

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Chimica e dei Materiali

***Relazione per la prova finale
«Funzionamento di un impianto di
biometano»***

Tutor universitario: Prof. Roso Martina

Laureando: *Campagnolo Matteo*

Padova, 26/09/2023

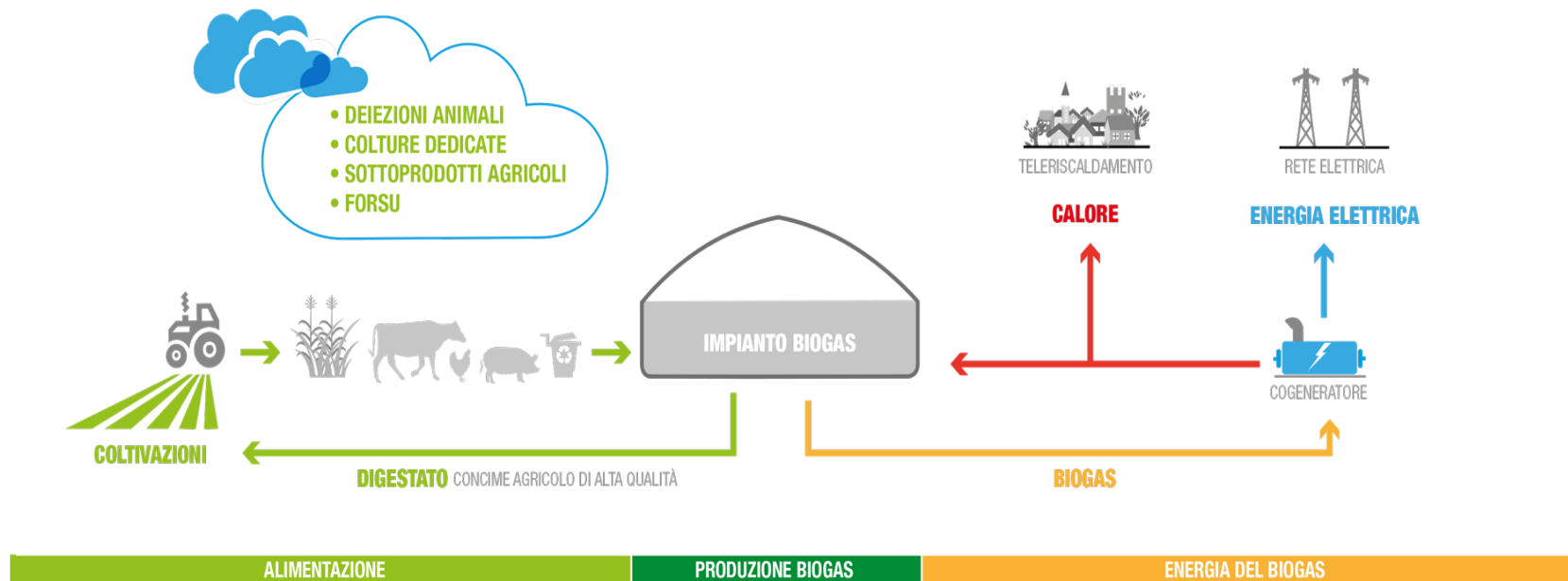
Questo progetto ha come scopo l'analisi del funzionamento di un impianto di biometano.

Gli obiettivi trattati prevedono:

- Il concetto di biomassa
- Come avviene la produzione di biogas tramite la digestione anaerobica
- Come si ottiene il biometano attraverso la raffinazione del biogas
- Analizzare il test BMP per capirne la sua importanza all'interno di un impianto di biogas



Con il termine energie rinnovabili si intendono le forme di energia prodotte da fonti di energia derivanti da particolari risorse naturali che per loro caratteristica intrinseca si rigenerano almeno alla stessa velocità con cui vengono consumate o non sono esauribili nella scala dei tempi di ere geologiche e, per estensione, il cui utilizzo non pregiudica le stesse risorse naturali per le generazioni future.



- La biomassa è qualsiasi materiale organico di origine vegetale o animale che può essere utilizzato come fonte energetica o materia prima per la produzione di energia, calore e sostanze.
- La biomassa viene definita secca quando presenta un contenuto di acqua inferiore al 50% mentre viene definita umida quando presenta un tasso di umidità superiore al 70%.

