



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

L'INTEGRAZIONE TRA LA DIGESTIONE ANAEROBICA E IL COMPOSTAGGIO

Il documento tecnico che qui presentiamo è il frutto del lavoro del GDL ad hoc predisposto in ambito CIC.

Data la crescita del settore della digestione anaerobica il Comitato Tecnico ha creato nel 2005 un gruppo di Lavoro che ha elaborato, nel corso del 2006, dati ed informazioni che qui vengono presentati in forma estesa ed ordinata. La raccolta e l'elaborazione dei dati è stata curata dal dr. Piccinini con la collaborazione di tutti i membri del GDL e dei colleghi del CRPA che hanno fornito la loro esperienza di ricercatori, operatori, tecnici del settore.

Il tema della digestione anaerobica o, meglio, il tema della integrazione tra digestione anaerobica e compostaggio è stato il filo conduttore degli approfondimenti che potete trovare nel documento. Dopo una descrizione dello stato dell'arte della digestione anaerobica in Italia e all'estero, molte sono le informazioni contenute: rendimenti delle diverse biomasse, costi di investimento, classificazione dei sistemi tecnologici.

Inoltre al termine del testo sono evidenziate in forma sintetica alcune conclusioni che sono state condivise con i membri del Comitato Tecnico nella seduta del 13 dicembre 2006, data di presentazione del documento e di acquisizione agli atti del documento stesso da parte del CT.

CONSORZIO ITALIANO COMPOSTATORI

Il coordinatore del CT

Massimo Centemero



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

L'INTEGRAZIONE TRA LA DIGESTIONE ANAEROBICA E IL COMPOSTAGGIO

Gruppo di Lavoro CIC sulla Digestione Anaerobica

Coordinatore:

SERGIO PICCININI

Centro Ricerche Produzioni Animali – CRPA, Reggio Emilia
Membro del Comitato Tecnico del CIC

Partecipanti:

MASSIMO CENTEMERO, coordinatore Comitato Tecnico CIC

FRANCESCO CODATO, membro Comitato Tecnico CIC

FEDERICO VALENTINI, membro Comitato Tecnico CIC

GIORGIO RUSTICHELLI, membro Comitato Tecnico CIC

DAVIDE MAINERO, ACEA, Pinerolo (TO)

FRANCESCO LORO, ALBERTO CERON, ARPA Veneto

GIOVANNI CHIESA, Punto Ambiente, Collegno (TO)

GIORGIO MARCHIÒ, LUCA BRONDELLO, Marcopolo Engineering

LORELLA ROSSI, CRPA, Reggio Emilia

ENZO FAVOINO, Scuola Agraria Parco di Monza



INDICE

1. La digestione anaerobica.....	4
1.1. Substrati avviabili alla digestione anaerobica.....	6
1.2 La Codigestione.....	8
1.3 Le tecnologie di digestione anaerobica applicabili.....	11
1.3.1 I processi di digestione in continuo monostadio.....	11
1.3.2 Processi Batch.....	16
1.4 I costi di investimento.....	17
2. La diffusione in Europa.....	18
2.1 Germania all'avanguardia nella tecnologia.....	18
3. La situazione in Italia.....	19
3.1 Gli incentivi economici al biogas.....	20
4. I sistemi integrati anaerobico/aerobico.....	21
5. Esempi di sistemi integrati anaerobico/aerobico.....	25
5.1 L'impianto di Camposampiero (PD) – SETA SpA.....	25
5.2 L'impianto di Pinerolo (TO) – ACEA SpA.....	28
5.3 L'impianto di Marsciano (PG) – SIA SpA.....	31
5.4 L'impianto di Ieper, Belgio.....	34
5.5 L'impianto di „Braunschweig- Watenbüttel“, Germania.....	38
6. Azioni di sviluppo.....	40
7. Conclusioni.....	41
8. Bibliografia.....	42
9. Ditte proponenti sistemi di digestione anaerobica.....	43

Allegati:

1. documentazione consegnata dai partecipanti al gruppo di lavoro;
2. articoli e presentazioni recenti.



1. LA DIGESTIONE ANAEROBICA

La digestione anaerobica è un processo biologico complesso per mezzo del quale, in assenza di ossigeno, la sostanza organica viene trasformata in biogas, una miscela costituita principalmente da metano e anidride carbonica. La percentuale di metano nel biogas varia, a secondo del tipo di sostanza organica digerita e delle condizioni di processo, da un minimo del 50% fino all'80% circa.

Affinché il processo abbia luogo è necessaria l'azione di diversi gruppi di microrganismi in grado di trasformare la sostanza organica in composti intermedi, principalmente acido acetico, anidride carbonica ed idrogeno, utilizzabili dai microrganismi metanigeni che concludono il processo producendo il metano.

I microrganismi anaerobi presentano basse velocità di crescita e basse velocità di reazione e quindi occorre mantenere ottimali, per quanto possibile, le condizioni dell'ambiente di reazione. Nonostante questi accorgimenti, i tempi di processo sono relativamente lunghi se confrontati con quelli di altri processi biologici; tuttavia il vantaggio della digestione anaerobica è che la materia organica complessa viene convertita in metano e anidride carbonica e quindi porta alla produzione finale di una fonte rinnovabile di energia sotto forma di un gas combustibile ad elevato potere calorifico.

L'ambiente di reazione, definito solitamente reattore anaerobico, deve risultare da un compromesso tra le esigenze dei singoli gruppi microbici per consentirne la crescita equilibrata. Il pH ottimale 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. Le *figure 1 e 2* descrivono il processo di digestione anaerobica.



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

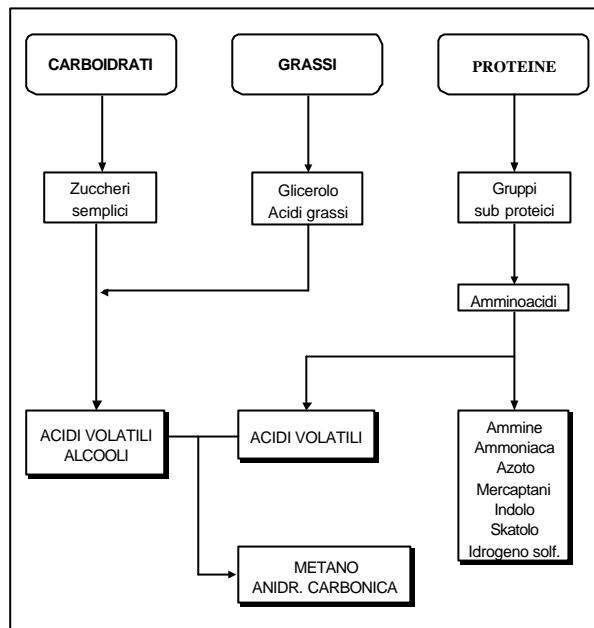
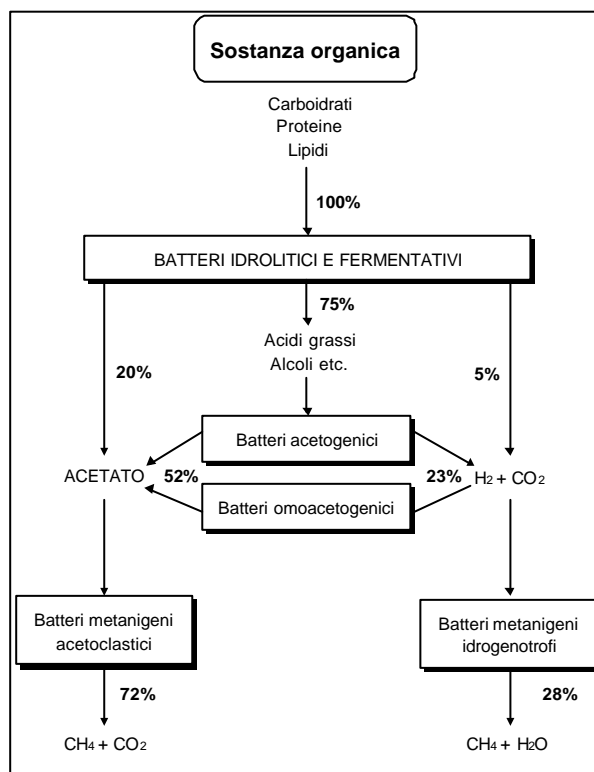


Figura 1 – Schema riassuntivo di decomposizione anaerobica delle sostanze organiche durante la digestione. I composti polimerici ad alto peso molecolare, carboidrati, grassi e proteine vengono frammentati in sostanze più semplici, zuccheri, glicerolo, acidi grassi e aminoacidi.





Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

Figura 2 – Schema del processo biologico di digestione anaerobica.



1.1. Substrati avviabili alla digestione anaerobica

Possono convenientemente essere utilizzate per la produzione di biogas le seguenti biomasse e scarti organici (*tabella 1*):

Liquame suino: questo tipo di effluente zootecnico è caratterizzato da un contenuto di sostanza secca o solidi totali (1-6%) e di sostanza organica o solidi volatili estremamente variabile a causa delle differenti tipologie di allevamento comunemente presenti sul territorio.

Liquame bovino: le deiezioni bovine sono spesso rimosse dalle stalle utilizzando raschiatori. L'aggiunta di paglia, spesso effettuata nelle stalle, conduce a variazioni nel contenuto di solidi totali (8-15%). L'effetto di diluizione è minimo rispetto a quello che si ha con le deiezioni suine anche a causa del fatto che normalmente le zone calpestate dal bestiame vengono pulite e risciacquate con basse quantità di acqua. Come nel caso dei suini, anche nelle deiezioni bovine il contenuto di solidi totali dipende fortemente dal sistema di allevamento degli animali.

Deiezioni avicole (pollina): tra le varie deiezioni avicole, la pollina di galline ovaiole è quella che più si presta alla digestione anaerobica, perché l'allevamento in gabbie non prevede l'uso di lettiera. Le deiezioni asportate fresche presentano un contenuto in solidi totali del 18-20% e alto contenuto di azoto. L'ammoniaca, che si libera in presenza di acqua per idrolisi enzimatica, può raggiungere alte concentrazioni e inibire il processo di digestione e dare luogo a forti emissioni nella fase di stoccaggio del digestato. Inoltre, frequentemente la pollina contiene inerti che sedimentando possono causare problemi operativi e ridurre il volume utile dei reattori.

Residui colturali: si tratta di residui provenienti dai raccolti agricoli quali foraggi, frutta e vegetali di scarsa qualità, percolati da silos e paglia che possono essere addizionati come co-substrati alle deiezioni animali.

Culture non alimentari ad uso energetico: la coltivazione di piante specifiche da avviare alla digestione anaerobica per la produzione di biogas può essere, in Europa, una soluzione per ridurre la sovrapproduzione agricola, ma anche una valida alternativa per l'utilizzo di aree incolte e a riposo (set aside) o di aree irrigate con acque recuperate dai depuratori urbani. Per sviluppare le colture energetiche la nuova Politica Agricola Comunitaria (PAC) prevede uno specifico incentivo di 45 €/ha. Nel corso degli ultimi anni molti studi sono stati effettuati su mais, sorgo, foraggi (ma anche altre colture hanno dimostrato di possedere un buon potenziale di produzione di biogas) per valutarne le caratteristiche ai fini del loro utilizzo energetico e la resa in biogas. Anche le tecnologie impiantistiche attualmente in via di sviluppo sono orientate all'introduzione di tali substrati, sia liquidi che solidi, nel digestore. L'uso delle colture energetiche come co-substrato, infatti, permette di ottimizzare la produzione di biogas e il riciclo dei nutrienti. Questo perché possono essere prodotte in azienda ed essere addizionate come co-substrati agli effluenti zootecnici direttamente o dopo insilamento e il digestato ottenuto a seguito del trattamento anaerobico può essere utilizzato per fertilizzare le aree agricole in cui le stesse vengono coltivate.

Scarti organici e acque reflue dell'agro-industria: ingenti quantità di prodotti agricoli sono lavorati nell'industria alimentare. Durante tali lavorazioni si producono reflui che spesso



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

possono essere avviati alla digestione anaerobica. Il fango anaerobico risultante può essere utilizzato come ammendante su terreni agricoli. Tipici sottoprodotti e scarti agro-industriali sono ad esempio, il siero di latte, contenente proteine e zuccheri dall'industria casearia, e i reflui liquidi dall'industria che processa succhi di frutta o che distilla alcool. Di interesse per la digestione anaerobica sono anche diversi scarti organici liquidi e/o semisolidi dell'industria della carne (macellazione e lavorazione della carne), quali grassi, sangue, contenuto stomacale, budella (vedi Regolamento CE n. 1774/2002 "Norme sanitarie relative ai sottoprodotti di origine animale non destinati al consumo umano"). Tali residui, ad esempio, possono essere addizionati come co-substrati nella digestione di liquami zootecnici e/o fanghi di depurazione.

Fanghi di depurazione: sono il residuo del processo di depurazione delle acque reflue urbane e industriali. Sono costituiti da biomassa batterica e da sostanza inerte, organica ed inorganica. In generale gli obiettivi della digestione anaerobica dei fanghi di depurazione sono: la stabilizzazione della sostanza organica, la distruzione degli eventuali microorganismi patogeni e la facilitazione per lo smaltimento finale. Tale substrato non è consigliabile, a causa delle problematiche connesse alle attuali normative italiane di riferimento, per gli impianti di biogas aziendali per liquami zootecnici.

Frazioni organiche di rifiuti urbani: nei rifiuti urbani domestici la percentuale di frazione organica umida è compresa in genere tra il 25 e il 35% in peso. La composizione media di questa frazione se derivante da raccolta differenziata secco-umido non differisce in modo sostanziale dall'organico raccoglibile da utenze selezionate, quali mercati all'ingrosso dell'orto-frutta e dei fiori, mercati ittici e rionali, esercizi commerciali di generi alimentari, punti di ristoro (pizzerie, ristoranti, ristorazione collettiva); la presenza di piccole quantità di plastica e vetro è in genere inferiore al 5% sul totale. Queste frazioni organiche presentano un elevato grado di putrescibilità ed umidità (> 65%) che le rendono adatte alla digestione anaerobica. Tale substrato non è consigliabile, a causa delle problematiche connesse alle attuali normative italiane di riferimento, per la codigestione in impianti di biogas aziendali per liquami zootecnici.

In *tabella 1* è riportata la resa indicativa in biogas di varie biomasse e scarti organici.



