



**POLITECNICO
DI TORINO**



Il possibile contributo del DiSAT nell'ambito della Chimica Verde

Debora Fino e Tonia Tommasi

Contatti: debora.fino@polito.it

Consorzio IBIS, Novara, 1° febbraio 2019

La missione del nostro gruppo

Studio di processi chimici innovativi per un modello di società più sostenibile



Sviluppo di processi catalitici innovativi per la produzione di energia e la protezione dell'ambiente

STAFF: composto da ca. **36 persone**

Professori ordinari: Debora FINO, Nunzio RUSSO, Raffaele PIRONE, Francesco GEOBALDO

Professori associati: Samir BENSALID, Francesco SAVORANI, *Fabio DEORSOLA*

Assistant Professor: Tonia TOMMASI, Simelys HERNANDEZ, *Marco PIUMETTI, Alessandro MONTEVERDE VIDELA*

Altro personale: 17 Studenti PhD; 7 Post Doc; 1 Tecnico; 1 Assistente amministrativo



CREST

Catalytic Reaction
Engineering for
Sustainable Technologies

Argomenti Di Ricerca

Processi di biorefinery

- Produzione di combustibili e chemicals da biomassa, utilizzando fonti rinnovabili.

Processi chimici e catalitici per l'energia e l'ambiente

- Riutilizzo di rifiuti da processi chimici convenzionali.
- Abbattimento di inquinanti in matrici acquose

Processi sostenibili per l'industria agro-food

Analisi Ciclo Vita (LCA) di nuove tecnologie e chemicals

Riduzione della CO₂ per una economia low-carbon

- Utilizzo della CO₂ come materia prima per la produzione di prodotti ad alto valore aggiunto
- Sviluppo di nuove tecnologie per la riduzione delle emissioni di CO₂
- Valorizzazione di scarti organici per la sintesi di fertilizzanti

I laboratori del nostro gruppo

Sintesi chimica e caratterizzazione



Lab biotecnologico-Ferman



Biorefinery Processes Lab

• GC-MSD



• Ionic LC



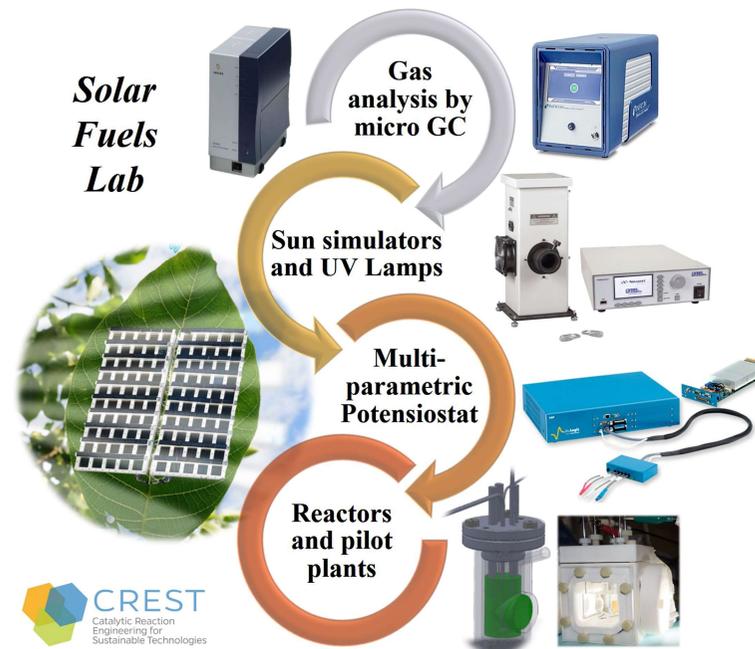
• HPLC



• High T,P reactors



CREST
Catalytic Reaction
Engineering for
Sustainable Technologies





Progetti EU nell'ambito della chimica verde

engi|c^oin

Engineered microbial factories for CO₂ exploitation in an integrated waste treatment platform

Celbic^on

Cost-effective CO₂ conversion into chemicals via combination of **C**apture, **E**lectrochemical and **B**iochemical **C**ONversion technologies”

proG^lreg

Productive **G**reen Infrastructure for post-industrial urban regeneration

ocean

Oxalic acid from CO₂ using electrochemistry at demonstration scale

ReC^o₂de

Recycling carbon dioxide in the cement industry to produce added-value additives: a step towards a CO₂ circular economy

TERRA
Tandem Electrocatalytic reactor for energy
resource efficiency and process intensification

Tandem Electrocatalytic Reactor for energy/Resource efficiency and process intensification



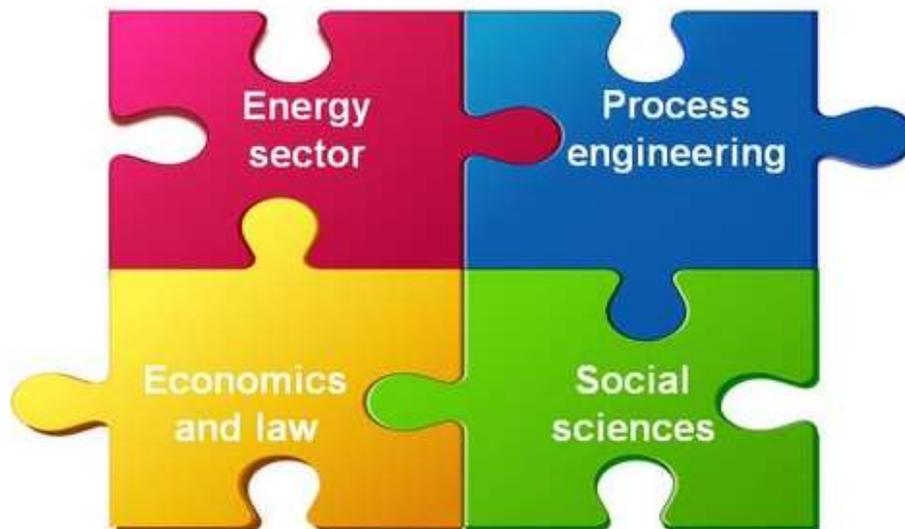
Progetti EU su nuove tecnologie per l'energia e l'ambiente



Energy Efficient Coil Coating Process



Innovative large-scale energy STORagE technologies & Power-to-Gas concepts after Optimisation



Biorefinery combining HTL and FT to convert wet and solid organic, industrial wastes into 2nd generation biofuels with highest efficiency



Advanced direct biogas fuel processor for robust and cost-effective decentralised hydrogen production

Progetti Nazionali nell'ambito della chimica verde e sostenibilità ambientale di nuovi processi/prodotti



INNOVAECOFOOD

Innovazione eco-compatibile nella produzione di alimenti dagli output delle filiere risicole e vitivinicole



neorurale
PLANET CHANGING IDEAS

Acqua & sole: energia rinnovabile per il recupero degli elementi nutritivi da ceneri derivanti da processi produttivi



Analisi ciclo vita di due oli combustibili, base minerale e base bio

CO₂Meta: Riduzione della CO₂ a Metanolo per vie Elettrocatalitica e Termocatalitica



CREST

Catalytic Reaction
Engineering for
Sustainable Technologies

Argomenti Di Ricerca

Processi di biorefinery

- Produzione di combustibili e chemicals da biomassa ed utilizzando fonti rinnovabili.