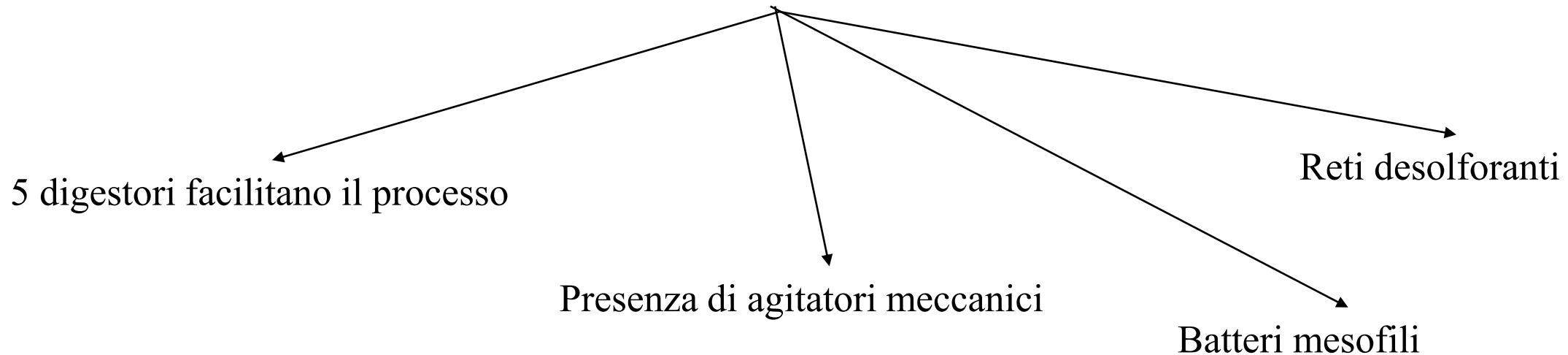


- Effluenti zootecnici o reflui zootecnici sono gli scarti e gli escrementi prodotti dagli animali in attività di zootecnia, ovvero di allevamento di animali a fini agricoli o industriali.
- Il letame viene considerato una biomassa umida → contiene almeno il 70% di acqua e il restante viene definito sostanza secca.
- La sostanza secca nel letame è costituita da una varietà di componenti, tra cui la sostanza organica, i minerali, le fibre e altre sostanze inorganiche.



Il letame dal capannone viene prelevato da un carro ponte e portato all'interno della tramoglia di carico, la quale costituisce il punto di partenza del processo di produzione. Dalla tramoglia viene mandato ad una coclea meccanica che lo trasferisce all'interno dei primi due digestori.

I digestori in tutto sono cinque, rispettivamente Fermentatore1, Fermentatore2, Postfermentatore, Vasca di stoccaggio1 e Vasca di stoccaggio2



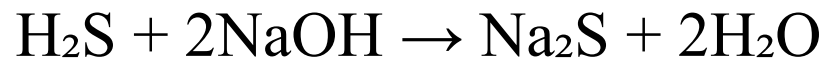
Le 4 fasi della digestione anaerobica sono:

1. **IDROLISI**→I composti organici complessi, come carboidrati, proteine e grassi presenti nel substrato vengono scomposti attraverso reazioni chimiche in molecole più semplici come oligomeri e monomeri
2. **ACIDOGENESI**→I microrganismi acidogenici metabolizzano i composti solubili provenienti dalla precedente fase idrolitica trasformandoli in acidi grassi volatili a catena corta di carbonio con produzione di CO_2 , H_2 , alcoli e chetoni
3. **ACETOGENESI**→Gli acidi organici a catena corta sia gli alcoli sono convertiti principalmente in acido acetico CH_3COOH da parte dei batteri acetogeni e omoacetogeni
4. **METANOGENESI**→Gli acetati infine vengono ulteriormente utilizzati dai batteri metanogeni per essere trasformati in metano. Ciò avviene grazie all'azione di due classi di batteri: acetoclastici e idrogenotrofi.

Il biogas in uscita dai fermentatori contiene circa il 60% di CH₄ e il 40% di CO₂ con tracce di azoto, ossigeno, ammoniaca, idrogeno e acido solfidrico.

Il processo di desolfurazione prevede 3 step:

1. Torre di desolfurazione → Gli ugelli presenti all'interno della torre spruzzano la soluzione alcalina, soda caustica al 30%, all'interno dei corpi di riempimento favorendo la reazione di assorbimento.



2. Vasca di rigenerazione → La soluzione ricca di solfuro di sodio entra all'interno della vasca nella quale si trova l'EC3, un additivo che consente di recuperare buona parte del reagente e convertire il solfuro di sodio in zolfo.
3. Sedimentatore → Il suo ruolo principale è quello di consentire alla soluzione di separarsi dai solidi o dalle particelle più pesanti prima che la soluzione venga reinserita nella torre o nel sistema per il processo di desolfurazione.

Il biogas con concentrazioni prossime ai 150ppm di H₂S è pronto per essere raffinato.

Inizialmente viene deumidificato per rimuovere l'acqua in eccesso e successivamente trasferito all'interno di un **serbatoio di carboni attivi**.

