

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:1 di 17
------------------------------	--------	-----------------	------------------	--------------

Committente: Cesenatico Servizi Srl

Oggetto: Monitoraggio ambientale della discarica di rifiuti non pericolosi di Cesenatico (FC)

Titolo doc.: Monitoraggio della composizione del biogas captato e delle fughe laterali di biogas presso la Discarica di Rifiuti non pericolosi di Cesenatico (FC).

Relazione anno 2016

Redatto da	Verificato da	Approvato da	Autorizzato da	Data di emissione o verifica
PP	S. Corbelli	S. Corbelli	R. Giani	21/12/2016

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:2 di 17
------------------------------	--------	-----------------	------------------	--------------

INDICE

1. PREMESSA	3
2. ORIGINE E PRODUZIONE DEL BIOGAS	4
3. ATTIVITÀ DI CAMPIONAMENTO	11
4. METODICHE ANALITICHE	13
5. RISULTATI	14
ALLEGATO: Certificati di analisi del biogas captato in torcia	18

APPENDICE – Indagine sulle emissioni diffuse di biogas attraverso la copertura superficiale della discarica.

1. ATTIVITÀ DI CAMPIONAMENTO	2
2. METODICHE ANALITICHE	3
3. RISULTATI	6
4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	20
BIBLIOGRAFIA	21
ALLEGATO A1: Carta dei flussi di metano in novembre 2016	24
ALLEGATO A2: Carta dei flussi di anidride carbonica in novembre 2016	25

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:3 di 17
------------------------------	--------	-----------------	------------------	--------------

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica raccoglie i risultati relativi al monitoraggio ambientale effettuato durante il secondo semestre 2016 presso la discarica di rifiuti non pericolosi di Cesenatico, oggi esaurita e sede di un impianto di compostaggio gestito da Hera.

In ottemperanza a quanto previsto dalla Delibera della Giunta Provinciale di Forlì-Cesena n. 236/03 è stata effettuata la misurazione del biogas raccolto dall'impianto di captazione.

Sono stati inoltre effettuati ulteriori rilevamenti del flusso diffuso di biogas attraverso la copertura superficiale della discarica, sebbene non richiesti dalla Delibera di G. P. 236/03. I risultati di tali attività sono riportati in Appendice alla presente Relazione, dove è stato effettuato anche un confronto con le emissioni diffuse degli anni precedenti.

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:4 di 17
------------------------------	--------	-----------------	------------------	--------------

2. ORIGINE E PRODUZIONE DEL BIOGAS

La degradazione microbica della frazione organica contenuta nei rifiuti all'interno di una discarica genera alcuni sottoprodotti pericolosi per l'ambiente, tra cui il biogas.

I processi di degradazione aerobica iniziano già nei primi giorni dal deposito dei rifiuti nella zona di coltivazione della discarica. In questa fase viene consumato l'ossigeno presente all'interno dell'ammasso da parte dei batteri aerobi. Quando la degradazione aerobica inizia, le proteine vengono degradate in amminoacidi e in tipici cataboliti dei processi aerobici e successivamente questi prodotti vengono ossidati a diossidi di carbonio, acqua, nitrati, solfati. I grassi, opportunamente idrolizzati ad acidi grassi, vengono trasformati in acidi volatili. Questo stadio si protrae per circa una o due settimane. L'ammasso di rifiuti raggiunge una temperatura di circa 65°C (Benedetti, 1995). Durante questo periodo l'ossigeno viene completamente consumato, salvo infiltrazioni dall'esterno e i rifiuti vengono seppelliti da altri rifiuti. I primi si trovano quindi in un ambiente più profondo, privo di ossigeno, dove può cominciare la degradazione della frazione organica in condizioni anaerobiche ad opera delle specie microbiche. Questa fase di fermentazione avviene naturalmente, sono però indispensabili assenza di ossigeno e sufficiente quantità di acqua (>20%). La degradazione anaerobica si svolge in cinque fasi:

- fase di idrolisi della sostanza organica;
- fase acida;
- fase metanogenica iniziale (instabile);
- fase metanogenica stabile;
- fase metanogenica tarda.

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:5 di 17
------------------------------	--------	-----------------	------------------	--------------

Nella fase di idrolisi gli enzimi extracellulari dei microrganismi coinvolti degradano la materia organica. Nella fase acida i batteri produttori di acidi convertono la sostanza organica idrolizzata e i prodotti della fermentazione in acidi volatili, per la maggior parte acido acetico, oltre a produrre quantità elevate di CO₂ e H₂ che trascinano con sé verso l'atmosfera sostanze maleodoranti come H₂S. Quando la fermentazione acida si stabilizza, si riduce la formazione di H₂ e comincia ad essere prodotto metano.

La fase metanigena si suddivide in tre sotto fasi: metanigena instabile, metanigena stabile e terminale. In questa fase si selezionano solamente organismi anaerobici, i quali utilizzano e decompongono composti a basso peso molecolare formando metano e anidride carbonica: il biogas in senso lato. La degradazione anaerobica produce altri gas oltre quelli citati, come l'azoto molecolare, prodotto dal processo microbico di denitrificazione, il solfuro di idrogeno, prodotto da microrganismi riduttori di solfati e altri gas come etano e propano. La fase metanigena instabile, a seconda delle condizioni ambientali in cui avviene, ha una durata che va da 180 a 500 giorni circa (Farquar, 1997) e la concentrazione di metano aumenta più o meno costantemente fino al 55% del biogas prodotto (Figura 2.1).

Terminata la sotto fase instabile, la discarica entra nella sotto fase metanigena stabile, nella quale i valori di produzione di metano e anidride carbonica restano costanti per un periodo di tempo di circa 5 anni e nei successivi 15-30 anni la produzione cala fino a terminare (metanogenica tarda).

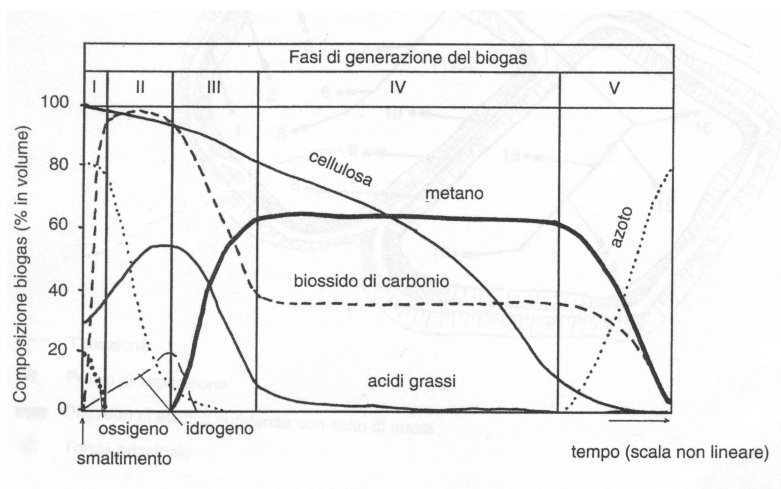


Figura 2.1. Fasi e sotto fasi della generazione del biogas (Farquar, 1997).

1.2. Composizione del biogas

Il biogas che si forma all'interno della discarica è una miscela complessa e variabile di gas, alcuni dei quali infiammabili, tossici e maleodoranti. Nella sua composizione predomina il metano, seguito dall' anidride carbonica e da una vasta gamma di composti in bassissime concentrazioni, quali idrocarburi, composti alogenati, idrogeno solforato, alcoli, esteri e mercaptani (Gervasoni, 2000).

Tabella 2.1. *Composizione tipica del biogas captato in una discarica (ARTA, 2007).*

Parametri caratteristici	Unità di misura	valore
CH ₄	%	50-60
CO ₂	%	30-50
O ₂	%	0-20
N ₂	%	0-80
CO	%	tracce
C ₂ H ₅ SH (Mercaptani)	%	tracce
H ₂	%	0-20
H ₂ S	%	tracce
NH ₃	%	tracce

1.3. Migrazione del biogas

Una discarica controllata è schematizzabile come un contenitore con le pareti laterali ed il fondo perfettamente impermeabili, riempito di rifiuti e successivamente chiuso nella parte superiore da uno strato di terreno che agisce come una sorta di tappo. La copertura finale ha generalmente una minore permeabilità rispetto all'ammasso di rifiuti e porta il biogas ad accumularsi, nonostante sia presente un impianto di aspirazione. Per quanto riguarda le discariche prive di un sistema di aspirazione (che non è sempre presente soprattutto nei vecchi impianti di smaltimento), la copertura deve essere meno compattata per poter disperdere, appunto, il gas nell'atmosfera. Le pressioni raggiunte in questo tipo di discarica sono molto maggiori di quella atmosferica.

Una discarica controllata è un vero e proprio reattore in continua evoluzione e le reazioni chimiche che avvengono al suo interno causano cambiamenti continui nella struttura dell'ammasso stesso provocando continue variazioni nella densità, permeabilità e porosità. Conseguentemente questo si ripercuote sulla migrazione del biogas (Figura 2.2), condizionando l'efficienza dei pozzi di aspirazione, le perdite dalla superficie e l'assestamento dell'ammasso.

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:8 di 17
------------------------------	--------	-----------------	------------------	--------------

Il biogas non raccolto dal sistema di aspirazione si accumula all'interno della discarica fino a raggiungere un valore di pressione maggiore rispetto a quella atmosferica, che gli consente di spostarsi verso altre zone, all'interno o all'esterno della stessa, lungo gradienti di pressione, in virtù della maggiore o minore densità a causa della non omogeneità della concentrazione della sostanza organica in decomposizione, della differente densità dei rifiuti tra le varie parti della discarica, delle differenze in contenuto di umidità tra le varie parti dell'ammasso dei rifiuti e della presenza dei pozzi di aspirazione.

