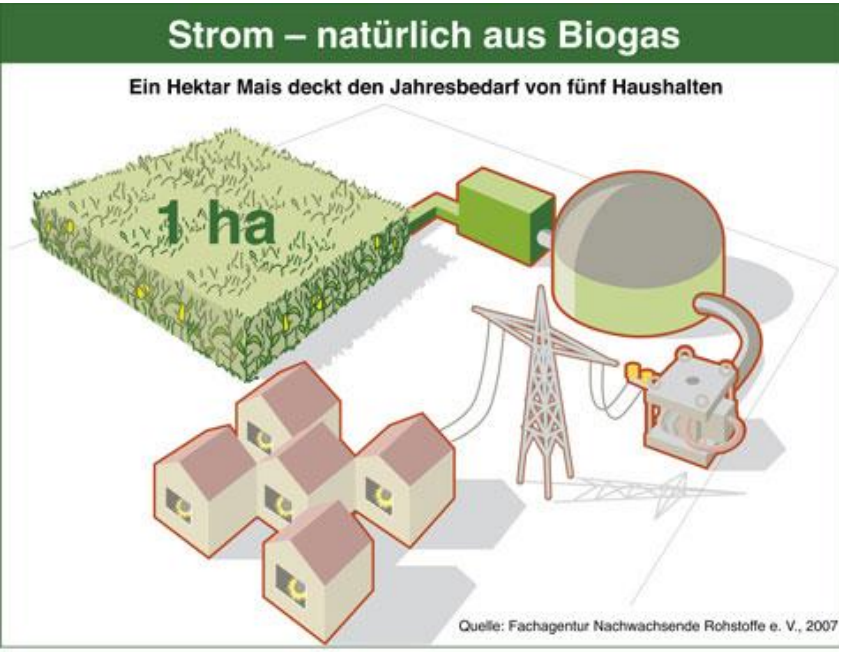
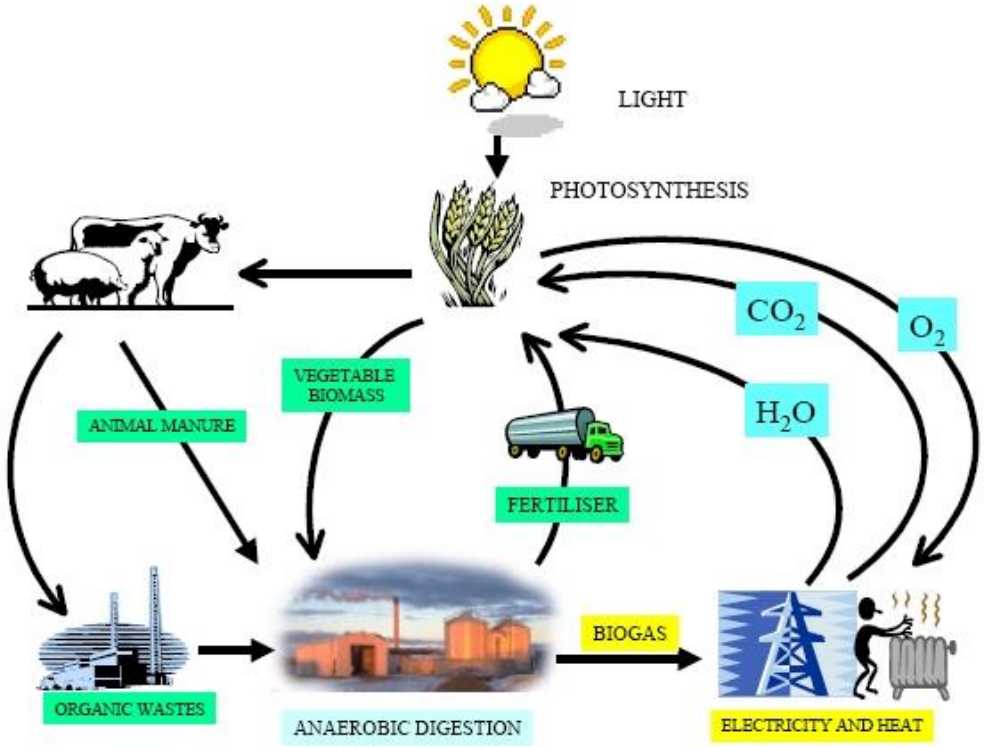
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA AGRARIA

Biogas e generazione di energia elettrica



Biogas ist einer der erfolgreichsten erneuerbaren Energieträger. Rund 3.700 Anlagen produzieren heute Strom aus Biogas. Immer häufiger kommen bei der Vergärung auch nachwachsende Rohstoffe zum Einsat: So lassen sich aus dem Ertrag von einem Hektar Mais knapp 16 MWh Strom erzeugen - genug, um damit fünf Haushalte mit je ca. 2-3 Personen ein Jahr lang vollständig zu versorgen.



Ph. D. Davide Facchinetti

La digestione anaerobica è il processo di fermentazione (conversione biochimica) della materia organica ad opera di micro organismi **in assenza di ossigeno; consiste nella demolizione delle sostanze organiche complesse** contenute nei vegetali e nei sottoprodotti di origine animale (lipidi, protidi, glucidi), che dà origine ad un gas (biogas) costituito per il 50-70% da metano e per la restante parte soprattutto da CO_2, con un potere calorifico medio dell'ordine di 23.000 kJ/Nm³. Il gas metano prodotto in questo processo può essere quindi utilizzato per la produzione di energia termica e/o elettrica.

Vantaggi ambientali del biogas

La CO_2 prodotta dalla combustione del biogas ricavato dalla digestione anaerobica pareggia il bilancio dell'anidride carbonica emessa in atmosfera: infatti la CO_2 emessa dalla combustione del biogas è la stessa CO_2 fissata dalle piante (o assunta dagli animali in maniera indiretta tramite le piante), al contrario di quanto avviene per la CO_2 emessa ex-novo dalla combustione dei carburanti fossili.

Ulteriore vantaggio ambientale del biogas, è quello di impedire la diffusione nella troposfera del metano emesso naturalmente durante la decomposizione di carcasse e vegetali: il metano è infatti uno dei gas-serra più potenti ed è quindi auspicabile la sua degradazione in CO_2 e acqua per combustione. L'emissione di 1 kg di CH_4, in un orizzonte temporale di 100 anni, equivale ad emettere 21 kg di CO_2.

Questo processo di fermentazione della sostanza organica ne conserva integri i principali elementi nutritivi presenti (azoto, fosforo, potassio), agevolando la mineralizzazione dell'azoto organico, in modo che l'effluente ne risulti un ottimo fertilizzante.

Il processo di generazione del biogas è operato da una **flora batterica anaerobica altamente specializzata, che si compone di diversi ceppi.**

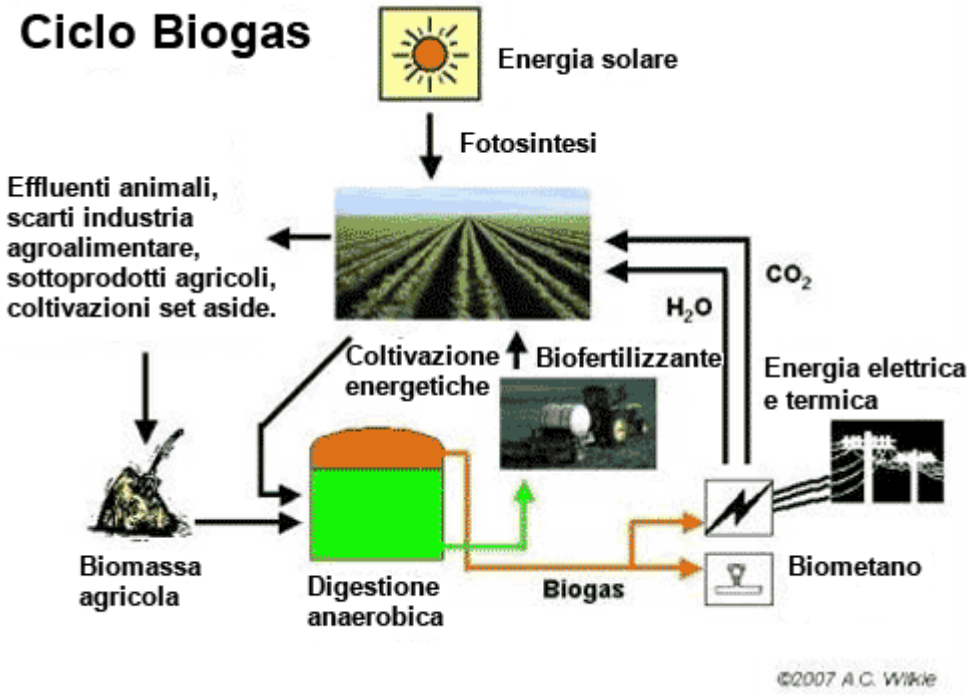
La decomposizione microbica dei residui organici in ambiente anaerobico è un processo che avviene spontaneamente in natura; la conoscenza dei fattori in gioco nei processi biologici è necessaria per una migliore fermentazione e conseguente produzione di biogas ed è possibile utilizzare specifici inerti in grado di far meglio attecchire la popolazione batterica.

Ai microrganismi anaerobici si aggiungono i **batteri metanogeni che si trovano comunemente negli stagni,** e nell'intestino di molti animali.

I metanobatteri rappresentano l'ultimo anello della catena di degradazione in grado di produrre metano da substrati specifici che devono contenere miscele di idrogeno, anidride carbonica ed acetati. I materiali di partenza contenuti nei resti organici sono polimeri complessi come la cellulosa, l'amido, i grassi e le proteine e quindi non assimilabili direttamente dai batteri metanigeni, infatti **altri microrganismi iniziano la degradazione del substrato.**

La velocità di crescita netta della biomassa su un dato substrato è una funzione della temperatura interna del digestore e del tipo di batteri che ci vivono. L'attività biologica anaerobica è possibile infatti in un ampio intervallo di temperatura: tra - 5 e + 70 ° C con microrganismi diversi classificabili in base all'intervallo termico ottimale di crescita:

- **batteri psicrofili (o criofili), che lavorano a bassa temperatura (sempre inferiore a 20° C)**
- **batteri mesofili, lavorano a temperature mediamente comprese tra i 30° e i 40° C**
- **batteri termofili, lavorano a temperature che vanno da oltre 40 a 55° C**
- **termofili spinti completano il loro ciclo vitale a temperature intorno ai 70° C.**



Ciclo biomassa-biogas

Un impianto per la produzione di biogas equivale ad un allevamento costituito da microrganismi, animali con esigenze ambientali ed alimentari specifiche. Il digestato, sottoprodotto d'eccellenza, se trattato opportunamente può risultare un fertilizzante naturale, in grado di ridurre l'impatto dell'attività agricola. Il corretto utilizzo dei reflui dopo la digestione anaerobica permette un significativo abbattimento delle emissioni di metano, delle emissioni di ammoniaca, di protossido di azoto, contribuendo alla riduzione su scala nazionale all'emissione dei gas serra. Inoltre, l'uso del digestato in loco riduce le emissioni di anidride carbonica derivanti dai fertilizzanti di sintesi.

La **digestione anaerobica** è un processo biologico complesso dove in assenza di ossigeno, l**a sostanza organica viene trasformata in biogas,** costituito principalmente da metano e anidride carbonica. La percentuale di metano nel biogas varia a seconda del tipo di sostanza organica digerita e delle condizioni di processo, da un minimo del 50% fino all'80% circa.

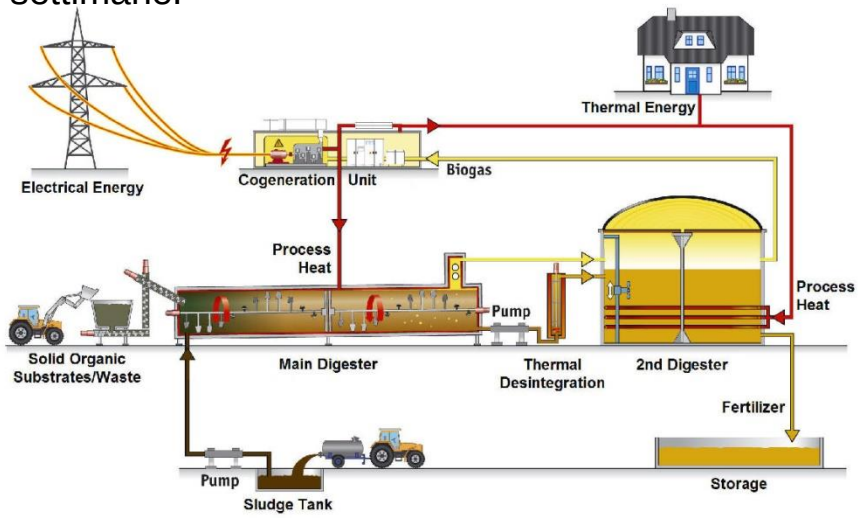
L'ambiente di reazione (operata da microrganismi anaerobi, comunemente definiti "batteri") è definito solitamente digestore o reattore anaerobico. Negli impianti più comunemente utilizzati la temperatura ottimale di processo è intorno ai 35° C, se si opera con batteri mesofili, o intorno a 55° C, se si utilizzano batteri termofili, mentre il pH ottimale è intorno a 7/7.5.

Il biogas si può ottenere da qualunque frazione organica, anche se le fonti principali da cui si ricava sono i residui ottenuti da impianti di **depurazione di reflui (allevamenti, produzioni agroalimentari**, ecc..), dalla raccolta differenziata dell'umido e dalle discariche.

Come sottoprodotti della digestione anaerobica si possono ricavare i fertilizzanti, ottenuti dal processo di fissaggio dell'azoto presente nella frazione organica; in tal modo si evitano ulteriori possibili combinazioni inquinanti dell'azoto, come ad esempio la **formazione di ammoniaca** (NH_3).

Il processo di digestione anaerobica, per garantire un biogas con il maggiore contenuto di metano possibile, necessita il mantenimento di parametri ambientali specifici, in particolare il controllo rigoroso della temperatura e del livello del pH.

Il processo di produzione del biogas si suddivide in **più fasi in serie,** in cui sono coinvolte più specie batteriche, che idrolizzano, metabolizzano e producono il biogas finale. Ha una durata che può variare dalle due alle quattro settimane.

