

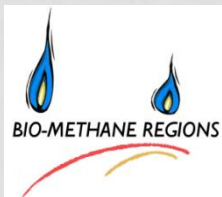


Università degli Studi dell'Aquila

Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione e di Economia

UPGRADING DI UN IMPIANTO DI BIOGAS A BIOMETANO *STUDIO DI PREFATTIBILITÀ*

SARA CONTESTABILE, PIER UGO FOSCOLO, KATIA GALLUCCI



INDICE

- Introduzione
 - Obiettivi
 - Definizioni
- Biogas
 - Casi di studio
- Biometano
 - Tecnologie di upgrading
 - Casi di studio
- CO₂ saving
- Conclusioni

INTRODUZIONE -*OBIETTIVI*

Bio-Methane Regions

<http://www.bio-methaneregions.eu/>

Scopo del progetto è facilitare nuovi impianti di AD e di produzione di biometano attraverso la fornitura di consulenza indipendente per i potenziali sviluppatori, regolatori, politici e persone potenzialmente interessate.

INTRODUZIONE -*OBIETTIVI*

Nell'ambito del progetto, la regione Abruzzo ha chiesto all'Università di sviluppare lo studio di fattibilità per possibili potenziali investitori.

A seguito della pubblicazione del **bando**, sono state scelte tre ditte per le quali, dopo aver verificato i requisiti di prefattibilità attraverso una **checklist**, sono stati effettuati gli studi per i corrispondenti impianti a biogas ed eventuale successivo upgrading a biometano.

Le ditte individuate sono: **Lu.Ma.**, **Paideia MFV Srl**, **ThinkEco Agri Srl**

INTRODUZIONE -DEFINIZIONI

Biogas: miscela di vari tipi di gas (per la maggior parte, 50% - 75%, metano) prodotto dalla fermentazione batterica in anaerobiosi (assenza di ossigeno) dei residui organici provenienti da rifiuti, vegetali in decomposizione, carcasse in putrescenza, liquami zootecnici o fanghi di depurazione, scarti dell'agro-industria.

Biometano: biogas che ha subito un processo di raffinazione per arrivare ad una concentrazione di metano del 95% ed è utilizzato come biocombustibile per veicoli a motore al pari del gas naturale (o metano fossile).

INTRODUZIONE -DEFINIZIONI

Upgrading: conversione da biogas a biometano avviene mediante un processo di rimozione dell'anidride carbonica denominato upgrading, associato ad un trattamento di purificazione suddiviso in diversi steps, la cui sequenza dipende dalla tecnologia scelta per il processo; essi sono rappresentati da deidratazione.

Decreto di riferimento per incentivi: DM 6 luglio 2012

<http://www.gse.it/it/EnergiaFacile/guide/Energiaelettrica/Biomasse/Pages/default.aspx>

Simulatori utilizzati: BioGC-Calculator, Biomethane calculator, foglio di calcolo CO2 saving

BIOGAS

A seconda dei dati di input (alimentazione dell'impianto) relative alle tre ditte, sono state condotti studi tramite il simulatore **Biogas calculator**

(http://www.biogasregions.org/project_content.php)

Sono stati implementati gli input mancanti incrementando il database del simulatore e aggiornati i costi in base alle indicazioni contenute nel DM 6 luglio 2012 :

| costi | | prezzi di vendita | |
|------------------------------------|------------------|---------------------------|--------------|
| prezzo dell'elettricità: | 22,00 ct/kWh | energia elettrica: | 28,00 ct/kWh |
| prezzo dell'olio combustibile: | 50,00 ct/l | calore: | 5,00 ct/kWh |
| costi di estrazione del digestato: | 3,00 €/t | valore del fertilizzante: | 10,00 €/t N |
| costi di manodopera: | 26,00 €/h | | |
| ore lavorative: | 4,00 h/d | | |
| manutenzione: | 2,00 % | | |
| manutenzione CHP: | 1,00 ct/kWh (el) | | |
| | | costi di investimento | |
| | | tasso di interessi: | 4,63 % |
| | | assicurazione: | 0,50 % |

BIOGAS -DITTA LU.MA.

substrati disponibili

| n. | nome | quantità | tonnellate/unità | quantità in tonnellate |
|----|-------------------------------------|----------|------------------|------------------------|
| 1 | Foraggi insilati | 3,00 | 35,00 | 105,00 |
| 2 | Insilato di erba di segale (Lolium) | 1,50 | 35,00 | 52,50 |
| 3 | Insilato di erba medica | 1,70 | 30,00 | 51,00 |
| 4 | Insilato di rapa (in generale) | 0,90 | 60,00 | 54,00 |
| 5 | Insilato di Sorghum vulgare | 4,00 | 50,00 | 200,00 |
| 6 | Letame di pecora (solido) | 36,00 | 11,00 | 396,00 |
| 7 | Letame bovino(liquido) | 5,00 | 20,00 | 100,00 |
| 8 | Vinacce | 500,00 | 1,00 | 500,00 |

totale: 1.458,50

informazioni generali

nuovo progetto

data: 20/06/2013

Si è verificato che gli input **non sono sufficienti** per un corretto funzionamento dell'impianto ed per conseguire un utile. Perciò si è studiata e si riporta la condizione di minimo guadagno per la ditta citata.

