

Impianti a biocombustibili gassosi per la produzione di energia elettrica (con il contributo del CRPA di Reggio Emilia)

INTRODUZIONE

Negli ultimi dieci anni la digestione anaerobica si è diffusa in molti Paesi europei, tra i quali l'Italia, allo scopo di recuperare energia rinnovabile sottoforma di biogas. Pensata inizialmente in ambito agricolo soprattutto come valorizzazione dei liquami prodotti negli allevamenti zootecnici, questa tecnologia presenta anche il vantaggio di controllare le emissioni maleodoranti e di stabilizzare le biomasse prima del loro utilizzo agronomico. Ora le prospettive per il mondo agricolo si sono notevolmente ampliate, poiché nella produzione di biogas possono entrare convenientemente in gioco anche biomasse vegetali appositamente coltivate allo scopo. Merito della politica energetica adottata dall'Unione Europea, che punta decisamente ad aumentare la produzione di energie alternative a quelle derivanti da materie prime fossili, ma anche per effetto della riforma della PAC e dell'OCM zucchero, che tagliando il sostegno a seminativi e barbabietola da zucchero e introducendo l'aiuto disaccoppiato, ha creato le premesse per un utilizzo diverso dei terreni o quantomeno delle produzioni.

PRODUZIONE DI BIOGAS

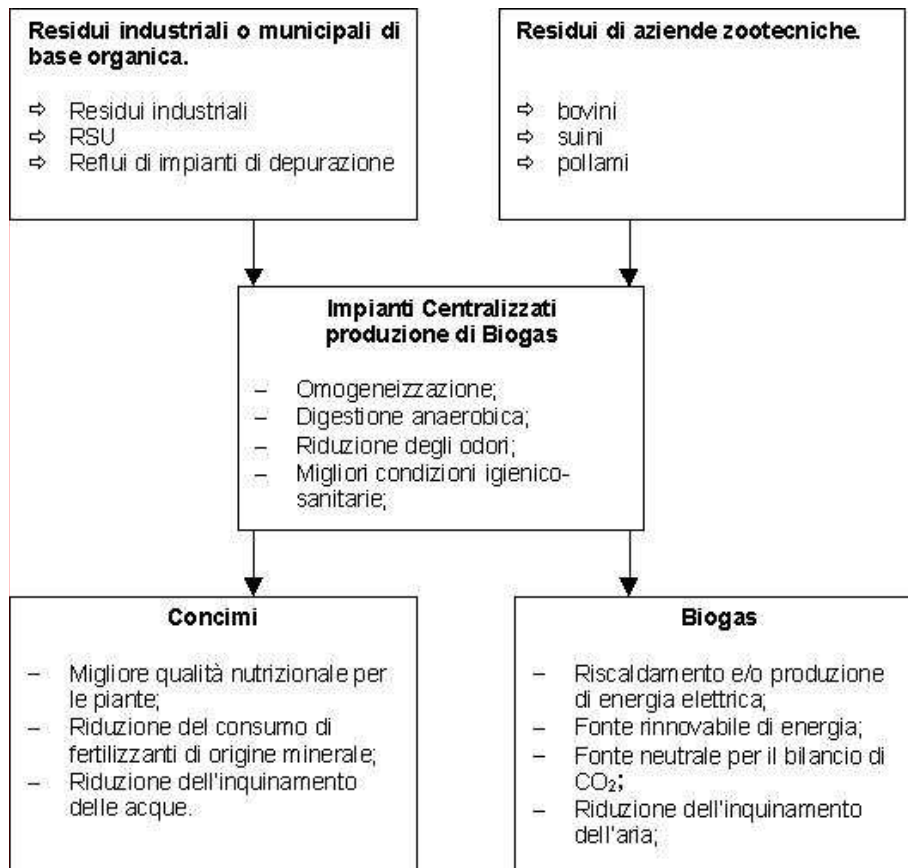
La digestione anaerobica è un processo biologico attraverso il quale, in assenza di ossigeno, la sostanza organica viene trasformata in biogas, una miscela costituita principalmente da metano e anidride carbonica. Nel biogas il contenuto di metano varia tra il 50 e l'80% circa, a seconda del tipo di sostanza organica di partenza e delle condizioni in cui avviene il processo di digestione.

In genere, le materie prime utilizzabili sono residui zootecnici, dell'industria agro-alimentare, acque e fanghi reflui, ecc..

Si tratta di un processo integrato, che presenta una serie di vantaggi di tipo energetico, ambientale ed agricolo così riassumibili:

- produzione di energia da fonte rinnovabile;
- miglioramento dell'economia delle aziende zootecniche e/o agricole;
- minori emissioni di gas-serra;
- migliore qualità dei fertilizzanti prodotti;
- riciclaggio economico dei rifiuti, con ricaduta positiva sull'impatto ambientale;
- minore inquinamento da odori e ridotta presenza di insetti;
- miglioramento delle condizioni igienico-sanitarie dell'azienda.