Processi chimici e catalitici per l'energia e l'ambiente

- Riutilizzo di rifiuti da processi chimici convenzionali.
- Abbattimento di inquinanti in matrici acquose

Processi sostenibili per l'industria agro-food

Analisi Ciclo Vita (LCA) di nuove tecnologie e chemicals

Riduzione della CO₂ per una economia low-carbon

- 
- Utilizzo della CO₂ come materia prima per la produzione di prodotti ad alto valore aggiunto
 - Sviluppo di nuove tecnologie per la riduzione delle emissioni di CO₂
 - Valorizzazione di scarti organici per la sintesi di fertilizzanti

Processi foto/elettro-catalitici per:

conversione di CO₂, produzione di combustibili e chemicals

Sviluppo di materiali e dispositivi (da TRL2 a TRL5) per produzione di combustibili o chemicals (es. H₂, alcoli) a partire da CO₂ e acqua sfruttando fonti di energia rinnovabile (es. solare).

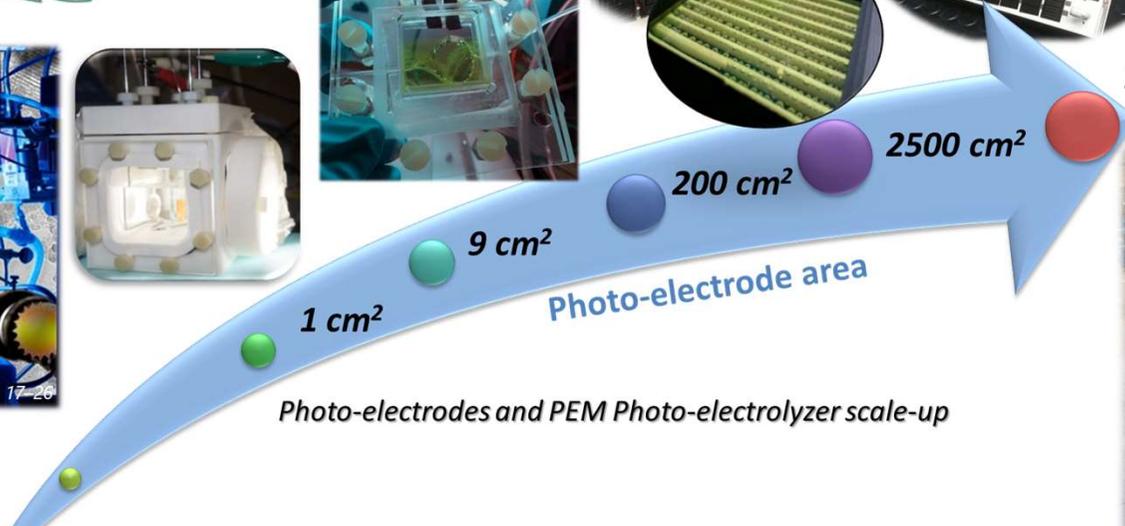
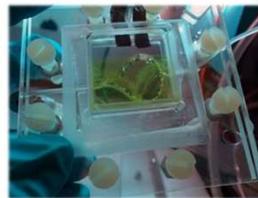
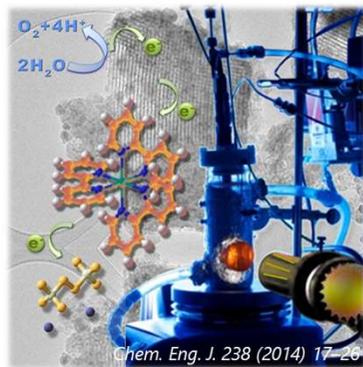
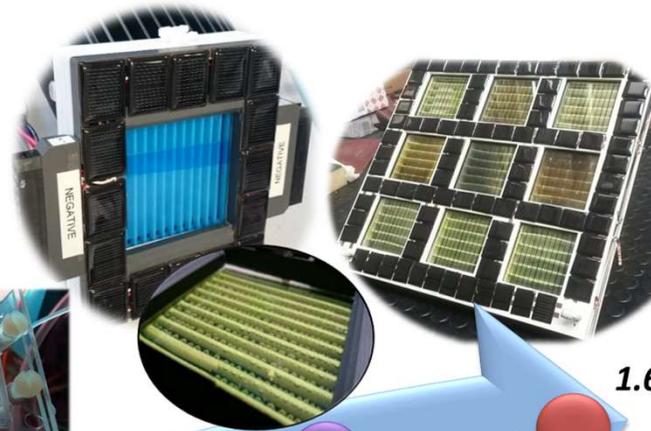
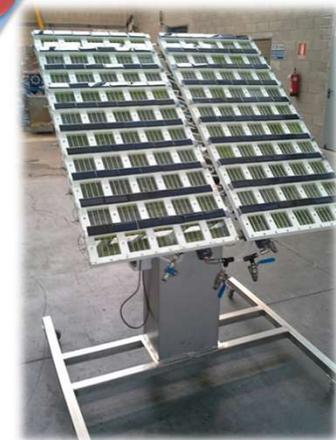