Una discarica controllata ideale non presenta discontinuità nelle barriere laterali e sul fondo e in queste condizioni il moto del biogas è limitato e circoscritto all'interno dell'ammasso dei rifiuti; inoltre, in queste condizioni, si assume che l'unica via di fuga sia verso l'atmosfera.

Se l'integrità delle barriere laterali è compromessa, è frequente il verificarsi della migrazione laterale: cioè quando i sottoprodotti (biogas e percolato) della degradazione dei rifiuti fuoriescono dal bacino di contenimento e invadono, inquinandole, le zone adiacenti.

La migrazione laterale del biogas può causare numerosi problemi; infatti, il biogas si può accumulare e riempire spazi vuoti eventualmente presenti nel terreno come pozzi, grotte, fognature, miniere, faglie e così via e se migra per grandi distanze può interessare cantine, parti basse di abitazioni, edifici o altro con gravi rischi di esplosione, oltre al pericolo per l'uomo, ai danni alla vegetazione e alla diffusione di cattivi odori. Questo fenomeno può, infatti, assumere dimensioni importanti a seconda dell'ambiente idrogeologico interessato.

Le vie di migrazione sono quelle che offrono minore resistenza al passaggio del gas, e la forza motrice per il suo moto all'interno di una discarica è data dai gradienti di pressione più che dai processi diffusivi (Christophersen, 1999). Questo problema è molto comune per le vecchie discariche che non sono dotate di adeguate pareti impermeabili; esso è inoltre, aggravato dalla vita molto lunga delle discariche (generalmente 50 anni).

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:9 di 17
------------------------------	--------	-----------------	------------------	--------------

I principali fattori che controllano la migrazione laterale sono le caratteristiche tecniche e gestionali della discarica e le caratteristiche idrogeologiche del sito in cui nasce l'impianto. All'esterno della discarica, nei terreni circostanti il sito, il movimento del biogas lungo le due direzioni principali (orizzontale e verticale) è influenzato dalle caratteristiche geologiche degli strati di terreno e dalla loro giacitura.

Altri fattori molto importanti che influenzano la migrazione laterale del biogas sono la pressione atmosferica (Christophersen, 1999), la presenza del vento, (la dispersione in atmosfera aumenta con la velocità dello stesso - Rolston, 1986), la temperatura dell'aria (Christophersen, 1999) oltre a tutti i fenomeni atmosferici che comportano modifiche della permeabilità del suolo come neve, ghiaccio e pioggia (Maurice, 1997).

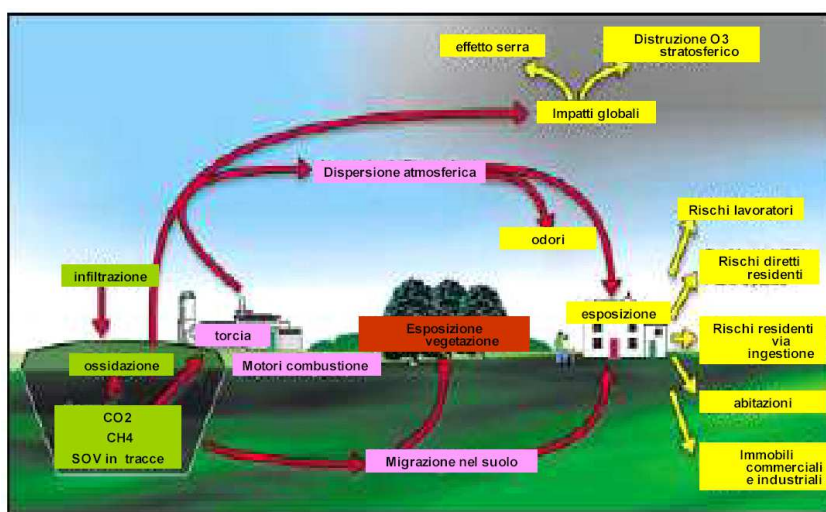


Figura 2.2. Sintesi dei fattori che influenzano la destinazione ultima del biogas prodotto.

I problemi connessi con la produzione di biogas sono dovuti principalmente alla sua capacità di formare con l'aria una miscela esplosiva che potrebbe essere rischiosa

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:10 di 17
------------------------------	--------	-----------------	------------------	---------------

se si accumula entro spazi chiusi, al fatto che è composto per il 98% da CO₂ e CH₄ (i due principali gas serra) ed al fatto che generalmente la presenza di biogas nell'ambiente è accompagnata dalla presenza di odori sgradevoli. Inoltre l'accumulo di biogas (indipendentemente dal contenuto di metano) può rappresentare un pericolo per la salute umana e animale, poiché potrebbe causare perdita della coscienza riducendo la quantità di ossigeno presente e dando asfissia.

Nella maggior parte dei casi l'unica avvisaglia della presenza di una consistente emissione, in assenza di una adeguata struttura di controllo, è la sofferenza della vegetazione sulla superficie della discarica.

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:11 di 17
------------------------------	--------	-----------------	------------------	---------------

3. ATTIVITÀ DI CAMPIONAMENTO

Lo studio qui riportato riguarda le misure effettuate con frequenza semestrale sul biogas captato in ingresso in torcia presso la discarica di Cesenatico durante il secondo semestre 2016.

Le attività di campionamento sono state condotte il 14/06/2016 e il 21/11/2016 e si sono svolte all'interno della discarica di rifiuti non pericolosi di Cesenatico (Figura 3.1).

La misurazione del biogas raccolto dall'impianto di captazione ha lo scopo di valutare la qualità del gas prodotto nella discarica e, conseguentemente, di fornire indicazioni sulla tipologia di smaltimento possibile.

Il campionamento del biogas alla torcia è stato effettuato previo spurgo delle linee di adduzione e dopo la messa in esercizio della soffiante di aspirazione gas.



Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:13 di 17
------------------------------	--------	-----------------	------------------	---------------

4. METODICHE ANALITICHE

Tabella 4.1. *Metodiche analitiche utilizzate per il biogas in ingresso in torcia.*

Parametro	U.M.	Metodo	Limite di rilevabilità
Metano (CH ₄)	%	UNI EN 15984:2011	0.01
Ossigeno (O ₂)	%	UNI EN 15984:2011	0.01
Anidride carbonica (CO ₂)	%	UNI EN 15984:2011	0.01
Acido solfidrico (H ₂ S)	%	UNI EN 15984:2011	0.01
Azoto (N ₂)	%	UNI EN 15984:2011	0.01
Idrogeno (H ₂)	%	UNI EN 15984:2011	0.01
Potere Calorifico Inferiore	MJ/Sm ³	UNI EN 15984:2011 + UNI EN ISO 13443:2008 + UNI EN ISO 6976:2008	-
Sostanze Organiche Volatili	mg/Sm ³	UNI EN 13649:2002	0.1
Contenuto d'acqua	% v/v	UNI EN 14790:2006	0.1
Materiale particolato	mg/Sm ³	POM 024 Rev.0 2012	0.2
Ammoniaca	mg/Sm ³	M.U. 632:84	0.1
Ossidi di zolfo (SO ₂)	mg/Sm ³	POM 028 Rev. 0 2012	0.4
Acido cloridrico (HCl)	mg/Sm ³	NIOSH 7903 1994	0.09
Acido fluoridrico (HF)	mg/Sm ³	NIOSH 7903 1994	0.09
Silicio totale	mg/Sm ³	POM 029 Rev. 0 2012	0.9

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:14 di 17
------------------------------	--------	-----------------	------------------	---------------

5. RISULTATI

Verranno ora esposti prima i dati relativi al biogas captato in ingresso in torcia.

5.1. Biogas captato in ingresso in torcia

I dati dei campionamenti del biogas captato in ingresso in torcia sono esposti in Tabella 5.1.

Tabella 5.1. *Flussi di biogas in ingresso in torcia nel periodo di monitoraggio.*

Biogas in ingresso in torcia del 14/06/2016		
Parametro	unità di misura	Valore misurato ± incertezza
CH ₄	% mol	23.31 ± 0.48
O ₂	% mol	7.84 ± 0.17
CO ₂	% mol	15.64 ± 0.32
H ₂ S	% mol	< 0.01
N ₂	% mol	53.22 ± 1.07
H ₂	% mol	< 0.01
Potere calorifico inferiore a 15°C	MJ/Sm ³	7.913
Cicloesano	mg/Sm ³	0.174 ± 0.089
n-butilacetato	mg/Sm ³	< 0.058
Isobutilacetato	mg/Sm ³	< 0.058
Acetone	mg/Sm ³	< 0.058
Carbonio tetracloruro	mg/Sm ³	< 0.058
Tricloroetene	mg/Sm ³	< 0.058
Tetracloroetene	mg/Sm ³	< 0.058
n-eptano	mg/Sm ³	< 0.058
1,2-dicloropropano	mg/Sm ³	< 0.058
1,2,4-trimetilbenzene	mg/Sm ³	< 0.058
1,2,3-tricloropropano	mg/Sm ³	< 0.058
2-eptanone	mg/Sm ³	< 0.058
n-ottano	mg/Sm ³	< 0.058
n-propilacetato	mg/Sm ³	< 0.058
1,1,2-tricloroetano	mg/Sm ³	< 0.058
Cumene	mg/Sm ³	< 0.058
Clorobenzene	mg/Sm ³	< 0.058
1,2-diclorobenzene	mg/Sm ³	< 0.058
1,4-diclorobenzene	mg/Sm ³	< 0.058
Benzene	mg/Sm ³	0.116 ± 0.075
Toluene	mg/Sm ³	0.116 ± 0.075

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:15 di 17
------------------------------	--------	-----------------	------------------	---------------

