

Università degli Studi di Napoli “Federico II”



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

Collegio degli Studi di Ingegneria

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

Corso di Laurea in Ingegneria per l’Ambiente ed il Territorio

Tesi di Laurea

Biometano: produzione, utilizzo ed incentivazione

Relatore :
Ch. mo Prof.
Francesco Pirozzi
Correlatore
Ing. Antonio Panico

Candidata:
Gerardina Arco
Matricola:
N49000365

Anno Accademico 2014/2015

Cos'è il biometano ?



Il termine **Biometano** si riferisce ad un **biogas** che ha subito un processo di raffinazione per arrivare ad una concentrazione di metano del 95%.

Il **biogas** è costituito per oltre il 98% in volume da

Anidride Carbonica (CO₂) - 38%

Metano (CH₄) - 60%

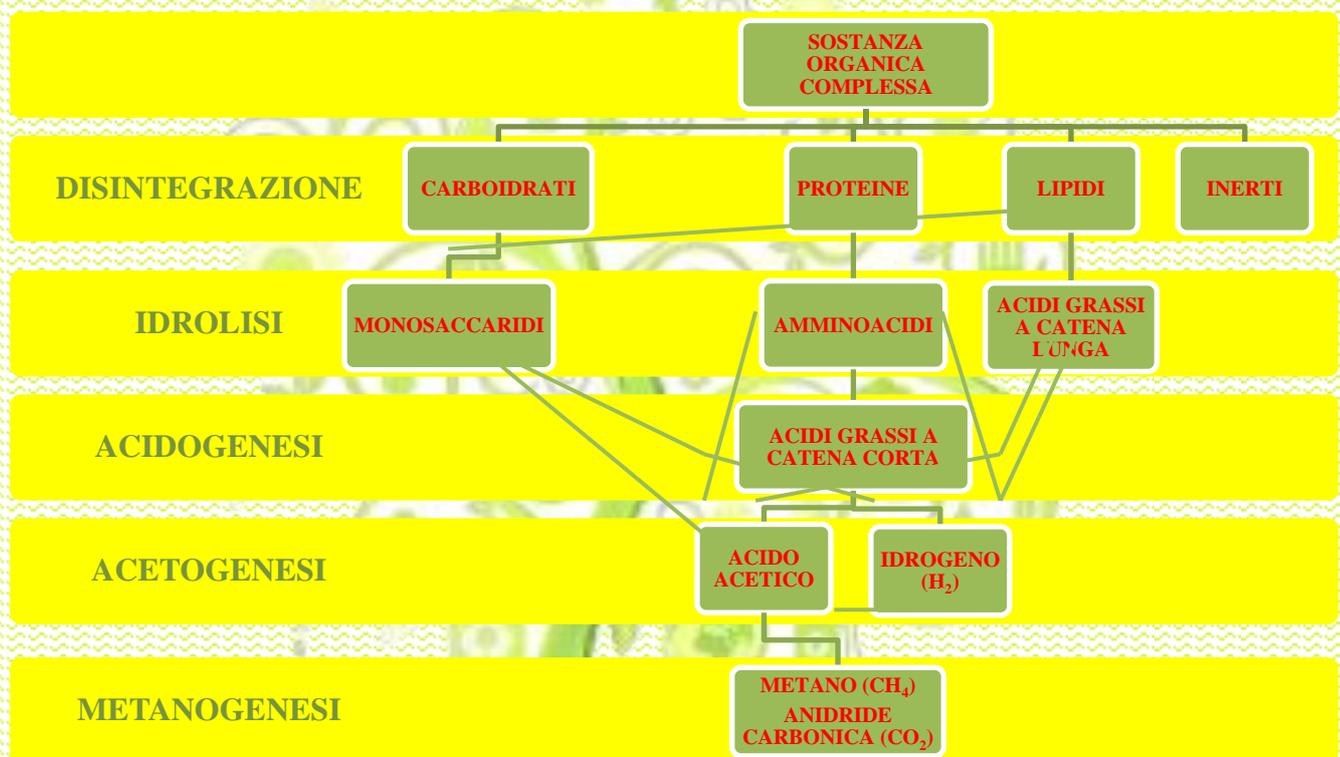
Il vantaggio di tale processo è la produzione finale di una **fonte rinnovabile di energia** sotto forma di un gas combustibile con elevato **POTERE CALORIFICO**.

