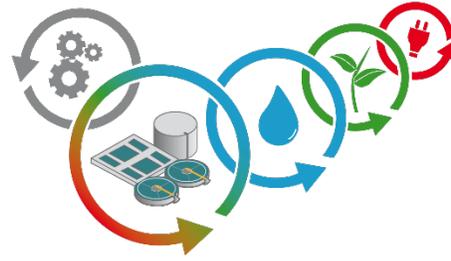




LEAP

FOUNDED IN 2005 BY
POLITECNICO DI MILANO



VALUE CE-IN



Agrosistemi s.r.l.

Meeting conclusivo del 18.01.2022

A3) Valutazione del processo di Liquefazione Idrotermica (HTL) per la conversione di fanghi primari e secondari

Marco Gabba¹ e Federico Viganò^{1,2}

¹ LEAP S.c.a r.l. - ² Dip. di Energia – Politecnico di Milano

Coordinatore



Laboratorio
ENEA
Ambiente

ENEA

Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

Partner



LEAP
Laboratori Energia e Ambiente Piacenza



Progetto co-finanziato nell'ambito del POR FESR 2014-2020 della Regione Emilia Romagna e dal Fondo per lo Sviluppo e la Coesione



FSC
Fondo per lo Sviluppo
e la Coesione



Regione Emilia-Romagna

Attività LEAP

Dopo l'iniziale focus sulla tecnologia HTL, l'attività è stata quasi da subito riorientata allo studio del più promettente HTD: «Hydro-Thermal De-watering»

HTL

- Hydro-Thermal Liquefaction
- Sbocco commerciale per i prodotti ⚠️

HTC

- Hydro-Thermal Carbonisation
- Sbocco commerciale per i prodotti ⚠️

HTD

- Hydro-Thermal De-watering
- Potenziale di recupero energetico 🤔

Collaborazione LEAP - Agrosistemi



LEAP
FOUNDED IN 2005 BY
POLITECNICO DI MILANO



Agrosistemi s.r.l.

Il processo HTD: Hydro-Thermal De-watering

- Riscaldamento dei fanghi a 200 – 230 °C per un tempo di residenza limitato (20 – 30 minuti)
- Richiede pressioni limitate per evitare l'evaporazione (25-30 bar)
- Comporta una significativa modifica delle proprietà reologiche dei fanghi → la successiva disidratazione meccanica diviene più efficace
- Da fanghi al 25 %ss , l'HTD consente di raggiungere circa il 60 %ss mediante filtro-pressatura (dipende principalmente dal ciclo di filtro-pressatura adottato)
- Richiede disponibilità di energia termica a media temperatura (230 – 260 °C) che è, tuttavia, resa disponibile a bassa temperatura (circa 60 °C) a valle del processo
- Può utilizzare coadiuvanti chimici (e.g. ClCO_3 , H_2SO_4) a perdere che, in certi casi, aumentano l'efficacia del processo
- Sono state individuate condizioni ottimali sia per il processo HTD che per la successiva filtro-pressatura che consentono di raggiungere circa il 60 %ss con tutte le tipologie di fanghi, senza l'impiego di coadiuvanti chimici