Photo-electrodes and PEM Photo-electrolyzer scale-up

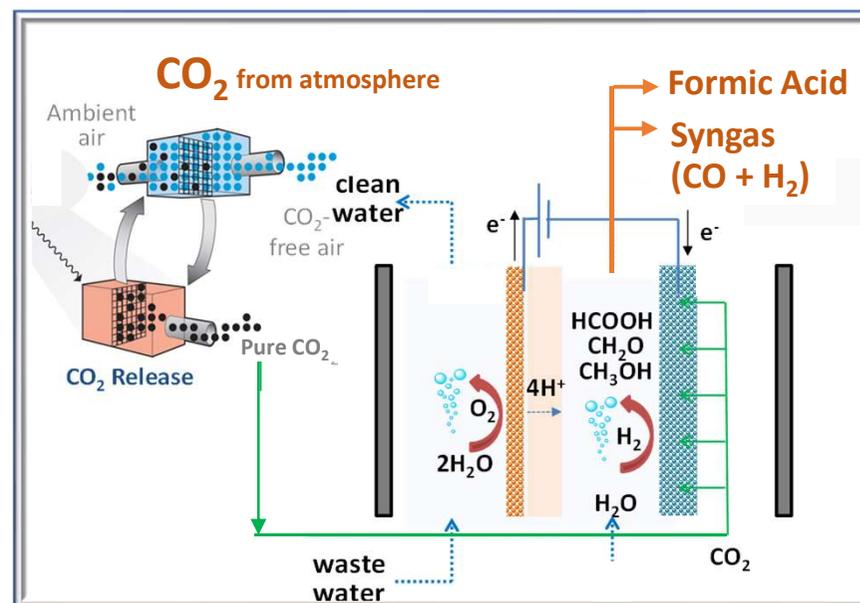
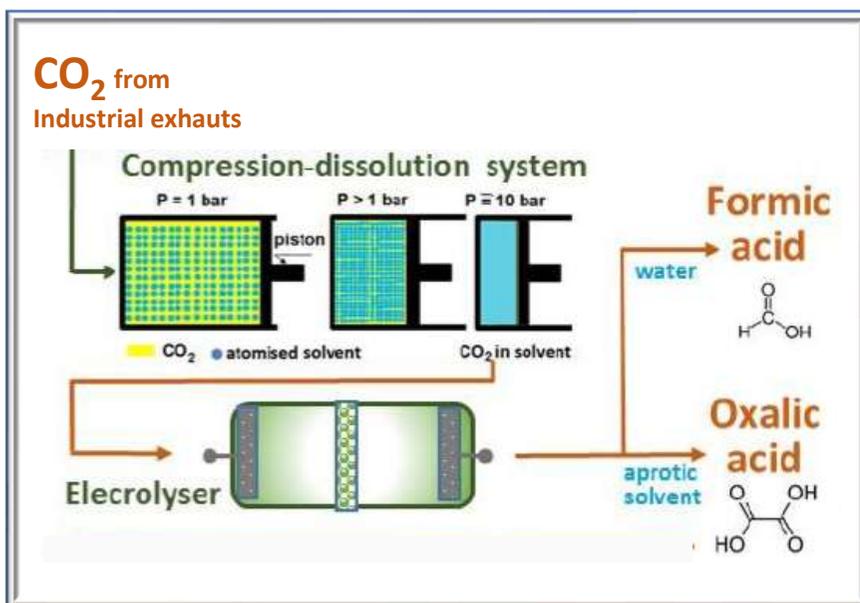


The Artificial Leaf...

Processi foto/elettro-catalitici per:

conversione di CO₂, produzione di combustibili e chemicals

Nuove tecnologie per la conversione della CO₂ atmosferica o in scarichi industriali



ReCO₂de



Processi biotecnologici per: biopolimeri, metano, bio H₂, metanolo & acido lattico

Sintesi di **bioplastica (PHA)** da flussi di CO₂ o CO tramite popolazioni pure (*Ralstonia eutropha* o *Rodospirillum rubrum*)

Conversione di CO₂ ad acido lattico con *Synechocystis*.

L'acido lattico, precursore della plastica è attualmente prodotto da mais e canna da zucchero, e compete quindi con l'uso della terra a scopo agroalimentare

Biometano (da CO₂ e H₂) e metanolo (da CH₄ e aria) da popolazioni pure e miste

Biogas e bioH₂ da digestione anaerobica



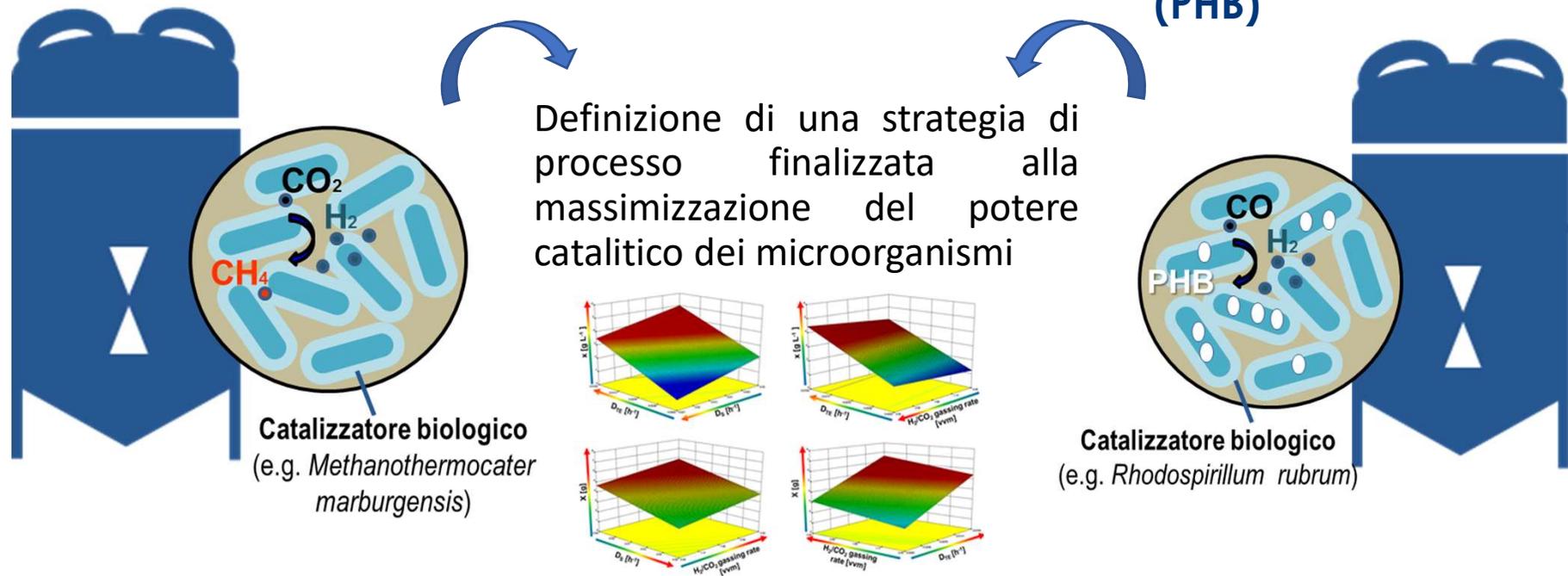
Applicazione della CO₂ e CO in sistemi biologici

L'abilità naturale di microrganismi selezionati (Archaea e Bacteria) di formare un prodotto di valore (biometano, bioplastica), è alla base dei processi 1 e 2 .

La possibilità di adattare questi microrganismi attraverso uno stress ambientale o manipolando la loro genetica aumenta lo spettro delle applicazioni in campo industriale.