Combustibile	p.c.i. (kcal/kg - kcal/m ³)
gas di petrolio liquefatti	11000
benzina per auto	10500
combustibile per aerei	10400
gasolio	10200
petrolio grezzo	10000
olio combustibile	9800
litantrace	6800 - 9000
antracite	8000 - 8500
gas naturale	8300
carbone di legna	7500
coke	7000
lignite	4000 - 6200
Biogas	4000 - 4500
torba	3000 - 4500
gas tecnico di cokeria	4300
legna da ardere	2500 - 4500
gas tecnico di altoforno	900

Principi della Digestione Anaerobica

La DA è un processo biologico attraverso il quale in assenza di ossigeno diverse tipologie di microrganismi degradano la sostanza organica con formazione di biogas e digestato.

In base ai vari ceppi microbici agenti, possiamo distinguere **cinque fasi** per il processo di DA:



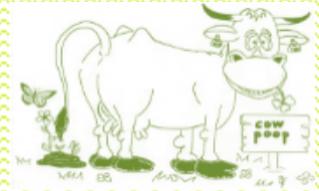
L'**esito** è fortemente influenzato dalle condizioni ambientali vigenti nei bacini ove vengono operate le trasformazioni.

In particolare, il **pH** non deve subire brusche variazioni e deve essere mantenuto nell'intervallo 6-8.

Tipologie di substrati per la produzione di biogas

I prodotti maggiormente utilizzati come substrati per l'alimentazione di digestori anaerobici sono:

- **FANGHI degli ITAR (Impianti di Trattamento delle Acque Reflue)**
- **REFLUI ZOOTECNICI**
- **RESIDUI DEI RACCOLTI AGRICOLI**
- **RIFIUTI ORGANICI PROVENIENTI DA PROCESSI DI TRASFORMAZIONE INDUSTRIALI DI:**



- CARNE
- PESCE
- FRUTTA
- VERDURA



- **REFLUI LATTIERO-CASEARI**
- **RIFIUTI ALIMENTARI PROVENIENTI DALLA RACCOLTA DIFFERENZIATA DELL'UMIDO**
- **INSILATI DI COLTURE ENERGETICHE:**



- MAIS
- SEGALE
- TRITICALE
- SORGO
- LOGLIETTO



Substrato	Produzione specifica di metano (m ³ /kg SV)
Scarti alimentari	0.245-0.525
FORSU	0.390-0.430
Rifiuti mercatali	0.250-0.370
Liquame suino	0.150-0.200
Letame bovino	0.200-0.250
Deiezioni avicole	0.220-0.290
Sorgo	0.420
Insilato di mais	0.364
Girasole	0.428-0.454
Barbabietola da zucchero	0.340
Paglia di riso	0.347-0.367
Frumento	0.360
Avena	0.250-0.320
Scarti di cucina	0.370-0.450
Sfanci di prato	0.300
Scarti lavorazione patate	0.426
Scarti lavorazione carote	0.417
Scarti produzioni confetture	0.320
Scarti macelli	0.550-0.670
Scarti lavorazione pesce	0.390
Scarti lavorazione carni maiale	0.230-0.620
Grasso suino	0.900

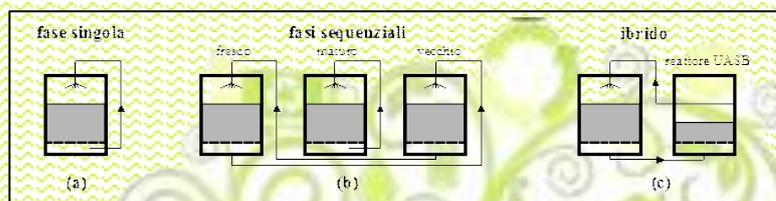
Tipologie impiantistiche

In funzione del **ciclo di trattamento** si può prevedere l'adozione di due tipologie di reattori:

- MONO STADIO
- DOPPIO STADIO

In entrambi i casi, a seconda delle **modalità di alimentazione del substrato**, i digestori si distinguono in:

➤ DIGESTORI A CARICA SINGOLA (BATCH)