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

Tabella 1 - Biomasse e rifiuti organici per la digestione anaerobica e loro resa indicativa in biogas (m³ per tonnellata di solidi volatili)

Materiali	m³ biogas/t SV(*)
Deiezioni animali (suini, bovini, avi-cunicoli)	200 - 500
Residui colturali (paglia, colletti 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 - 1000
Fanghi di depurazione	250 - 350
Frazione organica rifiuti urbani	400 - 600
Culture energetiche (mais, sorgo zuccherino, erba, ecc.)	550 - 750

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

1.2 La Codigestione

La codigestione di effluenti zootecnici con altri scarti organici al fine di aumentare la produzione di biogas è pratica standard in Europa ormai da diversi anni. L'interesse che spinge gli operatori del settore verso la codigestione è costituito principalmente dal fatto che la vendita della maggior quantità di elettricità prodotta, unitamente agli introiti ricevuti dai produttori del rifiuto organico utilizzato come co-substrato, permette di ottenere guadagni maggiori. La miscelazione di diversi prodotti consente di compensare le fluttuazioni di massa stagionali dei rifiuti, di evitare sovraccarichi o al contrario carichi inferiori alla capacità stessa del digestore e di mantenere quindi più stabile e costante il processo. Diversi problemi infatti possono nascere da un utilizzo non congruo delle diverse matrici; un'aggiunta incontrollata di olii e grassi contenuti nello scarto, ad esempio, può determinare un'eccessiva formazione di schiume, mentre rifiuti contenenti considerevoli quantità di inerti, quali sabbia, pietre e terra, possono favorire la formazione di sedimento nel digestore e accumulo di materiali inerti con conseguente riduzione del volume attivo del reattore o blocco di valvole e tubazioni, un quantitativo eccessivo di deiezioni avicole può causare tossicità alla flora metanigena a causa di una concentrazione eccessiva di ammoniacale.

Le matrici attualmente più utilizzate nella codigestione di effluenti zootecnici sono gli scarti organici agroindustriali e le colture energetiche. Gli scarti organici da utilizzare come co-



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

substrati provengono dalle più svariate fonti e possiedono quindi forti differenze nella composizione chimica e nella biodegradibilità. Alcune sostanze (quali percolati, acque reflue, fanghi, olii, grassi e siero) sono facilmente degradabili mediante digestione anaerobica senza richiedere particolari pre-trattamenti, mentre altre (quali gli scarti di macellazione, sostanze ad elevato tenore proteico) necessitano di essere fortemente diluite con il substrato base (effluenti zootecnici liquidi), in quanto possono formare metaboliti inibitori del processo (ad esempio l'ammoniaca). Una vasta gamma di matrici richiede step vari di pre-trattamento quali, ad esempio, il rifiuto organico da raccolta differenziata, gli alimenti avanzati e/o scaduti, gli scarti mercatali, i residui agricoli, gli scarti di macellazione.

Nel caso di codigestione con i liquami zootecnici di colture energetiche e/o scarti organici agroindustriali, è necessaria la presenza in testa al digestore di un sistema di alimentazione che tagli e sminuzzi i co-substrati, e ne consenta la dosatura e la pesatura.

A tal fine negli ultimi anni si è sviluppata molto la tecnica “ad introduzione diretta” nel digestore anaerobico, di cui si riportano alcuni esempi nella *figura 3*

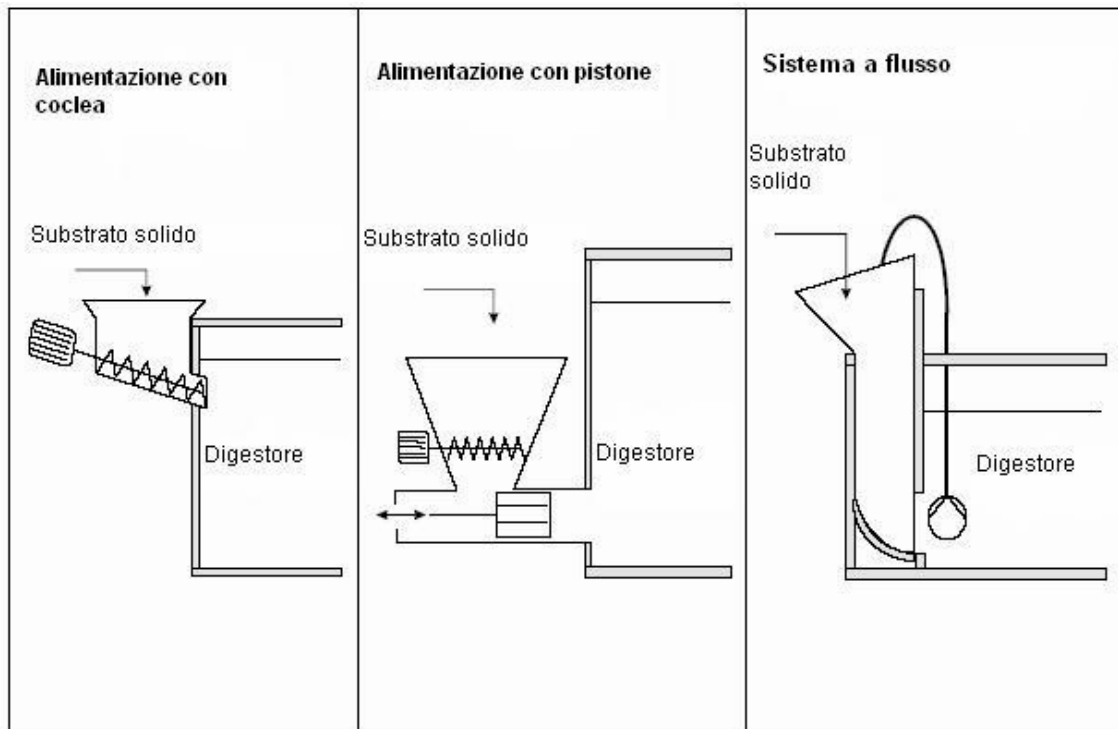


Figura 3 – Sistemi di carica diretta delle frazioni solide (fonte: Weiland P., Rieger C., Ehrmann T. – 2003)

Nel caso di codigestione della frazione organica da raccolta differenziata dei rifiuti urbani (FORSU), tra i pre-trattamenti di tipo innovativo di recente comparsa sul mercato rientra la “pressatura/spremitura” della forsu, con l’obiettivo di disidratare il materiale e ridurre la quantità di coformulante necessario per l’avvio a compostaggio con conseguente implementazione della capacità di trattamento del sistema. La frazione liquida che si produce è ottima per l’invio a digestione anaerobica. Il pre-trattamento a carico della frazione organica



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

proveniente dalla raccolta differenziata prevede l'introduzione della frazione organica in una tramoggia il cui organo spremente è rappresentato da una coclea posta all'interno di un cilindro forato. La coclea, girando, opera una spremitura del materiale che si separa in due frazioni: la frazione solida palabile e la frazione liquida pompabile. Indicativamente l'efficienza di separazione è la seguente: la quota di liquido spremuto è variabile dal 25 al 35% in peso della frazione organica tal quale. Tale frazione liquida è inviata alla digestione anaerobica mentre la frazione solida è inviata al compostaggio.

Allo scopo sono comparsi sul mercato sia miscelatori dotati di coclea aggiuntiva per la pressatura, sia presse singole operanti a punto fisso. Il ricorso a tale pre-trattamento è peraltro limitato, anche in relazione alla ancora limitata presenza di impianti a doppia linea anaerobica-aerobica in Italia. Tuttavia si tratta di una tematica intorno alla quale c'è grande interesse.

A tali operazioni se ne possono aggiungere altre, specifiche per quei casi in cui si intendono recuperare partite di prodotti alimentari inscatolati difettosi e/o scaduti (conserven vegetali, succhi di frutta, condimenti, ecc.). A tale scopo il mercato offre una macchina specifica, definita "idropulper" o "selezionatore a umido", dedicata alla selezione di rifiuti organici eterogenei che consente di separare la parte organica dalle restanti frazioni indesiderate, quali le frazioni leggere (plastiche, ecc.) e gli inerti. Parallelamente, operatori del settore stanno mettendo a punto dispositivi aventi lo stesso scopo, ma in grado di operare senza aggiunta di acqua.

In particolare l'idropulper o selezionatore a umido è un'attrezzatura complessa impiegata quando si ha la necessità di separare i diversi componenti (frazioni organiche, parti fini e leggere e parti pesanti o inerti) che costituiscono il rifiuto che si intende trattare per allontanare le frazioni indesiderate. Le parti essenziali della macchina sono due: il pulper vero e proprio e il sistema di selezione. Nel pulper, solitamente costituito da un serbatoio cilindrico ad asse verticale con base e copertura a forma tronco-conica, l'aggiunta di acqua e la rotazione del rotore di miscelazione portano alla rottura e disgregazione dei diversi componenti e alla dissoluzione delle componenti organiche in acqua. Le restanti tipologie di materiali si separano in funzione del peso specifico: le parti inerti pesanti si depositano per gravità sul fondo del serbatoio e convogliate mediante una coclea o analogo dispositivo in un cassone di raccolta. Le parti leggere vengono allontanate per flottazione e in alcuni casi avviate ad un dispositivo di selezione, costituito da una vite senza fine che preme su un cilindro forato. Nei sistemi più complessi, la sospensione ricca di sostanza organica che si ottiene in uscita dal pulper viene inviata ad un ulteriore trattamento per l'allontanamento delle sabbie, che possono danneggiare e intasare la linea di digestione anaerobica che segue.

A seconda della ditta costruttrice e del modello, il serbatoio della macchina può avere capacità da 4 a 32 m³; la relativa capacità di lavoro è estremamente variabile e strettamente correlata alla natura del rifiuto in ingresso. I materiali trattabili sono la frazione organica da selezione meccanica dei rifiuti urbani, prodotti alimentari confezionati, ecc.



1.3 Le tecnologie di digestione anaerobica applicabili

L'esperienza accumulata nel corso degli anni in studi e applicazioni sulla digestione anaerobica di diverse tipologie di biomasse dedicate e di scarto ha condotto allo sviluppo di differenti tipi di processo e 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 (wet)*, 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 (dry)*, 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 (semi-dry)*.

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).

La digestione anaerobica può, inoltre, 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 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 psicofilia (10-25°C), con tempi di residenza superiori ai 30 giorni, fino ad un massimo di 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 o sostanza organica alimentati.

1.3.1 I processi di digestione in continuo monostadio

Digestione ad umido (wet)

Nel processo di digestione ad umido i substrati in digestione presentano un tenore di sostanza secca inferiore al 10%. La *figura 4* mostra lo schema di un processo in continuo



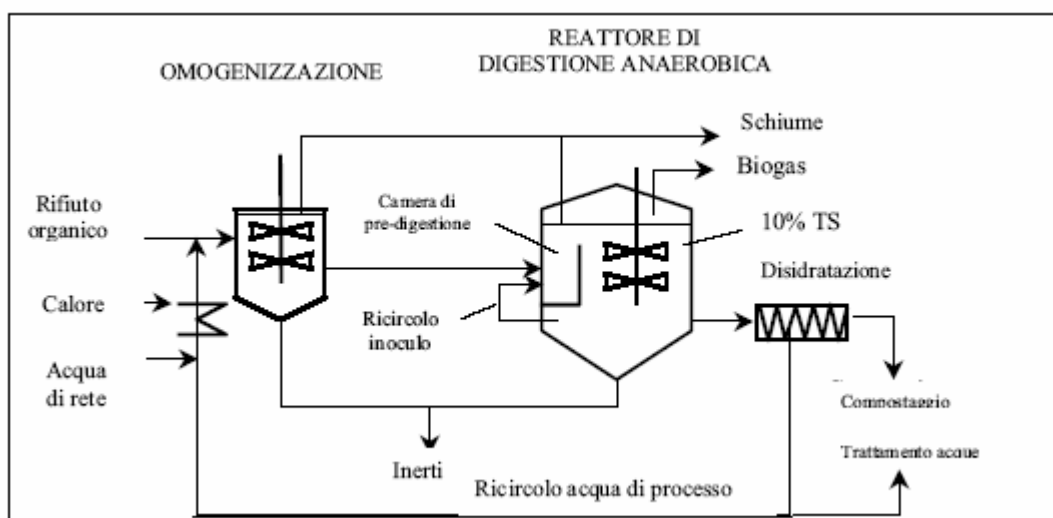
Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

monostadio ad umido: il reattore più frequentemente utilizzato in questo tipo di processo è il classico reattore completamente miscelato (CSTR).

La biomassa, prima di essere caricata nel reattore anaerobico, subisce un trattamento finalizzato al raggiungimento di un giusto tenore di solidi totali e di un buon grado di omogeneizzazione; esso consiste principalmente in una diluizione effettuata mediante aggiunta di acqua (liquami vari e/o acqua di processo, ricircolata dal digestore stesso) e in una rimozione sia di eventuali schiume che di eventuali plastiche, inerti e altri materiali grossolani potenzialmente dannosi per la meccanica dell'impianto.

Nei processi ad umido si opera generalmente con carichi organici compresi tra 2-5 kg SV/m³ giorno, in quanto l'esperienza su quantitativi maggiori ha evidenziato cali nella produzione di biogas; la completa miscelazione che si ha in questi digestori potrebbe essere annoverata tra le possibili cause in quanto, se da un lato risulta essere assolutamente necessaria per un buon esito del processo, dall'altro essa favorisce lo stretto contatto tra biomassa ed eventuali sostanze inibenti formatesi con conseguenti effetti negativi. D'altra parte, a causa delle caratteristiche fisiche spesso disomogenee dei tipi di rifiuti trattati, risulta spesso estremamente difficile ottenere una buona omogeneizzazione e la stratificazione di materiali più e meno leggeri all'interno del digestore è un'evenienza tutt'altro che infrequente; la rimozione periodica sia degli strati più leggeri dall'estremità superiore del reattore che di quelli più pesanti dal fondo non riesce ad eliminare completamente né il rischio di danni ai sistemi meccanici di miscelazione né la cosiddetta "corto-circuitazione" idraulica. Quando questa si verifica, l'imperfetta miscelazione provoca la fuoriuscita dal digestore di materiale non completamente degradato (e a minor degradazione corrisponde minor produzione di biogas).

Figura 4 – Schema di processo in CONTINUO a FASE UNICA AD UMIDO (da Manuale APAT n.13/2002 – Il trattamento anaerobico dei rifiuti-)





Digestione a semi-secco (semi-dry)

A metà strada tra i processi wet e dry si collocano i sistemi semi-dry, in cui si lavora con contenuto di sostanza secca in digestione intorno al 12-18%. Questi sistemi dal punto di vista tecnologico presentano alcuni vantaggi di sicuro interesse quali, ad esempio, la semplicità dei sistemi di pompaggio e miscelazione e la possibilità ad esempio di trattare la frazione organica da raccolta differenziata dei rifiuti urbani senza pre-trattamenti particolarmente impegnativi (tranne una semplice eliminazione di materiali inerti grossolani seguita da triturazione e omogeneizzazione. Il più comune reattore utilizzato rimane quello completamente miscelato (CSTR), operante in regime sia mesofilo che termofilo, all'interno del quale la miscelazione del materiale viene effettuata principalmente attraverso miscelatori meccanici coadiuvati o meno da sistemi di miscelazione a ricircolo di biogas. I volumi dei reattori sono normalmente minori rispetto ai sistemi wet anche se la necessità di diluire rifiuti aventi concentrazione di sostanza secca maggiore del 20-25% può comportare un aumento delle dimensioni dei reattori stessi, oltre ad un aumento della produzione di acque di processo e dei costi di esercizio per il mantenimento della temperatura ottimale di digestione.

