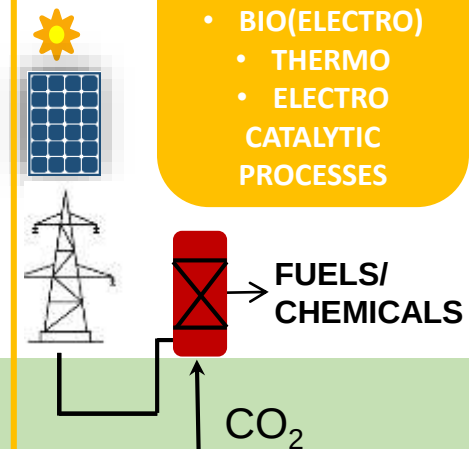
• Industry



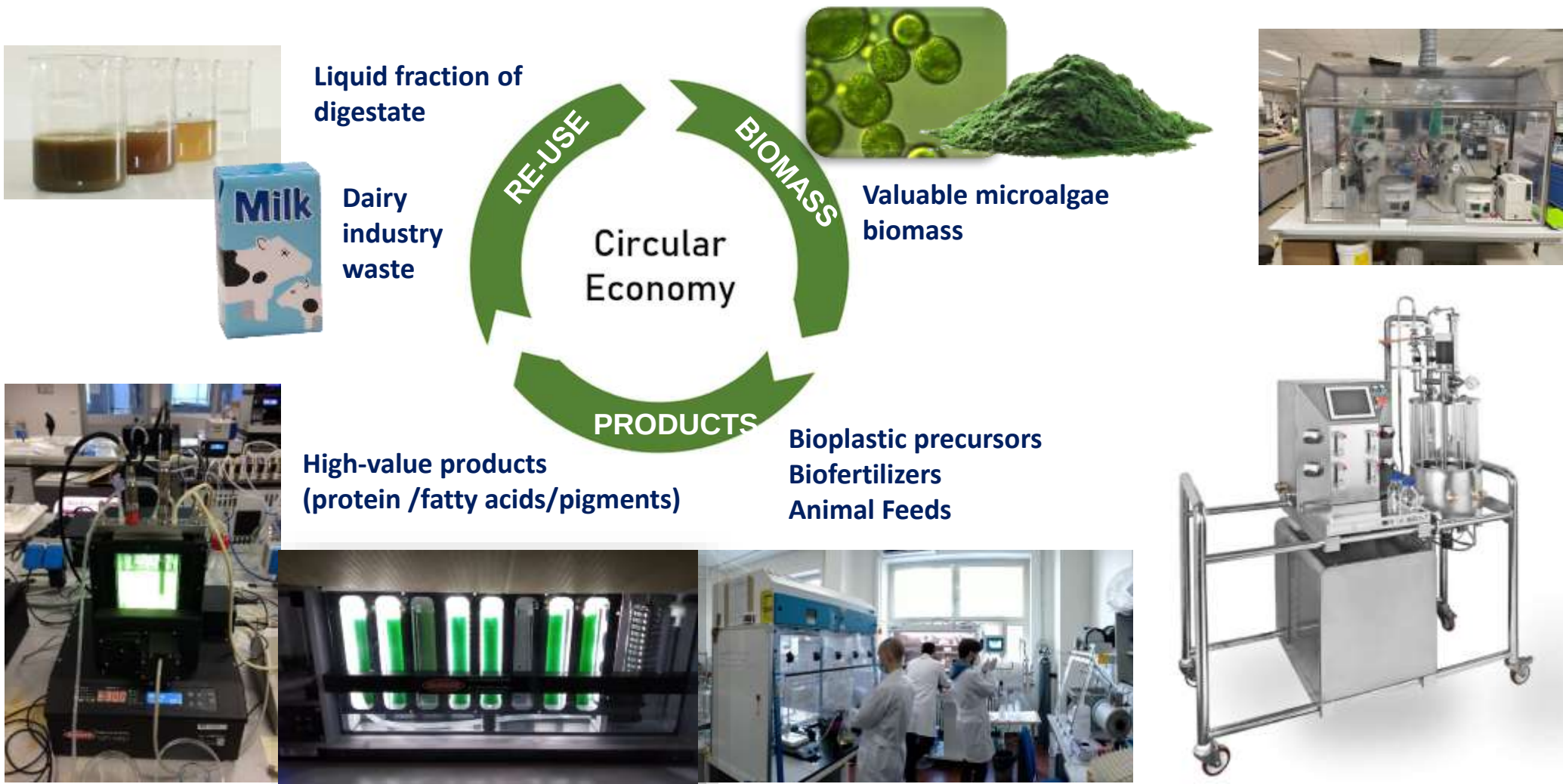
LA CATENA DI VALORE DELLA CO₂

Carbon Capture and Use

INDUSTRIAL SCENARIO

FLUE GAS
STREAM WITH CO₂CO₂ CAPTURE AND IMMEDIATE VALORIZATION INTO
CHEMICALS AND FUELSCarbon Transport
and StorageCO₂ TRANSPORTCO₂
GEOLOGICAL
STORAGECO₂ TEMPORARY STORAGECarbon Recovery
and UseCO₂
VALORIZATION
UNIT THROUGH
• BIO(ELECTRO)
• THERMO
• ELECTRO
CATALYTIC
PROCESSESCO₂ VALORIZATION INTO
CHEMICALS AND FUELS