➤ DIGESTORI AD ALIMENTAZIONE CONTINUA

Questi ultimi, a loro volta, vengono differenziati a seconda del **comportamento idrodinamico**, e suddivisi in:

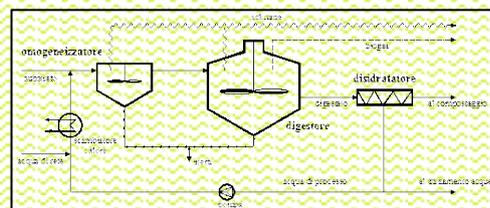
- REATTORI A COMPLETA MISCELAZIONE (CSTR)
- REATTORI CON FLUSSO A PISTONE (PLUGFLOW)

Per ciascuna tipologia, in funzione della **temperatura d'esercizio** il reattore viene distinto in:

- PSICROFILO (10-15°C)
- MESOFILO (35-40°C)
- TERMOFILO (50-55°C)

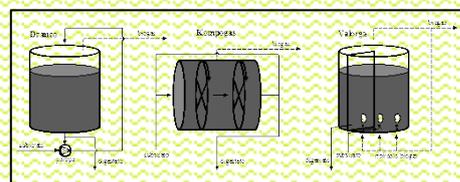
Infine il processo di DA si differenzia in base al **contenuto di umidità** della miscela in digestione :

- **WET**, con tenori superiori al 90% in peso



- **SEMI-DRY** con valori compresi tra 80% e 90% in peso

- **DRY**, con percentuali minori dell'80% in peso



Utilizzi del biogas

Ci sono diverse possibilità di utilizzare il biogas come risorsa di energia. Le principali sono:

- **COMBUSTIONE IN CALDAIA**
- **COMBUSTIONE IN MOTORI COGENERATIVI con produzione di elettricità e calore**
- **RAFFINAZIONE (O UPGRADE) A BIOMETANO**
-

Dal biogas al Biometano

Per ottenere biometano avente i requisiti di qualità richiesti rispetto all'utilizzo finale è necessario rimuovere dal biogas, attraverso processi depurativi di tipo chimico-fisico (nel loro insieme definiti "upgrade" del biogas):

- l'Anidride Carbonica;
- le componenti minori o in traccia, quali H₂O, O₂, CO, H₂S, N₂, polveri, microrganismi, ecc.

Problematiche:

Impurità	Possibile Impatto
Acqua	Corrosione nei compressori, serbatoi del gas e nei motori a causa delle reazioni acide con H ₂ S, NH ₃ e CO ₂ Accumulo di acqua nelle reti di distribuzione Condensazione e/o congelamento ad alte pressioni
Polveri	Intasamento per deposito nei compressori o nei serbatoi
H ₂ S	Corrosione nei compressori, serbatoi del gas e nei motori Concentrazioni di H ₂ S > di 5 ppm sono da considerarsi tossiche SO ₂ e SO ₃ che si formano durante la combustione sono più tossiche dell'H ₂ S e causano corrosione in presenza di acqua
CO ₂	Basso potere calorifico
Silossani	Durante la combustione formano SiO ₂ e quarzo microcristallino; Formazione depositi su valvole e pistoni con rischio di abrasioni
Idrocarburi	Corrosione nei motori durante la combustione
NH ₃	Corrosione se disciolta in acqua
O ₂ /aria	Se presente in alte concentrazioni produce miscela esplosiva
Cl ⁻	Corrosione nei motori
F ⁻	Corrosione nei motori