Schema sintetico della filiera Biogas



Affinché il processo abbia luogo è necessaria l'azione di diversi gruppi di microrganismi e l'ambiente di reazione, detto reattore anaerobico, deve necessariamente tenerne conto, per consentire un loro equilibrato sviluppo. Il pH ideale è intorno a 7-7,5, mentre la temperatura ottimale di processo è intorno ai 35°C se si opera con i batteri mesofili, o di circa 55°C se si utilizzano i batteri termofili; con temperature diverse la resa in biogas si riduce.

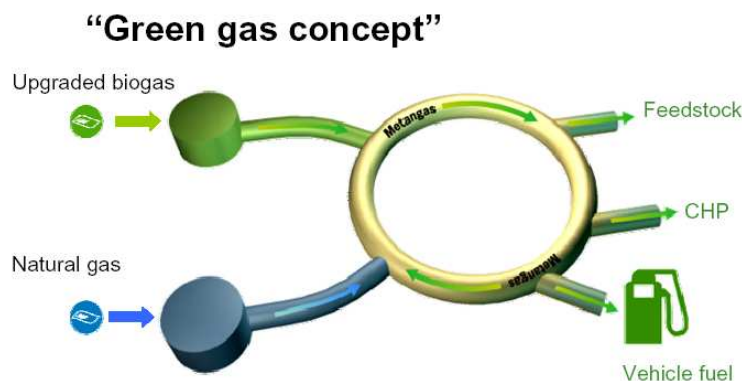
I tempi di digestione sono relativamente lunghi se confrontati con altri processi biologici; mediamente, in funzione degli scarti organici trattati, in mesofilia si hanno tempi compresi tra 15 e 40 giorni, mentre in termofilia il tempo di residenza è in genere inferiore ai 20-25 giorni. Con impianti di tipo semplificato è possibile operare anche in psicofilia (10-25°C), con tempi superiori ai 30 giorni, fino ad un massimo di 90 giorni.

La trasformazione del biogas in energia utilizzabile in azienda può avvenire:

- per combustione in motori azionanti gruppi elettrogeni che producono energia elettrica;
- per combustione in cogeneratori, così da ottenere la produzione sia di energia elettrica che di energia termica, questa è la tecnica più utilizzata;
- per combustione diretta in caldaia, e in questo caso si ha produzione di sola energia termica. Questa trova la sua utilizzazione ideale negli allevamenti suinicoli annessi ai caseifici, per la produzione del vapore necessario durante il processo di caseificazione, produzione che normalmente richiede un alto consumo di combustibile.

La cogenerazione ha il vantaggio di fornire sia energia termica che elettrica, favorendo l'utilizzo di maggiori quantità di biogas a copertura dei vari fabbisogni aziendali. Inoltre, ed è il caso più frequente, si può cedere l'energia elettrica in eccesso rispetto ai fabbisogni aziendali alla rete elettrica nazionale ad un prezzo incentivato.

In prospettiva, inoltre, potrebbe essere molto interessante anche l'utilizzazione del biogas per autotrazione o come combustibile immettendolo nella rete distributiva del metano, dopo averlo privato dell'anidride carbonica. L'upgrading del biogas ed il suo utilizzo come biometano per autotrazione e/o l'immissione nella rete del gas naturale è già ampiamente in uso in Svezia e in Svizzera ed è in crescita anche in Germania.



DALLA SOSTANZA ORGANICA AL BIOGAS

Possono convenientemente essere utilizzati per la produzione di biogas il liquame suino e quello bovino, mentre la pollina è meno adatta per il suo alto contenuto di ammoniaca, che può inibire il processo di digestione.

Altri substrati validi sono le colture non alimentari ad uso energetico (in particolare, insilati di mais e sorgo zuccherino), i residui colturali (foraggi, frutta e vegetali di scarsa qualità, percolati da silos e paglia), gli scarti organici e le acque reflue dell'agro-industria, ad esempio siero di latte e reflui liquidi dall'industria che processa succhi di frutta o che distilla alcool, scarti organici liquidi e/o semisolidi dell'industria della carne, quali grassi, sangue, contenuto stomacale, budella, i fanghi di depurazione delle acque reflue urbane e industriali e le frazioni organiche di rifiuti urbani.

Biomasse e rifiuti organici per la digestione anaerobica e loro resa indicativa in biogas sui solidi volatili

Materiali	m³ biogas/t SV (*)
Deiezioni animali (suini, bovini, avicunicoli)	200 - 500
Colture energetiche (mais, sorgo zuccherino, erba, ecc.)	550 - 750
Residui colturali (paglia, coltetti barbabietole ecc.)	350 - 400
Scarti organici agroindustria (siero, scarti vegetali, lieviti, fanghi e reflui di distillerie, birrerie e cantine ecc.)	400 - 800
Scarti organici macellazione (grassi, contenuto stomacale ed intestinale, sangue, fanghi di flottazione ecc.)	550 - 1.000
Fanghi di depurazione	250 - 350
Frazione organica di rifiuti urbani	400 - 600

(*) Solidi volatili: frazione della sostanza secca costituita da sostanza organica.