BIOGAS -DITTA LU.MA.

substrati disponibili

| n. | nome | quantità | tonnellate/unità | quantità in tonnellate |
|----------------|-------------------------------------|----------|------------------|------------------------|
| 1 | Foraggi insilati | 9,00 | 35,00 | 315,00 |
| 2 | Insilato di erba di segale (Lolium) | 4,50 | 35,00 | 157,50 |
| 3 | Insilato di erba medica | 5,10 | 30,00 | 153,00 |
| 4 | Insilato di rapa (in generale) | 2,70 | 60,00 | 162,00 |
| 5 | Insilato di Sorghum vulgare | 12,00 | 50,00 | 600,00 |
| 6 | Letame di pecora (solido) | 108,00 | 11,00 | 1.188,00 |
| 7 | Letame bovino(liquido) | 15,00 | 20,00 | 300,00 |
| 8 | Vinacce | 1.500,00 | 1,00 | 1.500,00 |
| totale: | | | | 4.375,50 |

informazioni generali

nuovo progetto

data: 17/07/2013

CHP

| | |
|-----------------------|--------------|
| tipo di motore | motore a gas |
| potenza del motore | 500 kW |
| efficienza CHP | |
| elettrico | 36 % |
| termico | 30 % |

BIOGAS -DITTA LU.MA.

utilizzo del gas

| | |
|---|--------------|
| quantità di biogas [m ³ /a]: | 555.896,50 |
| contenuto di metano [%]: | 56,56% |
| quantità di metano [m ³]: | 314.426,94 |
| contenuto di energia da metano [kW]: | 3.144.269,50 |
| potenza di produzione del biogas [kW]: | 129 |
| ore a pieno carico [h/a]: | 2264 |
| ore a pieno carico [h/d]: | 6 |
| carico corrispondente (CHP): | 25,84% |

BIOGAS -DITTA LU.MA.

produzione di energia

| | |
|---|---------------------|
| efficienza elettrica | $\eta_{el}=36\%$ |
| produzione totale di elettricità [kWh]: | 1.131.937,00 |
| fabbisogno di elettricità dell'impianto [kWh] 5%: | <u>56.596,85</u> |
| vendite di elettricità [kWh]: | 1.131.937,00 |
| energia termica | $\eta_{th}=30\%$ |
| produzione totale di calore[kWh]: | 943.280,90 |
| fabbisogno di calore dell'impianto[kWh] 20%: | <u>-188.656,19</u> |
| surplus di calore[kWh]: | 754.624,70 |

BIOGAS -DITTA LU.MA.

introiti

| | |
|---|---------------------|
| introiti totali dalla vendita di elettricità: | 304.491,06 € |
| valore del fertilizzante (10,00€/t N): | 76,24 € |
| energia termica: | 37.731,23 € |
| introiti totali: | 342.298,56 € |
| fatturato annuale: | 45.864,19 € |

BIOGAS -DITTA PAIDEIA MFV

substrati disponibili

| n. | nome | quantità | tonnellate/unità | quantità in tonnellate |
|----|--------------|----------|------------------|------------------------|
| 1 | Arundo donax | 1.200,00 | 1,00 | 1.200,00 |
| | | | totale: | 1.200,00 |

informazioni generali

nuovo progetto

data: 31/05/2013

CHP

| | | |
|-----------------------|--------------|------|
| tipo di motore | motore a gas | |
| potenza del motore | 500 kW | |
| efficienza CHP | | |
| | elettrico | 36 % |
| | termico | 30 % |

BIOGAS -DITTA PAIDEIA MFV

utilizzo del gas

| | |
|---|--------------|
| quantità di biogas [m ³ /a]: | 1.312.941,20 |
| contenuto di metano [%]: | 51,00% |
| quantità di metano [m ³]: | 669.600,00 |
| contenuto di energia da metano [kW]: | 6.696.000,00 |
| potenza di produzione del biogas [kW]: | 275 |
| ore a pieno carico [h/a]: | 4821 |
| ore a pieno carico [h/d]: | 13 |
| carico corrispondente (CHP): | 55,04% |

