

LIBERO INGEGNO - SOCIETA' DI INGEGNERIA S.r.l.

VALUTAZIONE DEL RISCHIO INCENDIO ED ESPLOSIONE IMPIANTO "UP-GRADING"

Doc. 41 REV. 1

COMMITTENTE: ADRIAMET S.R.L.

CORSO PORTA RENO, 115

FERRARA

IMPIANTO BIOMETANO OSTELLATO

ZONA SIPRO OSTELLATO (FE)

VIA DONATELLO - Foglio 59 Particella 97

Ostellato, Luglio 2022

Ing. Lorenzo Nuccioti
(N° iscrizione Ordine Ingegneri BO 5297/A)



LIBERO INGEGNO - SOCIETA' DI INGEGNERIA S.r.l.

tel. 335 7960055 - email: info@liberoingegno.it
Via Luigi Bertelli, 5 40068 San Lazzaro di Savena (BO)

RIFERIMENTI TECNICI

Il riferimento tecnico della presente relazione è da intrattenersi con la società:

LIBERO INGEGNO – SOCIETA' DI INGEGNERIA S.r.l.

Via Luigi Bertelli, 5

San Lazzaro di Savena (BO)

Tel. 335-7960055

e-mail: info@liberoingegno.it

nelle persone di:

Nucciotti Ing. Lorenzo

VALUTAZIONE DEL RISCHIO INCENDIO E ESPLOSIONE RELATIVA ALL'IMPIANTO "UP-GRADING" DI TRATTAMENTO DEL BIOGAS, BIOMETANO

Specifica valutazione del rischio esplosione è stata trattata nel documento "Valutazione del rischio esplosione".

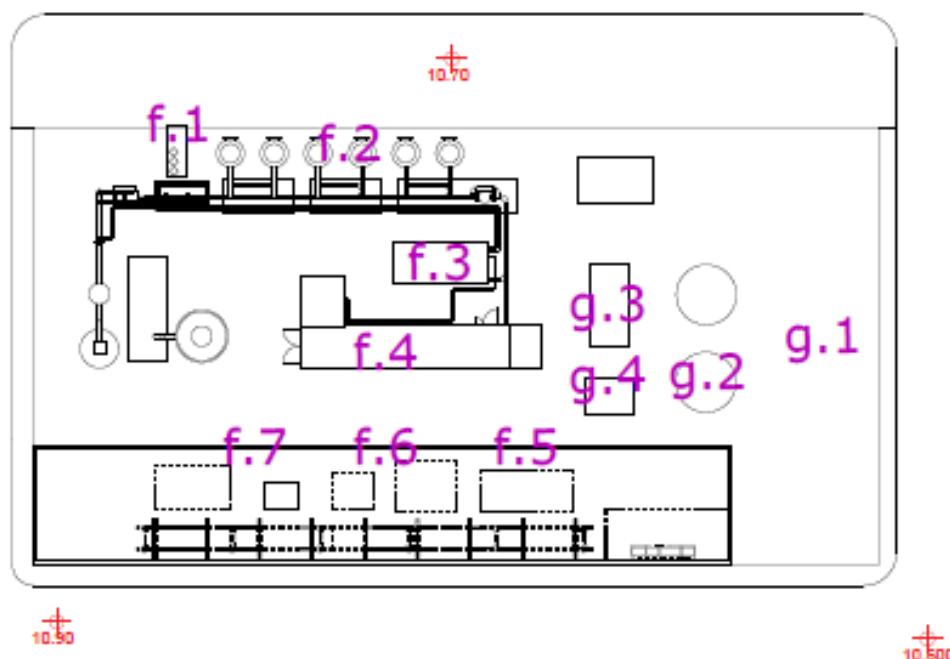
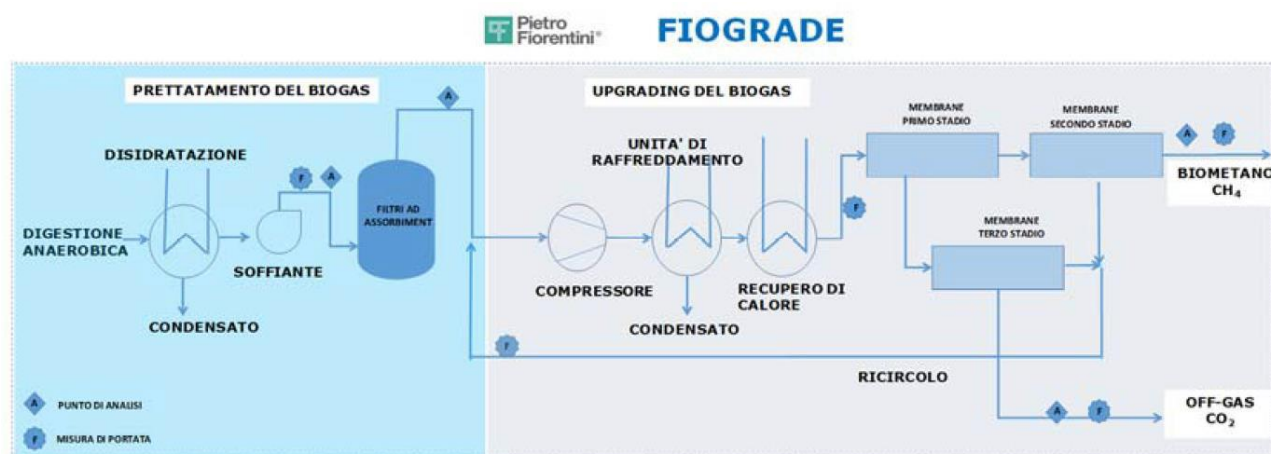