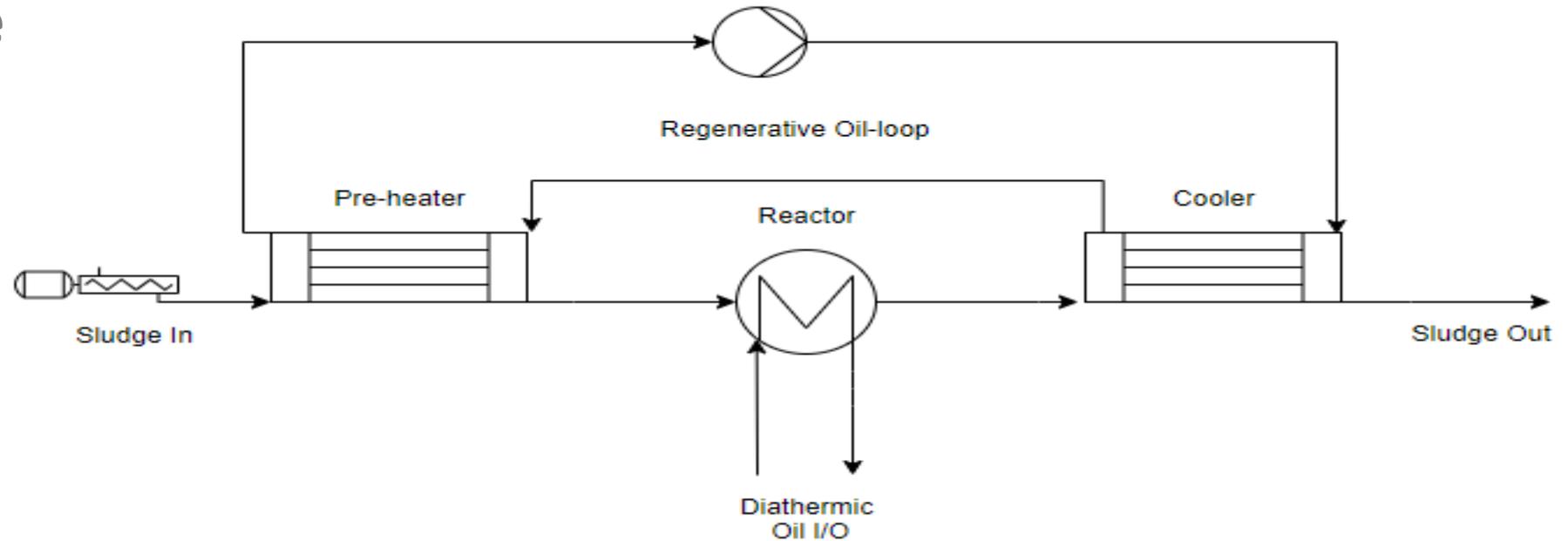
L'impianto pilota HTD

- Entrato in funzione a marzo 2020
- Introdotte diverse modifiche per raggiungere la piena funzionalità
- Estesamente utilizzato per ricercare le condizioni operative in grado di conseguire prestazioni ottimali
- Il pilota è in grado di trattare fanghi in ingresso al 7,5-15%ss
- Sono stati individuati gli accorgimenti necessari per consentire l'alimentazione con fanghi al 25%ss
- Raggiunto e superato un livello di disidratazione dei fanghi trattati a valle della filtro-pressa del 60%ss
- Cake idoneo al mono-incenerimento o co-incenerimento



Struttura concettuale del processo HTD

- La struttura dell'impianto pilota con alcuni accorgimenti ingegneristici (non mostrati in figura) può essere replicata anche a scala industriale
- Le prestazioni conseguibili permettono una semplice ed efficace integrazione del processo HTD con le tecnologie convenzionali