Biogas in ingresso in torcia del 14/06/2016		
Parametro	unità di misura	Valore misurato ± incertezza
Etilbenzene	mg/Sm ³	0.232 ± 0.104
Stirene	mg/Sm ³	< 0.058
Xileni	mg/Sm ³	< 0.058
2-Butanone (MEK)	mg/Sm ³	< 0.058
Dimetildisolfuro	mg/Sm ³	< 0.058
Dimetilsolfuro	mg/Sm ³	< 0.058
o-cimene	mg/Sm ³	< 0.058
Acido butanoico	mg/Sm ³	< 0.087
Etere etilico	mg/Sm ³	< 0.058
Cloruro di vinile	mg/Sm ³	< 0.058
Esametildisilossano	mg/Sm ³	< 0.058
Etanolo	mg/Sm ³	< 0.058
Metilisobutilchetone (MIK)	mg/Sm ³	< 0.058
alfa-Pinene	mg/Sm ³	0.174 ± 0.089
Limonene	mg/Sm ³	0.637 ± 0.205
Alchilbenzeni	mg/Sm ³	0.579 ± 0.191
Idrocarburi alifatici fino a C10	mg/Sm ³	4.86 ± 1.26
Cloro organico	mg/Sm ³	< 0.058
Fluoro organico	mg/Sm ³	< 0.058
Zolfo organico	mg/Sm ³	< 0.058
Contenuto d'acqua	% v/v	0.450 ± 0.336
Materiale particolato	mg/Sm ³	<0.174
Ammoniaca	mg/Sm ³	0.486 ± 0.190
SO ₂	mg/Sm ³	11.6 ± 2.9
HCl	mg/Sm ³	<0.043
HF	mg/Sm ³	< 0.061
Silicio totale	mg/Sm ³	< 1.74

Biogas in ingresso in torcia del 21/11/2016		
Parametro	unità di misura	Valore misurato ± incertezza
CH ₄	% mol	22.43 ± 0.46
O ₂	% mol	9.81 ± 0.21
CO ₂	% mol	14.56 ± 0.3
H ₂ S	% mol	< 0.01
N ₂	% mol	53.2 ± 1.07
H ₂	% mol	< 0.01
Potere calorifico inferiore a 15 °C	MJ/Sm ³	7.614
Cicloesano	mg/Sm ³	0.271 ± 0.111
n-butilacetato	mg/Sm ³	< 0.054
Isobutilacetato	mg/Sm ³	< 0.054
Acetone	mg/Sm ³	< 0.054
Carbonio tetracloruro	mg/Sm ³	< 0.054
Tricloroetene	mg/Sm ³	< 0.054
Tetracloroetene	mg/Sm ³	< 0.054
n-eptano	mg/Sm ³	0.109 ± 0.070
1,2-dicloropropano	mg/Sm ³	< 0.054
1,2,4-trimetilbenzene	mg/Sm ³	< 0.054
1,2,3-tricloropropano	mg/Sm ³	< 0.054
2-eptanone	mg/Sm ³	< 0.054

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:16 di 17
------------------------------	--------	-----------------	------------------	---------------

Biogas in ingresso in torcia del 21/11/2016		
Parametro	unità di misura	Valore misurato ± incertezza
n-ottano	mg/Sm ³	0.054 ± 0.057
n-propilacetato	mg/Sm ³	< 0.054
1,1,2-tricloroetano	mg/Sm ³	< 0.054
Cumene	mg/Sm ³	< 0.054
Clorobenzene	mg/Sm ³	< 0.054
1,2-diclorobenzene	mg/Sm ³	< 0.054
1,4-diclorobenzene	mg/Sm ³	< 0.054
Benzene	mg/Sm ³	< 0.054
Toluene	mg/Sm ³	0.163 ± 0.084
Etilbenzene	mg/Sm ³	0.163 ± 0.084
Stirene	mg/Sm ³	< 0.054
Xileni	mg/Sm ³	0.49 ± 0.17
2-Butanone (MEK)	mg/Sm ³	< 0.054
Dimetildisolfuro	mg/Sm ³	< 0.054
Dimetilsolfuro	mg/Sm ³	< 0.054
o-cimene	mg/Sm ³	< 0.054
Acido butanoico	mg/Sm ³	< 0.054
Etere etilico	mg/Sm ³	< 0.054
Cloruro di vinile	mg/Sm ³	0.109 ± 0.070
Esametildisilossano	mg/Sm ³	< 0.054
Etanolo	mg/Sm ³	< 0.054
Metilisobutilchetone (MIK)	mg/Sm ³	< 0.054
alfa-Pinene	mg/Sm ³	0.217 ± 0.097
Limonene	mg/Sm ³	0.109 ± 0.070
Alchilbenzeni	mg/Sm ³	0.326 ± 0.124
Idrocarburi alifatici fino a C10	mg/Sm ³	5.81 ± 1.5
Cloro organico	mg/Sm ³	0.054 ± 0.057
Fluoro organico	mg/Sm ³	< 0.054
Zolfo organico	mg/Sm ³	< 0.054
Contenuto d'acqua	% v/v	0.850 ± 0.368
Materiale particellare	mg/Sm ³	< 0.163
Ammoniaca	mg/Sm ³	< 0.081
SO ₂	mg/Sm ³	12.2 ± 3.0
HCl	mg/Sm ³	< 0.004
HF	mg/Sm ³	< 0.007
Silicio totale	mg/Sm ³	< 1.63 ± 1.63

I valori rilevati sono confrontabili con quelli tipici del biogas captato in discarica (Tabella 2.1), ad eccezione del CH₄ e della CO₂, che risultano in percentuale inferiore.

Dal confronto fra i due periodi di monitoraggio si rilevano dati confrontabili per tutti i parametri (Tabella 5.1).

Tali valori sono inoltre confrontabili o inferiori ai monitoraggi del 2013 e 2015.

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:17 di 17
------------------------------	--------	-----------------	------------------	---------------

In particolare i dati risultano confrontabili con quelli ottenuti nel 2015 per la CO₂ con valori uguali a 15.64 %mol (giugno 2015) ed a 14.56 %mol (novembre 2015) come in luglio (15.7%mol) e novembre 2015 (20.7 %mol). Mentre per gli Idrocarburi alifatici si osserva una diminuzione delle concentrazioni da 4.86 e 5.10 mg/Sm³ rispettivamente in giugno e novembre 2016 a 39.2 mg/Sm³ e 37.2 mg/Sm³ rispettivamente in luglio e novembre 2015.

Inoltre, per l'SO₂ in giugno e novembre 2016 (rispettivamente 11.6 e 12.2 mg/Sm³) si osservano valori confrontabili con luglio 2015 (14.4 mg/Sm³) lievemente superiori al 2014 (< 0.4 mg/Sm³) e a novembre 2015 (1.90 mg/Sm³).

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	
------------------------------	--------	-----------------	------------------	--

ALLEGATO:
Certificati di analisi del biogas captato in torcia

Rapporto di prova N° 1615384-001 del 19/12/2016

Committente: Cesenatico Servizi S.r.l. - Via Magellano 8 47042 Cesenatico (FC)

Impianto: Discarica di Cesenatico Servizi

Postazione di misura: Biogas alla torcia

Protocollo applicato: 0079/2016

Oggetto della misura: Prelievo e analisi qualità del biogas

Inizio fase analitica: 15/11/2016 **Fine fase analitica:** 24/11/2016

Campionamento effettuato da: Tecnico Gruppo C.S.A. S.p.A. **Prelievo conforme:** SI

Catena di custodia: 1615384-001

Data verbale di campionamento: 15/11/2016

Dati sperimentali:

Parametro:	Metodo applicato	Inizio prelievo:	Durata[m]:
Composizione chimica.	UNI EN 15984:2011	15/11/2016 12.00	60

Parametro:	U.M.	Risultato ± incertezza	L.R.	Parametri accreditati
Idrogeno (H ₂)	% v/v	< 0,01	0,01	
Ossigeno (O ₂)	% v/v	9,81 ± 0,21	0,01	
Azoto (N ₂)	% v/v	53,20 ± 1,07	0,01	
Metano (CH ₄)	% v/v	22,43 ± 0,46	0,01	
Anidride carbonica (CO ₂)	% v/v	14,56 ± 0,30	0,01	
Acido solfidrico (H ₂ S)	% v/v	< 0,01	0,01	

Parametro:	Metodo applicato:	Inizio prelievo:	Durata[m]
Calcolo potere calorifico inferiore.	UNI EN 15984:2011 + UNI EN ISO 13443:2008 + UNI EN ISO 6976:2008	15/11/2016 12.00	60

Parametro:	U.M.	Valore calcolato	L.R.	Parametri accreditati
Potere Calorifico Inferiore	MJ/Sm ³	7,614	-	

Segue - Rapporto di prova N° 1615384-001 del 19/12/2016

Parametro:	Metodo applicato:	Inizio prelievo:	Durata[m]:
Polveri totali in basse concentrazioni	POM 024 Rev. 0 2012	15/11/2016 12.00	60
Ammoniaca (NH ₃)	M.U. 632:84	15/11/2016 12.00	60
Contenuto d'acqua	UNI EN 14790:2006	15/11/2016 12.00	60
Acido butanoico	OSHA 186SG 1998	15/11/2016 12.00	60
Silicio totale	POM 029 2012	15/11/2016 12.00	60
Acido cloridrico (HCl)	NIOSH 7903 1994	15/11/2016 12.00	60
Acido fluoridrico (HF)	NIOSH 7903 1994	15/11/2016 12.00	60
Ossidi di zolfo (esp. come SO ₂)	POM 028 Rev.0 2012	15/11/2016 12.00	60

