



Centro Studi di Economia e Tecnica dell'Energia
Giorgio LEVI CASES
Centro interdipartimentale di ricerca



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Lo sviluppo del Biometano in Veneto alla luce del nuovo Decreto del 2 marzo 2018

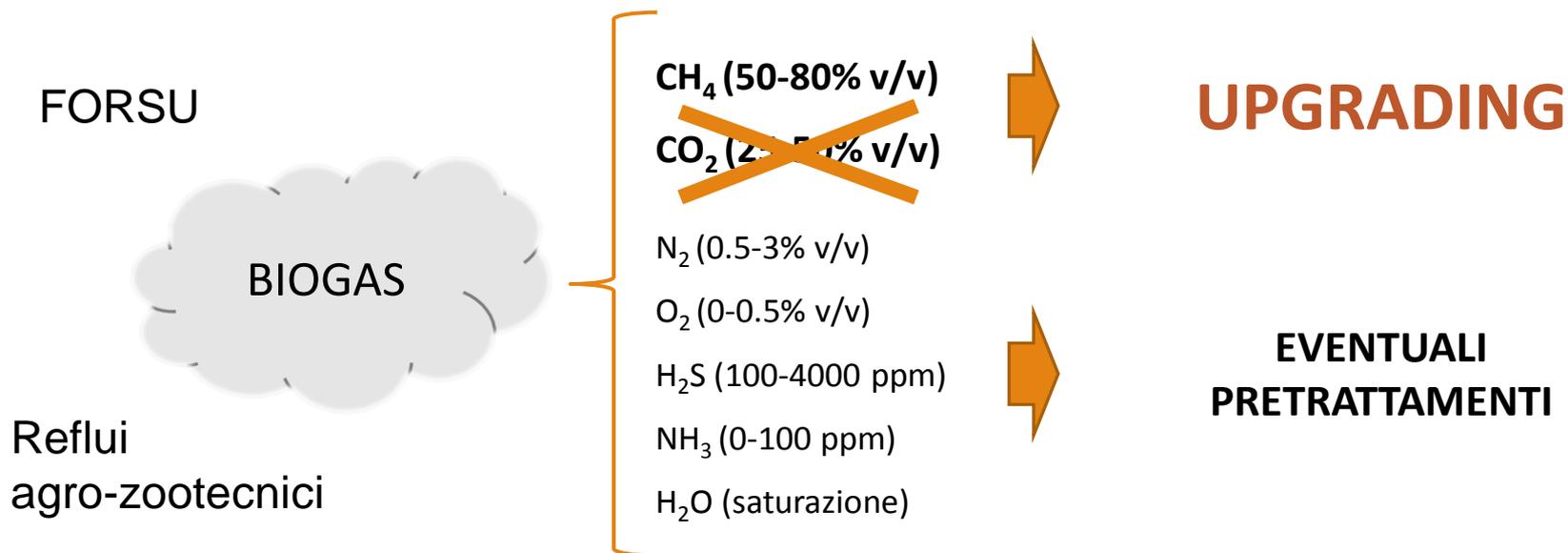
Aula Magna Pentagono, Campus di Agripolis viale dell'Università 16 – Legnaro (Pd)
11 aprile 2018

Sistemi e tecnologie per l'upgrading del biometano

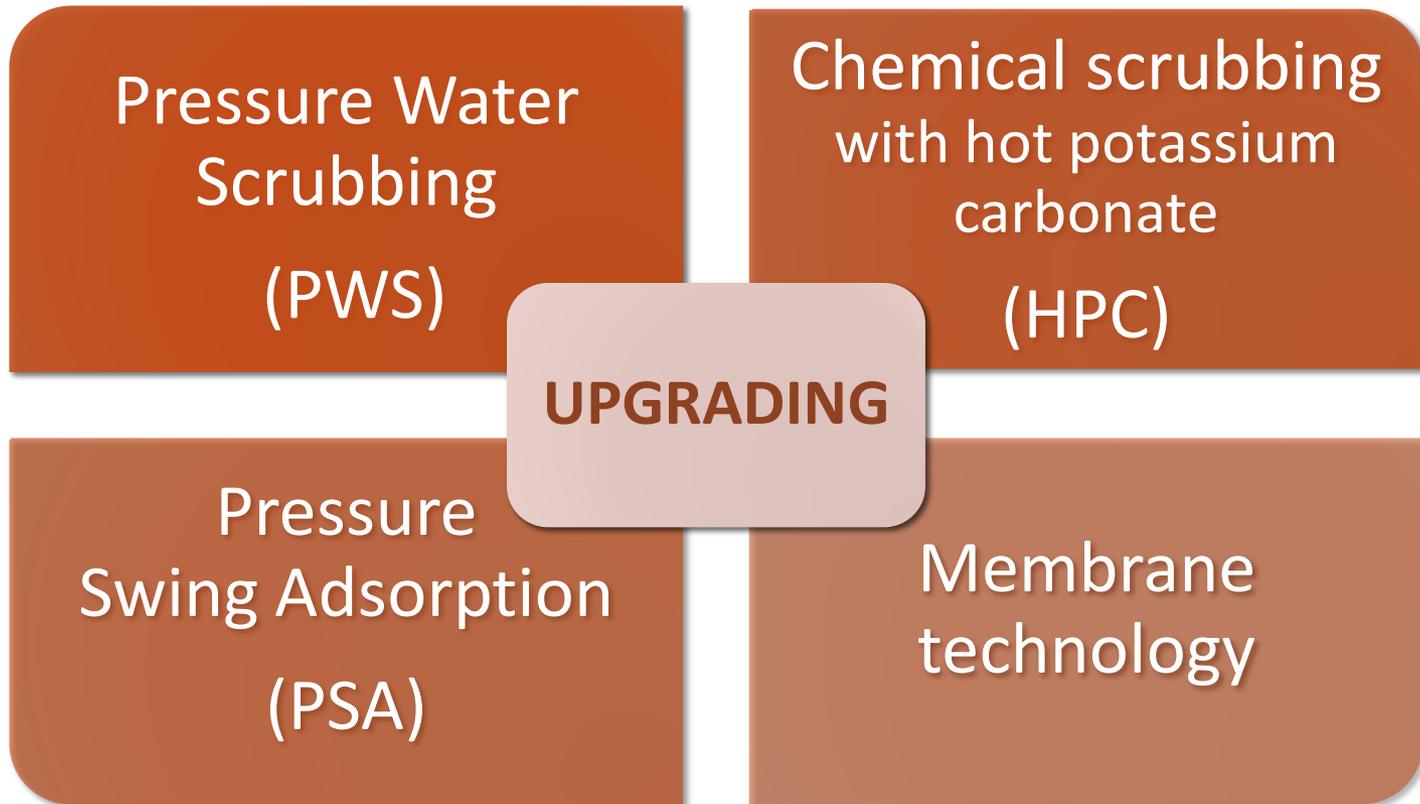
Elena Barbera

Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Padova

Biogas upgrading



Tecnologie di upgrading



Pressure Water
Scrubbing

(PWS)

