

MONTEFELTRO FORAGGI srl

Via Indipendenza n. 17

61028 Sassocorvaro (PU)

**IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA
DA FONTI RINNOVABILI (POTENZA NOMINALE 999 KWeI)
MEDIANTE UTILIZZO DI BIOGAS PRODOTTO DALLA DIGESTIONE
ANAEROBICA DI BIOMASSE DI ORIGINE AGRICOLA
SITO NEL COMUNE DI SASSOCORVARO IN VIA PIAN DI CELLE, 9**

PROCEDURA DI VERIFICA ai sensi della L.R. 7/2004 e s.m.i.

PROGETTO PRELIMINARE:

ALLEGATO:

ELABORATO:

1

3

RELAZIONE TECNICA DI PROGETTO

SCALA:

NOME FILE

CODICE COMMESSA

DATA PROGETTO:

A01E03RTECNR00-MNT_SCBIO_PP

MNT_SCBIO_PP

OTTOBRE 2011

PROGETTAZIONE:



**STUDIO ASSOCIATO
LOMBARDI
SPAZZOLI
PAGLIONICO**

AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2008

Via Copernico n° 99 - 47122 Forlì

Tel. 0543/795.295 Fax 0543/798.310

Email: info@studioassociatolombardi.it - www.studioassociatolombardi.it

RESPONSABILE DEL PROGETTO

DOTT. ING. ENNIO SPAZZOLI

PROCEDURA DI CONTROLLO INTERNO:

REV.	DESCRIZIONE:	REDAZIONE:	APPROVAZIONE:	VERIFICA:	DATA:
00	EMISSIONE	DDP	ES	ES	OTTOBRE 2011
01					
02					
03					

INDICE

1-PREMESSA	3
2 – PROCESSO DI DIGESTIONE ANAEROBICA.....	4
3. DESCRIZIONE E DOTAZIONI TECNICHE DELL’IMPIANTO.....	7
3.1 PRODUZIONE E STOCCAGGIO DELLE BIOMASSE	7
3.2 ALIMENTAZIONE DELL’IMPIANTO	9
3.3 CARICAMENTO SOLIDO ORGANICO	10
3.4 PREVASCHE.....	11
3.5 DIGESTORI ED ANNESSI.....	12
3.5.1 Digestori.....	12
3.5.2 Riscaldamento dei digestori.....	12
3.5.3 Postfermentatore.....	13
3.5.4 Accesso alle vasche chiuse ermeticamente.....	13
3.5.5 Controllo visivo.....	13
3.5.6 Valvole di sicurezza sovra/sotto-pressione	14
3.5.7 Sistema di miscelazione	14
3.5.8 Copertura del digestore	15
3.5.9 Scarico (tubo di prelevamento).....	16
3.5.10 Vasche di stoccaggio finale.....	17
3.6 Trattamento biogas	17
3.6.1 Depurazione acido solfidrico	18
3.6.2 Condensazione	19
3.7 Produzione di energia elettrica e calore	19
3.7.1 Modulo di cogenerazione	20
3.8 TRASFERIMENTO DELL’ENERGIA ALLA RETE ELETTRICA	21
4. ASPETTI IMPIANTISTICI GENERALI.....	22
4.1 SALA MACCHINE E COMANDO	22
4.2 SISTEMA DI CONTROLLO	22
4.3 MESSA A TERRA	24
4.4 TORCIA DI SICUREZZA	24
4.5 EMISSIONI	24
5. UTILIZZO DELLA BIOMASSA DIGESTATA.....	25
5.1 CARATTERISTICHE DEL MATERIALE DIGESTATO	26

1-PREMESSA

Il processo di produzione di biogas mediante digestori anaerobici è un processo di conversione di tipo biologico che avviene in assenza di ossigeno e consiste nella demolizione, ad opera di microrganismi, di sostanze organiche complesse (lipidi, protidi, glucidi) contenute nei vegetali.

La biomassa viene introdotta in un apposito biodigestore, nel quale la flora batterica opera una digestione anaerobica delle matrici che dà luogo a un biogas composto per almeno il 50% da metano; è quest'ultimo che – liberato dalle impurità - costituisce il carburante per motori endotermici (cogeneratori) che producono elettricità e calore.

Nel ciclo produttivo si possono individuare 5 fasi:

1. Produzione e stoccaggio delle biomasse;
2. Processo di digestione anaerobica;
3. Trattamento del biogas;
4. Produzione dell'energia elettrica;
5. Utilizzo della biomassa digestata.

Queste fasi rappresentano lo schema di flusso in cui la sostanza organica prodotta in agricoltura viene dapprima raccolta, insilata e stoccata (fase 1).

Il passaggio successivo è biochimico (fase 2) e consta della produzione di biogas tramite digestione anaerobica in ambiente controllato (digestori).

Il biogas prodotto (fase 3) viene trattato al fine di garantire un perfetto funzionamento (e resa) dei motori di cogenerazione (fase 4).

Il prodotto digestato in uscita (fase 5) viene stoccato e utilizzato come fertilizzante ed ammendante in agricoltura.

2 – PROCESSO DI DIGESTIONE ANAEROBICA

Introdotta nel biodigestore, la biomassa inizia un processo di fermentazione anaerobica, permanendo nei bioreattori per un periodo della durata media di 80 giorni (tempo di ritenzione idraulica).

L'impianto funziona in continuo per 24 ore al giorno per tutto l'anno, raggiungendo una produzione complessiva di biogas di circa 4 milioni di Nmetri cubi l'anno.

I digestori possono lavorare in condizioni di mesofilia (38- 44 °C). All'interno del digestore la sostanza organica secca (sos) digeribile viene trasformata mediante processi batterici in metano e prodotti secondari (CO₂, vapore acqueo, tracce di altri gas).

Il processo digestivo può essere distinto in quattro fasi biochimiche:

1) Fase idrolitica:

In questa fase i batteri idrolitici producono esoenzimi (proteasi, peptidasi, lipasi etc.) che attaccano le molecole organiche complesse (polimeri quali lipidi, proteine e carboidrati) trasformandole in monomeri (monosaccaridi), amminoacidi, peptidi, glicerina e acidi grassi a catena lunga.