Tecnologie per la rimozione dell'Anidride Carbonica

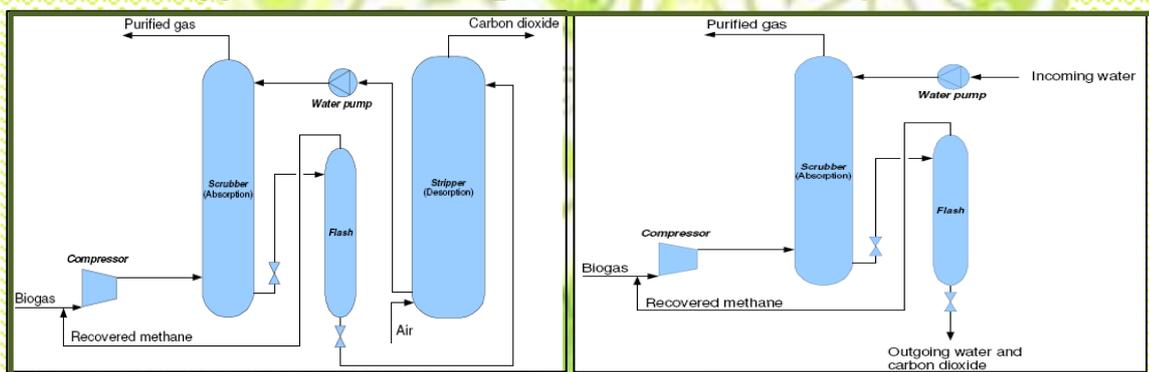
Per la separazione della CO₂ esistono varie tecnologie, basate sui principi chimico-fisici.

Tipicamente il biometano a valle dei processi di upgrading è composto prevalentemente da CH₄, con percentuali fino a 97-99 %, e di anidride carbonica (CO₂) per la rimanente parte (1-3 %).

❖ Assorbimento

La separazione della CO₂ avviene per contatto del flusso di biogas con una corrente liquida in grado di assorbirla selettivamente rispetto agli altri componenti del biogas.

➤ Lavaggio fisico ad acqua o *water scrubbing*

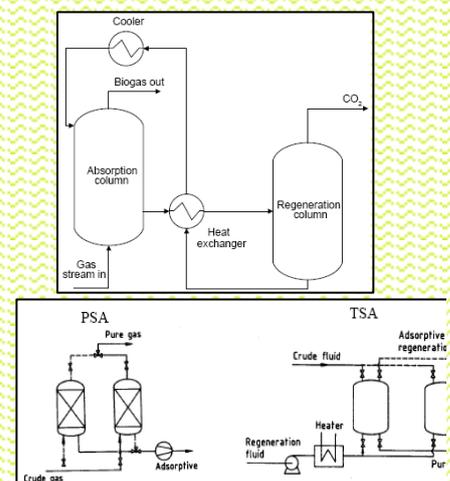


➤ Lavaggio chimico con ammine o *ammine scrubbing*

❖ Adsorbimento

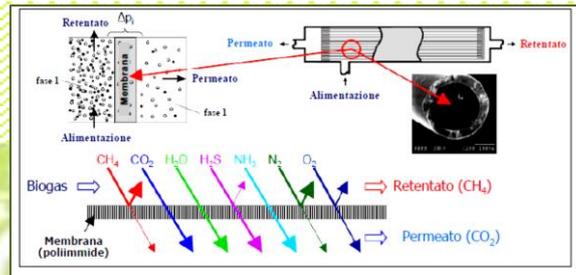
È possibile separare l'anidride carbonica dal biogas per adsorbimento su letti di carboni attivi o setacci molecolari. Come setacci molecolari possono essere impiegate le zeoliti o i CMS (Carbon Molecular Sieves). La rigenerazione può avvenire in due differenti modalità:

- Diminuendo la pressione (*pressure swing adsorption, PSA*)
- Aumentando la temperatura (*temperature swing adsorption, TSA*)



❖ Separazione con membrane

L'utilizzo di una membrana selettiva permette di separare componenti di una corrente gassosa che presentino differenti permeabilità in essa. Esistono sia **membrane porose**, in cui la selettività dipende dalla dimensione dei pori e **membrane diffusive**, dove la selettività è determinata dalla velocità di diffusione.



❖ Separazione criogenica

L'anidride carbonica viene separata fisicamente dal metano condensandola a temperature criogeniche.