1) Produzione di metano (CH₄)

2) Produzione di poliidrossibutirrato (PHB)



1) Abdel Azim, A. et al., 2017. The physiology of trace elements in biological methane production. *Bioresour. Technol.*

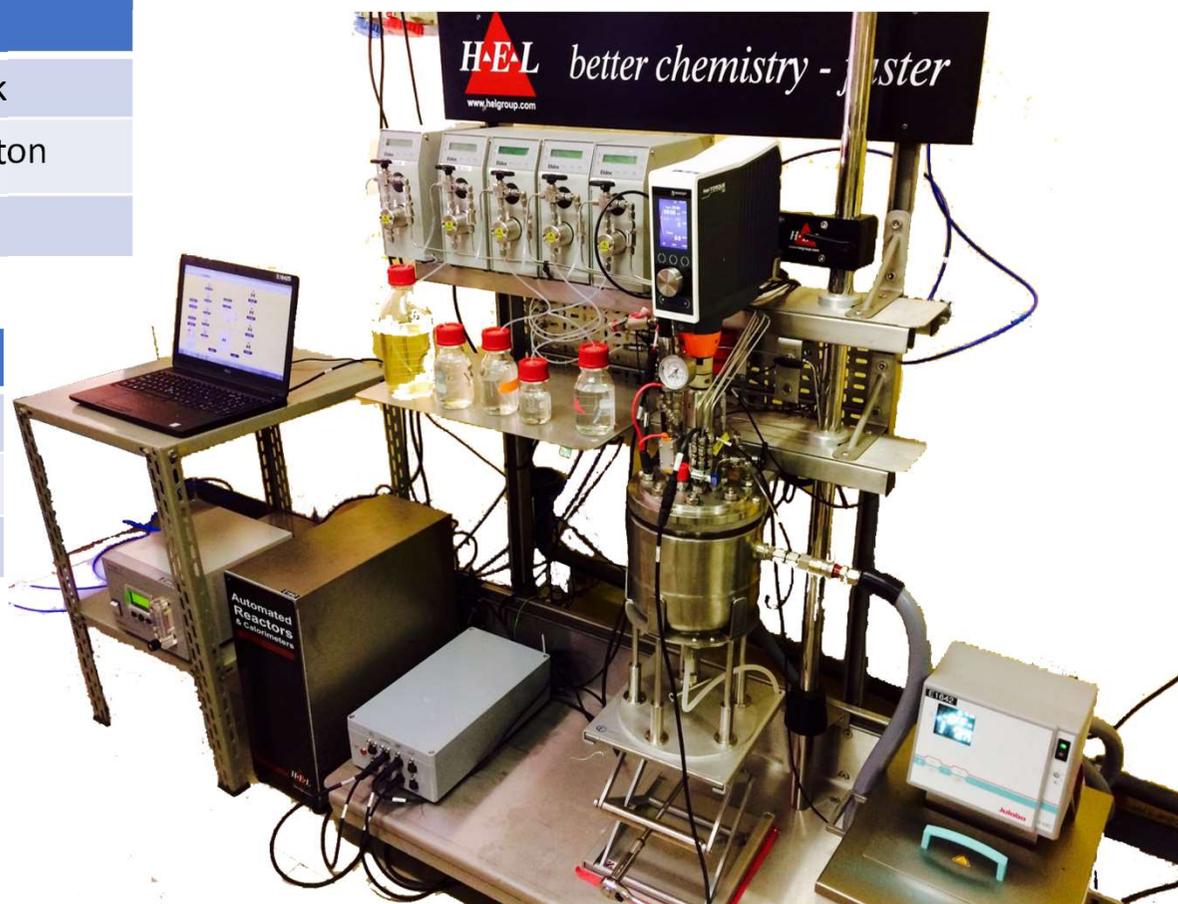
2) Godoy MS, Mongili B, Fino D, Prieto MA; 2017. About how to capture and exploit the CO₂ surplus that nature, per se, is not capable of fixing. .

Processi biotecnologici: facilities

Bioreattore a pressione: 10 bar

Descrizione	Input
Tipo di reattore	Stirrer tank
Tipo di agitazione	Turbina Rushton
N di giranti	2

Dimensioni	
Diametro reattore	126 mm
Altezza	202 mm
Volume totale	2 L



Processi biotecnologici: facilities

Bioreattore a pressione: 4.8 bar

Descrizione	Input
Tipo di reattore	Stirrer tank
Tipo di agitazione	Turbina Rushton a 6 pale
N di giranti	2

Dimensioni	
Diametro reattore	100 mm
Altezza	300 mm
Volume totale	2 L





CREST

Catalytic Reaction
Engineering for
Sustainable Technologies

Argomenti Di Ricerca

Processi di biorefinery

- Produzione di combustibili e chemicals da biomassa ed utilizzando fonti rinnovabili.

Processi chimici e catalitici per l'energia e l'ambiente

- Riutilizzo di rifiuti da processi chimici convenzionali.
- Abbattimento di inquinanti in matrici acquose



Processi sostenibili per l'industria agro-food

Analisi Ciclo Vita (LCA) di nuove tecnologie e chemicals

Riduzione della CO₂ per una economia low-carbon

- Utilizzo della CO₂ come materia prima per la produzione di prodotti ad alto valore aggiunto
- Sviluppo di nuove tecnologie per la riduzione delle emissioni di CO₂
- Valorizzazione di scarti organici per la sintesi di fertilizzanti

Innovazione eco-compatibile nella produzione di alimenti dagli output delle filiere risicole e viti-vinicole

VINO



VINACCE, VINACCIOLI

RISO



PULA, FARINACCIO



farina
bucette
d'uva

vinaccioli

vinaccia

olla
di
Riso

Pula
di
Riso

farinaccio
di
Riso



Estratti da vinaccioli

- ❖ Caratterizzazione nutrizionale degli scarti vegetali per l'ottenimento di estratti e prodotti nutraceutici



Argomenti Di Ricerca

Processi di biorefinery

- Produzione di combustibili e chemicals da biomassa ed utilizzando fonti rinnovabili.

Processi chimici e catalitici per l'energia e l'ambiente

- Riutilizzo di rifiuti da processi chimici convenzionali.
- Abbattimento di inquinanti in matrici acquose