Chemical scrubbing
with hot potassium
carbonate

(HPC)

UPGRADING

Pressure
Swing Adsorption

(PSA)

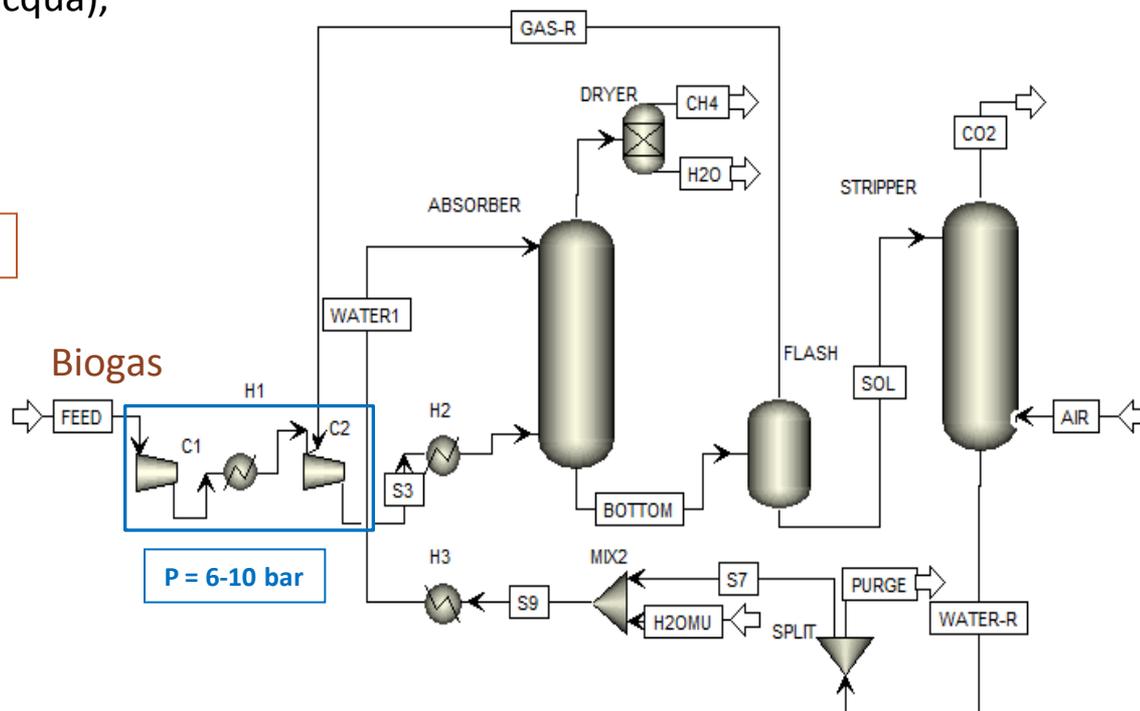
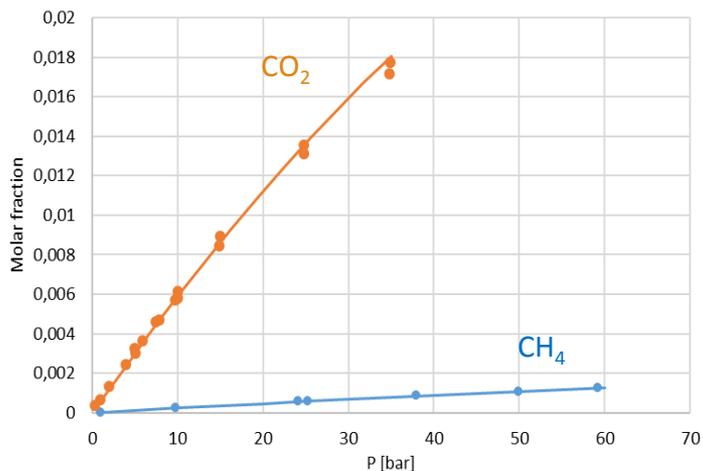
Membrane
technology

Pressure water scrubbing (PWS)



Assorbimento fisico: sfrutta la differenza di solubilità di CO_2 e CH_4 in un solvente (acqua), per assorbire selettivamente la prima

Solubilità di CO_2 e CH_4 in H_2O a $T = 25^\circ\text{C}$

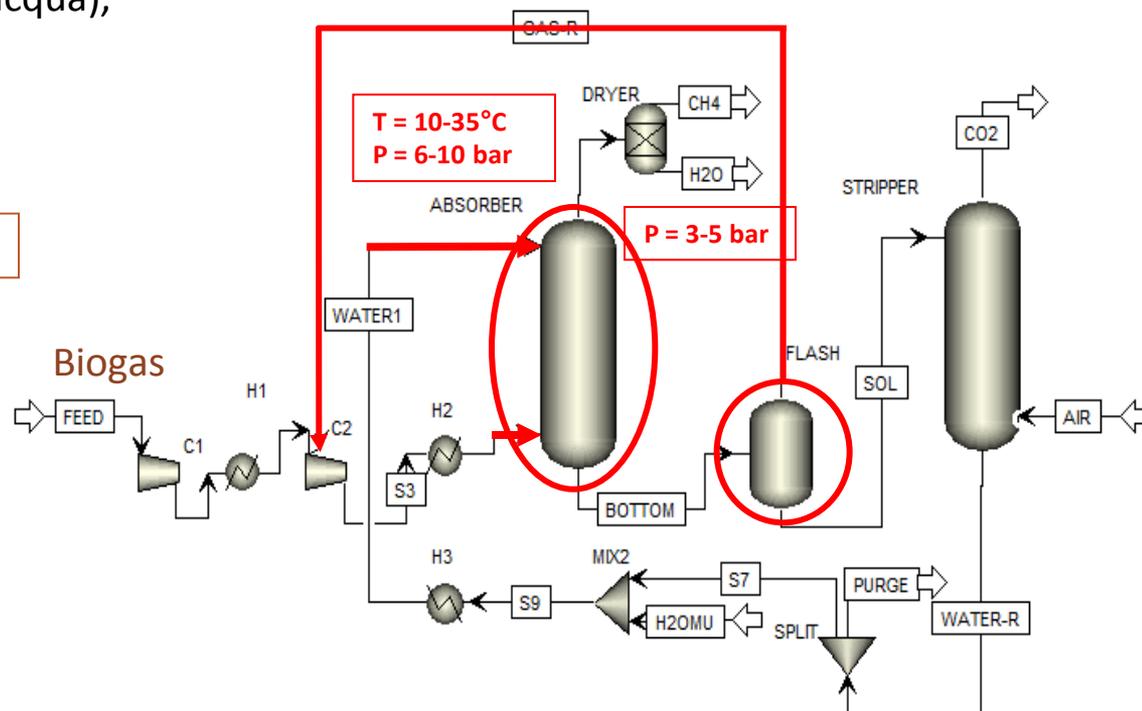
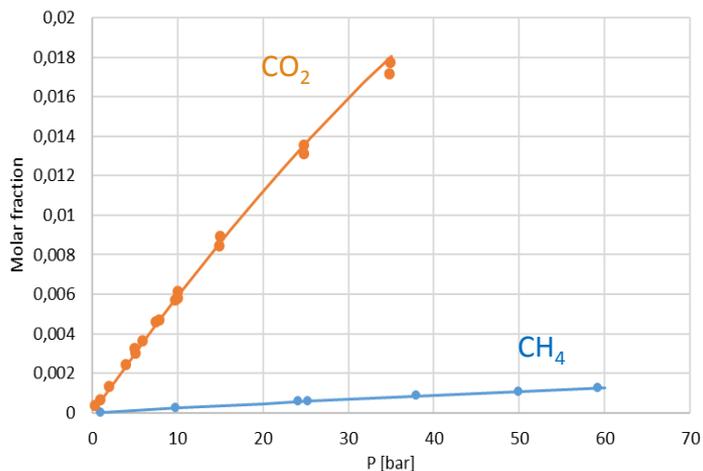