Questo processo comporta la liquefazione delle matrici organiche in quanto è abbinato alla produzione metabolica di acqua (hydrolisi)

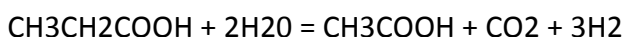
2) Acidogenesi

In questa fase i prodotti dell'idrolisi vengono trasformati da specifici batteri in acidi volatili semplici (acetato, butirrato, propionato) ed alcoli.

3) Genesi dell'acido acetico

I prodotti dell'acidogenesi vengono utilizzati dagli acetobatteri per produrre acido acetico.

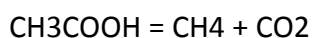
Produzione di acido acetico da acido propionico:



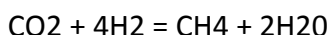
4) Metanogenesi

L'acido acetico viene trasformato dai batteri metanogeni in metano. Inoltre i sottoprodotti della genesi dell'acido acetico vengono trasformati in metano da specifici ceppi batterici.

Metanogenesi da acido acetico:



Metanogenesi da sottoprodotti gassosi:



Tutte queste fasi avvengono contemporaneamente senza distinzione spaziale all'interno dei digestori, in una fase liquida caratterizzata da condizioni ambientali costanti:

- temperatura: 38-55 °C
- pH 6,8-7,8
- sostanza secca 6-8% (previsione)

In questo ambiente le matrici organiche vengono introdotte continuamente, 24h/24h, e permangono mediamente nei digestori per un periodo di 80 giorni (tempo di ritenzione idraulica) arrivando ad un carico organico per digestore di circa 3 kg sos / m³ d.

La valutazione della produzione di biogas in fase progettuale si effettua sul principio di calcolo "ATV" in cui ogni famiglia biochimica dà luogo ad una determinata quantità di biogas con un determinato contenuto di metano:

Materia	Resa in biogas	Contenuto metano
Carboidrati	0,8 m ³ /kg sos digerita	50%
Proteine	0,8 m ³ /kg sos digerita	70%
Grassi	1,2 m ³ /kg sos digerita	67%

In base a questa tabella di calcolo ed alle caratteristiche degli insilati in entrata (32-34% sostanza secca di cui 94-96% sostanza organica) è stata prevista una produzione di circa 465 m³/h Biogas al 53,44% di metano.

Questa quantità di gas, combusta in un modulo di cogenerazione, garantisce la seguente produzione energetica:

- Potenza nominale elettrica: 999 kW
- Produzione elettrica annua (lorda): 8.000.000 kWh

Questo calcolo si riferisce ad un funzionamento del cogeneratore per 8000 h/a. La produzione di energia termica dipende dal numero degli scambiatori di calore applicati: Intercooler, acqua di raffreddamento, motore, gas di scarico.

Input impianto di biogas

Biomassa	49,6 t/g
Riconduzione	45,0 t/g
Sostanza secca	19,1 %
Sostanza secca org.	15,5 %



Impianto di biogas

1 Prevasca	186 m³
1 Fermentatore	3.026 m³
1 Postferm./Stocc.	4.029 m³
2 Stoccaggio finale	2.579 m³



Sfruttamento biogas

Riduzione del volume	13 t/g	4.784 t/a
Produzione di metano	5.428 Nm³/g	1.981.195 Nm³/a
Rendimento del cogeneratore		
μ_{el}	41 %	
μ_{th}	44 %	



Energia elettrica		Energia termica	
Autoconsumo	Vendita	Vendita	Autoconsumo
1.009 kWh/g	21.112 kWh/g	19.873 kWh/g	3.866 kWh/g
368.165 kWh/a	7.705.998 kWh/a	7.253.798 kWh/a	1.411.157 kWh/a

Output impianto di biogas



Energia elettrica
21.112 kWh/g
7.705.998 kWh/a



Energia termica
19.873 kWh/g
7.253.798 kWh/a



Digestato	
36 t/g	13.311 t/a
4,90 N kg/t	65,23 N t/a
2,91 P kg/t	38,69 P t/a
8,11 K kg/t	107,92 K t/a

3. DESCRIZIONE E DOTAZIONI TECNICHE DELL'IMPIANTO

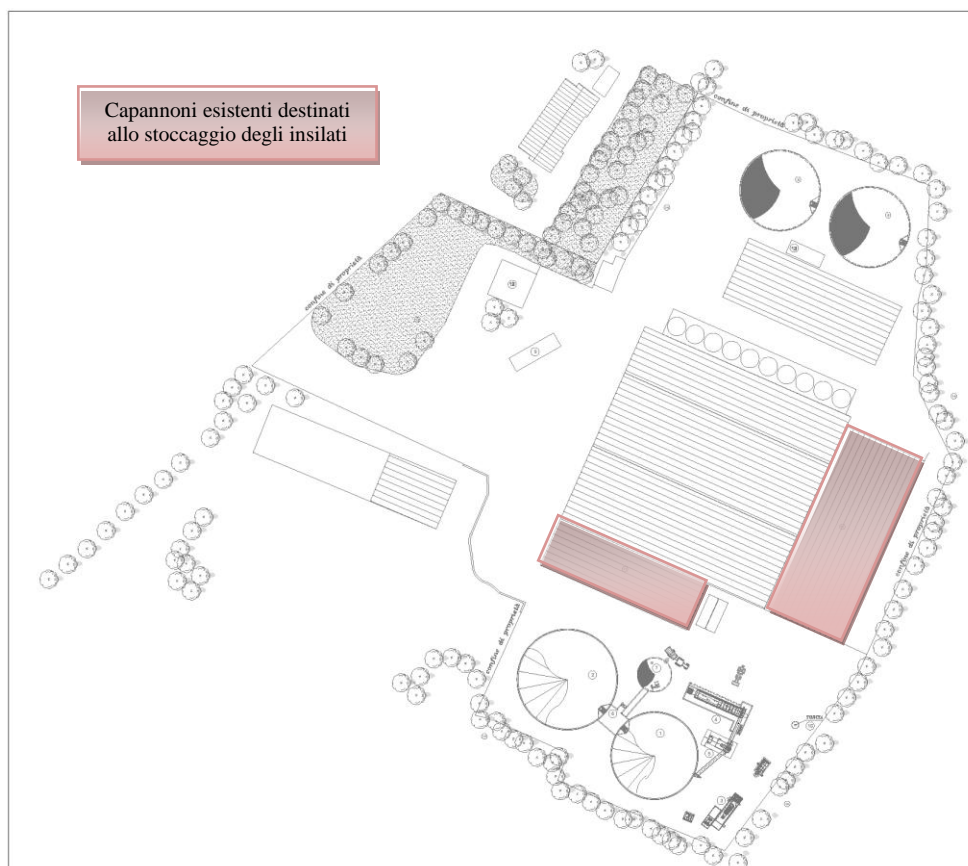
3.1 Produzione e Stoccaggio delle biomasse