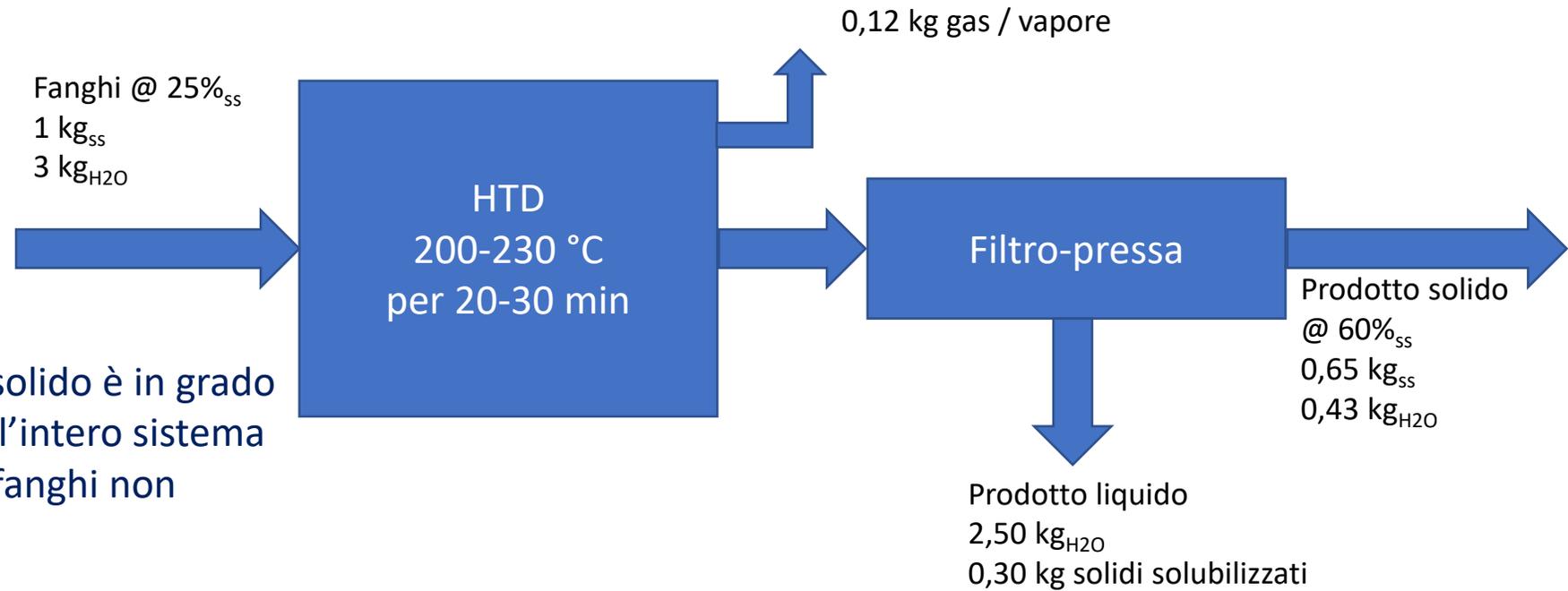


➔ **Naturale potenziale di integrazione nella filiera dell'incenerimento fanghi**

Bilancio di massa e dell'energia dell'impianto pilota HTD

Le rese del processo possono variare in funzione di:

- Caratteristiche dei fanghi trattati
- Eventuali coadiuvanti aggiunti (e.g. ClCO_3 , H_2SO_4)



L'incenerimento del prodotto solido è in grado di sostenere energeticamente l'intero sistema nel caso di alimentazione con fanghi non digeriti

Nel caso di alimentazione con fanghi digeriti è necessario un input termico che può provenire dal recupero sui fumi dei motori alimentati a biogas

Upscaling concettuale del processo a livello industriale

- Riferimento alla realtà di grandi depuratori urbani (8.000 t_{SS}/a)
- Valutazione delle superfici di scambio termico richieste per il riscaldamento, mantenimento e raffreddamento del fango processato
- Ingegneria preliminare del sistema di integrazione termica con i circuiti dei fluidi termovettori
- Valutazione del fabbisogno termico (trade-off area di scambio – consumo energetico)
- Valutazione del fabbisogno elettrico per i vari ausiliari (pompa fanghi, pompe di circolazione fluidi termovettori, etc.)
- Refluo liquido dalla filtro-pressatura inviabile a digestione anaerobica, quando presente in impianto.
- Alternativamente, il refluo liquido (previa verifica del livello di degradazione della sostanza organica contenuta) potrebbe essere utilizzato quale agente riducente del potenziale redox in vasche di ritenzione anaerobica