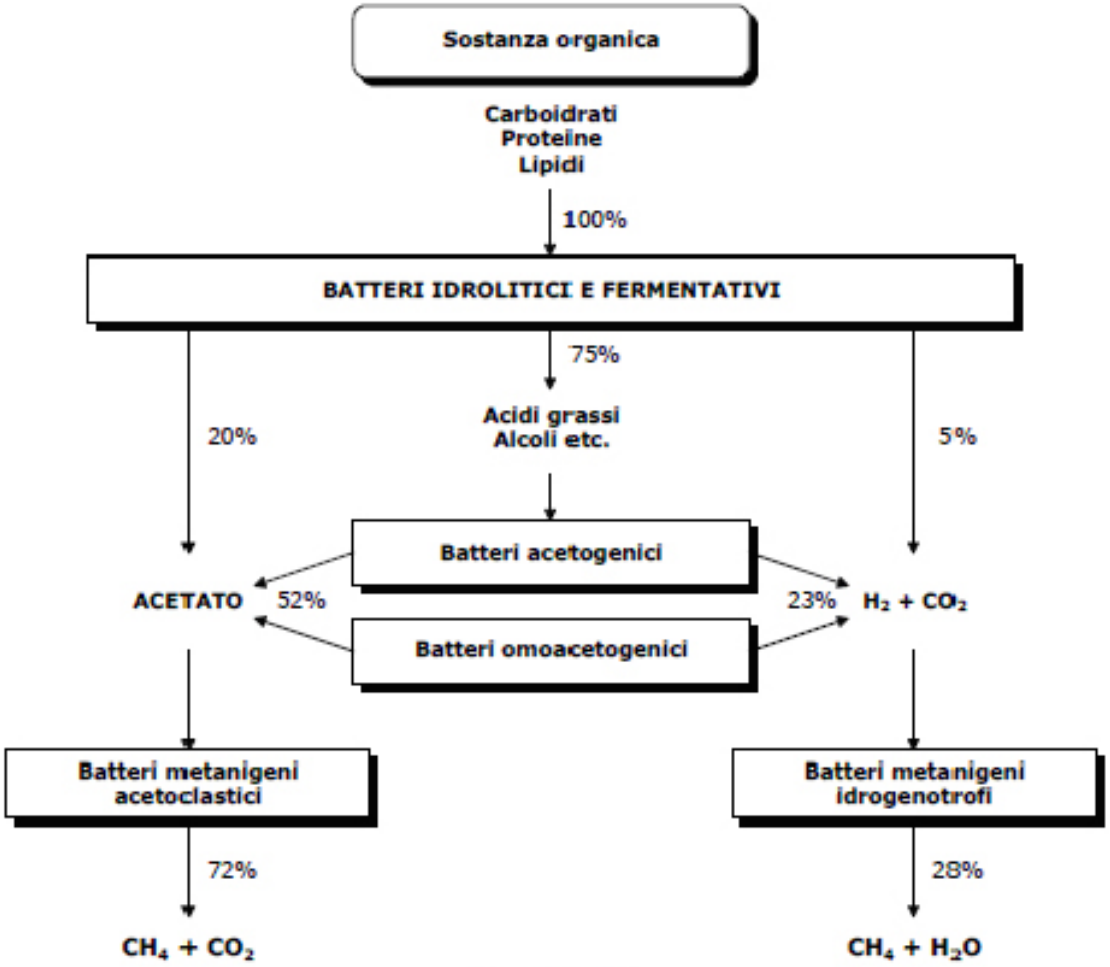


Esempio di un classico impianto per la produzione di biogas in azienda agricola

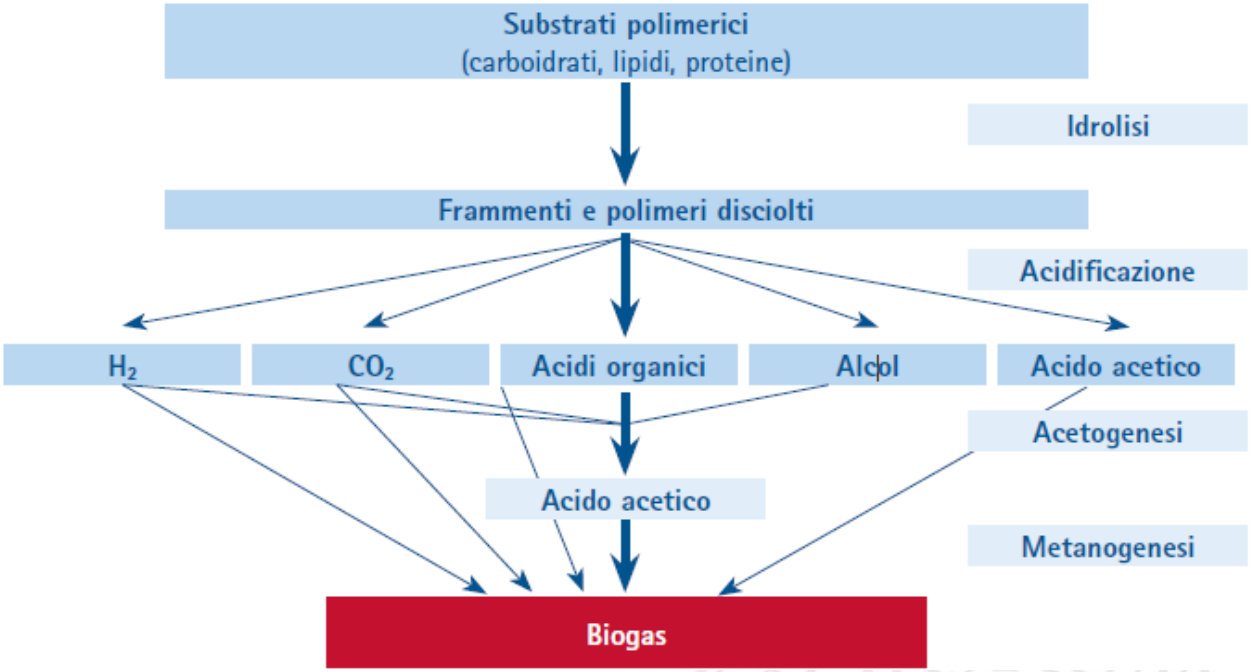
Il **BIOGAS** è costituito da una **miscela di metano**, nella percentuale di un 50-70%, **anidride carbonica** e **altri sottoprodotti** (azoto, ammoniaca, idrogeno, idrogeno solforato e altri gas tossici quali diclorometano, benzene, toluene).
Il biogas, grazie alla componente infiammabile data dal metano, viene utilizzato come combustibile dopo aver subito i dovuti trattamenti di depurazione.

La produzione di biogas avviene spontaneamente in natura, infatti, il biogas era denominato in passato "**gas di palude**", a causa delle bolle che si originavano nelle acque stagnanti a seguito dei processi di decomposizione della flora acquatica.

Il processo indotto di produzione del biogas è una trasformazione biochimica, denominata "digestione anaerobica", che avviene in carenza di ossigeno. Attraverso l'azione di microorganismi si ottiene la degradazione del materiale organico (lipidi, protidi, glucidi) contenuto nei vegetali e nei sottoprodotti di origine animale (ad es. reflui zootecnici).



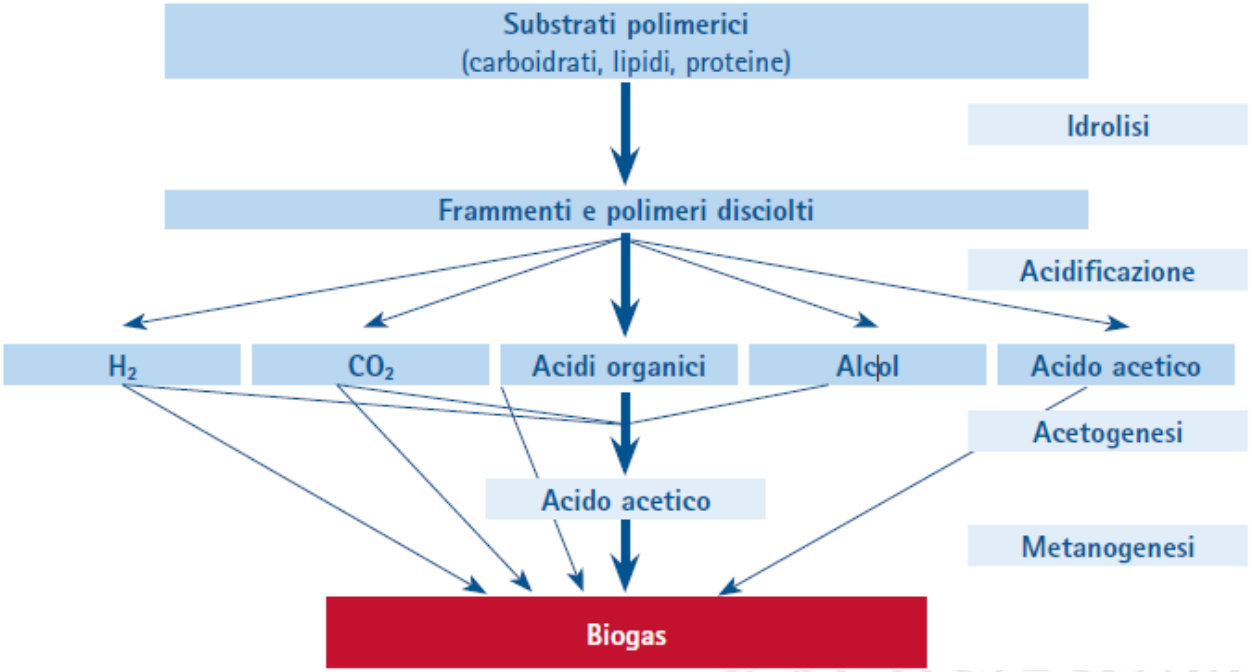
Fonte: ENEA



Le principali fasi produttive all'interno dei digestori sono sintetizzabili in:

- Processo Idrolitico (fas acidogena): I batteri spezzano i composti organici complessi in sostanze più semplici. I polimeri dell'amido, della cellulosa, dei grassi, delle proteine sono trasformati in acidi organici, alcoli, acqua e anidride carbonica, mentre gli acidi grassi a lunga catena e gli alcoli vengono convertiti in acido acetico, idrogeno e anidride carbonica: queste reazioni sono endotermiche e sono associate alla riduzione esotermica dell'anidride carbonica a metano.

- Fermentazione acido-acetica (acetogenesi): le suddette sostanze vengono trasformate in acidi organici poi in acetato, anidride carbonica ed idrogeno. A partire dagli acidi grassi formatisi nel corso della fase di idrolisi ed acidificazione (acidi volatili, essenzialmente propionato e butirrato, ma anche alcoli) i batteri acetogeni producono acido acetico, acido formico, CO2 ed H2.

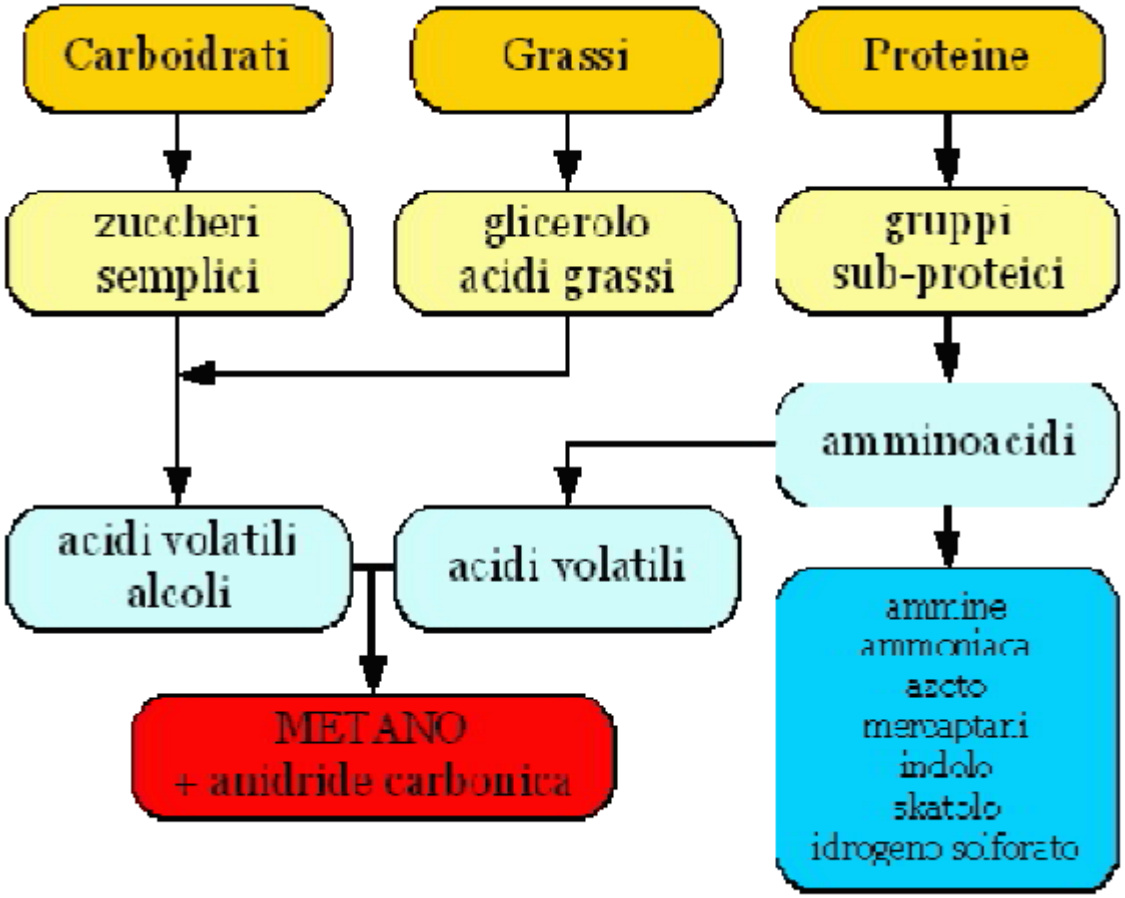


-**Metanogenesi:** i batteri metanigeni trasformano le sostanze fermentate in metano ed anidride carbonica. La produzione di CH4 rappresenta il prodotto finale della catena trofica anaerobica. La produzione del metano può avvenire essenzialmente attraverso due differenti reazioni:
-metanogenesi ad opera dei batteri idrogenotrofi, che operano l'ossidazione anaerobica dell'idrogeno,secondo la reazione

$$CO_2 + 4\,H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$$

-dismutazione anaerobica dell'acido acetico con formazione di metano e biossido di carbonio detta via acetoclastica. La maggior parte della produzione di metano avviene attraverso questo secondo meccanismo

$$CH_3COOH \rightarrow CH_4 + CO_2$$



I fattori che influenzano la digestione anaerobica sono:

-pH, alcalinità, contenuto di acidi volatili

-Sali dei metalli alcalino-terrosi (sodio, potassio, calcio, magnesio)

-Rapporto Carbonio/Azoto

-Temperatura

- Direzionalità e caratteristiche del flusso e del mescolamento del liquame

Il controllo degli acidi volatili e dell'ammoniaca attraverso un **bioattivatore enzimatico e batterico, utilizzato nelle** fosse di stoccaggio a monte dell'impianto per la produzione di biogas, consente un abbattimento considerevole della quantità di ammoniaca presente nei rifiuti e favorisce un più rapido innesco dei processi microbiologici che portano alla degradazione della sostanza organica.

In questo modo si accelera il primo stadio di digestione anaerobica.

Partecipano al processo i seguenti gruppi di batteri:

batteri idrolitici, che spezzano le macromolecole biodegradabili in sostanze più semplici;

batteri acidogeni, che utilizzano come substrato i composti organici semplici liberati dai batteri idrolitici e producono acidi organici a catena corta, che a loro volta rappresentano il substrato per i gruppi batterici successivi;

batteri acetogeni, produttori obbligati di idrogeno (OPHA: Obbligate Hydrogen Producing Acetogens), che utilizzano come substrato i prodotti dei batteri acidogeni dando luogo ad acetato, idrogeno ed anidride carbonica;

batteri omoacetogeni che sintetizzano acetato partendo da anidride carbonica e idrogeno;

batteri metanigeni, distinti in due gruppi:

a) quelli che producono metano ed anidride carbonica da acido acetico, detti acetoclastici;

b) quelli che producono metano partendo da anidride carbonica e idrogeno, detti idrogenotrofi.