Fig. 1 - dettaglio impianto UP-GRADING

In questa area avviene l'upgrading del biogas prodotto nell'area D. Il processo che porta il Biogas a diventare Biometano e CO₂ è suddiviso in due macro trattamenti, il pretrattamento e l'upgrading. Nello specifico caso viene applicata la tecnologia FIOGRADE di Pietro Fiorentini o una equivalente.



Il pretrattamento prevede un primo passaggio opzionale di abbattimento dell'eventuale ammoniacale (fino alla messa in funzione non è possibile prevedere la reale necessità di questo passaggio motivo per cui è comunque previsto). Nel caso fosse necessario questo passaggio, che serve soprattutto a diminuire la manutenzione della sezione di desolforazione, l'apparato consisterebbe in una torre di lavaggio alta 3 metri e diametro 0,5m.

In seguito il biogas viene inviato all'unità di desolforazione biochimica per la riduzione dell'H₂S presente nel biogas.

Il biogas viene poi trattato nella successiva unità di disidratazione, al fine di eliminare la frazione liquida presente nella corrente e migliorare le performance di rimozione H₂S e di compressione.

A valle della disidratazione (f.1), il biogas verrà prelevato da una soffiante e rilanciato alla sezione di Filtrazione a Carboni Attivi (f.2), necessari alla rimozione di H₂S, silossani e VOC che altrimenti inficerebbero la resa d'epurazione.

Il biogas condizionato a questo punto viene compresso (f.3) a circa 12 bar, disidratato ed inviato all'Unità di Epurazione, anche nota come unità di Upgrading (f.4) completa di 3 stadi di membrane atte a separare CO₂ e CH₄, ottenendo quindi una corrente di Biometano, disponibile alla cabina di iniezione per immissione in rete (g.6), previa compressione ad adeguato livello di pressione (g.5).

Il sistema è dotato di un sistema di strumentazione e controllo incluso un PLC per la gestione e supervisione comune di tutta la stazione, la localizzazione del centro di controllo è nel locale di pretrattamento da dove si ha il controllo dell'intero impianto (a.4).

L'upgrading del biometano

La miscela di gas prodotta durante la digestione anaerobica è principalmente composta da circa il 60% di Metano (CH₄) e circa il 40% di Anidride Carbonica (CO₂). Oltre a vapore acqueo e tracce di altri gas prodotti durante la digestione. Il processo di upgrading è principalmente un processo di depurazione del componente principale, il metano, rimuovendo tutti gli altri gas non desiderati. Nello specifico caso qui descritto, la CO₂ è a tutti gli effetti un prodotto secondario, che previa depurazione e liquefazione, viene poi immesso sul mercato.