Pressure water scrubbing (PWS)



Assorbimento fisico: sfrutta la differenza di solubilità di CO_2 e CH_4 in un solvente (acqua), per assorbire selettivamente la prima

Solubilità di CO_2 e CH_4 in H_2O a $T = 25^\circ\text{C}$

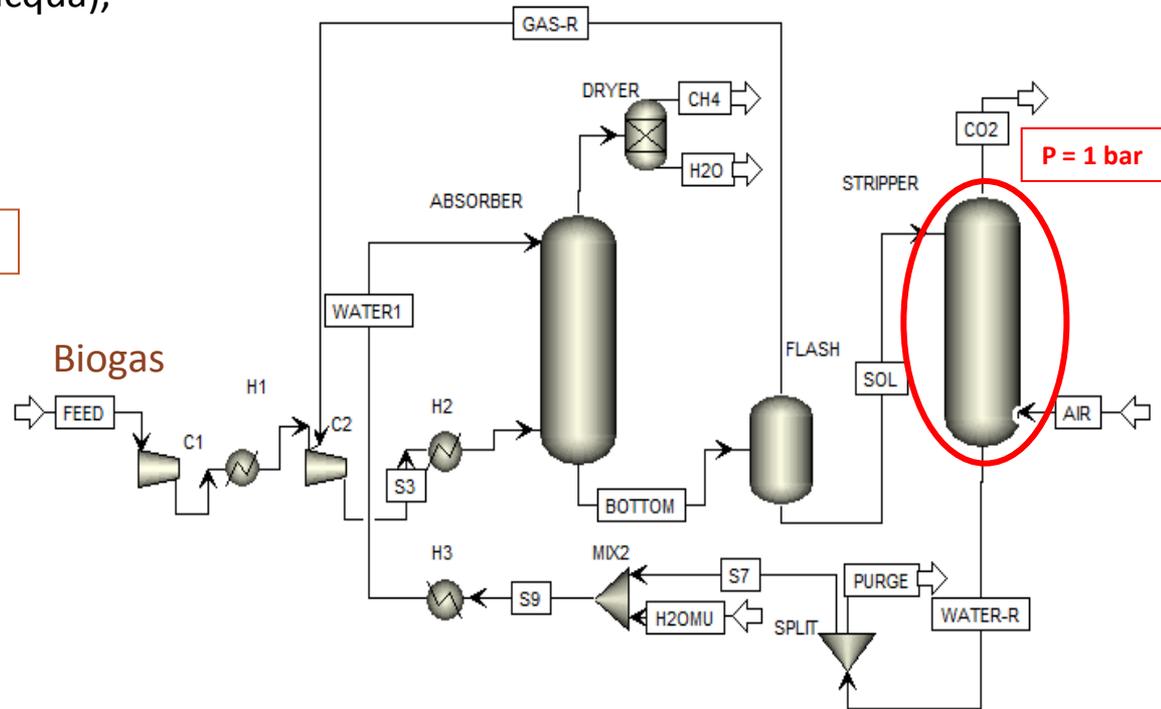
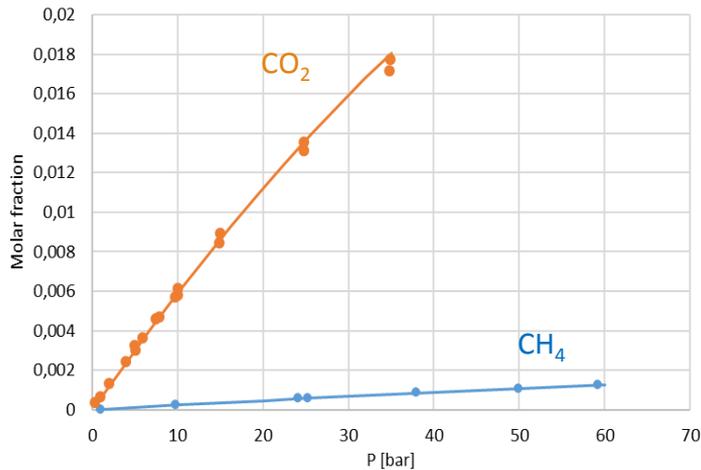


Pressure water scrubbing (PWS)



Assorbimento fisico: sfrutta la differenza di solubilità di CO_2 e CH_4 in un solvente (acqua), per assorbire selettivamente la prima

Solubilità di CO_2 e CH_4 in H_2O a $T = 25^\circ\text{C}$



Pressure water scrubbing (PWS)

