

# emendo



**BARBAGIA AMBIENTE SRL**

Via Convento, 35  
08100 NUORO

**Discarica per rifiuti non pericolosi  
ubicata in località "Coronas Bentosas"  
Bolotana (NU)**

**Progetto impianto di trattamento biogas**

Relazione Tecnica R-23393-03  
Sarezzano Dicembre 2023

**Emendo s.r.l. Società Unipersonale**

Capitale Sociale: € 10.000 i.v.

Sede legale ed operativa: Via Rocca Grue, 17 - 15050 Sarezzano (AL)

Codice Fiscale e Partita IVA 02352400069

Codice univoco destinatario del Sistema Di Interscambio (SDI): M5UXCR1

Registro Imprese Alessandria 02352400069 R.E.A. n. 248240

e-mail certificata: [emendo@legalmail.it](mailto:emendo@legalmail.it)

[www.emendosrl.it](http://www.emendosrl.it) - e-mail: [info@emendosrl.it](mailto:info@emendosrl.it)

tel./fax: +39-0131-884596

Associata Unione Italiana  
Consulenti Ambientali





## Indice:

1.	Premessa .....	3
2.	Descrizione della discarica .....	3
2.1.	Localizzazione.....	3
2.2.	Volumetrie e capacità .....	6
2.3.	Tipologia rifiuti smaltiti .....	10
3.	Putrescibilità rifiuti e produzione biogas .....	12
3.1.	Putrescibilità rifiuti presso l'impianto specifico.....	12
3.2.	Valutazione Enti di controllo.....	12
3.3.	Produzione di biogas.....	13
4.	Modello BIO-7 .....	15
5.	Cronologia degli smaltimenti .....	16
6.	Variabili merceologiche dei rifiuti .....	19
6.1.	Valutazione delle componenti potenzialmente putrescibili .....	26
6.2.	Assunzioni .....	28
7.	Umidità della discarica .....	30
8.	Variabili soggettive .....	32
9.	Produttività specifiche biogas .....	33
10.	Produzione totale biogas .....	34
11.	Captabilità .....	37
12.	Tipologie di trattamento del biogas.....	41
12.1.	Scenario 1: recupero energetico del biogas .....	42
12.2.	Scenario 2: combustione in torcia del biogas .....	42
12.3.	Scenario 3: ossidazione biologica centralizzata del biogas.....	43
12.4.	Scenario 4: ossidazione biologica in situ del biogas .....	44
12.5.	Scenario 5: libera esalazione del biogas .....	45
12.6.	Raffronto scenari .....	48
13.	Scelta del trattamento del biogas.....	51
14.	Progettazione della rete di captazione .....	52
14.1.	Tipologia del sistema di captazione .....	53
14.2.	Disposizione del numero dei punti di captazione .....	59
15.	Progettazione Bio-Ossidazione in situ.....	63
15.1.	Dimensionamento sistema bio-ossidazione in situ .....	65
15.2.	Descrizione BOIS .....	67
16.	Piano di Monitoraggio.....	72
17.	Cessazione dell'attività di trattamento biogas .....	72

## Allegati:

- N° 11 tavole illustrative.
- Piano Sorveglianza e Controllo (PSC-23393)



## 1. Premessa

---

La Scrivente Società di servizi EMENDO s.r.l. ha ricevuto incarico dalla Società Barbagia Ambiente, gestore autorizzato della discarica per rifiuti non pericolosi, ubicata in località “Coronas Bentosas” nel Comune di Bolotana (NU), per lo studio di un progetto per le dotazioni di captazione e trattamento del biogas.

La scrivente Società ha un’esperienza maturata in circa 45 anni di attività professionale su discariche controllate applicata su oltre 750 casistiche in numerose Nazioni in 4 continenti. Tale esperienza sarà messa a disposizione per lo svolgimento dell’attività richiesta.

Lo sviluppo del progetto prevede una descrizione sommaria dell’impianto esistente ed in previsione di ampliamento (istanza autorizzativa in corso di valutazione), successivamente verranno valutate tutte le opzioni possibili previste per il trattamento in riferimento alla Normativa vigente, allo stato dell’arte ed ovviamente alle BAT (Best Available Technologies).

Tali riscontri saranno confrontati con le previsioni di produttività del biogas specificatamente sviluppate per la discarica in oggetto e, di conseguenza, verranno proposte le tecniche più adeguate al trattamento del biogas.

## 2. Descrizione della discarica

---

### 2.1. Localizzazione

La zona interessata dalla discarica è ubicata in località “Coronas Bentonas” nel Comune di Bolotana in Provincia di Nuoro.

La discarica risulta essere posizionata a circa 9 km a sud-est del centro abitato di Bolotana.

Le coordinate geografiche della discarica (ingresso) sono le seguenti:

- latitudine Nord:    45°    15’    25”
- longitudine Est:    09°    00’    24”

L’impianto è raggiungibile dalla Variante Ovest della SP17 a servizio della Zona Industriale “Piano Insediamenti Produttivi SU NURA”

Si riportano di seguito alcune immagini satellitari tratte dal sito web: Google Earth ®, l’aggiornamento più recente risale al maggio 2022 e risulta pertanto non essere indicativo della evoluzione degli abbancamenti dei rifiuti.



emendo

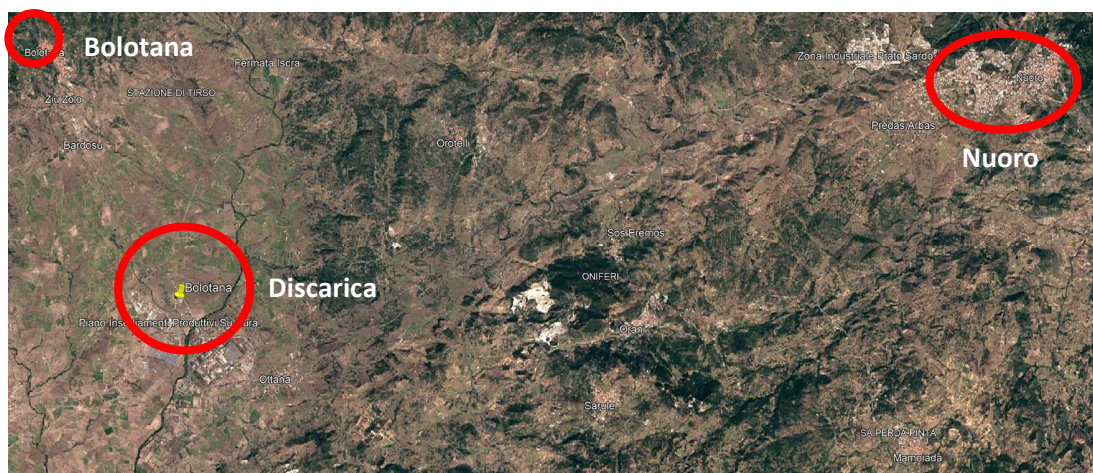


***Immagine satellitare Google Earth® – quota 315.000 m  
Inquadramento Regionale***





emendo



***Immagine satellitare Google Earth® – quota 42.000 m***  
***Inquadramento Provinciale***



***Immagine satellitare Google Earth® – quota 10.000 m***  
***Inquadramento Comunale***





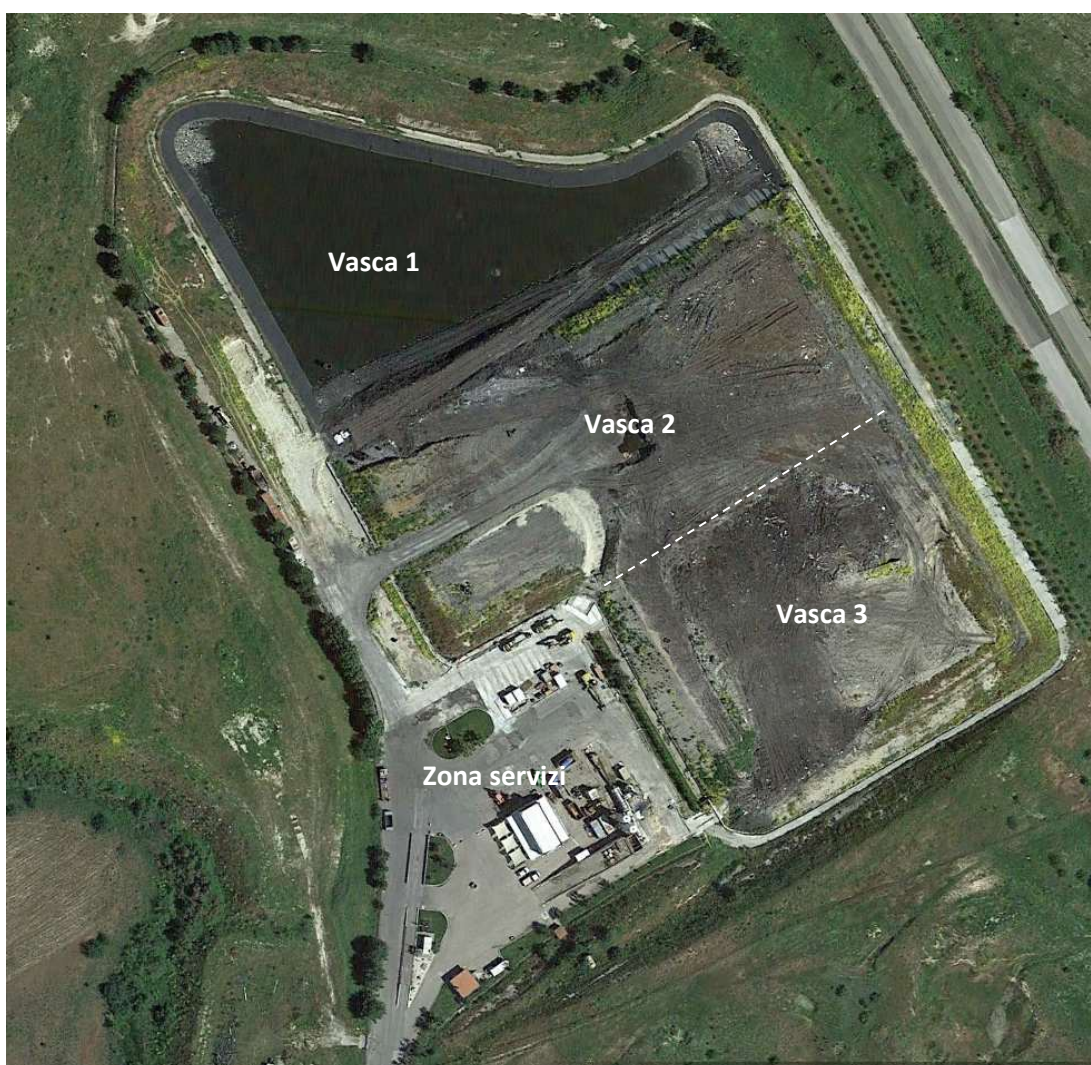
## 2.2. Volumetrie e capacità

La discarica si compone di n. 3 vasche adiacenti, di forma e dimensioni differenti, separate tra di loro da argini intermedi, sepolti dalla coltivazione in elevazione.

Le 3 vasche, identificate da nord verso sud rispettivamente con le sigle V1, V2 e V3 hanno le seguenti forme e dimensioni:

- V1: triangolare, con base di m 118,2 e altezza di m 169,6
- V2: rettangolare, di m 167,20 x 73,60
- V3: rettangolare, di m 118,60 x 93,90.

Nella ripresa satellitare più recente (maggio 2022) si evidenzia la situazione della discarica e la distinzione delle tre vasche.



*Immagine satellitare Google Earth® – quota 650 m  
Inquadramento impiantistico*



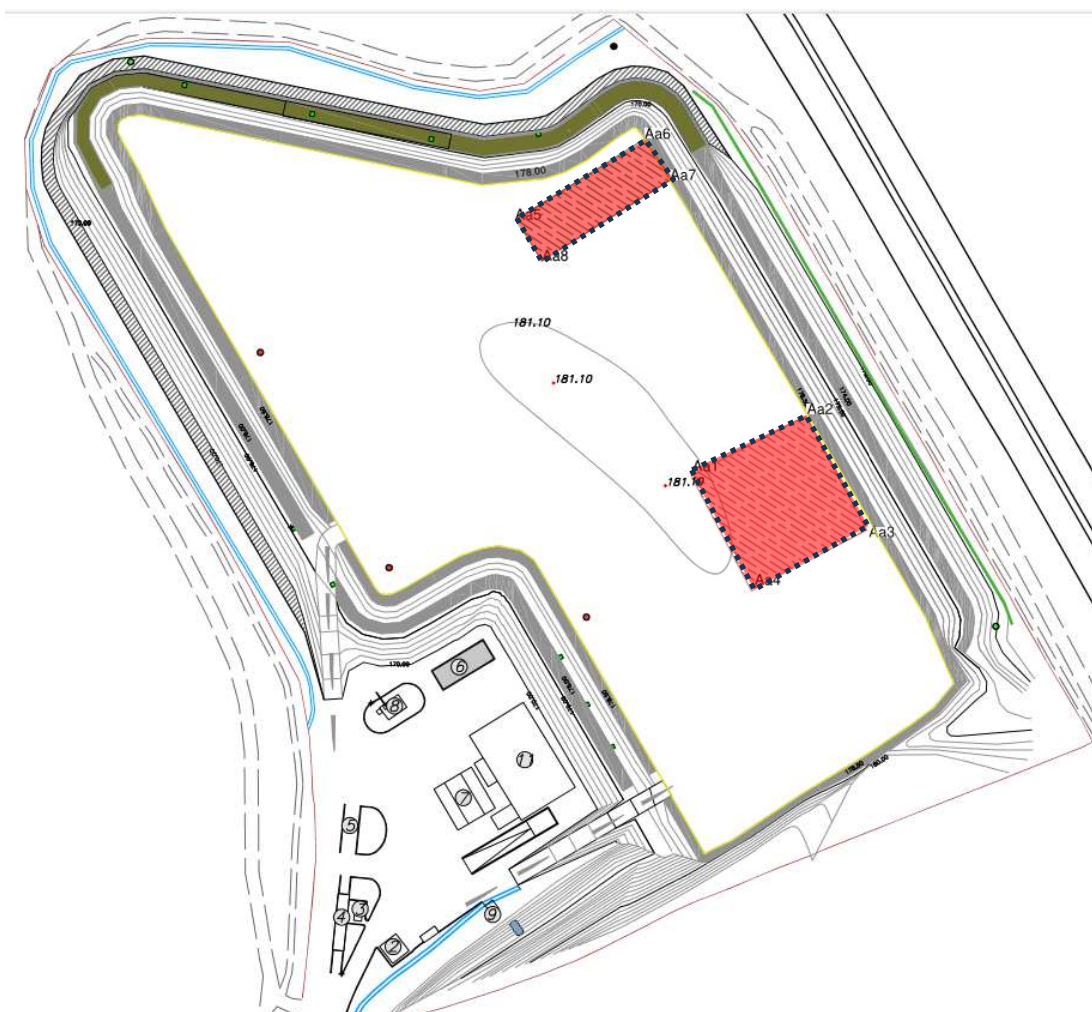






La nuova autorizzazione richiesta prevede un incremento di volumetria di ulteriori 250.000 m<sup>3</sup>.

Si riporta di seguito la planimetria della conformazione morfologica della discarica all'esaurimento previsto della volumetria in fase di autorizzazione.