Altra tipologia impiantistica utilizzata in particolare quando si digeriscono miscele di biomasse ad alto tenore di sostanza secca (in particolare comprese nell'intervallo 12-18%), è il reattore cilindrico orizzontale, miscelato, coibentato ed operante in mesofilia e/o termofilia (*figura 5*).

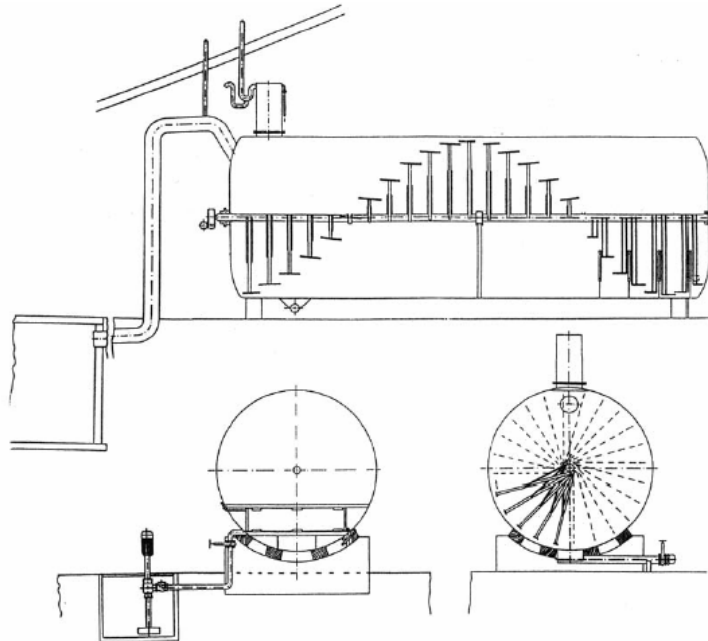


Figura 5 - Schema di impianto di biogas a reattore cilindrico, orizzontale, miscelato (fonte: Raven R.P.J.M, Gregersen K.H. – 2004)



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

Digestione a secco (dry)

La digestione di tipo a secco è stata sviluppata per consentire il trattamento del rifiuto organico senza necessità di diluizioni, operando con tenori di sostanza secca superiori al 20%. È evidente che il materiale utilizzato in questo tipo di sistema è molto più concentrato e viscoso di quello utilizzato con il sistema ad umido e che la tecnologia dei reattori e dei sistemi di trasporto, pompaggio e miscelazione deve essere completamente adattata alle sue caratteristiche. L'unico pre-trattamento che è infatti normalmente previsto è una vagliatura grossolana che consenta di rimuovere le frazioni con dimensioni > 40 mm. Il fatto di limitare i pretrattamenti del materiale fresco rappresenta un indubbio vantaggio in quanto consente di contenere la perdita di sostanza organica biodegradabile utile alla produzione di biogas. Il tipo di reattore che comunemente viene utilizzato in questo tipo di digestione è il reattore cosiddetto *plug-flow*, a pistone.

Tra le principali tecnologie utilizzate nel campo della digestione a secco si citano i processi Dranco, Kompogas e Valorga (*Figura 6*). La digestione a secco è applicata in particolare alla frazione organica dei rifiuti urbani, sia da raccolta indifferenziata che da raccolte differenziate.

Il sistema **Dranco**, sviluppato in Belgio, opera con substrati ad alto tenore di solidi e in regime di temperatura termofilo; il substrato viene introdotto giornalmente all'estremità superiore del reattore e il materiale digerito viene contemporaneamente rimosso dalla parte inferiore. Parte del digestato viene riciclato come inoculo mentre il restante viene sottoposto a trattamenti ulteriori (ad es. disidratazione) al fine di ottenere un prodotto utile sotto il profilo agronomico. Non è presente alcun sistema meccanico di miscelazione all'interno del reattore e la sola miscelazione che avviene al suo interno è quella naturale che si origina dal movimento a pistone verso il basso del materiale caricato. Il contenuto di solidi totali dei substrati comunemente utilizzati varia nell'intervallo 20-40%, i tempi di ritenzione tra 15 e 30 giorni, la temperatura d'esercizio tra 50 e 58°C e le rese in biogas dichiarate tra 100 e 200 m³/t di substrato alimentato.

Il sistema **Kompogas**, sviluppato in Svizzera, che opera sempre con substrati ad alto tenore di solidi in regime termofilo, utilizza un reattore cilindrico orizzontale in cui il materiale viene introdotto giornalmente; il movimento del materiale all'interno è orizzontale a pistone e il materiale digerito viene rimosso dall'estremità opposta dopo circa 20 giorni. All'interno del reattore è presente un sistema di agitazione che mescola la massa in modo intermittente, favorendo la liberazione del biogas formatosi e la risospensione del materiale inerte grossolano depositatosi sul fondo. L'esperienza accumulata con questa tecnologia ha dimostrato generalmente la massima efficacia con substrati aventi tenore di solidi intorno al 25%, in quanto tenori minori favoriscono la deposizione di frazioni pesanti mentre con tenori superiori viene ostacolato il flusso orizzontale del materiale all'interno del reattore. Il digestato ottenuto, di cui parte è utilizzato come inoculo, viene disidratato e ulteriormente trattato a fini agronomici.

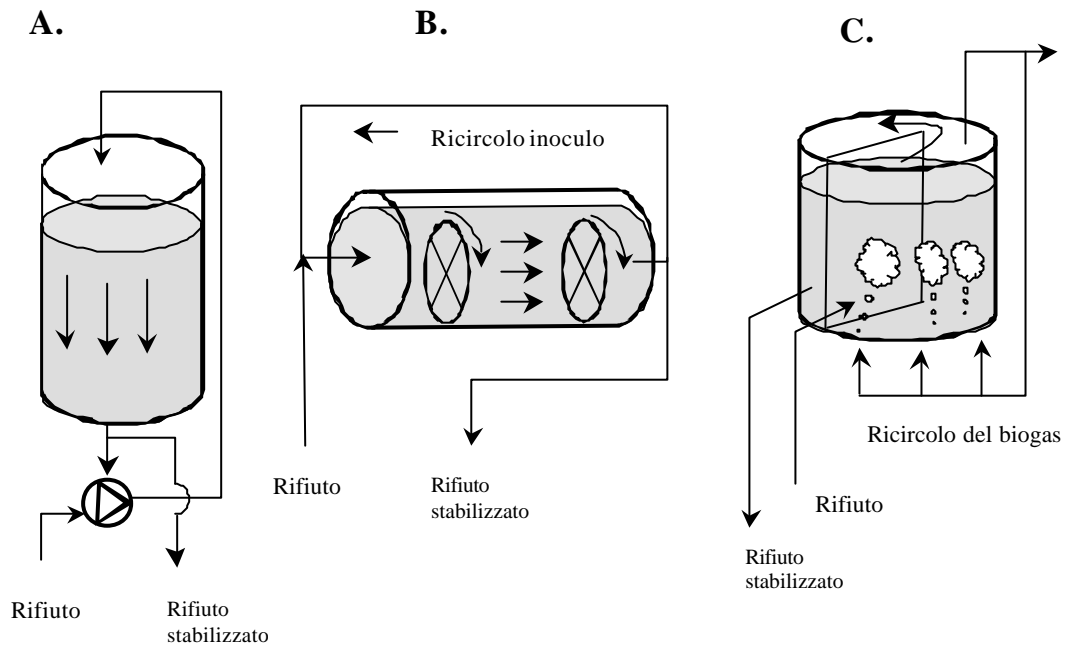
Il sistema **Valorga**, sviluppato in Francia, opera con substrati ad alto contenuto di sostanza secca (25-35%), con tempi di residenza compresi tra 18-25 giorni, in reattori di forma



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

cilindrica in cui il flusso di materiale è di tipo circolare e il mescolamento entro il reattore è garantito dalla circolazione sotto pressione di parte del biogas prodotto attraverso una serie di iniettori ad intervalli di tempo prestabiliti. Generalmente la miscelazione viene effettuata in modo soddisfacente mediante ricircolo di solo biogas e non dell'effluente anche se, dato il posizionamento degli iniettori sul fondo del reattore, esiste la possibilità che si verifichino problemi di intasamento degli stessi. Anche con questa tecnologia è necessario trattare il rifiuto da digerire con acqua di processo al fine di raggiungere una concentrazione di sostanza solida intorno al 30%, evitando di raggiungere concentrazioni troppo basse che potrebbero causare accumuli eccessivi di materiale inerte sul fondo del reattore.

Figura 6 - Differenti tipologie di reattori a secco (A = processo Dranco; B = processo Kompogas; C = processo Valorga), in Vandevivere et al., 2001





1.3.2 Processi Batch

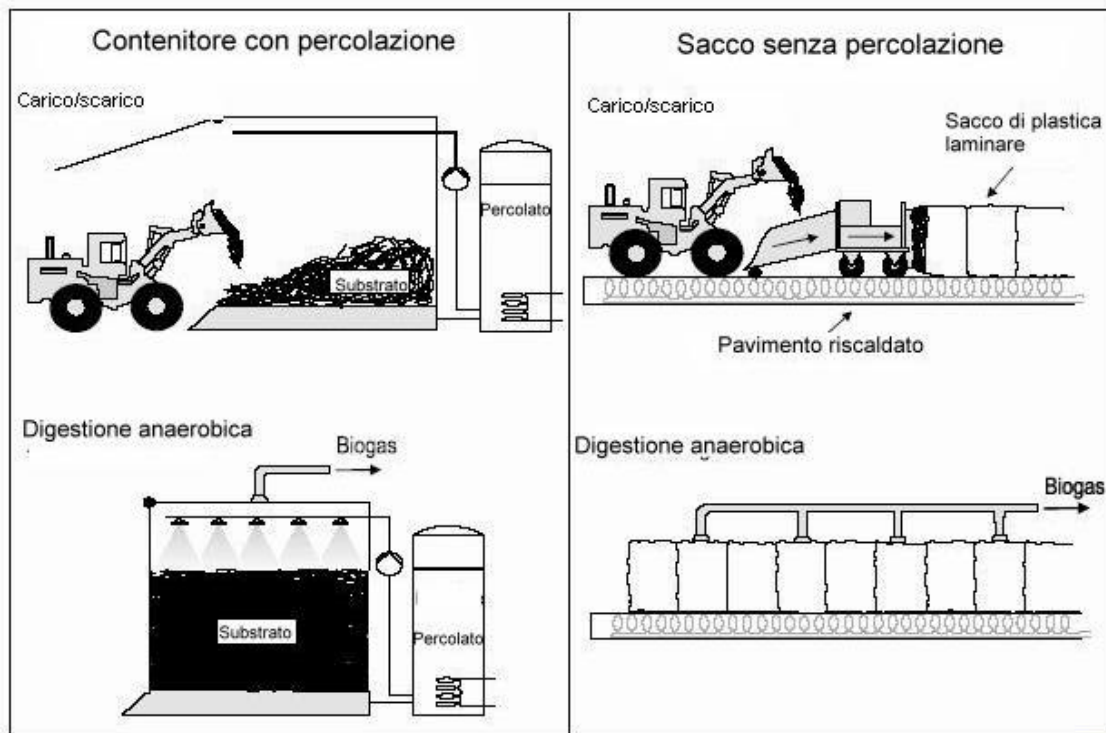
Riguardo i sistemi di digestione a batch e a secco, un rinnovato interesse è derivato ancora una volta dalla diffusione dell'utilizzo delle colture energetiche e in particolare dalle possibili applicazioni della loro mono-fermentazione (come già accennato ancora non molto praticata), per la quale tali sistemi paiono essere particolarmente adatti (oltre che per il trattamento dei letami bovini, suini e avicoli). 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; i processi a "contenitore con percolazione" e i processi a "sacco senza percolazione" (figura 7).

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.

Questa tecnica in batch e a secco è quella a cui fa riferimento il brevetto MESEFO della Marcopolo Engineering spa, socio CIC e membro del gruppo di lavoro CIC sulla Digestione anaerobica (vedi allegato)

Figura 7 – Processi tipici di digestione batch a secco (fonte: Weiland P., Rieger C., Ehrmann T. – 2003)



1.4 I costi di investimento

I costi di investimento per un impianto di biogas variano da caso a caso, in base alle specifiche esigenze di installazione (impianti di tipo semplificato, impianti completamente miscelati, coibentati e riscaldati, ecc.) e i materiali avviati a digestione (solo liquami zootecnici, liquami zootecnici + colture energetiche e/o scarti agroindustriali, ecc.). E', quindi, difficile definire dei costi di investimento standard, di riferimento.

Indicativamente, comunque, 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) si può definire un intervallo di costo di investimento di 250-700 € per metro cubo di digestore anaerobico oppure di 2.500-7.500 € per kW elettrico installato in cogenerazione.

Non sono inclusi in questi costi quelli per l'eventuale linea di pretrattamento della frazione organica dei rifiuti urbani, anche da raccolta differenziata, per togliere tutti i materiali indesiderati (inerti, plastiche...). A titolo di esempio, la linea di pre-trattamento ad umido (idropulper) della forsu in un impianto di digestione anaerobica, con una capacità di



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

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 (*vedi allegato 1e*)

2. LA DIFFUSIONE IN EUROPA

In Europa la diffusione della digestione anaerobica [1], è incominciata nel settore dei depuratori civili per la stabilizzazione dei fanghi di supero e attualmente si stima siano circa 1.600 i digestori operativi.

Allo stato attuale la digestione anaerobica è considerata una delle tecnologie migliori per il trattamento delle acque reflue agroindustriali ad alto carico organico, e già nel 1994 erano attivi circa 400 impianti di biogas aziendali e consortili.

Inoltre, sono oltre 3000 i digestori anaerobici operanti su liquami zootecnici nei Paesi dell'UE, in particolare in Germania, seguita da Danimarca, Austria, Svizzera, Italia e Svezia. È doveroso ricordare anche che il recupero di biogas dalle discariche per rifiuti urbani rappresenta in Europa, ed in particolare in Gran Bretagna, la più importante fonte di energia alternativa da biomasse, con oltre 450 impianti operativi [2].

Negli ultimi anni sta crescendo di importanza anche l'utilizzo della digestione anaerobica nel trattamento della frazione organica raccolta in modo differenziato dei rifiuti urbani (FORSU), in miscela con altri scarti organici industriali e con liquami zootecnici (codigestione) [3]. In Danimarca, in particolare, sono attualmente funzionanti 20 impianti centralizzati di codigestione che trattano annualmente circa 1.100.000 t di liquami zootecnici e 375.000 t di residui organici industriali e FORSU. Sono stati censiti in Europa [4 e 5] circa 130 impianti di digestione anaerobica che trattano frazione organica di rifiuti urbani (sia da raccolta differenziata, sia da selezione meccanica a valle) e/o residui organici industriali, con una capacità di trattamento di circa 3,9 milioni di tonnellate per anno.

Per il 2005 si può stimare che la produzione di biogas nei Paesi dell'UE sia stata di circa 4959 ktep (1 ktep = 1.000 t equivalenti di petrolio); circa il 60% è dovuta al recupero di biogas dalle discariche per rifiuti urbani [2]. Per il 2010 EurObserv'ER stima una produzione di biogas di 8700 ktep.