Parametro:	U.M.	Risultato ± Incertezza	L.R.	Parametri accreditati
Polveri totali in basse concentrazioni	mg/Sm ³	< 0,163	0,163	*
Ammoniaca (NH ₃)	mg/Sm ³	< 0,081	0,081	*
Contenuto d'acqua	% _{v/v}	0,850 ± 0,368	0,100	*
Acido butanoico	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	*
Silicio totale	mg/Sm ³	< 1,63	1,63	*
Acido cloridrico (HCl)	mg/Sm ³	< 0,004	0,004	*
Acido fluoridrico (HF)	mg/Sm ³	< 0,007	0,007	*
Ossidi di zolfo (esp. come SO ₂)	mg/Sm ³	12,2 ± 3,0	0,380	*

Segue - Rapporto di prova N° 1615384-001 del 19/12/2016

Parametro:	Metodo applicato:	Inizio prelievo:	Durata[m]:
Sostanze organiche volatili (SOV)	UNI CEN/TS 13649 (cap 5.6.2):2015	15/11/2016 12.00	60

Parametro:	U.M.	Risultato ± Incertezza	L.R.	Parametri accreditati
Vinilcloruro (CVM)	mg/Sm ³	0,109 ± 0,070	0,054	*
Etanolo	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	*
Acetone	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	
Dimetilsolfuro	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	*
2-Butanone (MEK)	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	*
Esametildisilossano	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	*
Benzene	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	
Tricloroetilene	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	
n-Propilacetato	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	
1,2-Dicloropropano	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	
Metilisobutilchetone (MIK)	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	*
Isobutilacetato	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	
Dimetildisolfuro	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	*
Toluene	mg/Sm ³	0,163 ± 0,084	0,054	
1,1,2-Tricloroetano	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	
n-Butilacetato	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	*
Tetracloroetilene	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	
Etilbenzene	mg/Sm ³	0,163 ± 0,084	0,054	
2-Eptanone (Metil-n-amilchetone)	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	
Xileni	mg/Sm ³	0,49 ± 0,17	0,054	*
Stirene	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	
α-Pinene	mg/Sm ³	0,217 ± 0,097	0,054	
Limonene	mg/Sm ³	0,109 ± 0,070	0,054	*
1,4-Diclorobenzene	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	
Alchilbenzeni	mg/Sm ³	0,326 ± 0,124	0,054	*
o-cimene	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	*
Etere etilico	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	*
Cicloesano	mg/Sm ³	0,271 ± 0,111	0,054	*
Tetracloruro di carbonio	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	*
n-Eptano	mg/Sm ³	0,109 ± 0,070	0,054	*
n-Ottano	mg/Sm ³	0,054 ± 0,057	0,054	*
1,2,4-Trimetilbenzene (Pseudocumene)	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	*
1,2,3-Tricloropropano	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	*
Cumene (Isopropilbenzene)	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	*
Clorobenzene	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	*
1,2-Diclorobenzene	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	*
Idrocarburi alifatici fino C ₁₀	mg/Sm ³	5,81 ± 1,50	0,054	*
Cloro organico totale	mg/Sm ³	0,054 ± 0,057	0,054	*
Fluoro organico totale	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	*
Zolfo Organico totale	mg/Sm ³	< 0,054	0,054	*
Sostanze organiche volatili	mg/Sm ³	7,82 ± 2,00	0,054	*

Segue - Rapporto di prova N° 1615384-001 del 19/12/2016

Dati calcolati

Parametro:	U.M.	Risultato \pm Incertezza	Parametri Accreditati
Cloro totale	mg/Sm ³	0,056 \pm 0,057	*
Fluoro totale	mg/Sm ³	0,030 \pm 0,050	*
Zolfo totale	mg/Sm ³	76,0 \pm 1,5	*

Note:

Tutti i parametri sono accreditati ACCREDIA ad esclusione di quelli contrassegnati con l'asterisco (*)

U.M. Unità di misura

L.R: Limite di rilevabilità

mg/Sm³ Milligrammi standard metro cubo, 288 K e 101,325 Kpa

L'incertezza di misura estesa ($m=1$, $k = 2,26$, g.d.l. $v = 9$) al 95% di probabilità, è stata valutata per ogni singola prova in accordo al documento UNI CEI ENV 13005:2000 ed è espressa solo per valori superiori al limite di rilevabilità.

I valori di concentrazione riscontrati inferiori ai limiti di rilevabilità concorrono all'espressione delle somme e, conseguentemente, delle medie riportate nel rapporto di prova nella misura L.R./2 come indicato da "Rapporti ISTISAN 04/15" edito da Istituto Superiore della Sanità.

Il presente Documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta da parte del Laboratorio.

I risultati analitici si intendono riferiti esclusivamente agli oggetti sottoposti alla prova.

Unità Produttiva Laboratori
il Direttore
(Dr. Ivan Fagiolino)

Unità Produttiva Analisi Esterne
il Direttore
(P.I. Stefano Corbelli)

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	
------------------------------	--------	-----------------	------------------	--

APPENDICE – Indagine sulle emissioni diffuse di biogas attraverso la copertura superficiale della discarica.

PREMESSA

La presente relazione raccoglie i risultati delle misure del flusso diffuso di biogas attraverso la copertura superficiale della discarica.

Scopo dell'indagine, effettuata su espressa richiesta del committente Cesenatico Servizi S.r.l., ma non prevista dalla Delibera della Giunta Provinciale n.236/03, è quella di fornire dati utili a valutare l'entità dell'emissione residua di biogas con l'impiego di una metodologia atta a determinare direttamente *in situ* un più elevato numero di dati di flusso rispetto alle camere di cattura statiche precedentemente impiegate.

Questo tipo d'indagine risulta di grande utilità in quanto può essere utilizzata per ricercare le origini di problemi di sofferenza della vegetazione, di migrazione laterale, di alta concentrazione di ossigeno nelle linee di raccolta del biogas e di zone con alte emissioni, per valutare l'integrità del terreno di copertura finale e per massimizzare la raccolta di biogas per un suo utilizzo energetico. È inoltre in grado di fornire indicazioni qualitative circa l'attività metanotrofica che si instaura nei terreni.

1. ATTIVITÀ DI CAMPIONAMENTO

Lo studio qui riportato riguarda il monitoraggio del biogas emesso attraverso la copertura della discarica di Cesenatico.

Lo scopo dell'indagine sulle emissioni superficiali è quello di fornire dati utili a valutare l'entità delle emissioni residue di biogas attraverso il *capping* della discarica, determinando l'evoluzione dei fenomeni emissivi nei periodi estivi ed invernale.

Le misure, svolte il 21 novembre 2016, sono state effettuate con la medesima camera di cattura o flussimetro portatile, su una rete di stazioni di misura coincidente a quella rilevata nelle Relazioni precedenti e con le stesse metodiche elaborative, in modo da permettere un confronto stagionale del regime delle emissioni.

2. METODICHE ANALITICHE

L'indagine è stata condotta mediante l'esecuzione di misure di flusso di metano e anidride carbonica tramite camera di cattura portatile, collegata ad un analizzatore ad infrarosso, con contestuale localizzazione e memorizzazione dei dati.

E' stata utilizzata una camera di cattura portatile della West Systems della superficie di 0.03 m², volume pari 0.003 m³, atta a misurare flussi compresi nel range 0 – 350 moli/m²/giorno. La camera di cattura è stata fatta stazionare su ciascuna verticale di misura effettuando una leggera pressione sul suo supporto superiore, al fine di evitare l'ingresso dell'aria nello spazio interno, ove un miscelatore meccanico rotativo mantiene, a pressione ambiente, uno stato di omogeneità fisica delle specie gassose che si liberano dal suolo. Le molecole pervengono all'analizzatore IR mediante una tubazione collegata ad una pompa interna di portata pari a circa 2 Lt/minuto. Lo stazionamento viene protratto sino al raggiungimento di una relazione lineare tra tempo e concentrazione di ciascun gas (ppm/sec), condizione che si è verificata mediamente entro 5' dall'inizio della misura.

Il dato grezzo in ppm/sec viene convertito in moli/m²/giorno, noti i valori del volume della camera di cattura, della temperatura dell'aria e della pressione barometrica, ed espresso in gr/m²/giorno. I limiti di rilevabilità delle misure di flusso sono pari a 0.1 ppm/sec per l'anidride carbonica e 0.3 ppm/sec per il metano.

Le misure di flusso effettuate nella parte vecchia della discarica (n. 14 stazioni) sono state posizionate lungo due transetti longitudinali situati sulla sommità pianeggiante, con interesse di circa 30 m tra le misure.

Nella parte nuova (n. 17 misure) le stazioni sono state ubicate ai nodi di una maglia di dimensioni medie di circa 30 x 30 m circa, con alcune misure (denominate A, B, C, D), posizionate nei settori marginali del lotto e/o laddove

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:4 di 23
------------------------------	--------	-----------------	------------------	--------------

riscontri rilevabili sul terreno (ad es. l'assenza di vegetazione) suggerivano la presenza di emissioni localizzate ("hot spots").

Il posizionamento è stato svolto mediante riferimenti, misure ed angoli rilevati sul terreno e con l'ausilio di GPS, con precisione sub-decimetrica (orientativamente 5-6 m).

Considerato il numero ridotto di misure, i dati di flusso, espressi $\text{gr/m}^2/\text{giorno}$, sono stati elaborati su base cartografica mediante una simbologia puntuale di dimensione proporzionale all'entità del flusso.

2.1. Trattamento ed elaborazione dei dati

La metodica di trattamento ed elaborazione dati consta delle seguenti fasi, secondo la metodologia indicata in Capaccioni et al. 2005:

- Standardizzazione dei dati grezzi (ppm/sec) per la temperatura, la pressione ambiente ed il volume proprio della camera di accumulo utilizzata, con conversione dei dati in moli/mq/giorno . Ottimizzazione dei singoli dati di flusso tramite il software *Flux revision* (della West Systems) dalla quale ottiene la migliore interpolazione della curva di flusso in ciascuna misura.
- Trasformazione dei dati grezzi di flusso ϕ con la funzione logaritmica, in $\ln \phi$.
- Generazione del reticolo dei punti di misura (linee a maglie quadrate di 3 m) tramite software di interpolazione spaziale.
- Riconversione dei dati del reticolo generato (oltre 11.000 dati tra reali ed interpolati) espressi in $\ln \phi$, tramite funzione esponenziale, al fine di riottenere i dati di flusso.
- Rappresentazione su base cartografica mediante simbologia puntuale di dimensione proporzionale all'entità del flusso.