BIOGAS -DITTA PAIDEIA MFV

produzione di energia

| | |
|---|---------------------|
| efficienza elettrica | $\eta_{el}=36\%$ |
| produzione totale di elettricità [kWh]: | 2.410.560,20 |
| fabbisogno di elettricità dell'impianto [kWh] 5%: | <u>120.528,01</u> |
| vendite di elettricità [kWh]: | 2.410.560,20 |
| energia termica | $\eta_{th}=30\%$ |
| produzione totale di calore[kWh]: | 2.008.800,20 |
| fabbisogno di calore dell'impianto[kWh] 20%: | <u>-401.760,03</u> |
| surplus di calore[kWh]: | 1.607.040,20 |

introiti

| | |
|---|---------------------|
| introiti totali dalla vendita di elettricità: | 648.440,70 € |
| valore del fertilizzante (10,00€/t N): | 72,00 € |
| energia termica: | 80.352,01 € |
| introiti totali: | 728.864,70 € |
| fatturato annuale: | 432.574,10 € |

BIOGAS -DITTA THINKECO

substrati disponibili

| n. | nome | quantità | tonnellate/unità | quantità in tonnellate |
|----|------------------|----------|------------------|------------------------|
| 1 | Insilato di mais | 276,00 | 45,00 | 12.420,00 |
| | | | totale: | 12.420,00 |

informazioni generali

nuovo progetto

data: 19/06/2013

CHP

| | |