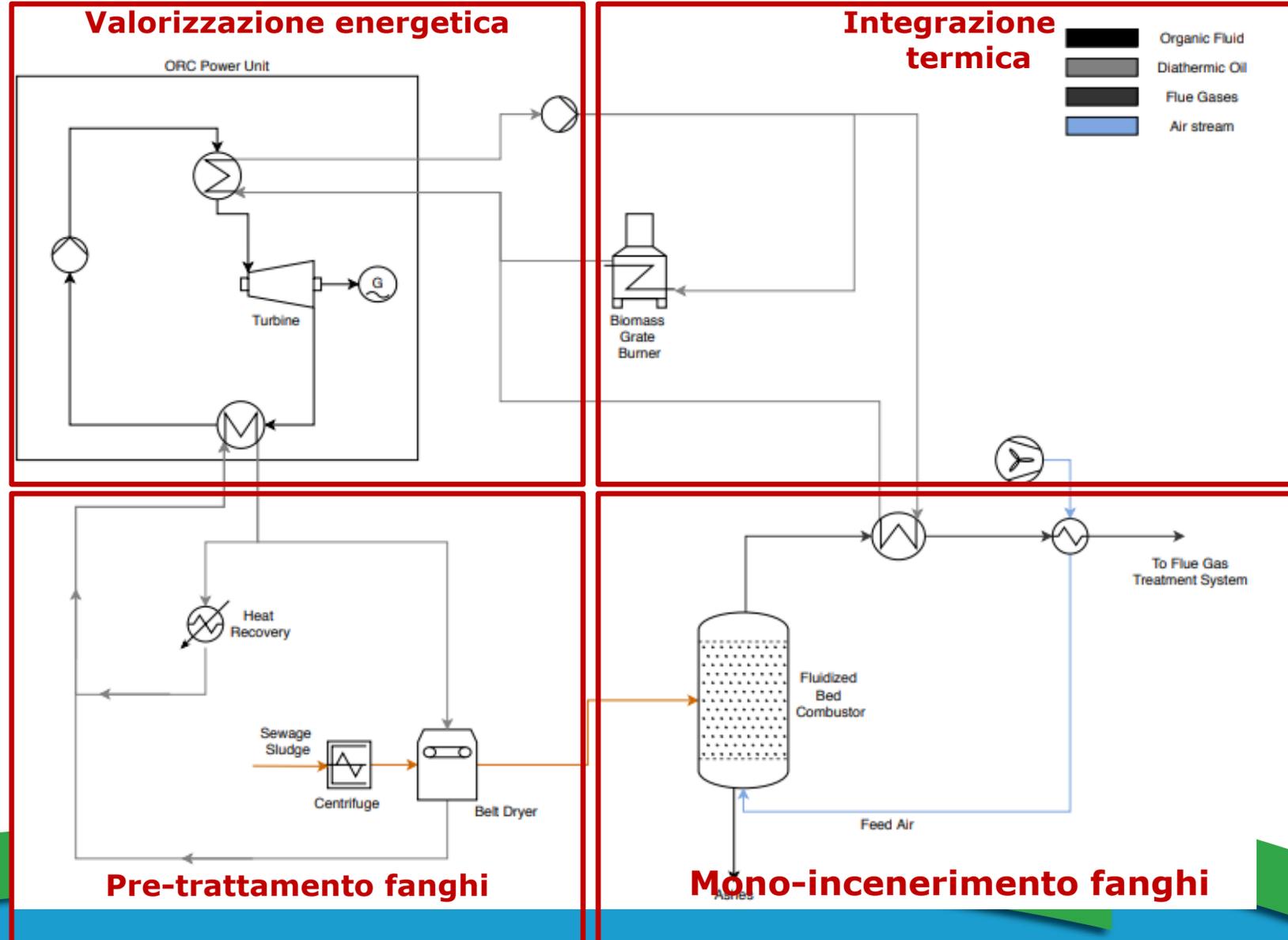
Valutazione del potenziale HTD nella filiera dell'incenerimento fanghi

Condotta una analisi comparativa che ha considerato:

- Sistema «reference»:
 - Fanghi centrifugati sino al 25 %ss
 - Essiccamento a film sottile (fonte energetica: gas naturale) sino al 90 %ss
 - Smaltimento a 120 €/t (verso cementifici)
- Sistema «benchmark» per l'essiccamento e il successivo mono-incenerimento in letto fluido:
 - Fanghi centrifugati sino al 25 %ss
 - Successiva essiccazione mediante belt dryer fino al 70-80 %ss
 - Caldaia a biomassa per integrazione energetica
 - Ciclo ORC per cogenerazione di elettricità e del calore richiesto dal belt dryer
- Sistema «innovativo» con HTD-filtro-pressatura e successivo mono-incenerimento in letto fluido:
 - Fanghi centrifugati sino al 25 %ss
 - HTD + filtro-pressa sino al 60 %ss
 - Incenerimento in letto fluido