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:5 di 23
------------------------------	--------	-----------------	------------------	--------------

- f) Introduzione di un filtro taglia-basso ai seguenti valori soglia: CO₂ a 5 gr/mq x giorno; CH₄ a 1.0 gr/mq x giorno, rappresentativi del fondo emittivo naturale dei suoli.

3. RISULTATI

La campagna effettuata evidenzia lo scenario delle emissioni relativamente ad una giornata di tempo sereno, caratterizzato da pressione barometrica media di 1017 mbar circa e con temperature medie di 9°C (con un minimo di 7° C e un massimo di 11°C) ed umidità relativa uguale a 89%, ventosità moderata con valori medi pari a 1 m/sec (bava di vento, secondo la scala Beaufort) e direzione prevalente di provenienza del vento da Est, precipitazioni assenti.

I campi di valori di flusso del CH₄ e della CO₂ risultano confrontabili ai dati delle precedenti campagne.

Nel dettaglio si hanno, per il Metano:

- n.25 misure su 31 con flusso molto basso o trascurabile (< 0.3 ppm/sec);
- n.6 misure su 31 con flusso molto basso o basso (0.3 – 1.0 ppm/sec);

Per quanto riguarda l'Anidride carbonica si hanno:

- n. 2 misure su 31 con flusso molto basso o trascurabile (< 0.1 ppm/sec);
- n. 29 misure su 31 con flusso basso o medio (0.1 – 10.0 ppm/sec);

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:7 di 23
------------------------------	--------	-----------------	------------------	--------------

Tabella 3.1. Classificazione del Flusso di Metano

Classi di valori di flusso (ppm /sec)	Percentuale del numero dei valori sul totale (Giugno 2016)	Classificazione del flusso
>10	0.0%	Da Medio ad Elevato
da 1 a 10	3.2%	Da Basso a Medio
da 0.3 a 1	22.6%	Da Molto Basso a Basso
<0.3	74.2%	Trascurabile – Molto Basso

Classi di valori di flusso (ppm /sec)	Percentuale del numero dei valori sul totale (Novembre 2016)	Classificazione del flusso
>10	0.0 %	Da Medio ad Elevato
da 1 a 10	0.0 %	Da Basso a Medio
da 0.3 a 1	19.4 %	Da Molto Basso a Basso
<0.3	80.6 %	Trascurabile – Molto Basso

Tabella 3.2. Classificazione del Flusso di Anidride Carbonica

Classi di valori di flusso (ppm /sec)	Percentuale del numero dei valori sul totale (Giugno 2016)	Classificazione del flusso
> 100	0.00%	Molto Elevato
da 10 a 100	0.00%	Da Medio ad Elevato
Da 0.1 a 10	83.9%	Da Basso a Medio
< 0.1	16.1%	Trascurabile - Molto Basso

Classi di valori di flusso (ppm /sec)	Percentuale del numero dei valori sul totale (Novembre 2016)	Classificazione del flusso
> 100	0.00%	Molto Elevato
da 10 a 100	0.00%	Da Medio ad Elevato
Da 0.1 a 10	93.5 %	Da Basso a Medio
< 0.1	6.5%	Trascurabile - Molto Basso

Tabella 3.3. Flussi di CH₄ e di CO₂

n. punto	CH ₄	CO ₂	CH ₄	CO ₂
	ppm/s		gr/mq·ora	
1	<LR	0,18	<LR	0,07
2	<LR	0,60	<LR	0,21
3	<LR	0,47	<LR	0,17
4	<LR	0,55	<LR	0,20
5	<LR	0,33	<LR	0,13
6	<LR	0,42	<LR	0,16
7	<LR	0,34	<LR	0,13
8	<LR	0,46	<LR	0,17
9	0,31	0,18	0,04	0,07
10	0,35	0,12	0,05	0,05
11	<LR	0,77	<LR	0,28
12	<LR	0,11	<LR	0,04
13	<LR	0,66	<LR	0,27
14	<LR	<LR	<LR	<LR
15	<LR	0,13	<LR	0,05
16	<LR	0,68	<LR	0,25
17	0,5	0,35	0,07	0,13
18	<LR	0,37	<LR	0,14
19	<LR	0,11	<LR	0,04
20	<LR	0,13	<LR	0,08
21	0,31	0,32	0,04	0,12
22	0,36	0,56	0,05	0,21
23	<LR	0,21	<LR	0,13
24	<LR	0,27	<LR	0,16
25	<LR	0,15	<LR	0,09
26	<LR	0,26	<LR	0,15
27	<LR	0,50	<LR	0,20
A	<LR	0,33	<LR	0,13
B	3,62	1,56	0,30	0,35
C	<LR	0,80	<LR	0,29
D	<LR	<LR	<LR	<LR

La distribuzione areale dei valori evidenzia quanto segue.

Nel vecchio lotto di discarica (30 anni circa di età): i valori di flusso di Metano sono trascurabili in 13 punti (1-7, 12-16, 18), mentre il punto 17 presenta flussi molto bassi o bassi. Per la CO₂ sono stati misurati flussi trascurabili o molto bassi in 1 punto di misura (14) e da bassi a medi negli altri punti.

Nel lotto più recente di discarica (10 anni circa di età) i valori del flusso di Metano sono trascurabili in 12 punti (<0.3 ppm/sec nei punti 8, 11, 19, 20, 23- 27, A, C, D), bassi o molto bassi (0.3-0.4 ppm/sec) negli altri punti, mentre nel punto B si registra un valore basso-medio (3.62 ppm/sec).

Per la CO₂ sono stati misurati flussi medio-bassi in 16 punti di misura e molto bassi o trascurabili in un punto di misura (D).

3.1. Stima del flusso diffuso di biogas

I principali descrittori statistici del set di dati rilevato sono riportati in Tabella 3.4 e Tabella 3.5. I valori inferiori al limite di rilevabilità sono stati considerati pari alla metà del limite.

I flussi riportati sono stati suddivisi in vecchio e nuovo lotto. Nel nuovo lotto si osservano flussi di metano lievemente più elevati di quelli rilevati nel vecchio lotto e flussi di anidride carbonica confrontabili (valori medi di 0.007 gr/m² ora nel vecchio e di 0.030 gr/m² ora nel nuovo lotto per il CH₄ e di 0.14 gr/m² ora nel vecchio lotto e 0.15 gr/m² ora nel nuovo lotto per la CO₂).

Tabella 3.4. *Flussi di metano e di anidride carbonica e loro rapporti caratteristici nel vecchio lotto di discarica (31000 m²). I valori inferiori al limite di rilevabilità sono stati considerati pari alla metà del limite.*

GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq·ora		
min	0,15	0,05	0,05	0,05	0,02
max	0,50	0,68	1,69	6,41	1,44
media	0,18	0,38	0,16	3,36	0,16
mediana	0,15	0,36	0,05	3,34	0,04
25° percentile	0,15	0,22	0,05	1,96	0,03
75° percentile	0,15	0,53	0,05	4,69	0,08

Tabella 3.5. *Flussi di metano e di anidride carbonica e loro rapporti caratteristici nel nuovo lotto di discarica (26000 m²). I valori inferiori al limite di rilevabilità sono stati considerati pari alla metà del limite.*

GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq·ora		
min	0,15	0,05	0,002	0,002	0,02
max	3,62	1,56	0,30	0,35	2,99
media	0,40	0,40	0,030	0,15	0,57
mediana	0,15	0,27	0,002	0,13	0,05
25° percentile	0,15	0,15	0,002	0,08	0,03
75° percentile	0,31	0,50	0,043	0,20	0,73

Pur sulla base di un set limitato di dati, estrapolato alle superfici dei due lotti della discarica, si stimano le seguenti emissioni totali delle due specie chimiche costituenti il Biogas durante il periodo primaverile Tabella 3.6.

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:11 di 23
------------------------------	--------	-----------------	------------------	---------------

Tabella 3.6. *Flussi lordi di CH₄ e CO₂ per ciascun lotto di discarica*

	Nuovo lotto	Vecchio lotto
Flusso totale in ton/g di CH₄	0,019	0,005
Flusso totale in ton/g di CO₂	0,09	0,10
Flusso totale di Biogas per lotto di discarica in ton/g	0,110	0,109

Al fine di dare una valutazione più dettagliata i risultati sono stati confrontati con alcuni valori bibliografici determinati in discariche europee “mature” (Tabella 3.7).

Nel vecchio e nel nuovo lotto di discarica i flussi misurati risultano confrontabili con i flussi misurati in altre discariche europee o più bassi.