La tecnologia di upgrading a membrane è molto sensibile all'umidità del gas e al contenuto di componenti come H₂S e altri. Viene previsto infatti un pretrattamento del gas per abbatterne il contenuto.

I principali passaggi del processo sono quindi:

1. Pretrattamento per deumidificare il gas e rimuovere l'H₂S zona f.1 e f.2;
2. Compressione Volumetrica a basso consumo zona f.3;

3. Separazione ad alta selezione di CO₂ e CH₄ zona f.4.

Il pretrattamento avviene tramite il passaggio in dei deumidificatori raffreddati da dei chiller posti in vicinanza agli stessi. Successivamente il gas subisce un trattamento inteso ad abbassare la quantità di componenti come H₂S, H₂ O₂ o altri VOC.

In seguito a questo pretrattamento il gas viene compresso e nuovamente deumidificato.

Successivamente il gas, ancora ricco di CO₂, viene inviato al processo di epurazione o upgrading.

Il sistema di upgrading proposto si basa sulla tecnologia a membrane, che permette una separazione selettiva della CO₂ dal CH₄, sulla base della diversa permeabilità.

Le membrane scelte per l'impianto sono le PRISM® di AIR PRODUCTS o equivalenti, composte da migliaia di minuscole fibre cave brevettate filate da polimeri all'avanguardia e assemblate in resistenti involucri in alluminio leggero.

Questa tecnologia, grazie all'utilizzo di Membrane Polimeriche a Fibra Cava (Hollow polymeric fiber membrane) in combinazione con un pretrattamento e post trattamento riesce a garantire un'altissima qualità del biometano in uscita. Per citare alcuni valori la sezione a membrane arriva al recovery rate atteso di 99,5% (garantito 99%) a pieno carico. Garantendo un contenuto in metano minimo del 97,5% e rientrando in tutti i parametri relativi alla norma UNI/TS 11537:2019 (Immissione di biometano nelle reti di trasporto e distribuzione di gas naturale).

Si fa presente come in questa macroarea entri Biogas ed escano principalmente CO₂ e Biometano. Nella tabella sottostante è specificato il contenuto del Biometano dopo l'upgrading.

PARAMETRO	SIMBOLO	UNITÀ	VALORE
Flusso BIOMETANO	Q	Nm ³ /h	400
Pressione	P	Barg	11 < P < 12
Temperatura	T	°C	5 < T < 15
Metano	CH ₄	% vol	CH ₄ > 97,5
Anidride Carbonica	CO ₂	% vol	CO ₂ < 1,5
Idrogeno	H ₂	% vol	H ₂ < 0,5
Ossigeno	O ₂	% vol	O ₂ < 0,6
Azoto	N ₂	% vol	N ₂ < 0,2
Acido Solfidrico	H ₂ S	mg/Nm ³	Tracce
Ammoniaca	NH ₃	ppm	NH ₃ < 14
VOC		mg/Nm ³	Tracce

Tabella 1: Parametri di progetto del Biometano dopo la sezione di Upgrading

UNITÀ DI RIMOZIONE NH₃ (OPZIONALE)

Come specificato, è prevista a progetto ma sarà installata solo in caso di necessità, una piccola unità di rimozione di NH₃.

Tipo di Zona	Colonna di lavaggio
Zona soggetta a controllo odori	NO
Ingresso	100% della portata di Biogas contenente fino a 1000 ppm di NH ₃
Uscita	100% della portata di Biogas contenente meno di 10 ppm di NH ₃

Lo scopo di questa sezione è quello di migliorare le prestazioni della successiva zona di rimozione H₂S e VOC, al tempo stesso riducendone la manutenzione ed il consumo di carboni attivi.