|-----------------------|--------------|
| tipo di motore | motore a gas |
| potenza del motore | 1000 kW |
| efficienza CHP | |
| elettrico | 36 % |
| termico | 30 % |

BIOGAS -DITTA THINKECO

utilizzo del gas

| | |
|---|---------------|
| quantità di biogas [m ³ /a]: | 2.473.212,50 |
| contenuto di metano [%]: | 52,50% |
| quantità di metano [m ³]: | 1.298.436,50 |
| contenuto di energia da metano [kW]: | 12.984.365,00 |
| potenza di produzione del biogas [kW]: | 534 |
| ore a pieno carico [h/a]: | 4674 |
| ore a pieno carico [h/d]: | 13 |
| carico corrispondente (CHP): | 53,36% |

BIOGAS -DITTA THINKECO

produzione di energia

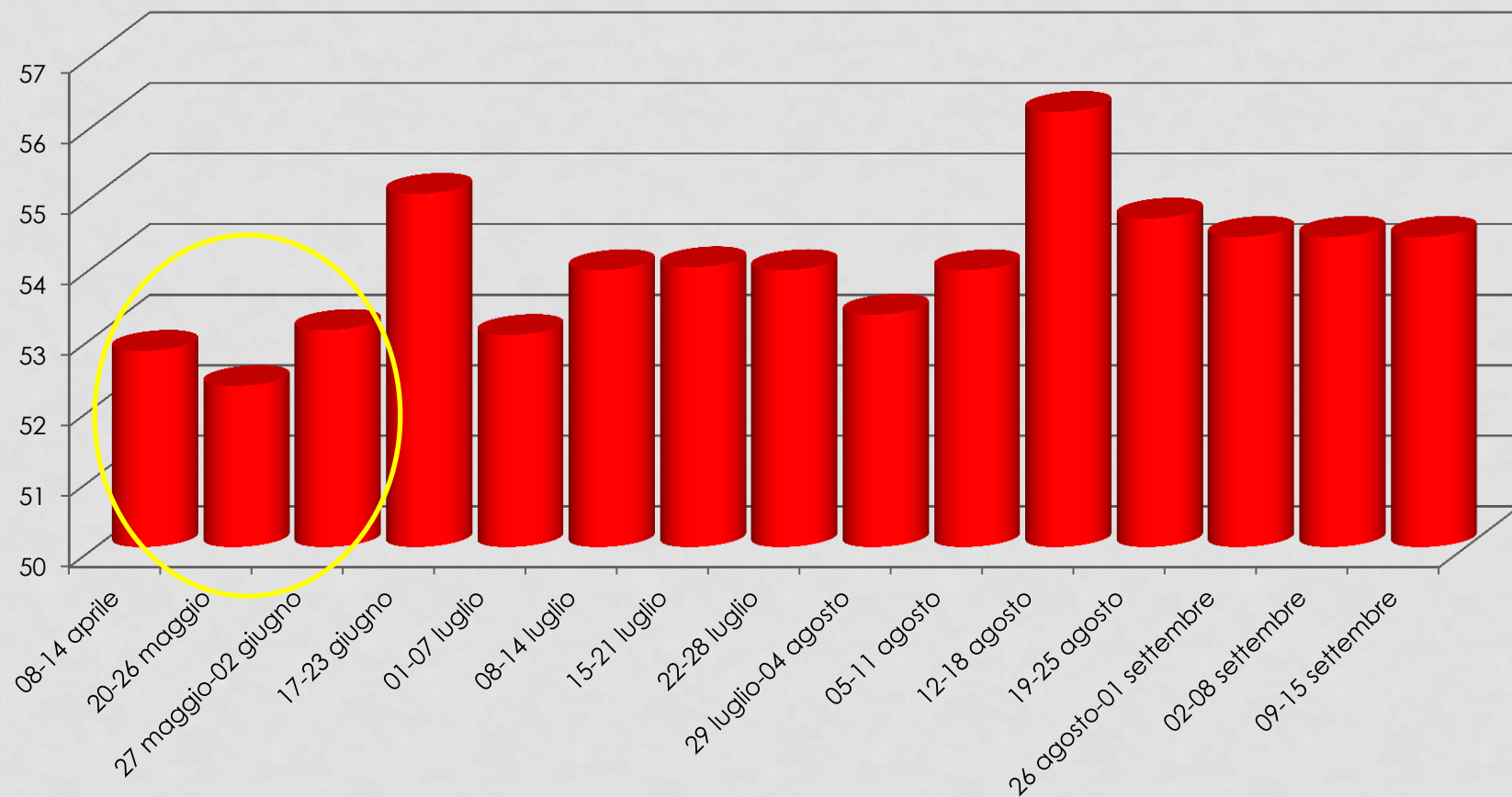
| | |
|---|---------------------|
| efficienza elettrica | $\eta_{el}=36\%$ |
| produzione totale di elettricità [kWh]: | 4.674.371,50 |
| fabbisogno di elettricità dell'impianto [kWh] 5%: | <u>233.718,58</u> |
| vendite di elettricità [kWh]: | 4.674.371,50 |
| energia termica | $\eta_{th}=30\%$ |
| produzione totale di calore[kWh]: | 3.895.309,80 |
| fabbisogno di calore dell'impianto[kWh] 20%: | <u>-779.061,94</u> |
| surplus di calore[kWh]: | 3.116.247,80 |