Valorization of agro-food waste for the production of valuable biomass



Energy Transition @ Torino



100+

Progetti di ricerca



200+

Ricercatori



6000 mq

laboratori



IIT&POLITO
and
ENVIPARK

Environment
Park



ENERGY CENTER



CAMPUS DI
INGEGNERIA



PIQUET

Campus INRIM
Strada delle Cacce



CHILAB-ITEM

Chivasso



**H2 production & use Labs
Safety Labs**

over 3000 m² of LABS already active



**New available
area 1500 m² of
LABS**

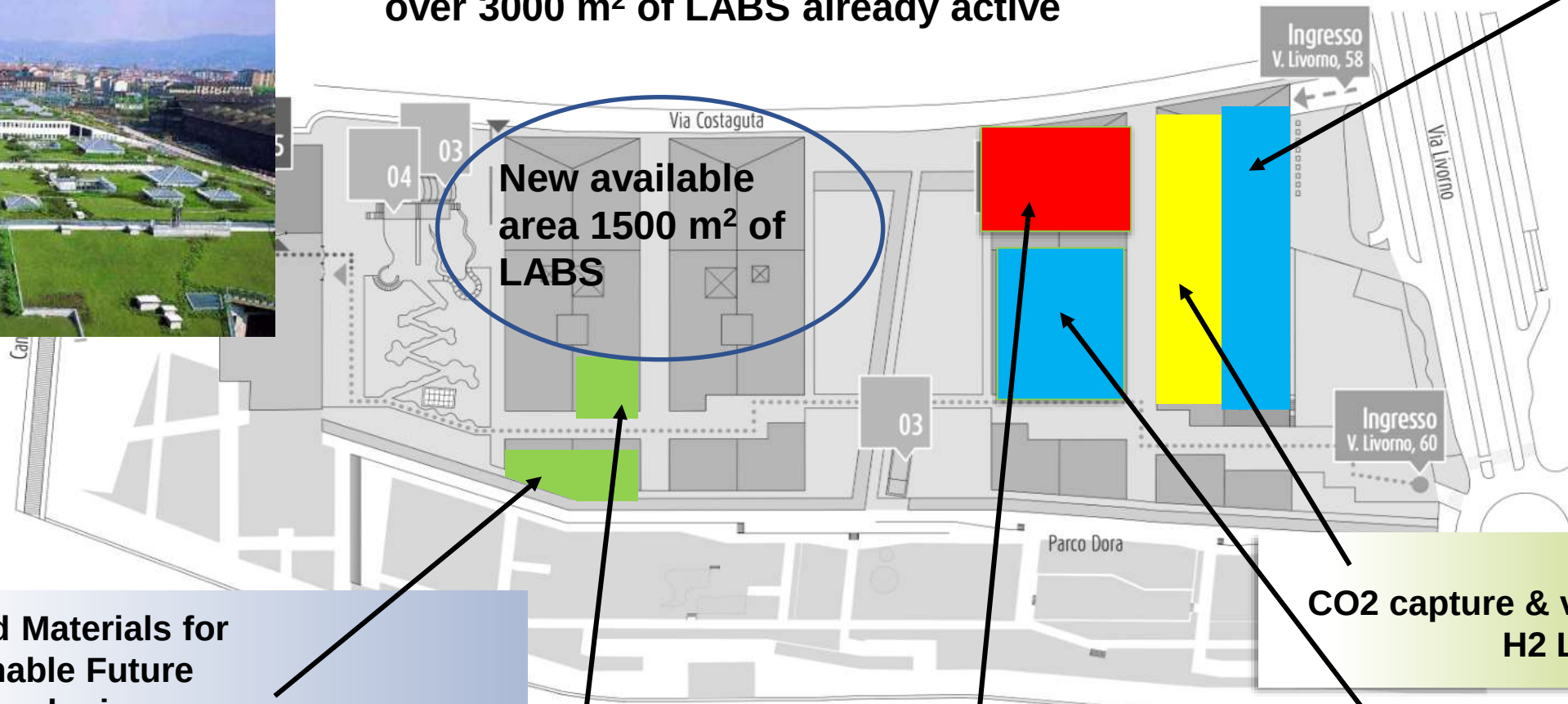
**Advanced Materials for
Sustainable Future
Technologies**

Systems and Synthetic Biology

Underground storage Labs

**CO2 capture & valorization Labs
H2 LABS**

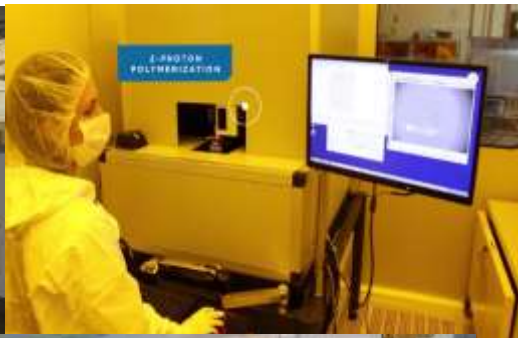
Electrical storage Labs



A supporto delle tecnologie per la Transizione Energetica: PiQuET – Clean Room Facilities