DISIDRATAZIONE E RIMOZIONE H₂S (ZONA F.1)

Questo primo passaggio, abbate il contenuto di H₂S all'interno del Biogas. Questo primo abbattimento permette di preservare l'integrità dei materiali di costruzione e il rendimento delle membrane allungando il tempo di saturazione del carbone attivo. L'unità di desolforazione con NaOH consiste in:

- Torre di abbattimento
- Vasche di ossidazione
- Sedimentatore
- Demister
- Completo di pompa di ricircolazione e carico sedimentatore

Tipo di Zona	Unità di trattamento + dryer
Zona soggetta a controllo odori	NO
Materiale stoccata	Reagente AD13 (autonomia mensile) c.ca 1 ton NaOH (autonomia mensile) c.ca 450 kg
Quantità utilizzata annualmente	Reagente AD13 1,69 kg/h c.ca 14 ton/anno NaOH 0,71 kg/h c.ca 6 ton/anno Acqua* 13,4 l/h c.ca 117 m ³ /anno <small>*L'acqua utilizzata viene dal ciclo interno delle acque ed è completamente recuperata</small>
Potenza elettrica pompe + dryer	18 + 48 = 66 kWel

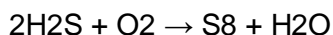
FILTRAZIONE H₂S, SILOSSANI E VOC (ZONA F.2)

Il gas deumidificato viene quindi sottoposto ad un trattamento a carboni attivi per la rimozione di H₂S e VOC, che vanno a diminuire le prestazioni delle membrane.

Il sistema si compone di:

- nr.1 set di filtri in configurazione LEAD and LAG, completi di bypass, per un totale di nr.2 Filtri per la rimozione dell'H₂S fino a < 5 ppm con utilizzo di carboni attivi impregnati ad alta capacità di adsorbimento sviluppati per la purificazione del biogas, con superficie porosa ad elevata area specifica
- nr. 1 set di filtri in configurazione LEAD and LAG, completi di bypass, per un totale di nr.4 X 50% Filtri per la rimozione dei VOC a carboni attivi.

L'H₂S viene trattenuto sull'estesa superficie dei carboni attivi e viene ossidato dall'ossigeno presente nel biogas a zolfo elementare secondo la seguente relazione:



Il gas entra nel primo filtro e poi nel secondo (configurazione LEAD and LAG) per garantire il massimo della rimozione possibile: l'analisi di H₂S sulla corrente di uscita dal primo filtro permette di rilevare quando questo raggiunge la saturazione e bypassare il flusso entrante direttamente sul secondo filtro per mantenere il grado di rimozione desiderato e procedere alla sostituzione del carbone attivo nel primo.

Tipo di Zona	Serbatoi di trattamento
Zona soggetta a controllo odori	NO
Materiale stoccata	Carboni attivi per assorbimento H ₂ S (2 x 2895 kg) - uno attivo ed uno in bypass Carboni per assorbimento VOC (4 x 3448 kg) - due attivi ed due in bypass
Ricambio carboni attivi a pieno carico*	Carboni H ₂ S ogni 8,2 mesi Carboni VOC ogni 2 mesi

*tali valori valgono nelle condizioni peggiorative che sono state considerate, nel normale funzionamento questi tempi potranno allungarsi, i carboni vengono sostituiti solo nei filtri precedentemente attivi e tenuti in bypass a cicli alterni.

F.2
Serbatoi H₂S e VOC

COMPRESSIONE E RAFFREDDAMENTO (ZONA F.3)

Tipo di Zona	Macchina
Zona soggetta a controllo odori	NO
Potenza elettrica compressione	315 kW
Potenza elettrica chiller	48 kW

F.3
Compressione + Chiller

Il biogas essiccato e trattato deve quindi essere compresso per fornire in ingresso all'unità di purificazione un biogas a pressione di circa 12 barg e temperatura idonea di circa 20°C.

L'unità di compressione si articola in:

- Compressore a vite, monostadio, completo di inverter per permettere la variazione

della portata sulla base della richiesta riducendo i consumi elettrici, tipo antiscintilla in versione Eex-n certificato ATEX per Zona II. Il motore elettrico è accoppiato direttamente al blocco compressore tramite un giunto elastico, è provvisto di serbatoio gasolio/olio, valvola di minima pressione e raffreddamento finale raffreddato da una ventola separata per evitare il funzionamento a temperature troppo basse del gas. In aspirazione al compressore è presente un filtro (grado di filtrazione 25 μm) completo di dispositivi di scarico e di sicurezza.