Mentre il metano viene liberato quasi completamente in fase di gas vista la sua scarsa solubilità in acqua, l'anidride carbonica partecipa all'equilibrio dei carbonati presenti nella biomassa in reazione.

Le interazioni tra le diverse specie batteriche sono molto strette ed i prodotti del metabolismo di alcune specie possono essere utilizzati da altre specie come substrato o come fattori di crescita.

Fattori inibenti e tossici

L'ottimizzazione del processo di digestione anaerobica deve considerare alcuni fattori che possono inibire o limitare sia la crescita del consorzio batterico che la resa di trasformazione del substrato nel prodotto finale.

I parametri che possono avere un'influenza negativa sono rappresentati dal substrato stesso , quando troppo abbondante o molto reattivo, ed eventuali elementi inibenti quali metalli pesanti, sali, azoto ammoniacale, residui di pesticidi e prodotti farmaceutici, detergenti e disinfettanti, solventi, inibitori da trattamenti chimici per la conservazione di cibi, ecc.

Il nutrimento dei batteri è assicurato da carbonio azoto fosforo e zolfo che non devono mai mancare.

Per un rendimento in metano ottimale il rapporto Carbonio/Azoto non deve mai superare il 35 con un optimum di 30.

La paglie ed il legno (segatura, trucioli) hanno un valore di questo rapporto superiore a 100 e quindi le quantità vanno accuratamente dosate in funzione della qualità del rimanente substrato.

Infatti le deiezioni animali hanno un C/N relativamente elevato di 20-25 tollerando poca paglia mentre i residui vegetali (C/N medio 15) ed i residui animali (C/N medio 10) possono essere miscelati con paglia o segatura per correggere il tenore di solidi.

Parametri inerenti alla presenza di componenti inibenti e tossici

Concentrazione (mg/l)			
IONE	SINERGICA	INIBENTE	TOSSICA
Sodio	100-200	4000	8000
Potassio	200-400	3500	12000
Calico	100-200	3500	8000
Magnesio	70-150	1200	3000
Ammonio	50-200	1700	3000
Zolfo	<10	<200	>200
Zinco	<1	>1	>160
Rame	<1	>1	>170
Cadmio	<1	>1	>180
COMPOSTI DI SINTESI			
Detergenti	Mai	>15	
Antibiotic	Mai	Sempre	Sempre
Fenolo (disinfettante)	<400	>400	
Formaldeide (disinfettante)	<2000	>2000	

pH ed alcalinità (effetto tampone)

Il pH indica se l'ambiente del digestore è favorevole alla reazione. Per valori di pH compresi tra 6.5 e 7.5 il processo di digestione è stabile.
In fase acidogena i batteri producono acidi grassi e quindi fanno diminuire il pH e già a pH=6,2 i batteri metanogeni sono inibiti mentre gli acidogeni lavorano fino ad un pH di 4,5.

Bisogna quindi bloccare la produzione di acidi grassi in modo che il pH non scenda sotto a 6,2, questa operazione viene fatta con il controllo dell'alcalinità.

L'alcalinità rappresenta la capacità di neutralizzare gli ione idrogeno ed è generalmente espressa come concentrazione di carbonato di calcio. Valori di alcalinità dell'ordine di 3000-5000 mg $CaCO_3$ per litro sono tipici per i digestori anaerobici operanti in condizioni stabili.

Questo parametro è di fondamentale importanza nei processi anaerobici considerando che I tassi di crescita della biomassa metanigena sono estremamente ridotti. Può capitare che in occasione di un incremento del carico organico le aumentate capacità idrolitiche ed acidificanti del sistema determinino uno sbilanciamento della popolazione batterica a favore della componente acidogenica e quindi a sfavore della componente metanigena. Durante questa fase si osserva un aumento di concentrazione degli acidi grassi volatili e proprio allora la capacità tamponante del sistema, che deve essere in grado di neutralizzare l'abbassamento di pH.

Nel caso in cui l'acidità esaurisca l'effetto tampone del bicarbonato l'ammoniaca, originate dalla degradazione di proteine, sciogliendosi in acqua come idrato d'ammonio riassorbe l'acido facendo ripartire la reazione.

La concentrazione degli acidi volatili, generalmente espresso in termini di acido acetico o di COD, dipende dal tipo di substrato trattato, e varia da circa 200 fino a 2000 mgAc/l.

La concentrazione degli acidi grassi volatili e l'alcalinità sono i due parametri che mostrano una più rapida variazione quando il sistema tende ad allontanarsi da condizioni di stabilità. Dal momento che, in caso di problemi, la concentrazione degli acidi grassi tende ad aumentare mentre l'alcalinità tende a diminuire, un utile parametro da considerare è il rapporto tra queste due grandezze: valori del rapporto intorno a 0.3 indicano un digestore stabile, mentre valori superiori possono indicare l'insorgere di problemi di stabilità.

La variazione della composizione (almeno in termini di metano e biossido di carbonio) del biogas permette di monitorare la stabilità del processo di digestione anaerobica.

Una diminuzione nella produzione complessiva di biogas ed un aumento nella percentuale di CO2 indicano inibizione della componente metanigena dovuti all'eccessiva presenza di acidi grassi volatili.

Temperatura e riscaldamento

L'attività dei batteri metanogeni è influenzata dalla temperatura: temperature molto basse, al di sotto di 10° C, implicano un'attività ridotta mentre temperature molto alte, superiori a 70° C comportano la morte dei batteri.

L'attività dei batteri tuttavia aumenta all'aumentare della temperatura per cui per alte temperature, diventando la produzione di gas più rapida, ne risulta un minor tempo di ritenzione del materiale all'interno del digestore.

La temperatura ottimale nella maggior parte degli impianti situati nelle aziende agricole è di 35÷55° C; è molto importante che la temperatura sia inoltre mantenuta il più possibile costante, in quanto i batteri metanigeni sono molto sensibili ad improvvise variazioni termiche.

Gli intervalli tipici di temperatura incontrati nei reattori di digestione anaerobica sono: il mesofilo, il termofilo, e lo psicrofilo. Quando si passa da un regime di temperatura ad un altro si osserva un vero e proprio cambiamento nella composizione della comunità batterica che presenta dei picchi in corrispondenza di ben definiti intervalli di temperatura, differenti per ciascuna specie.

Una variazione di temperatura, all'interno di un certo intervallo, e, quindi, per una data popolazione, determina una variazione nelle velocità di reazione.

Ne deriva la necessità di controllare con particolare la temperatura interna del reattore con due stistemi:

-riscaldamento dall'esterno;
- riscaldamento dall'interno.

Nel primo caso viene sfruttata la radiazione solare per il riscaldamento della biomassa. I digestori sono nella parte inferiore sommersi, per evitare la loro esposizione al vento che farebbe aumentare le perdite di calore verso l'esterno, mentre la parte superiore, con bassa resistenza termica per permettere il passaggio del calore, è esposta alla radiazione solare.

Nel secondo caso riscaldamento dall'interno viene ottenuto mediante l'utilizzo di serpentine disposte all'interno del digestore e contenenti del fluido a temperatura prefissata. Per il riscaldamento del fluido si utilizza convenientemente la cogenerazione.

Il digestore, o reattore, è il contenitore nel quale avvengono le reazioni che portano alla trasformazione della sostanza volatile del biogas.

In generale il digestore è caratterizzato da un volume in grado di assicurare il tempo di residenza ed il carico organico desiderato, da un sistema di riscaldamento per avere la temperatura ottimale, da un meccanismo di carico e scarico, da alcuni sensori elementari per la misura della temperatura e del pH, e dal sistema di movimentazione del liquame dove si possono inserire alcuni punti di campionamento/condizionamento del liquame.

Tecnicamente è possibile operare una prima suddivisione che tiene conto dei diagrammi di carico e scarico rispetto al tempo di residenza da cui derivano:

a) *DIGESTORI CONTINUI quando la frequenza del carico/scarico è elevata (a regime)*
b) *DIGESTORI DISCONTINUI quando la frequenza coincide con il tempo di residenza (ciclico)*

Il processo di digestione si può suddividere in due fasi principali: alla idrolisi ed acidogenesi segue l'acetogenesi e la metanazione. I digestori possono avere queste due fasi separate da un setto od essere costituiti da due reattori separati. Nella realtà dei fatti le popolazioni batteriche non risultano mai perfettamente distinte.

Nei digestori continui il flusso di materia verso l'uscita è continuo o pulsante in funzione della frequenza di carico.

La tipologia di movimentazione del flusso di biomassa differenzia i digestori anche in:

a) *DIGESTORI CON FLUSSO A PISTONE dove si ha movimento solo verso l'uscita, con eventuali* miscelamenti in direzione normale a quella del flusso ma sulla stessa sezione di avanzamento

b) *DIGESTORI COMPLETAMENTE MISCELATI dove si ha movimento anche in senso normale al flusso* verso l'uscita che produce un continuo mescolamento indipendente dal processo di metanizzazione

Il contenuto dei solidi totali permette una suddivisione in:

-Umido (Wet) con ST <10%

-Semisecco (Semidry) con ST 10 -20%

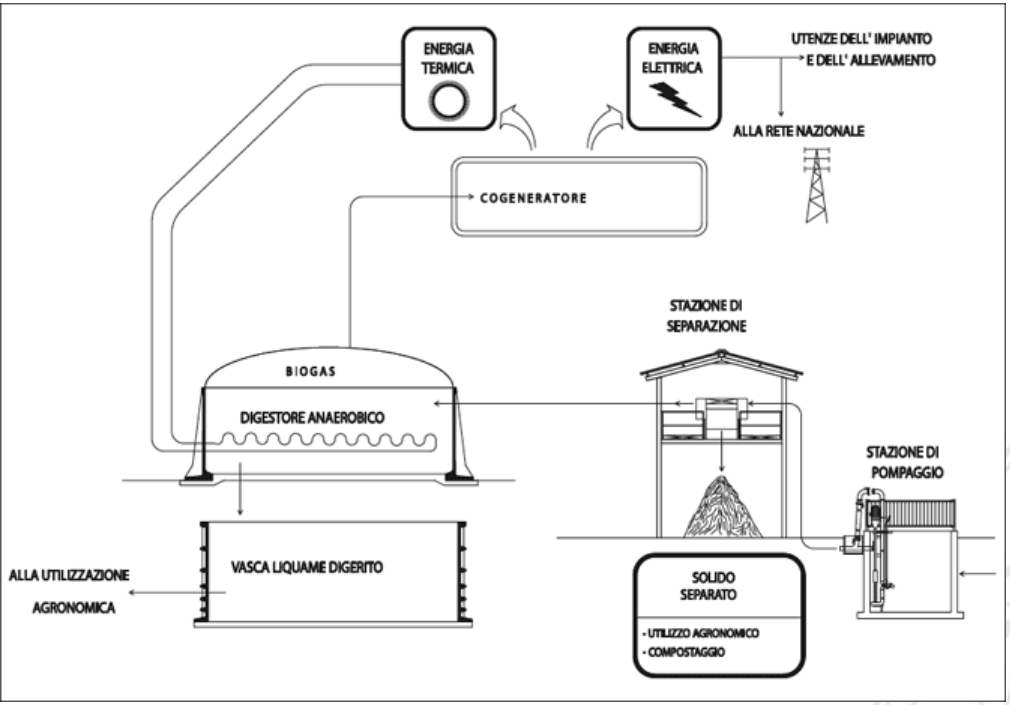
- Secco (Dry) con ST >20%

Nei classici digestori utilizzati nelle aziende agricole il biogas prodotto viene raccolto direttamente nella loro parte superiore mediante una copertura a cupola detta **copertura gasometrica**, che svolge anche un importante "effetto volano" per tutto il sistema. Attraverso una apposita condotta, il gas viene poi trasportato dal digestore all'impianto di co-generazione.

	Temperature di processo	Tempo di permanenza idraulico - HRT
Digestione anaerobica con *batteri psicrofili*	< 30 C°	30 – 90 giorni
Digestione anaerobica con *batteri mesofili*	30 – 40 °C	25 – 40 giorni
Digestione anaerobica *batteri termofili*	40 – 55 C°	15 - 25 giorni

Gli impianti di Biogas di uso e applicazione più frequenti nell'azienda agricola sono assimilabili a 3 distinte tipologie, aventi ciascuna peculiarità particolari e per questo adatte ciascuna a specifiche e differenti realtà.

1) Impianto a canale tipo plug-flow o flusso a pistone



Si caratterizza per la massima semplicità costruttiva e può essere utilizzato sia nel trattamento dei liquami zootecnici, sia nella stabilizzazione dei fanghi ottenuti dalla flottazione di reflui agro-zootecnici.

Nel caso di utilizzo per liquami zootecnici, richiede una preventiva separazione dei solidi grossolani, non tecnicamente biodegradabili in tempi tecnici ragionevoli, utilizzando nel processo anaerobico solo la frazione liquida delle deiezioni.

Il digestore pertanto è assolutamente privo di organi di miscelazione interni e si deve prediligere la conformazione a canale.

Nel caso dei fanghi di flottazione non si avrà separazione delle fasi nel digestore. Nel caso dei reflui zootecnici tal quali l'effetto di separazione dei solidi sedimentabili rispetto alla frazione liquida del liquame, dovuto alla mancanza di agitazione nel digestore, provocherà un vantaggioso effetto di aumento dei tempi di ritenzione della frazione solida rispetto alla frazione liquida.

Tale fenomeno, infatti, consentirà di allontanare più velocemente dal digestore la frazione liquida, che contiene le sostanze prontamente disponibili per la digestione e di trattenere all'interno del digestore le molecole più complesse per un tempo superiore, consentendo ai batteri di demolirle e renderle comunque disponibili per la trasformazione in biogas.

I solidi comunque raggiungeranno la sezione di uscita del digestore sfruttando l'effetto combinato dei moti di risalita provocati dal biogas e dalla presenza della serpentina di riscaldamento posizionata in prossimità del fondo del digestore, con il moto di avanzamento provocato dal posizionamento, nella sezione iniziale e finale del digestore, delle tubazioni di immissione e scarico del liquame fresco e digerito.
E' adatto sostanzialmente ad allevamenti di medie e grandi dimensioni che intendono produrre energia con lo scopo di utilizzarla quasi totalmente per i fabbisogni diretti e solo in caso di eventuale surplus cederla al gestore di rete. Inoltre a chi in generale è costretto in modo sensibile alla riduzione dell'impatto ambientale indotto dalla propria attività zootecnica, attraverso la flottazione e depurazione biologica degli scarichi da destinare allo sversamento in corpi idrici superficiali.

Fasi del processo: al fine di ottenere la maggiore produzione possibile di biogas, è fondamentale che i liquami prodotti arrivino "freschi" al digestore; per questo si dovranno adottare tutti gli accorgimenti più opportuni per evacuare dai ricoveri zootecnici il più velocemente possibile i liquami prodotti in allevamento.

Il liquame prodotto viene convogliato ad una prevasca di raccolta e quindi trasferito, tramite opportuna stazione di pompaggio, al trattamento di separazione.