500 m²

Clean Room



Research Infrastructure co-financed by Regione Piemonte, POR FESR Piemonte 2014-2020, ASSE I, Azione I.1.a.1.5, "INFRA-P - Sostegno alle infrastrutture di ricerca considerate critiche/cruciali per i sistemi regionali"



700mq



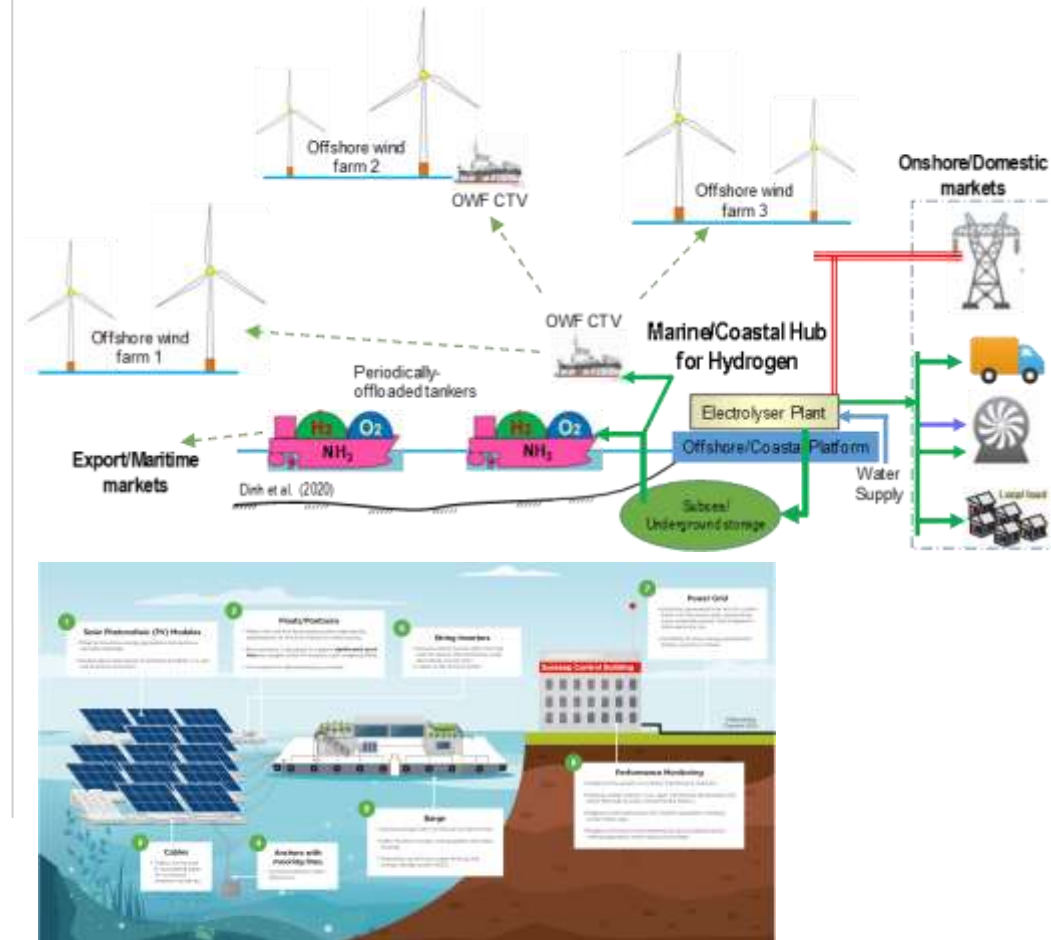
CHILAB-ITEM

- Studio di materiali per le interfacce: *elettriche*, *termiche*, ottiche e micro-fluidiche;
- Sviluppo dei processi di packaging: *polimerici* e *ceramici*;
- Implementazione di set-up di caratterizzazione dispositivi: *moduli di potenza*, *batterie*, *supercapacitori*.

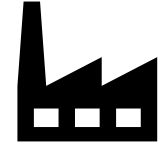
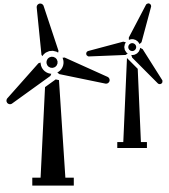
Rinnovabili: fotovoltaico, vento e mare

L'energia rinnovabile è considerata il pilastro per la transizione energetica verso un'economia sostenibile e per la salvaguardia del clima. Secondo l'Unione Europea, è prevista una **penetrazione delle energie rinnovabili del 32% entro il 2030**. L'International Energy Agency riporta che le energie rinnovabili sono stata l'unica fonte che ha visto una **crescita della domanda nel 2020**, nonostante la pandemia COVID-19 abbia indotto uno shock macroeconomico.