Una soluzione economicamente interessante è la codigestione di effluenti zootecnici con colture energetiche o altri scarti organici, perché permette di aumentare la produzione di biogas e di avere quindi a disposizione maggiori quantità di energia elettrica da vendere. Inoltre, al ricavato della cessione di elettricità si aggiungono per i produttori gli introiti derivanti dal ritiro del rifiuto organico utilizzato come co-substrato. Nelle piccole e medie aziende, in particolare, l'utilizzo della codigestione può notevolmente migliorare l'economia globale in quanto l'aumento dei guadagni consente di compensare i maggiori

investimenti necessari e i costi sostenuti per rendere idoneo l'impianto al trattamento di più scarti (alcuni dei quali sono anche soggetti a restrizioni di legge che obbligano a costosi pre-trattamenti, come ad esempio la pastorizzazione a 70° C per 1 ora, richiesta per gli scarti di macellazione, categoria 3, dal Reg. CE 1774/02).

Più conveniente per le realtà agricole e zootecniche del nostro Paese è la realizzazione di impianti interaziendali, che coinvolgendo 2-3 o più aziende agricole danno la possibilità di ottimizzare gli investimenti e la gestione delle risorse agricole.

USI DEL BIOGAS

Il biogas recuperato ha un potere calorifico inferiore normalmente compreso tra 4.000 e 6.000 kcal/Nm³ e può avere vari impieghi:

- produzione di energia elettrica e/o termica, sia per autoconsumi sia per distribuzione, tipicamente in impianti di cogenerazione.
- uso in motori a gas, previa opportuna purificazione.
- produzione di gas di sintesi e/o di idrogeno, attraverso processi catalizzati analoghi a quelli utilizzati per il metano (ossidazione parziale catalitica).

Di questi usi, essenzialmente solo la prima tipologia trova applicazioni su larga scala, mentre le altre due sono a livello di sperimentazione o di dimostrazione.

TIPOLOGIE DI IMPIANTO

L'esperienza accumulata nel corso degli anni in studi e applicazioni sulla digestione anaerobica di diverse tipologie di biomasse di scarto e vergini ha condotto allo sviluppo di differenti tecnologie, principalmente basate sul tenore di sostanza secca del substrato alimentato al reattore.

Le tecniche di digestione anaerobica possono essere suddivise in due gruppi principali:

- *digestione a umido*, quando il substrato in digestione ha un contenuto di sostanza secca inferiore al 10%; è questa la tecnica più diffusa, in particolare con i liquami zootecnici;
- *digestione a secco*, quando il substrato in digestione ha un contenuto di sostanza secca superiore al 20%.

Processi con valori intermedi di sostanza secca sono meno comuni e vengono in genere definiti a semisecco.

Il processo di digestione anaerobica è anche suddiviso in:

- processo monostadio; quando le fasi di idrolisi, fermentazione acida e metanigena avvengono contemporaneamente in un unico reattore;
- processo bistadio; quando si ha un primo stadio durante il quale il substrato organico viene idrolizzato e contemporaneamente avviene la fase acida, mentre la fase metanigena avviene in un secondo momento.

Una ulteriore suddivisione dei processi di digestione anaerobica può essere fatta in base al tipo di alimentazione del reattore, che può essere continua o in discontinuo, e in base al fatto che il substrato all'interno del reattore venga miscelato o venga spinto lungo l'asse longitudinale attraversando fasi di processo via via diverse (flusso a pistone o plug-flow).

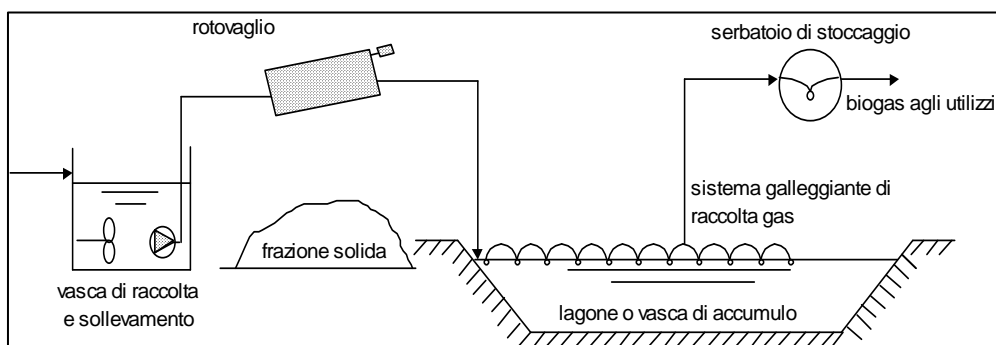
Inoltre, la digestione anaerobica può essere condotta, come già ricordato, o in condizioni mesofile (circa 35 °C) o termofile (circa 55 °C); la scelta tra le due determina in genere

anche la durata (tempo di residenza) del processo. Mediamente in mesofilia si hanno tempi di residenza compresi nel range 15-40 giorni, mentre in termofilia il tempo di residenza è in genere inferiore ai 20 giorni (con i liquami zootecnici ed i reflui agroindustriali). Con impiantistica di tipo semplificato è possibile operare anche in psicrofilia (10-25 °C), con tempi di residenza superiori ai 30 giorni, fino a 90 giorni.