I rifiuti organici prodotti annualmente nei Paesi dell'Unione Europea ammontano a circa 2.500 milioni di t, dei quali circa il 60% è costituito da effluenti zootecnici e residui agroforestali ed il resto da rifiuti organici urbani e industriali e fanghi di depurazione (fonte IEA Bioenergy task 37, www.iea-biogas.net).

2.1 Germania all'avanguardia nella tecnologia

La Germania è certamente il Paese europeo nel quale negli ultimi dieci anni la digestione anaerobica ha avuto il maggior impulso, in particolare nel comparto zootecnico. Gli ultimi dati relativi al 2005 [2], parlano di circa 2.700 impianti esistenti con una potenza elettrica installata di circa 665 MW. Circa il 94% degli impianti di biogas operano in codigestione, trattando assieme ai liquami zootecnici altri substrati organici, scarti dell'agroindustria, scarti domestici e della ristorazione, soprattutto colture energetiche (mais, sorgo zuccherino, barbabietola da



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

foraggio, patate ecc.) e residui colturali. Importante per lo sviluppo del settore è stata la politica di incentivazione del Governo tedesco; questi ha fissato un prezzo per l'energia elettrica da biogas che, con l'aggiornamento dell'Agosto 2004, può arrivare fino a 21,5 centesimi di Euro/kWh per un periodo di 20 anni ed eroga, in genere, anche un contributo sull'investimento.

3. LA SITUAZIONE IN ITALIA

EurObserv'ER [2] stima per l'Italia una produzione di biogas nel 2005 di 376,5 ktep (circa 4,3 milioni di MWh). Circa l'80% di questa produzione è attribuibile al recupero di biogas dalle discariche per rifiuti urbani.

In Italia sono ancora pochi gli impianti di produzione di biogas operativi che trattano una miscela di più reflui, non solo zootecnici: sette di questi sono centralizzati e trattano anche fanghi di depurazione, reflui dell'agroindustria, in particolare acque di vegetazione dell'industria olearia, e rifiuti organici domestici, derivanti da raccolta differenziata dei rifiuti urbani. Altri 100 circa sono operativi in allevamenti zootecnici, in particolare suini, e sono di tipo aziendale; alcuni, di recente costruzione, trattano anche colture energetiche. Quasi tutti, poi, operano al nord, in particolare in Lombardia, Trentino-Alto Adige, Emilia-Romagna e Veneto [6].

Anche in Italia, come nel resto d'Europa, i digestori anaerobici sono diffusi nella stabilizzazione dei fanghi di supero dei depuratori delle acque reflue urbane. Un'indagine del 2000 [7] individuava circa 120 digestori anaerobici operanti in altrettanti impianti di depurazione di reflui urbani. In tali impianti si potrebbe valutare la possibilità di codigerire anche liquami zootecnici e/o altri scarti agroindustriali, con un importante beneficio energetico (aumento del biogas prodotto) e in certi casi anche con un miglioramento dell'efficienza del comparto di denitrificazione che spesso richiederebbe, per un buon funzionamento, una fonte aggiuntiva di carbonio. Inoltre, tenendo presente che nell'ultima bozza del documento redatto per la predisposizione della nuova direttiva comunitaria sui fanghi (Working document on sludge, 3rd draft) è richiesta una maggior stabilizzazione nei fanghi di depurazione destinati all'utilizzo in agricoltura, risulta interessante nei depuratori urbani affiancare alla linea fanghi con digestione anaerobica anche una linea di stabilizzazione e valorizzazione agronomica mediante compostaggio dei fanghi stessi; in questa linea di compostaggio troverebbero una maggior valorizzazione (produzione di un fertilizzante organico di miglior qualità) anche i liquami zootecnici e gli scarti agroindustriali, oltre ad eventuali frazioni organiche da raccolta differenziata dei rifiuti urbani e scarti verdi (manutenzione verde pubblico e privato).

Tale schema impiantistico è quello realizzato nell'impianto di Camposampietro (PD) a cura di Seta spa. [8]. L'impianto è in funzione da circa un anno e rappresenta un chiaro esempio di sistema integrato. Gli impianti che costituiscono il centro (depurazione biologica, codigestione anaerobica, cogenerazione e compostaggio aerobico) sono tra loro strettamente interconnessi al fine di sfruttare al massimo le sinergie gestionali e di processo (*vedi paragrafo 5.1*).

Diversi impianti di biogas sono stati realizzati anche nell'agro-industria, in particolare in distillerie, zuccherifici, stabilimenti per la produzione di succhi di frutta e prodotti dolciari



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

Relativamente alla digestione anaerobica delle frazioni organiche dei rifiuti urbani (RU), sia derivanti da raccolte differenziate (FORSU) che da selezione meccanica (FO), non vi sono molte esperienze:

- per quanto riguarda il trattamento della frazione organica da selezione meccanica, vi è un impianto a Verona (4 digestori da 2.000 m³ ciascuno, in grado di trattare 350 t/giorno di FO), un impianto a Villacidro (CA) (2 digestori da 2.000 m³ ciascuno in grado di trattare 120 t/giorno di FO), un impianto a Bassano del Grappa (VI) (3 digestori di 2.500 m³ ciascuno, capace di trattare circa 32.000 t/anno di RU, 30.000 t/anno di FORSU e 300 t/anno di fanghi) e un impianto in avviamento a Roma (capace di trattare 40.000 t/a di RU);
- per quanto riguarda il trattamento della frazione organica preselezionata, da raccolta differenziata (FORSU), oltre agli impianti di Lozzo Atesino e Este in provincia di Padova, che trattano prevalentemente l'effluente derivante da pressatura della FORSU e fanghi agroindustriali e all'impianto urbano di Treviso che codigerisce fanghi di depurazione (80 t/giorno) e FORSU (10 t/giorno), vi è in funzione un impianto a cura di ACEA spa di Pinerolo (TO) e un impianto a cura di Seta spa a Camposampiero (PD) di cui sopra.

3.1 Gli incentivi economici al biogas

All'inizio degli anni Novanta, a dare nuove prospettive alla produzione e all'utilizzo del biogas è intervenuto il provvedimento del Comitato interministeriale prezzi (Cip) n. 6/92 riguardante "prezzi dell'energia elettrica relativi a cessione, vettoriamento e produzione per conto dell'Enel, parametri relativi allo scambio e condizioni tecniche generali per l'assimilabilità a fonte rinnovabile". Sulla base di questo regime tariffario, l'autoproduzione di energia elettrica da biomassa per la cessione all'Enel è diventata un'interessante opportunità. Nel 1999, l'Enel pagava circa 290 lire/kWh a chi immetteva in rete l'intera energia elettrica prodotta da impianti alimentati a biomasse.

I benefici del provvedimento Cip n.6/92 sono però stati sospesi e l'incentivazione delle energie rinnovabili, in accordo con una direttiva europea, ora passano attraverso l'istituzione e lo sviluppo del mercato dei "Certificati Verdi" (CV) (D.Lgs 387/2003): in pratica, è stato definito l'obbligo, a partire dal 2002, da parte di tutti i produttori ed importatori di energia elettrica da fonte convenzionale, di immettere in rete, ogni anno, elettricità prodotta da fonti rinnovabili (tra cui il biogas) pari almeno, nel 2006, al 3,05% della quantità totale immessa. I produttori di energia rinnovabile possono vendere ai produttori di energia da fonte convenzionale dei certificati per consentire loro il rispetto della quota del 3,05%; si sta, quindi, sviluppando un mercato o borsa dei "Certificati Verdi", che attualmente valgono circa 13,0 centesimi di Euro per kWh (valore medio ponderato dei primi mesi del 2006). Oggi vendendo energia elettrica dotata di CV si riescono a ricavare circa 18-20 centesimi di Euro per kWh. Attualmente la durata dei CV è di dodici anni (come indicato nel recente testo unico recante norme in materia ambientale, DLgs n.152/2006), elevabile per l'energia rinnovabile ottenuta da biomasse, quale è il biogas, per altri quattro anni, anche se con il riconoscimento solo del 60% dell'energia elettrica prodotta (art.5 del Decreto del Ministero attività Produttive e del



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

Ministero dell'Ambiente del 24 ottobre 2005, G.U. n. 265 del 14/11/2005) e se non si è ottenuto un contributo in conto capitale nella realizzazione dell'impianto.

4. I SISTEMI INTEGRATI ANAEROBICO/AEROBICO

Il fatto che, a fronte del consolidamento del ruolo del compostaggio aerobico, anche la digestione anaerobica stia ottenendo sempre maggiore attenzione tra le tecnologie per il trattamento dei rifiuti solidi organici, come evidenziato nei paragrafi precedenti, ha invogliato, in particolare in questi ultimi anni, sempre più i progettisti ad esaminare le possibili integrazioni dei due processi al fine di ottimizzarne i rispettivi pregi e minimizzarne gli svantaggi [9-10].

I principali vantaggi e svantaggi dei due processi possono essere così sintetizzati:

- la digestione anaerobica produce energia rinnovabile (biogas) a fronte del compostaggio aerobico che consuma energia;
- gli impianti anaerobici sono in grado di trattare tutte le tipologie di rifiuti organici indipendentemente dalla loro umidità, a differenza del compostaggio che richiede un certo tenore di sostanza secca nella miscela di partenza;
- gli impianti anaerobici sono reattori chiusi e quindi non vi è rilascio di emissioni gassose maleodoranti in atmosfera, come può avvenire durante la prima fase termofila del compostaggio;
- nella digestione anaerobica si ha acqua di processo in eccesso che necessita di uno specifico trattamento, mentre nel compostaggio le eventuali acque di percolazione possono essere riciclate come agente umidificante sui cumuli in fase termofila;
- gli impianti di digestione anaerobica richiedono investimenti iniziali maggiori rispetto a quelli di compostaggio;
- la qualità del digestato, in uscita dalla digestione anaerobica, comporta un uso agronomico diverso rispetto al compost aerobico.

L'integrazione dei due processi può portare dei notevoli vantaggi, in particolare:

- si migliora nettamente il bilancio energetico dell'impianto, in quanto nella fase anaerobica si ha in genere la produzione di un surplus di energia rispetto al fabbisogno dell'intero impianto;
- si possono controllare meglio e con costi minori i problemi olfattivi; le fasi maggiormente odorigene sono gestite in reattore chiuso e le "arie esauste" sono rappresentate dal biogas (utilizzato e non immesso in atmosfera). Il digestato è già un materiale semi-stabilizzato e, quindi, il controllo degli impatti olfattivi durante il post-compostaggio aerobico risulta più agevole;
- si ha un minor impegno di superficie a parità di rifiuto trattato, pur tenendo conto delle superfici necessarie per il post-compostaggio aerobico, grazie alla maggior compattezza dell'impiantistica anaerobica;
- si riduce l'emissione di CO₂ in atmosfera [11]; l'attenzione verso i trattamenti dei rifiuti a bassa emissione di gas serra è un fattore che assumerà sempre più importanza in futuro.



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

Nella *figura 8* si riporta, a titolo di esempio, un possibile schema di ciclo di trattamento integrato anaerobico/aerobico di rifiuti organici di varia provenienza, urbana, agroindustriale, zootecnica [10].

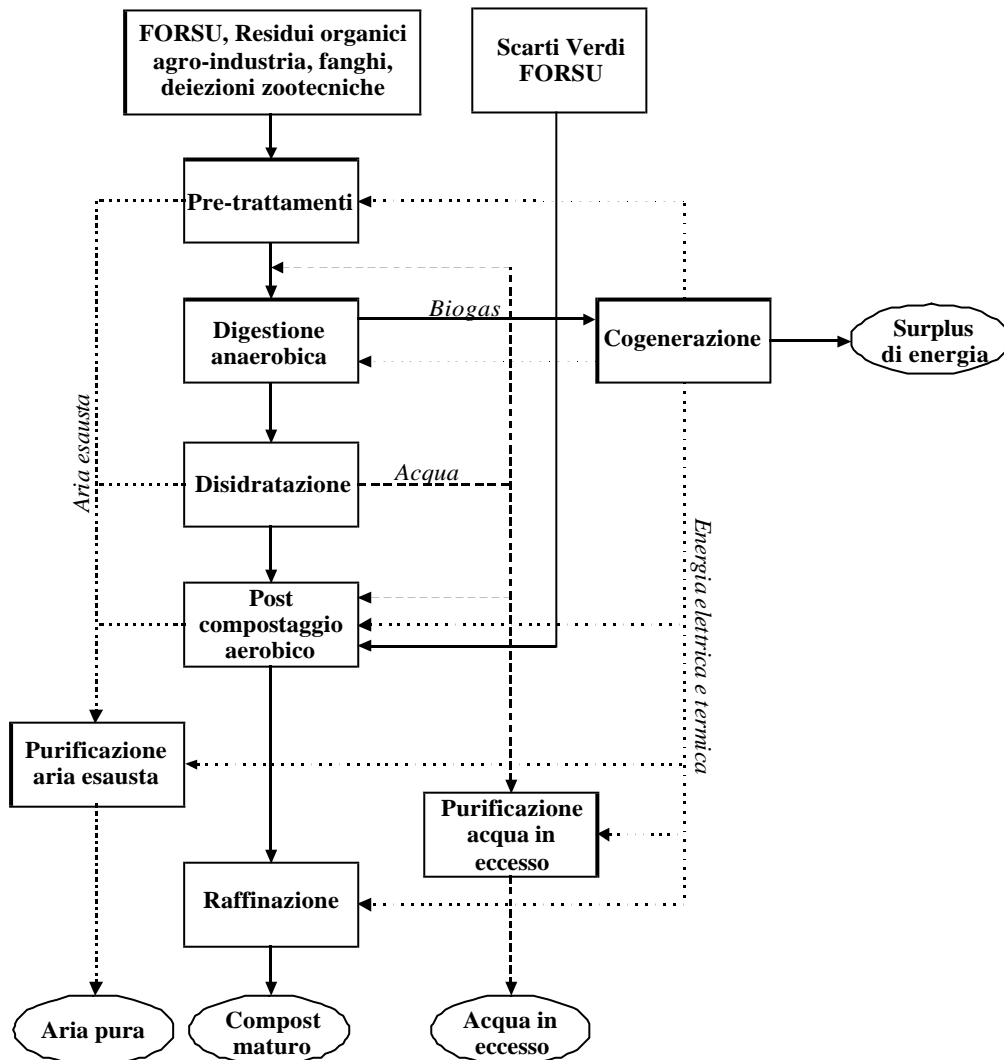


Figura 8 – Schema del ciclo di trattamento integrato anaerobico/aerobico.

L'inserimento della digestione anaerobica, secondo lo schema di *figura 8*, risulta interessante anche per tutti quegli impianti di compostaggio che, alla luce dell'incremento delle raccolte differenziate secco/umido e della disponibilità di scarti organici agroindustriali si trovano nella necessità di aumentare la loro capacità di trattamento. In tal caso occorre porre attenzione alla fase di pre-trattamento della FORSU, come già descritto nel paragrafo 1.2 sulla co-digestione.

