28 OTTOBRE 2026

WP2 – Integrazione di processi termochimici e tecnologie power to liquid

Nadia Cerone — ENEA



Bioenergia e Decarbonizzazione · 28 ottobre 2026 · Sala Convegni Ara Pacis, Roma

Stato dell'arte, innovatività e connessione con il Sistema Elettrico del WP2

STATO DELL'ARTE

Conversione termochimica delle biomasse → resa energetica bassa e sottoprodotti indesiderati.

Produzione di carburanti e biofuel→ ottenuti da fonti fossili o biomasse in competizione con food.

TRL bassi → Sistemi ancora da integrare e validare a livello di sistema

INNOVATIVITA'

Catalizzatori avanzati → sviluppo di una nuova generazione di catalizzatori resistenti alla deattivazione per aumentare l'efficienza della conversione riducendo la formazione di tar nel syngas.

Integrazione di processi termochimici ed elettrochimici→ ridurre i sottoprodotti indesiderati ottimizzando la produzione di idrogeno e biocombustibili.

Biocarburanti da carbonio biogenico →integrazione con idrogeno verde della gassificazione di biomasse residuali.

Intensificazione dei processi di sintesi→ utilizzo di reattori a membrana innovativi e al plasma.

Approccio di analisi integrata → valutare l'impatto ambientale e migliorare l'efficienza dei processi per la scalabilità.

CONNESSIONE CON IL SISTEMA ELETTRICO

- Elettricità rinnovabile → elettrolisi → H_2 verde
- H_2 + syngas da biomassa → e-biofuels e prodotti chimici
- Conversione dell'elettricità in vettori chimici
- Accumulo di energia rinnovabile in biofuels liquidi compatibili con le infrastrutture esistenti
- Potenziale flessibilità dei consumi elettrici

Obiettivi Tecnologici specifici e metodologie

LA 2.1: Sviluppo di processi termocatalitici per l'upgrading del syngas da biomassa

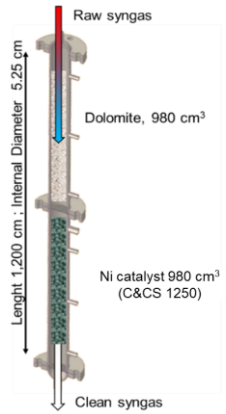
LA 2.7: Sviluppo di catalizzatori per l'up-grading del syngas [La Sapienza]

LA 2.2: Sviluppo di processi basati su reattori a membrana alimentati con syngas da biomassa ed integrati con idrogeno verde per la produzione di biocombustibili liquidi

LA 2.8: Sviluppo di membrane zeolitiche per la separazione di acqua in reattori catalitici a membrana per la produzione di biocombustibili liquidi [PoliMi]

- Ridurre il contenuto di tar nel syngas mediante catalizzatori innovativi aumentando la resa di idrogeno e la purezza del syngas per le applicazioni successive.
- Sviluppare reattori a doppio stadio per il cracking del tar con catalizzatori resistenti alla deattivazione.
- Integrare i reattori a membrana per la produzione di biocarburanti con elettrolizzatori per aumentare la conversione di CO_2 e H_2 in idrocarburi, agendo sulla conversione per passaggio nella sintesi Fischer-Tropsch.
- Integrare gli elettrolizzatori con sistemi termochimici per migliorare l'efficienza complessiva del processo.
- Sviluppare membrane innovative per la rimozione selettiva di acqua e migliorare la selettività del processo di Fischer-Tropsch.







Obiettivi Tecnologici specifici

LA 2.3: Sviluppo di elettrodi per la conversione di biomassa in idrogeno e chemicals

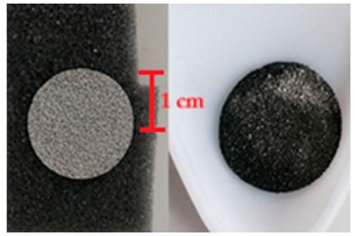
LA 2.4: Produzione di idrogeno, biofuel liquidi e chemicals da biomasse lignocellulosiche per via elettrochimica

LA 2.9: Ottimizzazione dei processi di elettrolisi e integrazione nei sistemi termochimici [UNICA]