Il rendimento in biogas e quindi energetico del processo è molto variabile e dipende dalla biodegradabilità del substrato trattato. In genere durante la digestione anaerobica si ottiene una riduzione di almeno il 45-50% dei solidi volatili (SV) o sostanza organica alimentati. Nel caso si vogliano digerire i soli liquami suini, senza l'aggiunta di altre biomasse a maggior tenore di sostanza secca, a livello di singola azienda, una tecnologia che ha riscosso l'interesse dei suinicoltori è quella raffigurata nelle *figure* che seguono. I suoi punti di forza sono la semplicità e il basso costo d'investimento, in quanto il sistema prevede la sola copertura dei lagoni o delle vasche di stoccaggio con teli in materiale plastico. Si ha come risultato di:

- ridurre le emissioni maleodoranti;
- stabilizzare i liquami;
- raccogliere il biogas prodotto durante il processo.

Schema di impianto semplificato di digestione anaerobica, ricavato dalla copertura di una laguna di stoccaggio dei liquami



Il dimensionamento dell'impianto manca di una procedura standardizzata, così come la previsione della quantità di biogas prodotto. Per questo le ditte che propongono questo tipo di tecnologia adottano un approccio empirico, raccomandando la copertura di superfici pari a un minimo di 30 fino a un massimo di 90 giorni di ritenzione idraulica del liquame (rapporto tra il volume del bacino coperto e il volume del liquame caricato giornalmente).

Lo schema più efficiente è quello che prevede:

- la realizzazione di più bacini, di cui uno per separare i solidi e i successivi di stoccaggio;
- la copertura del primo bacino per la captazione del biogas;
- l'utilizzo di una serpentina per l'acqua calda immersa nella vasca coperta per il riscaldamento dei liquami.

Il riscaldamento dei liquami è una misura necessaria se si vogliono evitare sbalzi di produzione di biogas legati alla stagionalità, dato che a temperature basse corrispondono basse produzioni. Con una temperatura controllata di digestione del liquame compresa tra i 35 e i 37 °C la concentrazione di metano nel biogas è mediamente del 65%.

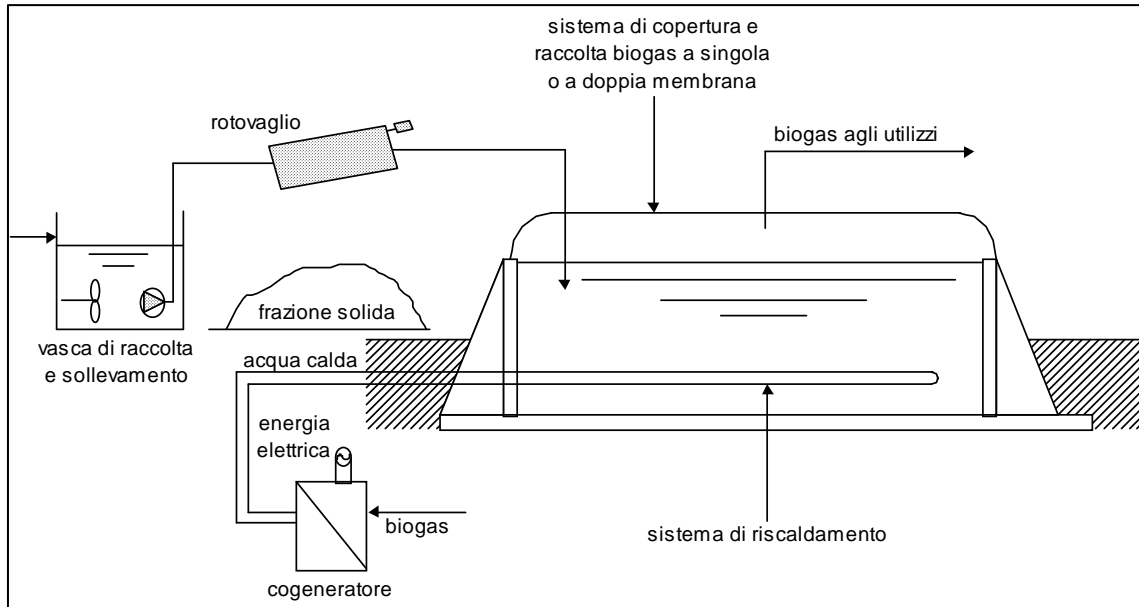
In realtà, in impianti di tipo semplificato non è sempre possibile mantenere costante la temperatura del reattore e le variazioni oscillano da un minimo di 20-25 °C in inverno fino a un massimo estivo anche superiore ai 35 °C.