Relativamente allo schema e bilancio di massa del sistema di trattamento integrato anaerobico/aerobico per il solo rifiuto organico da raccolta differenziata, in *figura 9* si riportano le elaborazioni a cura del gruppo di lavoro Citec 2004 [9].

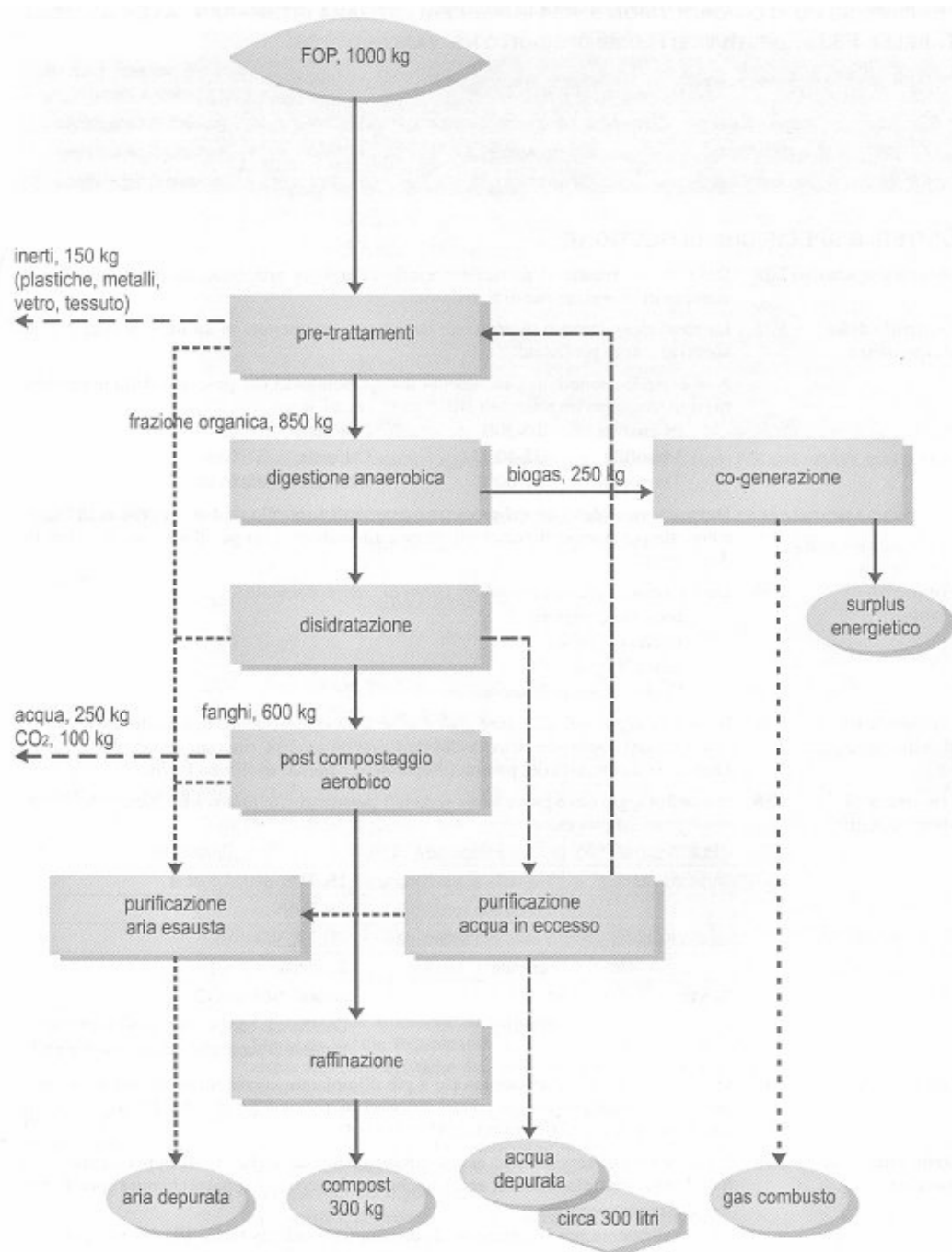


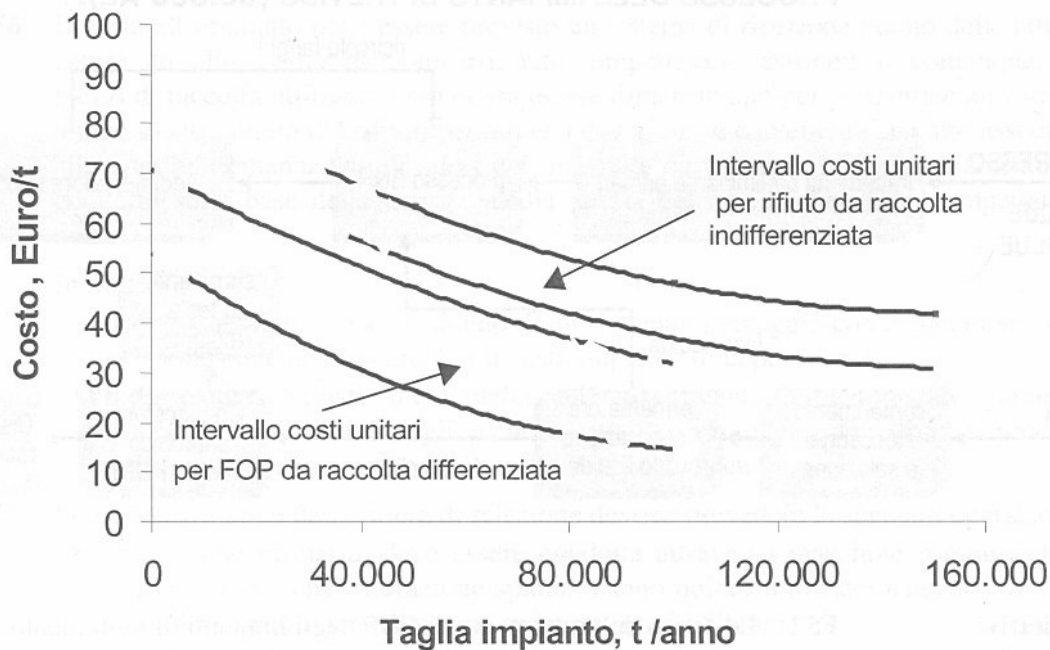
Figura 9 - Schema e bilancio di massa del sistema di trattamento integrato anaerobico/aerobico per il solo rifiuto organico da raccolta differenziata (Citec 2004).



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

Relativamente ai costi di investimento e di gestione del sistema integrato anaerobico/aerobico nella *figura 10* si riporta l'andamento del costo specifico di trattamento per tonnellata di rifiuto organico da raccolta differenziata e di rifiuto indifferenziato al variare della taglia dell'impianto (elaborazione Citec 2004)[9].

Andamento del costo specifico di trattamento per tonnellata di rifiuto organico da raccolta differenziata (FOP) e di rifiuto indifferenziato al variare della taglia dell'impianto (elaborazione Citec 2004).



NOTA: L'analisi dei costi qui rappresentata è determinata sulla base di una filiera di trattamento che prevede le seguenti sezioni: linea di pre-trattamento dei rifiuti conferiti, sezione di digestione anaerobica a fase unica, post trattamenti di disidratazione, stadio di post-compostaggio dei fanghi ispessiti effluenti dal digestore. Vengono inoltre considerate le seguenti voci di costo: costi di investimento (ammortamento in 12 anni al 4% di interesse); costi di gestione (personale, manutenzione impianto, consumi, smaltimento residui); recupero economico derivante dall'utilizzo del biogas prodotto (tariffa da 50 a 150 Euro/MWh); sia per rifiuto differenziato che indifferenziato, per diverse capacità di trattamento (da 10.000 fino a 150.000 t/anno). Non sono invece contemplati nel bilancio i costi di raccolta e trasporto dei rifiuti.



5. ESEMPI DI SISTEMI INTEGRATI ANAEROBICO/AEROBICO

Di seguito si riportano alcuni esempi di impianti che adottano la linea integrata anaerobico/aerobico nel trattamento della frazione organica dei rifiuti urbani raccolta in modo differenziato, in miscela o meno con altri scarti organici.

5.1 L'impianto di Camposampiero (PD) – SETA SpA

L'impianto è entrato in funzione nel corso del 2005, è gestito da Seta S.p.A (PD) [8] e rappresenta un chiaro esempio di sistema integrato anaerobico/aerobico.

Infatti, gli impianti che costituiscono il centro (depurazione biologica, codigestione anaerobica, cogenerazione e compostaggio aerobico) sono tra loro strettamente interconnessi al fine di sfruttare al massimo le sinergie gestionali e di processo rese disponibili delle moderne tecnologie utilizzate.

Complessivamente il centro potrà trattare:

- liquami civili e industriali per una capacità depurativa di 35.000 A.E. (ampliabile fino a 70.000 A.E.);
- fino a 16.000 t/a di frazione organica dei rifiuti solidi urbani (FORSU) e scarti vegetali(erba, ramaglie, ecc.);
- da 25.000 a 50.000 t/a di reflui zootecnici;
- da 12.500 a 25.000 t/a di fanghi dalla depurazione biologica;

e consentirà di produrre:

- acqua depurata riutilizzabile anche in irrigazione;
- energia elettrica e termica che andranno autoconsumate all'interno degli impianti o resi disponibili per utilizzatori esterni;
- da 10.000 a 15.000 t/a di compost di qualità;
- fino a 90.000 t/a di frazione liquida stabilizzata ricca di azoto e quindi riutilizzabile in fertirrigazione.

Tutte le lavorazioni potenzialmente causa di esalazioni moleste sono state previste all'interno di locali confinanti mantenuti in depressione da un sistema di aspirazione che invia l'aria a biofiltri in grado di rilasciarla in atmosfera "pulita".

Il centro è composto da 3 impianti, funzionalmente autonomi, ma connessi fra loro per gli scambi dei flussi:

- modulo di depurazione delle acque di fognatura e della frazione liquida;
- modulo di codigestione anaerobica degli scarti organici;
- modulo di compostaggio aerobico della frazione solida.

Il modulo di trattamento liquami urbani utilizza il classico processo biologico a fanghi attivi.



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

Nella figura 10 è riportato lo schema di flusso del centro di trattamento.

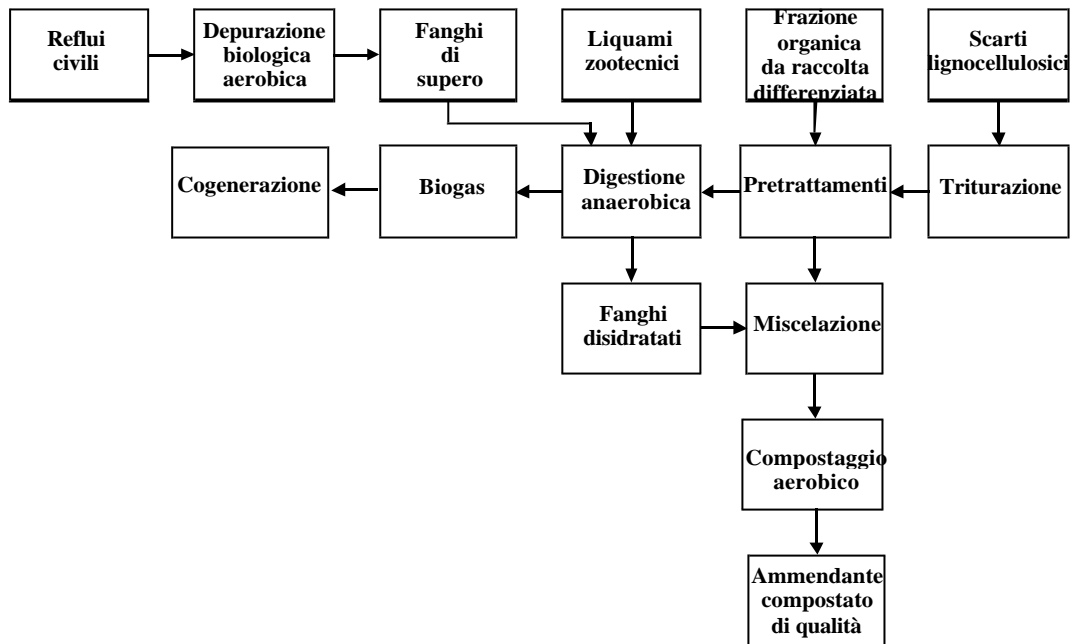


Figura 10 – Schema di flusso del Centro di Camposampiero (PD).

Il modulo di codigestione, realizzato dalla ditta tedesca Linde, prevede:

- la ricezione dei materiali e lo stoccaggio in ambienti totalmente isolati dall'esterno e mantenuti in depressione; il pretrattamento della FORSU con idropulper per rimuovere i materiali inerti indesiderati (plastiche, sassi, vetri...) prima della digestione anaerobica;
- la codigestione “a umido”, ovvero con concentrazioni di solidi totali dell'ordine del 8÷10% in un digestore CSTR, del volume totale di 3.300 m³ ed operante in termofilia (50-55°C); con una produzione stimata di 1.700.000 Nm³/anno di biogas, corrispondente a circa 3.300.000 kWh/anno di energia elettrica;
- la cogenerazione di energia elettrica e calore, con 2 motori con potenza elettrica di 500 kW ciascuno, che dovrebbe coprire circa il 70% del consumo interno di energia elettrica, e il 100% del fabbisogno di calore;
- la separazione solido/liquida: il fango digerito viene inviato ad una centrifuga. La frazione solida viene trasportata per mezzo di nastri trasportatori all'impianto di compostaggio; la frazione liquida viene riutilizzata in parte nella vasca di omogenizzazione e preparazione della miscela in alimentazione al digestore anaerobico. La parte della frazione liquida di supero viene avviata all'impianto di depurazione.

Il post-compostaggio aerobico della frazione solida unita a ramaglie è in fase di costruzione; attualmente viene utilizzato l'impianto di compostaggio già operativo presso la sede SETA di Vigonza (PD).



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

I flussi al compostaggio sono la somma delle 12.000 t/a di solido proveniente dalla codigestione e delle 6.000÷8.000 t/a di scarti verdi.

I costi

Relativamente ai costi di investimento è stato previsto in fase di progettazione un totale lavori a base d'asta di circa 20 milioni di Euro (di cui circa 5,5 per l'impianto di depurazione reflui civili, 6,4 per la co-digestione e 3 per il compostaggio) che sommato alle somme a disposizione porta ad un investimento globale di circa 22,7 milioni di Euro.

Per quanto riguarda i costi di gestione si prevedono circa 1,44 milioni €/anno (circa 0,41 milioni per la depurazione civile, circa 0,72 milioni per la co-digestione e circa 0,31 milioni per il compostaggio).

I ricavi stimati, sempre in fase progettuale, non tenendo in considerazione i possibili proventi derivanti dalla vendita del compost e dal conferimento dei reflui zootecnici, ammontano a circa 1,29 milioni di Euro.