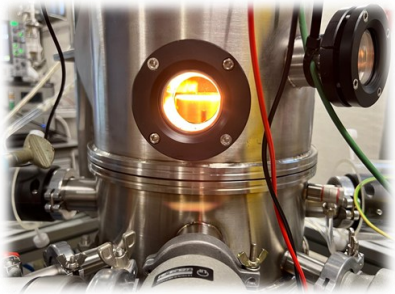
LA 2.5: Cracking del biometano con tecnologie al plasma per la produzione di idrogeno e grafite

LA 2.6: Analisi tecnico-ambientale dei processi integrati innovativi per la produzione di idrogeno ed e-fuel da syngas di biomassa

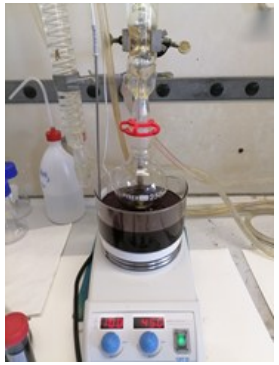
- Progettare elettrodi innovativi basati su metalli non nobili per l'elettrolisi assistita dalla biomassa per aumentare la produzione di idrogeno puro al catodo e di chemicals all'anodo.



- Sviluppare un sistema al plasma per il cracking del biometano in idrogeno e grafite di alta qualità migliorando l'efficienza operativa.



- Valutare le performance energetiche, ambientali ed economiche dei processi sviluppati.



- Confrontare le tecnologie proposte con quelle fossili tradizionali utilizzando l'analisi del ciclo di vita (LCA).
- Identificare soluzioni per migliorare la sostenibilità e ridurre i costi operativi.

Principali risultati ottenuti

LA 2.1 Sviluppo di processi termocatalitici per l'upgrading del syngas da biomassa
LA 2.7 Sviluppo di catalizzatori per l'up-grading del syngas [La Sapienza]