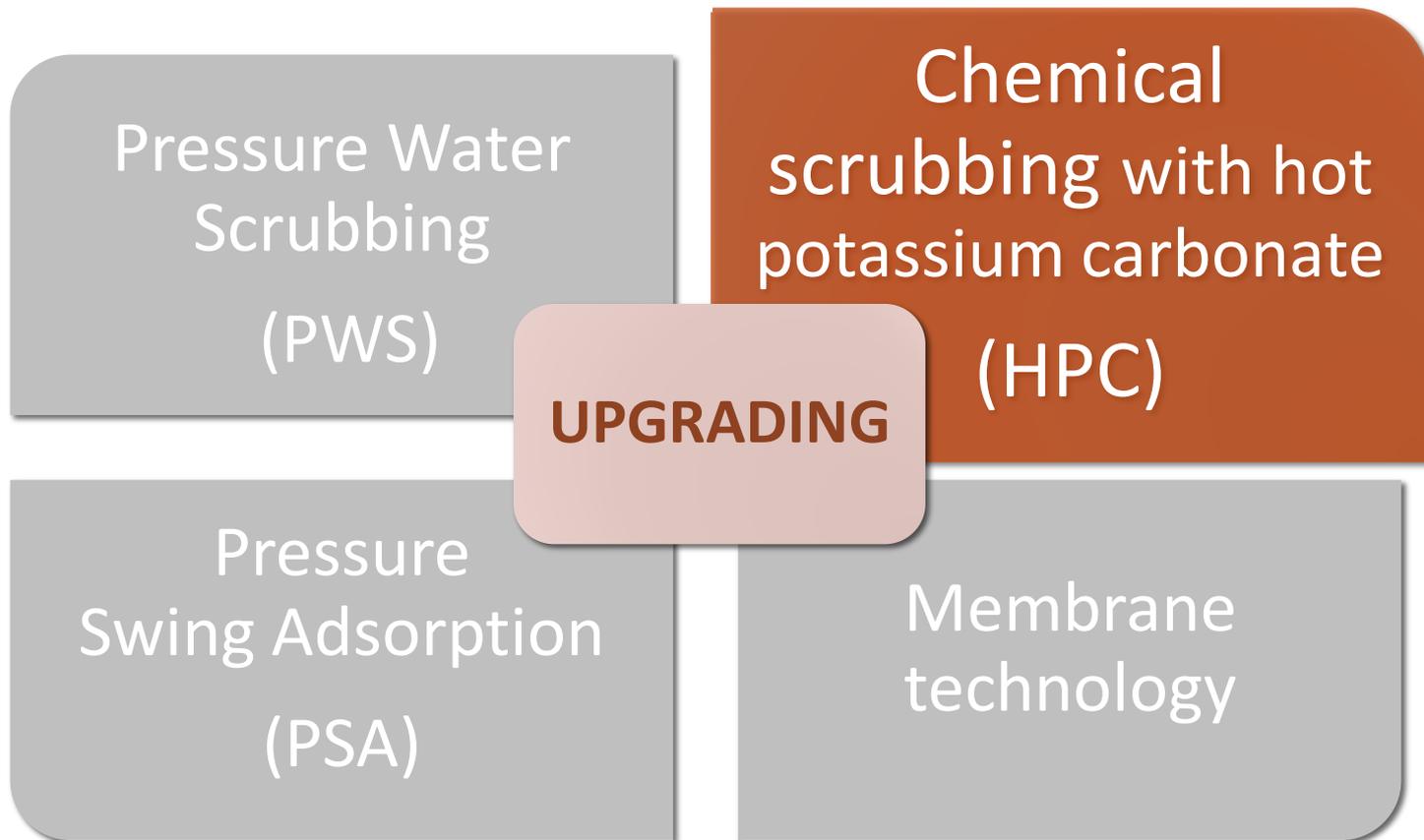


- Purezza del biometano > **98% vol**
- Recupero del metano **98-99%**
- Consumi specifici: **0.22-0.3 kWh/Nm³**
- Tecnologia robusta ed affidabile
- Nessun fabbisogno di reagenti chimici
- Non vi è consumo di calore
- Possibilità di rimozione anche dell'H₂S



- Necessità di deumidificazione del biometano
- Aumento del contenuto di tracce di N₂ e O₂ nel biometano prodotto
- Bassa purezza della CO₂ prodotta
- Necessità di alte portate di acqua: apparecchiature di grosse dimensioni
- Smaltimento di consistenti quantità di acqua acidificata

Tecnologie di upgrading



Chemical scrubbing (HPC)

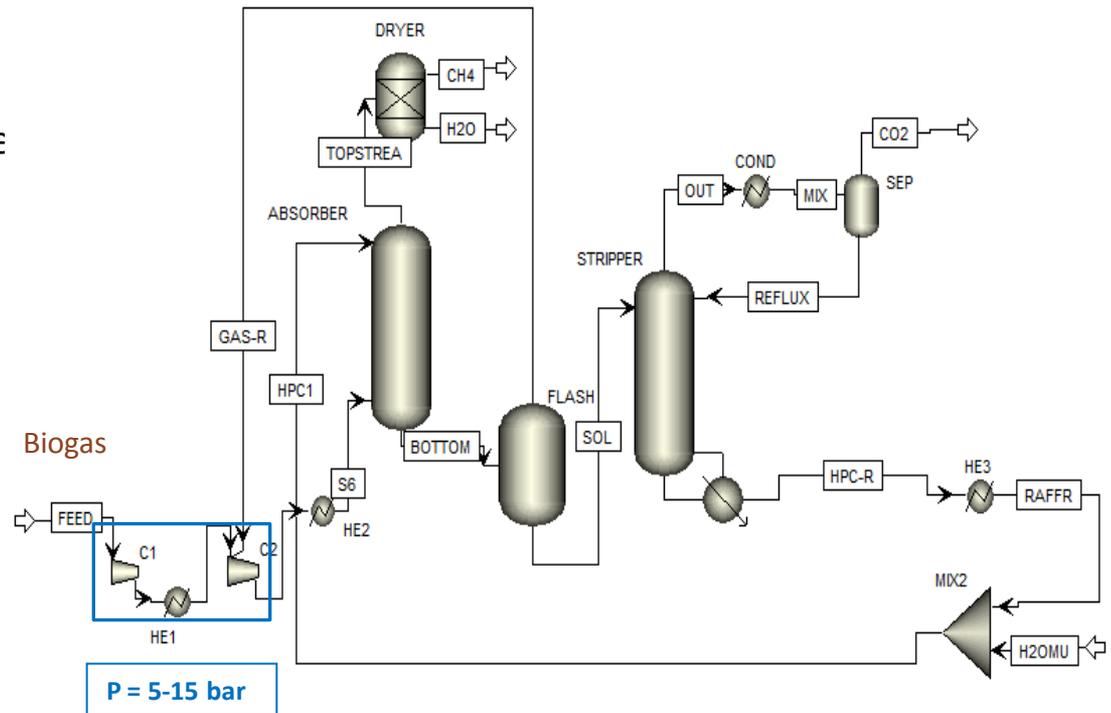
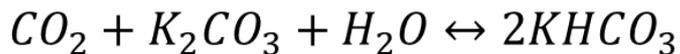


Assorbimento chimico: impiego di una soluzione in cui la CO_2 non solo viene disciolta, ma viene coinvolta in una reazione chimica.

Tradizionalmente soluzioni di ammine (MEA, DMEA), molto efficienti ma associate a problemi di tossicità per l'uomo e l'ambiente.



Soluzioni saline:
 K_2CO_3 (Hot Potassium Carbonate)



Chemical scrubbing (HPC)

