

# BIOGAS, DA RIFIUTO A RISORSA

**La discarica di rifiuti urbani è un problema o un'opportunità? Tutto dipende dalla gestione delle emissioni liquide e gassose prodotte dalla degradazione anaerobica della frazione organica dei residui solidi e, in particolare, da come si opera nel corso della vita della discarica e nel periodo successivo all'abbancamento dei rifiuti. Un progetto, sviluppato da Asja Ambiente Italia, individua i fattori che influenzano la qualità e la quantità del biogas prodotto ed estratto e descrive le fasi di funzionamento di un impianto di valorizzazione energetica del biocombustibile.**

Una discarica può essere descritta come una deposizione di rifiuti solidi che sono successivamente degradati da reazioni chimiche e attività biologiche con aspetti vari e complessi, comportando il verificarsi di processi di degradazione fisica, chimica e biologica che agiscono simultaneamente fino a realizzare una completa degradazione. Il principale meccanismo mediante il quale il rifiuto si decompone è la degradazione biologica o decomposizione di rifiuti solidi, cioè la trasformazione della materia effettuata da microrganismi viventi quali i batteri che genera metano (CH<sub>4</sub>) e anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) e tracce di altri composti e segue tre fasi distinte, come illustrato in Figura 1.

**Fase 1 - Decomposizione aerobica**  
I microrganismi lentamente degradano la parte organica complessa del rifiuto usando l'ossigeno intrappolato durante la fase di deposizione del rifiuto fino a formare dei composti organici più semplici, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O

**Fase 2 - Decomposizione anaerobica acidogena**

Quando l'ossigeno si è completamente consumato, i batteri cosiddetti facoltativi crescono e decompongono il rifiuto in molecole più semplici come idrogeno

(H<sub>2</sub>), ammoniaca (NH<sub>3</sub>), CO<sub>2</sub> e acidi organici. Questa fase è il primo stadio di decomposizione anaerobica acidogena.

**Fase 3 - Decomposizione anaerobica metanigena**

Nella terza fase di decomposizione (secondo stadio della fase anaerobica) i batteri metanigeni utilizzano idrogeno e gli acidi prodotti nella fase due per formare CH<sub>4</sub> ed altri prodotti. In questa fase la produzione di metano aumenta rapidamente fino a raggiungere un livello pressoché costante.

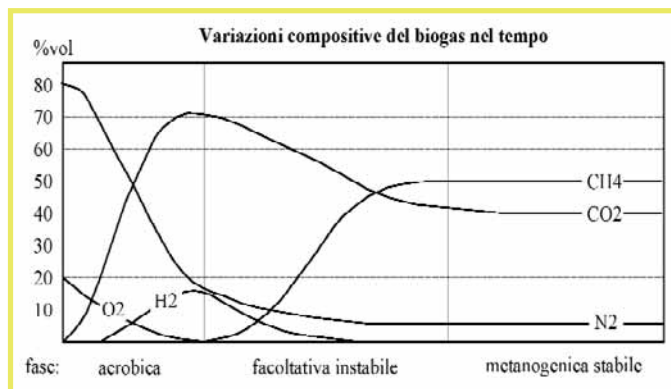
La fase di decomposizione anaerobica metanigena è quella che maggiormente interessa il presente progetto di valorizzazione energetica del biogas poiché si è appurato che il fenomeno di produzione di biogas si attiva tra i tre ed i nove mesi dalla deposizione del rifiuto e prosegue per parecchi anni (anche 30/40) secondo una curva che vede la massima produzione nei primi anni ed un progressivo esaurimento, con andamento asintotico fino alla completa degradazione della sostanza organica o fino a quando si mantengono le complesse condizioni ambientali idonee al processo. È opportuno ricordare che la decomposizione del rifiuto è un processo estre-

mamente complesso poiché può accadere che tutti i differenti processi descritti avvengano simultaneamente in zone limitrofe della stessa discarica e, in dipendenza con le variabili ambientali della deposizione del rifiuto (compressione, umidità, temperatura, pH, condizioni atmosferiche, copertura, ecc.), possono diversificare i fenomeni citati.