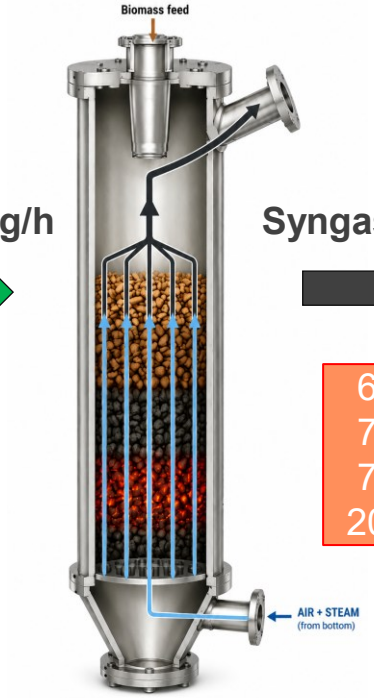


Gusci di nocciole



20-25 kg/h

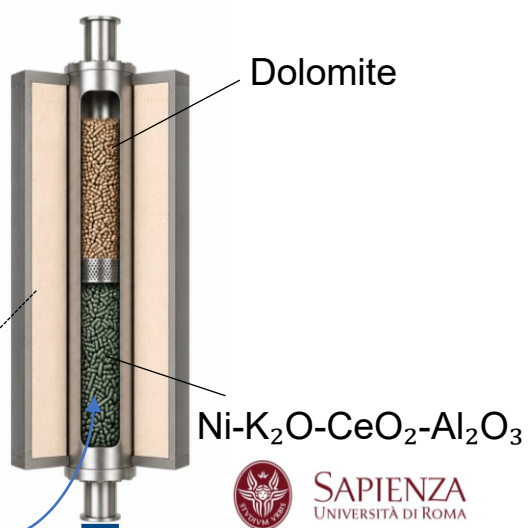
Gassificatore PRAGA



Syngas + tar + H_2O

650 °C
700° C
750 °C
2000 h^{-1}

Reformer catalitico a 2 stadi



SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA

SYNGAS

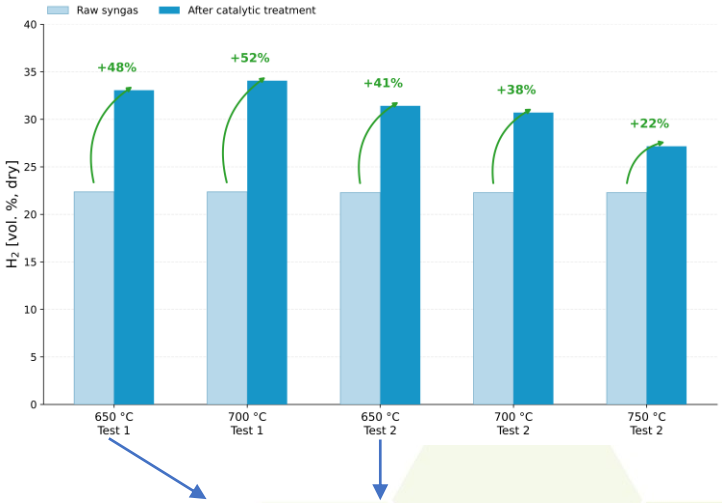
$$tar + H_2O \rightarrow H_2 + CO_2 + CO$$

Risultati del trattamento catalitico:

Concentrazione tar:
da **41.6 - 58.6 g Nm^{-3}** a **15.6 – 139.6 mg Nm^{-3}**

Concentrazione di idrogeno:
da **~22%** a **27-34%**

Rapporto H_2/CO:
da **~1.1** a **1.6-2.9**

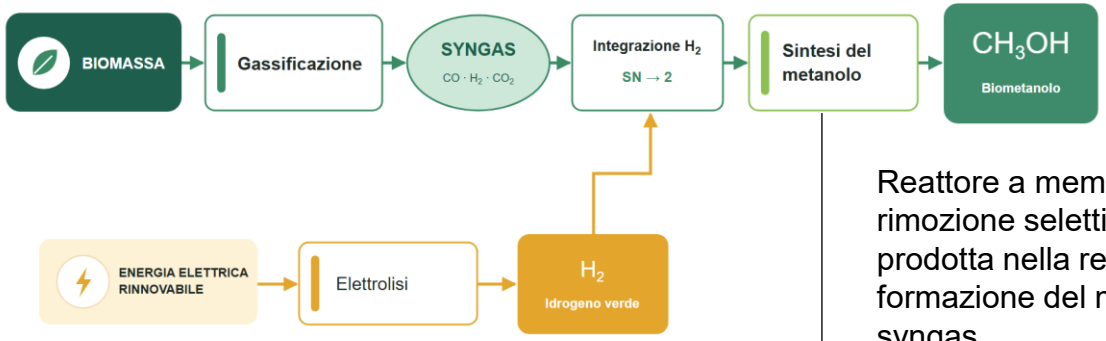


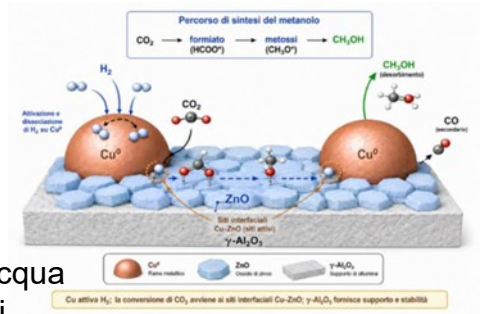
Alte performance già a **650 °C**

Principali risultati ottenuti

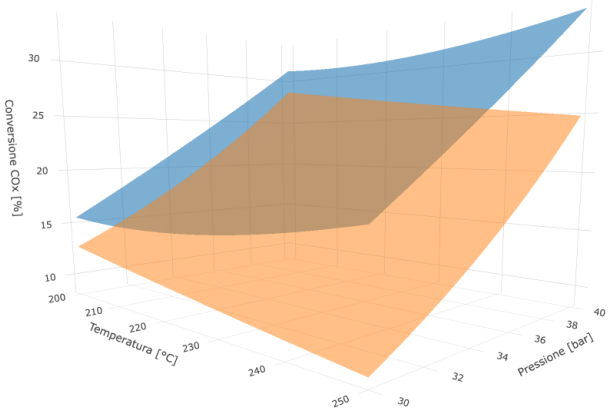
LA 2.2 Sviluppo di processi basati su reattori a membrana alimentati con syngas da biomassa ed integrati con idrogeno verde per la produzione di biocombustibili liquidi