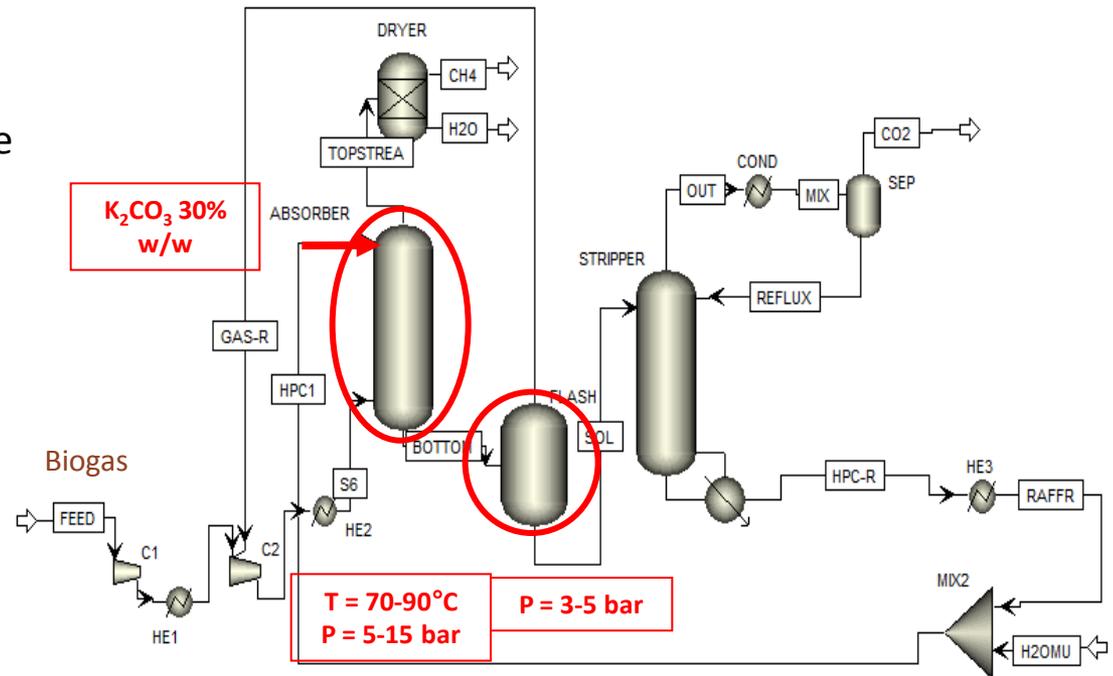
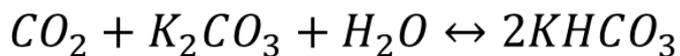


Assorbimento chimico: impiego di una soluzione in cui la CO_2 non solo viene disciolta, ma viene coinvolta in una reazione chimica.

Tradizionalmente soluzioni di ammine (MEA, DMEA), molto efficienti ma associate a problemi di tossicità per l'uomo e l'ambiente.



Soluzioni saline:
 K_2CO_3 (Hot Potassium Carbonate)



Chemical scrubbing (HPC)

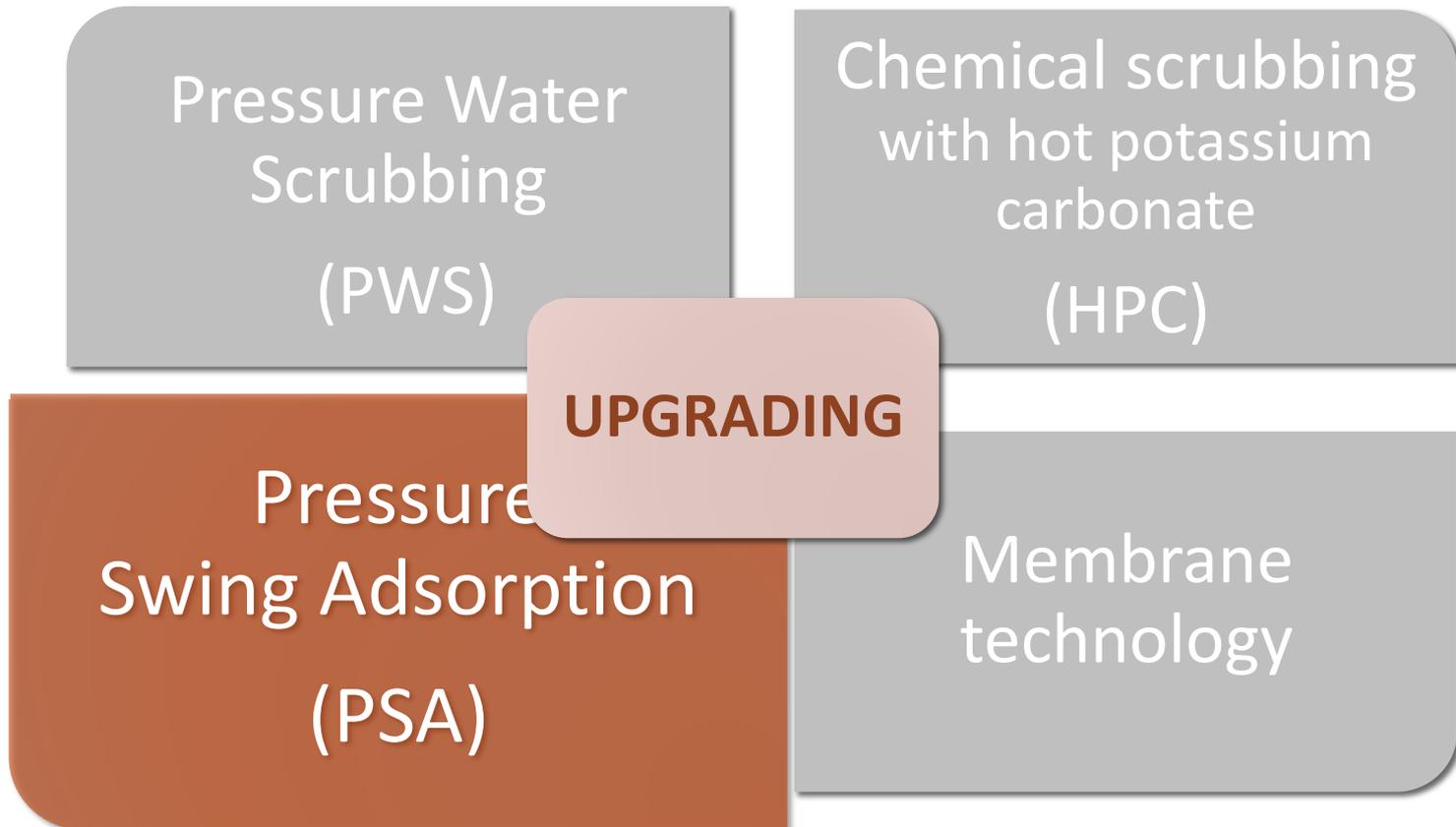


- Purezza del biometano > **98% vol**
- Recupero del metano **99.9%**
- Consumi elettrici specifici: **0.17 - 0.2 kWh/Nm³**
- Elevata purezza della CO₂ prodotta (99.9%)
- Portate di soluzione molto inferiori (1/4-1/10)
- Non vi è introduzione di O₂ nel processo



- Necessità di deumidificazione del biometano
- Elevati consumi termici (0.4-0.6 kWh/Nm³)
- Impiego di reagenti chimici