***Planimetria copertura discarica riferita al termine dell'ampliamento in fase di Autorizzazione*** (le aree colorate in rosso rappresentano le zone previste di deposito dei rifiuti contenenti amianto)

La volumetria netta complessiva dell'intero impianto preso in considerazione è di 200.000 m<sup>3</sup> per la parte attualmente autorizzata ed ulteriori 250.000 m<sup>3</sup> per la parte in fase di autorizzazione per un totale complessivo di 450.000 m<sup>3</sup>.



Il presente progetto considererà distintamente le due volumetrie (autorizzata ed autorizzabile), specialmente nella fase di valutazione della capacità produttive del biogas.

Per quanto riguarda la capacità della discarica, intesa come la trasformazione dei volumi in massa di rifiuti, si è considerato il rapporto tra i quantitativi di rifiuti smaltiti ed i volumi occupati definendo un coefficiente di densità di  $1,82 \text{ t/m}^3$ .

Tale assunzione consente di definire la capacità della discarica in funzione della attuale autorizzazione e di quella in fase di autorizzazione:

- |   |                   |
|---|-------------------|
| ▪ Discarica autorizzata: $200.000 \text{ m}^3 \times 1,82 \text{ t/m}^3$ :    | 364.000 t Rifiuti |
| ▪ Discarica da autorizzare: $250.000 \text{ m}^3 \times 1,82 \text{ t/m}^3$ : | 455.000 t Rifiuti |

Occorre considerare che la discarica autorizzata comprende anche i conferimenti pregressi alla autorizzazione AIA del 2010 a risalire fino al 2004. Tali conferimenti saranno considerati nella prospezione produttiva anche se molto vecchi.

### 2.3. Tipologia rifiuti smaltiti

Nella discarica Barbagia Ambiente di Bolotana sono smaltibili i rifiuti speciali non pericolosi il cui eluato sia conforme ai limiti previsti dalla Tab. 5 del D.M. 27.09.2010.

**I rifiuti ammessi allo smaltimento sono genericamente caratterizzati da una modesta presenza di sostanze organiche putrescibili.**

La coltivazione della discarica è stata prevista in numero 6 moduli. Attualmente risulta pressoché esaurita la vasca V3, in via di esaurimento la vasca V2 ed in avanzata coltivazione la vasca V1.

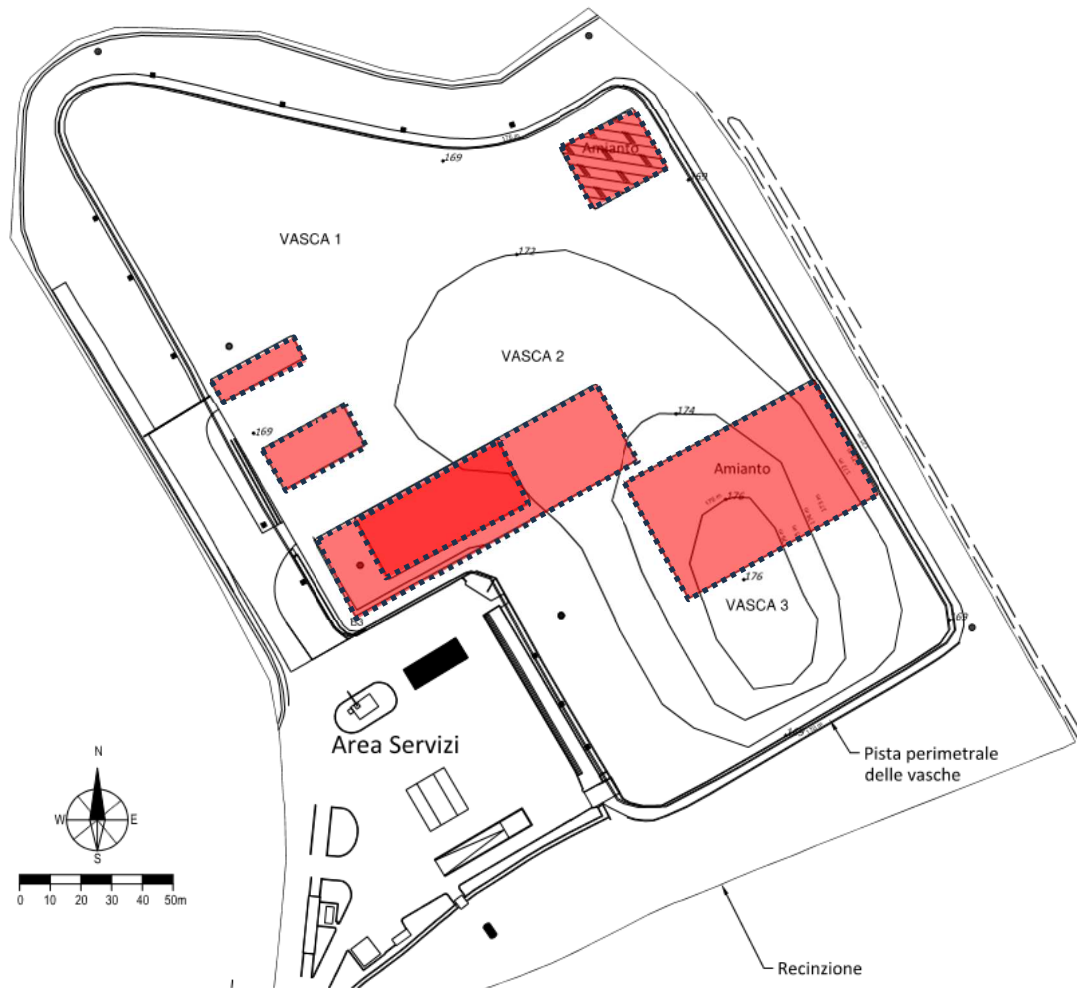
Nell'ambito della volumetria consentita, l'impianto è autorizzato allo smaltimento di rifiuti contenenti amianto, da abbancarsi in "cella dedicata".

Il conferimento di tali rifiuti è stato, e verrà, limitato a specifici settori.

I settori contenenti amianto verranno esclusi dalla azione di captazione dei biogas per due motivi: In primo luogo trattasi di rifiuti non putrescibili e quindi non produttivi; in secondo luogo si intende limitare al massimo la movimentazione di particelle e fibre leggere provenienti da questi settori.

Si riporta di seguito un estratto planimetrico dal progetto esecutivo dell'ampliamento con l'identificazione delle aree utilizzate per lo smaltimento di questo tipo di rifiuti e le quote di localizzazione "storica".

Tale distribuzione verrà attentamente considerata nella disposizione dei punti di captazione del biogas sia come posizionamento planimetrico che come profondità di drenaggio.



***Planimetria coltivazione discarica con settori smaltimento rifiuti con amianto***  
*(planimetria termine conferimenti autorizzati, le aree colorate in rosso rappresentano le zone di deposito dei rifiuti contenenti amianto)*





---

### 3. Putrescibilità rifiuti e produzione biogas

---

#### 3.1. Putrescibilità rifiuti presso l'impianto specifico

La tipologia di rifiuti smaltita nella discarica in oggetto, per caratteristiche merceologiche, non produce quantitativi significativi di biogas.

Inizialmente la discarica era stata dotata di dotazioni per la gestione dei gas biologici ma, a causa della minima presenza degli stessi, tali dotazioni sono state dismesse.

Tale assunzione e scelta operativa è stata confermata da ben 3 indagini di valutazione delle emissioni diffuse svoltesi negli anni 2020, 2021 e 2022 secondo le indicazioni della Norma Tecnica: *"Guidance on monitoring landfill gas surface emissions, LFTGN07 v2, 2010"* ribadite dalla RECONNET (Rete Nazionale sulla gestione e la Bonifica dei Siti Contaminati) con titolo: DETERMINAZIONE E GESTIONE DEI LIVELLI DI GUARDIA PER IL MONITORAGGIO DELLE DISCARICHE.

La RECONNET riunisce diversi membri autorevoli, tra i quali numerosi istituti Universitari (tra i quali l'Università di Cagliari), Enti locali (Province), Agenzie Regionali per l'Ambiente (Veneto, Lombardia, Emilia-Romagna, Abruzzo, Umbria, Sicilia) ed altri Enti (CNR, ISPRA, ENEL, ecc.).

Si riportano le sintesi emerse dai tre studi condotti per il Committente dalla Soc. MUSE s.r.l. di Sassari.

- Indagine 2020 (20/01/2020): produzione 2,66 Nm<sup>3</sup>/h LFG50
- Indagine 2021 (20/01/2020): produzione 1,84 Nm<sup>3</sup>/h LFG50
- Indagine 2022 (20/01/2020): produzione 2,60 Nm<sup>3</sup>/h LFG50

Si precisa che i rilievi sono stati ripetuti su numerosi punti distribuiti sulla superficie, secondo le indicazioni della Norma EA, fino a 41 campionamenti nel 2022. Inoltre, nella indagine del 2021 è stata condotta anche una indagine termografica aerea al fine di identificare eventuali anomalie termiche, indicatrici di fenomeni esotermici correlabili alla produzione di biogas, sulle quali procedere in modo specifico.

**Tutte le osservazioni oggettive svolte confermano quindi una bassa emissività di biogas e giustificerebbero quindi, la non necessità di un impianto di captazione e trattamento specifico, come più avanti approfondito.**

#### 3.2. Valutazione Enti di controllo

Nell'ambito del riesame con valenza di rinnovo dell'Autorizzazione Integrata Ambientale, in riferimento al verbale della Conferenza di Servizi: convocata in modalità sincrona in data 20/09/2023 è stato espresso il seguente parere da parte dell'Agenzia ARPAS:



***“Rifiuti Biodegradabili: valutazione ammissibilità in discarica priva di impianto di estrazione del biogas: Premesso che il D. Lgs. 36/03 prevede nell’allegato 1, punto 2.5 Controllo dei gas, la seguente MTD: Le discariche che accettano rifiuti biodegradabili devono essere dotate di impianti per l'estrazione dei gas che garantiscano la massima efficienza di captazione e il conseguente utilizzo energetico, ove questo venga ritenuto tecnicamente fattibile.***

*In sintonia con gli obiettivi prescritti dal Piano Regionale per la Gestione dei Rifiuti Speciali (PRGRS) aggiornato con DGR n. 1/21 del 08/01/2021, i rifiuti biodegradabili e gli scarti derivanti dal loro trattamento potranno essere conferiti alle sole discariche per rifiuti non pericolosi dotate di apposito impianto di captazione del biogas; tale disposizione verrà recepita nei provvedimenti autorizzativi degli impianti di smaltimento e di recupero nonché nelle discariche per rifiuti non pericolosi del territorio regionale.*

*ARPAS ribadisce che la collocazione in discarica dei rifiuti con caratteristiche di biodegradabilità, ancorché stabilizzati, dovrà avvenire in aree servite da una rete di captazione del biogas, con annesso impianto di abbattimento o recupero, quest’ultimo da definirsi a seconda delle caratteristiche quantitative e qualitative del biogas prodotto.*

*Riguardo ai requisiti di ammissibilità in discarica si rimanda alle Linee Guida ISPRA n. 145/2016 in particolare al Capitolo 5.”*

Tale indicazione del parere ARPAS verrà attentamente recepita e considerata nel presente progetto con lo scopo di ottemperare alla indicazione valutativa di un “... *impianto di abbattimento o recupero, quest’ultimo da definirsi a seconda delle caratteristiche quantitative e qualitative del biogas prodotto*”.

Inoltre, in riferimento alla presenza di rifiuti particolari, come quelli contenenti amianto (non putrescibili) verrà posta particolare attenzione onde evitare la diffusione di gas e particelle leggere localizzate in aree ben definite e censite, nel rispetto della indicazione: “... *la collocazione in discarica dei rifiuti con caratteristiche di biodegradabilità, ancorché stabilizzati, dovrà avvenire in aree servite da una rete di captazione del biogas*”.

La valutazione delle componenti potenzialmente putrescibili (indicazione ARPAS: *Linee Guida ISPRA n. 145/2016 in particolare al Capitolo 5*) sarà considerata sui rifiuti smaltiti nel passato nella discarica Autorizzata e per i rifiuti smaltibili nel futuro (previsioni di conferimenti).

### **3.3. Produzione di biogas**

I fenomeni alla base del processo di produzione del biogas sono oramai ben conosciuti ed ampiamente descritti dalla ampia bibliografia disponibile. Per tale motivo si tralascia in questa sede la descrizione dei fattori bio-chimici e dei concetti alla base del fenomeno.



## emendo

---

In effetti il fenomeno “base” è abbastanza semplice mentre è ben più complessa la valutazione della “sovrapposizione degli effetti” di produzione del biogas che avviene in una discarica.

Il fenomeno fermentativo che può essere simulato all’interno di un laboratorio è facilmente controllabile ed analizzabile, anche all’interno di un digestore anaerobico di rifiuti, o di sostanze organiche assimilabili, di alcune decine di metri cubi il fenomeno è ben definibile e tutti i parametri influenti sono analiticamente osservabili ed eventualmente correggibili.

In una discarica di grandi dimensioni la fenomenologia è invece estremamente più complessa e quindi è possibile definire che in discarica non è presente un fenomeno fermentativo, ma bensì innumerevoli fenomeni che contemporaneamente contribuiscono alla produzione del biogas.

La tipologia dei rifiuti, per natura stessa estremamente eterogenea, le mutevoli condizioni ambientali, costruttive e gestionali di un impianto influiscono sulla produzione complessiva del biogas. Con tali premesse si valuta come indispensabilmente necessario un approccio molto prudentiale e flessibile all’argomento di valutazione della produzione di biogas.

L’uso di modelli molto semplificati e fortemente arbitrari (ad esempio LandGEM-EPA) è assolutamente sconsigliabile anche se molti di questi modelli sono facilmente reperibili sul web.





---

#### 4. Modello BIO-7

---

Al fine di valutare adeguatamente la curva di produttività del biogas della discarica in oggetto si è ritenuto di utilizzare il modello probabilistico “BIO-7” che risulta essere un aggiornamento più specialistico dei modelli “BIO” precedenti, basato su un metodo misto teorico-pratico. La versione 7 risulta essere una ottimizzazione dell’approccio del modello previsionale BIO sviluppato da oltre 35 anni ed applicato in centinaia di casistiche.

Questa più recente versione consente di considerare più approfonditamente tre importanti elementi:

- L’inserimento del massimo numero di variabili effettivamente rappresentative dell’ambiente di fermentazione e della tipologia del sistema di captazione;
- Considerare la variabilità probabilistica degli elementi di input inseriti nel modello di calcolo.

In particolare, la possibilità di valutare attentamente la composizione dei rifiuti evita di sottovalutare alcuni aspetti merceologici determinanti.

Normalmente i modelli semplificati “mediano” tali variazioni, composizioni e tecniche di smaltimento identificando “un unico tipo rappresentativo di rifiuto”; ma con questo approccio non vengono considerate le numerose mutazioni intervenute anni di attività e malamente considerata la cinetica di trasformazione che è determinante nella fenomenologia in oggetto.

Il modello BIO-7 intende ridurre tali problematiche prevedendo un elevato numero di variabili differenziabili nelle epoche storiche di utilizzo dell’impianto.

Alcune variabili sono riferite ad informazioni precise, come ad esempio il quantitativo dei rifiuti conferiti, mentre altre sono assunte come “informazioni” tipologiche che hanno però la funzione di modificare lo sviluppo del calcolo.

Si prenda ad esempio la definizione della morfologia della discarica, che sicuramente incide sulla capacità produttiva del fenomeno di fermentazione e sull’efficienza di captazione. Non è possibile attribuire un valore “oggettivo” alla forma di una discarica ma è possibile scegliere tra alcune definizioni tipologiche che identificano meglio lo stato reale.

Nel seguito si procede allo studio delle informazioni determinanti per l’elaborazione della prospezione produttiva del biogas.