Il trattamento di separazione meccanica delle frazioni liquide dai solidi grossolani è quasi sempre necessario e serve per eliminare dal liquame le parti non biodegradabili nei tempi tecnici di digestione previsti, quali ad esempio i residui vegetali ed il pelo, che tendono ad affiorare per effetto della risalita del biogas ed a formare sulla superficie del liquame una crosta di materiale cellulosico intrecciato, che occupa volume utile e può provocare a lungo andare intasamenti del digestore.

La frazione solida separata a monte del digestore potrà essere compostata o accumulata e portata come ammendante sui terreni agricoli, mentre la frazione liquida, ricca di sostanze organiche, alimenterà il digestore, di norma a sezione trasversale rettangolare, a uno o più canali paralleli.

La digestione anaerobica dei liquami è ottenuta all'interno di un apposito digestore mediante l'attività di batteri capaci di frantumare le molecole complesse con la formazione di metano, anidride carbonica, acqua e idrogeno solforato.

Le suddette attività biologiche sono condizionate da vari fattori quali: il pH, la temperatura ed il tempo di permanenza del liquame nel digestore. Al diminuire della temperatura di digestione in particolare è necessario garantire un tempo di permanenza (HRT) del liquame nel digestore più elevato. Pertanto, in condizioni psicrofile, è opportuno prevedere un HRT di almeno 60 giorni, mentre in condizioni mesofile è possibile garantire un HRT di soli 18-20 giorni.

Rispettando queste condizioni, le rese energetiche dell'impianto raggiungono ottimi risultati in qualsiasi stagione. Per operare in condizioni termicamente controllate le pareti del digestore devono essere opportunamente isolate e l'interno del digestore è riscaldato e mantenuto ad alla temperatura di processo da uno scambiatore di calore posto in prossimità del fondo, realizzato con tubazioni in acciaio inossidabile nelle quali è fatta circolare acqua calda prodotta dalla combustione del biogas in cogenerazione.

Il biogas prodotto è raccolto direttamente nella parte superiore del digestore mediante una copertura a cupola gasometrica ed eventualmente altre coperture raccogligas a cupola presso statica.

La cupola gasometrica ha forma di semicilindro o calotta sferica ed è realizzata con tre membrane sovrapposte in tessuto di fibre poliesteri spalmato PVC e saldato con sistema elettronico ad alta frequenza.

La membrana più interna ha il compito di racchiudere il biogas in una camera a contatto con il liquame, quella intermedia è in contatto con l'esterno lungo i bordi laterali ed evita che il biogas possa eventualmente miscelarsi con l'aria contenuta nel volume racchiuso tra la membrana intermedia e quella più esterna, che rimane sempre gonfia.

La camera dell'aria è mantenuta in pressione da una centralina di controllo e da valvole che, aggiungendo o sfogando aria, mantengono il biogas sempre alla pressione di 200 mm H_2O, indipendentemente dalla quantità di biogas contenuto. In tal modo l'alimentazione dei bruciatori è regolare e la membrana esterna è sempre tesa, con gli immaginabili benefici nei confronti di vento, acqua o neve.

Il sistema di copertura a membrana pressostatica conferisce i seguenti vantaggi:

-evita la costruzione separata di un gasometro;

-semplifica la manutenzione del digestore, essendo facilmente rimovibile;

-assicura un elevato grado di coibentazione della sommità del digestore;

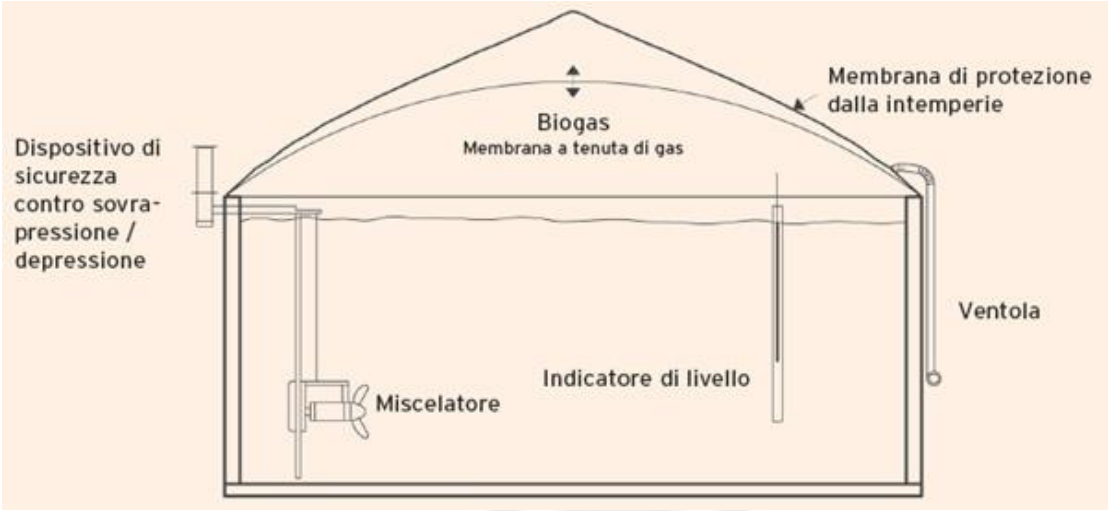
-è adattabile a vasche esistenti;

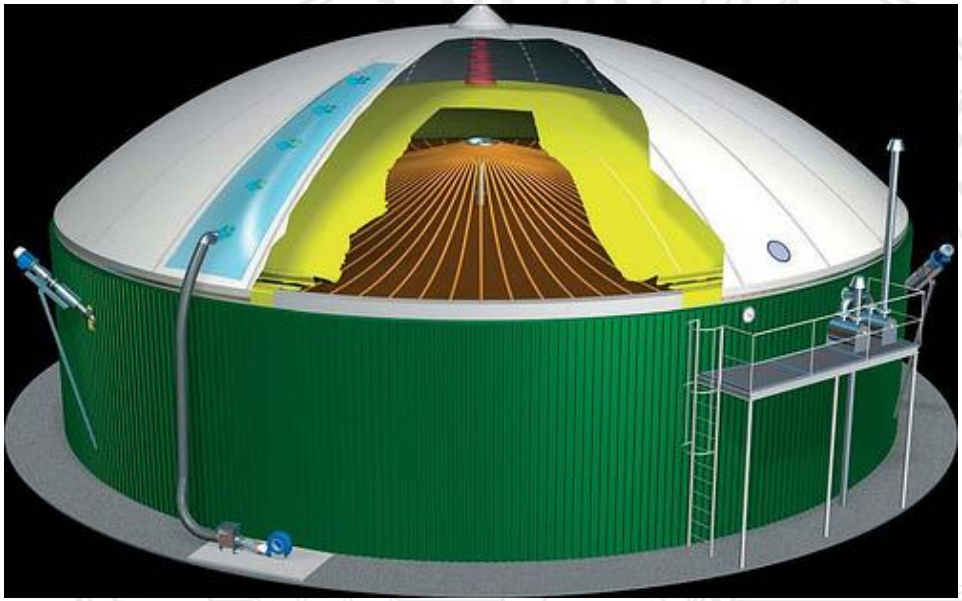
-consente di immagazzinare il biogas già alla pressione di utilizzo dei bruciatori, evitando l'installazione di compressori per il gas;

-è resistente a neve e vento;

-rende possibile una gestione più flessibile degli utilizzatori di biogas grazie all'elevato volume racchiuso;

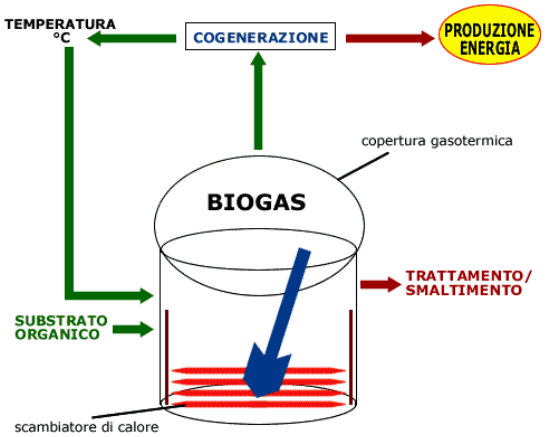
-favorisce infine la deumidificazione del gas contenuto, soprattutto nei mesi più freddi, mediante la condensa dell'acqua a contatto della parete della cupola.



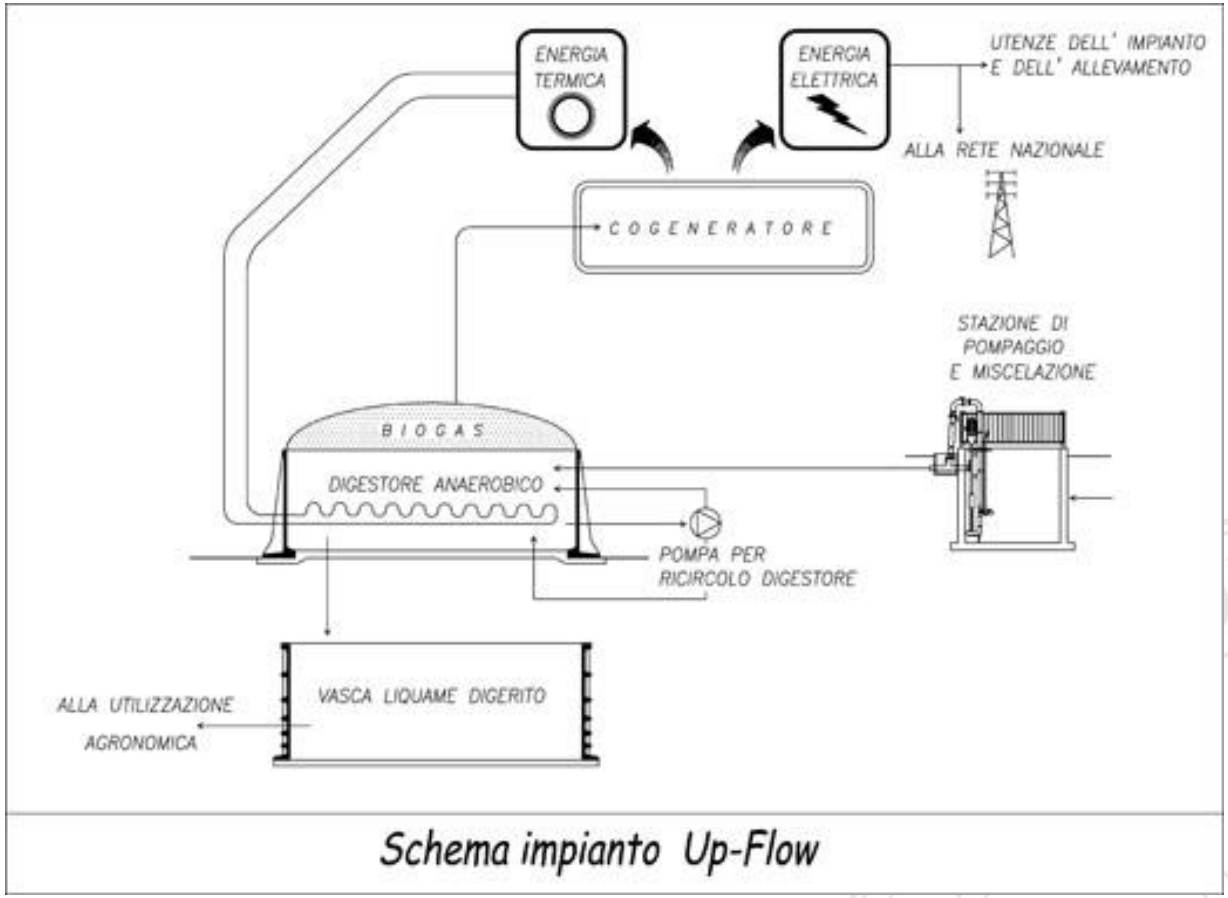


2) Impianto cilindrico tipo up-flow miscelato

Caratteristiche principali: questo processo di digestione anaerobica utilizza le deiezioni tal quali (frazione liquida + frazione solida), pertanto il digestore, che in questa tipologia di impianto è di forma cilindrica, sarà dotato di impianto di miscelazione ad elica, di pompa di ricircolo esterna temporizzata e sistema di bocchette di fondo per ottenere la movimentazione del liquame e l'effetto up-flow e rompicrosta. Il digestore sarà alimentato giornalmente con liquame fresco, mentre il liquame digerito uscirà dopo un tempo medio di permanenza nella vasca di circa 20/25 giorni.



E' adatto ad allevamenti che vogliono gestire i liquami come unico prodotto omogeneo e trarre il maggiore rendimento in termini energetici e quindi economici; poiché grazie al mantenimento di tutta la frazione solida presente nelle deiezioni si incrementa la produzione di biogas. È consigliabile anche ad allevamenti di modeste dimensioni, ma che hanno disponibilità nel tempo di biomasse da aggiungere e digerire assieme alle deiezioni. Restano anche per questo impianto validi i notevoli vantaggi ambientali, ma si deve ricordare che: il liquame non separato deve essere gestito con idonee macchine nelle fasi di pompaggio; il digestore necessita di maggiori componenti elettromeccanici; l'impianto ha un'autoconsumo elettrico più elevato e l'eventuale aggiunta di sostanze contenenti azoto porta alla necessità di avere più terreno per il bilancio aziendale previsto dal piano di utilizzazione agronomica.



Schema impianto Up-Flow

Fasi del processo: Al fine di ottenere la maggiore produzione possibile di biogas, anche in questo caso è fondamentale che i liquami prodotti arrivino "freschi" al digestore; per questo si dovranno adottare tutti gli accorgimenti più opportuni per evacuare dai ricoveri zootecnici il più velocemente possibile i liquami prodotti in allevamento.

Il liquame prodotto è convogliato ad una prevasca di raccolta, equalizzazione, miscelazione e sollevamento, provvista di mixer e pompa trituratrice dove può essere aggiunta in dosi prestabilite una moderata quantità di biomassa che arricchisce di sostanza organica il liquame destinato ad alimentare il digestore.

La digestione anaerobica dei liquami tal quali con moderate quantità di biomasse tali da garantire la pompabilità è ottenuta all'interno di un apposito digestore mediante l'attività' di batteri capaci di frantumare le molecole complesse con la formazione di metano, anidride carbonica, acqua e idrogeno solforato.

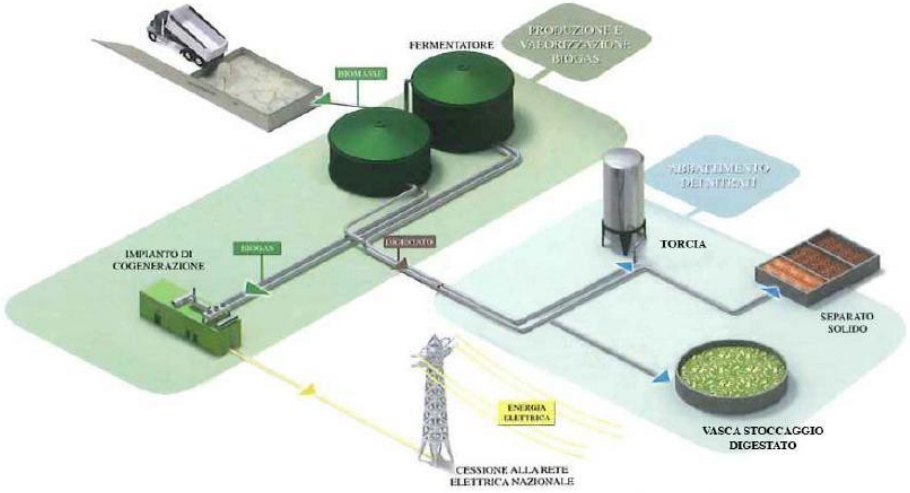
Le suddette attività biologiche sono condizionate da vari fattori quali: il pH, la temperatura ed il tempo di permanenza del liquame nel digestore.