introiti

| | |
|---|-----------------------|
| introiti totali dalla vendita di elettricità: | 1.257.405,90 € |
| valore del fertilizzante (10,00€/t N): | 372,60 € |
| energia termica: | 155.812,39 € |
| introiti totali: | 1.413.590,90 € |
| fatturato annuale: | 728.987,10 € |

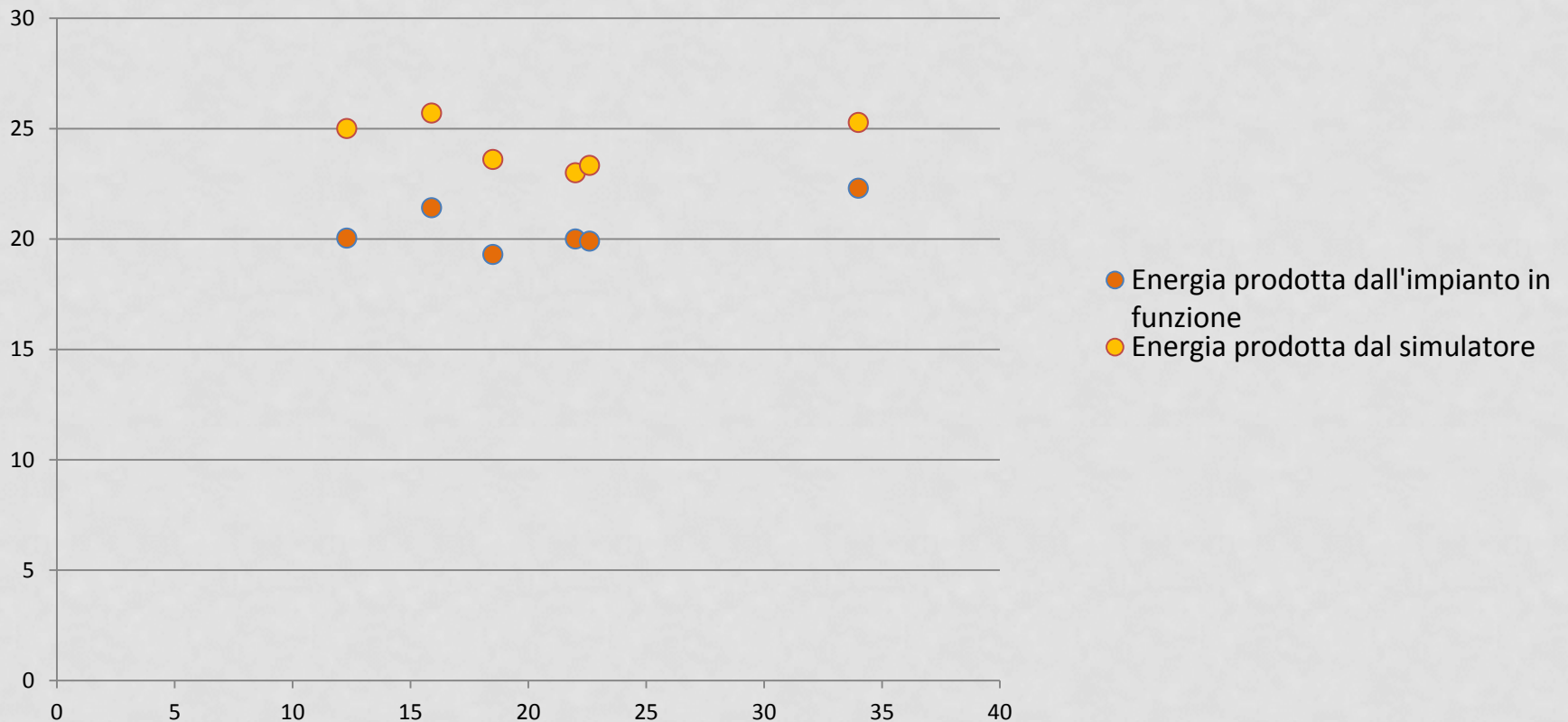
BIOGAS -DITTA THINKECO

% metano



BIOGAS -DITTA THINKECO

Energia prodotta [MWh/d]



BIOMETANO

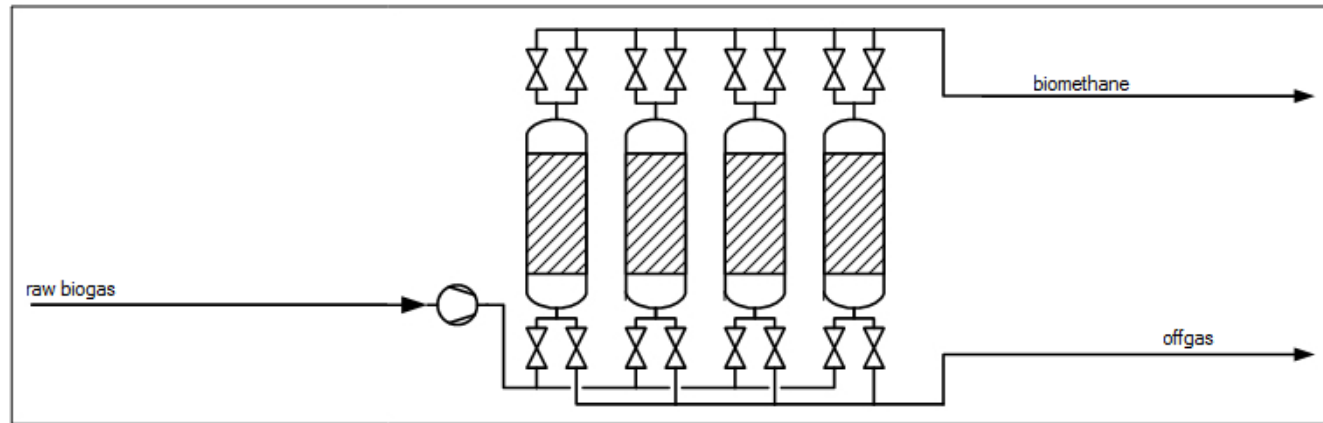
A seconda dei vari risultati ottenuti dalle precedenti simulazioni, sono state condotte le rispettive simulazioni di upgrading tramite il simulatore ***Biomethane calculator*** (<http://www.bio-methaneregions.eu/>)

Parametri imposti:

- *Purezza del metano desiderata: 80%*
- *Livello di alta pressione: 30 bar*
- *Non sono stati inclusi costi supplementari come quelli relativi alla compressione o all'odorizzazione*