---

## 5. Cronologia degli smaltimenti

---

La prospezione produttiva deve considerare tutti gli smaltimenti avvenuti nel passato in quanto il fenomeno generativo è abbastanza lento e variabile e quindi è prevedibile che una tonnellata di rifiuto possa generare biogas, con diverso flusso, per alcuni decenni.

Inoltre, la prospezione deve considerare anche le previsioni di smaltimento future al fine di verificare e dimensionare correttamente le dotazioni di gestione esistenti e previste.

Conseguentemente la lista cronologica degli smaltimenti deve comprendere il consuntivo analitico degli smaltimenti passati e la stima di quelli futuri.

Come premesso la discarica in oggetto è stata attivata nel 2004 da un Gestione differente da quella attuale intervenuta nel 2016. I dati riferiti al periodo antecedente (2004 – 2015) sono di difficile reperimento e disponibilità.

Si osserva che tale apporto ha oramai una età di deposito elevata e che i modesti fenomeni produttivi di biogas riferibili a tali volumi siano presumibilmente irrilevanti. In ogni caso, per correttezza di calcolo, è stato stimato un volume occupato da tale Gestione e considerato l'apporto produttivo di biogas della porzione più vecchia.

La discarica Autorizzata è in fase di esaurimento delle volumetrie concesse e si prevede che gli smaltimenti potranno proseguire fino al termine del corrente anno 2023.

Condizionatamente al rilascio della nuova autorizzazione si prevede di proseguire i conferimenti in sopraelevazione fino al raggiungimento delle nuove volumetrie. Tale ipotesi cronologica è stata supposta nel secondo semestre 2024.

A causa del “condizionamento autorizzativo” la prospezione viene sviluppata su tre distinti “step” previsionali: il primo basato sui conferimenti stimati della vecchia Gestione (2004 – 2015), il secondo: della discarica autorizzata (Attuale Gestione) a partire dal 2016 con termine nel 2023 ed il terzo, basato sulla ipotesi di sopraelevazione (Nuova Autorizzazione in fase di istanza) a partire da 2024.

I conferimenti “autorizzati” partono dal 2004 ma solo dal 2016 sono disponibili precisi dati sui quantitativi (in peso) di rifiuti smaltiti e della loro tipologia merceologica (Codici EER).

Per il completamento dell'anno corrente (2023) è stata utilizzata una “proiezione” dei dati oggettivi disponibili fino a fine 2023.

I conferimenti ipotizzati per la “nuova autorizzazione” partono dal secondo semestre 2024 e proseguono con una ipotesi di conferimento valutata dal Committente fino all'esaurimento della capacità autorizzabile ( $250.000 \text{ m}^3 = 455.000 \text{ t}$ ).

Si prevede che tale situazione possa essere raggiunta entro il 2030.

Il Committente ha fornito i seguenti dati riassunti nelle tabelle.



Anno di conferimenti discarica Autorizzata	Tonnellate di rifiuto smaltito
2004 - 2015	40.000
2016	36.156
2017	45.797
2018	20.974
2019	66.776
2020	45.121
2021	46.239
2022	36.716
2023	26.000
<b>Totale</b>	<b>363.778</b>

Anno di conferimenti discarica Autorizzabile	Tonnellate di rifiuto smaltibile
2024	35.485
2025	70.969
2026	70.969
2027	70.969
2028	70.969
2029	70.969
2030	64.383
<b>Totale</b>	<b>454.712</b>

Nelle tabelle i dati fino al 2022 sono da intendersi consuntivi (ad eccezione a quelli stimati della vecchia discarica) mentre quelli dal 2023 fino al 2030, anno previsto di completamento discarica, sono riportati in corsivo e sono frutto di stime preventive.

Tali dati potranno essere aggiornati periodicamente al fine di assestare anche le previsioni produttive del biogas, specialmente nel caso di consistenti variazioni dei conferimenti.

Gli stessi dati sono di seguito rappresentati in un istogramma.





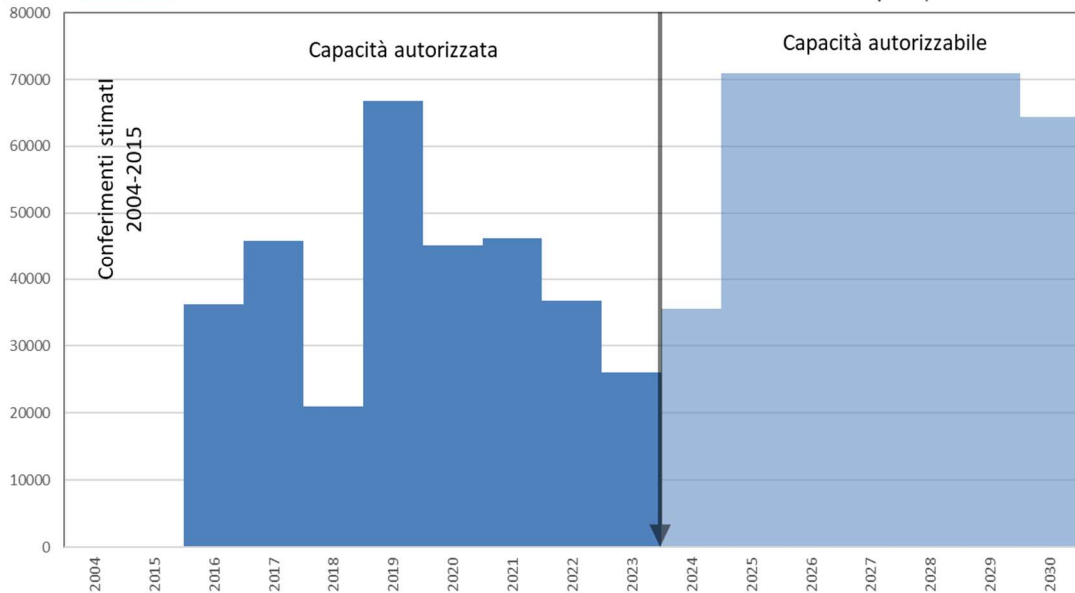
emendo



Discarica Bolotana  
Conferimenti rifiuti (tonnellate)



Barbagia  
Ambiente S.r.l.



La somma dei conferimenti della discarica Autorizzata, fino alla fine del 2023 è pari a 363.778 tonnellate leggermente inferiore alla stima precedente, basata sulla conversione del volume concesso, di 364.000 t.

La stima per discarica autorizzabile è pari a 454.712 tonnellate, anche questa leggermente inferiore alla stima precedente di 455.000 t.

Complessivamente si valuta una capacità di 818.490 tonnellate.



---

## 6. Variabili merceologiche dei rifiuti

---

Il modello BIO-7 considera la caratterizzazione merceologica in funzione della capacità fermentativa di ogni singola categoria di rifiuto smaltita in discarica, consentendo di apprezzare in senso critico la variabilità della caratterizzazione merceologica.

Per il calcolo specifico, sulla base delle informazioni disponibili, vengono considerate differenti categorie merceologiche.

Ogni caratterizzazione prevede una “differenziazione per assimilabilità” ad altre 11 sotto-categorie “pilota” di rifiuti:

- assimilabile organico domestico;
- assimilabile organico grandi utenze;
- assimilabile sfalci e potature;
- assimilabile FORSU o sottovaglio;
- assimilabile carta;
- assimilabile cartone;
- assimilabile altri cellulosici;
- assimilabile tessili;
- assimilabile legno;
- assimilabile FOS Stabilizzata;
- assimilabile Fanghi depurazione biologica.

Ogni categoria è stata inoltre assunta con distinti limiti probabilistici consentendo di ampliare la flessibilità di valutazione.

I conferimenti sono stati considerati distintamente in tre step:

- dal 2004 al 2015, per la vecchia discarica autorizzata;
- dal 2016 al 2023, per la discarica autorizzata;
- dal 2024 al 2030, per la discarica ampliata autorizzabile.

Quindi sono state elaborate 3 distinte curve di produzione del biogas.

Per i conferimenti pregressi (vecchia discarica 2004 -2015) è stata utilizzata la media dei conferimenti considerati per il restante periodo di utilizzo (2016-2023) ipotizzando che anche per questo periodo, carente di dati oggettivi, possano essere stati smaltiti gli stessi rifiuti.

Per i conferimenti futuri, dal 2024 al 2030, è stata considerata una merceologia di rifiuto costante molto simile alla media merceologica degli ultimi anni e contenente le previsioni “di mercato” del Committente.

Tale approccio consentirà nel futuro di poter aggiornare frequentemente la prospezione modificando solo i dati consuntivi di anno in anno maturati.



La merceologia dei rifiuti è determinante in una valutazione della prospezione produttiva del biogas in quanto fornisce il dato basilare della quantità di sostanza organica disponibile al fenomeno e la sua “consistenza”.

Risulta pertanto necessario eseguire una attenta analisi di questo determinato argomento. Per tale motivo sono state acquisite dal Committente le informazioni specifiche sulla base della codificazione EER (ex codici CER - Nomenclatura prima del 2002).

Questo approccio ha portato alla specifica considerazione di ben 77 codici EER smaltiti nel periodo di disponibilità dei dati (2016 – 2022) e presumibilmente nel passato (ante 2015) e nel prossimo futuro (2024-2030).

La tabella seguente, difficilmente leggibile per i numerosi dati elaborati, evidenzia pertanto le tipologie relative ai 7 anni di coltivazione a consuntivo (2016 – 2022).