L'alimentazione dell'impianto richiederà circa 18.100 tonnellate all'anno di biomasse (prevalentemente insilati), il 100% delle quali verrà prodotto dalla ditta Montefeltro Foraggi Srl nei terreni agricoli situati nelle vicinanze dell'impianto.

La produzione agricola (ad esempio insilato di mais) deve essere raccolta ad un grado di maturazione ben preciso (32-34% sostanza secca, di cui 95-96% sostanza organica) e immagazzinata con un'azione di pressatura, copertura e stoccaggio in trincee (insilaggio). Tale prodotto ha caratteristiche paragonabili ai foraggi insilati per uso zootecnico.

Quotidianamente devono essere introdotte nei digestori 49 tonnellate di insilato.

Nell'impianto gli insilati verranno stoccati all'interno di capannoni in cemento armato esistenti. Si prevede che una parte degli insilati venga prodotta da colture autunno-vernine (triticale, orzo, frumento) e da secondi raccolti quali sorgo zuccherino, loiessa ed erba medica, facilitando così la logistica di riempimento ed utilizzo della trincea.



I cumoli di biomasse insilate all'interno dei capannoni potranno raggiungere i 6m di altezza e garantiranno l'alimentazione dell'impianto per un intero anno. Gli eluati prodotti dagli

insilati durante il periodo dello stoccaggio saranno raccolti nella prevasca e quindi inviati al trattamento di digestione anaerobica.

I capannoni destinati allo stoccaggio hanno pareti in c.a. capaci di resistere agli ambienti chimicamente aggressivi ed hanno una superficie totale di 2.330 m² (750 + 1.580 m²) per un volume di stoccaggio complessivo a disposizione dell'azienda di 14.000 m³ sufficienti a garantire l'autosufficienza all'impianto grazie ai diversi periodi di raccolta delle biomasse utilizzate.

L'insilamento è un procedimento che si basa sull'acidificazione spontanea che trasforma gli zuccheri in acido lattico che abbassa il pH a valori intorno a 4. Questo valore fa sì che i germi si inibiscano e non crescano più.

Per il processo d'insilamento regolare si tengono conto di alcune condizioni:

- giusto tenore di acqua nel mais
- presenza di zuccheri fermentescibili in quantità tale da permettere la moltiplicazione dei batteri (gli zuccheri formano il substrato per i batteri)
- aria; i batteri che attuano la fermentazione lattica sono anaerobi stretti, quindi nei silos è necessario eliminare l'aria comprimendo la massa da insilare e coprendola con dei teli; è anche opportuno tagliare la pianta il più corto possibile così che la massa rimane più compatta e di conseguenza con meno ossigeno;
- terra; la pianta di mais non deve essere imbrattata di terra; questo perché nella terra ci sono dei batteri (clostridi) che trasformano l'acido lattico e gli zuccheri in acido butirrico
- il rapporto zuccheri: proteine deve essere maggiore o uguale a 1,6.

L'insilamento è un processo che avviene a temperatura ambiente. Dopo che la pianta viene trinciata si liberano enzimi cellulari che iniziano la digestione delle sostanze organiche delle cellule vegetali, su questo substrato si inibiscono i batteri coliformi che attaccano gli zuccheri trasformandoli in acido acetico e anidride carbonica consumando ossigeno. L'acido acetico abbassa il pH dalla neutralità a un valore inferiore a 5.

Dal terzo e quarto giorno si sviluppano i lattobacilli (dato che l'ossigeno è stato consumato) e trasformano gli zuccheri in acido lattico che abbassa il pH a valori inferiori a 4.

A questo punto la massa si presenta stabile e dopo ca. 40 giorni è pronta all'utilizzo.

In seguito sono elencate le principali caratteristiche di un buon insilato di mais:

- pH ≤ 4
- acido lattico: 6 -9% sulla sostanza secca
- acido acetico: 1,5%- 2,5%
- assenza o tracce di acido butirrico
- azoto ammoniacale < 7- 8% dell'azoto totale

- umidità 65% – 70%

3.2 Alimentazione dell'impianto

Tutti i prodotti che verranno utilizzati per l'alimentazione dei digestori verranno coltivati nelle vicinanze dell'impianto di biogas (entro un raggio di circa 20 km) su terreni agricoli di proprietà e/o a disposizione della ditta.