Sulla base dei trend moderni e degli studi di mercato, le tecnologie adibite all'estrazione **dell'energia da fotovoltaico, da mare ed eolico** rappresentano la via più promettente verso una **completa decarbonizzazione**. Infrastrutture di ricerca e sperimentazione per le tecnologie sopra citate sono essenziali per offrire strumentazioni e servizi tecnologici avanzati rivolti al mondo accademico ed imprenditoriale volte ad accelerare l'industrializzazione di questi dispositivi e dei sottosistemi.



H₂ un lavoro lungo tutta la filiera...



PRODUZIONE

- Elettrolisi (bassa T, alta T)
- Blu hydrogen - CCS technologies
- Processi bio-based (termici, biologici)
- Fotocatalisi
- Solar-assisted chemical looping
- Aqueous phase reforming

STOCCAGGIO E DISTRIBUZIONE

- Compressione
- Ad/Absorbimento su matrici solide
- Stoccaggio underground
- Iniezione in rete NG
- LOHC / NH₃

USI FINALI

- Feedstock industriale
- Trasporti/mobilità
- Hydrogen/FC to power
- Chemicals sintetici
- Processi riduttivi nella bioraffineria
- Solar fuels
- Usi residenziali
- Servizi di rete



Politecnico
di Torino



ISTITUTO
ITALIANO DI
TECNOLOGIA



ENVIRONMENT
PARK
Parco Scientifico
Tecnologico per l'Ambiente

Le attività

Filiera H2 – Produzione e utilizzo

La filiera si colloca nella Infrastruttura Tecnologica di Innovazione a valle di una Infrastruttura di Ricerca già attiva nel settore (**Hysylab**). Le attività si collocano ad un TRL più elevato (5-7) e si orientano al manufacturing di:

- **stack e loro componenti per elettrolizzatori e fuel cells a bassa temperatura (PEM, AEM, Membraneless El.)**
- componenti chiave dei BOP (gestione fluidi, gestione termica, gestione elettrica, controllo remotizzato)

L'infrastruttura vedrà la realizzazione di isole di lavoro pilota per il manufacturing di componenti specifici utili al supporto delle filiere industriali

a. Manufacturing del MEA

- Design e modellazione multi-physics delle diverse componenti
- Produzione di membrane a scambio ionico (alcaline e acide) in superficie estesa
- Produzione dello ionomero e deposizione dello strato attivo dell'elettrodo (ionomero + nanostrutture catalitiche)
- Deposizione del GDL (Gas Diffusion Layer)
- Formazione del MEA



b. Design e produzione di interconnettori

- Design fluidodinamico e termico
- Prototipazione di piatti a geometria complessa e materiali alternativi in additive manufacturing
- Sviluppo di soluzioni di coating protettivo e/o funzionalizzato (in particolare per elettrolizzatori PEM e membraneless)
- Prototipazione di giunzioni/sealing con materiali innovativi
- Strutture di supporto della MEA (nanotubi di carbonio o metal foam) per elettrolizzatori a gradiente di P catodo/anodo
- Produzione di piccole serie presso partner industriali



c. Assemblaggio stack

- Stazione pilota robotizzata per assemblaggio stack elettrolizzatore/fuel cell



d. Test

- Test stack elettrolizzatore fino a 100 kW
- Test stack FC fino a 50 kW

Le attività

Filiera H2 – Produzione e utilizzo

Le attività si collocano ad un TRL 5-7 e si orientano al manufacturing di:

- stack e loro componenti per elettrolizzatori e fuel cells a bassa temperatura (PEM, AEM, Membraneless El.)
- **componenti chiave dei BOP (gestione fluidi, gestione termica, gestione elettrica, controllo remotizzato)**

L'infrastruttura vedrà la realizzazione di isole di lavoro pilota per il manufacturing di componenti specifici utili al supporto delle filiere industriali



e. Design e produzione di componenti del BOP per elettrolizzatori

Design e modellazione dei diversi componenti

Prototipazione dei componenti in additive manufacturing

- Separatori gas/liquido lato catodico
- Ricircolo componente liquido da catodo ad anodo
- Separatori gas/liquido lato anodico
- Circolatori fluidi lato anodico
- Scambiatori di calore ad elevata efficienza e minima perdita di carico
- Sensoristica per miscele di gas (H₂/O₂)
- Demister
- Strutture per la compensazione della P dei comparti anodico e catodico



f. Design e produzione di componenti del BOP per FC systems

Design e modellazione dei diversi componenti

Prototipazione dei componenti in additive manufacturing

- Componenti per il ricircolo selettivo dell'H₂ (eiettori a ugello regolabile e espulsione di umidità, ricirculatori attivi)
- Iniettori
- Soffianti e turbocharger lato catodico
- Sistemi di controllo di umidità e temperatura lato catodico
- Scambiatori di calore ad elevata efficienza e minima perdita di carico e relativi circolatori di fluido
- Valvole di sicurezza e compensazione della P



g. Test

- Test dei singoli componenti
- Test elettrolizzatore fino a 100 kW
- Test FC System fino a 50 kW
- Banchi prova per componenti BOP

Le attività

Filiera H2 Utilizzo

Il focus del laboratorio è quello di operare per lo sviluppo di motori a combustione interna ad idrogeno per risolvere le problematiche relative all'utilizzo di gas diverso dai soliti combustibili in fase gassosa quali metano o GPL.