Impianto centralizzato di Camposampiero (PD): digestore da 3300 m³ e gasometro



Impianto centralizzato di Camposampiero (PD): sulla destra il capannone che ospita la linea di pretrattamento della FORSU



5.2 L'impianto di Pinerolo (TO) – ACEA SpA

La realtà impiantistica del Polo Ecologico Integrato ACEA è costituita da tre diversi impianti di trattamento dei rifiuti (un impianto di trattamento meccanico e biologico con digestione anaerobica, un impianto di compostaggio ed una discarica) logicamente collegati tra loro oltre ad un impianto di trattamento acque reflue integrato ai precedenti.

L'impianto di trattamento meccanico e biologico nasce progettualmente nel corso del 1996, il progetto prevede la realizzazione di due linee di trattamento, una dedicata al trattamento del rifiuto secco ed una dedicata al trattamento del rifiuto umido. Il progetto segue l'iter classico di approvazione ai sensi del Dlgs 22/97 allora vigente e attraverso un processo autorizzativo, facente capo alla provincia di Torino, viene autorizzata la realizzazione dell'impianto (art. 27) ed il successivo esercizio (art.28) nel settembre del 1999 (DGP n°.184_139434/1999). L'impianto per la valorizzazione dei rifiuti differenziati "secco -umido" ubicato nel comune di Pinerolo è autorizzato per una potenzialità massima 55.000 t/anno. L'impianto è stato realizzato nel corso degli anni 2001-2002 ed è attivo dal 2003.

Descrizione impianto

L'impianto nasce per trattare distinti flussi di rifiuti in ingresso: rifiuti "secchi" (costituiti da rifiuti speciali assimilabili), rifiuti "umidi" proveniente da raccolte dedicate e rifiuti misti da raccolta stradale condotta con sacchetti di colore diverso in ragione della frazione umida (sacco verde) e secca (sacco "grigio"). In particolare, allo stato attuale, il sistema tratta due frazioni di rifiuto genericamente distinte: una frazione umida ed una secca.

La linea umido è stata destinata, a partire da luglio 2005, al trattamento delle frazioni provenienti da raccolta dell'organico separate alla fonte.

Ad oggi (giugno 2006) si hanno due digestori (Volume totale di 2750 m³ ciascuno) in funzione alimentati con rifiuti provenienti con organico da raccolte differenziate interne ed esterne al bacino servito e si continua a trattare una quota parte di rifiuto tal quale dalla raccolta stradale ACEA per la sola produzione di CDR additivato da una quota di rifiuti speciali ex assimilabili.

Descrizione processo adottato per la linea umido

A seguito di un controllo preventivo d'entrata, i camion di conferimento dell'organico vengono pesati su apposita bilancia a ponte che provvede alla relativa registrazione automatica del peso. Successivamente il camion entra nel capannone di conferimento dove scarica il rifiuto nella tramoggia di alimentazione, dotata di un fondo con pavimento mobile che alimenta e dosa il materiale alla linea di trattamento. Il processo prevede un pretrattamento di natura meccanica (triturazione primaria/rompisacchi), vagliatura con vaglio a dischi e deferrizzazione seguita da un secondo trituratore atto a garantire una corretta pezzatura del materiale in carico al processo di biodigestione.

Il processo di trattamento anaerobico si avvia dai serbatoi di miscelazione (mix separator) dove avviene la diluizione del materiale in acqua ed il preriscaldamento dello stesso prima che venga trasferito al biodigestore (TS = 12% e T >=55°C).



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

La metanizzazione avviene ad una temperatura di circa 55°C con un tempo di permanenza nel digestore di 14 giorni. Il processo prevede la costante movimentazione della biomassa tramite l'estrazione dal reattore, una agitazione meccanica centrale ed una agitazione con insufflazione di biogas ricircolato.

Il biogas prodotto dalle reazioni biochimiche fuoriesce per sovrappressione dal reattore e viene convogliato in un gasometro (3.300 m³ di capacità). Da qui, mediante una stazione di compressione, il gas viene avviato a due motori a gas per la cogenerazione (potenza elettrica di 1.100 e 950 kW) previo abbattimento di H₂S. Dal sistema di raffreddamento dei motori (circuito ad olio diatermico presente sui fumi) è avviata la produzione di vapore surriscaldato impiegato nel mix separator per preparare la miscela e garantire il mantenimento della temperatura ottimale per la fermentazione.

Il processo è gestito da un sistema di automazione e dal relativo programma di supervisione che serve da interfaccia uomo. Gli operatori impostano una "ricetta" in ragione delle caratteristiche del carico (quantità e percentuale di solidi presenti nel rifiuto) ed il sistema corregge le quantità di acqua e calore per garantire la temperatura e la corretta densità del materiale attraverso gli strumenti di misura presenti in campo. Il rifiuto organico digerito anaerobicamente, è disidratato mediante nastropresse e successivamente conferito all'adiacente impianto di compostaggio. L'acqua di disidratazione è in parte (ad oggi il 20% circa) ricircolata la restante parte avviata al depuratore vicino. Il fango viene miscelato con materiale ligneo-cellulosico e la miscela viene condotta in maturazione accelerata per il processo di maturazione in via aerobica. Questo processo, durante il quale il materiale è costantemente sottoposto ad insufflazione d'aria, ha una durata di ventotto giorni. L'aria esausta aspirata dai biotunnel è convogliata ad un biofiltro per l'abbattimento degli effluenti odoriferi. Trascorsi i ventotto giorni della maturazione accelerata, il materiale viene trasferito in aia coperta per la maturazione lenta (60-65 giorni circa), successivamente vagliato per la commercializzazione come compost di qualità.

Materie prime conferite

L'attuale autorizzazione non prevede vincoli quantitativi per flusso. L'impianto attualmente opera principalmente sull'organico domestico da raccolta differenziata (>90% del flusso in ingresso) composto da:

- Organico domestico
- Mercatale
- Derrate scadute
- Agroalimentare

Nel corso del 2005 l'impianto ha trattato in totale 28.000 t dei quattro materiali di cui sopra.

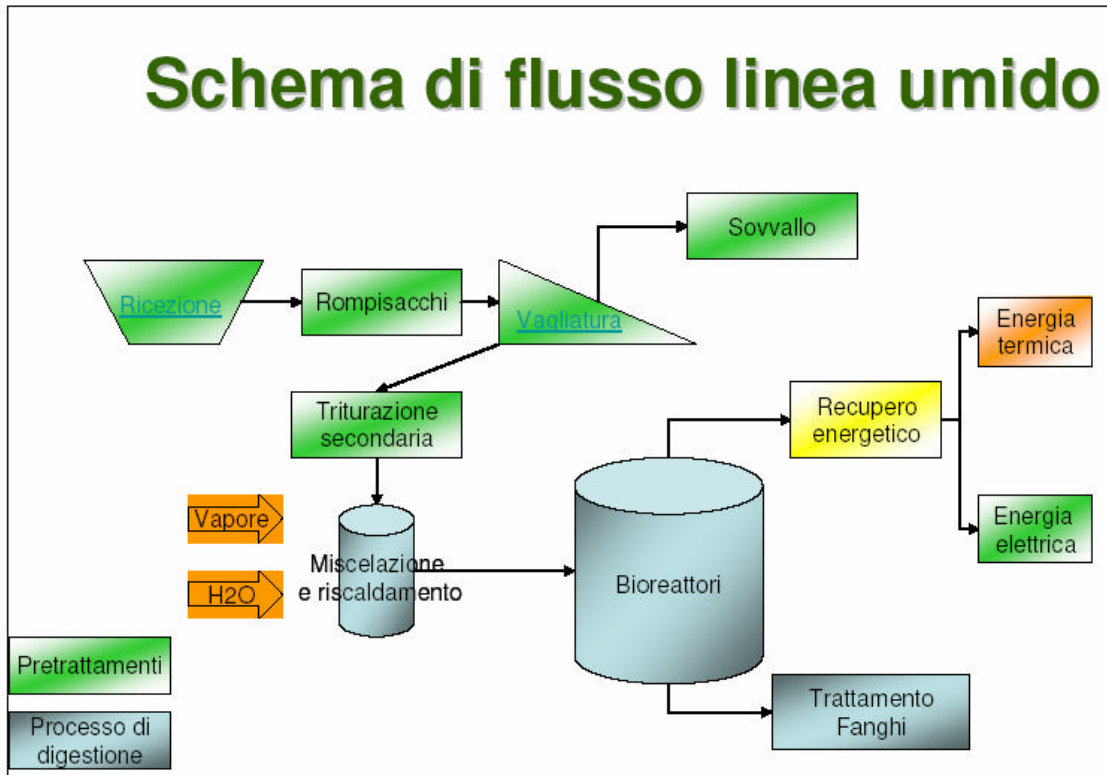


Figura 11 - Schema di flusso trattamento linea umido



Impianto di Pinerolo (TO): due cogeneratori da 1100 e 950 kWe



Impianto di Pinerolo (TO): due digestori da 2750 m³ ciascuno



5.3 L'impianto di Marsciano (PG) – SIA SpA

L'impianto consortile di digestione anaerobica di Marsciano (PG) è stato costruito nel 1987 ed è entrato in piena attività nel 1988. L'impianto è di proprietà del Comune di Marsciano e dal 1994 è gestito dalla S.I.A. S.p.A., una società pubblico/privata che si occupa dei servizi di igiene pubblica nell'area circostante all'impianto. L'impianto è nato per consentire il recupero di energia e fertilizzanti dagli effluenti degli allevamenti zootecnici, con la contemporanea soluzione dei problemi legati all'elevato impatto ambientale degli stessi

L'impianto riceve deiezioni suine, bovine e avicole da circa 80 aziende (aderenti alla Cooperativa Ecologica Allevatori Marsciano-C.E.A.M.). Il liquame zootecnico è trasportato all'impianto prevalentemente (circa l'80% del volume conferito) mediante una rete di circa 50 km di condotte sotterranee. L'impianto tratta anche reflui provenienti dalle aziende di produzione dell'olio d'oliva e da macelli e fanghi di depurazione civile

Nel 2004 l'impianto ha trattato circa 155.000 m³ di liquame suino, 3700 t di pollina (al 60% di sostanza secca) , 2700 m³ di fanghi civili, e circa 70 m³ di sangue (aumentati a circa 1500 m³/anno nel 2005).

L'IMPIANTO È COSTITUITO DA:

- una vasca di ricezione del refluo sia animale sia di altra natura organica;
- una unità di pastorizzazione (70°C per 1 ora) per i sottoprodotti animali ai sensi del Reg. CE 1774/02;
- due reattori anaerobici primari;
- un reattore secondario, con funzioni anche di gasometro;
- una sezione per la disidratazione del digestato;
- due lagune per lo stoccaggio dell'effluente chiarificato proveniente dalla sezione disidratazione;
- una sezione per il compostaggio della frazione solida del digestato, in miscela con lettiera avicola;
- una sezione per il trattamento e l'utilizzo del biogas, costituita da un sistema di purificazione, una stazione di cogenerazione, una sezione per l'essiccamento del tabacco e delle granelle di mais e una torcia.

Gli effluenti animali e gli scarti organici sono raccolti in una vasca di pre-stoccaggio. In questa vasca il liquame è mescolato per assicurare completa omogeneità e per evitare la sedimentazione di solidi sul fondo. Il liquame da qui viene inviato direttamente ai digestori anaerobici

La biomassa è digerita in un processo a due stadi; i due reattori primari sono completamente miscelati e hanno un volume di 6000 m³ ognuno mentre il reattore secondario funge sia da sedimentatore che da gasometro e ha un volume di 2000 m³. I reattori primari sono riscaldati per mezzo di scambiatori di calore a parete, sono termicamente isolati da una copertura di



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

resina poliuretanica e miscelati per mezzo di un sistema di insufflazione di gas pressurizzato. La temperatura di digestione è di circa 35°C. Il digestore secondario, non riscaldato, prevede anche il ricircolo al reattore primario del fango sedimentato sul fondo, ricco di biomassa attiva. L'impianto è costituito anche da una sezione di purificazione del gas in cui si attua una desolfurazione; la rimozione di H₂S è realizzata per mezzo di sodio ipoclorito in una torre di lavaggio.

L'impianto è dotato di 2 moduli cogenerativi: complessivamente la potenza elettrica installata è di 825 kW. L'energia elettrica prodotta copre il fabbisogno dell'impianto e le eccedenze sono cedute alla rete elettrica nazionale, in regime Cip.6.

L'energia termica è impiegata per riscaldare i digestori primari e la palazzina degli uffici situata nell'area dell'impianto.

La produzione di biogas nel 2004 ammontava a circa 6700 m³/giorno, per una produzione totale annuale di circa 2.430.000 m³. La produzione annuale totale di energia elettrica nel 2004 è stata di circa 4.500.000 kWh .

Il biogas prodotto può essere utilizzato anche per alimentare le fornaci a gas per l'essiccamento del tabacco e delle granelle di mais.

Il digestato in uscita dal di gestore secondario (sia il fango ispessito di fondo che il surnatante) è disidratato mediante una nastropressa (il fango ispessito) e una centrifuga (il surnatante).

L'effluente chiarificato dalla disidratazione viene stoccato in due lagune impermeabilizzate del volume totale di circa 100.000 m³; successivamente viene avviato all'utilizzo fertiliriguo mediante tubazioni interrato nell'area agricola circostante l'impianto.

La frazione solida disidratata viene avviata ad una successiva stabilizzazione e valorizzazione in un impianto di compostaggio in miscela con lettiera avicola proveniente da allevamenti a terra di tacchini. Il compost prodotto viene commercializzato come ammendante compostato misto ai sensi del Dlgs 217/06 .



Impianto di Marsciano (PG)



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica



Impianto di Marsciano (PG): 2 digestori primari da 6000 m³ ciascuno



Impianto di Marsciano (PG): Il compostaggio della frazione solida del digestato



5.4 L'impianto di Ieper, Belgio

Un caso molto interessante e già operativo dal luglio 2003, in cui si integrano digestione anaerobica e compostaggio, è quello costituito dall'impianto realizzato dalla società tedesca BTA a Ieper, in Belgio, che tratta oltre 55.000 t/anno di frazione organica da raccolta differenziata di rifiuti solidi urbani (FORSU) [12].