Di seguito si riporta l'elenco delle biomasse che potranno essere utilizzate nell'impianto con l'indicazione dei principali elementi energetici:

elenco prodotti conferibili				
biomassa	SS%	SOC % (nella % SS)	resa di biogas mc/kg SOC	mc biogas/to mc biogas/ha
insilato di mais	34	96	0,66	12925,4
insilato d'erba	35	89	0,52	4049,5
insilato di sorgo	30	90	0,6	10530
insilato di loietto	26	90	0,65	5323,5
insilato d'orzo	30	90	0,65	5265
insilato di triticale	30	90	0,65	5265
insilato di erba medica	35	90	0,52	2457
fieno di gramigna	86	91	0,52	4883,4
fieno di medica	86	91	0,46	3600
trifoglio	20	80	0,75	3000
stocchi di mais	86	72	0,45	1671,8
paglia	86	78	0,35	1408,7
pastone	60	98	0,68	11995,2
granella macinata	85	90	0,8	3672
granella di avena	88	97	0,59	503,6
granella di grano	88	98	0,69	595,1
granella di mais	88	98	0,68	586,4
granella di orzo	88	97	0,68	580,4
granella di segale	88	98	0,7	603,7
granella di sorgo	88	98	0,68	586,4
semi di pisello	86	96	0,72	594,4
pula di mais	89	97	0,65	561,1
pula di orzo	89	95	0,56	473,5

Dove

SS% = percentuale in peso della sostanza secca

SOC% = percentuale in peso della sostanza secca organica

La ricetta giornaliera media che verrà utilizzata per l'alimentazione dell'impianto prevede:

- 25% di silo mais o simili
- 55% di sorgo o simili
- 20% di triticale o simili

Nella seguente tabella si riportano i relativi quantitativi:

Materiale	Quantità [ton/anno]
Insilato mais	4 500
Insilato di sorgo	10 100
Insilato di triticale	3 400
TOTALE	18 000

3.3 Caricamento solido organico

Per raggiungere il dosaggio adeguato della biomassa si utilizza una tramoggia in acciaio munita di un nastro trasportatore a raschiamento aggregato a tre frese cilindriche.

La tramoggia di 80 m³ è collegata su dodici celle di pesatura (una cella per ogni piede). Queste celle misurano il carico cui la tramoggia è sottoposta. Di conseguenza è in grado di stabilire in maniera precisa le quantità per il caricamento.



Tramoggia di caricamento con nastro trasportatore

I cofermenti solidi vengono rovesciati nella tramoggia e trasportati automaticamente dalla fresa cilindrica tramite i raschiatori. Si precisa che la movimentazione dei raschiatori e della fresa avviene a velocità molto ridotta, tale da garantire uno sviluppo di polveri di scarso rilievo.

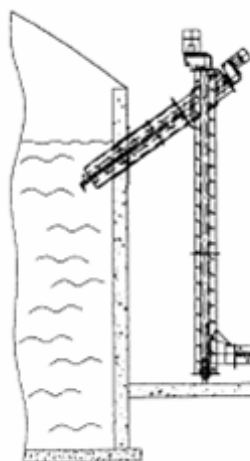
La fresa sminuzza e alleggerisce i solidi e li carica su un nastro trasportatore che li porta fino all'estrusore che omogeneizza i cofermenti in modo uniforme per trasportarli tramite un secondo nastro trasportatore all'imbuto (acciaio INOX) montato al lato superiore del fermentatore.

L'estrusore detto anche BIOACCELERATOR è uno strumento fondamentale per il miglioramento dei risultati e dello sfruttamento del biopotenziale delle matrici. Sostanzioso è infatti l'incremento della resa e l'aumento del carico organico. Questo permette di ottenere stesse quantità di biogas prodotto con però meno biomasse, ottenendo quindi il doppio vantaggio di un minor consumo di biomasse agricole e di un minor costo di mantenimento.

L'imbuto del fermentatore è munito di una coclea che ha il compito di trasportare o meglio letteralmente spingere i cofermenti solidi all'interno del substrato contenuto nel digestore. Questa è montata sulle pareti esterne del digestore e tramite carotaggio inserisce il materiale circa 1 metro sotto la superficie del substrato in digestione per evitare la fuoriuscita di gas e odori. Gli apparecchi di miscelazione amalgamano il materiale appena aggiunto a quello già presente.

Impiegando matrici organiche composte da insilati di mais o di altri cereali, il caricamento avviene due volte al giorno, portando con una motopala le biomasse dalla zona di stoccaggio fino alla tramoggia.

Il modulo ha un sistema idraulico di copertura volto ad evitare la percolazione di acqua meteorica ed il conseguente dilavamento degli insilati. Il sistema di caricamento esterno è collegato ai due digestori primari, i quali a loro volta tramite adeguati sistemi di pompaggio alimentano il post-digestore.



3.4 Prevasche

L'impianto è dotato di una prevasca della capacità complessiva di 471 m³ al fine di poter raccogliere i colaticci provenienti dai capannoni di stoccaggio biomasse, e i volumi pompati dalla vasca di raccolta delle acque di prima pioggia.

La matrice liquida, per mezzo di pompe collegate al sistema di controllo e comando, viene inviata direttamente ai digestori.

Di diametro 10 m, altezza interna 6 m, e capienza di raccolta 471 m³, la prevasca è coperta da una soletta calpestabile in calcestruzzo ed è dotata di un agitatore oleodinamico a immersione con una potenza di 22 kW (per ottenere una maggiore omogeneità dei cofermenti) e di una pompa con potenza di 22 kW per l'invio del liquame ai fermentatori.

3.5 Digestori ed annessi

3.5.1 Digestori

All'interno del fermentatore avviene il processo di decomposizione biochimica: vari gruppi di batteri decompongono il materiale organico e producono in questo modo il biogas. I cofermenti liquidi contenuti nella prevasca vengono trasportati al fermentatore, ciò che avviene con l'ausilio di una pompa tramite il sistema di distribuzione integrato nell'impianto. Dopo lo sfruttamento della biomassa degradata, il materiale ormai affondato sul fondo della vasca viene trasportato nelle vasche successive tramite una tubazione forzata DN 150. Il fermentatore è munito di tubo con sifone in acciaio INOX alla estremità interna, il quale ha il compito di impedire la fuoriuscita di gas a pompe spente. Il liquido all'interno del fermentatore è mantenuto a temperatura costante per mezzo di serpentine che percorrono circolarmente la parete interna del fermentatore.

Il fermentatore è costruito in cemento armato monolitico gettato in opera come anche la platea di fondazione. Per integrare nel paesaggio l'impianto, la parte esterna delle vasche viene rivestita con lamiera grecata, verniciata di colore tenue, tipo grigio.

Il diametro del digestore è di 26 metri, con altezza di 6 metri ed un volume vasca di 3.186 m³ ed un volume fermentativo di 3.026 m³.

Tenendo conto dei risultati delle prove geologiche effettuate, i digestori saranno interrati ad una profondità di circa 1,0 m.