Processi sostenibili per l'industria agro-food

Analisi Ciclo Vita (LCA) di nuove tecnologie e chemicals

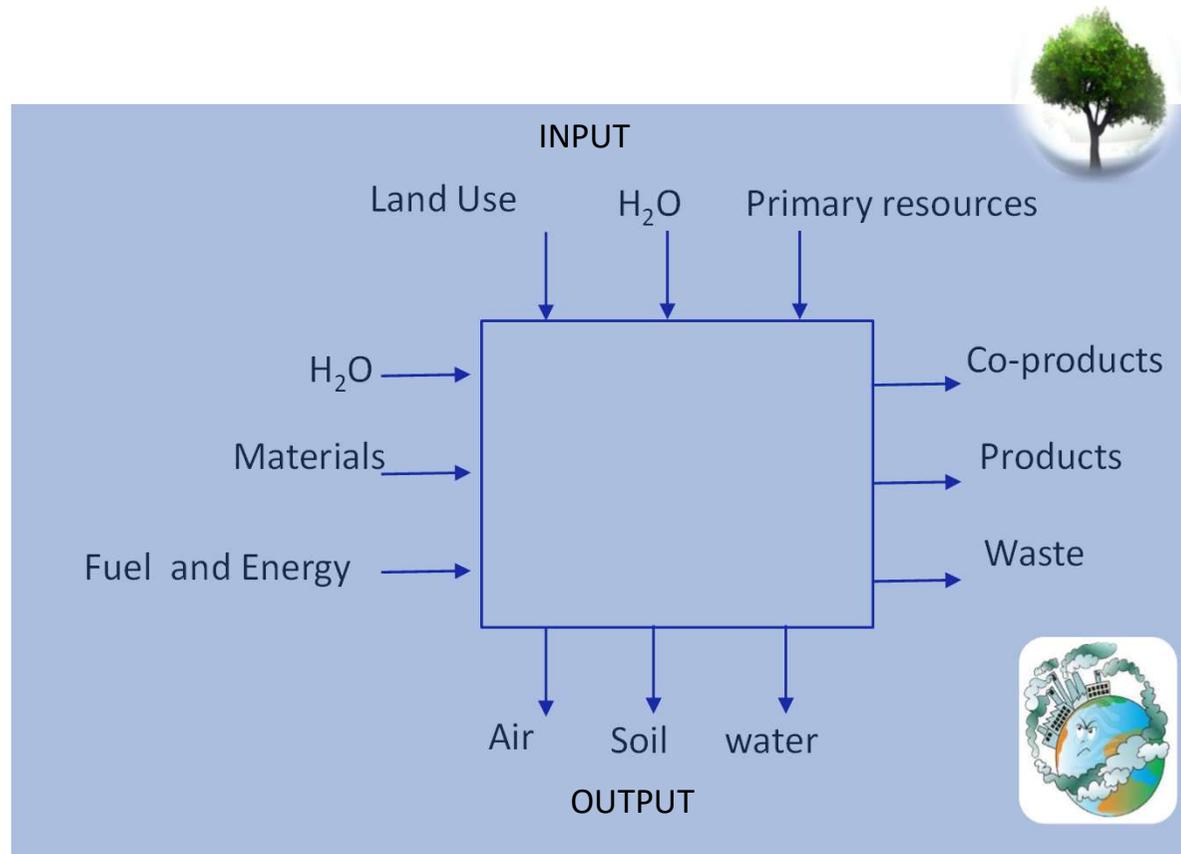
Riduzione della CO₂ per una economia low-carbon

- Utilizzo della CO₂ come materia prima per la produzione di prodotti ad alto valore aggiunto
- Sviluppo di nuove tecnologie per la riduzione delle emissioni di CO₂
- Valorizzazione di scarti organici per la sintesi di fertilizzanti

Sostenibilità: un punto rilevante per le nuove tecnologie e prodotti



Come fare una analisi di sostenibilità



- ❖ Si adoperano database e software specifici come Ecoinvent, SimaPro e Gabi



CREST

Catalytic Reaction
Engineering for
Sustainable Technologies

Argomenti Di Ricerca

Processi di biorefinery

- Produzione di combustibili e chemicals da biomassa ed utilizzando fonti rinnovabili.

Processi chimici e catalitici per l'energia e l'ambiente

- Riutilizzo di rifiuti da processi chimici convenzionali.
- Abbattimento di inquinanti in matrici acquose

Processi sostenibili per l'industria agro-food

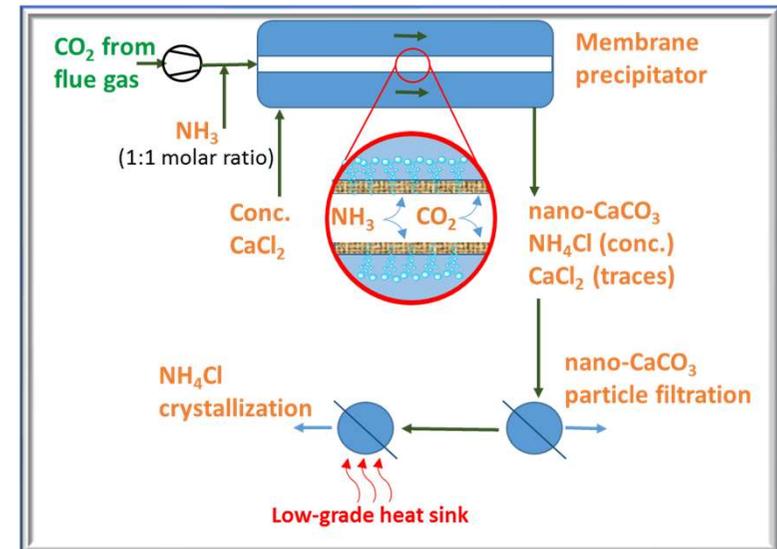
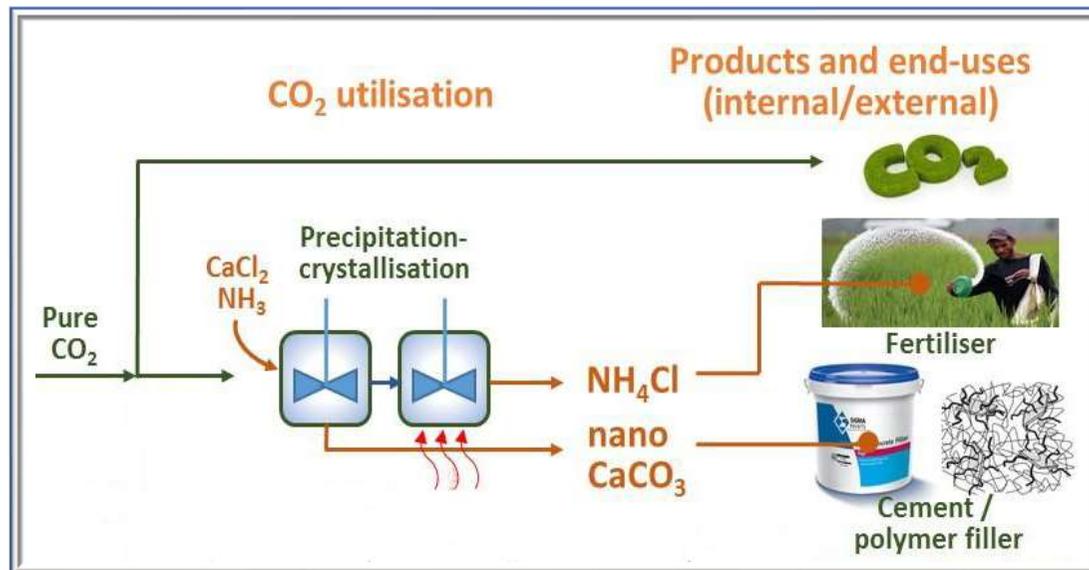
Analisi Ciclo Vita (LCA) di nuove tecnologie e chemicals

Riduzione della CO₂ per una economia low-carbon

- 
- Utilizzo della CO₂ come materia prima per la produzione di prodotti ad alto valore aggiunto
 - Sviluppo di nuove tecnologie per la riduzione delle emissioni di CO₂
 - Valorizzazione di scarti organici per la sintesi di fertilizzanti

Processi chimici per: conversione di CO₂ e produzione di chemicals

Intensificazione di processi chimici per la conversione della CO₂ da scarichi industriali in prodotti ad alto valore aggiunto