Le attività si collocano a TRL 5-7 di prototipazione per lo sviluppo di componentistica da essere lanciata sul mercato.

L'infrastruttura di compone di :

- **Sistema di testing di materiali per la componentistica automotive per la caratterizzazione della performance e della resistenza dei materiali (es: metalli e materiali plastici) all'utilizzo con idrogeno ad alte pressioni e a temperature medio/alte tipiche dei motori a combustione interna.**
- Banchi di prova per il testing e l'omologazione di componenti motoristiche (sistemi di iniezione, motori e relativa elettronica) in camere protette nell'utilizzo di idrogeno



h. Testing di materiali per l'utilizzo in contatto di H₂

- Camere per l'invecchiamento di materiali plastici in atmosfera di idrogeno ad alta pressione
- Sistemi per lo studio dell'assorbimento e permeazione di idrogeno in materiale plastici in condizioni di omologazione
- Sistemi per l'omologazione di componenti per lo stoccaggio/trasporto di idrogeno in fase gassosa ad alte pressioni.

i. Banchi di prova per l'omologazione di componenti motoristiche

- Costruzione di un impianto di stoccaggio idrogeno ad alte pressioni
- Linea di distribuzione di idrogeno e co-combustibili
- Costruzione di camere per il testing di:
 1. emissioni (inquinanti quali ossidi di azoto, particolato etc...)
 2. Performance di motori e ottimizzazione della erogazione di idrogeno e del rapporto combusto/comburente
 3. Studio ed ottimizzazione delle prestazioni dei motori a combustione interna ad idrogeno.

- **Investimento 1.5 Creazione e rafforzamento di “ecosistemi dell’innovazione”, costruzione di “leader territoriali di R&S”**

A fine febbraio, è stato sottomesso al Ministero dell’Università e della Ricerca, il progetto **“NODES - Nord Ovest Digitale e Sostenibile”**.

La proposta vede il coinvolgimento del territorio Nord-Ovest (Piemonte, Valle d’Aosta e le province più occidentali della Lombardia, Como, Varese e Pavia) a valere sul bando MUR del PNRR Ecosistemi dell’Innovazione. Oltre al Politecnico di Torino, coordinatore della proposta, partecipano l’Università di Torino, l’Università del Piemonte Orientale, l’Università di Scienze Gastronomiche, l’Università della Valle d’Aosta, l’Università dell’Insubria e l’Università di Pavia.



**Progetto pilota per
per mobilità a base
H2 e elettrico**

Filiera H2 – Utilizzo

Il focus del laboratorio è l'**utilizzo dell'idrogeno nelle turbine a gas per la produzione di energia elettrica.**

In particolare, l'azienda EthosEnergy mette a disposizione le proprie competenze ed il proprio stabilimento per creare l'intera value chain dell'idrogeno verde attraverso un progetto pilota, composto da:

- Installazione (direttamente sull'area coperta dello stabilimento) di pannelli solari con oltre 2000MWh di energia prodotta annua
- Conversione di tale energia in idrogeno attraverso elettrolizzatori e relativo stoccaggio
- Utilizzo dell'idrogeno direttamente in una turbina a gas installata all'interno dello stabilimento e collegata alla rete elettrica.

EthosEnergy, grazie alla collaborazione con il Politecnico si farebbe carico degli aspetti legati alla turbina e relativa conversione



l. Progettazione di combustori idonei per poter bruciare idrogeno nelle turbine a gas di taglia medio-piccola per la produzione di energia.

- La fase iniziale prevede uno studio con miscele di idrogeno e gas naturale
- Nelle fasi successive si prevede l'aumento della % di idrogeno fino ad arrivare al 100%
- Lo studio include la valutazione degli impatti sulle emissioni (in particolare Nox) e di stabilità della fiamma.
- Studio in collaborazione con il dipartimento di macchine del Politecnico di Torino

m. Testing del combustore e della macchina

- Parte integrante è la creazione di un combustore prototipo da testare
- Installazione in un impianto pilota, alimentato da idrogeno verde prodotto in loco al fine di produrre energia elettrica da utilizzare in rete

n. Training center per la formazione e la riconversione del personale per la transizione energetica.

In concomitanza con la progettazione dei combustori per convertire le turbine a gas a basse emissioni e relativo pilota, EthosEnergy si propone di allestire un centro per la formazione e la ricerca. Il polo sarà destinato alla transizione energetica, alla riconversione professionale del territorio ed alla sicurezza sul lavoro.