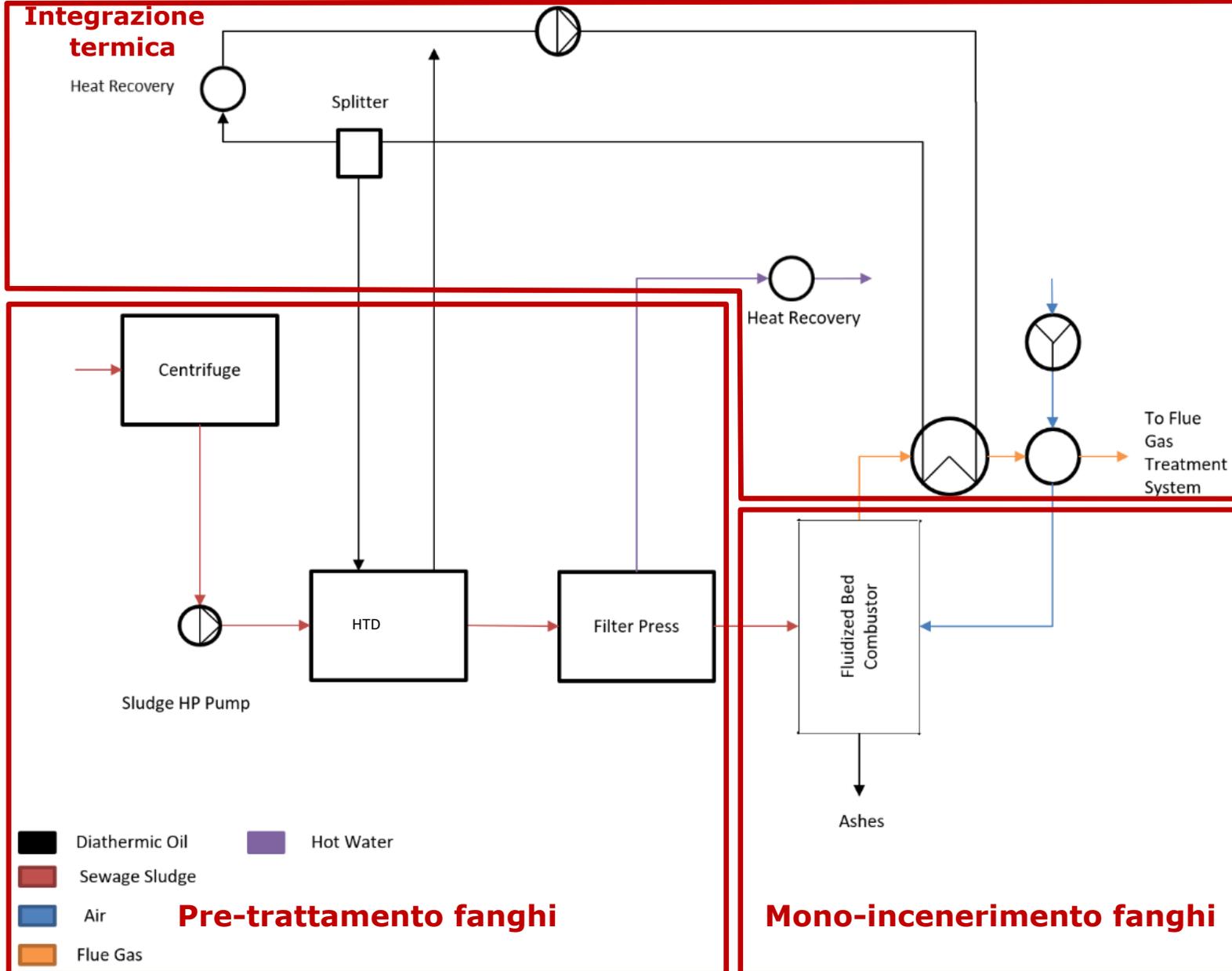
Sistema «benchmark»

- Motore ORC allo scopo di co-generare ad elevata efficienza il l'energia termica necessaria per essiccare i fanghi sino a un livello compatibile con il successivo mono-incenerimento in letto fluido
- Belt dryer allo scopo di condurre l'essiccamento utilizzando energia termica a medio-bassa temperatura, efficientemente co-generabile dal motore ORC
- Caldaia a biomassa necessaria per la chiusura del bilancio dell'energia (l'energia elettrica prodotta dall'ORC corrisponde circa all'input energetico di biomassa)



Sistema «innovativo»