I due principali fattori che influenzano l'intero processo sono senza dubbio la temperatura ed il tempo di permanenza del liquame nel digestore. In particolare il processo di digestione anaerobica è favorito dal mantenimento delle condizioni ottimali di temperatura (per batteri termofili 50 - 55 ° C, per i mesofili 35 - 40 ° C, per gli psicrofili 10-25° C).

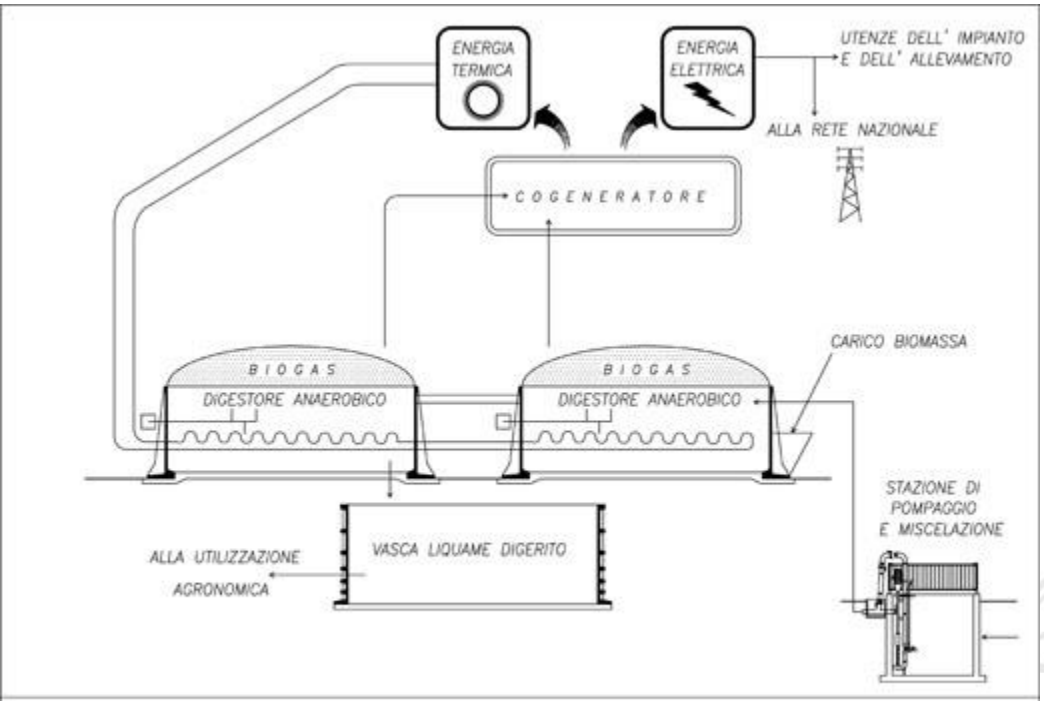
Rispettando le corrette condizioni impiantistiche e gestionali le rese energetiche del sistema raggiungono ottimi risultati in qualsiasi stagione; il biogas prodotto è raccolto direttamente nella parte superiore del digestore mediante una copertura gasometrica a cupola che ha la forma di calotta sferica.

Attraverso una condotta collegata con la copertura raccogligas del digestore, il gas prodotto e recuperato è avviato a un gruppo di cogenerazione che bruciando il biogas produce energia elettrica e calore. Anche in questo caso parte del calore prodotto e dissipato dal cogeneratore viene recuperato per termostatare e mantenere in temperatura il digestore.

Infine il liquame in uscita dal digestore, ormai stabilizzato e deodorizzato, sarà accumulato in uno o più bacini di stoccaggio in attesa dell'utilizzazione agronomica.



3) Impianto SUPER-FLOW per la digestione di biomasse super-dense



Schema impianto Super-Flow

Caratteristiche principali:

Il processo di digestione anaerobica utilizza le deiezioni tal quali (frazione liquida + frazione solida), con immissione di opportuna biomassa anche in grandi quantità oltre il limite di pompabilità.

Di norma l'impianto prevede due o più digestori, (primari e secondari).

Il digestore primario di tipo cilindrico è dotato di un particolare miscelatore ad asse orizzontale che garantisce la completa miscelazione dei liquami e della biomassa.

Il digestore primario è alimentato costantemente con liquame fresco e biomassa secondo un piano di carico prestabilito in funzione delle composizioni e caratteristiche dei vari complementi di apporto, mentre il liquame digerito uscirà dopo un tempo medio di permanenza nella vasca di circa 20 - 30 giorni per essere trasferito nel digestore secondario, a sua volta miscelato ed in grado di recuperare la residua quantità di biogas.

Il tempo di permanenza nel secondo digestore risulta pari a circa 30 - 40 giorni per una permanenza media complessiva pari a circa 60 giorni.

L'efficienza della miscelazione è essenziale per poter raggiungere elevate densità nel digestore.

Il riscaldamento della massa è ottenibile tramite tubazioni fissate contro la parete del digestore

Digestore della cupola gasometrica colma di Biogas

E’ adatto ad aziende agricole e zootecniche che hanno adeguata disponibilità di terreni set-aside o comunque disponibilità di biomassa costante nell'arco dell'anno, grazie alla quale si incrementa notevolmente la produzione di biogas e quindi di energia elettrica prodotta, massimizzando in tal modo il rendimento del processo.

Fasi del processo: al fine di ottenere la maggiore produzione possibile di biogas, è consigliabile che i liquami prodotti arrivino “freschi” al digestore primario e la qualità della biomassa sia integra nella sua struttura energetica.

Il liquame prodotto è convogliato ad una prevasca di raccolta, equalizzazione, miscelazione e sollevamento, provvista di mixer e pompa trituratrice che omogeneizza e alimenta il liquame nel digestore primario cilindrico.

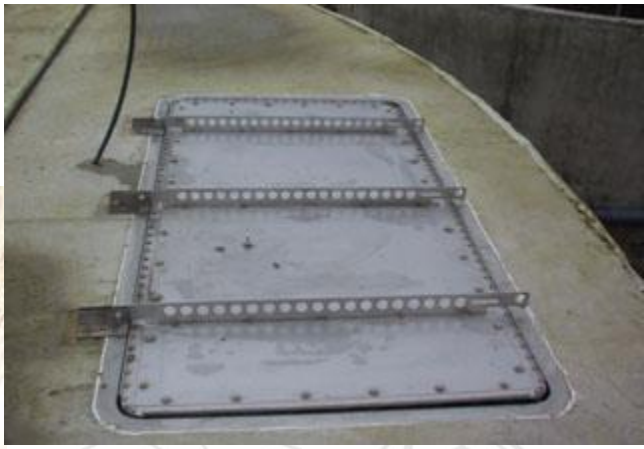
Una particolare tramoggia munita di coclee di dosaggio opportunamente alimentata provvede al carico della biomassa, che mediante un programma specifico inserisce nel digestore il quantitativo necessario di materiali per garantire un buon funzionamento del processo di digestione.

Il biogas così prodotto in condizioni anaerobiche è raccolto direttamente nella parte superiore del o dei digestori mediante una copertura gasometrica a cupola che avrà la forma di calotta sferica a volume variabile.

Attraverso una condotta collegata con la copertura raccogligas dei digestori, il gas prodotto e recuperato è bilanciato, raffreddato, deumidificato, filtrato ed avviato ai gruppi di cogenerazione che bruciando il biogas producono energia elettrica e calore. Infine il liquame in uscita ormai stabilizzato e deodorizzato, sarà accumulato tal quale, o previa separazione, in uno o più bacini di stoccaggio in attesa dell'utilizzazione agronomica.

Cassone dosatore per automatizzare le operazioni di alimentazione del digestore

Coclee laterali di miscelazione e coclea di fondo poste nella tramoggia di carico per l'immissione della biomassa



Portelli a tenuta per consentire l'accesso al digestore per gli eventuali controlli e/o manutenzioni.

TRATTAMENTI E UTILIZZI DEL BIOGAS

Il trattamento del biogas è essenziale per garantire il corretto funzionamento dei cogeneratori.

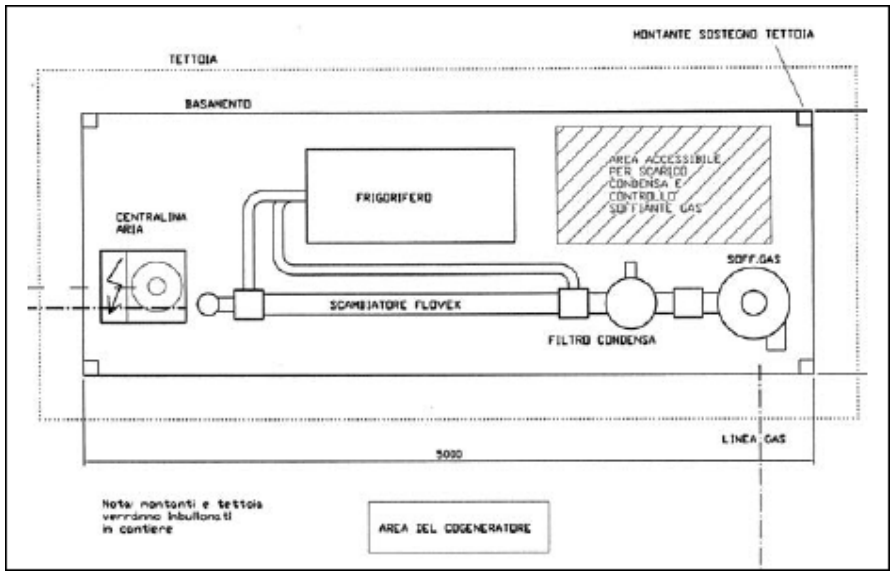
Nel biogas sono infatti presenti piccole quantità di alcuni composti che, a causa delle loro proprietà ossidanti o di incombustibilità, devono essere eliminati per favorire un buon processo di combustione mediante le seguenti tecniche: **Filtrazione** con filtri a ghiaia o sabbia, necessaria per eliminare i solidi in sospensione che sono essenzialmente materiale organico, grassi ed eventuali schiume prima dell'aspirazione dei compressori di ricircolo o dei compressori ausiliari della caldaia e dei motori a gas;

Deumidificazione, la temperatura del biogas in uscita dal digestore è di almeno 35° C con un grado di umidità elevato che porta il vapore acqueo presente a condensare, per cui si predispongono lungo le tubazioni pozzetti di raccolta e spurgo delle condense. Ma per evitare la formazione di condense in camera di combustione occorre eliminare in modo drastico l'umidità, utilizzando ad esempio un impianto di condensazione composto da un frigorifero ad espansione diretta, uno scambiatore a fascio tubiero acqua/biogas ed un filtro a coalescenza ove viene condensato il vapore che viene poi estratto mediante scarico automatico o manuale;

Desolforazione necessaria per abbattere i composti a base di zolfo può avvenire tramite filtri chimici riempiti con ossidi di ferro che provocano la precipitazione dei composti e quindi la loro estrazione; tramite torri di lavaggio che lavano il gas in controcorrente tramite un flusso di acqua e ossido ferrico; oppure mediante desolforazione biologica immettendo direttamente nel digestore una percentuale di aria, circa 5-10% del gas, per consentire a particolari ceppi batterici di innescare una reazione di precipitazione biologica dello zolfo.

La desolforazione biologica all'interno dei digestori ottenuta mediante batteri desolforanti offre il vantaggio di abbattere quasi completamente l'acido solforico riducendo i costi del residuo trattamento mediante filtri di sicurezza a carboni attivi, preservando i motori e riducendo i costi di service. Necessita di supporti in legno sul quale i batteri possono proliferare.

Il trattamento del gas con speciali filtri a ciclo frigorifero e carboni attivi offre i vantaggi derivanti da un livello di purezza del biogas pressochè totale, che si tramuta in minori cambi d'olio e minori costi di manutenzione dei cogeneratori.



Gli utilizzi possibili del biogas:

Combustione diretta in caldaia, per la produzione di energia termica;

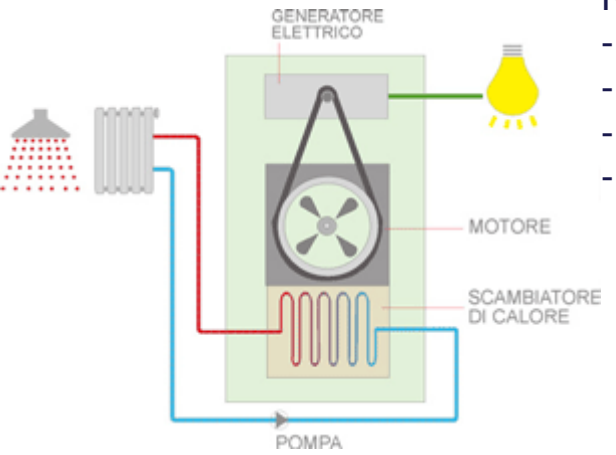
Combustione in impianti di cogenerazione (caldaie a gas accoppiate a turbine) per la produzione combinata di energia termica ed elettrica;

Combustione in motori azionanti gruppi elettrogeni per la produzione di energia elettrica;

autotrazione come metano al 95% (poco sfruttato).

Un forte incremento nell'utilizzo di impianti di digestione anaerobica e produzione di biogas, si è avuto in Italia a seguito della "Direttiva Nitrati". La Direttiva ha di fatto fortemente limitato la possibilità di spandere reflui agroalimentari, soprattutto zootecnici, sui terreni, obbligando le aziende ad impiegare impianti di digestione.

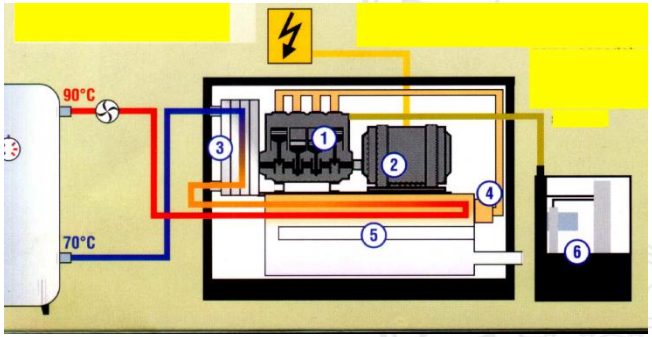
Il biogas è un combustibile dotato di un potere calorico inferiore di 20-24 Mj/Nm^3 che normalmente viene utilizzato per produrre energia elettrica e calore tramite combustione in motori endotermici accoppiati ad alternatori.