In questo caso la cogenerazione è la soluzione più conveniente, perché permette di produrre energia elettrica ed energia termica. Gran parte dell'energia termica prodotta può

essere utilizzata per il riscaldamento del digestore, immettendo acqua calda nella serpentina.

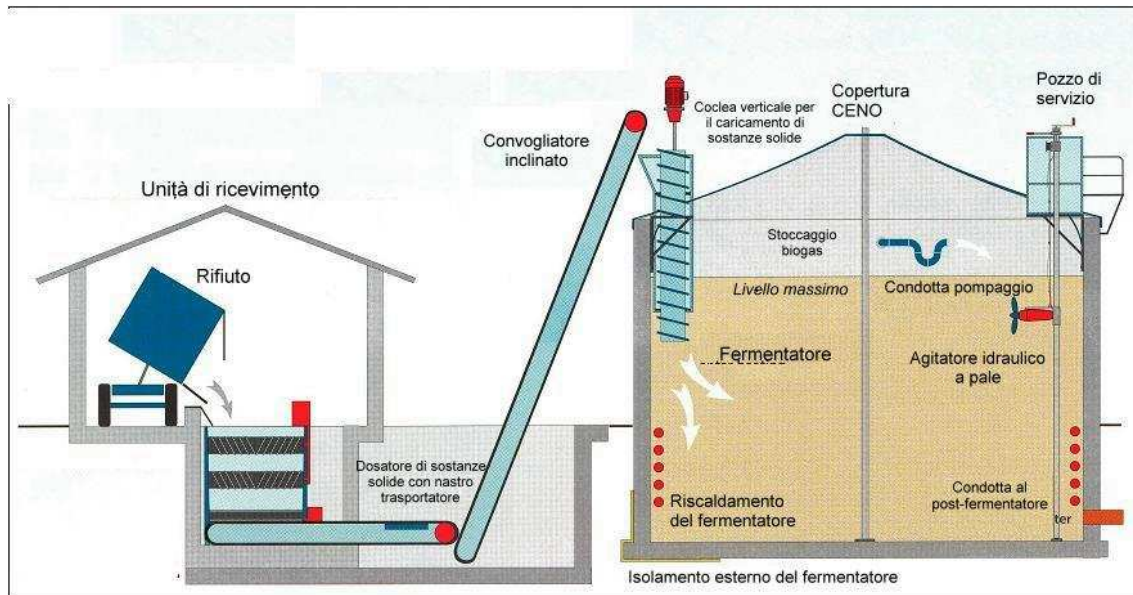
La produzione di biogas ottenibile può variare da 25 a 32 m³/anno ogni 100 kg di peso vivo suino, pari a 15-21 m³/anno di metano. La variabilità è in funzione della tecnologia adottata, se cioè si è optato per un impianto di tipo semplificato “a freddo” o con sistema di riscaldamento.