- «Bilanciato» energeticamente per rendere il layout estremamente semplice ed economicamente competitivo
- Nessuna necessità d'essiccamento termico, ma solo processi di disidratazione meccanica
- Moderato recupero termico a bassa temperatura sia attraverso un fluido termovettore, sia attraverso il refluo liquido del processo (a circa 60 °C)

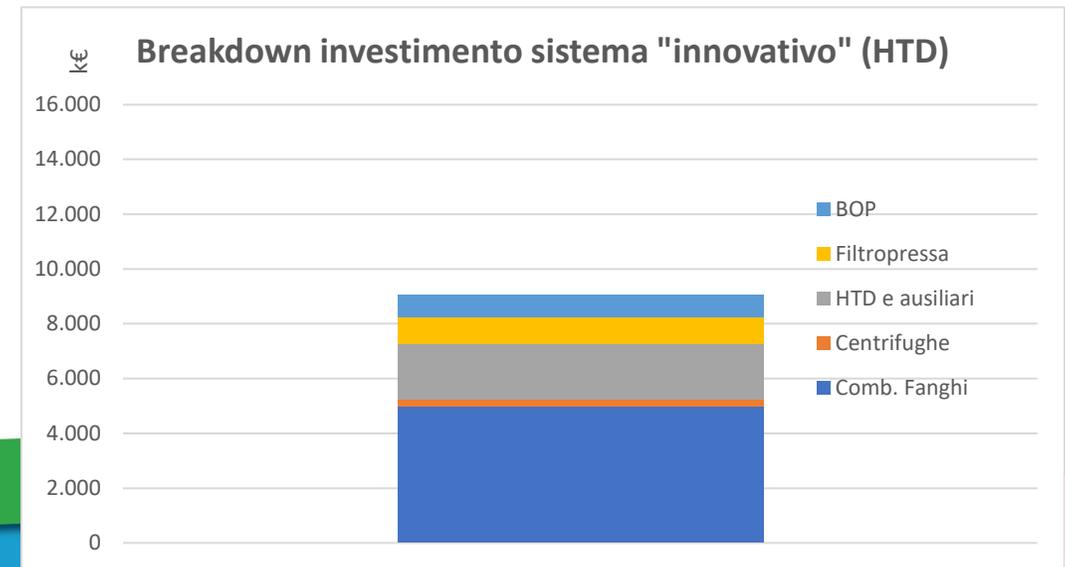
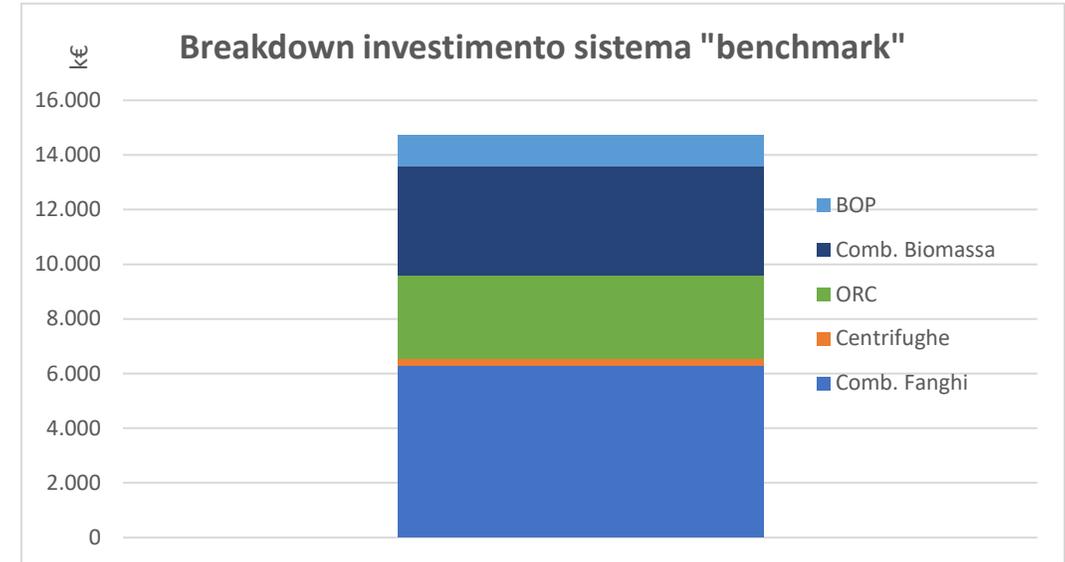