Tabella 3.7. *Confronto fra flussi di metano ed anidride carbonica misurati nella discarica di Cesenatico e in altre discariche europee.*

Autore	Località	CH₄ mmol/m²h	CO₂ mmol/m²h
Nuovo lotto 21/11/16	Cesenatico, Italia	1.86 ^a – 18.50 ^b	3.34 ^a – 7.98 ^b
Vecchio lotto 21/11/16		0.42 ^a – 4.40 ^b	3.18 ^a – 6.07 ^b
Cossu et al., '97	Italia	0.09-98	-
Oonk & Boom, '95	Olanda - in attività	103 ^c -693 ^b	118 ^c -652 ^b
	Olanda - chiusa	10 ^c -137 ^b	19 ^c -158 ^b
	Olanda - coperta	3 ^c -3 ^b	-
McBain et al., '05	Canada	302-1691	-
Zyakun et al., '10	Russia	85	-
Nozhevnikova et al., '93	Russia	86	8.7-68
Jones et al., '93	UK	39-599	-
Jones et al., '90	UK	0.25-75	-
Meadows et al., '99	UK	2.14 ^a -13.5 ^b	-
Jones & Nedwell, '93	Martin Farm,UK	57-104	-
Börjesson, '96	Svezia	0.081-481	-
Maurice et al., '97	Svezia	0.82-1.9	-
Börjesson & Svensson, '97	Hökhuvud, Svezia	0.034-20	0-35
Maurice & Lagerkvist, '97	Lulea, Svezia	0-13.9	1.26-248
Savanne et al., '97	Francia	1.6-4.1	-
Boeckx et al., '96	Schoten, Belgio	0.02-2.4	-
Lifshitz & Minko, '93		0.002-0.24	0.0086-0.57

a = media

b = massimo

c = minimo

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:12 di 23
------------------------------	--------	-----------------	------------------	---------------

3.1.1 Confronto con le emissioni diffuse degli anni precedenti (2007-2015)

La distribuzione areale dei valori evidenzia nel vecchio lotto di discarica (circa 30 anni di età) flussi di Metano compresi molto bassi e trascurabili o bassi mentre, per quanto riguarda l'Anidride Carbonica, si sono registrati flussi da bassi fino a medio bassi durante tutto il periodo di monitoraggio.

Nel lotto più recente di discarica (10 anni circa di età) nel presente monitoraggio, come in giugno 2016, è scomparso il punto a forte emissione di CH₄ e CO₂ situato al limite con il lotto più vecchio (punto B), presente in novembre 2015, assente nelle campagne 2010, 2011 e 2013 e ricomparso nel 2014. In particolare in giugno 2014 i valori di CH₄ e CO₂ corrispondono rispettivamente a 115 e 204 gr/mq/giorno, in ottobre 2014 i valori si sono abbassati notevolmente a 10 e 15 gr/mq/giorno, in luglio 2015 tornano a risalire lievemente a 27 e 35 gr/mq/giorno, mentre in novembre 2015 aumentano lievemente a 47 e 53 gr/mq/giorno, ma risultano comunque notevolmente inferiori ai valori di giugno 2014. Nella campagna di maggio 2016 il flusso risulta inferiore al limite di rilevabilità e in novembre 2016 il flusso risulta molto basso (7.11 gr/mq/giorno).

I punti a forte emissione situati al limite con il lotto più vecchio in settori molto circoscritti (punti A e D) sono scomparsi, come nel 2015. Il punto hot spot situato lungo il perimetro esterno (punto C) nelle campagne di maggio e novembre 2016, non è più stato determinato come in novembre 2015.

Complessivamente per il metano si assiste ad una diminuzione sensibile del flusso rispetto ai monitoraggi del 2014 e 2015 e per l'anidride carbonica si osservano valori confrontabili con il 2015.

I flussi mediani di metano misurati nel vecchio lotto (Tabella 3.8) sono simili nel 2007 (0.014 gr/mq ora) e nel 2008 (0.018 gr/mq ora), lievemente superiori nel 2009 (0.064 gr/mq ora) e nel 2010 (0.056 gr/mq ora), tornano a diminuire nel 2011 (0.032 gr/mq ora) e nel 2013 (0.033 gr/mq ora), presentando in giugno 2014 il valore massimo (0.14 gr/mq ora), diminuendo in ottobre 2014 (0.069 gr/mq ora)

e nel 2015 (0.002 gr/mq ora) e in novembre e in giugno 2016 si osservano valori confrontabili con il 2011 e il 2013 (0.032 gr/mq ora).

Per la CO₂ si osservano valori in progressiva diminuzione dal 2007 al 2013 (1.32 ÷ 0.25 gr/mq ora), con un incremento in giugno 2014 ad un valore confrontabile (0.54 gr/mq ora) a quelli registrati nel 2011 e 2009 e una ulteriore diminuzione in ottobre 2014 (0.064 gr/mq ora) e nel 2015 (0.076 gr/mq ora) e in novembre e in giugno 2016 si osservano valori confrontabili con il 2011 e il 2013 (0.26 gr/mq ora).

I flussi mediani di metano misurati nel nuovo lotto nel 2007 (0.008 gr/mq ora) e nel 2008 (0.005 gr/mq ora) sono confrontabili, nel 2009 risultano più alti di un ordine di grandezza (0.08 gr/mq ora), mentre nel 2010, 2011 e 2013 tornano a diminuire (rispettivamente 0.029, 0.032 e 0.033 gr/m² ora) e in giugno 2014 subiscono un incremento raggiungendo il massimo finora registrato (0.10 gr/mq ora). In ottobre 2014 il flusso mediano di metano torna a diminuire (0.057 gr/mq ora) e nel 2015 raggiunge il valore minimo misurato (0.002 gr/mq ora) come in novembre e in giugno 2016 (0.002 gr/mq ora).

Per l'anidride carbonica, i flussi nel nuovo lotto sono in lieve aumento dal 2007 (1.153 gr/mq ora) al 2008 (1.815 gr/mq ora), mentre diminuiscono nel 2009 (1.447 gr/mq ora), nel 2010 (0.37 gr/mq ora), nel 2011 (0.58 gr/mq ora) e nel 2013 (0.154 gr/mq ora), aumentando nuovamente in giugno 2014 fino a raggiungere i livelli registrati nel 2011 (0.65 gr/mq ora). In ottobre 2014 si osserva invece un'ulteriore diminuzione (0.069 gr/mq ora), nel 2015 il flusso mediano di anidride carbonica risulta inferiore ai monitoraggi precedenti (0.112 gr/mq ora in luglio e 0.123 gr/mq ora in novembre) e in giugno 2016 corrisponde a 0.12 gr/mq ora, mentre in novembre 2016 è uguale a 0.13 gr/mq ora.

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:14 di 23
------------------------------	--------	-----------------	------------------	---------------

Tabella 3.8. *Flussi di metano e di anidride carbonica e loro rapporti caratteristici nel vecchio lotto di discarica (31000 m²). I valori inferiori al limite di rilevabilità sono stati considerati pari alla metà del limite.*

Novembre 2016					
GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq ora		
min	0,15	0,05	0,002	0,002	0,02
max	0,50	0,68	0,07	0,27	1,44
media	0,18	0,38	0,007	0,14	0,16
mediana	0,15	0,36	0,002	0,14	0,04
25° percentile	0,15	0,22	0,002	0,08	0,03
75° percentile	0,15	0,53	0,002	0,20	0,08
Giugno 2016					
GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq ora		
min	0,15	0,17	0,002	0,06	0,01
max	0,77	2,04	0,09	0,54	2,24
media	0,31	0,95	0,030	0,26	0,43
mediana	0,29	0,78	0,032	0,26	0,34
25° percentile	0,15	0,61	0,002	0,18	0,05
75° percentile	0,37	1,16	0,043	0,34	0,44
Novembre 2015					
GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq ora		
min	0,15	0,21	0,002	0,07	0,02
max	0,26	0,82	0,03	0,26	1,11
media	0,16	0,43	0,006	0,14	0,14
mediana	0,15	0,43	0,002	0,144	0,04
25° percentile	0,15	0,30	0,002	0,10	0,03
75° percentile	0,15	0,53	0,002	0,18	0,06
Luglio 2015					
GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq ora		
min	0,15	0,05	0,002	0,002	0,02
max	0,37	1,93	0,042	0,399	2,78
media	0,19	0,57	0,007	0,118	0,87
mediana	0,15	0,26	0,002	0,076	0,25
25° percentile	0,15	0,14	0,002	0,015	0,04
75° percentile	0,15	0,81	0,002	0,198	1,43
Ottobre 2014					
GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq ora		
min	0,15	0,04	0,002	0,023	0,05
max	0,71	0,29	0,15	0,17	8,71

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:15 di 23
------------------------------	--------	-----------------	------------------	---------------

media	0,34	0,12	0,067	0,07	3,27
mediana	0,32	0,11	0,069	0,064	2,71
25° percentile	0,23	0,05	0,050	0,03	1,34
75° percentile	0,38	0,15	0,081	0,09	5,06
Giugno 2014					
GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq ora		
min	0.17	0.30	0.07	0.18	0.09
max	0.85	1.99	0.80	1.18	2.37
media	0.43	1.02	0.31	0.60	0.62
mediana	0.38	0.91	0.14	0.54	0.42
25° percentile	0.20	0.61	0.09	0.37	0.26
75° percentile	0.59	1.31	0.65	0.78	0.55
2013					
GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq ora		
min	0.15	0.05	0.03	0.05	0.1
max	0.37	1.74	0.08	1.03	2.5
media	0.17	0.55	0.04	0.33	0.7
mediana	0.15	0.42	0.03	0.25	0.4
25° percentile	0.15	0.20	0.03	0.12	0.23
75° percentile	0.15	0.69	0.03	0.41	0.78
2011					
GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq ora		
min	0.15	0.14	0.03	0.08	0.09
max	0.51	1.58	0.11	0.94	1.07
media	0.23	0.74	0.05	0.44	0.47
mediana	0.15	0.76	0.03	0.45	0.41
25° percentile	0.15	0.30	0.03	0.18	0.20
75° percentile	0.33	1.07	0.07	0.63	0.78
2010					
GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq ora		
min	0.025	0.120	0.005	0.067	0.012
max	0.540	4.150	0.117	2.458	1.750
media	0.240	0.845	0.052	0.501	0.608
mediana	0.260	0.520	0.056	0.308	0.426
25° percentile	0.145	0.323	0.032	0.190	0.157
75° percentile	0.323	0.698	0.071	0.415	0.941
2009					
GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq ora		
min	0.025	0.025	0.005	0.003	0.021
max	0.869	2.584	0.187	1.532	4.598