emendo

C.E.R.	Descrizione CER	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
010410	POLVERI E RESIDUI AFFINI, DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLA VOCE 01 04 07	26,56	-	-	-	-	32,38	93,78
020101	FANGHI DA OPERAZIONI DI LAVAGGIO E PULIZIA	-	156,50	105,92	33,24	11,68	69,30	36,56
020104	RIFIUTI PLASTICI (AD ESCLUSIONE DEGLI IMBALLAGGI)	238,98	168,64	232,84	241,92	167,90	167,94	202,34
020109	RIFIUTI AGROCHIMICI DIVERSI DA QUELLI DELLA VOCE 02 01 08	-	-	10,72	-	1,34	-	-
020201	FANGHI DA OPERAZIONI DI LAVAGGIO E PULIZIA	-	-	34,30	-	101,60	-	-
020203	SCARTI INUTILIZZABILI PER IL CONSUMO O LA TRASFORMAZIONE	11,12	146,72	617,52	666,68	542,66	629,78	513,00
020304	SCARTI INUTILIZZABILI PER IL CONSUMO O LA TRASFORMAZIONE	16,98	19,78	26,20	22,58	11,82	36,06	20,40
020502	FANGHI DA TRATTAMENTO IN LOCO DEGLI EFFLUENTI	46,92	-	45,98	40,28	0,23	72,48	-
020601	SCARTI INUTILIZZABILI PER IL CONSUMO O LA TRASFORMAZIONE	61,36	90,88	68,52	68,84	7,24	-	-
020705	FANGHI DA TRATTAMENTO IN LOCO DEGLI EFFLUENTI	-	-	-	6,86	4,61	-	-
030307	SCARTI DELLA SEPARAZIONE MECCANICA NELLA PRODUZIONE DI POLPA DA RIFIUTI DI CARTA E CARTONE	829,26	743,87	-	-	-	-	-
040222	SCARTI DELLA SEPARAZIONE MECCANICA NELLA PRODUZIONE DI POLPA DA RIFIUTI DI CARTA E CARTONE	-	3,02	-	-	-	-	-
060503	FANGHI PRODOTTI DAL TRATTAMENTO IN LOCO DEGLI EFFLUENTI, DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLA VOCE 06 05 02	-	-	-	-	0,92	-	-
070212	FANGHI PRODOTTI DAL TRATTAMENTO IN LOCO DEGLI EFFLUENTI, DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLA VOCE 07 02 11	427,84	711,24	931,90	769,46	699,60	1.043,86	1.283,80
070213	RIFIUTI PLASTICI	4,44	504,76	817,22	652,38	696,68	883,94	1.140,20
070612	FANGHI PRODOTTI DAL TRATTAMENTO IN LOCO DI EFFLUENTI, DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLA VOCE 07 06 11	11,14	-	-	7,74	12,18	-	10,32
080112	PITTURE E VERNICI DI SCARTO, DIVERSE DA QUELLE DI CUI ALLA VOCE 08 01 11	0,16	-	-	-	-	-	-
080114	FANGHI PRODOTTI DA PITTURE E VERNICI, DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLA VOCE 08 01 13	4,80	-	-	8,90	-	-	-
100101	CENERI PESANTI, SCORIE E POLVERI DI CALDAIA (TRANNE LE POLVERI DI CALDAIA DI CUI ALLA VOCE 10 01 04)	82,08	11.282,11	153,56	200,92	330,92	343,82	230,16
100102	CENERI LEGGERE DI CARBONE	-	-	-	-	14.246,41	17.334,80	7.763,28
100103	CENERI LEGGERE DI TORBA E DI LEGNO NON TRATTATO	-	-	-	-	331,06	-	-
100121	FANGHI PRODOTTI DAL TRATTAMENTO IN LOCO DEGLI EFFLUENTI, DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLA VOCE 10 01 20	-	-	-	-	-	245,32	-
101203	POLVERI E PARTICOLATO	-	-	107,62	-	-	-	-
101208	SCARTI DI CERAMICA, MATTONI, MATTONELLE E MATERIALI DA COSTRUZIONE (SOTTOPOSTI A TRATTAMENTO TERMICO)	-	-	-	5,04	-	-	-
101301	RESIDUI DI MISCELA NON SOTTOPOSTI A TRATTAMENTO TERMICO	-	-	-	-	-	-	-
120115	FANGHI DI LAVORAZIONE, DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLA VOCE 12 01 14	-	-	-	-	-	-	193,60
120117	RESIDUI DI MATERIALE DI SABBIA/TURA, DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLA VOCE 12 01 16	-	-	-	22,48	43,15	56,54	116,80
120121	CORPI D'UTENSILE E MATERIALI DI RETTIFICA ESAURITI, DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLA VOCE 12 01 20	-	-	-	8,59	9,17	7,12	11,94
150203	ASSORBENTI, MATERIALI FILTRANTI, STRACCI E INDUMENTI PROTETTIVI, DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLA VOCE 15 02 02	35,30	7,34	14,42	11,87	5,74	119,41	0,62
160112	PASTIGLIE PER FRENI, DIVERSE DA QUELLE DI CUI ALLA VOCE 16 01 11	-	1,10	4,08	11,46	9,93	6,50	5,96
160117	PLASTICA	-	-	-	6,15	-	-	-
160119	PLASTICA	14,94	10,62	18,42	23,24	38,42	13,64	16,42
160216	RIFIUTI INORGANICI, DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLA VOCE 16 03 03	-	-	-	2,86	-	-	0,10
160304	RIFIUTI ORGANICI DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLA VOCE 16 03 05	1,05	48,98	0,22	10,74	36,02	39,02	19,60
160306	RIFIUTI ORGANICI DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLA VOCE 16 03 05	446,92	192,30	36,02	986,00	245,25	151,02	25,54
161104	RIVESTIMENTI E MATERIALI REFRATTARI PROVENIENTI DA LAVORAZIONI NON METALLURGICHE, DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLA VOCE 16 11 05	-	-	-	2,72	-	-	-
161106	RIVESTIMENTI E MATERIALI REFRATTARI PROVENIENTI DA LAVORAZIONI NON METALLURGICHE, DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLA VOCE 16 11 05	504,82	-	-	17.464,02	3.529,44	140,02	26,11
160509	SOSTANZE CHIMICHE DI SCARTO DIVERSE DA QUELLE DI CUI ALLE VOCI 16 05 06, 16 05 07 E 16 05 08	-	-	9,34	-	-	-	-
170101	CEMENTO	-	-	-	367,58	25,54	24,66	-
170103	MATTONELLE E CERAMICHE	-	0,98	-	5,00	14,92	-	0,90
170107	MISCUGLI DI CEMENTO, MATTONI, MATTONELLE E CERAMICHE, DIVERSI DA QUELLE DI CUI ALLA VOCE 17 01 06	-	-	64,02	21,28	12,85	98,91	172,42
170201	LEGNO	53,84	101,03	56,40	23,02	4,52	9,04	-
170202	PLASTICA	-	14,17	-	4,88	-	0,50	-
170203	PLASTICA	310,56	249,45	279,25	195,31	221,88	219,55	181,68
170302	MISCELE BITUMINOSE DIVERSE DA QUELLE DI CUI ALLA VOCE 17 03 01	438,56	212,66	311,68	265,68	793,05	495,75	632,51
170405	TERRA E ROCCE, DIVERSE DA QUELLE DI CUI ALLA VOCE 17 05 03	-	-	-	0,08	-	-	-
170504	TERRA E ROCCE, DIVERSE DA QUELLE DI CUI ALLA VOCE 17 05 03	24,46	51,10	30,79	2.164,27	344,46	220,68	1.297,56
170506	MATERIALE DI DRAGAGGIO, DIVERSO DA QUELLO DI CUI ALLA VOCE 17 05 05	-	-	-	42,06	2.021,34	307,04	1.220,76
170604	MATERIALI ISOLANTI, DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLE VOCI 17 06 01 E 17 06 03	522,24	74,24	105,47	76,39	89,66	274,88	323,42
170605	MATERIALI DA COSTRUZIONE CONTENENTI AMIANTO	1.803,64	1.617,99	1.511,39	1.871,71	1.772,89	1.796,39	2.567,43
170802	MATERIALI DA COSTRUZIONE A BASE DI GESSO, DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLA VOCE 17 08 01	98,54	308,86	216,52	124,82	110,51	142,84	186,45
170904	RIFIUTI MISTI DELL'ATTIVITA' DI COSTRUZIONE E DEMOLIZIONE, DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLE VOCI 17 09 01, 17 09 02 E 17 09 03	162,36	50,56	153,32	444,22	1.655,80	86,65	24,54
190112	CENERI PESANTI E SCORIE	200	-	-	-	-	1.807,33	1.891,61
190206	FANGHI PRODOTTI DA TRATTAMENTI CHIMICO-FISICI, DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLA VOCE 19 02 05	-	-	-	-	23,24	1.998,86	57,68
190305	RIFIUTI STABILIZZATI DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLA VOCE 19 03 04	-	-	-	-	-	305,70	94,08
190703	PERCOLATO DI DISCARICA, DIVERSO DA QUELLO DI CUI ALLA VOCE 19 07 02	-	-	-	-	-	-	-
190801	RESIDUI DI VAGLIATURA	933,76	1.157,16	665,00	673,05	652,77	678,70	1.314,16
190802	RIFIUTI DA DISSABBIAIMENTO	1.264,70	2.346,76	1.200,28	2.254,40	1.829,02	1.787,93	2.531,31
190805	FANGHI PRODOTTI DAL TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE URBANE	837,41	1.851,08	1.843,78	2.022,36	2.218,58	1.474,30	511,86
190812	FANGHI PRODOTTI DAL TRATTAMENTO BIOLOGICO DI ACQUE REFLUE INDUSTRIALI, DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLA VOCE 19 08 11	0,08	13,00	12,04	-	325,14	152,30	1.327,02
190814	FANGHI PRODOTTI DA ALTRI TRATTAMENTI DI ACQUE REFLUE INDUSTRIALI, DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLA VOCE 19 08 13	56,16	6,32	-	73,40	1.639,48	45,28	4,50
190901	RIFIUTI SOLIDI PRODOTTI DAI PROCESSI DI FILTRAZIONE E VAGLIO PRIMARI	-	23,40	-	-	0,07	1,46	-
190902	FANGHI PRODOTTI DAI PROCESSI DI CHIARIFICAZIONE DELL'ACQUA	4.543,45	11.112,10	3.680,70	4.229,48	6.478,58	7.771,56	7.101,68
190904	CARBONE ATTIVO ESAURITO	-	1,64	8,32	53,54	4,16	-	0,30
190905	RESINE A SCAMBIO IONICO SATURATE O ESAURITE	-	-	-	-	-	1,56	0,94
191004	FLUFF - FRAZIONE LEGGERA E POLVERI, DIVERSE DA QUELLE DI CUI ALLA VOCE 19 10 03	764,46	723,72	778,98	850,58	1.230,80	1.492,80	969,48
191204	PLASTICA E GOMMA	196,52	418,48	440,19	673,30	288,48	300,42	183,59
191208	PRODOTTI TESSILI	5,48	18,34	17,12	14,50	52,54	25,38	16,34
191212	ALTRI RIFIUTI (COMPRESI MATERIALI MISTI) PRODOTTI DAL TRATTAMENTO MECCANICO DEI RIFIUTI, DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLA VOCE 19 12 11	576,86	625,86	1.175,81	3.951,48	3.043,25	4.308,77	3.386,73
191302	RIFIUTI SOLIDI PRODOTTI DA OPERAZIONI DI BONIFICA DI TERRENI, DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLA VOCE 19 13 01	20.669,11	10.973,28	5.808,46	25.764,06	15,16	-	-
191304	FANGHI PRODOTTI DALLE OPERAZIONI DI RISANAMENTO DELLE ACQUE DI FALDA, DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLA VOCE 19 13 05	-	37,76	-	-	-	-	-
191306	FANGHI PRODOTTI DALLE OPERAZIONI DI RISANAMENTO DELLE ACQUE DI FALDA, DIVERSI DA QUELLI DI CUI ALLA VOCE 19 13 05	16,78	-	-	-	0,64	-	1,26
200111	PRODOTTI TESSILI	6,06	-	-	-	-	-	-
200138	LEGNO DIVERSO DA QUELLO DI CUI ALLA VOCE 20 01 37	53,10	-	-	-	-	-	-
200203	ALTRI RIFIUTI NON BIODEGRADABILI	2,74	30,16	-	-	-	-	-
200303	RESIDUI DELLA PULIZIA STRADALE	295,70	363,74	83,08	276,26	32,08	126,72	47,78
200306	RIFIUTI DELLA PULIZIA DELLE FOGNATURE	-	-	-	5,78	0,20	179,06	91,20
TOTALI		36.601,23	46.471,69	21.677,40	67.723,46	45.985,57	47.527,97	37.849,71

Tabella conferimenti consuntivi 2016 - 2022



Come è evidente nella tabella precedente si osserva che molte delle categorie EER, seppure presenti, sono di limitata incidenza sul totale a tal punto da poter essere “scartate”. Infatti, solo 26 categorie su 77 (circa 1/3) superano una incidenza dello 0,5%.

Si è pertanto ritenuto procedere alla valutazione analitica delle seguenti categorie di rifiuto:

- Tutte le categorie EER **superiori allo 0,5%** del totale: 26 categorie equivalenti al 96,34% del totale in peso;
- Tutte le categorie EER **caratterizzabili dalla presenza di sostanza putrescibile** indipendentemente dalla loro incidenza. La valutazione delle componenti potenzialmente putrescibili è stata svolta con riferimento alle “*Linee Guida ISPRA n. 145/2016 in particolare al Capitolo 5*”, così come indicato dal parere ARPAS;
- Le rimanenti 38 categorie (circa il 50% delle definizioni EER ma rappresentanti solo il 2,30% in peso), **sono state escluse dalla valutazione**.

Questo approccio ha quindi consentito di differenziare i conferimenti in modo adeguatamente proporzionale alle caratteristiche merceologiche dello stesso.

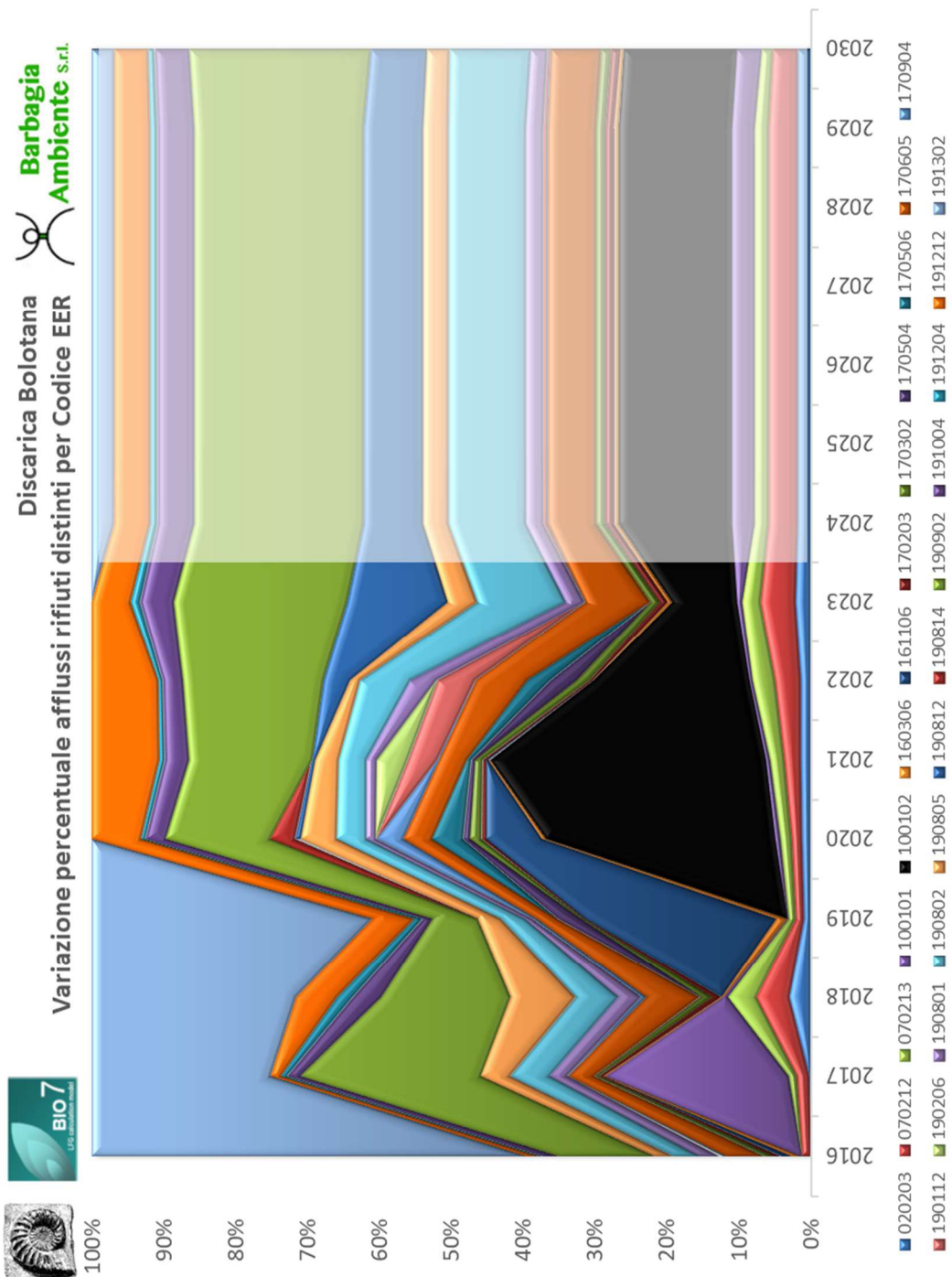
Per fornire un’esplicita valutazione della variabilità considerata si riporta nella pagina seguente un grafico dove ogni area colorata rappresenta una classificazione EER.

Nel primo grafico (a torta) si evidenzia la separazione di incidenza mentre nel secondo si evidenzia come questa differenziazione (al netto dei dati esclusi) sia mutata nel tempo. La parte in fondo più chiara rappresenta la stima futura dove, ovviamente, la variazione merceologica è costante.

Nel terzo grafico la merceologia viene rapportata ai flussi di conferimento evidenziando quindi anche la variabilità delle tipologie EER conferite.



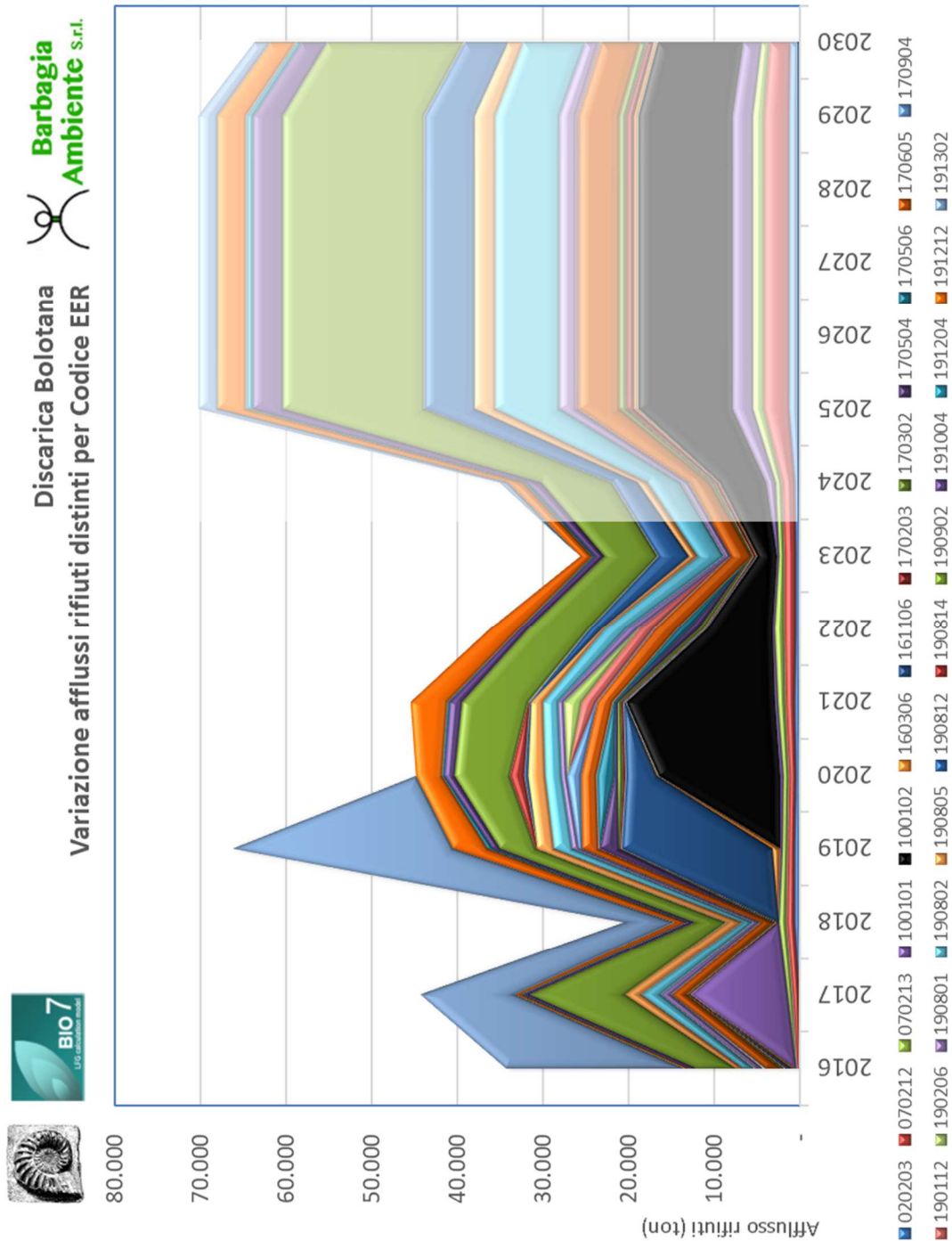
19-Digit Number	Percentage
191302	19%
191212	6%
191208	0%
191207	2%
191206	0%
190902	15%
190901	0%
190805	1%
190802	5%
190801	2%
190800	3%
190804	2%
190803	4%
170605	6%
170604	5%
170603	5%
170602	5%
170601	5%
161106	7%
161104	0%
100102	13%
100101	4%
100100	0%
100099	0%
100098	0%
100097	0%
100096	0%
100095	0%
100094	0%
100093	0%
100092	0%
100091	0%
100090	0%
100089	0%
100088	0%
100087	0%
100086	0%
100085	0%
100084	0%
100083	0%
100082	0%
100081	0%
100080	0%
100079	0%
100078	0%
100077	0%
100076	0%
100075	0%
100074	0%
100073	0%
100072	0%
100071	0%
100070	0%
100069	0%
100068	0%
100067	0%
100066	0%
100065	0%
100064	0%
100063	0%
100062	0%
100061	0%
100060	0%
100059	0%
100058	0%
100057	0%
100056	0%
100055	0%
100054	0%
100053	0%
100052	0%
100051	0%
100050	0%
100049	0%
100048	0%
100047	0%
100046	0%
100045	0%
100044	0%
100043	0%
100042	0%
100041	0%
100040	0%
100039	0%
100038	0%
100037	0%
100036	0%
100035	0%
100034	0%
100033	0%
100032	0%
100031	0%
100030	0%
100029	0%
100028	0%
100027	0%
100026	0%
100025	0%
100024	0%
100023	0%
100022	0%
100021	0%
100020	0%
100019	0%
100018	0%
100017	0%
100016	0%
100015	0%
100014	0%
100013	0%
100012	0%
100011	0%
100010	0%
100009	0%
100008	0%
100007	0%
100006	0%
100005	0%
100004	0%
100003	0%
100002	0%
100001	0%
100000	0%