Schema di copertura di vasca anaerobica con riscaldamento

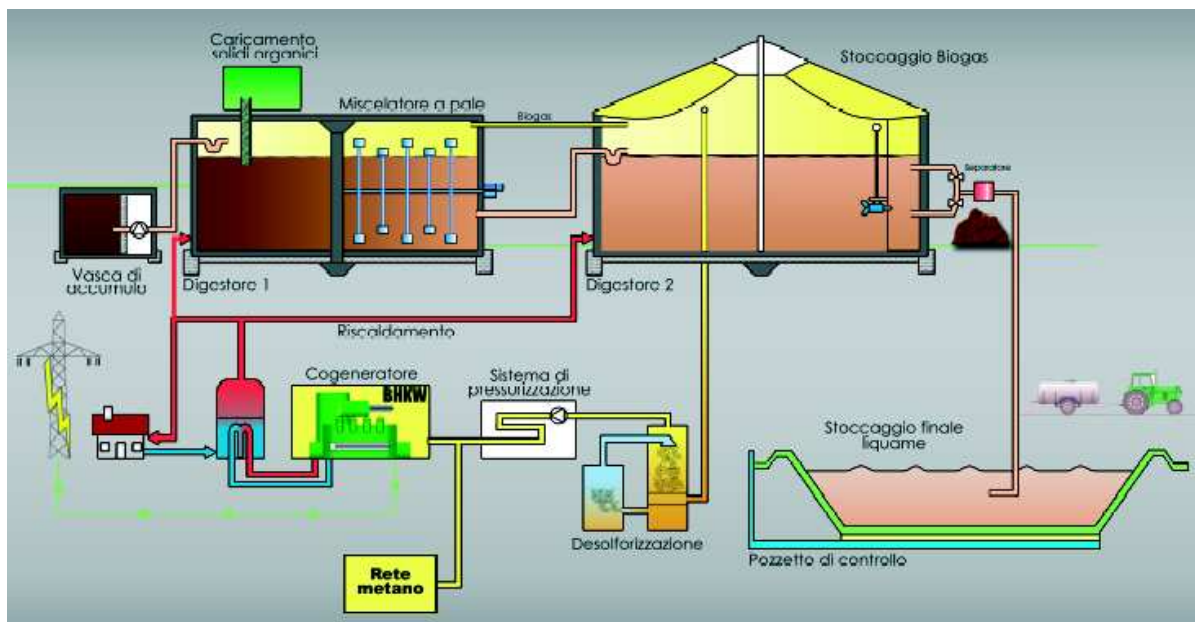


La semplicità del sistema descritto non si adatta alla digestione anaerobica dei liquami bovini e/o alla codigestione degli effluenti suini e/o bovini con altri co-substrati, quali colture energetiche e/o scarti organici agroindustriali. In questo caso è preferibile il **reattore completamente miscelato (CSTR)**, coibentato ed operante ad umido, in mesofilia e/o termofilia, dotato in testa di un sistema di alimentazione che tagli e sminuzzi le varie matrici, e ne consenta la dosatura e la pesatura. Nei processi ad umido si opera generalmente con carichi organici compresi tra 2-5 kg SV/m³ giorno.

Schemi di impianti completamente miscelati (CSTR), coibentati ed operanti ad umido in mesofilia e/o termofilia.



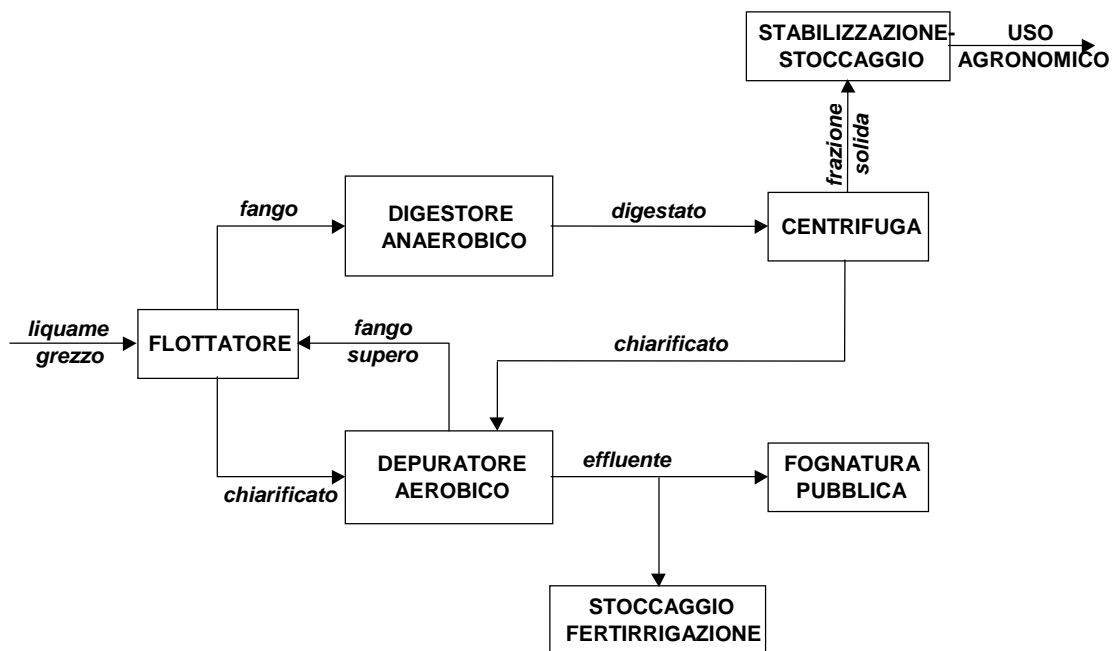
(fonte UTS)



(fonte Thöni)

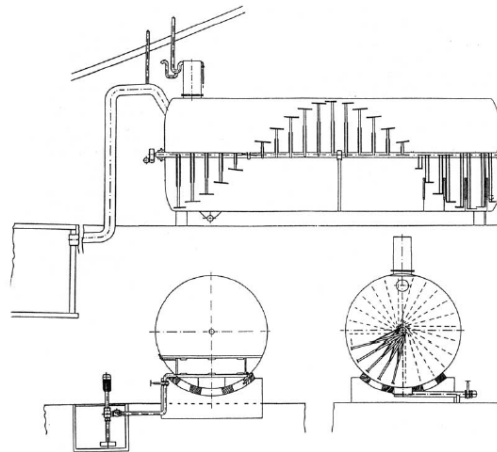
Quando all'interno dell'allevamento suino è presente un impianto di depurazione biologico aerobico per diminuire il carico di nutrienti (in particolare azoto) del liquame, può essere conveniente l'inserimento della digestione anaerobica nella linea di trattamento depurativo; la richiesta energetica, infatti, può arrivare ad essere completamente soddisfatta dal biogas recuperato, con una forte riduzione dei costi di esercizio del trattamento depurativo.