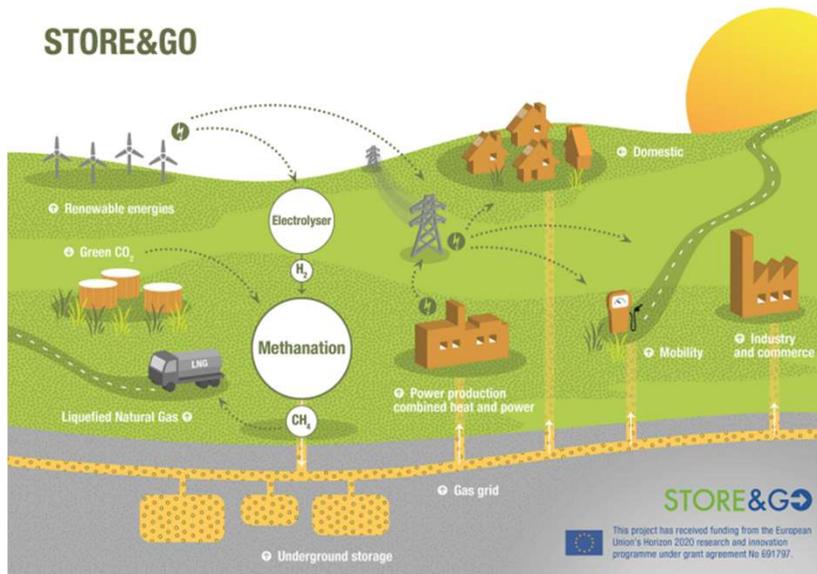


POLITO: know how su reattore di precipitazione e intensificazione di processo



Processi termo-catalitici per la conversione di CO₂ per la produzione di metano rinnovabile liquefatto

Nuove tecnologie per la conversione della CO₂ atmosferica o in scarichi industriali:
Idrogenazione di CO₂ per la produzione di metano liquefatto.



POLITO: know how su sistema catalitico e integrazione di processo

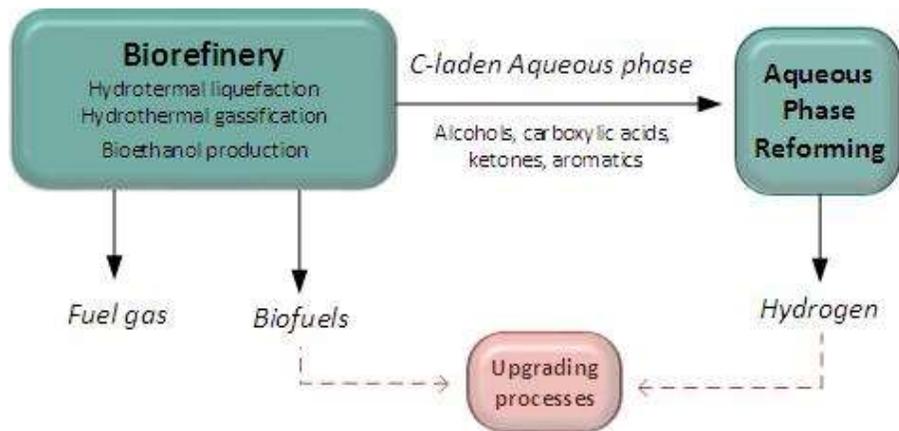


STORE&GO



Processi termo-catalitici per la produzione di idrogeno rinnovabile

Nuove tecnologie per la generazione di idrogeno rinnovabile ed in pressione da soluzione acquose diluite contenenti composti organici residuali



POLITO: know how su sistema catalitico e configurazione reattoristica (in batch e continuo)

From biomass hydrolysis:
C5-C6 sugars and sugar-alcohols

From biomass liquefaction:
Carboxylic acids
Ketones, Aldehydes
Oxygenated aromatics