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:16 di 23
------------------------------	--------	-----------------	------------------	---------------

media	0.300	1.048	0.065	0.620	0.644
mediana	0.297	0.848	0.064	0.502	0.333
25° percentile	0.025	0.263	0.005	0.155	0.153
75° percentile	0.481	1.411	0.104	0.836	0.499
2008					
GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq ora		
min	0.025	0.153	0.005	0.091	0.004
max	0.513	9.67	0.111	5.738	0.771
media	0.127	3.578	0.027	2.122	0.114
mediana	0.083	2.070	0.018	1.228	0.029
25° percentile	0.025	1.703	0.005	1.011	0.010
75° percentile	0.171	6.045	0.037	3.589	0.119
2007					
GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq ora		
min	0.025	0.455	0.005	0.262	0.05
max	0.45	16.7	0.095	9.60	0.03
media	0.14	3.06	0.030	1.76	0.047
mediana	0.066	2.29	0.014	1.32	0.029
25° percentile	0.025	0.737	0.005	0.423	0.034
75° percentile	0.246	3.49	0.052	2.003	0.07

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:17 di 23
------------------------------	--------	-----------------	------------------	---------------

Tabella 3.9. *Flussi di metano e di anidride carbonica e loro rapporti caratteristici nel nuovo lotto di discarica (26000 m²). I valori inferiori al limite di rilevabilità sono stati considerati pari alla metà del limite.*

Novembre 2016					
GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq ora		
min	0,15	0,05	0,002	0,002	0,02
max	3,62	1,56	0,30	0,35	2,99
media	0,40	0,40	0,030	0,15	0,57
mediana	0,15	0,27	0,002	0,13	0,05
25° percentile	0,15	0,15	0,002	0,08	0,03
75° percentile	0,31	0,50	0,043	0,20	0,73
Giugno 2016					
GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq ora		
min	0,15	0,05	0,002	0,002	0,02
max	8,71	4,83	0,71	1,08	1,80
media	0,66	0,85	0,04	0,20	0,20
mediana	0,15	0,39	0,002	0,12	0,05
25° percentile	0,15	0,10	0,002	0,03	0,04
75° percentile	0,15	0,73	0,002	0,19	0,14
Novembre 2015					
GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq ora		
min	0.15	0.06	0.002	0.02	0.02
max	42.59	17.42	1.97	2.22	2.44
media	2.74	1.44	0.13	0.26	0.37
mediana	0.15	0.32	0.002	0.112	0.06
25° percentile	0.15	0.25	0.002	0.08	0.04
75° percentile	0.15	0.49	0.002	0.16	0.28
Luglio 2015					
GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq ora		
min	0.15	0.05	0.002	0.002	0.01
max	99.74	47.26	1.134	1.477	3.00
media	8.53	5.09	0.123	0.330	0.62
mediana	0.15	1.11	0.002	0.212	0.05
25° percentile	0.15	0.41	0.002	0.111	0.02
75° percentile	0.34	1.96	0.010	0.326	0.26
Ottobre 2014					
GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq ora		
min	0,15	0,03	0,002	0,019	0,07

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:18 di 23
------------------------------	--------	-----------------	------------------	---------------

max	1,96	1,04	0,42	0,62	14,85
media	0,41	0,19	0,09	0,11	3,64
mediana	0,27	0,12	0,057	0,069	2,40
25° percentile	0,21	0,06	0,046	0,04	1,32
75° percentile	0,39	0,21	0,084	0,13	4,97
Giugno 2014					
GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq ora		
min	0.17	0.20	0.07	0.12	0.14
max	22.30	14.30	4.80	8.50	1.68
media	1.68	1.91	0.45	1.13	0.53
mediana	0.40	1.10	0.10	0.65	0.36
25° percentile	0.35	0.97	0.08	0.58	0.32
75° percentile	0.46	1.28	0.11	0.76	0.46
2013					
GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq ora		
min	0.15	0.05	0.03	0.05	0.1
max	5.92	9.44	1.28	5.60	2.5
media	0.50	1.12	0.11	0.67	1.0
mediana	0.15	0.26	0.03	0.15	0.6
25° percentile	0.15	0.13	0.03	0.08	0.39
75° percentile	0.15	0.74	0.03	0.44	1.18
2011					
GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq ora		
min	0.15	0.21	0.03	0.12	0.03
max	0.37	14.1	0.08	8.38	1.25
media	0.17	2.02	0.04	1.19	0.28
mediana	0.15	0.99	0.03	0.58	0.15
25° percentile	0.15	0.52	0.03	0.31	0.07
75° percentile	0.15	2.25	0.03	1.34	0.29
2010					
GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq ora		
min	0.025	0.120	0.005	0.071	0.013
max	0.57	7.660	0.13	4.54	0.917
media	0.17	1.370	0.038	0.81	0.251
mediana	0.140	0.630	0.029	0.371	0.226
25° percentile	0.100	0.480	0.021	0.283	0.065
75° percentile	0.240	1.710	0.054	1.013	0.314
2009					
GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq ora		
min	0.168	0.127	0.036	0.075	0.068
max	128.8	90.4	27.8	54	1.425

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:19 di 23
------------------------------	--------	-----------------	------------------	---------------

media	11.16	11.57	2.405	6.86	0.466
mediana	0.373	2.441	0.080	1.447	0.296
25° percentile	0.258	0.855	0.056	0.506	0.123
75° percentile	0.490	3.112	0.106	1.844	0.659
2008					
GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq ora		
min	0.025	0.707	0.005	0.420	0.002
max	372	310	80.0	183	0.164
media	23.4	24.6	5.029	14.58	0.053
mediana	0.025	3.06	0.005	1.815	0.025
25° percentile	0.025	1.62	0.005	0.963	0.009
75° percentile	0.268	7.48	0.058	4.437	0.099
2007					
GAS	CH₄	CO₂	CH₄	CO₂	CH₄/CO₂
u.m.	ppm/sec		gr/mq ora		
min	0.025	0.025	0.005	0.014	1.00
max	32.09	30.18	6.725	17.35	1.06
media	2.10	4.16	0.441	2.394	0.505
mediana	0.039	2.005	0.008	1.153	0.019
25° percentile	0.025	1.330	0.005	0.765	0.019
75° percentile	0.137	2.826	0.029	1.625	0.05

In Tabella 3.10 sono riportati i flussi lordi stimati per ciascun lotto di discarica.

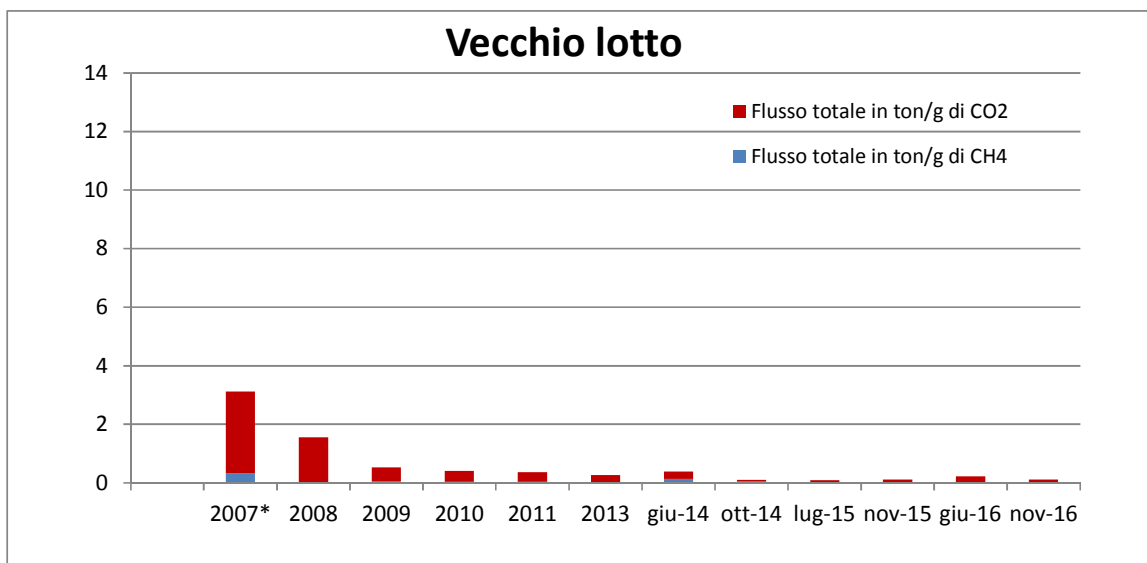
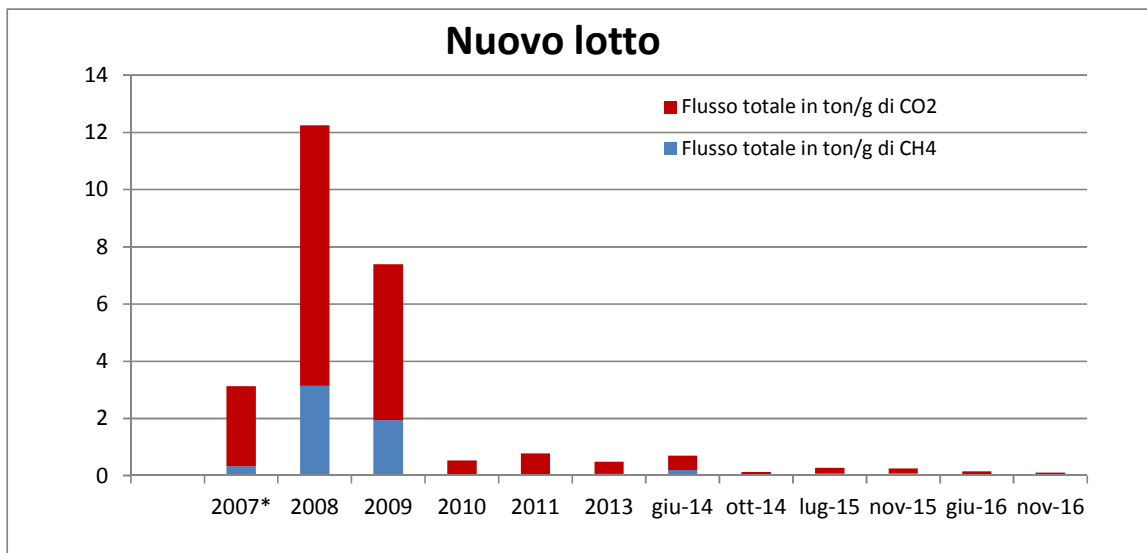
In entrambi i lotti si osservano valori confrontabili con i flussi di ottobre 2014 e una diminuzione rispetto a giugno 2014, che risulta più accentuato nel lotto più vecchio (Tabella 3.10).