3.5.2 Riscaldamento dei digestori

Sulle pareti interne del fermentatore vengono montate delle serpentine di riscaldamento (V4A-AISI304, DN 114). Queste serpentine formano tre anelli di riscaldamento all'interno del fermentatore. Servono al raggiungimento e mantenimento della temperatura necessaria per il processo biochimico. Come fonte di energia termica si sfrutta il calore prodotto dal cogeneratore, ovvero si utilizza l'acqua calda proveniente dal motore per riscaldare il fermentatore attraverso un circuito chiuso formato dai tre anelli. Per evitare una dispersione di calore i fermentatori vengono isolati con uno strato di styrodur (8-10 cm).



Anelli di riscaldamento ,fermentatore ancora aperto

3.5.3 Postfermentatore

Dopo il periodo di ritenzione nel fermentatore il substrato degradato viene pompato autonomamente nel postfermentatore. Si tratta di una vasca con copertura a telo, chiusa ermeticamente e allacciata alla conduttura del sistema biogas. Il postfermentatore e' dotato di riscaldamento a anelli con l'obiettivo di sfruttare fino in fondo la produzione di biogas, per evitare la dispersione di calore viene isolata con uno strato di styrodur.

Il postfermentatore ha un diametro interno di 30 m e altezza 6 m. il volume totale è 4.241 m³, mentre il volume fermentativo è 4.029 m³.

3.5.4 Accesso alle vasche chiuse ermeticamente

Le aperture per tubazioni vengono rese ermetiche utilizzando guarnizioni tipo passatubo. La seguente lista elenca tutti gli elementi che necessitano di un'apertura nella vasca:

1. Condotte forzate INOX DN 150 dal sistema di distribuzione (per ogni vasca)
2. Condotte in acciaio INOX DN 300 alle pompe centrali (fermentatori e vasca di stoccaggio liquame)
3. Alesaggi per le condutture dell'aria per la desolforazione e l'alimentazione d'acqua per l'allacciamento della pulizia nei pozzi di servizio (1")
4. Alesaggi per entrata e uscita delle tubature del riscaldamento (INOX) dei fermentatori (DN 114)
5. Apertura per la coclea d'immissione di sostanze solide nei fermentatori (un'apertura per ogni fermentatore)

3.5.5 Controllo visivo

Per il controllo visivo dell'interno del digestore sono installate su ogni digestore 2 finestrelle tipo "oblò" dotate di apposita illuminazione a protezione ATEX ed appositamente

isolate. I vani per il controllo visivo sono ricavati tramite carotaggio nelle pareti verticali del digestore; le speciali guarnizioni utilizzate garantiscono la tenuta stagna al gas.

3.5.6 Valvole di sicurezza sovra/sotto-pressione

Sul lato inferiore del pozzo di servizio di ogni vasca chiusa ermeticamente è installato un piccolo raccoglitore riempito d'acqua, al cui interno è immerso un tubo con uscita all'esterno del telo. Il riempimento con acqua avviene automaticamente. In caso di eccesso di pressione –la pressione di risposta dei fermentatori è di ca. 35 mm d'acqua ($\approx 3,5\text{mbar}$) – il gas spinge l'acqua e la fa uscire da un tubicino piegato a "U" collocato sul lato inferiore del raccoglitore. Di conseguenza avviene una fuga controllata del biogas verso l'esterno attraverso l'apposito tubo. Le tubature di scarico sono costruite secondo le norme vigenti.

In caso di carenza di gas c'è il pericolo che venga aspirata aria dalle tubature di scarico. Se la pressione scende sotto $-1,5\text{ mbar}$ il controllore di depressione spegne i cogeneratori.

3.5.7 Sistema di miscelazione

La miscelazione ha il compito di:

- favorire il contatto tra batteri e substrato
- omogeneizzare le temperature
- ottimizzare la resa di biogas
- evitare la decantazione delle frazioni più pesanti
- evitare il galleggiamento delle frazioni più leggere

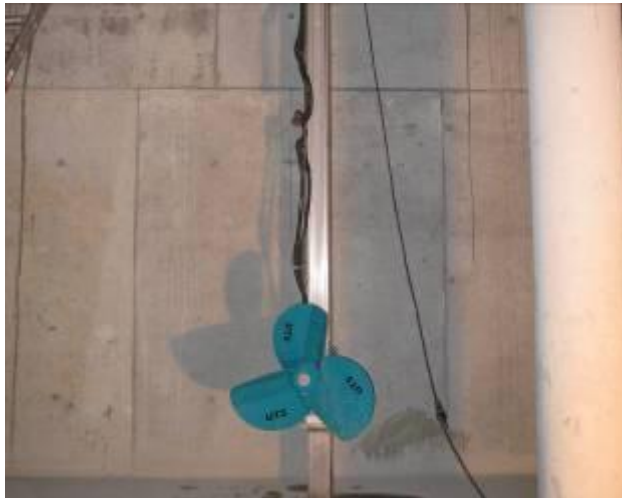
Situati nel fermentatore, nel postfermentatore, nelle vasche di stoccaggio del liquame vengono installati due agitatori idraulici a immersione per volume di miscelazione, mentre nella prevasca ne viene installato 1. I miscelatori hanno il compito di evitare una sedimentazione troppo rapida e unilaterale aumentando il lavoro di manutenzione.

Gli agitatori possono essere regolati orizzontalmente e verticalmente, ciò permette di miscelare bene il contenuto delle vasche e di conseguenza previene la formazione di stratificazioni immerse o galleggianti.

Le estremità superiori delle vasche sono dotate di intelaiature in acciaio INOX, sulle quali viene montato un pozzo di servizio a tenuta ermetica di biogas. Il pozzo di servizio viene realizzato esternamente per poter effettuare lavori di manutenzione agli agitatori senza dover svuotare il fermentatore o entrare all'interno di esso; in effetti il blocco del miscelatore è agganciato a un cavo in acciaio inossidabile, tramite il quale si può spostare verticalmente l'agitatore per poi poter eseguire la manutenzione.