Rendimenti medi di un cogeneratore a biogas:
- produzione energia elettrica 0,38
- produzione di calore 0,42
- calore utilizzato per impianto biogas 0,1
- calore non recuperato (disperso) 0,1

Il motore utilizzato è un motore endotermico a ciclo Otto che funziona ad un regime pressoché costante al fornendo quasi sempre il massimo della potenza meccanica che, opportunamente convertita in elettrica dal generatore viene poi ceduta in media tensione alla rete esterna.

Parte del calore prodotto, invece, viene recuperato ed utilizzato per mantenere in temperatura il digestore, una ulteriore quota parte è resa disponibile per altri utilizzi (riscaldamento ambienti). Mediamente fatta pari ad 1 la potenza elettrica, quella recuperata sotto forma di calore è circa pari a 1,1-1,2.



Vantaggi derivanti dal trattamento anaerobico con recupero del biogas delle biomasse di origine animale ed agricola:

1. Produzione di energia: la cogenerazione di energia elettrica e calore mediante combustione del biogas risulta economicamente vantaggiosa sia per autoconsumo aziendale, sia per la cessione di energia elettrica a terzi, incentivata dalla recente riforma dei Certificati Verdi definita nella Legge del 23 Luglio 2009, n.99.

2. Abbattimento odori ed emissioni inquinanti (NH3 e CH4): le sostanze maleodoranti che si formano durante il processo (acido solfidrico, mercaptani, ammoniaca) vengono avviate con il biogas alla combustione.

3. Stabilizzazione dei liquami: l'abbattimento del carico organico carbonioso ottenibile in digestione anaerobica conferisce al liquame una sufficiente stabilità anche nei successivi periodi di stoccaggio; i processi degradativi e fermentativi rallentano e determinano una diminuzione dei composti maleodoranti.

4. Riduzione della carica patogena: la digestione anaerobica in mesofilia può ridurre parzialmente la eventuale carica patogena presente nei liquami. Operando in termofilia è possibile, invece, ottenere la completa igienizzazione del liquame con la completa distruzione dei patogeni.

5. Produzione bio-metano: una valida alternativa dell'utilizzo del biogas è data dalla produzione di bio-metano per autotrazione o eventuale immissione in rete, previa adozione di opportuni processi di "lavaggio".

Dal punto di vista tecnico-impiantistico gli svantaggi dovuti all'utilizzo di "impianti biogas" sono:
• limiti alla sua produzione nelle zone geografiche fredde, perché la temperatura non deve scendere sotto 15° C;
• utilizzo in luoghi non distanti dal sito di produzione, poiché il suo eventuale stoccaggio richiede una forte spesa energetica.

E' però necessario considerare che la produzione di biogas, quando ottenuta con materie prime nobili comporta un aumento:

- di emissioni nocive dovute alle lavorazioni dei terreni e alla produzione degli "input" necessari al processo
- di competizione alimentare (7 miliardi di persone nel pianeta, oltre un miliardo sottonutrite)
- dei costi delle materie prime (ad esempio del silomais)
- delle importazioni e quindi delle emissioni dovute ai trasporti
- della deforestazione e quindi un aumento delle emissioni di CO_2
-di consumo di humus con conseguente aumento di erosione e dilavamento nei terreni agricoli

In sostanza la produzione di biogas da materie "nobili", ovvero da "food" non ha assolutamente nulla di ecologico e "mischiare" cereali al liquame, è una vera e propria aberrazione.

Misteriosamente i limiti di spandimento per i digestati vegetali sono 340 kg azoto per ettaro anche in zona vulnerabile contro i 170 kg azoto per ettaro dei digestati animali che sono del tutto simili dal punto di vista chimico.

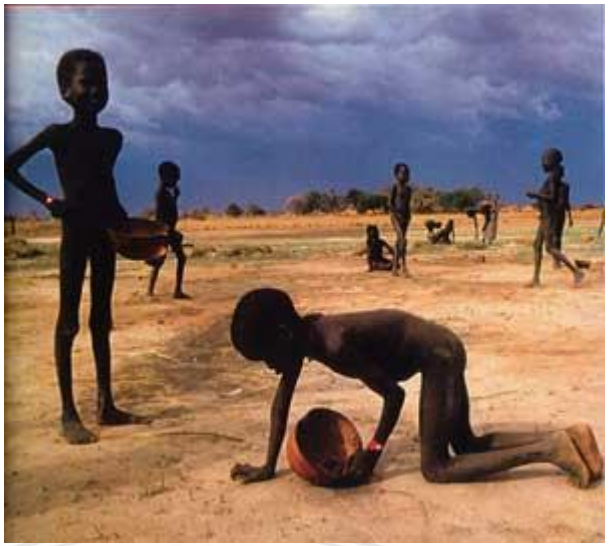
Un'altra cosa inspiegabile dal punto di vista scientifico è la differenza nei limiti di spandimento tra i digestati vegetali e i liquami ultrachiarificati.

Il liquame tal quale può essere filtrato dai solidi grossi con separatori a griglia o a elica, diventando liquame chiarificato che può essere ulteriormente filtrato dai solidi fini per flottazione, microfiltrazione a membrana, centrifugazione, sedimentazione a stadi, osmosi inversa ecc.

Il liquame utrachiarificato che ne deriva è del tutto simile dal punto di vista chimico analitico al digestato vegetale in quanto l'azoto è sottoforma minerale e non organica.

Queste disposizioni di legge sui limiti di spandimento facilitano l'utilizzo di biomassa da materie prime per la produzione di biogas come mais, orzo e sorgo.

Il 90% dei nuovi impianti a biogas prevedono l'integrazione ai liquami di biomassa, o peggio il solo utilizzo di biomasse vegetali causando non pochi problemi, tra cui la competizione alimentare, e quella dei terreni di smaltimento.



Se infatti per l'integrazione si utilizzano materie prime vergini come mais, orzo e sorgo sottoforma di insilati (cioè la pianta umida trinciata e insilata), pastoni (cioè la granella umida trinciata o insilata), o granella secca ci sarà un ammanco di questi prodotti sul mercato, e gli ammanchi delle derrate agricole possono essere colmati solo con un aumento delle produzioni mondiali quindi con ulteriore deforestazione o con aumento delle produzioni unitarie.

Come nel caso delle centrali a cippato, per ottenere i certificati versi, la biomassa immessa negli impianti a biogas deve essere comunitaria ed è molto penalizzata se proviene da più di 70 Km di distanza, ma anche questo è un paradosso perché se in una certa provincia (es. CR) costruiscono impianti a biogas che utilizzano 100 mila tonnellate di mais/anno rastrellato nel raggio di 70 km, si crea un ammanco e gli altri allevatori della zona sono costretti a comprare mais da un commerciante che importa dal Sud America (che è molto più lontano di 70 km).

In pratica quindi è come se nel digestore entrasse mais extracomunitario proveniente da migliaia di km.

In Italia la produzione di biogas da biomasse agricole esercita una forte attrazione su aziende agro-zootecniche, che per effetto della crisi sono alla ricerca di forme diversificate di reddito.

A far crescere l'interesse contribuisce l'approvazione, per gli impianti di taglia non superiore a 1 MWe, di un'incentivazione omnicomprensiva di 0,28 euro/kWh per l'energia elettrica immessa in rete e del coefficiente moltiplicatore 1,8 per i certificati verdi per gli impianti di potenza elettrica installata superiore a 1 MWe (a patto che le matrici utilizzate derivino da una filiera agricola corta o da contratti di filiera).

In Italia a fine 2011 c'erano oltre **500 impianti a biogas** per una potenza complessiva superiore ai 550 MW. Nel 2011 considerando sia gli impianti a biogas da scarti agricoli che quelli da discarica, il numero degli impianti installati rispetto al 2010 è aumentato del 13%, mentre la **potenza è cresciuta del 20%.** Interessante è rilevare che il numero degli impianti a biogas di sola origine agricola sia aumentato del 60% in anno.

Per quanto riguarda la produzione di **energia elettrica da impianti biogas** alimentati solo con scarti e prodotti agro-zootecnici, censiti a maggio 2011, si stima una potenza di 350 MW elettrici (e sono in continuo aumento).

Considerando una produttività media di 360 giorni/anno per utilizzarne 5 per le manutenzioni ne deriva una produttività per 8640 ore/anno.

Moltiplicando tale valore per i 350 MW ne deriva una produttività di 3.024.000 MWh ogni anno

Essendo un MW pari a 1000 KW ed essendo un kW pagato 0,28 €/cent ciò significa un cash-flow generato di ben

846.720.000 € all'anno

Considerando il valore reale dell'energia elettrica intorno ai 10 centesimi di euro per kW/h (ovvero circa il costo della stessa pagata dalla grande industria ai fornitori) ne deriva un delta pari a:

846.720.000 € - 302.400.000 € = 544.320.000 €

Ovviamente a carico del comune cittadino sotto forma di tasse!!!!

IPOTESI DI IMPIANTO COMBINATO PER LA PRODUZIONE DI BIOGAS DAGLI SCARTI DI LAVORAZIONE DEL BIODIESEL

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA AGRARIA

Ph. D. Davide Facchinetti
Corso di Meccanizzazione Agricola e Sistemi Energetici Mod. 2

Il biodiesel è l' estere metilico derivante dal processo di transesterificazione di oli o grassi

Transesterificazione: rese medie

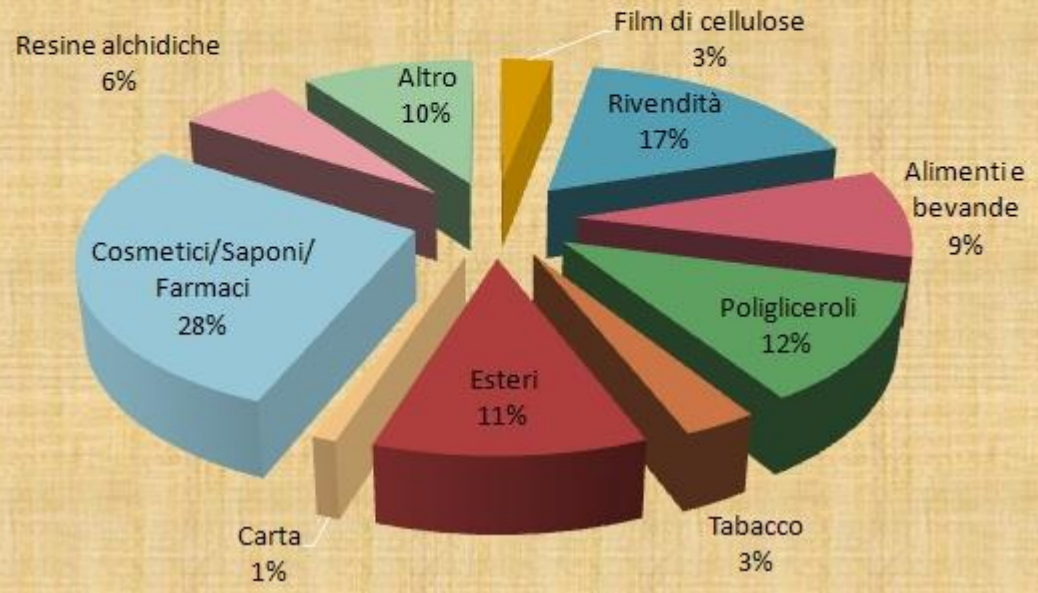
1000 kg di olio raffinato + 100 kg di metanolo

=

986 kg di biodiesel + 114 kg di glicerolo

Glicerina: liquido incolore piuttosto denso, viscoso e dolciastro

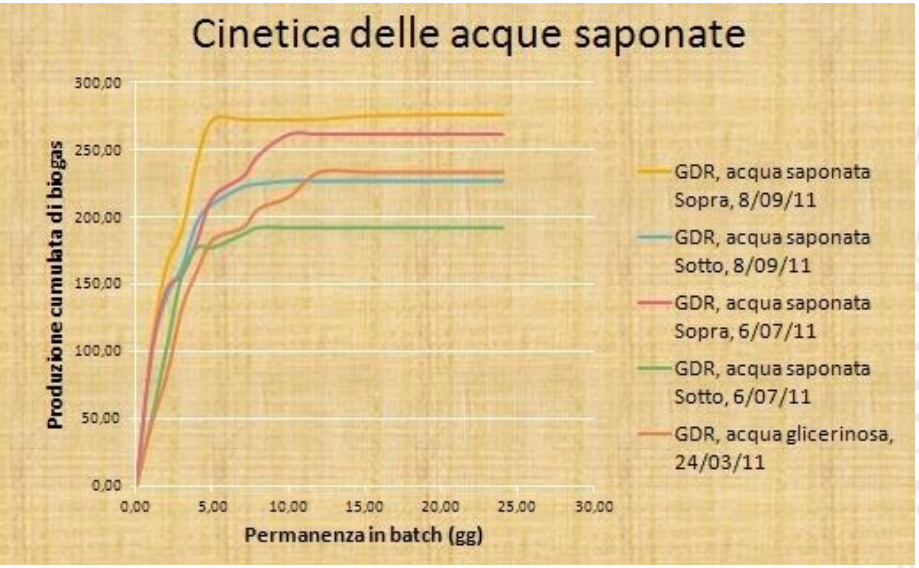
- Coprodotto con un mercato quasi saturo (prezzo medio di vendita 0,25 €/kg)

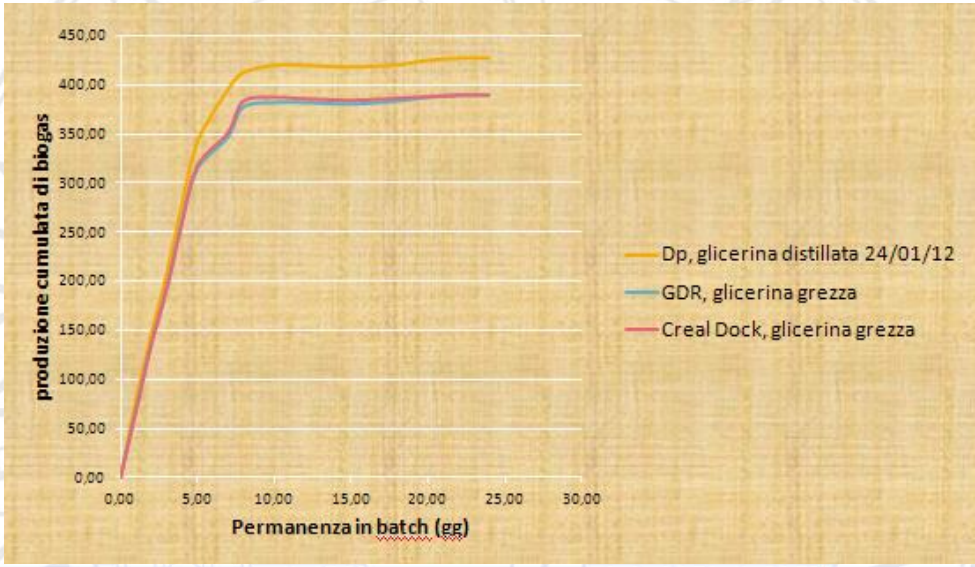


Un recente utilizzo della glicerina (spesso fraudolento) ne prevede l'inserimento nei tradizionali impianti per biogas onde incrementare la produzione di CH_4