La Figura 1 illustra un'ipotesi di sviluppo temporale dei macrocomponenti del biogas.

Quando la fase metanigena è avanzata, i gas di discarica che sono generati dalla decomposizione dei rifiuti urbani, sono composti da una miscela di CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, ossigeno (O<sub>2</sub>), azoto (N<sub>2</sub>), tracce di acido solfidrico, e circa altri 350 composti organici volatili (Figura 2). Tale composizione rende il biogas particolarmente pericoloso sia per la sua esplosività in aria, sia per la sua tossicità. In alte concentrazioni è asfissiante per gli esseri viventi e la sua capacità di spostarsi anche orizzontalmente nel sottosuolo aumenta il rischio di esplosioni e contaminazioni a distanza. La migrazione di biogas nel terreno circostante la discarica e nella falda acquifera ha come potenziale conseguenza l'inquina-

Figura 1 - Variazioni della composizione del biogas nel tempo.



mento dei corpi idrici superficiali ed inoltre può dare origine ad altri effetti negativi come ad esempio procurare stress alla vegetazione, attraverso la riduzione del contenuto di ossigeno nel gas del terreno intorno alle radici. La dispersione del biogas in atmosfera contribuisce all'innalzamento della temperatura terrestre causando un grave danno ambientale dato che il suo componente principale, il metano, ha un impatto sul cosiddetto "effetto serra" ben 21 volte maggiore dell'anidride carbonica. Da valutazioni teoriche e da dati sperimentali risulta che da una tonnellata di rifiuti urbani depositata in discarica si producano da 150 m<sup>3</sup> a 250 m<sup>3</sup> di biogas in un arco di tempo variabile da 20 a 30 anni, pertanto circa il 25% della massa dei rifiuti posti in discarica si trasforma in biogas. Le emissioni di biogas prodotte dalle discariche, rappresentano quindi una delle maggiori fonti di contaminazione di tipo organico

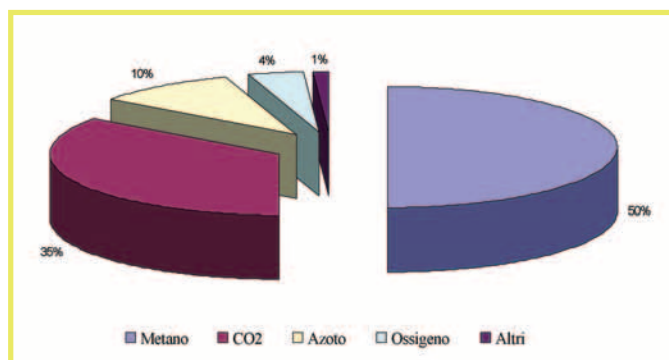


Figura 2 - Composizione biogas.

minazione del rifiuto urbano. Tali sostanze possono costituire un grave problema per il trattamento termico finale del biogas potendo causare la produzione di sottoprodotti potenzialmente pericolosi per l'ambiente; ciò deve essere correttamente tenuto in conto già in fase di progettazione e costruzione dell'intero impianto. Nella Tabella 2 sono riportate le caratteristiche presunte per il biogas captabile dalla discarica in esame e considerate per il progetto dell'impianto di valorizzazione

del rifiuto urbano. Tali sostanze possono costituire un grave problema per il trattamento termico finale del biogas potendo causare la produzione di sottoprodotti potenzialmente pericolosi per l'ambiente; ciò deve essere correttamente tenuto in conto già in fase di progettazione e costruzione dell'intero impianto.

### Descrizione delle fasi funzionamento di un impianto

L'impianto di valorizzazione energetica del biogas è costituito da tre sezioni ed una torcia ad alta temperatura.

#### Sezione di estrazione

La sezione di estrazione è costituita dai componenti che permettono l'estrazione del biogas dal corpo della discarica. I primi

Tabella 1 - Caratteristiche chimico - fisiche dei principali componenti del biogas.