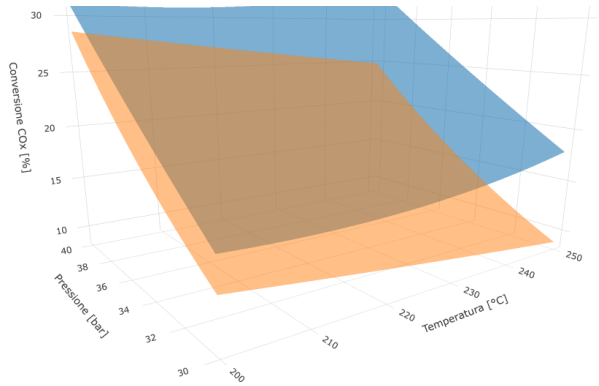
LA 2.8: Sviluppo di membrane zeolitiche per la separazione di acqua in reattori catalitici a membrana per la produzione di biocombustibili liquidi [PoliMi]

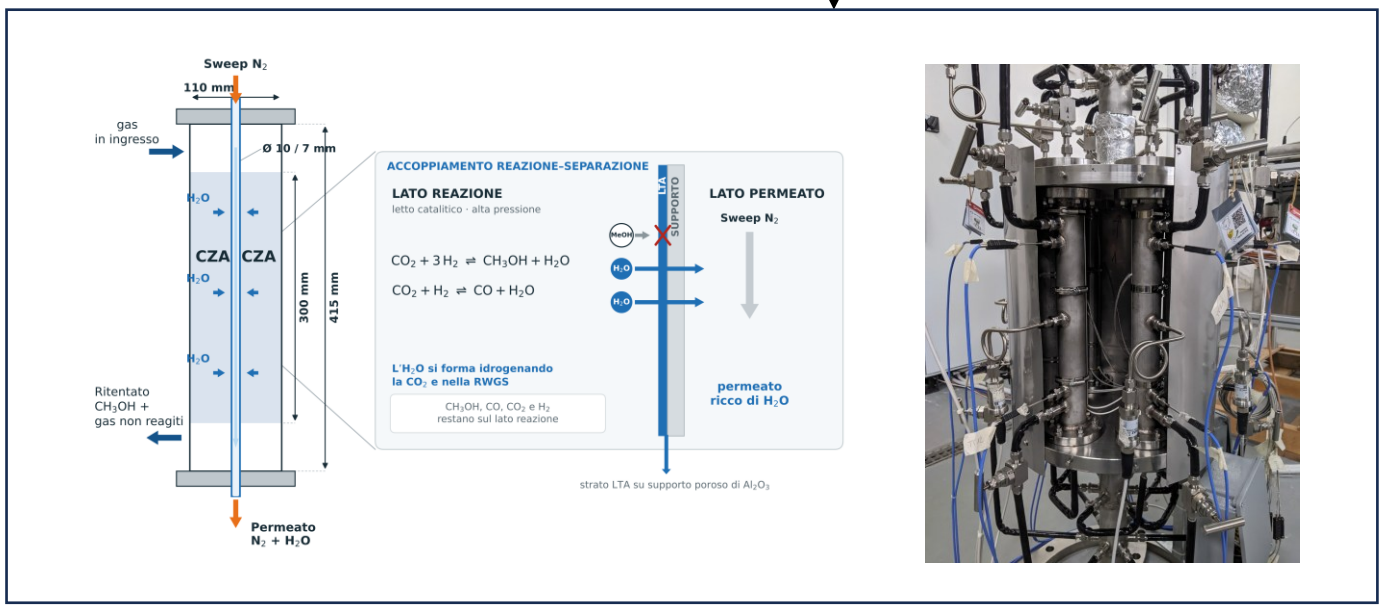




Reattore a membrana: rimozione selettiva dell'acqua prodotta nella reazione di formazione del metanolo da syngas







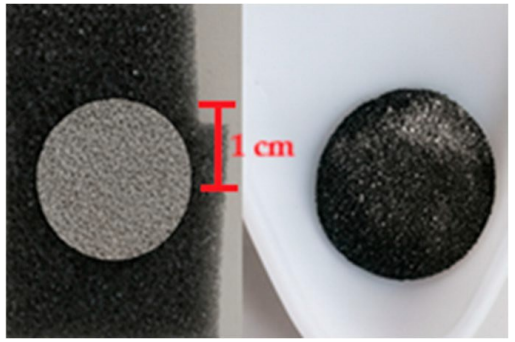
Conversione del syngas in metanolo in funzione di pressione e temperatura: in blu i dati del reattore a membrana, in arancio i dati del reattore senza membrana.