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:18 di 23
------------------------------	--------	-----------------	------------------	---------------

Tabella 3.10. *Flussi lordi di CH₄ e CO₂ per ciascun lotto di discarica. *Nel 2007 la stima era stata fatta su tutta la superficie della discarica.*

	Novembre 2016		Giugno 2016		Novembre 2015		Luglio 2015		Ottobre 2014		Giugno 2014		2013	
	Nuovo lotto	Vecchio lotto	Nuovo lotto	Vecchio lotto	Nuovo lotto	Vecchio lotto	Nuovo lotto	Vecchio lotto	Lotto nuovo	Lotto vecchio	Lotto nuovo	Lotto vecchio	Lotto nuovo	Lotto vecchio
Flusso totale in ton/g di CH ₄	0,019	0,005	0,027	0,022	0.08	0.004	0.08	0.01	0.05	0.05	0.2	0.13	0.07	0.03
Flusso totale in ton/g di CO ₂	0,09	0,10	0,13	0,19	0.16	0.11	0.21	0.09	0.07	0.05	0.5	0.26	0.42	0.24
Flusso totale di Biogas per lotto di discarica in ton/g	0,110	0,109	0,15	0,21	0.25	0.11	0.28	0.09	0.12	0.10	0.7	0.39	0.49	0.27

	2011		2010		2009		2008		2007*	
	Lotto vecchio	Lotto nuovo	Lotto vecchio	Lotto nuovo	Lotto nuovo	Lotto vecchio	Lotto nuovo	Lotto vecchio	Lotto nuovo	Lotto vecchio
Flusso totale in ton/g di CH ₄	0.023	0.037	0.022	0.039	1.94	0.051	3.14	0.014	0.33	
Flusso totale in ton/g di CO ₂	0.75	0.32	0.51	0.37	5.45	0.48	9.11	1.54	2.79	
Flusso totale di Biogas per lotto di discarica in ton/g	0.77	0.36	0.53	0.41	7.39	0.53	12.25	1.55	3.12	



*Figura A1 Andamento dei flussi di CH₄ e CO₂ per ciascun lotto di discarica. *Nel 2007 la stima era stata fatta su tutta la superficie della discarica.*

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:20 di 23
------------------------------	--------	-----------------	------------------	---------------

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'indagine effettuata ha rilevato valori di flusso dei principali componenti del Biogas (Metano e A. carbonica) di entità estremamente bassa e fortemente ridotta, con un flusso totale giornaliero lordo di Biogas pari a 0.22 ton/giorno in novembre 2016 e 0.36 ton/g in giugno 2016.

Il flusso totale determinato nel nuovo lotto (0.11 ton/g in novembre 2016 e 0.15 ton/g in giugno 2016) è inferiore o confrontabile con le misure effettuate dal 2010 al 2015 (0.12-0.77 ton/g) e notevolmente inferiore ai valori degli anni precedenti a causa del netto incremento dei volumi di Biogas trattati dall'impianto di aspirazione e combustione.

Nel vecchio lotto di scarica sono state misurate emissioni confrontabili o inferiori (0.11 ton/g in novembre 2016 e 0.21 ton/g in giugno 2016) ai valori degli anni precedenti (0.09-1.55 ton/g nel periodo 2008-2015).

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:21 di 23
------------------------------	--------	-----------------	------------------	---------------

BIBLIOGRAFIA

Agenzia Regionale per la Tutela dell'Ambiente dell'Abruzzo (2007). Linee guida per il monitoraggio delle emissioni gassose e della qualità dell'aria nelle discariche ai sensi del D.Lgs. 36/2003.

Benedetti M. (1995). Lo smaltimento dei rifiuti solidi urbani: risorse sprecate, contaminazione ambientale ed analisi di una possibile soluzione. Tesi di laurea in Ingegneria Chimica, Università degli studi di Bologna.

Boeckx, P., Van Cleemput, O. & Villaralvo, I. (1996). Methane emission from a landfill and the methane oxidizing capacity of its covering soil. Soil Biological Biochemistry 28, 1397–1405.

Börjesson G. & Svensson B.H. (1997). Measurements of LF gaseous emissions and investigations on methane oxidation in the cover soils; Proceedings Sardinia 97, Sixth International landfill Symposium; CISA publisher, Cagliari; 45-51.

Capaccioni B., Didero M., Lucci P., Pirillo L., Scartoni P. & Tatàno F. (2005). Camera di accumulo portatile per il monitoraggio di emissioni di biogas da discarica: risultati sperimentali ed elaborazioni preliminari a scala provinciale RS Rifiuti Solidi, vol.XIX, n. 2, marzo-aprile.

Cossu R., Muntoni A, Chiarantini L., Massacci G., Serra P, Scolletta A. & Sterzi G. (1997). Biogas emissions measurements using static and dynamic flux chambers and infrared method. Proceedings Sardinia 97, Sixth International landfill Symposium; CISA publisher, Cagliari.

Christophersen M. and Kjeldsen P.(1999). Field investigation of lateral gas migration and subsequent emission at an old LF; Proceedings Sardinia 99, Seventh International landfill Symposium; CISA publisher, Cagliari

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:22 di 23
------------------------------	--------	-----------------	------------------	---------------

Farquhar G.J. & Rovers F.A. (1997). Biogas production during refuse decomposition. Proceedings Sardinia 97, Sixth International landfill Symposium; CISA publisher, Cagliari, 3-12.

Gervasoni S. (2000). Discariche controllate: significato e utilizzo delle discariche dopo l'uscita del decreto Ronchi, e della nuova Direttiva Comunitaria; ed. Hoepli Milano.

Jones, H.A. & Nedwell, D.B. (1990). Soil Atmosphere Concentration Profiles and Methane Emission Rates in the Restoration Covers Above Landfill Sites: Equipment and Preliminary Results. Waste Management & Research, Vol. 8, No. 1, 21-31

Jones, H.A. & Nedwell, D.B. (1993). Methane emission and methane oxidation in landfill cover soil. FEMS Microbiology Ecology 102, 185–195.

Lifshits A.B. & Minko O.I. (1993). Spatial heterogeneity of gas generation in LF sites. Proceedings Sardinia 93, Fourth International landfill Symposium; CISA publisher, Cagliari, 557-572.

Maurice C., Lagerkvist A. (1997). Seasonal variation of landfill gas emissions; Proceedings Sardinia 97, Sixth International landfill Symposium; CISA publisher, Cagliari.

McBain M.C., Warland J.S., McBride R.A., Wagner-Riddle C. (2005). Micrometeorological measurements of N₂O and CH₄ emissions from a municipal solid waste landfill . Waste Manage Research, Vol. 23, 409-419.

Meadows, M., Gregory, R., Fish, C. & Gronow, J. (1999). Characterising methane emissions from different types of landfill sites. In: Christensen, T.H., Cossu, R., Stegmann, R., (eds), Proceedings Sardinia 99, Seventh International Waste Management and Landfill Symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy, 4–8 October 1999. Cagliari, Italy: CISA, pp. 25–30.

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	Pag.:23 di 23
------------------------------	--------	-----------------	------------------	---------------

Nozhevnikova, A.N., Lifshitz, A.B., Lebedev, V.S. & Zavarzin, G.A. (1993).

Emission of methane into the atmosphere from landfills in the former USSR.
Chemosphere 26, 401–417.

Oonk H. & Boom T (1995). Landfill gas emission measurements using a mass-balance method. NOVEM Programme Energy Generation from Waste and Biomass (EWAB), TNO Report R 95.

Rolston D.E. (1986). Gas flux, 1103-1119.

Savanne D., Arnaud A., Beneito A., Berne P., Burkhalter R., Cellier P., Gonze M.A. et al. (1997). Comparison of different methods for measuring LF methane emissions; Proceedings Sardinia 97, Sixth International landfill Symposium; CISA publisher, Cagliari.

Zyakun A.M., Muravyev A.I., Baskunov B.P., Laurinavichius K.S., Zakharchenko V. N., Peshenko V. P., Lykov I.N. and Shestakova G. (2010). Estimation of microbial methane generation and oxidation rates in the municipal solid waste landfill of Kaluga city, Russia. Isotopes in Environmental and Health Studies, Vol. 46, No. 1, 78-90.

Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	A1
------------------------------	--------	-----------------	------------------	----

ALLEGATO A1:
Carta dei flussi di metano in novembre 2016

Legenda

CH₄ gr/m²/d

- <1
- 1-5
- >5

Carta delle emissioni diffuse di Metano

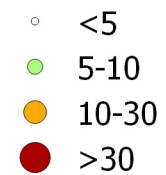


50 0 50 100 150 200 m



Cod. Doc.: 15544-ATM-R000316	Rev. A	Studio: 1615421	Data: 21/12/2016	A2
------------------------------	--------	-----------------	------------------	----

ALLEGATO A2:
Carta dei flussi di anidride carbonica in novembre 2016



Carta delle emissioni diffuse di Anidride Carbonica