TECNOLOGIE DI UPGRADING

-ADSORBIMENTO A PRESSIONE OSCILLANTE



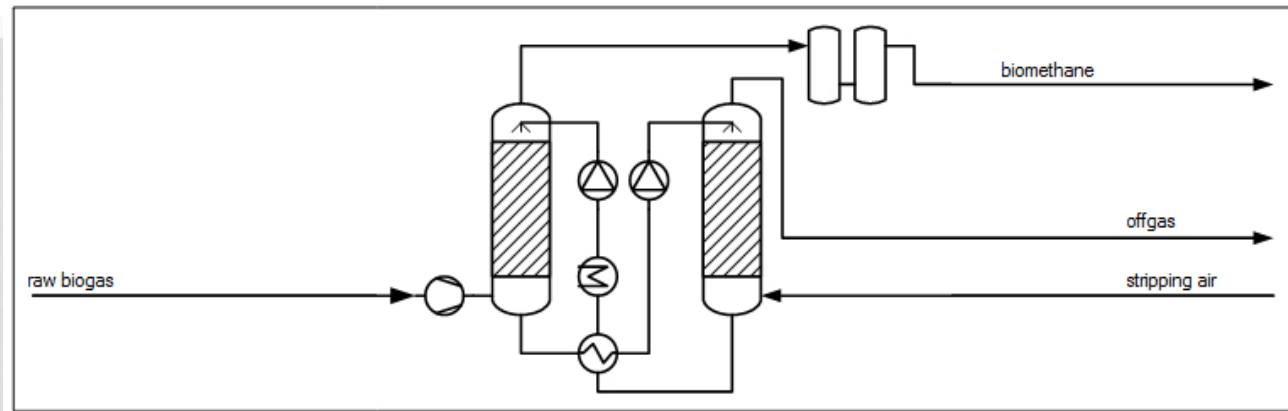
Separa anidride carbonica da biometano tramite un sistema di colonne nelle quali è presente materiale adsorbente come carbone attivo o zeoliti, sui quali vengono applicate pressioni che variano durante il processo.

Limite: necessario pretrattamento per eliminare H_2S ; potrebbe andare ad occupare i pori del solido adsorbente e legarsi irreversibilmente ad esso.

Vantaggio: semplicità di costruzione, dimensioni compatte, possibilità di utilizzo anche in impianti di piccola taglia

TECNOLOGIE DI UPGRADING

-LAVAGGIO AD ACQUA SOTTO PRESSIONE



Tecnica più comunemente utilizzata nel processo di upgrading. Si basa sulla diversa solubilità dell'anidride carbonica rispetto al metano, maggiore soprattutto a basse temperature. Il gas fluisce in controcorrente con la fase liquida in una colonna riempita con materiale plastico, per aumentare la superficie di contatto tra le due fasi. Il liquido, uscente dal basso, risulterà arricchito di CO_2 , mentre il gas uscente dall'alto sarà prevalentemente composto da metano

TECNOLOGIE DI UPGRADING

-LAVAGGIO FISICO CON SOLVENTI ORGANICI

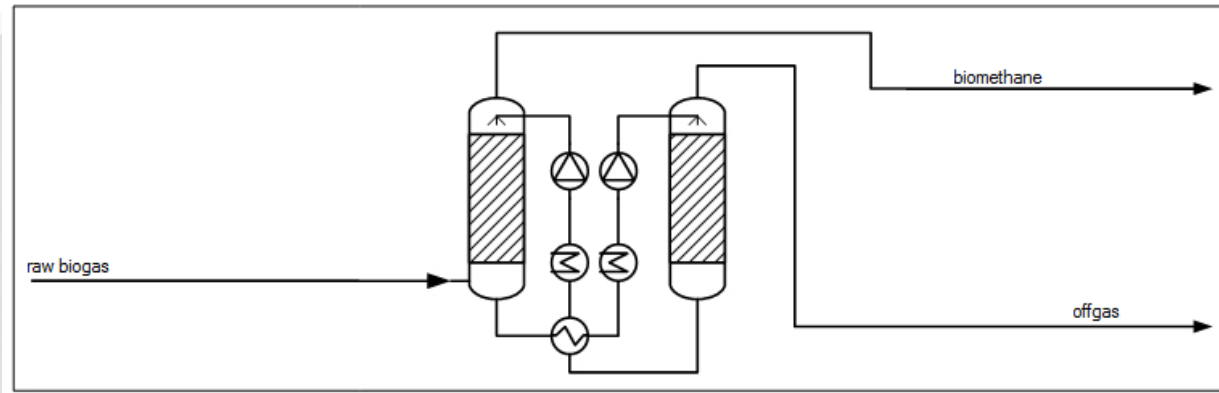
Molto simile all'operazione PWS.

La differenza sostanziale è che l'anidride carbonica qui è assorbita da un solvente organico conosciuto come Selexol oppure Genosorb.

Vantaggio: La CO₂ è più solubile in questi solventi rispetto all'acqua e quindi, a parità di capacità di upgrading, si utilizza una fase liquida inferiore e le dimensioni dell'apparecchiatura e i conseguenti costi possono essere minori.

Limite: si consiglia anche per essa il pretrattamento di desolforazione e composti indesiderati.

TECNOLOGIE DI UPGRADING - LAVAGGIO CHIMICO (MEA, DMEA)



Operazione realizzata in scrubbers tramite soluzioni amminiche come MEA e DMEA che assorbono e reagiscono con CO_2 .