emendo





### 6.1. Valutazione delle componenti potenzialmente putrescibili

Come premesso è stata dedicata una particolare attenzione alla valutazione delle componenti potenzialmente putrescibili poiché tale argomento è stato oggetto di specifiche considerazioni nell'ambito della valutazione degli Enti di Controllo.

Si ribadisce di seguito il passaggio preso a riferimento:

*"... ARPAS ribadisce che la collocazione in discarica dei rifiuti con caratteristiche di biodegradabilità, ancorché stabilizzati, dovrà avvenire in aree servite da una rete di captazione del biogas, con annesso impianto di abbattimento o recupero, quest'ultimo da definirsi a seconda delle caratteristiche quantitative e qualitative del biogas prodotto. Riguardo ai requisiti di ammissibilità in discarica si rimanda alle Linee Guida ISPRA n. 145/2016 in particolare al Capitolo 5."*

Sulla base di tale indicazione sono state definite le "tipologie di rifiuti con caratteristiche di biodegradabilità" seguendo i "requisiti di ammissibilità in discarica si rimanda alle Linee Guida ISPRA n. 145/2016 in particolare al Capitolo 5."

Tale Linea Guida riporta diverse tabelle di caratterizzazione dei rifiuti. In particolare, sono state ritenute significative le seguenti tabelle:

#### Capitolo 4 – Rifiuti urbani da raccolta differenziata

- **Tabella 7** – Rifiuti urbani da raccolta differenziata. I rifiuti elencati in Tabella 7 devono, pertanto, essere oggetto a operazioni di riciclaggio e recupero; solo gli scarti derivanti dal loro trattamento possono essere ammessi in discarica.
- **Tabella 8** – Rifiuti urbani non ammissibili in discarica senza preventivo trattamento. I rifiuti elencati in tabella 8 riguardano esclusivamente lo spazzamento (EER 200303).

Si osserva che la somma dei rifiuti potenzialmente putrescibili riferiti al Capitolo 4 incide per il 0,491% sui conferimenti totali.

#### Capitolo 5 – Rifiuti speciali

- **Tabella 10** – Rifiuti prodotti da trattamenti che possono presentare caratteristiche di Biodegradabilità. I rifiuti elencati in tabella 10, anche se già derivanti da processi di trattamento possono risultare ancora parzialmente e limitatamente putrescibili/fermentescibili. L'incidenza dei rifiuti riferiti a questa tabella incide per il 5,07% sul totale
- **Tabella 11** - Rifiuti prodotti dal trattamento meccanico dei rifiuti. Le tipologie di rifiuti elencate in tabella 11 derivanti da un processo di trattamento dei rifiuti urbani orientate alla riduzione della componente putrescibile. Al fine di verificare l'efficacia e l'efficienza del trattamento stesso, viene valutato il contenuto di materiale organico putrescibile attraverso analisi merceologica del contenuto di tale materiale che deve essere minimo



e comunque inferiore al 15%. L'incidenza dei rifiuti riferiti a questa tabella incide per il 5,57% sul totale

- **Tabella 12** – Rifiuti speciali biodegradabili. Per tali rifiuti, elencati in tabella 12, vengono verificate le caratteristiche di biodegradabilità attraverso la valutazione del parametro IRDP. Pertanto, anche per tali rifiuti la porzione organica residua è parziale e limitata. L'incidenza dei rifiuti riferiti a questa tabella incide per il 5,07% sul totale

L'incidenza complessiva dei rifiuti indicati dalle Linee Guida ISPRA raggiunge circa il 17,5% del totale ma solo una porzione degli stessi viene considerata dallo stesso riferimento come putrescibile. Assumendo l'indicazione della tabella 11 della incidenza del 15% ne consegue che **solo il 2,62 % della massa dei rifiuti conferiti è considerabile come putrescibile** e quindi valutabile nella successiva prospezione produttiva.

Per compatibilità al modello di calcolo BIO-7 ad ogni tipologia di rifiuto (codice EER) è stata assegnata una "differenziazione per assimilabilità" a 11 categorie pilota di rifiuti:

- assimilabile organico domestico (categoria RVP);
- assimilabile organico grandi utenze (categoria RVP);
- assimilabile a sfalci e potature (categoria RVP);
- assimilabile FORSU o sottovaglio (categoria RVP);
- assimilabile carta (categoria RLP);
- assimilabile cartone (categoria RLP);
- assimilabile altri cellulosici (categoria RLP);
- assimilabile tessili (categoria RLP);
- assimilabile legno (categoria RLP);
- assimilabile FOS Stabilizzata (categoria RLP);
- assimilabile Fanghi depurazione biologica (categoria RLP);

*Nota:*

*RVP: Rifiuti a Veloce Putrescibilità;*

*RLP: Rifiuti a Lenta Putrescibilità.*

Essendo lo studio delle previsioni di produzione essere stato basato sull'attribuzione di un considerevole numero di stime e variabili che condizionano l'elaborazione finale, l'attendibilità delle previsioni fornite dal modello BIO-7 è funzione dell'affidabilità dei suddetti valori.

Per tali motivazioni è parso opportuno condurre un'analisi basata sull'assunzione di uno spettro di differenti "scenari", in chiave probabilistica.

Detti scenari sono compresi fra due "casi limite":

#### **Best case:**

prospezione condizionata dall'applicazione di valori "ottimistici" (nel senso della massima produzione di biogas) a tutte le variabili non certe;



**Worst case:**

prospezione condizionata dall'applicazione di valori "pessimistici" (nel senso della minima produzione di biogas) a tutte le variabili non certe.

L'inserimento del criterio "probabilistico" ha consentito di disporre due valutazioni specifiche per ogni anno e, conseguentemente di due prospezioni che dovrebbero rappresentare i limiti estremi della ipotesi di produzione e quindi di captabilità.

## **6.2. Assunzioni**

Le assimilazioni sono state ripartite sulle 39 categorie EER prese in considerazione che esprimono la valutazione del 97,7% dei rifiuti.

Inoltre, le assimilazioni sono state distinte tra i conferimenti riferiti alla discarica Autorizzata (2004-2023) ed alla discarica Autorizzabile (2024-2030) poiché si prevede una modesta variazione della tipologia dei conferimenti.

Nella tabella seguente si evidenzia la selezione dei rifiuti considerati ed i loro conferimenti consuntivi e preventivi sui quali sono stati applicati i criteri di analisi di valutazione della porzione velocemente e lentamente putrescibile.

La sintesi dei dati consente l'assunzione dei parametri che verranno inseriti del modello di calcolo BIO-7

### **Considerazioni incidenza putrescibilità Discarica Autorizzata (2004 – 2023)**

	RVP Rifiuti Velocemente putrescibili	RLP Rifiuti Lentamente putrescibili	RP Totale Rifiuti putrescibili
Best Case	1,78 %	3,65 %	5,43 %
Worst case	1,52 %	3,10 %	4,62 %

### **Considerazioni incidenza putrescibilità Discarica Autorizzabile (2024 – 2036)**

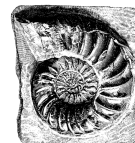
	RVP Rifiuti Velocemente putrescibili	RLP Rifiuti Lentamente putrescibili	RP Totale Rifiuti putrescibili
Best Case	1,65 %	3,49 %	5,15 %
Worst case	1,41 %	2,97 %	4,38 %

Come evidente le assunzioni fatte (circa 4,38 / 5,43 % di RP) sono già il doppio della valutazione analitica fatta nel precedente capitolo (2,62 % RP).

Si riporta di seguito la tabella complessiva delle assunzioni svolte. Si evidenzia che nella tabella non sono comprese le 40.000 t della vecchia discarica pregressa all'attuale Gestione (2004 – 2015).

**Tabella conferimenti considerati 2016 – 2030**  
(senza le 40.000 t pregresse)

C.E.R.	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	TOTALE
020101	-	156,50	105,92	33,24	11,68	69,30	36,56	53,00	70,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	130,00	1.366,20
020201	-	-	34,30	-	101,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	135,90
020203	11,12	146,72	617,52	666,68	542,66	629,78	513,00	560,00	650,00	1.300,00	1.300,00	1.300,00	1.300,00	1.300,00	1.200,00	12.037,48
020304	16,98	19,78	26,20	22,58	11,82	36,06	20,40	18,00	20,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	38,00	429,82
020502	46,92	-	45,98	40,28	0,23	72,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	205,89
020601	61,36	90,88	68,52	68,84	7,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	296,84
020705	-	-	-	6,86	4,61	-	-	3,00	5,50	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	5,00	79,97
030307	829,26	743,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.573,13
070212	427,84	711,24	931,90	769,46	699,60	1.043,86	1.283,80	1.240,00	1.400,00	2.800,00	2.800,00	2.800,00	2.800,00	2.800,00	2.200,00	24.707,70
070213	4,44	504,76	817,22	652,38	696,68	883,94	1.140,20	660,00	700,00	1.400,00	1.400,00	1.400,00	1.400,00	1.400,00	1.000,00	14.059,62
070612	11,14	-	-	7,74	12,18	-	10,32	-	-	-	-	-	-	-	-	41,38
100101	82,08	11.282,11	153,56	200,92	330,92	343,82	230,16	210,00	1.175,00	2.350,00	2.350,00	2.350,00	2.350,00	2.350,00	2.200,00	27.958,57
100102	-	-	-	-	14.246,41	17.334,80	7.763,28	2.300,00	5.500,00	11.000,00	11.000,00	11.000,00	11.000,00	11.000,00	10.000,00	112.144,49
160306	446,92	192,30	36,02	986,00	245,25	151,02	25,54	160,00	190,00	380,00	380,00	380,00	380,00	380,00	300,00	4.633,05
161106	504,82	-	-	17.464,02	3.529,44	140,02	26,11	15,00	22,50	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	40,00	21.966,91
170201	53,84	101,03	56,40	23,02	4,52	9,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	247,85
170203	310,56	249,45	279,25	195,31	221,88	219,55	181,68	275,00	415,00	830,00	830,00	830,00	830,00	830,00	750,00	7.247,68
170302	438,56	212,66	311,68	265,68	793,05	495,75	632,51	350,00	470,00	940,00	940,00	940,00	940,00	940,00	900,00	9.569,89
170504	24,46	51,10	30,79	2.164,27	344,46	220,68	1.297,56	-	-	-	-	-	-	-	-	4.133,32
170506	-	-	-	42,06	2.021,34	307,04	1.220,76	-	-	-	-	-	-	-	-	3.591,20
170604	522,24	74,24	105,47	76,39	89,66	274,88	323,42	210,00	290,00	580,00	580,00	580,00	580,00	580,00	500,00	5.366,29
170605	1.803,64	1.617,99	1.511,39	1.871,71	1.772,89	1.796,39	2.567,43	2.280,00	2.350,00	4.700,00	4.700,00	4.700,00	4.700,00	4.700,00	4.500,00	45.571,42
170904	162,36	50,56	153,32	444,22	1.655,80	86,65	24,54	45,00	57,50	115,00	115,00	115,00	115,00	115,00	100,00	3.354,95
190112	200,00	-	-	-	-	1.807,33	1.891,61	-	115,00	230,00	230,00	230,00	230,00	230,00	200,00	5.363,94
190206	-	-	-	-	23,24	1.998,86	57,68	-	-	-	-	-	-	-	-	2.079,78
190801	933,76	1.157,16	665,00	673,05	652,77	678,70	1.314,16	720,00	925,00	1.850,00	1.850,00	1.850,00	1.850,00	1.850,00	1.500,00	18.469,59
190802	1.264,70	2.346,76	1.200,28	2.254,40	1.829,02	1.787,93	2.531,31	3.140,00	3.765,00	7.530,00	7.530,00	7.530,00	7.530,00	7.530,00	7.200,00	64.969,40
190805	837,41	1.851,08	1.843,78	2.022,36	2.218,58	1.474,30	511,86	1.060,00	1.250,00	2.500,00	2.500,00	2.500,00	2.500,00	2.500,00	2.000,00	27.569,37
190812	0,08	13,00	12,04	-	325,14	152,30	1.327,02	3.585,00	2.900,00	5.800,00	5.800,00	5.800,00	5.800,00	5.800,00	5.000,00	42.314,58
190814	56,16	6,32	-	73,40	1.639,48	45,28	4,50	6,00	14,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	20,00	2.005,14
190902	4.543,45	11.112,10	3.680,70	4.229,48	6.478,58	7.771,56	7.101,68	6.200,00	8.250,00	16.500,00	16.500,00	16.500,00	16.500,00	16.500,00	16.000,00	157.867,55
191004	764,46	723,72	778,98	850,58	1.230,80	1.492,80	969,48	1.180,00	1.750,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.000,00	30.240,82
191204	196,52	418,48	440,19	673,30	288,48	300,42	183,59	335,00	350,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	600,00	7.285,98
191212	576,86	625,86	1.175,81	3.951,48	3.043,25	4.308,77	3.386,73	1.395,00	1.750,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.000,00	40.713,76
191302	20.669,11	10.973,28	5.808,46	25.764,06	15,16	-	-	-	1.100,00	2.200,00	2.200,00	2.200,00	2.200,00	2.200,00	2.000,00	77.330,07
200111	6,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,06
200138	53,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53,10
200303	295,70	363,74	83,08	276,26	32,08	126,72	47,78	-	-	-	-	-	-	-	-	1.225,36
200306	-	-	-	5,78	0,20	179,06	91,20	-	-	-	-	-	-	-	-	276,24
<b>TOTALI</b>	<b>36.155,90</b>	<b>45.796,68</b>	<b>20.973,76</b>	<b>66.775,81</b>	<b>45.120,69</b>	<b>46.239,09</b>	<b>36.715,87</b>	<b>26.000,00</b>	<b>35.484,50</b>	<b>70.969,00</b>	<b>70.969,00</b>	<b>70.969,00</b>	<b>70.969,00</b>	<b>70.969,00</b>	<b>64.383,00</b>	<b>778.490,28</b>



emendo



## 7. Umidità della discarica

La valutazione dell'umidità interna alla discarica e quindi l'umidità dell'ambiente nel quale si sviluppa il fenomeno fermentativo è importante per la finalità di questo studio.