Sostanza	Formula	Conc.	Densità	Densità rel. risp. all'aria	Pci	Limite esplosività in aria	Solubilità in H2O	Tossicità	Odore
		% sul vol.	g/m <sup>3</sup>		J/m <sup>3</sup>	% sul vol.	g/l		
Metano	CH <sub>4</sub>	50/60	0,717	0,56	35000	5/15	0,065	No	Inodore
Anidride carb.	CO <sub>2</sub>	30/50	0,977	1,53	-	-	1,688	5000 ppm	Inodore
Ossigeno	O <sub>2</sub>	0/20	0,429	1,11	-	-	0,043	No	Inodore
Azoto	N <sub>2</sub>	0/80	0,250	0,97	-	-	0,019	No	Inodore
Monossido C	CO	tracce	0,250	0,97	12640	12,5/74	0,028	tossico	Inodore
Mercaptano	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH	0/150ppm	-	-	-	-	-	-	Cattivo
Idrogeno	H <sub>2</sub>	0/30	0,090	0,07	10,760	4/74	0,001	No	Inodore
Idrogeno solfo	H <sub>2</sub> S	tracce	0,54	0,2	-	4/45	4,19	10 ppm	Cattivo
Percloro etil.	C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>	tracce	0,00162	-	-	-	0,40	50 ppm	Cattivo
Cloruro di vin.	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl	tracce	2,85	2,2	-	4/31	0,11	2 ppm	-
Toluene	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	tracce	0,00057	-	-	1/7	0,47	100 ppm	Cattivo

in atmosfera e devono essere distrutte.

### Caratteristiche qualitative del biogas

La Tabella 1 riporta le caratteristiche chimico, fisiche e tossicologiche dei principali componenti del biogas; è importante sottolineare che alcune volte nel biogas possono essere presenti tracce di altri gas quali idrocarburi alogenati o composti aromatici che derivano unicamente dalla conta-

ne energetica dello stesso. Come evidente, è stata considerata una miscela comprendente anche una porzione di aria (circa 10%) ipotizzando un'azione dinamica di estrazione al fine di ottimizzare l'estrazione del biogas. Dalla valutazione della Tabella 2 si ricava quindi il potere calorifico presunto per un metro cubo di

Tabella 2 - Caratteristiche di progetto del biogas.

Sostanza	Densità rispetto all'aria (%)	Potere calorifico inferiore (kcal/Nm <sup>3</sup> )	Percentuale media nel biogas (%)	Densità relativa (%)
CH <sub>4</sub>	0,55	8.250	50	0,275
CO <sub>2</sub>	1,53	0	40	0,612
O <sub>2</sub>	1,10	0	1	0,011
N <sub>2</sub>	0,97	0	8	0,078
Altri	-	0	1	0,001
<b>Biogas</b>		<b>4.125</b> (se con metano al 50% in volume)	<b>100</b>	<b>0,977</b> (aria = 1,29 kg/Nm <sup>3</sup> )



elementi della sezione sono i pozzi di captazione del biogas: un pozzo è composto dall'elemento di captazione, ovvero una sonda in polietilene ad alta densità microfessurata introdotta verticalmente nella massa dei rifiuti, e dalla tubazione in acciaio di chiusura, detta "testa di pozzo".

#### Sezione di aspirazione e controllo

Il biogas proveniente dalla sezione di estrazione è avviato al trattamento nella sezione di aspirazione e controllo interamente progettata, costruita e gestita da Asja in modo da permetterne correttamente l'impiego come combustibile nei gruppi elettrogeni. La sezione di aspirazione e controllo comincia con il collettore generale che raccoglie il biogas proveniente dai singoli collettori di raggruppamento.

Dal collettore generale il biogas è inviato al separatore di condensa primario a pacco lamellare, nel quale viene eliminata la condensa. La purificazione del biogas prosegue con raffreddamento a temperature inferiori a 4 °C tramite passaggio in uno scambiatore di calore acqua-biogas a fascio tubero, a servizio del quale opera un chiller, un refrigeratore a glicole etilenico.