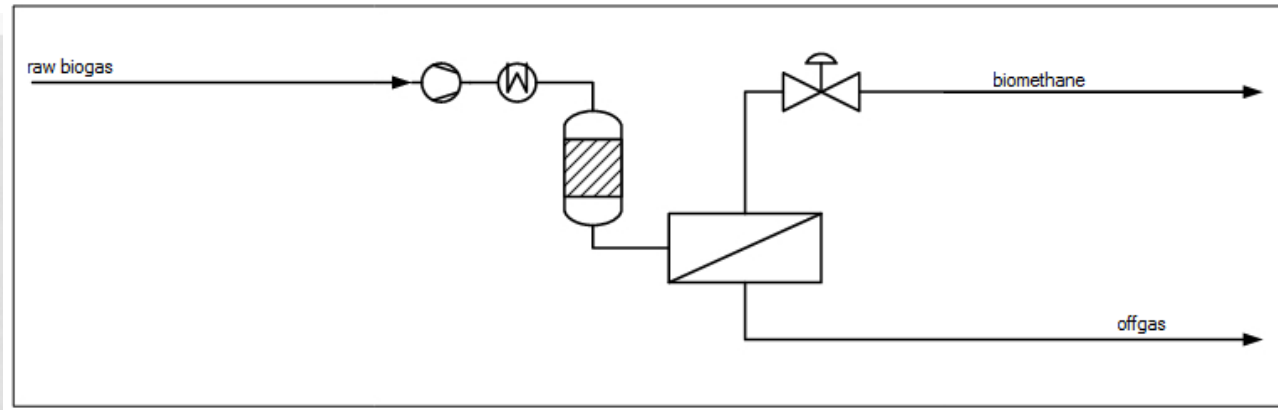
Il solvente ricco di CO_2 è inviata nello stripper dove avviene la reazione di desorbimento e, rigenerato, è rimandato alla colonna di scrubbing, per un altro ciclo; la CO_2 è rilasciata, compressa per il trasporto e lo stoccaggio.

Limite: frequente corrosione in presenza di ossigeno ed altre impurezze e tossicità dei prodotti per la salute umana e l'ambiente.

Vantaggio: alta selettività nei confronti della CO_2 , con perdite quasi nulle di metano (percentuale in uscita pari a circa il 99%)

TECNOLOGIE DI UPGRADING

-METODI DI SEPARAZIONE TRAMITE MEMBRANE



Operazione basata sulla diversa permeabilità attraverso le membrane.

Le membrane sono permeabili alla CO_2 , all' H_2O e all' NH_3 , meno permeabili all' H_2S e all' O_2 e molto poco permeabili all' N_2 e al CH_4 ; formate da fasci di fibre cave, possono essere di materiale inorganico, organico o composito; per la separazione dei gas sono state finora commercializzate solo le polimeriche.

Prima fase di filtrazione e seconda fase di separazione.

BIOMETANO -DITTA LU.MA.

Portata di biogas entrante: 63,5 m³/h

Pressurised water scrubbing

Costi totali: 144525 €/a

Costo biometano: 38,54 c€/m³

Pressure swing adsorption

Costi totali: 156316 €/a

Costo biometano: 41,69 c€/m³

Amine scrubbing

Costi totali: 158448 €/a

Costo biometano: 41,43 c€/m³

BIOMETANO -DITTA LU.MA.

Gas permeation (low recovery)

Costi totali: 90507 €/a

Costo biometano: 29,43 c€/m³

Gas permeation (medium recovery)

Costi totali: 109064 €/a

Costo biometano: 30 c€/m³

Gas permeation (high recovery)

Costi totali: 123096 €/a

Costo biometano: 32,33 c€/m³

Utile totale: 27813 €/a



BIOMETANO -*DITTA PAIDEIA MFV*

Portata di biogas entrante: 150 m³/h

Pressurised water scrubbing

Costi totali: 197454 €/a

Costo biometano 24,54 c€/m³

Pressure swing adsorption

Costi totali: 195897 €/a

Costo biometano: 24,35 c€/m³

Amine scrubbing

Costi totali: 210980 €/a

Costo biometano: 25,71 c€/m³

BIOMETANO -DITTA PAIDEIA MFV

Gas permeation (low recovery)

Costi totali: 134317 €/a

Costo biometano: 20,45 c€/m³

Gas permeation (medium recovery)

Costi totali: 168654 €/a

Costo biometano: 21,63 c€/m³

Gas permeation (high recovery)

Costi totali: 192043 €/a

Costo biometano: 23,51 c€/m³

Utile totale: 183303 €/a



BIOMETANO -*DITTA THINKECO*

Portata di biogas entrante: 282 m³/h

Pressurised water scrubbing

Costi totali: 263709 €/a

Costo biometano: 16,94 c€/m³

Pressure swing adsorption

Costi totali: 255952 €/a

Costo biometano: 16,44 c€/m³

Amine scrubbing

Costi totali: 290683 €/a

Costo biometano: 18,3 c€/m³

BIOMETANO -DITTA THINKECO

Gas permeation (low recovery)

Costi totali: 190731 €/a

Costo biometano: 15,47 c€/m³

Gas permeation (medium recovery)

Costi totali: 250658 €/a

Costo biometano: 16,61 c€/m³

Gas permeation (high recovery)

Costi totali: 289368 €/a

Costo biometano: 18,31 c€/m³

Utile totale: 467631 €/a



CONFRONTO ECONOMICO

Lu.Ma.