Prodotto	Descrizione	ss%	So%/ss	Nm^3/tta	$\%CH_4$
GDR biocarb.	Acqua saponata Sopra 8/09/11	0,7	67,7	1,9363	44,62
GDR biocarb.	Acqua saponata Sotto 8/09/11	0,61	65	1,3868	45,31
GDR biocarb.	Acqua saponata Sopra 6/07/11	0,5	63,1	1,3083	**43,4**
GDR biocarb.	Acqua saponata Sotto 6/07/11	0,53	68,9	**0,9943**	44,86
GDR biocarb.	Acqua Glicerosa 24/03/11	0,57	99,5	1,3606	47,74
DP lubrificanti	Glicerina distillata 24/01/12	97	99,9	**414,7364**	51,64
GDR biocarb.	Glicerina grezza	78	99,6	303,2926	**52**
Cereal Dock	Glicerina grezza	85	99,6	331,4008	51,74

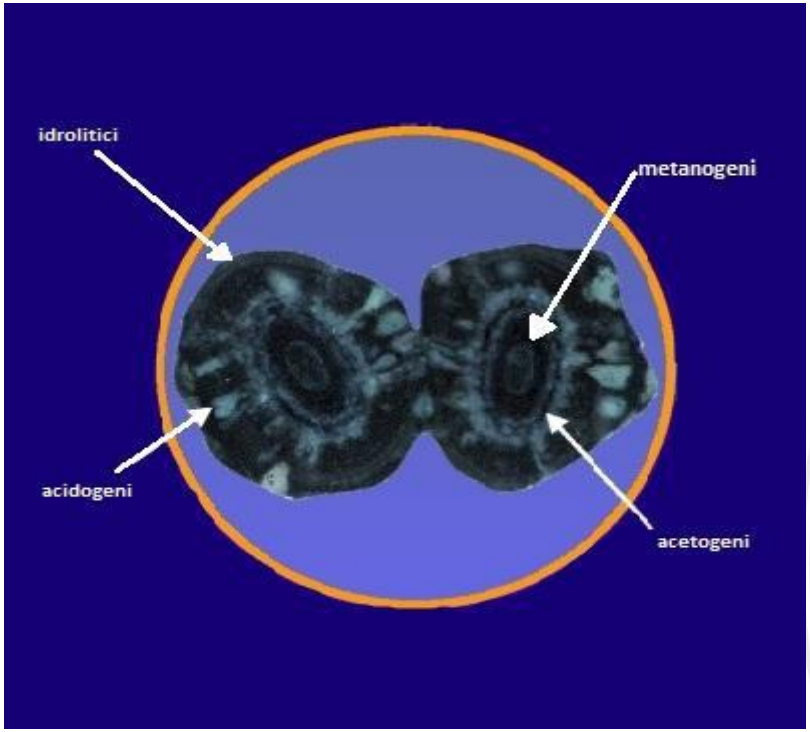
La glicerina è il sottoprodotto principale della produzione di biodiesel, ma anche le acque saponate derivanti del lavaggio finale del biodiesel presentano una produttività interessante in termini di biogas e possono concorrere a fluidificare ulteriormente la glicerina



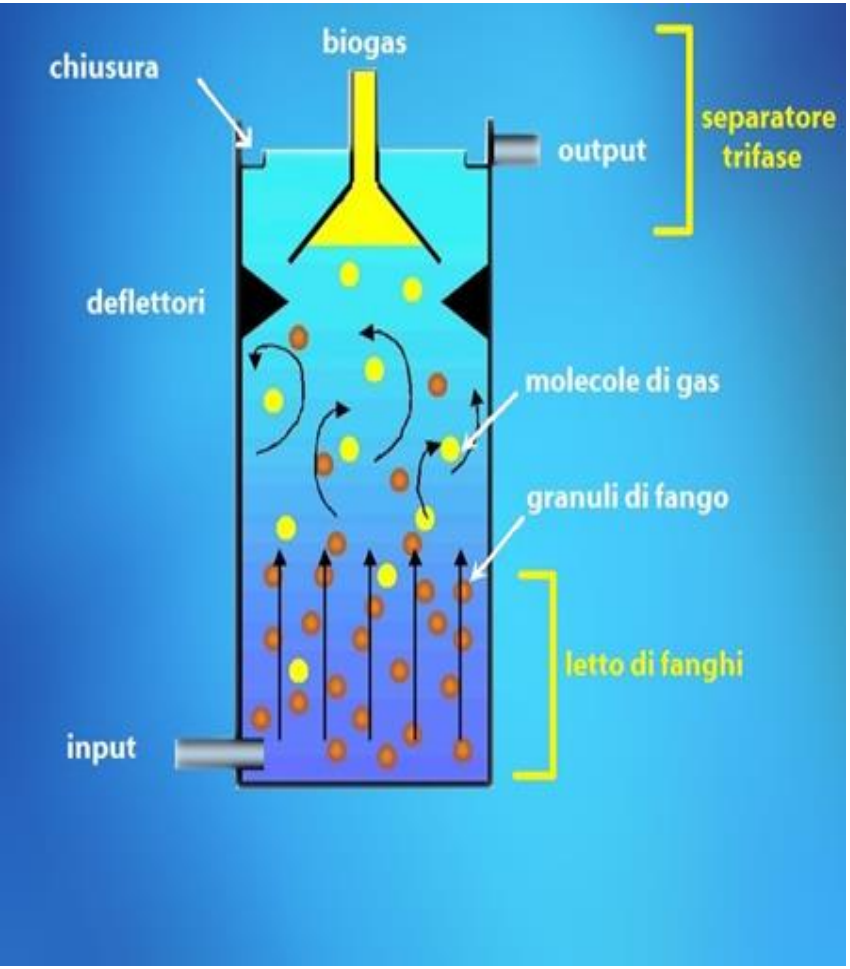


L'utilizzo di IMPIANTI UASB (*Up-flow Anaerobic Sludge Blanket)* potrebbe consentire alle aziende produttrici di biodiesel di produrre biogas per valorizzare i loro sottoprodotti.

La glicerina infatti:
- **Non presenta solidi in sospensione**
- **Tempi di ritenzione inferiori rispetto alle altre biomasse**
- **Prodotto di partenza facilmente stoccabile**
- **Digestato facilmente gestibile**
- **Impiantistica relativamente semplice nella gestione**



Negli impianti UASB si formano naturalmente dei granuli di aggregati batterici



Schema di funzionamento e fotografia di un impianto UASB

CALCOLI PER LA SOSTENIBILITA' ECONOMICA DEL PROCESSO

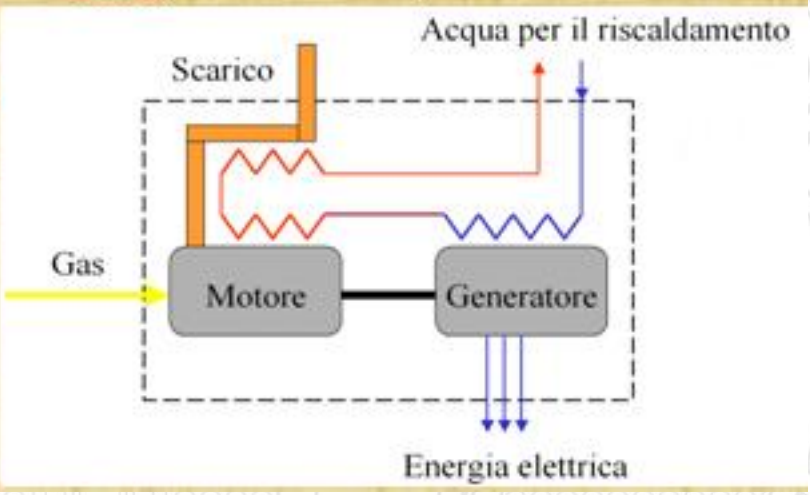
Impianto 10 000 000 kg/anno di biodiesel ⟶ 1 140 000 kg/anno di glicerina
calcolando un tempo medio di ritenzione medio di 10gg
Ne deriva un dimensionamento dell'impianto da 31,66 t / ciclo
dato un p.s. glicerina pari a 1,27 kg/dm³ il volume del digestore (compreso volume recupero gas) è stimabile in circa **33m³**

Costo totale impianto: circa **50 000 €**, compreso di struttura, pompe e valvole carico/scarico e di sicurezza

Nm³ di CH_4 :1 140 t/anno * 350 Nm³/t di CH_4 = 399 000 Nm³/anno di CH_4 prodotto
Produzione kWh: 399 000 Nm³/t *8400 kcal *860 (coeff. Conv. Kcal → kWh) **= 3 900 000 kWh/anno**

Rendimento in en. elettrica cogeneratore: 3 900 000 kWh/anno * 0.38 = **1 482 000 kWh**

Rendimento in calore recuperato: 3 900 000kWh/anno * 0.42 = **1 638 000 kWh_{calore}**



Vendita energia:
0.20€/kWh * 1 482 000 kWh = **296 400 € / anno**

Valore associato al recupero del calore:
0.11€/ kWh_{calore} * 1 482 000 kWh_{calore} = **180 180 € / anno**

Vendita glicerina: 1140 t * 250 €/t = **285 000 € / anno**

kW cogeneratore: 1 482 000 kWh / 8500 h = 174.35 kW
Costo per un cogeneratore di 200kW = **160 000 €** , con vita media di 5 anni

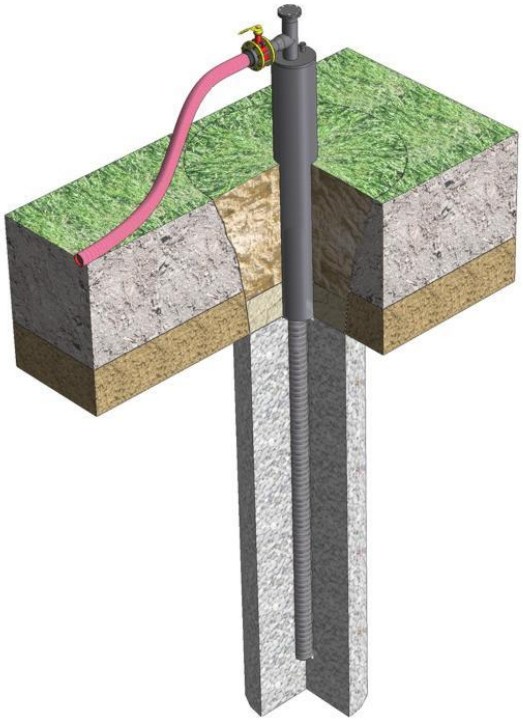
Totale costi in 5 anni: 160 000 + 50 000 = **210 000 €**

Ricavi vendita energia in 5 anni: ((296 400+180 180) * 5) – 210.000= **2 172 900 €**

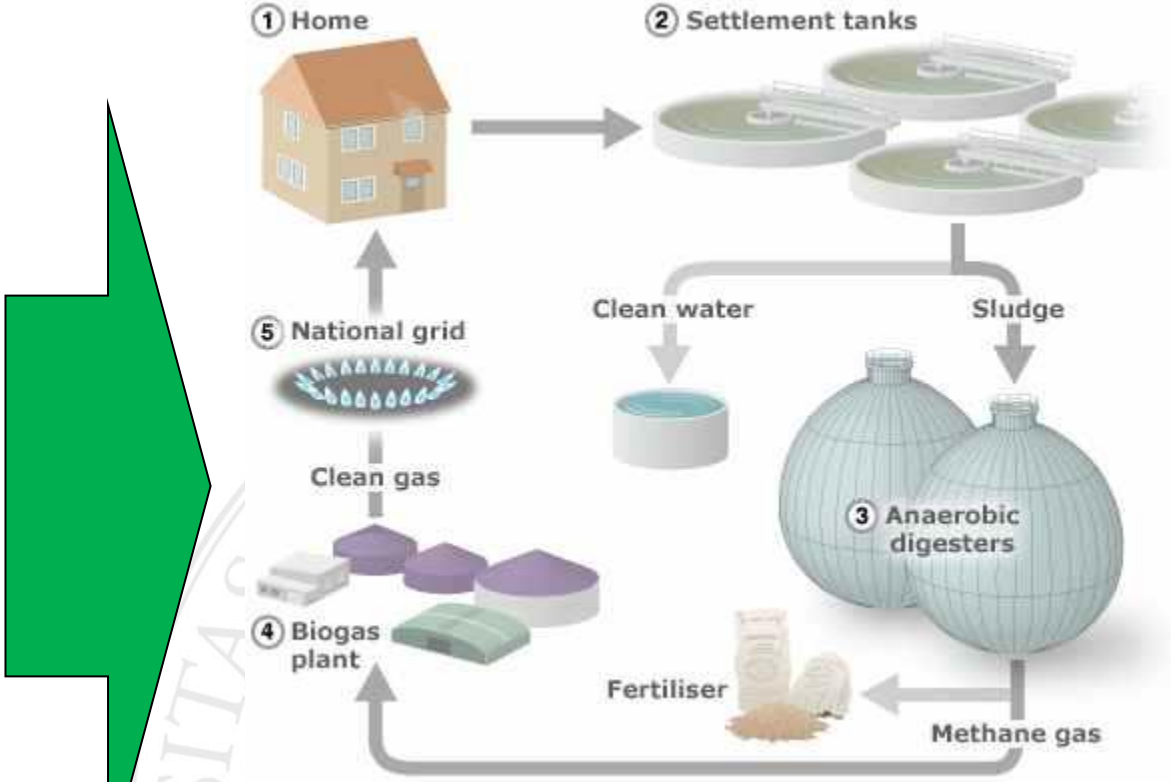
Il biogas è prodotto anche dalle comuni discariche, anche se sempre più spesso vengono sostituite con i famigerati “termovalorizzatori” che sarebbero meglio definibili come “inceneritori”

In discarica i batteri trasformano il carbonio disponibile in metano (CH_4) ed anidride carbonica (CO_2); in queste condizioni il processo ha una notevole durata (che può arrivare anche fino a 20 anni) con una produzione di metano decrescente nel tempo.

Schema di un pozzo per l'intercettazione del biogas da discarica e disposizione di una serie di pozzi sul manto di copertura di una discarica



Grandi quantitativi di biogas sono producibili anche partendo dalle acque reflue (fogne)

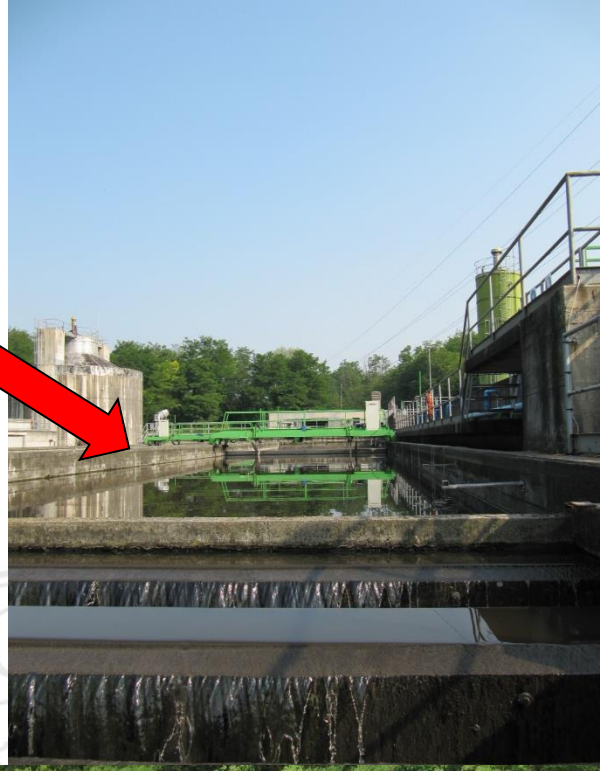


L'impianto di depurazione prevede le seguenti fasi:

Con i trattamenti MECCANICI (o PRIMARI) i liquami sollevati attraverso le pompe vengono convogliati ad una primo processo di **grigliatura fine meccanizzata** dove il passaggio attraverso griglie automatiche a nastro continuo, con luce di 5-6mm, permette di sottrarre i materiali grossolani che vengono allontanati, compattati e raccolti in un container prima del loro smaltimento in discarica.