Inserimento della digestione anaerobica in un impianto di depurazione aerobico su liquami suini



Il **reattore cilindrico orizzontale**, miscelato, coibentato ed operante in mesofilia e/o termofilia, sotto schematizzato, è un'altra tipologia impiantistica utilizzata in particolare quando si digeriscono miscele di biomasse ad alto tenore di sostanza secca (sostanza secca all'interno del digestore compresa nell'intervallo 12-18%).

Schema di impianto di biogas a reattore cilindrico orizzontale, miscelato

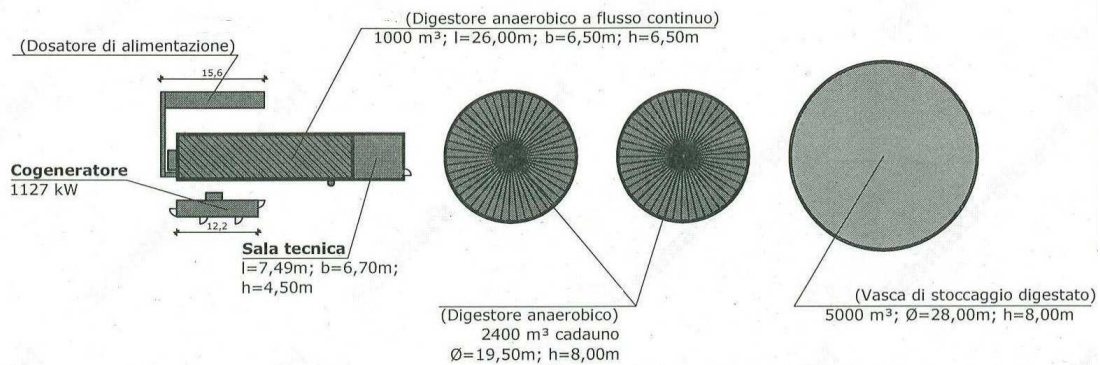


(fonte: Raven R.P.J.M, Gregersen K.H. – 2004)

Ad esempio, la Schmack Biogas AG, ha sviluppato un sistema brevettato di digestore plug-flow, di volume compreso tra 400 e 800 m³, dotato di albero di agitazione centrale che funge anche da scambiatore di calore per distribuire il calore all'interno. Lo schema standard dell'impianto che utilizza tale tecnologia è costituito dal fermentatore orizzontale a flusso continuo, seguito da un post-fermentatore.

La struttura modulare delle unità consente di poter aumentare il numero dei fermentatori e post-fermentatori a seconda della potenzialità di trattamento necessaria.

Esempio di impianto con reattore primario orizzontale

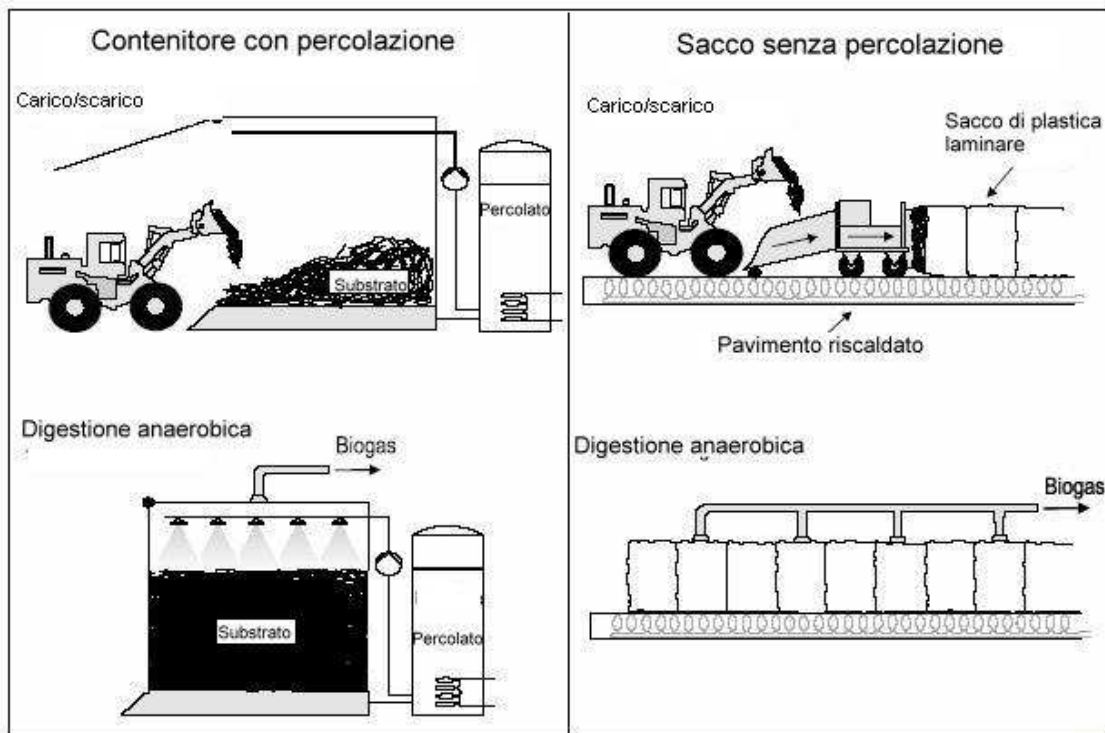


(fonte Schmack)