Utile biogas: 45.864,19 €/a

Utile biometano: 27.813 €/a

Paideia MFV

Utile biogas: 432.574,10 €/a

Utile biometano: 183.303 €/a

ThinkEco

Utile biogas: 728.987,10 €/a

Utile biometano: 467.631 €/a

CO2 SAVING -DITTA LU.MA.

Infine è stato calcolato il risparmio di CO2, tramite simulatore e parametri di riferimento, forniti dalla regione stessa per ogni impianto ottenendo:

| | | |
|----------------------|----------------|----------------|
| Enter biogas volume: | 555.896 | m ³ |
|----------------------|----------------|----------------|

Bio-methane for gas-to-grid

| Volume (m3) | Energy (GJ) GCV* | Energy (MWh) GCV | Energy (TOE) GCV | Carbon Saving (tCO2)* |
|-------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| 314.415 | 12.262 | 3.406 | 292,9 | 504,11 |

* Against natural gas

Bio-methane for vehicle fuel

| Volume (m3) | Energy (GJ) GCV | Energy (MWh) GCV | Energy (TOE) GCV | Diesel Displaced (t)* | Carbon Saving (tCO2) |
|-------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------------|----------------------|
| 314.415 | 12.262 | 3.406 | 292,9 | 270,7 | 685,2 |

* Based on equivalent energy content

CO2 SAVING -DITTA PAIDEIA MFV

Enter biogas
volume: **1.312.941** m³

Bio-methane for gas-to-grid

| Volume (m3) | Energy (GJ) GCV* | Energy (MWh) GCV | Energy (TOE) GCV | Carbon Saving (tCO2)* |
|-------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| 669.600 | 26.114 | 7.254 | 623,7 | 1.073,59 |

* Against natural gas

Bio-methane for vehicle fuel

| Volume (m3) | Energy (GJ) GCV | Energy (MWh) GCV | Energy (TOE) GCV | Diesel Displaced (t)* | Carbon Saving (tCO2) |
|-------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------------|----------------------|
| 669.600 | 26.114 | 7.254 | 623,7 | 576,5 | 1.459,2 |

* Based on equivalent energy content

CO2 SAVING -DITTA THINKECO

Enter biogas
volume:

2.473.212 m³

Bio-methane for gas-to-grid

| Volume (m3) | Energy (GJ) GCV* | Energy (MWh) GCV | Energy (TOE) GCV | Carbon Saving (tCO2)* |
|-------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| 1.298.436 | 50.639 | 14.066 | 1.209,5 | 2.081,83 |

* Against natural gas

Bio-methane for vehicle fuel

| Volume (m3) | Energy (GJ) GCV | Energy (MWh) GCV | Energy (TOE) GCV | Diesel Displaced (t)* | Carbon Saving (tCO2) |
|-------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------------|----------------------|
| 1.298.436 | 50.639 | 14.066 | 1.209,5 | 1.117,9 | 2.829,5 |

* Based on equivalent energy content

CONCLUSIONI

Come si è potuto notare dalle valutazioni economiche ottenute, ad oggi nel nostro Paese mancano gli incentivi per la produzione di biometano; questo comporta **l'assenza totale di investimenti.**

La produzione di biometano rappresenta un settore strategico nell'ambito delle **Direttive 2009/28/CE** e **2009/30/CE** dei biocombustibili.

Come esempio significativo, si può riportare quello della compagnia automobilistica *Audi* che senza modifiche sostanziali ai suoi motori, sta producendo combustibile sintetico già in Germania.

CONCLUSIONI



L'impianto produrrà circa 1.000 tonnellate di SNG all'anno. L'anidride carbonica risparmiata sarà circa 2.800 tonnellate, quantità corrispondente approssimativamente al valore che una foresta di oltre 220.000 alberi di faggio assorbe in un anno.

Gli unici sottoprodotti sono acqua e ossigeno.

Una Audi A3 consuma in media meno di 3,5 kg di SNG per una distanza pari a 100 km.

Le emissioni allo scarico di CO₂ sono inferiori a 95 grammi per km.



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