L'impianto, oltre a produrre l'energia, sia termica che elettrica, sufficiente per le proprie esigenze, è in grado di distribuire oltre il 50% dell'energia elettrica prodotta alla rete, rifornendo di elettricità "verde" oltre 2000 abitazioni. Grazie all'integrazione con l'impianto di compostaggio, la struttura di Ieper è anche in grado di produrre quasi 19,000 t/anno di compost di qualità. Esso opera attraverso numerose sezioni:

- ricevimento rifiuto
- pre-trattamento /condizionamento meccanico
- digestione anaerobica del rifiuto organico pre-trattato
- disidratazione della frazione solida
- compostaggio/stoccaggio del prodotto finale
- utilizzo del biogas e dell'energia prodotta
- trattamento acque reflue
- trattamento aria esausta/controllo odori

Ricevimento rifiuto + pre-trattamento/condizionamento meccanico

Il rifiuto organico raccolto dalle varie utenze e il rifiuto verde, raccolti nell'unità di ricevimento, vengono trattati mediante appositi macchinari dotati di sistemi di apertura sacchetti, mescolati e alimentati ad un vaglio a tamburo (fori aventi $\varnothing = 15$ cm) al fine di separare soprattutto quelle frazioni fibrose e cellulose che non si desidera siano presenti durante la digestione vera e propria. A seguito della vagliatura il rifiuto in ingresso viene quindi suddiviso in due frazioni; il sovrappeso (che costituisce circa il 10% in media del totale), principalmente costituito dal materiale grossolano indesiderato proveniente dal rifiuto verde, viene inviato direttamente all'unità di compostaggio mentre il materiale sottostante il vaglio, carico di sostanza organica, viene inviato alla fermentazione anaerobica. Quest'ultima frazione attraverso trasportatori a coclea viene inviata a due idropulper (aventi volume di oltre 28 m³) in cui viene mescolata con acqua di processo e portata sotto continua ed energica agitazione fino al contenuto di sostanza secca desiderato (che è generalmente tra 8 e 10%). Il materiale galleggiante costituito da plastiche, tessili o legno (frazione leggera) viene rimosso dalla sospensione e disidratato mediante pressa idraulica; vetri, metalli, pietre, batterie, ossa o altri contaminanti pesanti (denominati frazione pesante 1) vengono invece rimossi mediante apposita trappola. Il fondo dell'Idropulper è equipaggiato con un vaglio (fori aventi $\varnothing = 1$ cm) in modo tale che la sospensione organica del rifiuto che viene pompata fuori contenga solo contaminanti leggeri (quali sabbia, ghiaietto fine, piccole particelle di vetro o metallo etc.). A seguito di questo trattamento, la sospensione viene ulteriormente inviata ad un sistema di rimozione costituito da



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

un idrociclone grazie al quale si effettua la separazione di una seconda frazione di contaminanti (denominata frazione pesante 2), che trascina con se solo una minima parte di frazione organica digeribile. La frazione leggera disidratata a seguito del primo trattamento in Idropulper viene ulteriormente stabilizzata e disidratata in due box dedicati completamente chiusi per un periodo di circa 30 giorni, quindi subisce una nuova setacciatura mediante vaglio a tamburo; la parte sottostante il vaglio viene ri-inviata al trattamento meccanico, mentre quella sovrastante ha un alto potere calorifico e viene utilizzata come combustibile o inviata a smaltimento (destino che, attualmente, è seguito anche dalle frazioni pesanti 1 e 2).

Digestione anaerobica del rifiuto organico pre-trattato e disidratazione della frazione solida

La sospensione di rifiuto organico, libera da contaminanti, viene pompata ai due digestori (aventi altezza di 15 m e volume utile di circa 2500 m³) che possono operare sia in serie (caso in cui idrolisi e metanizzazione avvengono in luoghi separati) sia in parallelo (in cui in entrambi i digestori avvengono contemporaneamente tutte le reazioni che caratterizzano il processo biochimico). La massa all'interno dei due digestori viene continuamente rimescolata mediante una sistema di lance poste sul fondo che iniettano parte del biogas generato; il tempo di ritenzione idraulico è generalmente compreso tra 12 e 15 giorni a seconda della quantità e delle caratteristiche del rifiuto totale in ingresso mentre le rese in biogas variano tra 70 110 m³/t rifiuto. Le condizioni di mesofilia vengono mantenute grazie ad un sistema di scambiatori di calore esterni ai reattori, alimentati con l'acqua calda proveniente dai cogeneratori. Il digestato ottenuto al termine del processo viene inviato all'unità di disidratazione con flocculante; il filtrato ottenuto è riutilizzato come acqua di processo (ad esempio, negli Idropulper) oppure inviato al trattamento acque reflue mentre il digestato disidratato, avente contenuto di sostanza secca compreso tra 22 e 35%, è scaricato in un nastro trasportatore. In questa fase si esegue anche un trattamento del sovrallo proveniente della prima vagliatura, effettuata nell'unità di ricevimento rifiuto, che consiste in una macinazione e separazione delle componenti ferrose; il materiale così ottenuto viene quindi ulteriormente trattato mediante un apposito sistema termo-meccanico ("Retruder"). Il materiale viene quindi riunito nel nastro trasportatore al digestato disidratato, formando un'unica massa con idonee caratteristiche di porosità che costituisce il materiale da inviare allo step vero e proprio di trattamento aerobico di compostaggio.

Compostaggio/stoccaggio del prodotto finale

L'unità di compostaggio è costituita da sette tunnel costruiti in un edificio completamente chiuso e operanti con sistema "batch", dotati di canali di aerazione utili, da un lato, a distribuire l'aria attraverso l'intera lunghezza dei tunnel, dall'altro a separare eventuale percolato formatosi (che, grazie ad un sistema "a sifone", viene raccolto e inviato ad una vasca contenente le acque di processo). Il tetto dei tunnel, costituito da una struttura in acciaio e una copertura a membrana semipermeabile, contribuisce a creare l'atmosfera ideale per l'attività dei microrganismi aerobi, mantenendo il giusto livello di umidità e facendo da barriera alla fuoriuscita degli odori. Il ciclo di compostaggio dura 2-3 settimane). Dopo questo primo step, il materiale è inviato alla maturazione, in un apposito edificio suddiviso in otto aree



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

adeguatamente aerate, da cui, dopo circa 6 settimane, il compost viene inviato ad una vagliatura finale con vaglio a tamburo e allo stoccaggio.

Utilizzo del biogas e dell'energia prodotta

Tra i prodotti finali dell'intero processo, il biogas, è utilizzato come gas di ricircolo per la miscelazione nei reattori, ed è inviato all'unità di co-generazione di elettricità e calore. Tale unità è realizzata in modo da adattarsi alle fluttuazioni stagionali del rifiuto in ingresso all'impianto ed è costituita da quattro motori ognuno con potenza elettrica di 300 kW, in grado di operare sia in parallelo che a isola. Complessivamente, circa 4 milioni di m³ di biogas vengono prodotti annualmente e il contenuto medio di CH₄ è di circa il 65% (v/v).

Trattamento acque reflue e trattamento aria esausta/controllo odori

I reflui prodotti durante le varie fasi del processo integrato anaerobico-aerobico vengono trattati con un sistema che combina un trattamento meccanico-biologico (costituito da vagliatura fine, aerazione forzata su reattore a letto fisso, separazione per gravità dei solidi sospesi) con un sistema di evaporazione-condensazione (VECS). Parte dell'effluente proveniente sia dall'uno che dall'altro step viene scaricato e parte viene usato per operazioni di risciacquo in altre sezioni dell'impianto, mentre la frazione solida residua dal trattamento VECS (circa al 30% di ST) deve essere smaltita. L'aria esausta viene raccolta da appositi sistemi posizionati nelle varie sezioni dell'impianto e inviata dapprima ad un abbattimento degli inquinanti mediante scrubber quindi ad un biofiltro, in modo da mantenere sotto controllo gli odori sviluppatasi durante il processo.





Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica



**Impianto di Ieper: 2 digestori da 2500 m³
ciascuno**

Impianto di Ieper: 2 idropulper



5.5 L'impianto di „Braunschweig-Watenbüttel“, Germania

L'impianto della Braunschweiger Kompost GmbH situato a Braunschweig-Watenbüttel (Germania) è stato costruito dalla Bühler GmbH Germany nel 1997 e tratta circa 20.000 t/anno di rifiuti organici (*figura 12*) [13].

I rifiuti organici raccolti in modo differenziato sono sottoposti ad un processo anaerobico termofilo. Durante la prima fase del processo si separano le impurità dalla biomassa e quest'ultima viene ridotta in piccoli pezzi per aumentare la superficie specifica e rendere così più agevole la digestione. Attraverso un miscelatore si aggiunge acqua (il refluo chiarificato derivante dalla disidratazione del digerito) quanto basta per ottimizzare il substrato in funzione della digestione e dopo questo pretrattamento la biomassa entra nel reattore.

Il substrato passa attraverso uno scambiatore di calore, dove viene riscaldato ad una temperatura costante di 55°C, e pompato poi nel reattore. Il materiale digerito viene riportato all'interno del digestore attraverso un sistema interno di ricircolo fungendo così come una sorta di "materiale di inoculazione".

Il reattore anaerobico è un digestore orizzontale della KOMPO-GAS. Come conseguenza si innesta un flusso, tipico dei processi semi-continui, con una sosta costante del digerito, necessaria per prevenire eventuali flussi di corto circuito. È garantita una totale igienizzazione della biomasse in uscita assicurata dal processo termofilo. Si producono 80 – 140 m³ di biogas con circa il 60 % di metano per tonnellata di biomassa. Il biogas è utilizzato previa deumidificazione, in alimentazione a cogeneratori alloggiati in container vicini all'impianto di trattamento.

Il tempo di ritenzione del materiale organico all'interno del reattore è all'incirca pari a 20-22 giorni, in funzione della capacità volumetrica del digestore e delle variazioni stagionali dei quantitativi di rifiuto in arrivo all'impianto.

Il residuo digerito (25 – 30 m³/d) viene sottoposto a disidratazione sino ad ottenere un secco del 35% circa, quindi viene avviato ad un processo di compostaggio aerobico in cumulo rivoltato sotto capannone per altri circa 10 giorni. L'aria esausta dalle varie fasi di trattamento è trattata tramite biofiltro.

Parametri di processo e bilanci

L'input giornaliero di rifiuti organici varia tra 25 – 55 t (con contenuto in acqua compreso tra 50% - 70%) e 15 - 30 t di acqua derivante dalla disidratazione del digerito. All'uscita del digestore il contenuto di acqua raggiunge l'80%.

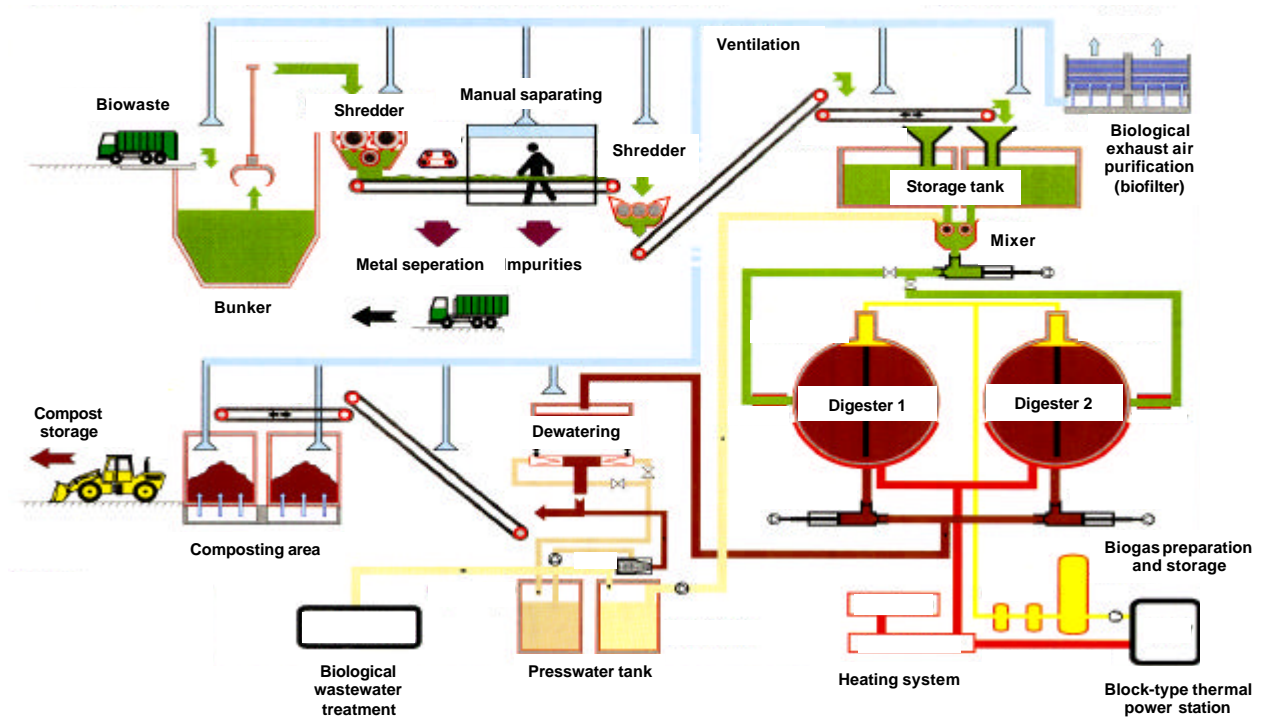


fig. 6: Digestion plant „Braunschweig-Watenbüttel“ –Flow chart [KOGAS GmbH]

Figura 12 – Schema di flusso dell’impianto di Braunschweig (Germania).

Parametro	Valore
Capacità	20.000 t/a
Pre-trattamento	tempo di ritenzione ~ 3 d
Digestore	tempo di ritenzione ~ 20 d, T = 55°C
Postcompostaggio aerobico	tempo di ritenzione ~ 10 d
Residuo	25 – 30 m ³ /d
Gas prodotto	5.000 m ³ /d
Energia prodotta	30.000 kWh/d
Potenza installata	~ 710 kW

Tabella 2: Parametri di processo dell’impianto di digestione "Braunschweig-Watenbüttel" (Il bilancio del flusso di massa è basato sul periodo 11/98 - 12/98).

L’entità della degradazione del materiale organico varia fortemente in funzione della composizione della biomassa in ingresso ed è compresa tra il 34% e il 91%. Il tenore in solidi volatili si riduce di una percentuale compresa tra il 47% - 52%.

Il pH nel digestore varia tra 7 e 8,2 e si stabilizza nel corso della fermentazione. Nel miscelatore (biomassa-acqua di disidratazione) si misurano valori anche inferiori a 4,5.



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

Nel periodo 19.11.1998 - 22.12.1998 è stato calcolato, su di un ingresso totale di 1407 t di biomassa, il bilancio energetico dell'impianto di „Braunschweig-Watenbüttel“. Durante questo periodo sono stati prodotti circa 132.500 Nm³ di biogas equivalenti all'incirca a 715.000 kWh. Circa il 60 % dell'energia (430.000 kWh) era termica, il 30% (215.000 kWh) è stata trasformata tramite i generatori in elettricità, ed il restante 10% (70.000 kWh) è stato perso.

Per il funzionamento del digestore sono stati utilizzati 75.000 kWh di elettricità e 120.000 kWh di energia termica. La rimanente elettricità (140.000 kWh) è stata immessa nella rete elettrica locale, mentre il calore residuo prodotto (310.000 kWh) è stato dissipato senza nessun riutilizzo.

I costi

L'impianto è costato, come investimento, circa 10,3 milioni di Euro. I costi di esercizio ammontano a circa 26-31 Euro per tonnellata di rifiuto trattato.

