

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO II”



**FACOLTÀ DI INGEGNERIA
CORSO DI LAUREA SPECIALISTICA IN
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**

**(Classe delle lauree in Ingegneria Civile e Ambientale, Classe N. 38S)
Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Geotecnica ed Ambientale**

TESI DI LAUREA

**geCO₂[®] System: la macchina mangia metano.
Sperimentazioni e applicazioni su campo.**

ABSTRACT

RELATORE

Prof. Ing. Massimiliano Fabbicino

Prof. Ing. Mario Pasquino

CANDIDATA

Dott.ssa Francesca Filippone

Matr. 324/151

CORRELATORE

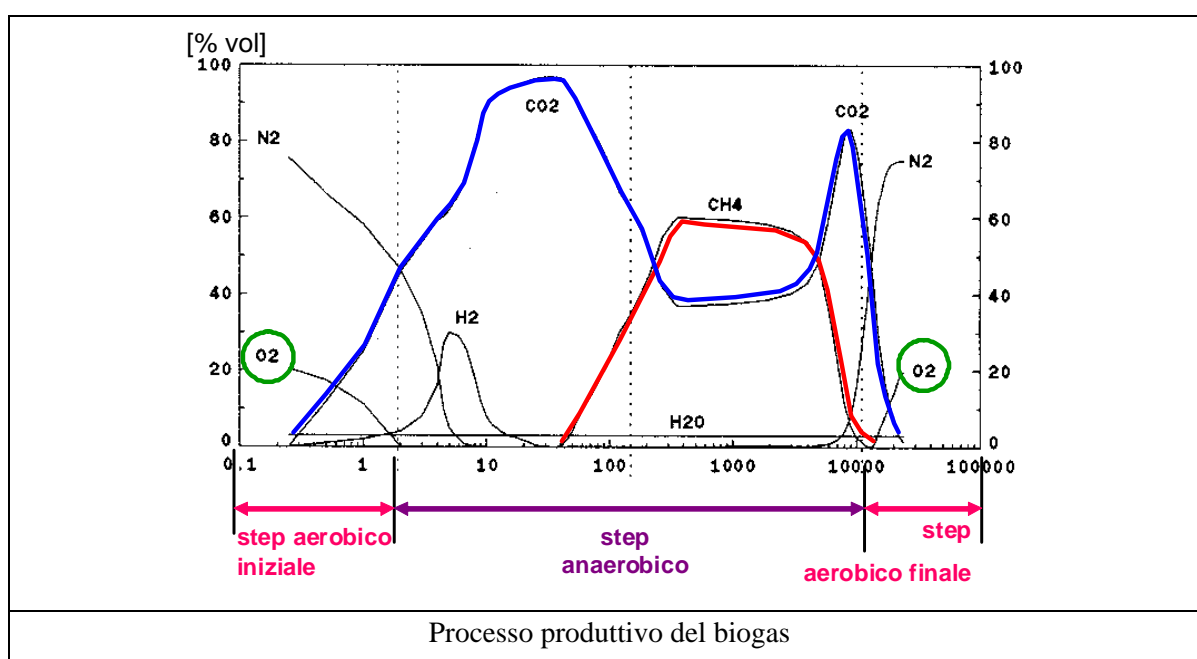
Dott. GianFrancesco Galanzino

Anno Accademico 2009/2010

In discarica vengono depositati rifiuti che si distinguono in relazione alla loro capacità di degradazione. In particolare distinguiamo:

- rifiuti velocemente putrescibili;
- rifiuti lentamente putrescibili;
- rifiuti non putrescibili.

In base alla sua putrescibilità e ai tempi di stazionamento in discarica, il rifiuto dà luogo a processi di fermentazione che comportano, a loro volta, la produzione del biogas: un fluido gassoso comprimibile che si forma attraverso tre fasi susseguenti.



Durante il primo step, aerobico, inizia la produzione di anidride carbonica; il secondo step, anaerobico, è caratterizzato, invece, dalla formazione di metano che si aggiunge a quella ancora in atto della CO₂. Il terzo step, aerobico, si caratterizza per la produzione di sola anidride carbonica.