Il package è corredato da:

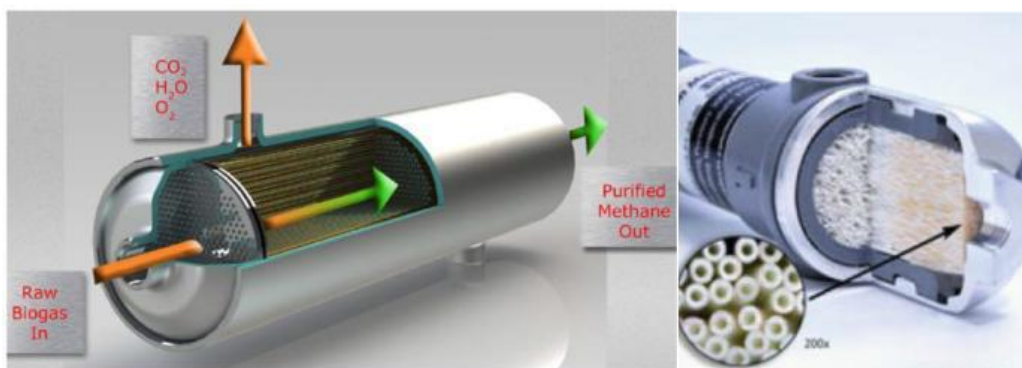
- Valvola di depressurizzazione con scarico in atmosfera o ritorno alla linea di aspirazione
- Valvola di bypass automatica per ricircolo della portata a minima velocità, che potrà essere elettrica pneumatica (compressore aria per alimentazione escluso dalla fornitura)
- Circuito di raffreddamento per gas compresso combinato con Air cooler e scambiatori gas/acqua refrigerata
- Circuito del raffreddamento olio per mezzo di Air-cooler
- Sistema di recupero termico sul circuito dell'olio per mezzo di uno scambiatore a fascio tubiero. (in opzione)
- Unità di Filtrazione fine con filtri ad alta efficienza coalescenti per ridurre il contenuto d'olio a 0.01mg/m³. A monte viene prevista un'unità di raffreddamento del biogas con acqua refrigerata ed essiccazione del Biogas in uscita in modo da migliorare l'efficienza di filtrazione.

UNITÀ DI UPGRADING (ZONA F.4)

Tipo di Zona	Macchina
Zona soggetta a controllo odori	NO
Materia in ingresso	700 Nm ³ /h Biogas
Materia in uscita	Fino a 500 Nm ³ /h di BIOMETANO Circa 300 Nm ³ /h CO ₂ ed altri componenti vedere Tabella 2

Il sistema di upgrading proposto si basa sulla tecnologia a membrane, che permette una separazione selettiva della CO₂ dal CH₄, sulla base della diversa permeabilità.

Le membrane scelte per l'impianto sono le PRISM® di AIR PRODUCTS o equivalenti, composte da migliaia di minuscole fibre cave brevettate filate da polimeri all'avanguardia e assemblate in resistenti involucri in alluminio leggero.



Quando il gas compresso entra nella membrana, gas "veloci" come anidride carbonica, ossigeno e vapore acqueo permeano preferenzialmente attraverso la membrana verso l'esterno delle fibre, dove viene mantenuta una pressione inferiore. Questi gas si raccolgono all'interno dell'alloggiamento del separatore e controcorrente ai gas all'interno delle fibre cave escono dal contenitore per proseguire verso lo stadio successivo.

Questo processo di separazione crea una corrente di prodotto ricca di metano ad alta pressione (indicata anche come retentato) e una corrente arricchita di anidride carbonica a bassa pressione (indicata come permeato).