Le attività

Filiera stoccaggio sotterraneo H₂ e CO₂

La filiera si colloca nella Infrastruttura Tecnologica di Innovazione a valle di una Infrastruttura di Ricerca già attiva nel settore (**SEASTAR - Sustainable Energy Applied Sciences, Technology & Advanced Research**). Le attività si orientano verso:

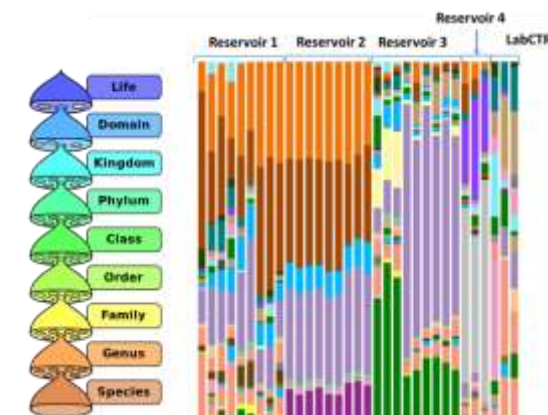
- Sistemi di test per la compatibilità micro-biologica delle rocce di copertura e di giacimento all'esposizione a gas puri (H₂, CO₂) o in miscela, anche con gas naturale, alle condizioni di temperatura e pressione di giacimento
- Sistemi di test per la compatibilità mineralogica e chimico-fisica delle rocce di copertura e di giacimento all'esposizione a gas puri (H₂, CO₂) o o in miscela, anche con gas naturale,, alle condizioni di temperatura e pressione di giacimento

L'infrastruttura vedrà la realizzazione di isole di lavoro pilota per i diversi test specifici, utili al supporto delle filiere industriali.



a. TEST MICROBIOLOGICI

- Caratterizzazione di consorzi microbici in giacimenti esauriti o stoccaggi di gas naturale di riferimento
- Studio dell'attività dei consorzi microbici caratterizzati in un sistema reattoristico multifasico ad alta pressione e alta temperatura, progettato per simulare le condizioni di giacimento.
- Test in multi-reattore finalizzato all'esecuzione di diverse classi di prove in condizioni di pressione e temperatura variabili con misure multi-parametriche: termofluidodinamiche, biologiche su microrganismi e analisi di composizione gas/liquido, con campioni a matrice porosa (rocce reali e sintetiche, chip microfluidici, ecc.).
- Modeling biogeochimico



b. TEST MINERALOGICI

- Analisi strutturale di rocce pre e post esposizione a gas, sia di rocce di copertura sia di rocce di giacimento
- Analisi morfologica e composizionale di rocce pre e post esposizione a gas, sia di rocce di copertura sia di rocce di giacimento

c. TEST DI MATERIALI all'esposizione a gas puri (H₂, CO₂) o miscele

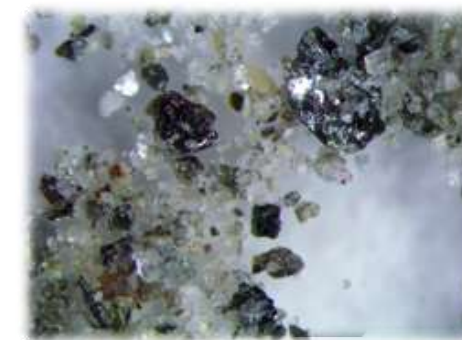
- Esposizione e test chimico-fisico-meccanico di resistenza di materiali cementizi in condizioni di giacimento

d. TEST PETROFISICI

- Test della pressione di soglia delle rocce di copertura con H₂ o CO₂ o in miscela, anche con gas naturale
- Test della porosità e permeabilità di rocce di giacimento
- Test di diffusività di H₂ o CO₂ attraverso le rocce di copertura
- Test di permeabilità relative in presenza di flusso multifase in giacimento (CO₂, gas naturale, acqua)

e. TEST SUI FLUIDI

- Test in cella PVT per la caratterizzazione del comportamento termodinamico dei fluidi e della solubilità della CO₂





Le attività

Filiera CO₂

La filiera si colloca nella Infrastruttura Tecnologica di Innovazione a valle di una Infrastruttura di Ricerca già attiva nel settore (**CO₂ Circle Lab**). Le attività si collocano ad un TRL più elevato e si orientano allo scale up di sistemi di assorbimento e separazione CO₂ e produzione di carburanti da processi biotecnologici. L'infrastruttura di compone di :

- Sistema di cattura e separazione di CO₂ (**CCS**) con solventi liquidi da fonti puntuali quali biogas o gas di combustione tramite energia termica o elettrica.
- Sistemi per la **riduzione biochimica** della CO₂ a molecole organiche (es: alcoli e lipidi) per applicazioni di mobilità scarsamente elettricabili come **settore dell'aviazione e trasporto merci** a lunga percorrenza.