Tale fattore determina la cinetica del fenomeno di decomposizione e quindi la velocità di produzione del biogas espressa come tempo di semi-trasformazione, cioè il tempo entro il quale il fenomeno dimezza la propria capacità produttiva di biogas.

In prima approssimazione è stata considerata, l'umidità del rifiuto smaltito in funzione delle componenti merceologiche e successivamente valutato l'incremento di umidità acquisito all'interno della discarica a causa degli eventi meteorologici.

L'umidità della massa dei rifiuti è stata quindi considerata in base alla sinergia dei seguenti fattori:

- Umidità dei rifiuti al momento del conferimento e dopo compattazione;
- Umidità apportata da fenomeni naturali (pioggia e umidità relativa dell'aria);
- Umidità incrementata dalle procedure di gestione del percolato.

Per la valutazione dell'umidità "intrinseca" dei rifiuti si evidenzia che circa un terzo dei rifiuti è composto da ceneri e terre di bonifica e che buona parte dei rimanenti rifiuti sono caratterizzati da bassa umidità. In assenza di specifiche indicazioni si assume che tale dato di umidità non possa essere superiore al 25 / 30%

Per la valutazione dell'umidità "apportata" dalle precipitazioni meteo sono stati attentamente osservati e valutati i dati pluviometrici medi della zona (provincia di Nuoro) ricavati dal sito CLIMATE-DATA.org.

I dati sono stati desunti dalla osservazione del periodo 1991-2021 (30 anni)

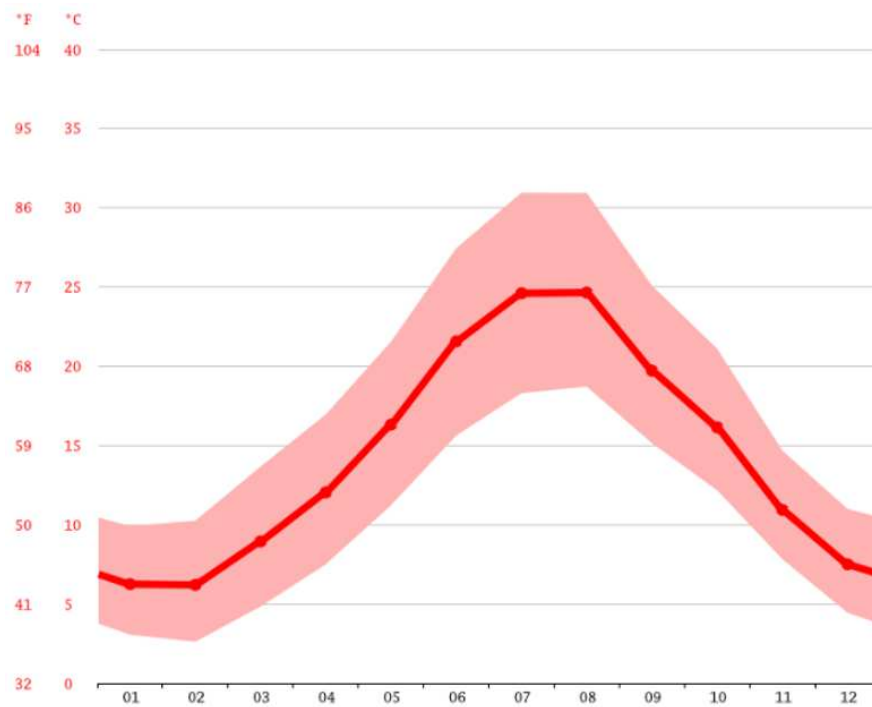
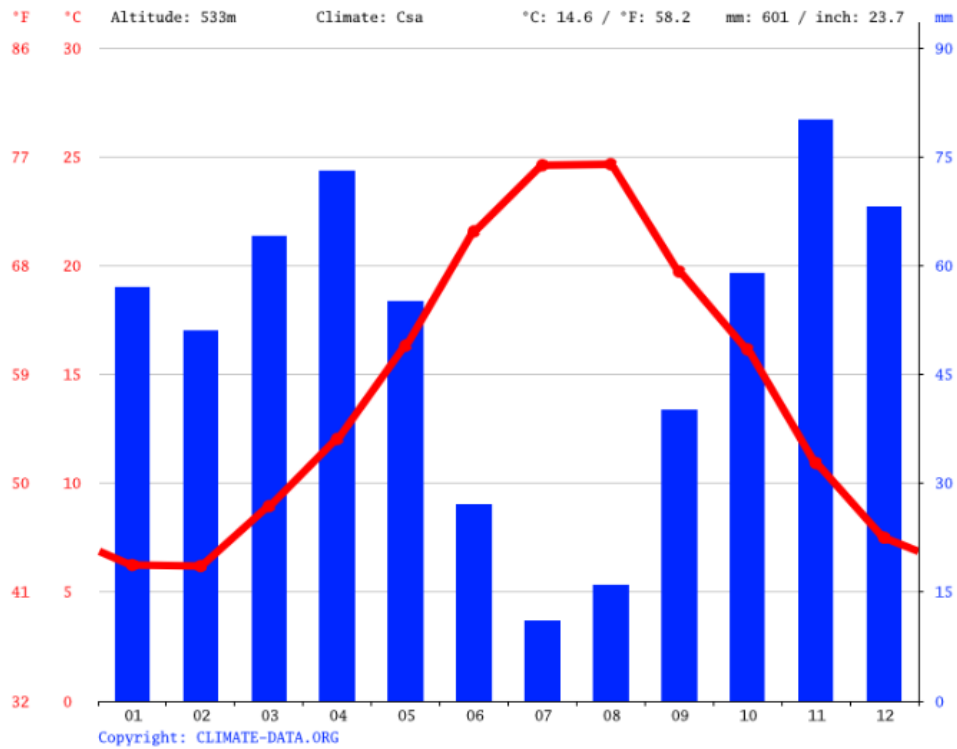
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	6.2	6.2	8.9	12	16.3	21.6	24.6	24.7	19.7	16.2	10.9	7.5
Temperatura minima (°C)	3.1	2.6	4.8	7.5	11.2	15.6	18.3	18.7	15.1	12.2	7.8	4.4
Temperatura massima (°C)	9.9	10.3	13.7	17	21.6	27.5	31	31	25.1	21.1	14.7	11
Precipitazioni (mm)	57	51	64	73	55	27	11	16	40	59	80	68
Umidità(%)	83%	80%	76%	72%	63%	50%	45%	46%	62%	71%	81%	83%
Giorni di pioggia (g.)	7	7	7	8	6	3	2	2	5	6	8	8
Ore di sole (ore)	4.6	5.3	6.9	8.6	10.4	12.3	12.6	11.8	9.3	7.3	5.2	4.7

Nella sintesi dei dati, sempre riferita alla stessa fonte, si evidenzia che la somma delle precipitazioni medie annuali è nell'ordine di 601 mm/m<sup>2</sup>.





emendo



**Dati medi di precipitazione e temperatura – fonte CLIMATE-DATA.org**



Sulla base di tali considerazioni si è provveduto all'inserimento del dato di piovosità nel modello BIO-7.

Nella valutazione occorrerebbe considerare anche la prestazione della copertura della discarica in funzione della natura e materiali di copertura che delle pendenze minime del capping. La copertura definitiva realizzata con materiali impermeabili e dotata di una pendenza minima consente un rapido deflusso delle acque meteoriche prima che queste possano raggiungere la massa dei rifiuti.

Infine, anche la logica di gestione dei percolati incide sul fattore di umidità; battenti elevati di percolato nella discarica tendono ovviamente ad aumentare l'umidità della discarica ma sono in contrasto con la corretta gestione della discarica.

Tutte queste valutazioni hanno permesso di definire il fattore di umidità che sarà invariato per la discarica autorizzata e per quella autorizzabile.

#### Considerazioni umidità

	Percentuale umidità relativa interna alla massa dei rifiuti
Best Case	44,69 %
Worst case	39,56 %

Anche in questo caso si è cercato di essere prudenti inserendo un dato di umidità presumibilmente più elevato di quello effettivamente ipotizzabile (35 / 40%) al fine di considerare una cinetica più rapida che possa manifestare picchi produttivi maggiori.

## 8. Variabili soggettive

L'elaborazione del modello di calcolo richiede l'inserimento di alcune informazioni soggettive che determinano coefficienti correttivi sui parametri di elaborazione.

Le variabili soggettive sono elencate in uno specifico questionario che è stato inoltrato al Committente e restituito completato in tutte le sue parti.

Il questionario consente l'acquisizione delle informazioni mediante la definizione di una serie di variabili per le quali vengono proposte le scelte tra alcune risposte predeterminate.



## 9. Produttività specifiche biogas

Applicando le variabili precedentemente descritte all'algoritmo di calcolo BIO-7 è possibile calcolare la produzione specifica per le distinte componenti RVP ed RLP e quindi quella complessiva.

La produzione specifica è quindi da intendersi come la complessiva capacità nel produrre biogas di una singola tonnellata di rifiuto con la composizione e le condizioni fermentative determinate.

Il dato ottenuto è però indipendente dalle condizioni effettive, ambientali e tipiche della discarica all'interno della quale avviene il fenomeno.

Lo stesso rifiuto smaltito in discariche di diversa forma, tipologia costruttiva, gestionale e localizzazione geografica ed ambientale è in grado di produrre differenti quantità di biogas.

Il modello di prospezione BIO-7, a seguito della definizione delle variabili probabilistiche inserite è quindi in grado di elaborare anche il coefficiente di produttività ( $K_p$ ) della discarica in oggetto.

Di seguito si riportano i valori di produzione specifica ed i coefficienti correttivi elaborati.

### Produzione specifica ( $\text{Nm}^3$ LFG50/t RS) Discarica Autorizzata (2004 – 2023)

	Produzione RVP	Produzione RLP	Produzione Totale	Fattore $K_p$	Produzione Totale Corretta
Best Case	3,20	12,44	15,65	97,52 %	15,26
Worst case	2,41	9,13	11,54	95,88 %	11,07

### Produzione specifica ( $\text{Nm}^3$ LFG50/t RS) Discarica Autorizzabile (2024 – 2030)

	Produzione RVP	Produzione RLP	Produzione Totale	Fattore $K_p$	Produzione Totale Corretta
Best Case	2,97	11,91	14,89	97,52 %	14,52
Worst case	2,24	8,74	10,98	95,88 %	10,53

Come evidente la produzione specifica è variabile tra 10,53 e 15,26  $\text{Nm}^3/\text{h}$  di biogas LFG50 (metano al 50%).

Si osserva che i dati standard di produzione di biogas da un rifiuto urbano indifferenziato, caratterizzato da una componente putrescibile molto più elevata, tra il 40 ed il 60%, è nell'ordine di 160 – 200  $\text{Nm}^3/\text{h}$  di biogas LFG50.

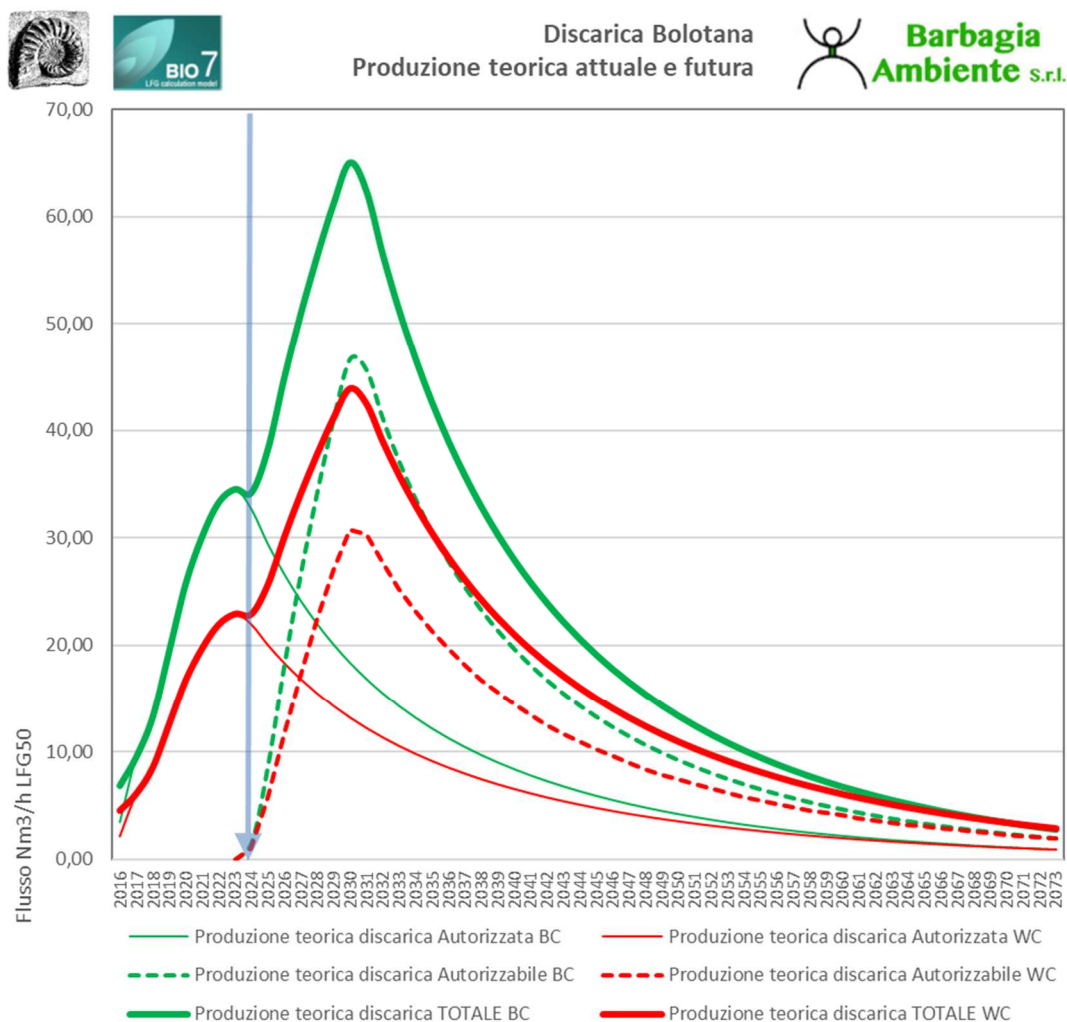


## 10. Produzione totale biogas

Con l'applicazione del criterio di sovrapposizione degli effetti è possibile determinare le produzioni di biogas attese per l'impianto e definite dai due estremi probabilistici Best e Worst Case moltiplicando le varie produzioni specifiche per gli anni di conferimento.

Occorre precisare che l'unità di misura volumetrica del biogas ( $\text{Nm}^3/\text{h}$ ) è espressa ad una concentrazione tipica di metano pari al 50%, con acronimo LFG50 (LandFill Gas @ 50%  $\text{CH}_4$ ).