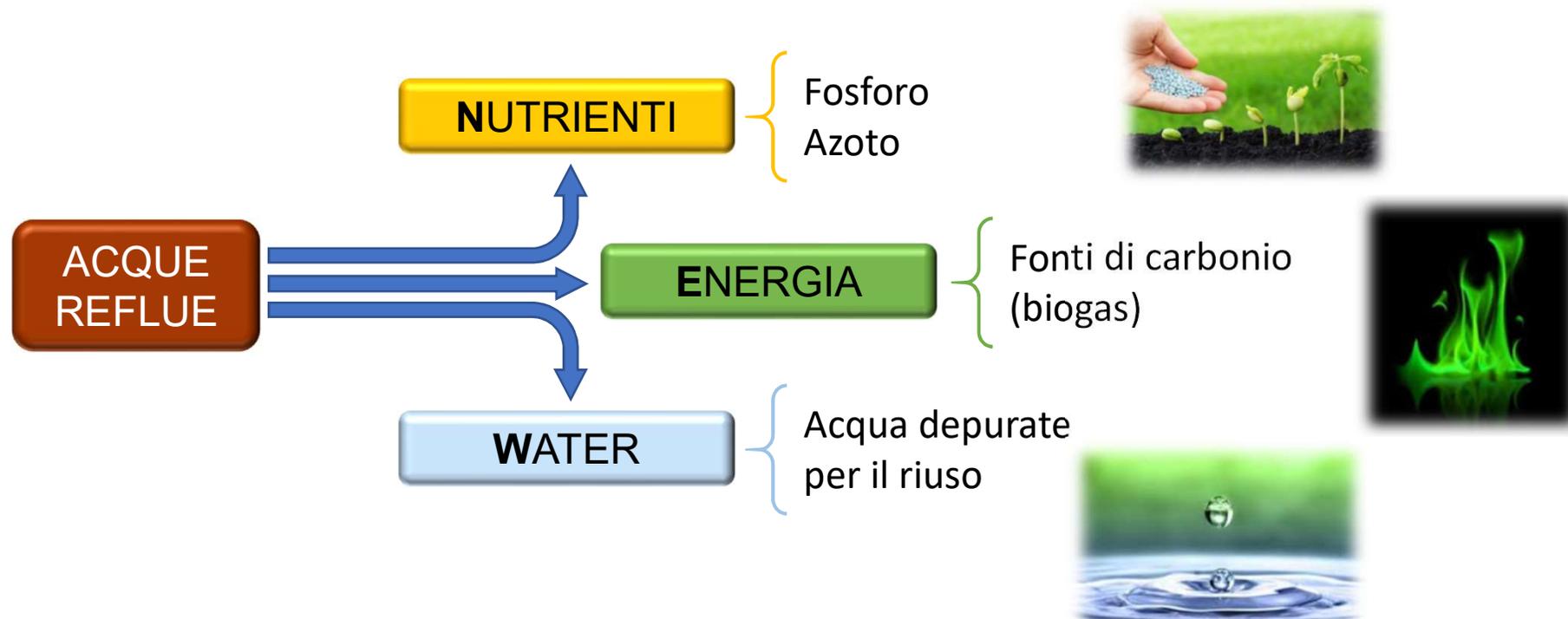


APR

CO_2 H_2 **Alkanes** 23



ACQUE REFLUE COME RISORSA

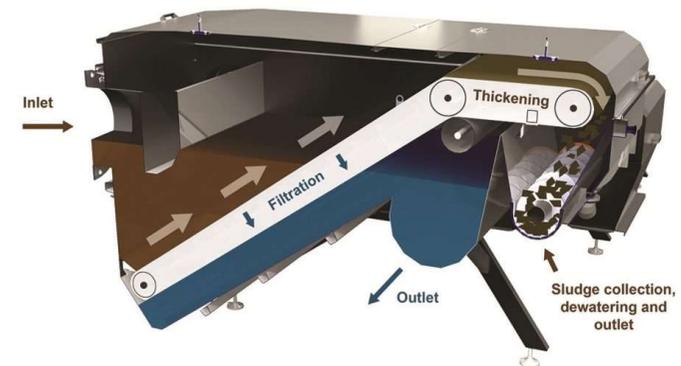
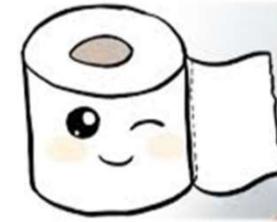


- I **nutrienti** sono impiegabili come **fertilizzanti** o **ammendanti**, e sono recuperabili principalmente tramite:
 - Cristallizzazione controllata della struvite ($MnNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$)
 - Recupero da micro- o macro- alghe
- L'**energia** derivante dalla valorizzazione elettrica e termica della biomassa può essere sfruttata per raggiungere l'**autosufficienza energetica** dell'impianto



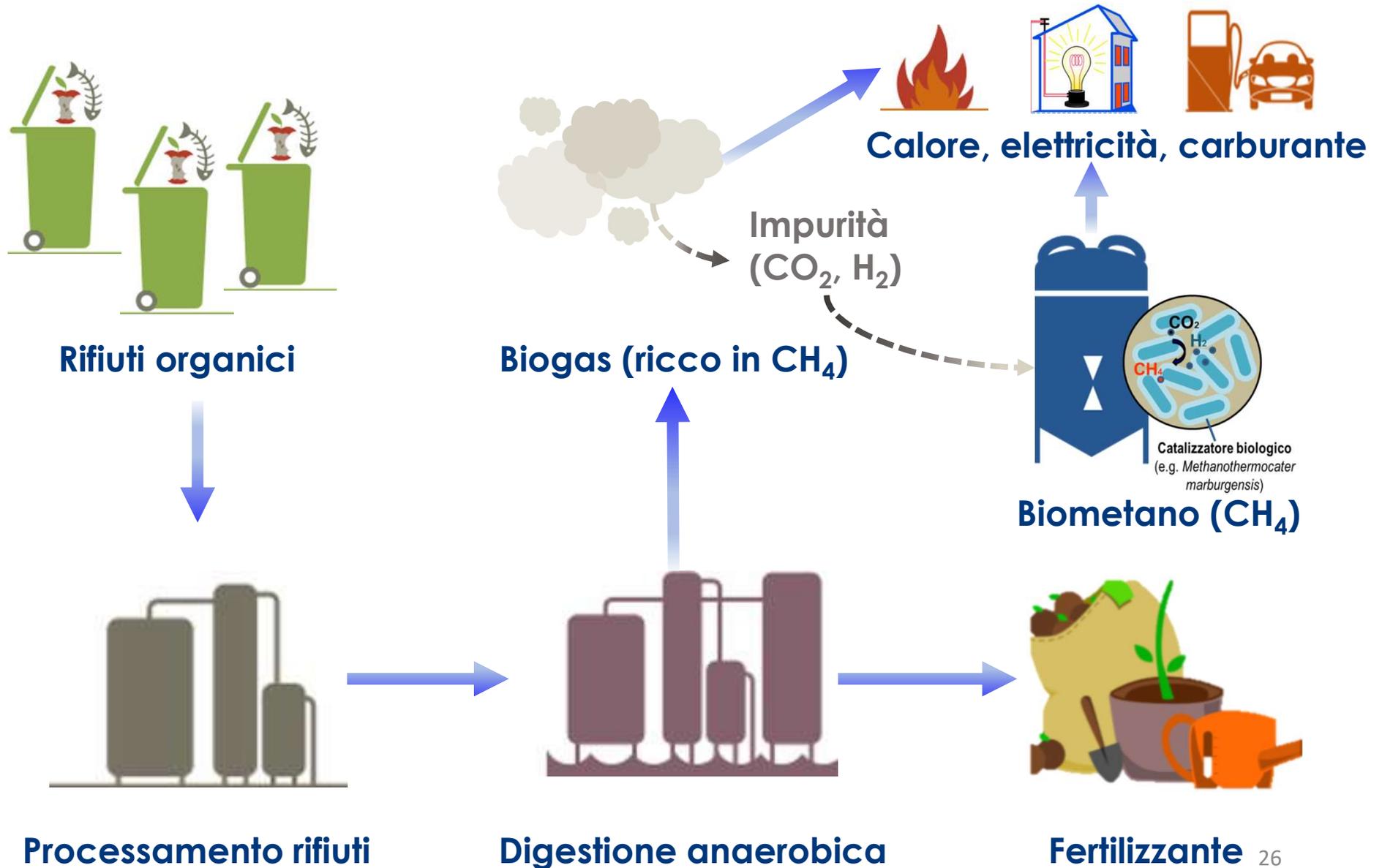
RECUPERO DI CELLULOSA DA ACQUE REFLUE

- **La cellulosa** costituisce il 20-30% del contenuto di acque reflue civili, prevalentemente da carta igienica
- È un composto fondamentale per la sintesi di numerose altre **molecole ad alto valore aggiunto, o intermedi di reazione:**
 - Zuccheri (glucosio, xylitol)
 - HMF (idrossimetil furfurale)
 - Acidi organici (acido lattico)
 - Produzione di bioplastiche
- Il metodo di separazione più utilizzato è la filtrazione delle fibre di cellulosa, attraverso filtri opportunamente dimensionati (dimensione dei pori < 0.35 mm).