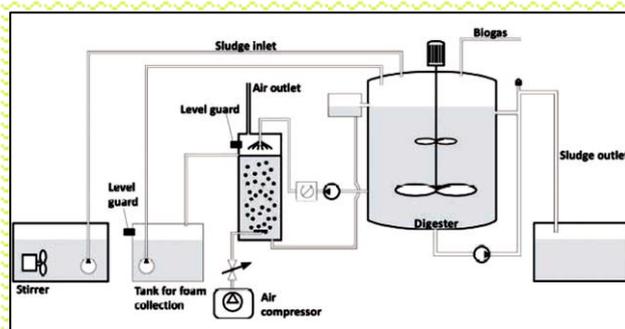
❖ Conversione chimica con H₂



❖ Formazione di carbonati



❖ Arricchimento in situ

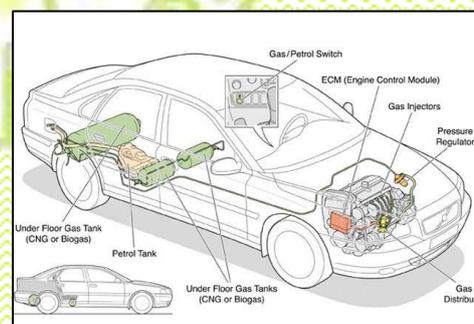


Tecnologia	Vantaggi	Svantaggi
Scrubber ad acqua	Semplice da gestire; adattabile modificando pressione o temperatura; perdite ridotte di CH ₄ Tollerate impurità nel biogas	Elevati costi di investimento ed operativi Clogging per crescita batterica Possibili effetti schiumogeni Bassa flessibilità su variazioni di volumi di biogas da trattare
Scrubber Amminico:	Bassi costi operativi Rigenerativo Maggiore CO ₂ solubilizzata per unità di volume (rispetto allo Scrubber ad acqua)	Elevati investimenti Richiesta di calore per la rigenerazione Possibile corrosione Degradazione o reazioni indesiderate delle ammine in presenza di O ₂ o altri chemicals Precipitazione di sali Possibili effetti schiumogeni
Scrubber fisico	Rigenerativo Minori costi energetici rispetto a scrubber ad acqua Ridotte perdite CH ₄	Elevati costi di investimento ed operativi Ridotta capacità se glicole diluito con acqua Difficoltà operative ed incompleta rigenerazione durante lo stripping/messa a vuoto
PSA	Ridotto consumo energetico: alte pressioni ma rigenerativo Sistema compatto, adatto anche a piccoli volumi Tollerate impurità nel biogas	Elevati costi di investimento ed operativi Richiesto elevato controllo in fase operativa Possibili perdite di CH ₄ (in caso di malfunzionamento di valvole)
Membrane -Gas/gas	Semplice installazione Economicamente flessibile in caso di riduzione di volumi trattati	Bassa selettività delle membrane: purezza e volumi di CH ₄ ottenibili ridotti Richiesti più step (nei sistemi modulari) per ottenere elevata purezza
Membrane -Gas/liquido	Bassi costi operativi e di investimento Ottentibile CO ₂ pura	
Separazione CRIOGENICA	CH ₄ e CO ₂ di elevata purezza Ridotti costi extra per ottenere LBM (biometano liquido)	Elevati costi di investimento Elevati costi operativi

Utilizzo del Biometano

Il biometano può essere utilizzato negli stessi veicoli che impiegano comunemente il gas naturale o metano di origine fossile. Le tre tipologie di veicoli, che utilizzano metano, attualmente in commercio sono:

- *Veicoli Bi-Fuel (Bi-fuelled)*
- *Veicoli dedicati a gas*
- *Veicoli dual-fuel*



Autobus a Biogas in Svezia

Incentivi

Le modalità di utilizzo per cui il Biometano può ricevere incentivi potrebbero essere:

- **IMPIANTI DI COGENERAZIONE ad alto rendimento**
- **IMPIANTI DI DISTRIBUZIONE DI METANO per l'autotrazione**
- **RETI DI TRASPORTO E DI DISTRIBUZIONE DEL GAS NATURALE**

Attualmente l'incentivazione del biometano è disciplinata dal **DM 5 dicembre 2013**.



La situazione italiana

L'Italia gode di una situazione potenzialmente molto interessante per quanto riguarda l'utilizzo di Biometano come carburante per **autotrazione**. Dal momento che il nostro Paese occupa la quarta posizione mondiale per numero di automezzi alimentati a metano.



Inoltre l'Italia, ed in particolar modo la pianura Padana, è caratterizzata da una delle più estese ed articolate **reti di gasdotti** d'Europa.

Conclusioni

Il Biometano è una grande opportunità per il Paese da ogni punto di vista :

- **ambientale**
- **economico**
- **dal lato del consumatore**



**Grazie per
l'attenzione!**