La curva rappresentata di seguito evidenzia le produzioni teorica delle due sezioni di discarica (Autorizzata ed Autorizzabile) espresse nei due casi Best e Worst Case.



Al fine di fornire le più estese informazioni circa la produzione di biogas il modello è stato “esteso” per una valutazione fino all’anno 2073, circa 50 anni dopo la chiusura della discarica autorizzata. Occorre inoltre evidenziare che la curva inizia dall’anno 2016, pur



comprendendo le produzioni pregresse della vecchia discarica (2004 – 2015); come evidente, le due curve iniziano da valori superiori allo zero (pur non molto elevati) in quanto si prevede che nel 2016 fosse già presente una modesta produzione di biogas.

La parte iniziale delle due curve (ascendente) evidenzia una piccola gobba legata alla ipotesi di una pausa dei conferimenti nel 2024 (1° semestre), ipotizzata per i tempi tecnici di ottenimento della nuova Autorizzazione.

La sovrapposizione delle due curve, che rappresenta la produzione complessiva di biogas. Si riporta di seguito la tabella con i dati analitici di produzione teorica del biogas.

**Produzione teorica biogas - Nm<sup>3</sup>/h LFG50**

Anno	Vecchia discarica		Discarica Autorizzata		Discarica Autorizzabile		Discarica Totale	
	Best Case	Worst Case	Best Case	Worst Case	Best Case	Worst Case	Best Case	Worst Case
2004	0,31	0,20					0,31	0,20
2005	0,80	0,51					0,80	0,51
2006	1,23	0,79					1,23	0,79
2007	1,62	1,05					1,62	1,05
2008	1,96	1,28					1,96	1,28
2009	2,28	1,49					2,28	1,49
2010	2,56	1,69					2,56	1,69
2011	2,81	1,87					2,81	1,87
2012	3,05	2,03					3,05	2,03
2013	3,26	2,18					3,26	2,18
2014	3,45	2,32					3,45	2,32
2015	3,63	2,45					3,63	2,45
2016	3,48	2,37	3,41	2,19			6,90	4,56
2017	3,15	2,17	9,58	6,14			9,58	6,14
2018	2,86	2,00	13,31	8,58			13,31	8,58
2019	2,60	1,84	19,47	12,63			19,47	12,63
2020	2,37	1,70	25,74	16,75			25,74	16,75
2021	2,17	1,57	30,14	19,74			30,14	19,74
2022	1,99	1,45	33,29	21,94			33,29	21,94
2023	1,83	1,35	34,56	22,95	0,00	0,00	34,56	22,95
2024	1,69	1,25	32,65	21,92	1,58	1,02	34,24	22,94
2025	1,56	1,17	29,43	20,03	8,78	5,62	38,20	25,66
2026	1,44	1,09	26,61	18,35	18,26	11,73	44,88	30,08
2027	1,33	1,02	24,15	16,85	26,73	17,26	50,88	34,11
2028	1,23	0,95	21,97	15,51	34,32	22,30	56,29	37,81
2029	1,14	0,89	20,05	14,31	41,14	26,89	61,20	41,20
2030	1,06	0,83	18,35	13,23	46,71	30,71	65,07	43,94



emendo

2031	0,99	0,78	16,83	12,25	45,64	30,30	62,47	42,56
2032	0,92	0,73	15,47	11,37	41,05	27,65	56,53	39,02
2033	0,86	0,69	14,25	10,57	37,06	25,30	51,31	35,86
2034	0,80	0,65	13,15	9,84	33,57	23,20	46,72	33,04
2035	0,74	0,61	12,15	9,17	30,51	21,33	42,66	30,51
2036	0,69	0,57	11,25	8,56	27,80	19,66	39,05	28,22
2037	0,65	0,54	10,42	8,01	25,41	18,15	35,83	26,16
2038	0,60	0,51	9,67	7,49	23,28	16,80	32,95	24,29
2039	0,56	0,48	8,98	7,02	21,37	15,58	30,36	22,59
2040	0,53	0,45	8,35	6,58	19,66	14,47	28,02	21,04
2041	0,49	0,42	7,77	6,17	18,13	13,46	25,90	19,63
2042	0,46	0,40	7,24	5,80	16,74	12,54	23,98	18,33
2043	0,43	0,38	6,74	5,45	15,48	11,70	22,23	17,14
2044	0,40	0,36	6,29	5,12	14,34	10,93	20,63	16,05
2045	0,38	0,34	5,86	4,82	13,30	10,22	19,16	15,04
2046	0,35	0,32	5,47	4,54	12,35	9,57	17,82	14,10
2047	0,33	0,30	5,11	4,27	11,47	8,97	16,58	13,24
2048	0,31	0,28	4,77	4,02	10,67	8,41	15,44	12,43
2049	0,29	0,27	4,46	3,79	9,93	7,89	14,39	11,69
2050	0,27	0,25	4,17	3,58	9,25	7,42	13,42	10,99
2051	0,25	0,24	3,89	3,37	8,62	6,97	12,52	10,34
2052	0,24	0,23	3,64	3,18	8,04	6,56	11,68	9,74
2053	0,22	0,21	3,40	3,00	7,50	6,17	10,91	9,17
2054	0,21	0,20	3,18	2,83	7,00	5,81	10,19	8,64
2055	0,19	0,19	2,98	2,67	6,54	5,47	9,52	8,15
2056	0,18	0,18	2,79	2,53	6,11	5,16	8,89	7,68
2057	0,17	0,17	2,61	2,38	5,71	4,86	8,31	7,25
2058	0,15	0,16	2,44	2,25	5,33	4,58	7,77	6,84
2059	0,14	0,15	2,28	2,13	4,99	4,32	7,27	6,45
2060	0,13	0,14	2,14	2,01	4,66	4,08	6,80	6,09
2061	0,12	0,13	2,00	1,90	4,36	3,85	6,36	5,75
2062	0,12	0,13	1,87	1,79	4,08	3,63	5,95	5,43
2063	0,11	0,12	1,75	1,70	3,81	3,43	5,56	5,13
2064	0,10	0,11	1,64	1,60	3,57	3,24	5,21	4,84
2065	0,09	0,11	1,53	1,51	3,34	3,06	4,87	4,57
2066	0,09	0,10	1,43	1,43	3,12	2,89	4,55	4,32
2067	0,08	0,10	1,33	1,35	2,92	2,73	4,25	4,08
2068	0,07	0,09	1,23	1,27	2,74	2,58	3,97	3,85
2069	0,07	0,08	1,15	1,20	2,56	2,44	3,71	3,64
2070	0,06	0,08	1,07	1,13	2,40	2,30	3,46	3,44
2071	0,06	0,08	0,99	1,07	2,24	2,17	3,24	3,25
2072	0,06	0,07	0,92	1,01	2,10	2,06	3,02	3,07
2073	0,05	0,07	0,86	0,95	1,97	1,94	2,82	2,90





Come evidente nei grafici e nella tabella allegata la massima produzione di biogas (tra 65 e 44 Nm<sup>3</sup>/h di biogas LFG50) si presume venga raggiunta nel 2030 (anno di completamento della discarica) per poi calare progressivamente.

Per l'anno corrente 2023 si stima una produzione tra 23 e 35 Nm<sup>3</sup>/h di LFG50.

Tale produzione sarà quindi in progressivo incremento fino alla chiusura della discarica.

## 11. Captabilità

---

**Il criterio di captabilità (fattore Kc) è inteso come il rapporto tra la produzione del biogas e la sua captazione potenziale od effettiva.**

Non tutto il biogas prodotto è ovviamente captabile, specialmente nelle fasi di coltivazione della discarica quando non è ancora presente una copertura efficiente.

**In bibliografia, e come dato di default di numerosi modelli di calcolo, viene indicato il coefficiente di captabilità (Kc) del 70%.**

Questo fattore viene normalmente considerato come “fisso” mentre nel modello BIO-7 è viene aggiornato su base annua. Tale flessibilità consente di distinguere l'efficienza di captazione tra gli anni di coltivazione e quelli successivi quando la copertura definitiva tenderà all'ottimizzazione della azione estrattiva.

Un adeguato sistema di captazione dovrebbe raggiungere le massime prestazioni dopo la copertura definitiva dei lotti di gestione.

Anche per questo parametro (Kc) il calcolo viene eseguito automaticamente dal BIO-7 sulla base dei parametri variabili.

La valutazione di massima captabilità è pertanto riferita alla maggiore prestazione prevedibile che si ritiene possa essere raggiunta dopo la chiusura completa dell'impianto, od almeno una porzione dello stesso.

Ovviamente influenzano l'efficienza di captazione anche la tipologia del sistema di captazione (tipo e densità spaziale dei pozzi) la loro condizione di allagamento da parte dei percolati, la loro sigillatura e la qualità e competenza del personale di gestione della rete stessa.

Sulla base di queste premesse si ritiene di potere imporre i seguenti massimi parametri previsionali di efficienza di captazione proposti dal modello BIO-7.

- Captabilità Best Case: 80,00 %
- Captabilità Worst Case: 75,00 %

Come evidente tali prestazioni di captabilità sono ottimali.



Questi parametri sono stati riferiti ad un anno specifico, il 2032, **ipotizzando che in questo periodo si manifesti la massima prestazione “proporzionale” del sistema di captazione a seguito della copertura definitiva della discarica.**

Si ritiene che tale prestazione possa essere infatti raggiunta con la costruzione definitiva del capping eseguibile circa dopo 2 anni dalla chiusura dei conferimenti (2030).

Ovviamente tali parametri potranno essere aggiornati nel periodo in funzione dei progetti e delle tempistiche di completamento dei conferimenti, delle coperture e delle dotazioni integrative o sostitutive di captazione del biogas.

Le prestazioni di picco non possono però essere mantenute costantemente prima e dopo l'anno di riferimento.

Prima di tale anno è infatti prevedibile che le condizioni di gestione della discarica, di completamento della rete di captazione e della copertura definitiva possano condizionare l'efficienza di captabilità.

Dopo è invece prevedibile che le progressive condizioni di vetustà possano limitare, anche se modestamente, lo stesso fattore.

Applicando alla previsione di produzione teorica i coefficienti variabili di captabilità  $K_c$  nella due casistiche Best e Worst Case è possibile definire quindi la produzione captabile del biogas, sulla base della quale si possono effettuare le conseguenti valutazioni di carattere progettuale.

Si riporta di seguito il grafico e la tabella con la produzione captabile.

Ovviamente i dati di captabilità sono riferibili solo al “futuro” dell'impianto di captazione e non al passato in quanto lo scopo del presente studio non è quello della verifica di efficienza storica ma piuttosto quello di valutazione delle disponibilità future di biogas.



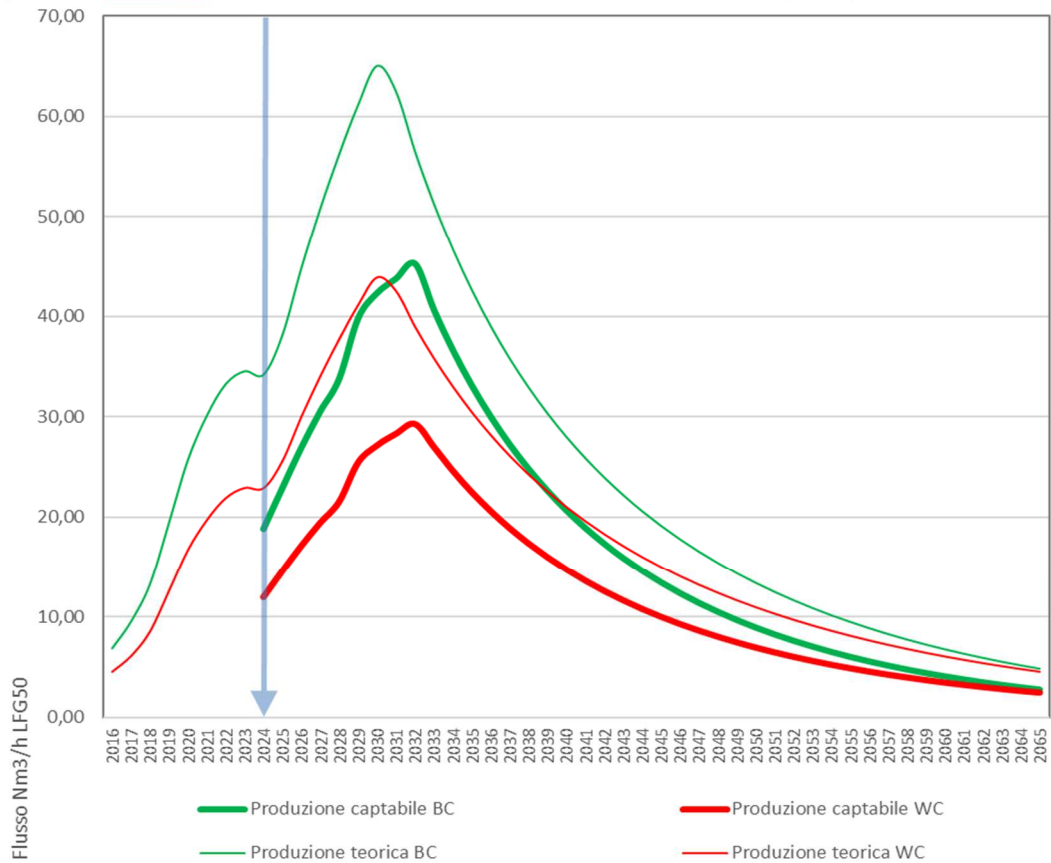
emendo



Discarica Bolotana  
Produzione captabile Totale



Barbagia  
Ambiente S.r.l.



### Produzione captabile biogas

Anno	Produzione captabile Best Case Nm <sup>3</sup> /h LFG50	Produzione captabile Worst Case Nm <sup>3</sup> /h LFG50
2024	18,83	11,99
2025	22,92	14,62
2026	26,93	17,14
2027	30,53	19,44
2028	33,78	21,55
2029	39,78	25,44
2030	42,29	27,13
2031	43,73	28,30
2032	45,22	29,26
2033	40,64	26,98
2034	36,63	24,61
2035	33,11	22,50
2036	30,01	20,60
2037	27,26	18,91



emendo

2038	24,82	17,38
2039	22,64	16,00
2040	20,68	14,76
2041	18,93	13,63
2042	17,35	12,60
2043	15,92	11,67
2044	14,63	10,81
2045	13,45	10,03
2046	12,38	9,31
2047	11,41	8,65
2048	10,52	8,05
2049	9,70	7,49
2050	8,96	6,97
2051	8,27	6,49
2052	7,64	6,05
2053	7,07	5,64
2054	6,53	5,27
2055	6,04	4,91
2056	5,59	4,59
2057	5,17	4,28
2058	4,79	4,00
2059	4,43	3,74
2060	4,10	3,49
2061	3,80	3,26
2062	3,52	3,05
2063	3,26	2,85
2064	3,02	2,67
2065	2,80	2,49
2066	2,59	2,33
2067	2,39	2,18
2068	2,21	2,04
2069	2,05	1,91
2070	1,89	1,78
2071	1,75	1,67
2072	1,62	1,56
2073	1,50	1,46

Per l'anno 2024, primo prevedibile dell'attività di captazione, la captabilità di biogas è prevista, con i coefficienti proposti, tra circa 12 e 19 Nm<sup>3</sup>/h di biogas LFG50.

Per gli anni successivi si prevede un incremento della prestazione di captazione dovuta all'aumento della produzione teorica ed all'aumento dell'efficienza di captazione fino ad un massimo di captabilità previsto per l'anno 2032 compreso tra 29 e 45 Nm<sup>3</sup>/h di biogas LFG50.