In aggiunta al lato del fermentatore è prevista un'intelaiatura con copertura ermetica per un eventuale agitatore laterale.

Tutti gli agitatori installati sul impianto sono certificati con la normativa ATEX.



Agitatore e pozzo di servizio



3.5.8 Copertura del digestore

Le vasche sono chiuse ermeticamente nella parete superiore da una copertura a telo. Si tratta di una sistema realizzato in due membrane fissate al bordo esterno superiore della vasca. La membrana interna viene tesa da una rete orizzontale fissata su un palo collocato al centro della

vasca, il quale è realizzato in acciaio zincato e rivestito da uno strato di resina. Entrambe le membrane sono sigillate ermeticamente. Tra la membrana esterna e quella interna una soffiante riempie d'aria lo spazio intermedio. Con la pressione presente all'interno la membrana esterna viene spinta verso l'alto raggiungendo le caratteristiche di una struttura rigida in grado di assorbire carichi statici come neve (vedi foto) o vento, prodotti dalle condizioni atmosferiche. Il materiale è resistente ai raggi ultravioletti, condizioni meteorologiche forti e al substrato contenuto nelle vasche compreso biogas.

La membrana interna consente in aggiunta di regolare la pressione (max. 3,5 mbar) all'interno del telo.

Al fine di mitigare l'impatto visivo delle cupole gasometriche si propone di realizzare le coperture in colore bianco/grigio.

3.5.9 Scarico (tubo di prelevamento)

Il materiale fermentato viene prelevato dal fermentatore e postfermentatore attraverso tubi di prelevamento installati nelle pareti (DN 300) situati nelle parti inferiori della vasca utilizzando le pompe della sala di pompaggio.

Il substrato del fermentatore viene spostato nel postfermentatore per poi finire nella vasca di stoccaggio liquame.



In caso dovesse essere necessario svuotare totalmente una vasca l'impianto biogas può continuare a funzionare regolarmente, siccome ogni vasca è collegata singolarmente al

sistema di distribuzione, di conseguenza il processo di digestione anaerobica non deve essere interrotto.

3.5.10 Vasche di stoccaggio finale

Conclusosi il processo di fermentazione, il substrato viene pompato nelle 2 vasche di stoccaggio finale dove sarà depositato fino al momento in cui sarà prelevato per essere sparso sui campo per chiudere il cerchio naturale. Le vasche di stoccaggio vengono realizzate in cemento armato monolitico gettato in opera come del resto anche la fondazione. Hanno ciascuna un diametro interno di 24 m e un 'altezza interna di 10 m con copertura con soletta in c.c.a. alta 30 cm. Il volume totale delle vasche è circa 9.000 m³.

Le vasche di stoccaggio distano all'incirca 170 m dalla stazione di pompaggio, e sono collegate ad essa tramite condotte posizionate all'interno di un cunicolo esistente.

3.6 Trattamento biogas

Il biogas prodotto durante il processo di fermentazione è una miscela di vari gas. La concentrazione varia in relazione al tipo di fermentazione, al materiale fermentato e alla qualità del processo di fermentazione.

I valori minimi e massimi di concentrazione dei diversi componenti nel biogas greggio sono elencati nella seguente tabella:

	in media
metano	50-75 %
anidride carbonica	25-50 %
vapore	3,1 %
azoto	1 %
ossigeno	0,3 %
idrogeno	< 1 %
ammoniaca	0,00006 %
acido solfidrico	0,05 %

Il biogas, prodotto e raccolto nel digestore, prima di alimentare il cogeneratore deve essere migliorato qualitativamente. Il processo di depurazione consta di due fasi: la desolforazione e la deumidificazione. Ogni digestore ha un sistema di trasporto e misurazione autonomo al fine di controllare la produzione di biogas.

Il sistema è composto da:

- tubazioni del gas
- apparecchiature di sicurezza
- dispositivo per la desolforazione e deumidificazione

L'intero impianto lavora con una pressione massima di 3,5 mbar. La condotta del gas collocata in superficie è composta da tubi in acciaio INOX DN 219, mentre quella interrata è una condotta forzata PE DN 219.

Tutte le vasche sono collegate con una condotta di biogas che fuoriesce dal pozzo di servizio. Su ogni entrata e uscita della condotta dal pozzo di servizio è montata una valvola, tramite la quale ogni vasca può essere esclusa dal sistema. Il biogas prodotto e raccolto dalle vasche viene convogliato verso il fermentatore e da qui inviato al trattamento di depurazione al termine del quale il biogas viene inviato al cogeneratore.

Il biogas prodotto viene analizzato, prima e dopo la depurazione, determinandone le sue componenti principali:

- Metano (CH₄)
- Ossigeno (O₂)
- Acido solfidrico (H₂S)

3.6.1 Depurazione acido solfidrico

La desolforazione del biogas avviene tramite l'adduzione controllata di piccole quantità d'aria ambientale ai fermentatori. L'attività dei batteri sulfurei (*sulfobakter oxydans*) trasforma l'acido solfidrico e l'ossigeno contenuto nell'aria in zolfo e acqua. Lo zolfo si separa dal biogas in forma di uno strato giallastro e viene asportato insieme al liquido fermentato.

Questo può essere sfruttato come fertilizzante per piante.

Le componenti necessarie per il trattamento del gas (desolforazione) sono:

1. Soffiante aria
2. Valvola d'arresto
3. Distribuzione aria
4. Apparecchiatura per la misurazione della composizione del biogas
5. Distribuzione con condotte PE

La soffiante aspira aria attraverso dei filtri. È regolata in maniera tale da aggiungere al massimo il 4-6% d'aria in relazione al biogas. La quantità d'aria aggiunta in questo modo è talmente piccola da evitare la creazione di un gas esplosivo (il biogas è esplosivo quando: miscela composta da 6% - 12 % di metano e 88% - 94% di aria). Una valvola d'arresto chiude i tubi dell'aria nel caso in cui la soffiante dovesse avere un malfunzionamento. La quantità d'aria aggiunta viene

dosata automaticamente usando un dispositivo che rileva il volume del flusso dell'aria immessa a seconda dei valori (CH_4 , H_2S e O_2) che lo stesso apparecchio monitora in continuazione. L'adduzione e la distribuzione dell'aria avvengono tramite un tubo 1"-PE nei pozzi di servizio dei fermentatori. La soffiante aria è dimensionata in modo che non è capace di immettere la quantità necessaria per creare un'atmosfera esplosiva.