Il biogas di discarica è causa di diverse problematiche; in particolare:

- è causa di cattivi odori dovuti alla presenza di mercaptani, tioli, ammine ecc...;
- è asfittico e tossico in quanto al suo interno presenta poco ossigeno per essere respirato dall'uomo e contiene, inoltre, monossido di carbonio e

idrogeno solforato;

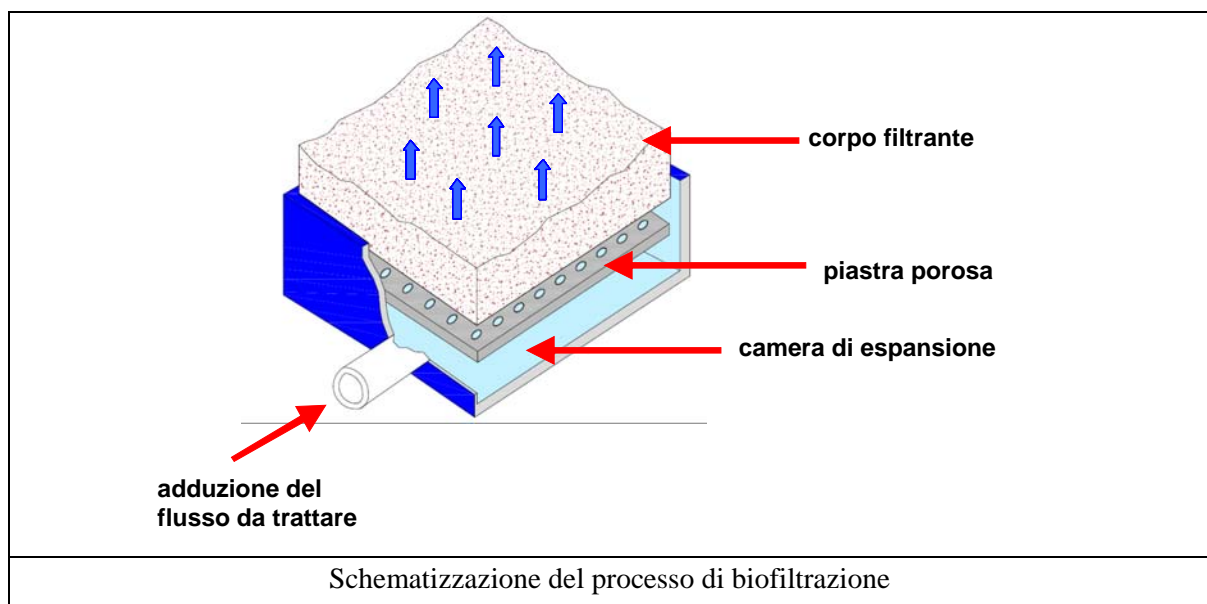
- causa fitotossicità;
- se si accumula in ambienti confinati da vita a fenomeni esplosivi;
- potrebbe essere causa di incendi le cui fiamme sono anche difficilmente distinguibili alla luce del sole.

Il biogas non contiene, al suo interno, sempre la stessa quantità di metano; in tal senso si distinguono tre frazioni diverse di biogas che definiscono, poi, la speciazione e la destinazione d'uso del biogas stesso.

La frazione contenente percentuale volumetrica di metano superiore al 50-60% può essere destinata al recupero energetico, la frazione contenente percentuale compresa tra il 25% ed il 50% viene inviata in torcia per la termodistruzione e la restante parte può essere affidata alla biofiltrazione.

Non esiste, tuttavia, specifico riferimento legislativo che imponga l'utilizzo di biofiltri in discarica per il trattamento della frazione di biogas povera di metano.

Il processo di biofiltrazione sfrutta l'azione biologica di colonie batteriche selezionate al passaggio del gas da trattare.



Il flusso in ingresso viene accolto nella camera di espansione del biofiltro dopo la quale viene convogliato in maniera uniforme, grazie alla piastra porosa, al letto

filtrante. Il fluido gassoso viene depurato in luogo del corpo filtrante, attraversato il quale, a seconda delle casistiche, viene o inviato ad ulteriori trattamenti o immesso in atmosfera.

Un particolare tipo di sistema di biofiltrazione è il geCO₂[®] System. Tale impianto abbate la molecola di metano presente nella suddetta frazione di biogas e gli odori contenuti nella stesso flusso gassoso.



L'impianto ha un sistema di funzionamento a doppio stadio in quanto il flusso in ingresso al sistema in un primo momento viene trattato biologicamente durante la fase di attraversamento del letto filtrante e poi, attraversa il secondo stadio di trattamento costituito dalla membrana semipermeabile. Tale membrana affina e completa il processo di abbattimento del metano iniziato ad opera della colonia microbica dei metanotrofi.

Il geCO₂[®] System è implementabile durante le tre fasi di vita della discarica:

- nella prima fase di vita quando il processo di formazione di metano non è ancora ai massimi livelli di produzione;
- nella fase di coltivazione, durante la quale è conveniente trattare a parte le

frazioni di biogas povere di metano per non influenzare il regime di trattamento del recupero energetico o della termodistruzione;

- durante la fase di chiusura e post-chiusura in cui il biogas prodotto contiene un basso tenore di metano.