L'infrastruttura vedrà la realizzazione di un sistema a colonne di cattura e rilascio per la validazione dei parametri chimico/fisici di cattura e la costruzione di un impianto produttivo con bioreattori di larga scala ottimizzati.

a. Cattura CO₂

- Identificazione dei sorbenti ottimali o delle loro eventuali modifiche su misura per soddisfare le prestazioni industriali
- Test di performance di processi su tempi industriali per il dimensionamento del capex/opex
- Scale-up di nuovi processi di separazione di CO₂ altamente efficienti per i gas di scarico industriali e/o biogas
- Elaborazione di dati di progettazione ed esperienze operative per il dimensionamento di unità di separazione della CO₂
- Test di performance di processi su tempi industriali (performance vs tempo; avvelenamento dei sorbenti; processi di invecchiamento) per il dimensionamento del capex/opex

b. Conversione CO₂ (bio-chemicals and e-chemicals)

bio-chemicals

- Definizione e implemetazione dei processi di pretrattamento dei feedstock e dell'acqua in ingresso
- Design e modellazione multi-physics delle diverse componenti
- Scale -up di bioreattori ottimizzati e flessibili per la crescita algale su ampia scala (>1000 L) in modalità di coltivazione mixotrofica e/o eterotrofica
- Ottimizzazione dei parametri operativi e di controllo (es. temperatura di processo, richiesta di O₂, diluizione inoculo, intensità luminosa)
- Implementazione di reattori dedicati alla lisi della biomassa algale e al processo di estrazione della frazione lipidica
- Definizione del bilancio di massa energetico, (bilanci di CO₂ ed economici dell'intera filiera proposta)

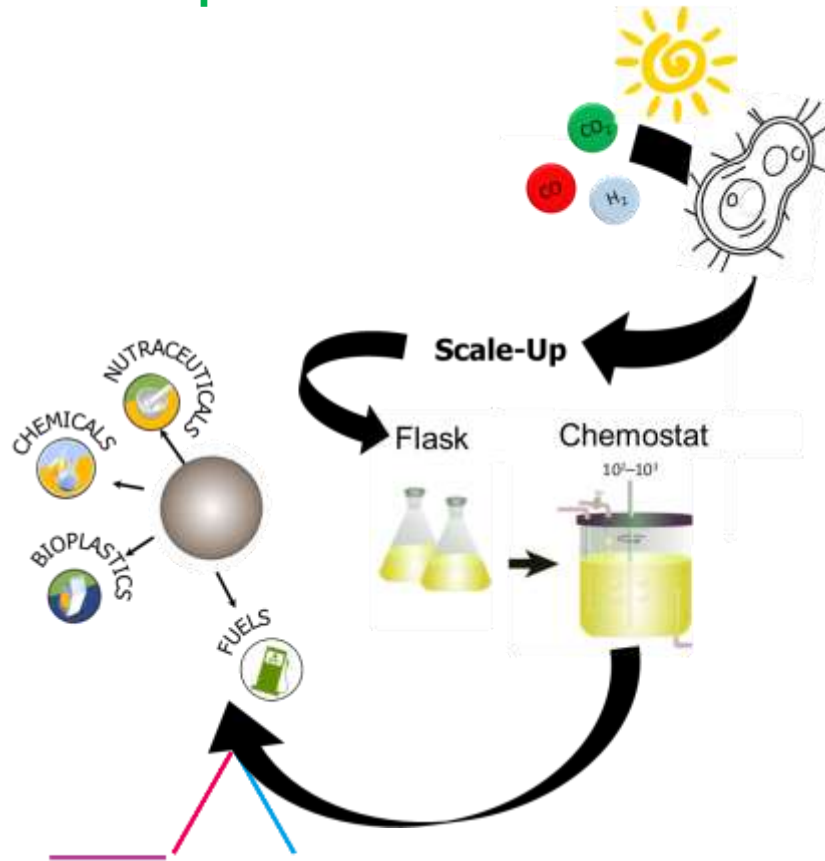
e-chemicals

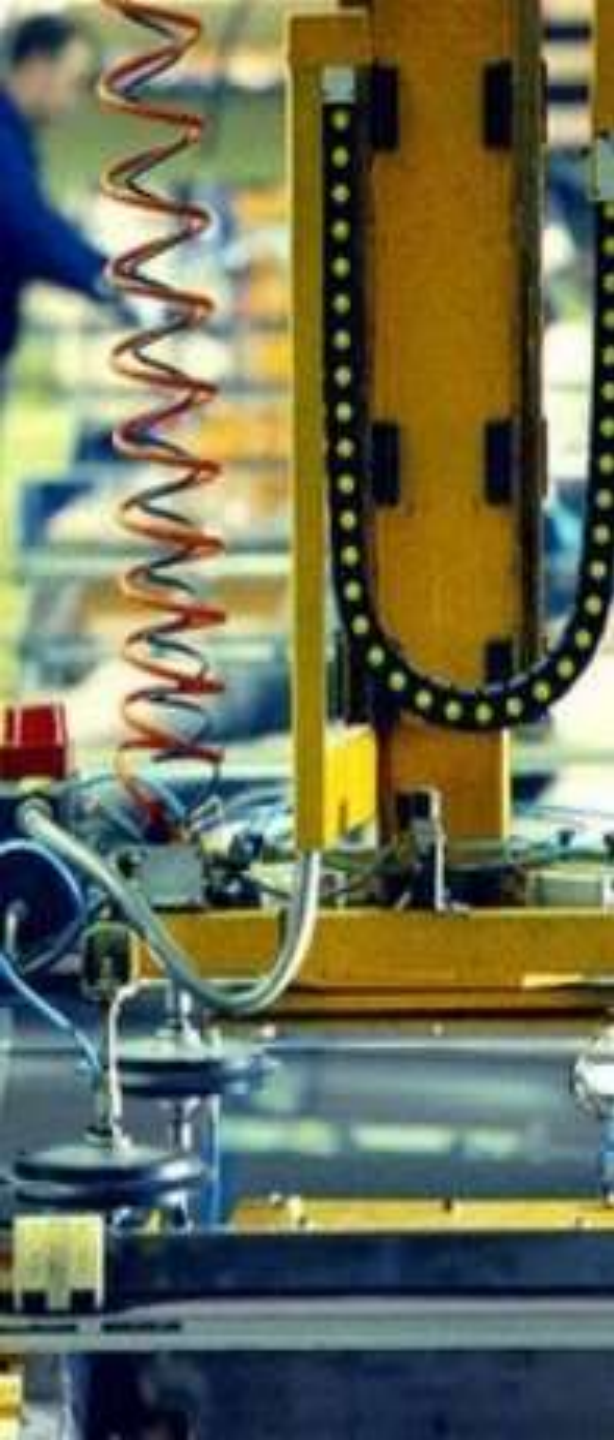
- Sintesi di catalizzatori (catalisi termochimica ed elettrochimica)
- Prototipazione di reattoristica (process intensification, gestione del recupero termico e integrazione di sistema)
- Tecnologie di produzione di molecole piattaforma tramite celle elettrochimiche ceramiche