Il successivo trattamento di desabbiatura e disoleatura permette, attraverso il passaggio in una vasca aerata a sezione trapezoidale e provvista di comparto separato di calma, la sedimentazione della particelle di sabbia, la separazione degli oli, grassi ed altri materiale galleggiante(inviati poi ad altri impianti di trattamento) e la pre-aerazione del liquame per evitare fenomeni di fermentazione anaerobica nei sedimentatori primari.

I liquami passano poi alla sezione di **decantazione primaria** dove viene eliminato circa il 50% dei solidi in sospensione; i fanghi decantati vengono quindi inviati alla linea fanghi.



TRATTAMENTI BIOLOGICI

La sezione biologica è la fase più importante del processo di depurazione perché qui avviene la demolizione delle sostanze organiche attraverso l'**ossidazione** e la **denitrificazione** dei reflui.

Nelle vasche di ossidazione l'insufflazione di aria dal fondo mediante diffusori permette la crescita di batteri, costituenti il cosiddetto fango attivo, che nutrendosi delle sostanze organiche inquinanti le eliminano dall'acqua

i reflui passano poi alle vasche di denitrificazione dove la richiesta di ossigeno dei batteri aerobi, non trovandone disciolto, viene soddisfatta utilizzando quello presente nei nitrati (NO3) precedentemente formati per ossidazione dell'ammoniaca (NH3).

I reflui in uscita dalla sezione biologica transitano poi attraverso due vasche di decantazione, dove avviene il processo di sedimentazione secondaria; il fango attivo prodotto nella sezione biologica decanta sul fondo delle due vasche e da qui viene ricircolato in testa alla stessa.

Una parte del fango attivo viene sottratta quotidianamente dalla sezione ed inviata alla linea fanghi

Il liquame che sfiora dalla superficie dei sedimentatori viene recapitato alle acque superficiali.

LINEA FANGHI: I fanghi estratti dalla sedimentazione primaria e secondaria vengono convogliati al **pre-ispessitore (1)**, dove vengono concentrati, quindi al **digestore anaerobico (2)**, dove batteri anaerobi stabilizzano i fanghi trasformando le sostanze organiche presenti in sostanze inorganiche e producono una miscela gassosa di metano ed anidride carbonica che viene utilizzato per mantenere in temperatura (circa 33-35˚ C) le condizioni di processo.

I fanghi digeriti vengono poi ulteriormente ispessiti attraverso il bacino di **post-ispessimento (1)** e, infine, inviati alla fase di **disidratazione (2)** attraverso il passaggio in una **centrifuga (3)**, prima del definitivo **stoccaggio (4)** e del successivo trasporto allo smaltimento.

LINEA BIOGAS: Il biogas sviluppatosi nel digestore viene raccolto in un serbatoio, il **gasometro (1)**; le eventuali quantità in eccesso vengono bruciate attraverso un'apposita **torcia (2)**.

IMPIANTO DI DEODORIZZAZIONE: Lo sviluppo di odori molesti è purtroppo inevitabile in tutti gli impianti di depurazione delle acque reflue urbane, ed è principalmente legato al prodotto della depurazione biologica, ovvero ai fanghi.

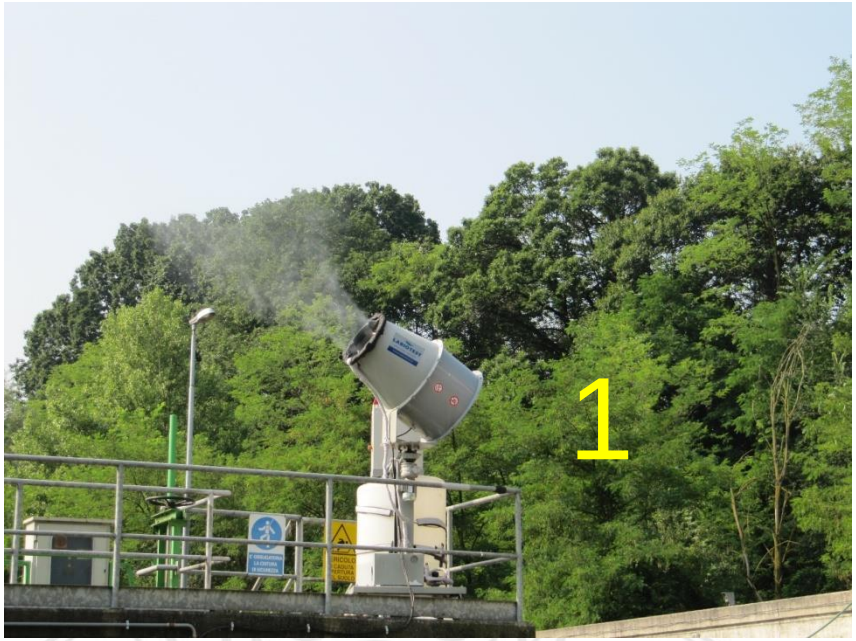
Tali fanghi sono tanto più maleodoranti quanto minore è il tempo di contatto con i microrganismi e quanto più è bassa la temperatura del processo.

In sostanza i microrganismi agiscono degradando le sostanze inquinanti e quanto più è spinto questo processo tanto meno risultano putrescibili (quindi maleodoranti) i fanghi prodotti.

L'inverno e la primavera sono le stagioni più critiche in quanto le basse temperature incidono negativamente sull'attività biologica (come per tutti gli essere viventi) e la stabilizzazione dei fanghi prodotti dal processo depurativo risulta insufficiente causando l'insorgenza di odori molesti.

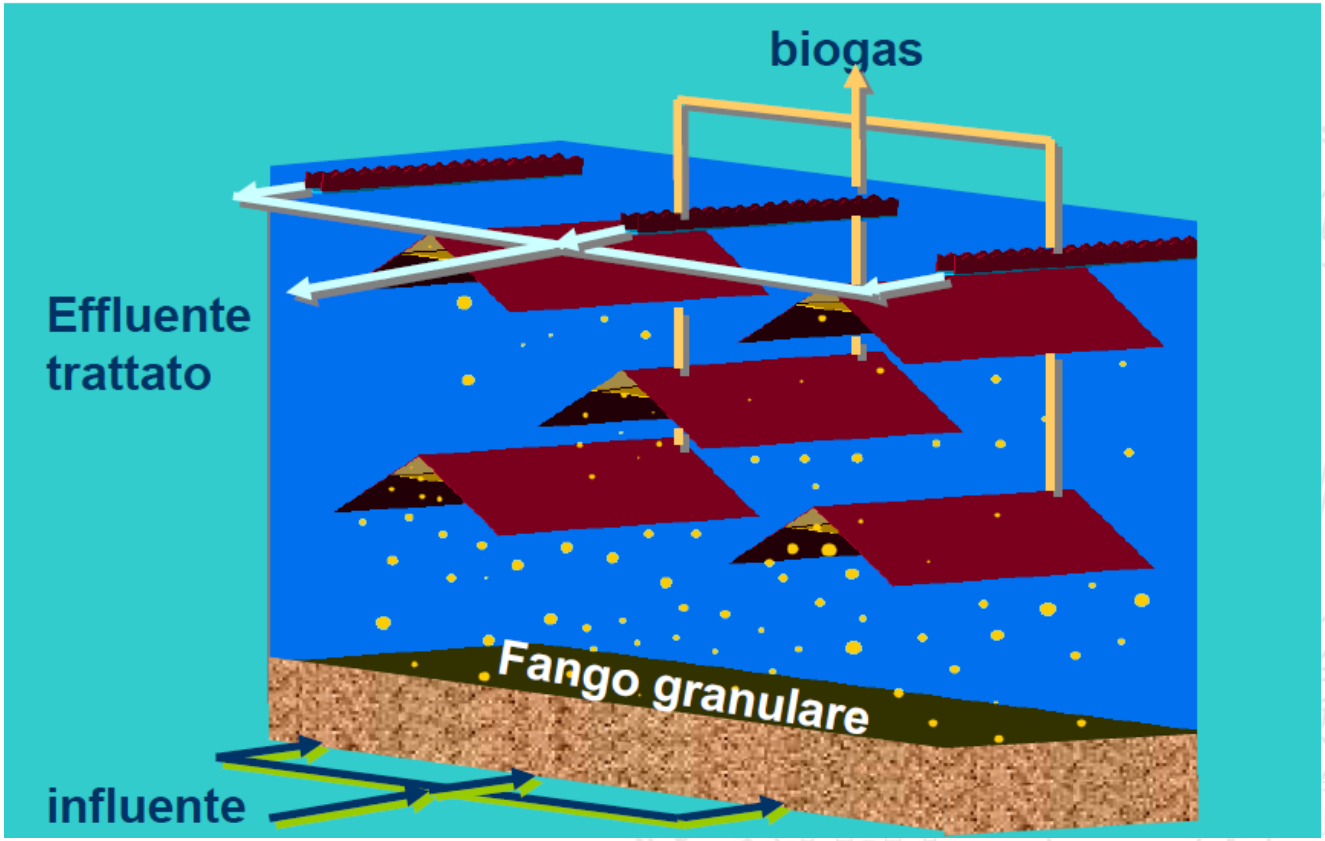
Altro fattore molto importante sono le condizioni climatiche: soprattutto nella stagione invernale le condizioni atmosferiche sono spesso tali da sfavorire la dispersione delle molecole odorigene che, ristagnando, incrementano notevolmente le molestie olfattive.

Per cercare di porre rimedio al problema le misure comunemente adottate sono date dall'utilizzo di nebulizzatori di acqua (eventualmente additivata con sostanze deodoranti) detti "big fogger" (1) e l'impiego di **apparecchiature installate sulle sezioni di ispessimento** per la nebulizzazione di specifici prodotti in grado di bloccare le molecole maleodoranti (2).



Le apparecchiature deodorizzanti sono, in sostanza, impianti di nebulizzazione di specifici prodotti in grado di creare una cosiddetta barriera osmogenica.
La barriera osmogenica è la soluzione ideale per i problemi di odore che derivano da emissioni diffuse, in quanto, attraverso specifici prodotti naturali adeguatamente nebulizzati (attraverso una strategica disposizione degli ugelli nebulizzatori, alimentati da specifici impianti), è in grado di bloccare le molecole maleodoranti, inserendosi nella loro traiettoria.

Quando invece il prodotto di partenza è rappresentato da acque reflue con caratteristiche molto uniformi, per produrre biogas è possibile usare anche la tecnologia UASB (Up-flow-Anaerobic-Sludge-Blanket) che si basa sulla permanenza dei batteri nel reattore in forma granulare. La biomassa si aggrega naturalmente in granuli delle dimensioni di qualche millimetro, che sedimentano rapidamente e rimangono all'interno del reattore. Il refluo viene alimentato con flusso ascendente dal fondo del reattore attraverso un sistema di distribuzione. Il COD solubile viene rapidamente degradato e convertito in biogas, la cui risalita provoca un rimescolamento all'interno del reattore. L'effluente trattato fuoriesce dalla testa del reattore e confluisce in apposite canaline di scarico.

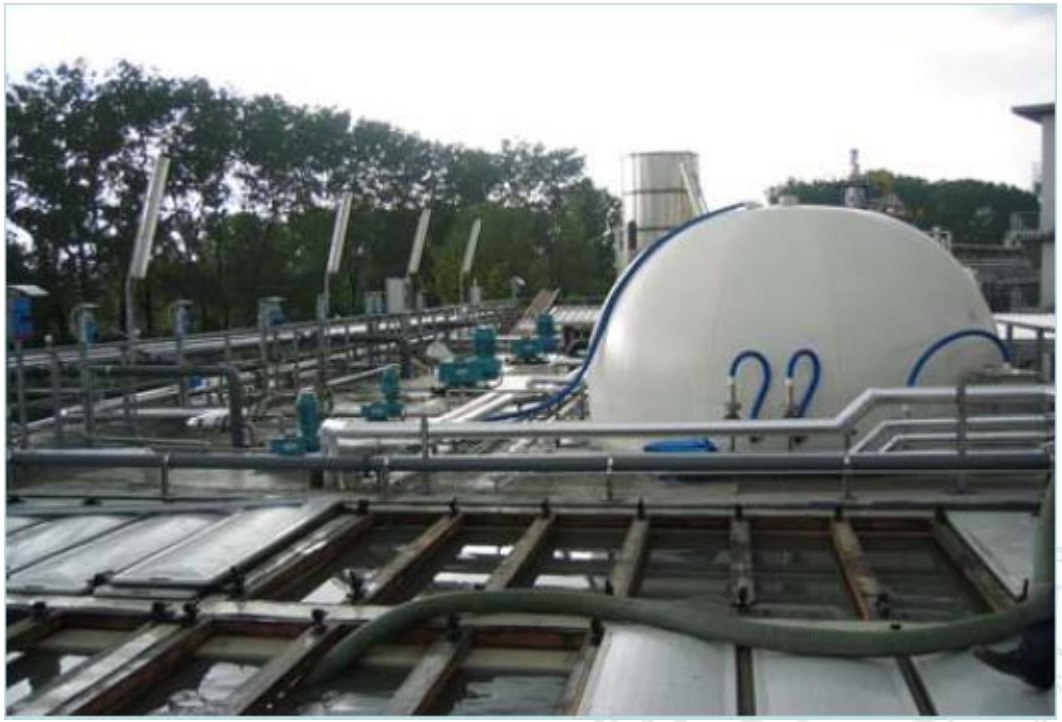


Applicazioni

Acque di scarico da: •Birrifici
•Produzioni di succhi, bibite, soft drinks
•Cartieree produzione di cellulosa
•Produzione di patate
•Distillerie
•Zuccherifici
•Industria Chimica
•Industria Farmaceutica

Vantaggi

•Assenza di fanghi di supero
•Consumi energetici trascurabili
•Produzione di biogas di levata qualità (80% c.a. metano, bruciabile in caldaia)
•Volumi contenuti (1/5-1/10 rispetto ad un reattore aerobico)
•Facile gestione
•Rapido ritorno dell'investimento
•Elevata capacità depurativa



Gli impianti UASB sono impianti compatti e modulari che operano con elevati carichi per metro cubo di reattore.

Possono essere realizzati in calcestruzzo o in acciaio.

Il separatore trifase interno ottimizza il collettamento del biogas e la ritenzione della biomassa nel reattore.

L'effluente scaricato, di norma, non necessita di alcun tipo di sedimentazione per la separazione dei solidi.