Fondamentale importanza per il corretto sviluppo e sostentamento della colonia microbica è il tenore d'acqua da garantire all'interno del sistema. Per tale motivo il geCO₂[®] System è dotato di un sistema di bagnatura che permette l'irrigazione dell'intero letto filtrante. Altro parametro di influenza è la temperatura all'interno del corpo filtrante stesso, valori inferiori ai 20 °C indicherebbero l'inattività della colonia microbica.

L'impianto, a differenza dei biofiltri che abbattano esclusivamente odori, ha bisogno di garantire il giusto tempo di contatto tra molecole di metano e colonia microbica; per tal motivo, quindi, la portata di gas addotta al sistema deve essere in aumento durante la fase di avviamento per arrivare alle condizioni di regime in cui non può superare i 150 m³/h.

In molteplici discariche italiane sono state implementate diverse unità geCO₂[®]. Le prime installazioni sono avvenute in fase sperimentale permettendo, quindi, lo sviluppo della tecnologia e la ricerca delle migliori condizioni di esercizio muovendo da esperienze su campo.

Dalle prime applicazioni in fase sperimentale, si sono definiti i range di funzionamento dell'impianto in termini di efficienze.

In tabella 1 si riportano le efficienze di abbattimento del metano con le relative concentrazioni della molecola in ingresso e in uscita; in tabella 2, invece, si riportano le efficienze di abbattimento degli odori riscontrate in diversi anni e su diverse unità impiantistiche.

Intervallo di portate di biogas in ingresso (m3/h)	Concentrazione di metano in ingresso (%)	Efficienza di abbattimento del metano (%)	Concentrazione di metano in uscita (%)
30	1 - 5	67	0.3 - 1.7
30	10 - 20	67	3.3 - 6.6
50	1 - 5	64	0.36 - 1.8
50	10 - 20	64	3.5 - 7
100	1 - 5	58	0.4 - 2
100	10 - 20	58	4.2 - 8.4
150	1 - 5	51	0.48 - 2.4
150	10 - 20	51	4.8 - 9.6

Tabella 1 – efficienze di abbattimento del metano

Unità geCO₂[®]	Unità odorimetriche (O.U./m³)	Efficienza di abbattimento (%)
Anno 2006		
Uscita unità 1	30	99.3
Uscita unità 2	110	97.4
Uscita unità 3	86	98.0
Uscita unità 4	48	98.9
Anno 2007		
Uscita unità 1	40	95.2
Uscita unità 2	160	80.9
Uscita unità 3	110	86.9
Uscita unità 4	180	78.6
Anno 2008		
Uscita unità 1	54	95.5
Uscita unità 2	91	92.4
Uscita unità 3	64	94.7
Uscita unità 4	91	92.4

Tabella 2 – efficienze di abbattimento degli odori

Muovendo dai dati sperimentali ottenuti negli anni si è messa a punto l'equazione che correla in maniera lineare le portate di biogas e l'efficienza di degradazione del metano (equazione 1):

Performance CH₄ degradato =
-0,0016 · flusso di produzione di biogas [m3/h] + 0,8845
Eq. 1 – correlazione tra portata di biogas e efficienza di abbattimento CH ₄

Il metano è un gas 21 volte più climalterante dell'anidride carbonica, il geCO₂[®] System, pertanto, permettendone l'abbattimento, consente il recupero dei cosiddetti crediti di carbonio.

Attraverso l'equazione 1, si è ottenuta una proiezione della funzionalità del sistema in termini di sequestro di CO₂eq e quindi di CO₂eq non emessa in atmosfera

	Flusso di biogas (m³/h)	CH4 in Ingresso (% v/v)	Efficienza di degradazione CH₄ (%)	CO₂eq risparmiata (ton)
Test sperimentale	75	9.6	76	663
1^ ipotesi	50	15	80	726
2^ ipotesi	100	15	72	1308
3^ ipotesi	150	15	64	1746
4^ ipotesi	150	25	64	2909

Tabella 3 – previsioni di abbattimento CO₂eq

E' stata validata la mancata emissione di 41.994 tonnellate di CO₂equivalenti in riferimento al periodo 2005-2015 grazie al funzionamento di alcune unità geCO₂[®] installate in Italia. Ogni tonnellata di CO₂equivalente si traduce in un "credito di carbonio" vendibile per compensare le più svariate attività umane. Per avere un'idea dimensionale, precisiamo che una tonnellata di CO₂ corrisponde a 5.500 km percorsi con un'auto di media cilindrata o a un viaggio di sola andata per una distanza pari alla tratta Roma – Londra .