Systems and Synthetic Biology



MAIN MISSION: Design and Development of Microbial Platform for bio-production from waste





Le attività

Filiera storage elettrico & electrical energy management

La filiera si colloca nella Infrastruttura Tecnologica di Innovazione a valle di una Infrastruttura di Ricerca già attiva nel settore (**CO2 Circle Lab e SEASTAR**). Le attività si collocano ad un TRL più elevato (da 5 a 7) e si orientano:

- Produzione di componenti per supercondensatori e batterie ricaricabili
- Integrazione di dispositivi di stoccaggio con elettronica di controllo
- Sensoristica per il monitoring di sistemi di stoccaggio elettrico
- Dispositivi elettronici di potenza
- Test elettrici ed elettrochimici dei dispositivi di stoccaggio elettrico, dell'elettronica di controllo e dei dispositivi di potenza
- Test di affidabilità dei dispositivi

L'infrastruttura vedrà la realizzazione di isole di lavoro pilota per il manufacturing di componenti specifici utili al supporto delle filiere industriali

a. Manufacturing batterie e supercondensatori

- Design e modellazione multi-physics delle diverse componenti
- Sviluppo e produzione di inchiostri (slurries) organic-solvent free
- Produzione di elettrodi in superficie estesa
- Produzione di elettroliti polimerici o soluzioni di liquidi ionici
- Produzione di separatori green
- Assemblaggio di dispositivi

b. Design e produzione dispositivi elettronici

- Design e modellizzazione di dispositivi sensori ed attuatori micro-elettronici
- Design e modellazione multi-physics di moduli di potenza dedicati al power factor corrector per batterie e supercondensatori
- Sviluppo di processi di packaging per componenti discreti, ad elevata conducibilità termica (Powder Sintering e Low Thermal Cofired Ceramics).
- Sviluppo di processi di packaging per power modules

d. Test elettrico ed elettrochimico

- Banchi test batterie e supercondensatori per standard 12, 48 ed HV
- Banchi di test di componentistica elettronica
- test intermedi sui tutti componenti (Batterie, Supercondensatori, IGBT, MOSFET, ..., sensori).

e. Test di affidabilità

- Test ambientali in conformità con IEC 60068-2:2022 SER Series
- Test di resistenza in conformità con IEC 60068-2:2022 SER Series

Open: 31 Marzo 2022

Close: 20 Settembre 2022

TRL: iniziale 6 finale 8

Azione: Innovation action

Budget: fino a 8 milioni di euro

% Finanziamento: 70% fino a 100% per enti no-profit

Scopi Tecnici

1. Produzione di **500 tonnellate per anno** di idrogeno rinnovabile;
2. Uso dell'idrogeno prodotto per più di un settore di applicazione. I due principali proponenti devono dimostrare di l'utilizzo di almeno **il 20 % dell'idrogeno prodotto**.
3. I volume di idrogeno dovranno essere distribuite tra I vari utilizzatori considerando anche l'ammontare degli investimenti richiesti
4. La proposta deve dimostrare **l'esistenza di nuovi mercati** per l'idrogeno rinnovabile e come lo sviluppo di Hydrogen Valley promuova la crescita economica promuovendo ricadute positive per l'occupazione e l'economia del territorio
5. Dimostrare il suo **impatto** e la sua **replicabilità**

Questi obbiettivi dovranno essere perseguiti con un ottica di medio lungo termine creando sinergie con progetti analoghi sia comunitari che internazionali dedicando particolare attenzione alla diffusione e alla sensibilizzazione sul tema.



Grazie per l'attenzione

Fabrizio Pirri

fabrizio.pirri@polito.it

fabrizio.pirri@iit.it