Filtro Salsnes per la separazione e l'ispessimento dei fanghi da acque reflue

Biogas e biometano da digestione anaerobica



Smaltimento dei fanghi di depurazione

Management del fango in Italia:

- Discarica **46.4%**
- Compostaggio **34.7%**
- Uso in agricoltura **11.2%**
- Incenerimento **2.3%**
- Altro **5.4%**

Source: ISPRA, 2015

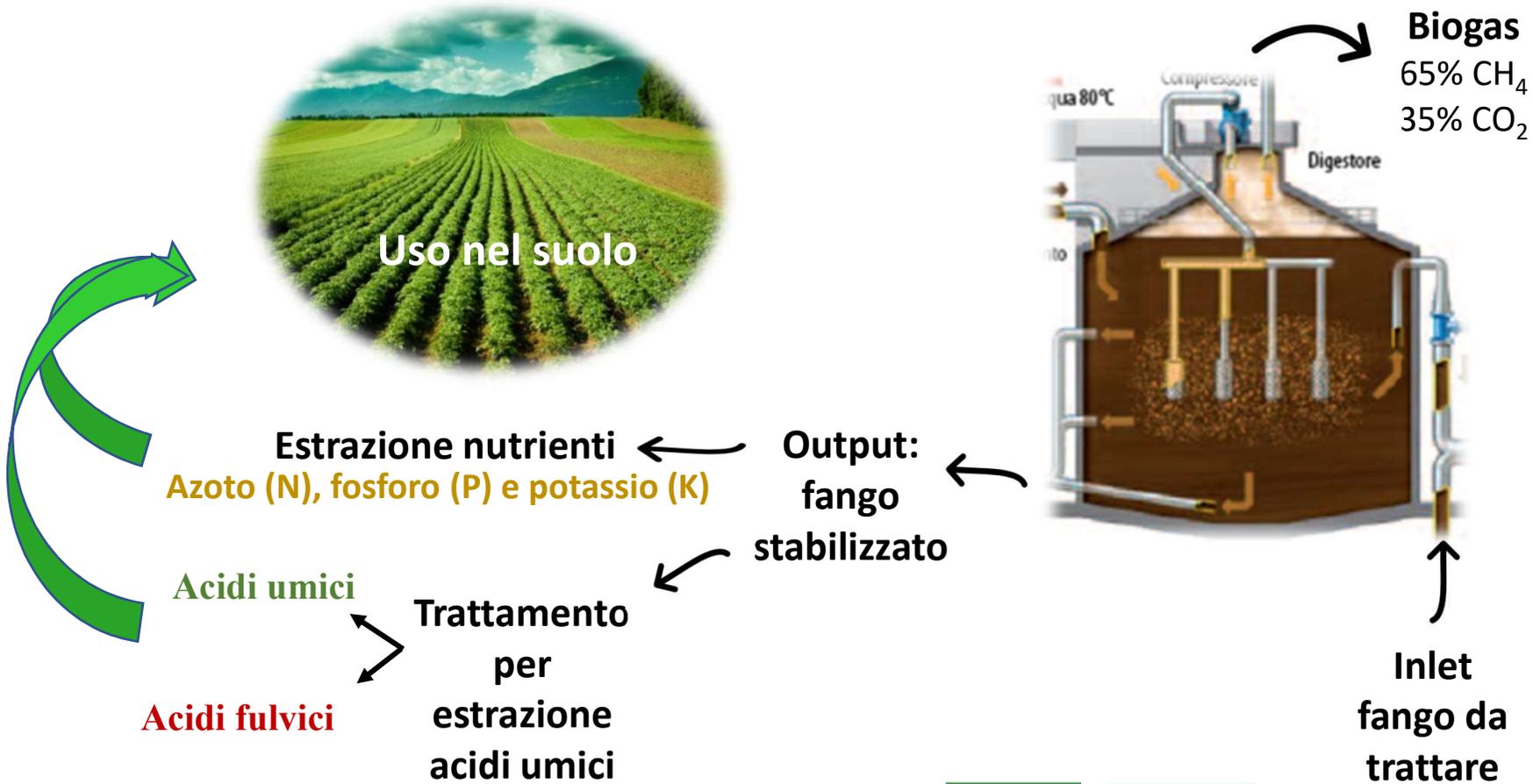




**POLITECNICO
DI TORINO**

Dipartimento
di Scienza Applicata
e Tecnologia

Una opportunità per il fango La digestione anaerobica



Produzione di bio-fertilizzanti e biostimolanti

Scopo: valorizzare la frazione liquida e solida del digestato dei fanghi di depurazione per la produzione di biostimolanti e bio-fertilizzanti per applicazioni agricole, a rilascio controllato.

Come? Trattamenti di estrazione ad-hoc sulla frazione liquida e solida del digestato

➤ **Estrazione acidi umici e fulvici**, tramite estrazione alcalina

(Stevenson, F. J. (1994). Humus chemistry: genesis, composition, reactions. John Wiley & Sons.)

Gli acidi umici e fulvici hanno un ruolo determinante per regolare i processi ecologici relativi alla crescita delle piante e dei microorganismi ed al contempo a stabilizzare la struttura del suolo.

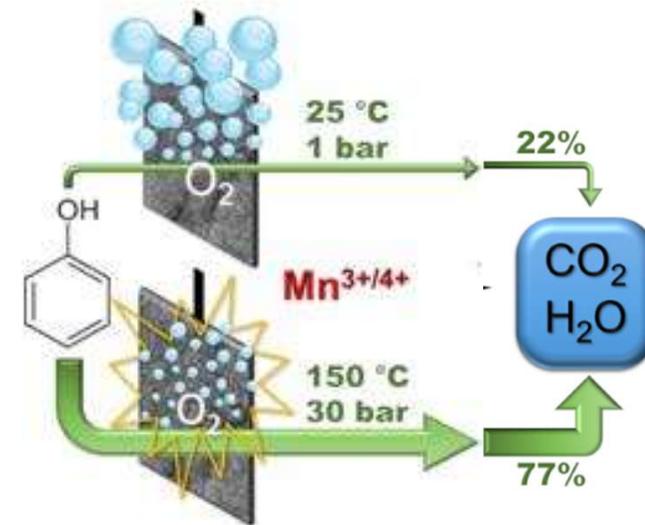
➤ Recupero di nutrienti **Azoto, Fosforo, Potassio e Carbonio** dal digestato



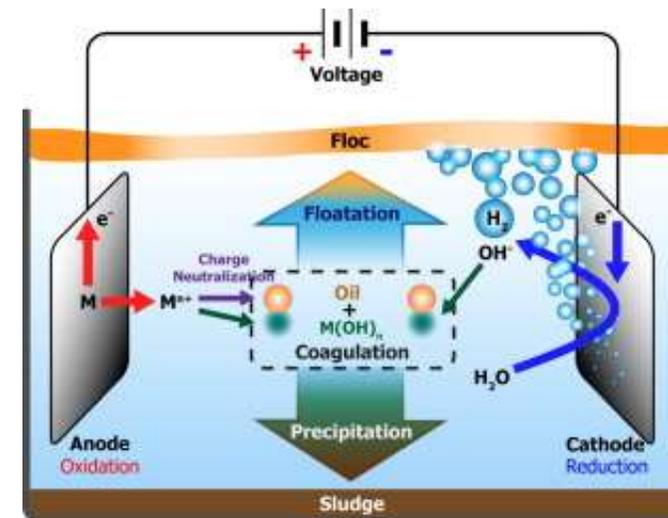


Depurazione elettrochimica

✓ **Elettro-ossidazione** di inquinanti organici non biodegradabili (fenoli) in condizioni standard e ad alte pressioni e temperature



✓ **Elettro-coagulazione** di ioni metallici in soluzione (Cd, As) a livelli di ppb





Economia circolare



Nutrienti, cellulosa, bioplastiche, biometano