Tecnologie di upgrading



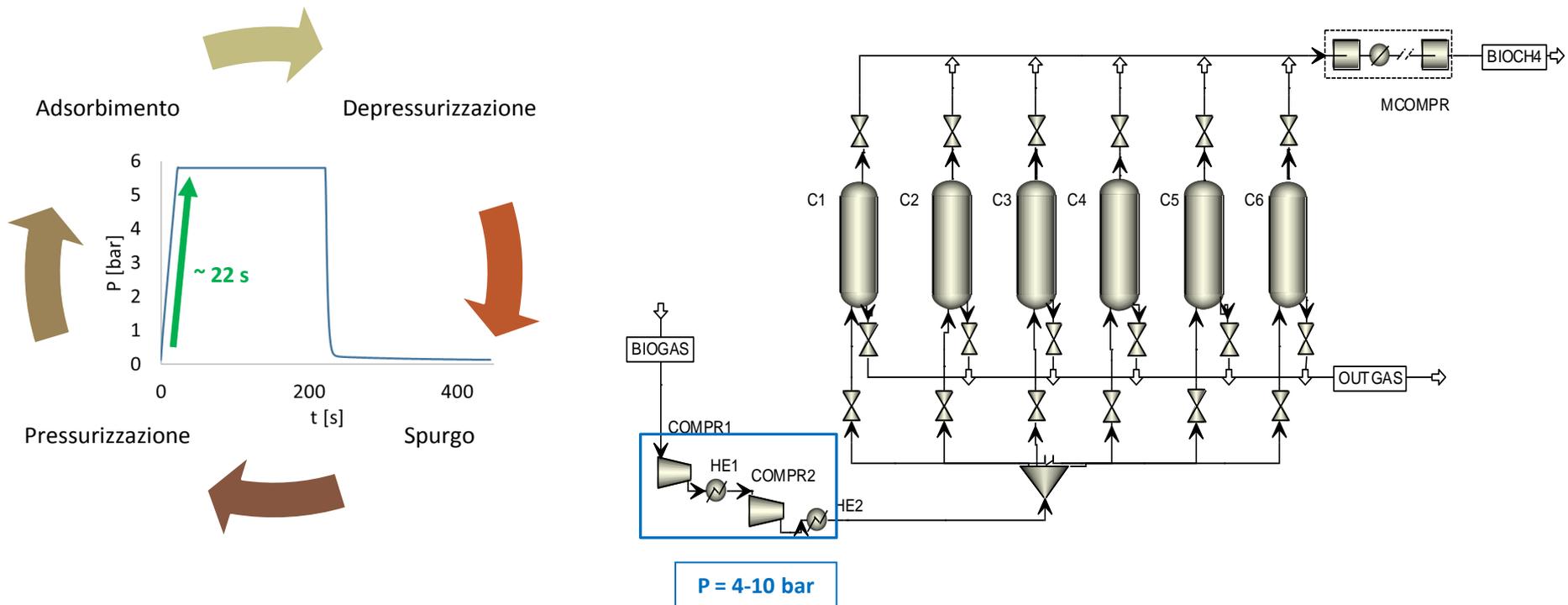
Pressure Swing Adsorption(PSA)



Adsorbimento a pressione oscillante: impiego di materiali porosi ad alta superficie specifica in grado di adsorbire selettivamente CO_2 , N_2 e O_2 in pressione, e di rilasciarli a pressione inferiore.

Adsorbenti di equilibrio (zeoliti): adsorbono quantità più elevate di CO_2 rispetto a CH_4

Adsorbenti cinetici (CMS): adsorbono molto più rapidamente la CO_2 rispetto al CH_4



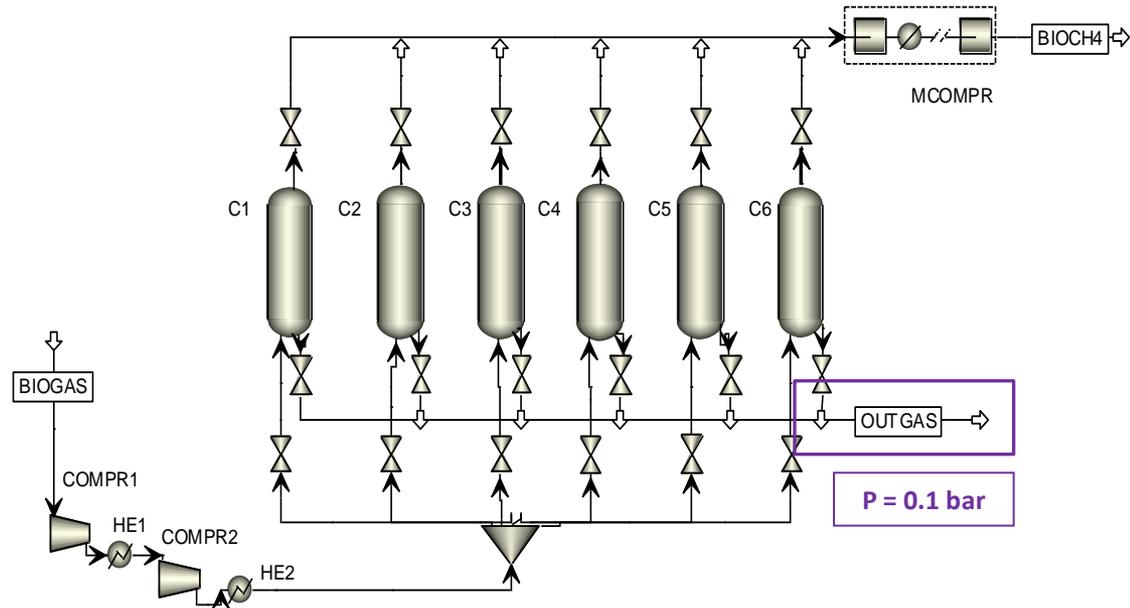
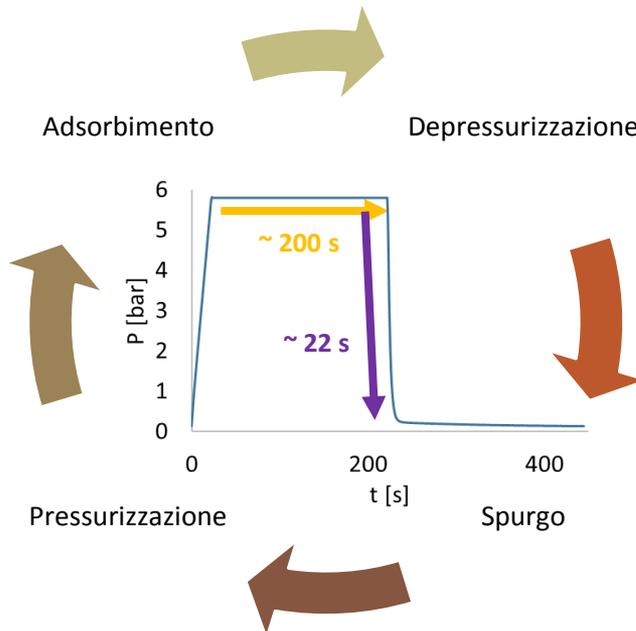
Pressure Swing Adsorption(PSA)



Adsorbimento a pressione oscillante: impiego di materiali porosi ad alta superficie specifica in grado di adsorbire selettivamente CO_2 , N_2 e O_2 in pressione, e di rilasciarli a pressione inferiore.