Principali risultati ottenuti

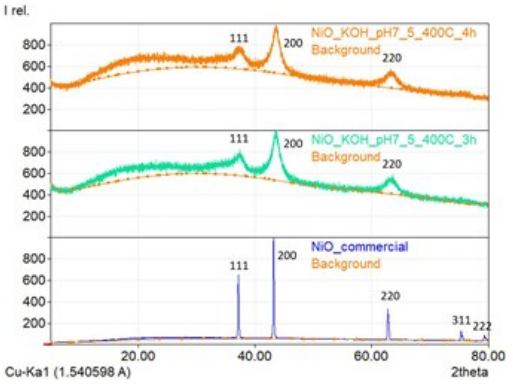
LA 2.3: Sviluppo di elettrodi per la conversione di biomassa in idrogeno e chemicals

LA 2.4: Produzione di idrogeno, biofuel liquidi e chemicals da biomasse lignocellulosiche per via elettrochimica

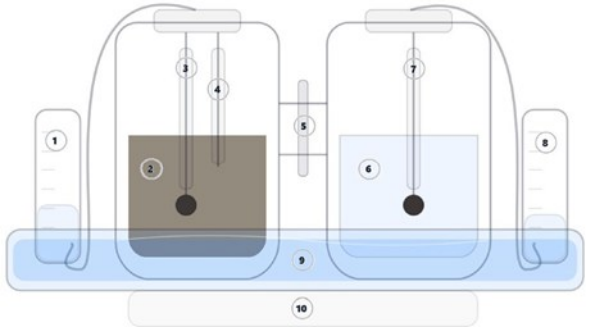
- Sviluppo e test di elettrodi Ni(O)OH/Ni-foam per il processo di elettrolisi dell'acqua assistita dalla biomassa (BAE).
- Analisi fase acquosa di scrubbing proveniente dalla gassificazione di gusci di nocciola mediante GC-MS, TGA e GFC.
- Messa a punto di un metodo di elettrodeposizione anodica su Ni-foam.
- Ottimizzazione del potenziale per l'elettro-ossidazione del tar.
- Riduzione del 78% del carico organico iniziale, con produzione di idrogeno puro al catodo e consumo energetico specifico di 38,5 MJ/kg H2 (rispetto ai 180-200 MJ/kg H2 per l'elettrolisi dell'acqua).
- Durabilità degli elettrodi verificata con cicli consecutivi di elettrolisi in bulk senza cali di prestazioni notevoli.



Elettrodi Ni-foam prima (sinistra) e dopo (destra) l'elettrodeposizione di ossido-idrossido di nichel



Diffratogrammi XRD del campione NiO ottenuto con KOH dopo ricottura a 400°C per diverse durate, confrontati con riferimento NiO.



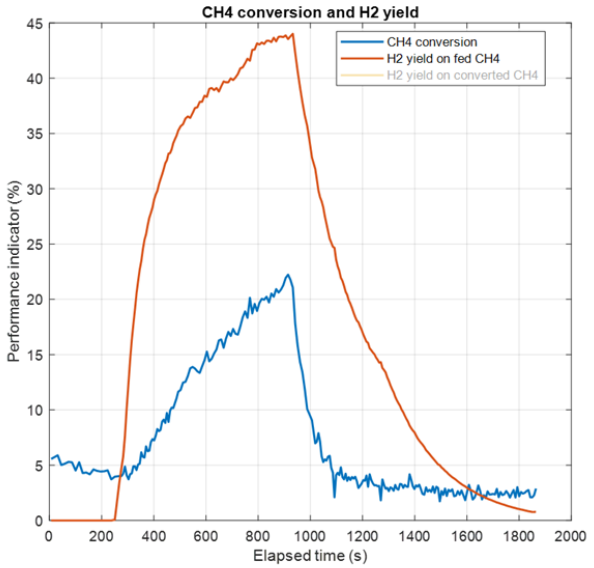


Schema della cella H-type sigillata utilizzata per i test di elettrolisi e apparato sperimentale utilizzato