Ridurre concentrazioni di H₂S e
composti organici volatili

Il carbone attivo deve essere sostituito
quando risulta essere saturo

Sfrutta il meccanismo di adsorbimento

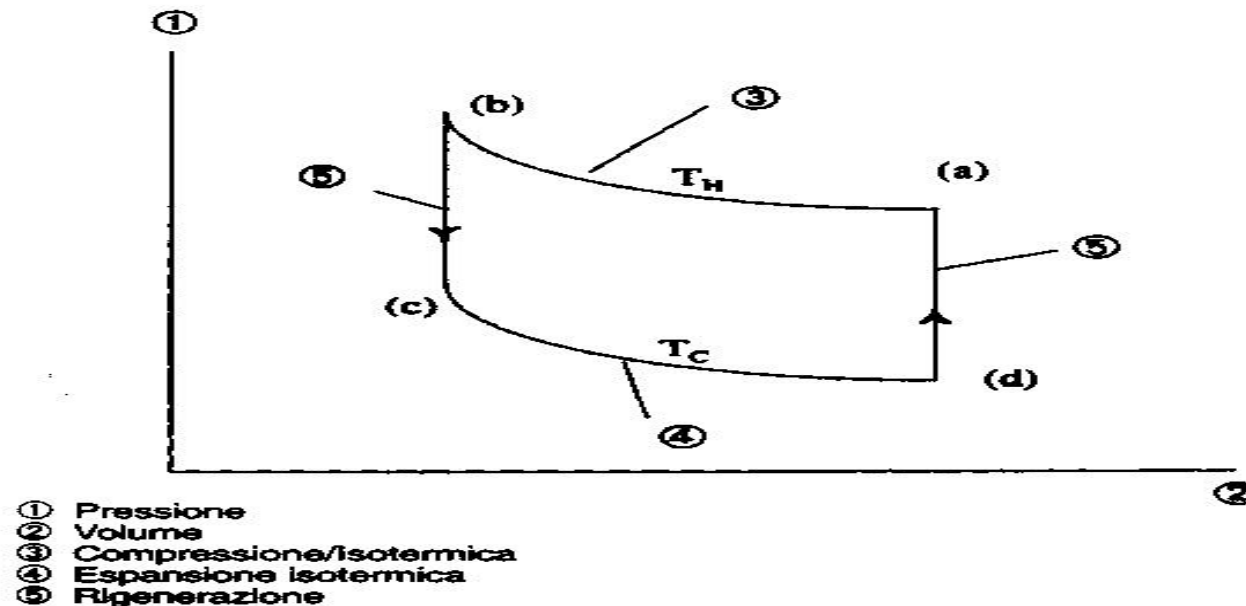
La separazione di metano dall'anidride carbonica avviene in un processo a più stadi tramite la selettività di specifiche membrane.

- Il biogas in entrata alle membrane necessita un pretrattamento adeguato
- La separazione si compie attraverso la differenza di pressione sulla superficie della membrana → le molecole di CO_2 passano attraverso la superficie della membrana al permeato, ovvero il lato bassa pressione, in modo molto più rapido rispetto alle molecole di CH_4 . Lo scarico dalla membrana (il retentato) conterrà principalmente CH_4 questo perché l'anidride carbonica è stata spinta attraverso la superficie della membrana.
- Utilizzando un sistema multimembrana riusciamo ad ottenere biogas con concentrazioni di metano che si aggirano intorno al 98/99%.

Prima di essere liquefatto il biogas viene ulteriormente trattato tramite la tecnologia TSA, grazie alla quale viene ulteriormente ridotta la concentrazione di CO₂ e acqua così da ottenere un biometano ancora più puro.

Il biometano viene raffreddato alla temperatura di -150°C grazie alla tecnologia Stirling Cryogenics che sfrutta il ciclo di Stirling inverso, il quale utilizza l'elio come fluido refrigerante.

Figura 9a.
Rappresentazione di un ciclo Stirling in un diagramma P, V.



Il test BMP (Biochemical Methane Potential) è un metodo utilizzato per valutare la capacità di un substrato biodegradabile di produrre metano in un processo di digestione anaerobica.

Il test prevede i seguenti passaggi:

1. Raccolta di un campione di letame, il nostro substrato biodegradabile, il quale viene pesato e omogeneizzato
2. Il substrato viene messo all'interno di flaconi di reazione assieme ad un inoculo di batteri di digestione
3. I flaconi vengono posizionati in un ambiente controllato per alcune settimane alla temperatura di circa 38°C
4. Durante il periodo di incubazione si misura periodicamente la quantità di metano prodotto dal campione grazie all'utilizzo di strumenti come gas cromatografi o analizzatori di gas.

Il biogas rappresenta un'alternativa efficiente e sana che sta prendendo sempre più piede nel corso degli anni.

Ho avuto l'occasione di seguire da vicino come si lavora all'interno dell'impianto più grande in Europa per la produzione di biometano e ho potuto constatare sia la grandezza e la complessità di tale struttura sia allo stesso tempo di come in realtà si possa andare ancora più in fondo per innovare e migliorare al fine di realizzare impianti sempre più ecosostenibili in termini di costi, produzione e emissioni.