Metodologia «bottom-up» di analisi economico-finanziaria

- I costi d'investimento sono stati calcolati sulla base di modelli di costo che considerano l'effetto scala su un parametro di taglia:
 - superficie per gli scambiatori di calore (anche quelli dell'HTD), il belt dryer e la filtropressa
 - potenza elettrica per le pompe e l'ORC
 - potenza di combustione per la caldaia a biomassa (griglia) e per il combustore dei fanghi (a letto fluido)
 - portata di umidità separata / evaporata per le centrifughe e l'essiccatore a film sottile
- I CAPEX sono ottenuti moltiplicando i costi d'investimento overnight per il Capital Charge Ratio (= 15% - metodo EPRI)
- Gli OPEX discendono dai bilanci di massa e d'energia (che quantificano consumi, etc.) e dalla quota proporzionale ai CAPEX (manutenzione, assicurazione, etc.)

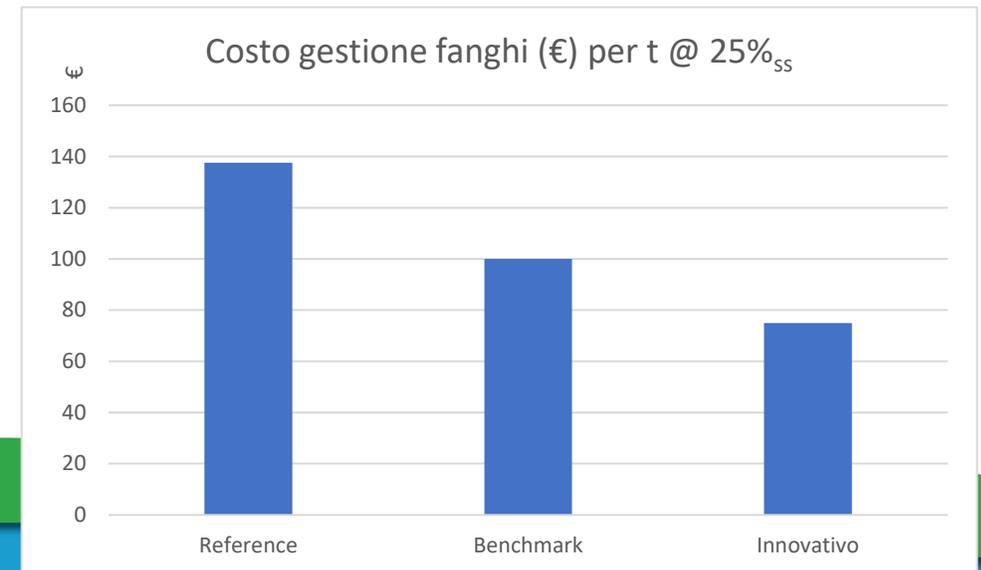
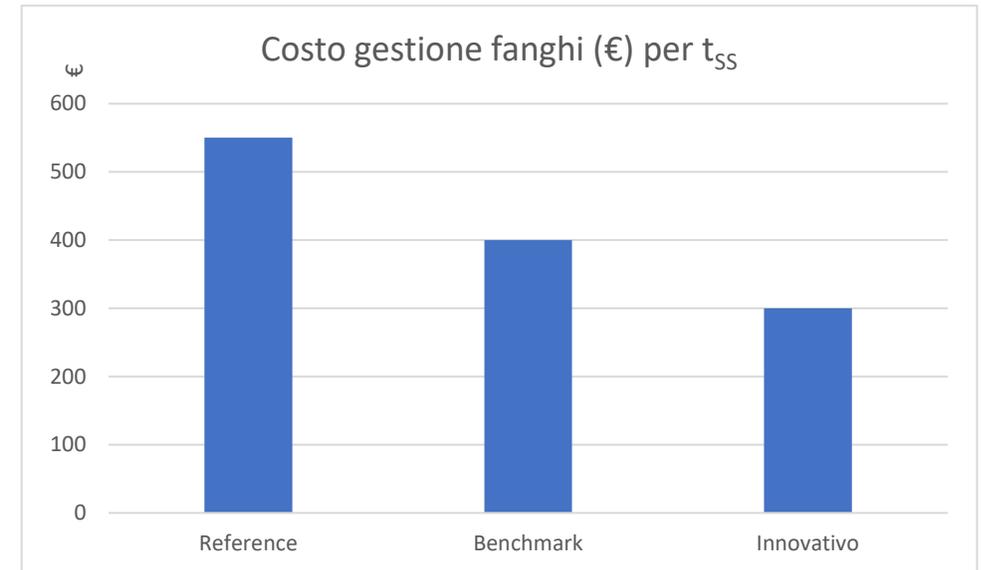
Costi d'investimento