Principali risultati ottenuti LA 2.5

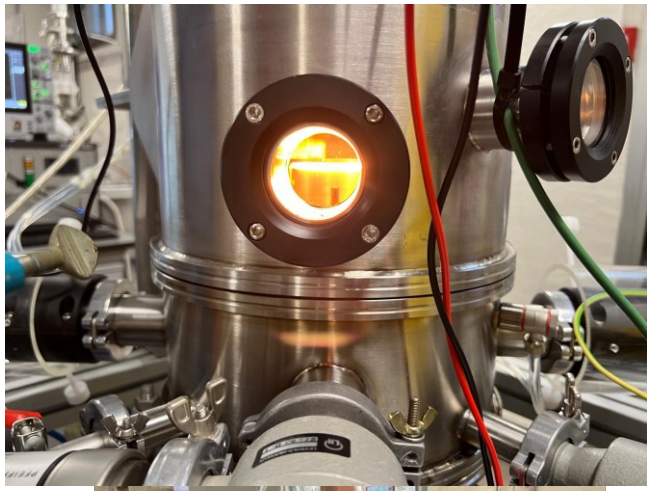
LA 2.5: Cracking del biometano con tecnologie al plasma per la produzione di idrogeno e grafite

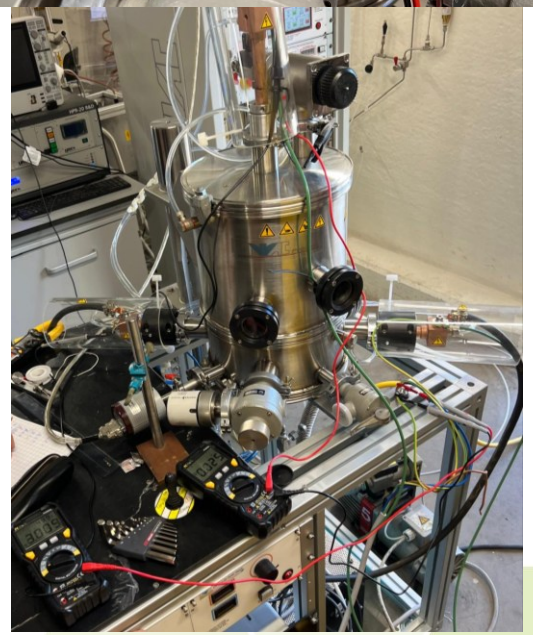
- Analisi tecnico-energetica comparativa delle principali configurazioni al plasma
- Definizione e sviluppo di un reattore sperimentale innovativo, basato su una configurazione ibrida termoionica e plasma non termico
- Messa a punto delle metodologie e dei protocolli sperimentali
- Test di verifica e di funzionalità del sistema sperimentale, con particolare attenzione alla gestione termica, al funzionamento degli elettrodi e alla generazione e stabilità del plasma.