L'impianto proposto prevede 3 stadi di Purificazione per raggiungere il grado di purezza desiderato:

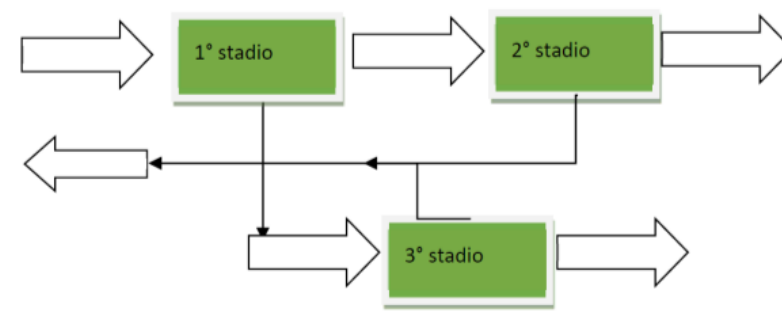


Figura 2: Schema di riferimento del ricircolo tra gli stadi del sistema di up-grading.

Il biogas entra nel 1° stadio a pressione di circa 12.5 bar e viene separato in un primo flusso ricco in Metano e un permeato ricco in anidride carbonica.

Il retentato passa al secondo stadio dove viene ulteriormente purificato ottenendo una portata di Biometano almeno al 97% di CH₄ ad una pressione di 12 barg che potrà poi essere ulteriormente compresso fino a 70 barg e reso disponibile per la cabina d'iniezione.

Il permeato del 1° stadio passa al 3° stadio per recuperare il CH₄ presente che viene inviato insieme al permeato del 2° stadio al compressore per il ricircolo. In questo modo il recovery garantito di CH₄ sul processo è di almeno il 99%.

Il permeato del 3° stadio è composto principalmente da CO₂, viene prelevato da pompa da vuoto e viene inviato come "off-gas" al recupero per il riutilizzo.

Le membrane PRISM sono certificate III categoria PED e quindi possono essere facilmente integrate nei sistemi di Upgrading ai fini della certificazione finale d'assieme.

Garantendo un contenuto in metano minimo del 97% il sistema rientra in tutti i parametri relativi alla norma UNI/TS 11537:2019 (Immissione di biometano nelle reti di trasporto e distribuzione di gas naturale).

PARAMETRO	SIMBOLO	UNITÀ	VALORE
Flusso	Q	Nm ³ /h	300
Pressione	P	Bar	0.03
Temperatura	T	°C	55 < T < 67
Metano	CH ₄	% vol	CH ₄ < 0,5
Anidride Carbonica	CO ₂	% vol	98,7
Idrogeno	H ₂	% vol	0
Ossigeno	O ₂	% vol	O ₂ < 0,5
Azoto	N ₂	ppm	N ₂ < 10
Acido Solfidrico	H ₂ S	ppm	H ₂ S < 10
Ammoniaca	NH ₃	mg/Nm ³	Tracce
VOC		mg/Nm ³	Tracce

Tabella 2: Componenti del "OFF-GAS" del sistema di upgrading

CONCLUSIONI:

descrizione dell'elemento pericoloso	tipologia di rischio	misure di prevenzione	misure di protezione
presenza di biogas (composto da CO ₂ e CH ₄). Presenza quindi di un gas infiammabile	rischio esplosione rischio incendio	valvola di sicurezza; torcia; installazione di componenti di impianto e sistemi di connessione	rete idrica antincendio; distanza di sicurezza; squadra antincendio

		elettrica non in grado di provocare l'accensione di atmosfere esplosive; installazione di prodotti conformi alla legislazione comunitaria sui luoghi con rischio di esplosione;	
presenza di NH ₃ (inquinante del biogas)	rischio esplosione	abbattimento di NH ₃ durante il processo di pretrattamento; installazione di componenti di impianto e sistemi di connessione elettrica non in grado di provocare l'accensione di atmosfere esplosive; installazione di prodotti conformi alla legislazione comunitaria sui luoghi con rischio di esplosione;	distanza di sicurezza
presenza di serbatoi di H ₂ S (inquinante del biogas)	rischio esplosione		distanza di sicurezza
compressore	rischio esplosione rischio incendio	compressore di tipo antiscintilla in versione Eex-n certificato ATEX	rete idrica antincendio; distanza di sicurezza; manufatti in c.a.v.;

		per Zona II; pavimento antiscintille;	
--	--	--	--