- La complessità impiantistica del sistema «benchmark» porta a elevati costi d'investimento
- A ciò va associato il costo d'acquisto della biomassa, ma vanno scontati i risparmi per il mancato acquisto di elettricità e la mancata produzione di energia termica per altra via
- La semplicità impiantistica del sistema «innovativo» porta a limitati costi d'investimento
- Per entrambi i sistemi non saranno presenti costi di «smaltimento fanghi», poiché gestiti all'interno degli impianti, saranno però presenti costi di «smaltimento ceneri», prodotte dalla combustione dei fanghi



OpEx e costo complessivo di gestione nei diversi sistemi

- Il sistema «reference» include lo «smaltimento» dei fanghi essiccati a film sottile al 90 % ss presso il cementificio @ 120 €/t, nonché il costo d'acquisto del gas naturale per alimentare il sistema
- Gli altri due sistemi includono lo «smaltimento» delle ceneri da combustione dei fanghi @ 150 €/t, nonché la mancata produzione di energia termica @ 35 €/MWh
- Il sistema «benchmark» include anche il risparmio per mancato acquisto di elettricità @ 150 €/MWh, nonché il costo d'acquisto della biomassa @ 70 €/t (50 %_{ss})
- Per il sistema «innovativo» è stata considerata l'alimentazione con fanghi non digeriti



Conclusioni (1 di 2)

- Tra le tecnologie di trattamento idrotermico dei fanghi l'innovativo processo HTD appare alquanto promettente, in particolare nell'ambito della filiera di incenerimento dei fanghi:
 - Rispetto ad HTL, i prodotti appaiono di più immediato e semplice gestione
 - Richiede condizioni di processo più «miti» rispetto ad HTL
 - Presenta produttività specifica più elevate di processi HTC similari grazie ai tempi di processo più limitati (20-30 min di mantenimento, rispetto ad alcune ore)
- La raccolta e l'elaborazione dei dati sull'impianto pilota HTD sviluppato da Agrosistemi ha consentito di valutare rese e peculiarità del processo HTD, alla base della definizione dei bilanci di massa ed energia
- Le prove sperimentali hanno consentito l'individuazione di parametri di processo ottimali, che consentono con la maggior parte dei fanghi di raggiungere a valle della filtro-pressatura livelli di disidratazione del prodotto del 60 %ss
- Il cake così ottenuto è sostanzialmente idoneo al mono-incenerimento e/o al co-incenerimento

Conclusioni (2 di 2)

- Le prestazioni tecnico-economiche della tecnologia HTD finalizzata al pretrattamento fanghi per successivo incenerimento sono state valutate comparativamente considerando:
 - Un sistema «reference» basato su essiccamento a film sottile per successivo «smaltimento» presso cementificio
 - Un sistema «benchmark» che, grazie all'integrazione con una caldaia a biomassa e un motore ORC, presenta una marcata vocazione al «recupero di energia»
- La grande semplicità impiantistica del sistema «innovativo – HTD» porta a costi di investimento significativamente inferiori a quelli associati al complesso sistema «benchmark»
- Il sistema «innovativo – HTD» consegue i minori costi di gestione dei fanghi rispetto agli altri due sistemi considerati, in particolare circa 70 €/t rispetto a circa 100 €/t per il sistema «benchmark» e circa 140 €/t per il sistema «reference» con riferimento a fanghi al 25 %ss



VALorizzazione di acque reflUE e fanghi
in ottica di economia CircolarE e simbiosi INdustriale



Grazie per l'attenzione!



Contatti:

federico.vigano@polimi.it

marco.gabba@polimi.it