Adsorbenti di equilibrio (zeoliti): adsorbono quantità più elevate di CO_2 rispetto a CH_4

Adsorbenti cinetici (CMS): adsorbono molto più rapidamente la CO_2 rispetto al CH_4

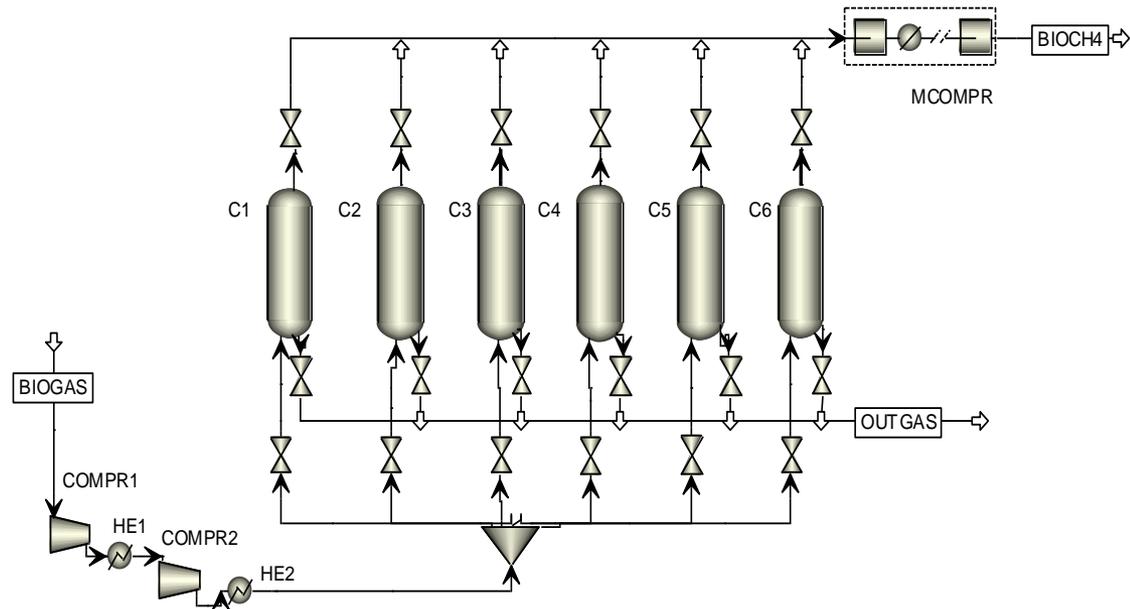
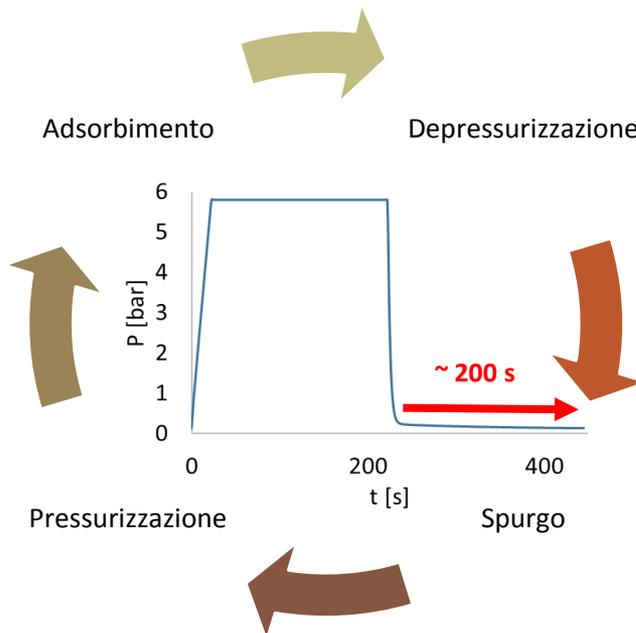


Pressure Swing Adsorption(PSA)

Adsorbimento a pressione oscillante: impiego di materiali porosi ad alta superficie specifica in grado di adsorbire selettivamente CO_2 , N_2 e O_2 in pressione, e di rilasciarli a pressione inferiore.

Adsorbenti di equilibrio (zeoliti): adsorbono quantità più elevate di CO_2 rispetto a CH_4

Adsorbenti cinetici (CMS): adsorbono molto più rapidamente la CO_2 rispetto al CH_4



Pressure Swing Adsorption (PSA)



- Purezza del biometano > **98% vol**
- Recupero del metano **98-99%**
- Consumi elettrici specifici: **0.17 - 0.23 kWh/Nm³**
- Tecnologia robusta ed affidabile
- Non vi è necessità di deumidificare il biometano
- Parziale riduzione delle tracce di O₂ ed N₂
- Longevità dei CMS
- Non vi è consumo di calore



- Bassa purezza della CO₂ prodotta
- Particolarmente sensibile all'H₂S
- Alti costi capitali (conveniente per taglie impiantistiche > 500 Nm³/h di biogas)
- Necessità di buffer per il biogas in ingresso e per il biometano in uscita

Tecnologie di upgrading



Pressure Water
Scrubbing
(PWS)

Chemical scrubbing
with hot potassium
carbonate
(HPC)

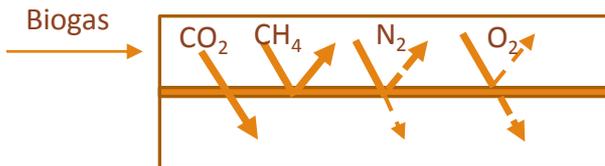
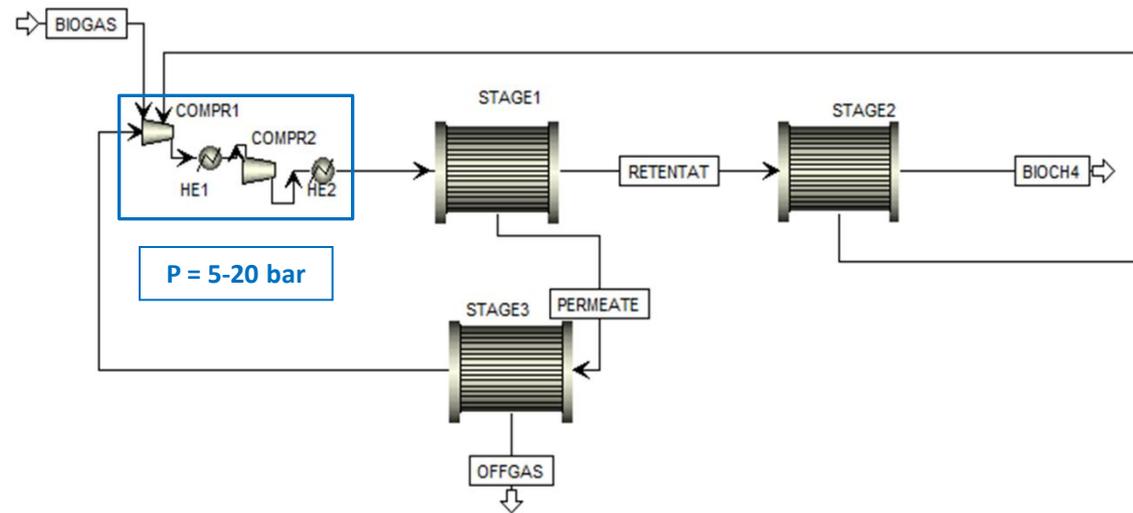
UPGRADING

Pressure
Swing Adsorption
(PSA)

Membrane
technology

Membrane technology

Membrane: sfrutta la differenza di permeabilità di CO_2 e CH_4 attraverso membrane polimeriche.
 CO_2 e O_2 permeano attraverso la membrana, mentre CH_4 e N_2 restano nel retentato.