Riguardo i **sistemi di digestione a batch (alimentazione discontinua) e a secco**, un rinnovato interesse è derivato ancora una volta dalla diffusione dell'utilizzo delle colture energetiche e in particolare dalle possibili applicazioni della loro mono-fermentazione (ancora non molto praticata), per la quale tali sistemi paiono essere particolarmente adatti (oltre che per il trattamento dei letami bovini, suini e avicoli e delle frazioni organiche da raccolta differenziata dei rifiuti urbani). Oltre a diversi sistemi batch senza mescolamento meccanico (di cui solo pochi esempi sono però operativi su scala aziendale), due differenti tecnologie di processo sono state recentemente sviluppate: il processo a "contenitore con percolazione" e quello a "sacco senza percolazione". Nel processo "senza percolazione" si utilizza un sacco di plastica laminare (comunemente adottato per l'insilamento dei foraggi) che viene riempito con una miscela di substrato fresco e di materiale già digerito come inoculo e fatto aderire ad un fondo riscaldato e isolato durante il processo fermentativo. Nel processo "a percolazione" il reattore in cui avviene la digestione è accoppiato ad un contenitore per la raccolta e il riscaldamento del percolato che viene poi ricircolato.

Dal punto di vista tecnologico questi sistemi risultano semplici e robusti anche se alcuni problemi possono nascere dall'intasamento dei fori di ricircolo del percolato sistemati sul fondo del reattore. Questi sistemi potrebbero essere applicabili anche per la codigestione delle lettiere avicole e/o della pollina di ovaiole a maggior contenuto di umidità (70-80%), in miscela con altre biomasse a minor tenore di azoto ammoniacale.

Processi tipici di digestione batch a secco



(fonte: Weiland P., Rieger C., Ehrmann T. – 2003)

COSTI DI INVESTIMENTO

È difficile dare indicazioni sui costi di investimento di un impianto di biogas. Essi, infatti, risultano molto variabili perché correlati alle specifiche esigenze di installazione (impianti di tipo semplificato, impianti completamente miscelati, coibentati e riscaldati, ecc.) e ai materiali avviati a digestione (solo liquami zootecnici, liquami zootecnici + colture energetiche o scarti agro-industriali, ecc.). A titolo puramente orientativo si può però dire che, per la maggior parte degli impianti, ad esclusione di quelli di tipo semplificato (coperture in materiale plastico di lagune o vasche di stoccaggio di liquami zootecnici, non miscelati e non riscaldati) l'intervallo di costo di investimento va da 250 a 700 € per metro cubo di digestore anaerobico o da 2.500 a 7.500 € per kW elettrico installato in cogenerazione.

Nel caso in cui tra i substrati avviati a digestione anaerobica vi sia anche la frazione organica dei rifiuti urbani, anche da raccolta differenziata (FORSU), non sono inclusi nei costi di cui sopra quelli per l'eventuale linea di pre-trattamento, per togliere tutti i materiali indesiderati (inerti, plastiche ecc.). A titolo di esempio, la linea di pre-trattamento ad umido (idropulper) della FORSU in un impianto di digestione anaerobica, con una capacità di trattamento di 20.000-30.000 t FORSU/anno, può costare circa 1,5 milioni di euro, pari a circa il 20% dell'investimento globale.

IL VANTAGGIO ECONOMICO PER L'AZIENDA PRODUTTRICE DI BIOGAS

La produzione di energia elettrica rinnovabile da biogas è incentivata attraverso il meccanismo dei cosiddetti certificati verdi o della Tariffa Omnicomprensiva, questa opportunità sta determinando un grande interesse da parte del mondo agricolo. A tal fine occorre lavorare affinché vengano potenziati e razionalizzati i sistemi che sfruttano

processi di codigestione anaerobica di biomasse di varia natura, ed effettivamente ciò si sta verificando negli impianti centralizzati esistenti. I vantaggi non si fermano all'integrazione di reddito derivante dalla produzione di energia; infatti il sistema contribuisce a un miglioramento della sostenibilità ambientale degli allevamenti e riduce i problemi ambientali legati alle emissioni in atmosfera di gas serra e agli odori.

Affinché ciò avvenga, è necessario però che la realizzazione di impianti di biogas, l'allacciamento alla rete elettrica nazionale e l'utilizzazione delle varie matrici sottostiano a procedure autorizzative più chiare e percorribili di quelle attualmente in vigore. Infine, deve essere assicurato l'utilizzo agronomico del digestato anche quando si codigeriscono i liquami zootecnici con colture energetiche e scarti organici selezionati.