Misuratore qualità del biogas

3.6.2 Condensazione

A causa della temperatura di processo e l'ambiente umido della sua produzione il biogas grezzo ha un alto contenuto di umidità che può raggiungere valori fino a $57,6 \text{ g/m}^3$ di acqua. Attraverso il gruppo frigo il biogas viene raffreddato fino a una temperatura di $7-8^\circ \text{C}$. Per effetto del raffreddamento l'umidità condensa in un condensatore che la raccoglie nel pozzo di condensa dal quale tramite una pompa viene pompata nella prevasca, dove viene aggiunta al resto delle biomasse in alimentazione. Tramite questo processo l'acqua contenuta nel biogas viene ridotta fino a $7,8 \text{ g/m}^3$.

3.7 Produzione di energia elettrica e calore

L'alimentazione dell'impianto garantisce una produzione di circa:

- $5.382 \text{ Nm}^3/\text{g}$ di metano prodotto al giorno
- $1.964.315 \text{ Nm}^3/\text{a}$ di metano prodotto all'anno. La concentrazione di metano nel biogas si prevede attorno al 53,44%.

Questo gas viene combusto dal cogeneratore della potenza nominale elettrica di 999 kW. Accanto alla produzione di energia elettrica vi è una produzione di energia termica pari a circa 600 kW. Queste rese caloriche sono disponibili con gli scambiatori di calore intercooler, acqua raffreddamento e olio motore.

L'energia elettrica prodotta viene ceduta alla rete pubblica, tramite collegamenti diretti. L'energia termica prodotta dal motore in conseguenza della combustione viene utilizzata per il riscaldamento delle vasche e per la propagazione del calore all'interno dell'impianto.

3.7.1 Modulo di cogenerazione

Il biogas viene sfruttato nell'impianto di cogenerazione tramite un motore endotermico a ciclo otto a biogas con generatore sincrono a corrente trifase posizionato su base antivibrante da 999 kW.

Dati tecnici del motore:

costruttore:	GE Jenbacher
Tipo di motore:	J 320 GS-C26
Ciclo di funzionamento:	4-tempi
Disposizione cilindri:	V 70°
Numero cilindri:	20
Potenza termica introdotta:	kW 2.504
Tipo combustibile:	100% biogas
Tensione:	V 400



Cogeneratore Jenbacher

Il cogeneratore viene collocato in loco già assemblato in un container, all'interno del quale assolve la sua funzione. Il container ha caratteristiche di insonorizzazione tali da garantire il totale rispetto della vigente normativa in materia. Le emissioni (gas di scarico) rispettano la normativa vigente e sono indicate dal produttore (GE Jenbacher):

NOx <400 mg/Nm³ (5% O₂):
CO <800 mg/Nm³ (5% O₂)



Tipica installazione di cogeneratore in container

3.8 Trasferimento dell'energia alla rete elettrica

La cessione dell'energia alla rete di distribuzione avviene tramite una cabina elettrica. La cabina di trasformazione è situata nelle immediate vicinanze del container di cogenerazione ed è dotata di trasformatori che permettono la cessione dell'energia alla rete. La descrizione tecnica e relativa planimetria della cabina elettrica si trova nel materiale allegato.

4. ASPETTI IMPIANTISTICI GENERALI

4.1 Sala macchine e comando

I due digestori sono collegati da una struttura in muratura (bunker) che ne è parte integrante nella quale è situata la centrale di comando e controllo automatico (non presidiato) dell'impianto nonché il locale climatizzato per i quadri elettrici e la stazione di pompaggio. Il collegamento alle diverse parti dell'impianto, compresi accessori, sistemi di rilevazioni e sensori avviene in cavidotti progettati nel rispetto delle prescrizioni di sicurezza e delle normative europee.

4.2 Sistema di controllo

La tecnologia di comando e gestione dell'impianto è composta da un PLC (Programmable Logic Controller), che comanda l'impianto autonomamente, e da un PC, che permette la gestione da parte del cliente, la visualizzazione dei dati e l'impostazione dei parametri. La separazione di comando e visualizzazione incrementa la sicurezza di gestione dell'impianto, dato che l'impianto continua a funzionare automaticamente anche in caso di un problema al PC.

Il **PLC** o ***Programmable Logic Controller*** è un computer industriale specializzato nella gestione dei processi industriali. Il PLC esegue un programma ed elabora i segnali digitali ed analogici provenienti da sensori e diretti agli attuatori presenti in un impianto industriale.

Il PLC definisce la gestione degli aggregati (pompe, dispositivi di caricamento, saracinesche, ecc.) al livello manuale o automatico.

Il comando possiede una visualizzazione dei processi che è allacciata al PLC tramite un'interfaccia seriale. La visualizzazione permette:

- Gestione di tutto l'impianto sul monitor
- Raffigurazione dello stato di processo tramite immagini animate: dei colori mostrano lo stato delle varie componenti; barre, settori colorati e numeriche mostrano importanti valori di misurazione
- Controllo costante dei segnali
- Parametraggio di valori scelti come quantità di dosaggio, livelli di riempimento, intervalli di caricamento e miscelazione. Richiamo di rapporti come p.es. rapporti speciali di miscelazione di acqua e materiale da caricamento

La visualizzazione è suddivisa in più immagini che possono essere richiamate a seconda delle necessità.

La superficie di comando è strutturata secondo criteri ergonomici. Ciò è comodo per l'utente e aiuta a evitare errori. La gestione allo schermo non necessita di conoscenze particolari ed è facilmente apprendibile.