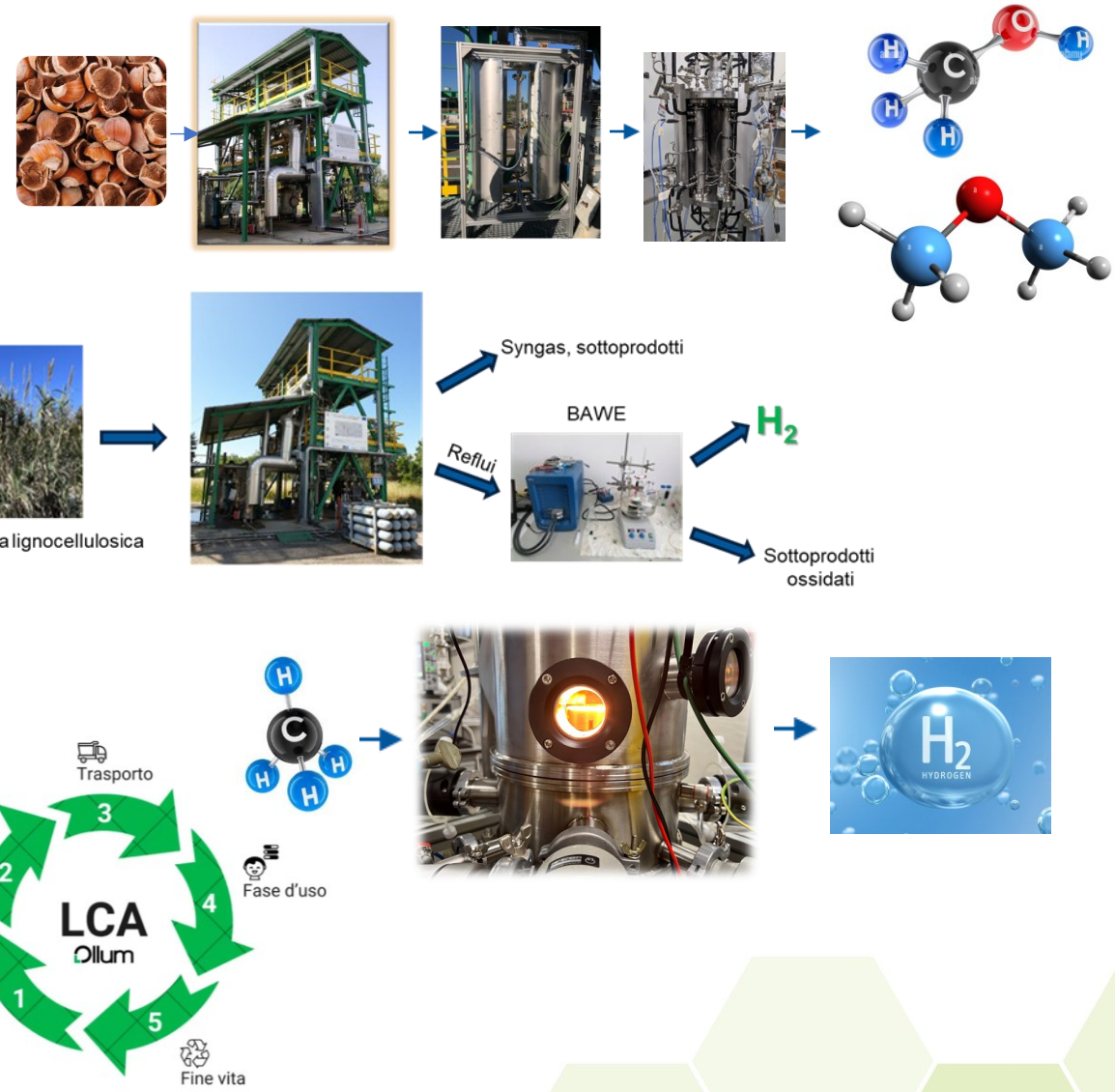






Conclusioni e prossime attività

- Analisi della cinetica di reazione sugli elettrodi e simulazione della reattività chimica sulla superficie degli elettrodi mediante modellizzazione atomica di materiali (LA 2.4)
- Ottimizzazione dei processi di elettrolisi e integrazione nei sistemi termochimici (LA 2.9)
- Test dei nuovi catalizzatori sintetizzati con syngas reale (LA 2.1 e 2.7)
- Test di lunga durata con i reattori a membrana per la sintesi di metanolo e DME (LA 2.2 e 2.8)
- Test di stabilizzazione del plasma per la pirolisi del biometano, ottimizzazione delle condizioni di esercizio e miglioramento delle prestazioni energetiche e di conversione del sistema (LA2.5)
- Raccolta dati primari e analisi tecnico-ambientale (LA2.6)



Grazie per l’attenzione

Nadia Cerone

ENEA — nadia.cerone@enea.it



Principali risultati ottenuti LA 2.5

LA 2.5: Cracking del biometano con tecnologie al plasma per la produzione di idrogeno e grafite

Schema di processo