6. AZIONI DI SVILUPPO

Dalla possibilità di trasformare le biomasse e i rifiuti organici in energia e in fertilizzanti, contribuendo a ridurre l'inquinamento, deriva l'utilità anche in Italia di:

- favorire la realizzazione di impianti di biogas negli allevamenti zootecnici; particolarmente interessante è l'utilizzo del biogas per cogenerare energia elettrica ed energia termica. Interessante è anche la possibilità di digerire, assieme ai liquami zootecnici, le colture energetiche (in particolare mais e sorgo zuccherino) e i residui colturali, aumentando la resa energetica degli impianti;
- potenziare e razionalizzare i digestori anaerobici dei fanghi derivanti dalla depurazione di acque reflue civili (presenti in tutti i grandi impianti di depurazione urbani), favorendo la co-digestione anche di liquami zootecnici e scarti organici agroindustriali; auspicabile è anche la realizzazione in coda alla digestione anaerobica di impianti di compostaggio per una miglior stabilizzazione dei fanghi;
- attivare, viste le sollecitazioni che vengono dalla necessità di gestire crescenti quantità di frazioni organiche derivanti dalla raccolta differenziata dei rifiuti urbani, progetti dimostrativi di co-digestione anaerobica di queste biomasse assieme ai liquami zootecnici e ai fanghi di depurazione;
- avviare, visto il crescente problema della collocazione degli scarti di macellazione e gli indirizzi contenuti nel Regolamento Comunitario recante norme sanitarie relative ai sottoprodotti di origine animale non destinati al consumo umano (Regolamento CE n. 1774/2002), la co-digestione di liquami zootecnici, scarti di macellazione adeguatamente pretrattati ed altre biomasse;
- favorire l'integrazione dei processi anaerobici ed aerobici nel trattamento delle biomasse e dei rifiuti organici sia nella costruzione di nuovi impianti che nel potenziamento di impianti già esistenti, quali, ad esempio, gli oltre 100 impianti di compostaggio di media e grossa



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

taglia già operanti in pianura padana nelle vicinanze dei siti di produzione di scarti organici agroindustriali e di effluenti zootecnici;

- favorire l'utilizzo del biogas, dopo purificazione a metano al 95% (l'anidride carbonica recuperata è a sua volta un gas tecnico richiesto dal mercato), per autotrazione e immissione nella rete di distribuzione del metano; ciò dovrebbe essere incentivato in particolare nelle regioni padane dove la rete dei metanodotti è capillarmente diffusa ed è già esteso l'uso del metano per autotrazione.

7. CONCLUSIONI

Nel corso degli ultimi dieci anni la digestione anaerobica si è diffusa in molti paesi europei, tra cui anche l'Italia. Questi impianti vengono realizzati non solo allo scopo di recuperare energia rinnovabile, il biogas, ma anche di controllare le emissioni maleodoranti e di stabilizzare le biomasse prima del loro utilizzo agronomico. In Italia la normativa sugli incentivi alla autoproduzione di energia elettrica da fonti rinnovabili (Certificati Verdi) potrebbe tradursi in un rinnovato interesse verso gli impianti di biogas.

Anche il processo di evoluzione nella politica ambientale, che riguarda anche il settore della valorizzazione energetica delle biomasse, attivatosi a seguito della Conferenza di Kyoto sulla riduzione dell'inquinamento atmosferico da gas serra (di cui il metano è uno dei principali), può accentuare l'attenzione sul recupero del biogas, come pure il recente Regolamento CE n.1774/2002 sui sottoprodotti di origine animale, che individua la digestione anaerobica e il compostaggio come i due processi biologici che ne consentono il riciclo come fertilizzanti, e la nuova politica agricola comunitaria, che incentiva le colture energetiche.

Ne deriva l'utilità di potenziare e di razionalizzare i sistemi che sfruttano processi di co-digestione anaerobica di biomasse di varia natura (fanghi di depurazione, biomasse di origine zootecnica e agroindustriale e frazioni organiche derivanti da raccolte differenziate secco/umido dei rifiuti urbani), come, ad esempio, incomincia a succedere negli impianti centralizzati operativi nel nostro Paese.

Si ritiene che il mondo agricolo possa essere interessato alle opportunità che il coincidere di problematiche, quali l'effetto serra, la valorizzazione degli scarti organici, la richiesta di un maggior contributo di energie rinnovabili, sta facendo emergere. In particolare, il settore zootecnico, può rappresentare la forza motrice per lo sviluppo su larga scala della digestione anaerobica, come già sta avvenendo in Germania, Danimarca, Svezia e Austria. Gli incentivi in tal senso, sono molti: un miglioramento della "sostenibilità ambientale" degli allevamenti, una integrazione di reddito "dall'energia verde", una riduzione dei problemi ambientali legati alle emissioni in atmosfera e agli odori, una migliore utilizzazione agronomica degli elementi fertilizzanti presenti nei liquami.

Infine, anche alla luce del fatto che l'attenzione verso i trattamenti dei rifiuti a bassa emissione di gas serra è un fattore che assumerà sempre più importanza in futuro, si ritiene che l'integrazione dei processi anaerobici ed aerobici nel trattamento dei rifiuti organici, dovrà essere sempre più presa in considerazione, sia nella costruzione di nuovi impianti che nel potenziamento di impianti già esistenti.



8. BIBLIOGRAFIA

- [1] Tilche A., Malaspina F. (1998) – “Biogas production in Europe: an overview”, Atti del 10° European Conference “Biomass for energy and industry”, Würzburg, Germania, 8-11 Giugno 1998.
- [2] Observ'ER, 2006. Le baromètre du biogas. - Systèmes solaires, n. 173, Maggio 2006.
- [3] Buekens A.(2005) – Energy recovery from residual waste by means of anaerobic digestion technologies – Atti della Conferenza “The future of residual waste management in Europe”, 2005.
- [4] Six W. (2006) – Status and trends of anaerobic digestion in Europe – Atti della ISWA Beacon Conference on Biological Treatment, Perugia, 10-12 maggio, 2006.
- [5] Wellinger A. (2002) – Biowaste digesters in Europe – Atti del Convegno Biogas International 2002, 17 Gennaio 2002, JCC und Messe, Berlino.
- [6] Piccinini S. (2000) – Interessanti prospettive per il biogas da liquami zootecnici – L'Informatore Agrario, n. 13.
- [7] Gerli A., Merzagora W. (2000) – L'evoluzione della situazione italiana nel campo della valorizzazione energetica della frazione organica di rifiuti solidi urbani- relazione presentata al Convegno “Produzione ed utilizzo di biogas, recupero di energia e razionalizzazione del ciclo di trattamento rifiuti”, organizzato da Itabia nell'ambito della fiera Sep-Pollution 2000, Padova, 31/03/2000.
- [8] Bacchin M. (2000) – Il processo di fermentazione anaerobica delle frazioni organiche nel contesto del recupero dei rifiuti nel consorzio di Padova Uno - relazione presentata al Convegno “Produzione ed utilizzo di biogas, recupero di energia e razionalizzazione del ciclo di trattamento rifiuti”, organizzato da Itabia nell'ambito della fiera Sep-Pollution 2000, Padova, 31/03/2000.
- [9] A cura Gruppo di lavoro CITEC (2004) - Linee guida per la progettazione, realizzazione e gestione degli impianti a tecnologia complessa per lo smaltimento dei rifiuti urbani – Sep Pollution, Padova Fiere, marzo 2004.
- [10] Piccinini S., Chierici F. (2002) – Sistemi integrati anaerobici/aerobici di trattamento dei rifiuti organici ed altre biomasse – in “Il compostaggio in Italia” a cura di S. Piccinini, Marzo 2002, Maggioli editore.
- [11] Kubler H, Rumphorst M. (1999) – Evaluation of processes for treatment of biowaste under the aspects of energy balance and CO₂ emission– Atti del II International Symposium on Anaerobic Digestion of solid waste, Barcellona, 15-17 June 1999.
- [12] Blischke J. (2004) – Combining anaerobic digestion with enclosed tunnel composting – Biocycle, April 2004.
- [13] Kranert M, Hillebrecht K. (2000) – Anaerobic digestion of organic waste, process parameters and balances in practice – Internet Conference on Material Flow Analysis of Integrated Bio-Systems, Marzo-Ottobre 2000, www.ias.unu.edu/proceedings/icibs/ic-mfa.



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

9. DITTE PROPONENTI SISTEMI DI DIGESTIONE ANAEROBICA

Nella scheda che segue sono riportate le principali ditte operative nel settore della digestione anaerobica in Europa e in Italia (in ordine alfabetico).

<p><i>AB ENERGY srl</i></p> <p>Via G. D'Annunzio 16, 25034 Orzinuovi (BS) Tel. 0309444210 - Fax 0309444209 www.gruppoab.it</p>
<p><i>ARCADIS Heidemij Realistate bv</i></p> <p>PO Box 139, NL6800 Arnhem, The Netherlands Tel. +31(416)344044 - Fax +31(416)672300 www.arcadis.nl</p>
<p><i>BEKON Energy Technologies GmbH & Co. KG</i></p> <p>FeringasträÙe 9, 85774 Unterföhringn, Germany Tel: +49(89)9077959-0 – Fax +49(89)9077959-29 www.bekon-energy.de</p>
<p><i>BIOGAS ENERGIA</i></p> <p>Via Prima strada 2, Interporto S.I.T.O., 10043 Orbassano (TO) Tel 0113273080 - Fax 0113975750 www.biogasenergia.it</p>
<p><i>BIOGAS ITALIA</i></p> <p>Via Verdi 18, 39031 Brunico (BZ) Tel. 340715440 - Fax 0474552729</p>
<p><i>BIOTEC SISTEMI (BTA-Germania)</i></p> <p>Via Privata Galla 10, 16010 Serra Riccò (GE) Tel. 0107261209 - Fax 010751267 www.biotecsistemi.it</p>
<p><i>BLUENERGY CONTROL</i></p> <p>Via A. Mario 7, 36100 Vicenza Tel. 0444963874 - Fax 0444963876 www.bluenergycontrol.it - info@bluenergycontrol.it</p>
<p><i>BTA Biotechnische Abfallverwertung GmbH & Co KG</i></p> <p>Rottmannstr. 18, D-80333 Munchen, Germany Tel. +49(895)204606 – Fax +49(895)232329 www.bta-technologie.de</p>
<p><i>CISA Impianti s.r.l.</i></p> <p>Viale Europa 26, 41011 Campogalliano (MO) Tel. 059851735 - Fax 059528246</p>



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

<p>info@cisaimpianti.com - www.cisaimpianti.com</p>
<p>CITEC Oy Ab P.O. Box 109, FIN-65100 VAASA, Finland Tel. +358(0)63240700 - Fax +358(0)63240800 www.citec.fi</p>
<p><i>ECOMEMBRANE</i> C.so Garibaldi 173, 26100 Cremona Tel. 0372463599 - Fax 0372569431 info@ecomembrane.com - www.ecomembrane.com</p>
<p><i>ELETTROSTUDIO srl</i> Via Lavaredo 44/52, 30174 Venezia – Mestre Tel. 0415349997 - Fax: 0415347661 info@elettrostudio.it - www.elettrostudio.it</p>
<p><i>ENTEC Umwelttechnik GmbH</i> Shilfweg 1, A-6972 Fussach, Austria Tel. +43(5578)79460 - Fax +43(5578)73638 www.entec.co.uk</p>
<p><i>ENVITEC BIOGAS ITALIA</i> Via Calnova 60, 30027 San Donà di Piave (VE) Tel. 0421220652 info@envitec-biogas.it - www.envitec-biogas.de</p>
<p><i>EURODEPURATORI</i> Via Condotta 20, Zona industriale, 46020 San Giacomo delle Segnate (MN) Tel. 0376629301 - Fax 0376629400 info@depuratori.it - www.depuratori.it</p>
<p><i>FARMATIC BIOTECH ENERGY ag</i> Kolberger Strasse 13, D-24589 Nortorf, Germany Tel. +49(43)9291770 - Fax +49(43)925864 www.farmatic.com</p>
<p><i>HAASE Energietechnik GmbH</i> Gadelander Strasse 172, D-24531 Neumunster, Germany Tel. +49(432)18780 - Fax +49(432)187829 www.haase-energietechnik.de</p>
<p><i>ISKA GmbH</i> Hertzstrabe 26, 76275 Ettlingen, Germany Tel. +49(7243)725115 - Fax +49(7243)725111 www.iska-gmbh.de</p>
<p><i>LADURNER Spa</i> Zona Industriale 11, 39011 Lana (BZ)</p>



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

<p>Tel. 0473567800 - Fax 0473567805 www.ladurner.it</p>
<p>KOMPOGAS AG Rohrstrasse 36, CH-8152 Glatthbrugg, Switzerland Tel. +41(1)8097133 - Fax +41(1)8097110 www.kompogas.ch</p>
<p>LINDE –KCA-Dresden GmbH Lunzerstrabe 64, 4030 Linz, Austria Tel. +43(732)65854248 – Fax +43(732)69806174 www.linde-kca.com</p>
<p>LIPP GmbH Industriestrasse, D-73497 Tannhausen, Germany Tel. +49(0)79649003-0 - Fax +49(0)79649003-27 info@lipp-system.de - www.lipp-system.de</p>
<p>LIQUITECH Via Trecella 1, 20060 Albignano d'Adda (MI) Tel. 0295309488 - Fax 0295309489 info@liquitech.it - www.liquitech.it</p>
<p>MARCOPOLO ENVIRONMENTAL SpA Via S. D'Acquisto 4, 12011, Borgo S. Dalmazzo (CN) Tel. 0171262348 - Fax 0171262341 info@marcopolo-e.com - www.marcopolo-e.com</p>
<p>ORGANIC WASTE SYSTEMS nv Dok Noord4, B-9000 Gent, Belgium Tel. +32(9233)0204 - Fax +32(9233)2825 www.ows.be</p>
<p>PROMEKO (BIMA-Austria) Via Torrioni 17/A, 22100 Como Tel. 031267331 - Fax 031267446 promeco@promeco.it - www.promeco.it</p>
<p>ROTA ECO ENGINEERING Via F.lli Bandiera 4, 26010 Corte dè Frati (CR) Tel. 037293119 - Fax 0372/93424 info@rotaguido.it - www.rotaguido.it</p>
<p>SCHMACK Biogas srl Vicolo Bersaglio 26, 39100 Bolzano Tel. 04711955000 – Fax 04711955010 www.schmack-biogas.com</p>
<p>THÖNI UMWELT-und ENERGIETECHNIK</p>



Comitato Tecnico - GDL Digestione Anaerobica

GmbH A-6410 Telfs, Obermarkstr., 48 – Austria
Tel.: +43-5262-6903-0 Fax: +43-5262-6903-210
umwelt@thöni.com - www.thöni.com

UTS Italia tecnologie ambientali
Via Campi della Rienza 41, 39031 Brunico (BZ)
Tel.0474530025 - Fax 0474552836
info@uts-italia.it - www.uts-italia.it

VALORGA International SAS
Parc du Millénaire, BP 51, 34935, Montpellier Cedex 09, France
Tel. +33(467)994100 - Fax +33(467)994101
www.valorgainternational.fr