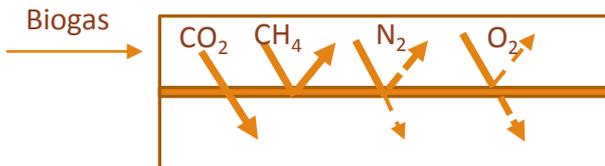
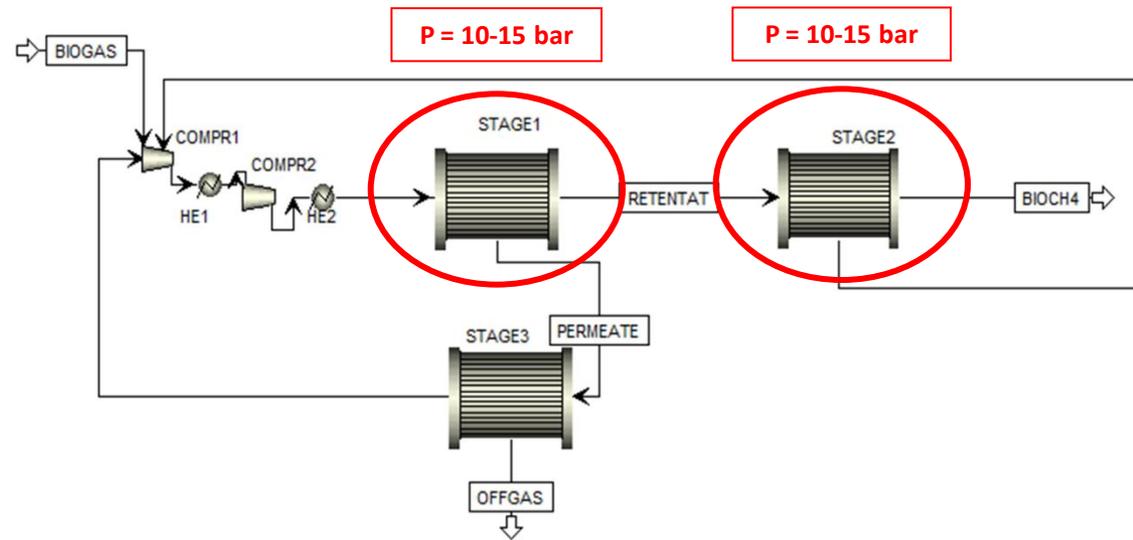


Forza motrice: gradiente di pressione parziale
Selettività CO_2/CH_4 : 30-50

Membrane technology

Membrane: sfrutta la differenza di permeabilità di CO_2 e CH_4 attraverso membrane polimeriche.

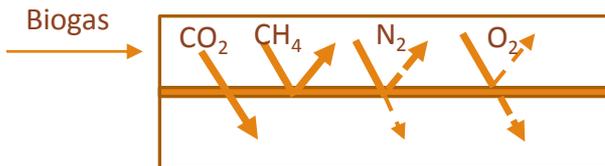
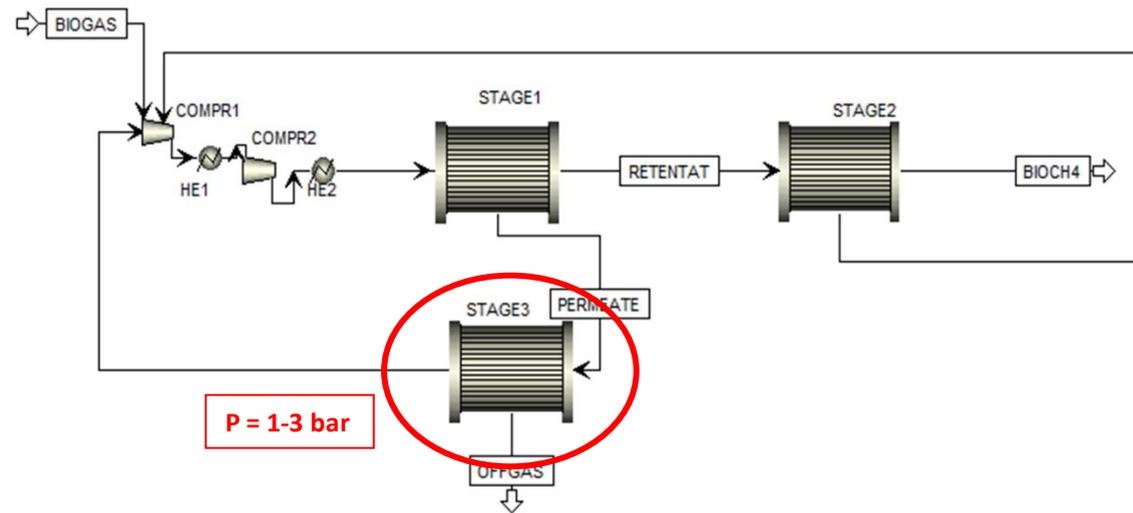
CO_2 e O_2 permeano attraverso la membrana, mentre CH_4 e N_2 restano nel retentato.



Forza motrice: gradiente di pressione parziale
Selettività CO_2/CH_4 : 30-50

Membrane technology

Membrane: sfrutta la differenza di permeabilità di CO_2 e CH_4 attraverso membrane polimeriche.
 CO_2 e O_2 permeano attraverso la membrana, mentre CH_4 e N_2 restano nel retentato.



Forza motrice: gradiente di pressione parziale
Selettività CO_2/CH_4 : 30-50



- Purezza del biometano **>98% vol**
- Recupero del metano **> 99%**
- Consumi elettrici specifici: **0.25 - 0.3 kWh/Nm³**
- Buona purezza della CO₂ prodotta (98.9%)
- Non vi è necessità di deumidificare il biometano
- Parziale riduzione delle tracce di O₂ ed N₂
- Non vi è consumo di calore



- Necessità di sostituire le membrane (5-6 anni - >10)
- Prestazioni ridotte gradualmente nel tempo
- Perdite di carico lungo i moduli
- Suscettibili a solfuri, ammoniaca, idrocarburi, composti aromatici

RIASSUNTO PRESTAZIONI

Tecnologia	Purezza bio-CH ₄ [% vol]	Recupero bio-CH ₄ [%]	Consumi termici [kWh/Nm ³ biogas]	Consumi elettrici [kWh/Nm ³ biogas]
PWS	> 98%	98-99%	-	0.22-0.3
HPC	> 98%	99.9%	0.4-0.6	0.17-0.2
PSA	>98%	98-99%	-	0.17-0.23
Membrane	>98%	>99%	-	0.25-0.3

I valori sono ricavati da letteratura, analisi dirette, e da calcoli di simulazioni di processo

In termini di prestazioni, e di costi, non vi sono grosse differenze tra le tecnologie di upgrading. La scelta della tecnologia migliore dipenderà dalle caratteristiche del biogas da trattare e dall'utilizzo finale del biometano prodotto