Tutti i dati che passano attraverso il comando possono essere memorizzati nell'archivio. Ciò vale soprattutto per i livelli di riempimento dei fermentatori, le temperature dei fermentatori, le pompe e gli agitatori, la posizione di dispositivi di serraggio, prestazione del cogeneratore, consumo proprio di energie, cessione di corrente, consumo dell'energia termica da parte del circuito di riscaldamento (a scelta), resa del biogas e come opzione il volume del liquame e la qualità del biogas. Il programma è impostato per:

- il caricamento automatico e uniforme (con protocollo per controlli da parte delle autorità)
- la regolazione automatica della temperatura dei fermentatori
- la scelta sul monitor della direzione di flusso. Il sistema controlla le posizioni delle saracinesche e permette l'attivazione delle pompe solo se le posizioni sono corrette.
- il monitoraggio del funzionamento dei motori
- l'emissione di un segnale d'allarme in caso di livello critico nei fermentatori. In questo caso interrompe il caricamento.

Il sistema di controllo prevede anche la cosiddetta tele-sorveglianza. In caso di problemi all'impianto il sistema invia un segnale (SMS) al cellulare del gestore.

L'impianto di biogas è collegato con internet. In questo modo i tecnici della ditta BTS possono collegarsi direttamente all'impianto e intervenire in caso di emergenza immediatamente e direttamente dalla sede della ditta.



Visualizzazione del "Touch Panel"

4.3 Messa a terra

L'impianto è dotato di sistema di messa a terra progettato secondo le prescrizioni vigenti. Il sistema si compone di un anello generale al quale vengono collegate le singole parti dell'impianto.

4.4 Torcia di sicurezza

L'impianto è dotato di torcia di sicurezza della portata di 500 m³/h destinata ad entrare in funzione prima che si giunga al punto di scarico automatico del biogas. Tale torcia ha la funzione di bruciare il gas e di evitarne l'immissione in atmosfera in caso di prolungato mancato funzionamento del modulo di cogenerazione.

La torcia si trova presso il modulo di cogenerazione ed è dotata di compressore. La sua attivazione avviene automaticamente in caso di mancata cogenerazione prima che le valvole di sovrappressione del digestore entrino in funzione. Temperatura di esercizio 800 °C.

4.5 Emissioni

L'emissione atmosferica di questo impianto viene classificata come poco significativa dalla legislazione vigente e non richiede autorizzazioni (Dlgs 152/06 e smi).

5. UTILIZZO DELLA BIOMASSA DIGESTATA

Il substrato prodotto é un ottimo fertilizzante che viene usato preferibilmente nella produzione agricola, viene usato su aree proprie messe a disposizione dal gestore. Per lo spandimento del prodotto finale sarebbe ideale uno spandimento a bassa pressione, raso terra o addirittura interrato in quanto l'azoto ammoniacale in esso contenuto è altamente volatile. La distribuzione può avvenire anche direttamente sulle culture, dato che il prodotto riscontra un aumento del pH.

È prevista l'edificazione di 2 vasche di stoccaggio (diametro 24 m, altezza 10 m) del volume di circa 9.000 m³ e coperte mediante solette di cemento armato spesse 30 cm. Queste, unite al volume della prevasca garantiscono la possibilità di stoccaggio del digestato liquido secondo quanto previsto dalla normativa vigente. Il digestato verrà distribuito in qualità di fertilizzante sui terreni da cui sono state prelevate le biomasse agricole per la digestione anaerobica.



5.1 Caratteristiche del materiale digestato

La composizione del substrato fermentato dipende dalla durata dello stoccaggio, dalla composizione dei cofermenti e dai parametri della fermentazione, come p.e. la temperatura e il carico specifico del fermentatore. La diminuzione della sostanza secca e del carbonio nonché l'aumento del valore pH sono tipici del processo di degradazione biochimica.

La sostanza secca dei cofermenti in entrata dell'impianto viene ridotta di ca. 80%, perché i composti del carbonio vengono trasformati in CO₂ e CH₄. La percentuale della sostanza secca e della sostanza secca organica si riduce fino all'ottenimento di un prodotto con un contenuto di ca. 5% di sostanza secca.

La fermentazione riduce anche la viscosità del liquame diminuendo la sostanza secca e le sostanze viscite.

Inoltre si riducono le sostanze odorose e gli acidi organici. La riduzione degli acidi organici porta a una riduzione dell'emissioni odorose e ad un ridotto attacco acido delle piante.

Di conseguenza della degradazione della sostanza organica la maggior parte dell'azoto organico si trasforma in azoto ammoniacale (anorganico).

Questa forma dell'azoto ha il vantaggio che è prontamente disponibile per le colture oltre a risultare fortemente trattenuto dal terreno (per la carica positiva dell'ione NH₄⁺) con conseguente annullamento del rischio di lisciviazione.

Il rapporto di azoto organico / anorganico risulta di 30%/70% (liquame bovino: 70%/30%). La quantità dell'azoto rimane invariata.

La quantità di altre sostanze valorizzanti come il fosforo, calcio, potassio e magnesio rimane invariata. Per il fosforo vale la stessa cosa come per l'azoto: la gran parte del fosforo organico viene trasformata in fosforo anorganico, che rappresenta la forma più disponibile per la pianta.

Un ulteriore effetto positivo è che il prodotto è molto omogeneo e possiede un'alta riduzione delle infestanti e degli agenti patogeni.

Il materiale digestato tal quale si presenta in forma liquida, di colore marrone, con pH neutro (7-7,5), densità 1,0 g/ml, Sostanza Secca 6-8%, temperatura di 40-45 °C che si riduce rapidamente a quella ambientale nelle vasche di stoccaggio finale.

Il pH neutro (7-8,5) evita "scottature" dell'apparato fogliare e la prolungata permanenza nel digestore ha come effetto l'inattivazione dei semi di eventuali infestanti.

Nella seguente tabella sono riportati i valori dell'analisi di un impianto di biogas già realizzato e simile a quello in progetto. Questi valori possono variare in funzione all'alimentazione ed ai parametri di funzionamento dell'impianto.

PARAMETRI	VASCA STOCCAGGIO
pH	7,62
Sostanza secca (%)	5,02
Sostanza secca org. (%)	3,20
N-NH4 (g/kg)	2,22
NH3 (mg/kg)	100
N totale (g/kg)	3,54