Dopo il raffreddamento, il biogas attraversa un separatore di condensa secondario che ha la funzione di separare le particelle di

acqua tramite l'effetto ciclonico e la riduzione della velocità del flusso. Il biogas in uscita dal separatore ciclonico, dopo il passaggio in un filtro a secco per la separazione delle polveri, è aspirato da un turbo aspiratore multistadio appositamente studiato per l'applicazione specifica; l'aspiratore è in grado di applicare la necessaria depressione a tutta la rete di captazione del biogas e fornire contemporaneamente la pressione necessaria al biogas che alimenta i gruppi elettrogeni. Normalmente la sezione costituita dal filtro e dall'aspiratore è installata in doppia configurazione, in parallelo, in modo da garantire il funzionamento anche in caso di guasto.

Della sezione di aspirazione e controllo è parte integrante il sistema di analisi e controllo del biogas, che permette di verificare il funzionamento dell'impianto nella sua globalità (ad eccezione delle misurazioni relative all'esercizio dei gruppi elettrogeni), e di analizzare in continuo il contenuto di metano e di ossigeno del biogas. L'analisi del biogas è effettuata sia lungo le linee di trasporto provenienti dai collettori di raggruppamento sia lungo le linee di collegamento del collettore generale con il turboaspiratore. La verifica del funzionamento comprende la rilevazione di una serie di parametri che garantiscono il funzionamento in sicurezza dell'impianto.

Nella sezione di estrazione ed in quella di aspirazione e controllo viene prodotto uno scarto liquido, detto condensa, originato dalla condensazione del vapore acqueo di cui il biogas è saturo alle condizioni in cui si trova all'atto dell'estrazione dal pozzo.

Tale condensa viene raccolta da Asja con sistemi automatici o manuali atti ad impedirne lo sversamento e la dispersione non controllata, e viene restituita al gestore della discarica che, in quanto tale, ne è responsabile per il trattamento e lo smaltimento controllato insieme con il percolato prodotto dai rifiuti.

#### Sezione di produzione di energia

L'impianto di produzione di energia elettrica è costituito dai gruppi elettrogeni e dall'impianto elet-

trico di trasformazione della tensione da bassa a media (trasformazione bt/MT) e di interfaccia con la rete di distribuzione. Il gas proveniente dalla sezione di aspirazione e condizionamento è inviato, in lieve pressione, ai gruppi elettrogeni di generazione, che sono costituiti da motori a combustione interna a ciclo otto, alimentati con biogas. I motori sono accoppiati a generatori sincroni trifase; motori e alternatori sono alloggiati in container insonorizzati. L'energia elettrica prodotta in bassa tensione è elevata in media tensione mediante le apparecchiature di trasformazione-elevazione, e veicolata alla rete di distribuzione nazionale; tutte le attrezzature di sincronizzazione e protezione dei gruppi e della rete sono installati in appositi container prefabbricati o in locali quadri elettrici. I gruppi elettrogeni, sono provvisti di un sistema di regolazione automatica della carburazione che garantisce, unitamente al sistema di depurazione fumi, il rispetto dei limiti alle emissioni.

#### Torcia ad alta temperatura

La torcia ad alta temperatura costituisce un dispositivo di protezione ambientale di cui ciascun gestore di discarica si deve dotare per bruciare il biogas prodotto dalla fermentazione anaerobica dei rifiuti, evitando la dispersione dello stesso in atmosfera.

Nelle discariche provviste di impianto di valorizzazione energetica del biogas la torcia ha la funzione di strumento di soccorso in casi di emergenza all'impianto stesso.

In particolare, nel caso in cui la portata di biogas estratto dalla discarica è superiore al fabbisogno energetico massimo dei gruppi di generazione, o in caso di mancato funzionamento dei gruppi elettrogeni, si procede alla combustione in torcia, in modo da garantire costantemente il mantenimento delle condizioni di sicurezza della discarica. L'esercizio degli impianti da parte di Asja comprende la gestione della torcia.