---

## 12. Tipologie di trattamento del biogas

---

A seguito del completamento della prima fase del presente studio è stata resa disponibile una previsione della produzione e captabilità attuale e futura di biogas.

Tale aspetto condizionerà le scelte impiantistiche relative agli interventi di captazione e trattamento del biogas.

Essendo infatti note le “esigenze di trattamento” è possibile valutare tra alcuni “scenari operativi” attuabili per il futuro.

Nella logica di valutazione degli scenari operativi sono inoltre state considerate le Normative vigenti, le prescrizioni imposte dagli Enti locali, le Linee Guida le esperienze condotte su impianti simili e lo stato dell’arte relativo.

Per ogni scenario di seguito evidenziato verrà valutato un impegno impiantistico comprese le relative considerazioni economiche e complessità operative, oltre che l’impegno gestionale necessario alla sua futura gestione e monitoraggio.

Ulteriore valutazione delle tecniche di trattamento del biogas deve essere inoltre inquadrata nella logica delle BAT (Best Available Techniques), in riferimento a quanto disposto dall’art.29 del D.Lgs 152/06 che prevede che il gestore dell’impianto applichi tecniche impiantistiche, di controllo e gestione che, tra quelle tecnicamente realizzabili ed economicamente sostenibili, garantiscano bassi livelli di emissione di inquinanti, l’ottimizzazione dei consumi di materie prime, prodotti acqua ed energia ed un adeguata prevenzione degli incendi.

Anche le prescrizioni ARPAS, proposte in sede di rinnovo AIA, evidenziano la necessità di un impianto commisurato alle esigenze effettive della discarica: “... *dovrà avvenire in aree servite da una rete di captazione del biogas, con annesso **impianto di abbattimento o recupero, quest’ultimo da definirsi a seconda delle caratteristiche quantitative e qualitative del biogas prodotto.***”

Nel seguito verranno pertanto considerate tutte le opzioni possibili, anche quelle ovviamente meno praticabili, come quella del recupero energetico, tale scelta è motivata dalla volontà di fornire oggettivi riscontri per la valutazione finale della scelta.

Come ultima considerazione si evidenzia che la valutazione della attuale produzione del biogas è quella indicata nei capitoli precedenti. Per il corrente anno 2024 si prevede una produzione tra 24 e 34 Nm<sup>3</sup>/h di biogas LFG50 in incremento per il futuro, con un picco (2030) tra 44 e 65 Nm<sup>3</sup>/h.

Si osserva inoltre che la effettiva captazione sarà invece inferiore: nel 2024 compresa tra 12 e 19 Nm<sup>3</sup>/h LFG50 e con un picco (2032) tra 29 e 45 Nm<sup>3</sup>/h di biogas LFG50. Tali saranno i limiti di dimensionamento del progetto.



Le tipologie, o scenari, di trattamento di seguito sviluppate sono riferite a 5 diversi livelli:

- Scenario 1: Recupero energetico
- Scenario 2: Combustione in torcia
- Scenario 3: Bio-ossidazione Centralizzata (BOC)
- Scenario 4: Bio-ossidazione in situ (BOIS)
- Scenario 5: Libera emissione

### 12.1. Scenario 1: recupero energetico del biogas

Il D.Lgs 121/20, all'allegato 1, punto 2.5 "controllo dei gas" cita testualmente: *"L'effettivo riutilizzo energetico è subordinato ad una produzione minima del biogas realmente estraibile caratterizzata da una portata non inferiore a 100 Nm<sup>3</sup>/h e da una durata del flusso previsto ai valori minimi non inferiore a 5 anni."*

Considerata la massima produzione futura di biogas, stimata tra 44 e 65 Nm<sup>3</sup>/h di biogas LFG50 e la conseguente captazione valutabile tra 29 e 45 Nm<sup>3</sup>/h di biogas appare evidente che **la soglia normativa è molto lontana, circa 3 volte superiore al biogas disponibile.**

Inoltre, una dotazione di recupero energetico in grado di utilizzare queste portate (potenza circa 35 kW con rendimento al 30%) è molto difficile da trovare sul mercato ed i costi di pre-trattamento del gas, generazione energetica, trasformazione e cessione sarebbero sicuramente non sostenibili rispetto al beneficio economico procurato.

Ne risulterebbe quindi una **mancata sostenibilità economica**, incompatibile con il criterio di BAT indicato dalla Normativa vigente.

In conclusione, **si ritiene che tale scenario non sia praticabile.**

### 12.2. Scenario 2: combustione in torcia del biogas

Questo scenario viene prescritto dal D.Lgs 36/03 e ribadito dal D.Lgs 121/20: *"Nel caso di impraticabilità del recupero energetico la termodistruzione del biogas deve avvenire in idonea camera di combustione a temperatura  $T > 850$  °C, concentrazione di ossigeno maggiore o uguale a 3% in volume e tempo di ritenzione maggiore o uguale a 0,3 s."*

Occorre però evidenziare che il D.Lgs 121/20 introduce un "limite inferiore" di applicabilità di questa tecnologia, quello della bio-ossidazione, descritto nel dettaglio per i successivi scenari 3 e 4.

Inoltre, la funzionalità di un sistema di ossidazione termica adiabatico (combustione in torcia) che rispetti costantemente i parametri normativi di temperatura minima è condizionata ad una disponibilità di biogas valutata in circa 50 Nm<sup>3</sup>/h (produzione captabile), prestazione mai raggiunta nelle proiezioni calcolate.





Occorre inoltre considerare che la combustione è condizionata anche dalla percentuale minima di metano nel biogas (circa 25%) condizione difficilmente rispettabile nella fase attuale come evidenziato dalle campagne di analisi delle emissioni superficiali del 2020, 2021 e 2022.

Si valuta pertanto che la soluzione di combustione in torcia è in contrasto con la logica operativa ed implica inoltre un consumo energetico non indifferente ed è pertanto contraria alla logica di convenienza pratica, gestionale ed economica.

### **12.3. Scenario 3: ossidazione biologica centralizzata del biogas**

Il D.Lgs 121/20, all'allegato 1, punto 2.5 "controllo dei gas" cita testualmente: *"In presenza di una produzione di metano inferiore a  $0,001 \text{ Nm}^3/\text{m}^2/\text{h}$ , sarà possibile far ricorso alla ossidazione biologica in situ, mediante l'utilizzo di biofiltri o l'allestimento di coperture biossidative adeguatamente progettate e dimensionate."*

Considerando la superficie "emissiva" della discarica di  $37.794 \text{ m}^2$  (dato emerso dalle indagini di emissioni diffuse di biogas) ed applicando la soglia indicata dalla Normativa vigente, si evidenzia una portata "limite" per la bio-ossidazione in situ di  $37,8 \text{ Nm}^3/\text{h}$  di metano corrispondenti a  $75,6 \text{ Nm}^3/\text{h}$  di biogas LFG50 (equivalente a quello considerato dal modello previsionale BIO-7).

Se si confronta tale limite con la produzione indicata dal modello per l'anno 2024 variabile tra 23 e  $34 \text{ Nm}^3/\text{h}$  si evidenzia che tale flusso atteso è circa la metà della soglia; quindi, **l'applicazione della tecnica di bio-ossidazione è lecita e consentita.**

La bio-ossidazione Indicata dalla Norma viene definita "in situ", quindi svolta direttamente al punto di emissione.

Il testo di Legge cita *"l'utilizzo di bio-filtri o l'allestimento di copertura biossidative"*.

Tale opzione verrà meglio sviluppata nello scenario n° 4 successivo.

Prima di tale possibilità (Bio-ossidazione in situ – BOIS) si valuta di seguito la dotazione di una azione di captazione forzata attraverso una rete di captazione e trasporto (pozzi, reti trasporto, sistemi di deumidificazione e stazioni di regolazione) per il convogliamento dei biogas ad una Centrale di Estrazione dove verrà realizzata una sezione di aspirazione abbinata ad una unità di ossidazione centralizzata (BOC – bio-ossidatore centralizzato).

Questa soluzione avrebbe il vantaggio riferito alla possibilità di procedere nella azione di estrazione forzata anche con concentrazioni di metano inferiori al 25% poiché il BOC è in grado di trattare basse concentrazioni di metano. Anzi, si osserva che le migliori prestazioni di ossidazione si ottengono con basse concentrazioni di  $\text{CH}_4$ .

Questa esigenza porta spesso alla necessità di dover "diluire" il metano nel biogas estratto fino a raggiungere le migliori concentrazioni di ossidazione (circa 2-3%).



Tale soluzione richiede però la presenza di una rete di trasporto, deumidificazione e regolazione del biogas estratto (come per la torcia); normalmente questo scenario viene infatti applicato “dopo” lo scenario della ossidazione termica, sfruttando la presenza della rete di trasporto e della stazione di estrazione dinamica già presente.

Nel caso specifico tale predisposizione non è invece esistente.

Si osserva infine che anche lo scenario 3 è “energivoro” in quanto necessita di una alimentazione elettrica continua del sistema di aspirazione. Anzi: la necessità di trasportare alla Centrale BOC biogas a bassa concentrazione di metano implica lo spostamento di maggiori volumi di gas (in prevalenza aria) e quindi un maggiore lavoro (e quindi consumo energetico) per l’aspiratore.

#### **12.4. Scenario 4: ossidazione biologica in situ del biogas**

Tale soluzione risulta essere quella più conforme alle prescrizioni normative che parlano di copertura bio-ossidativa.

La differenza tra le due soluzioni indicate dalla Normativa vigente considera il fatto che i sistemi di bio-ossidazione in situ (BOIS) sono localizzati in più punti della superficie della discarica, facilmente identificabili, controllabili, manutenzionabili e monitorabili. Per coperture bio-ossidative si intendono invece coperture continue, senza soluzione di continuità.

Si ritiene che sia preferibile proporre una soluzione tecnica valutabile dal punto di vista costruttivo ed ovviamente monitorabile. Inoltre, una copertura bio-ossidativa “continua” richiede caratteristiche di permeabilità ai gas che contrastano con le stesse prescrizioni normative quando identificano la stratigrafia del capping definitivo inserendo strati impermeabili alla diffusione dei gas.

I sistemi BOIS sono a volte equivalenti alle “bio-windows” che generalmente sono costituite da limitate porzioni di copertura (di pochi metri quadrati) dove la stratigrafia del capping è sostituita con materiale bio-ossidante. Anche tale soluzione consente però un limitato controllo delle infiltrazioni di acqua piovana all’interno della discarica e quindi rischiano di essere in contrasto con le prescrizioni relative.

Il vantaggio dei BOIS è quello che non richiedono una centralizzazione del trattamento e quindi rendono inutili le reti di trasporto, deumidificazione, regolazione e la Centrale di Estrazione. Inoltre, i BOIS non richiedono nessun assorbimento elettrico e quindi consentono un notevole risparmio economico rispetto al sistema centralizzato BOC.

Tecnicamente i BOIS dovrebbero essere in grado di:

- Essere facilmente distinguibili dalla copertura esistente ed in quella futura definitiva;
- Evitare infiltrazioni di acque meteoriche nella massa dei rifiuti;



- Avere adeguati volumi, superfici e spessori di massa reagente in grado di garantire al meglio le condizioni di bio-ossidazione intese come carico superficiale, volumetrico e tempo di residenza;
- Essere facilmente manutenzionabili;
- Consentire un monitoraggio prestazionale di ossidazione (rapporto CH<sub>4</sub> in / out);

La soluzione proposta dovrà essere specificatamente progettata e sviluppata al fine di garantire e rispettare tutti i requisiti sopra indicati.

### 12.5. Scenario 5: libera esalazione del biogas

Tale soluzione è ovviamente quella finale in quanto ammette che il flusso di biogas possa essere immesso in atmosfera liberamente, senza trattamento preliminare.

Per la valutazione degli scenari futuri è pertanto determinante definire un valore “finale” di libera emissione di biogas (LE) ambientalmente compatibile, ma diverso da “zero”.

**È infatti impossibile garantire una emissione nulla di biogas** da una discarica mentre sarebbe invece opportuno concordare con gli Enti una soglia di accettabilità di emissione in atmosfera (scarsa significatività). Tale concetto è peraltro già comunemente applicato per le emissioni liquide per le quali sono chiaramente definiti i livelli di compatibilità ambientale.

Il D.Lgs. n. 155/2010, attuazione della direttiva 2008/50/CE, esprime il concetto di **concentrazioni soglia di contaminazione (CSC)**: i livelli di contaminazione delle matrici ambientali che costituiscono valori al di sopra dei quali è necessaria la caratterizzazione del sito e l'analisi di rischio sito specifica.

Nel caso in cui il sito potenzialmente contaminato sia ubicato in un'area interessata da fenomeni antropici o naturali che abbiano determinato il superamento di una o più concentrazioni di soglia di contaminazione, queste ultime si assumono pari **al valore di fondo esistente** per tutti i parametri superati.

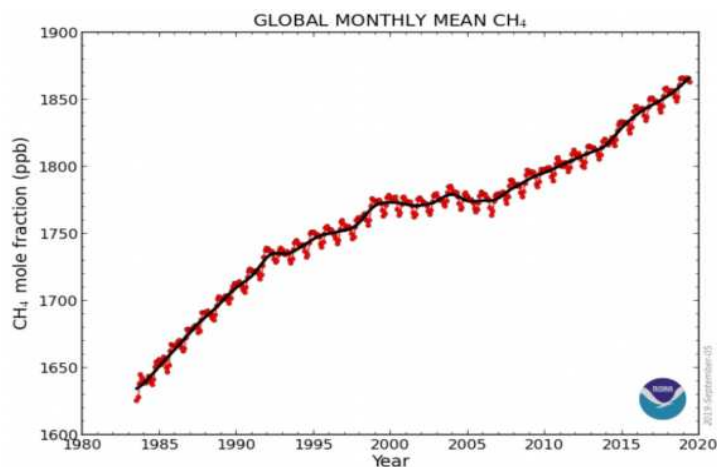
Il metano è inoltre già naturalmente presente nell'atmosfera.

Studi recenti (NOAA) hanno evidenziato una presenza media nell'aria di circa 1850 ppb (1,9 ppm) di CH<sub>4</sub>.

Si riporta di seguito un grafico con la tendenza della presenza di metano in atmosfera.



emendo



**Presenza di metano in atmosfera (fonte : NOAA)**

Numerose altre attività antropiche e naturali contribuiscono all'emissione di metano in atmosfera, si prenda ad esempio l'allevamento di bovini: ogni mucca emette in atmosfera tra 70 e 120 kg di metano all'anno corrispondenti a circa 0,01-0,02 Nm<sup>3</sup>/h di metano (0,02-0,04 Nm<sup>3</sup>/h di biogas LFG50).

**Ne consegue che esiste, per il metano, un “valore di fondo” (come definito dalla Norma) già differente da zero.**

Si ricorda inoltre la necessità di differenziare le emissioni di metano di tipo “fossile” da quelle non fossile. Tale distinzione è stata recentemente inserita anche nel criterio di valutazione del GWP (Global Warming Potential) emesso dalla IPPC. Il metano contenuto nel biogas, data l'origine di fermentazione di sostanza organica recentemente fermentata non è assolutamente di tipo “fossile”.

Fatte queste premesse si ritiene adeguato proporre una soglia di emissione residuale del biogas adeguata ed ambientalmente compatibile.

Al fine di valutare meglio questo scenario residuale si citano alcuni riferimenti normativi Regionali.

La **DGRV della Regione Veneto n° 995 del 2000** (oramai datata) evidenzia che la libera emissione di biogas in atmosfera è ammissibile solo se **il flusso è inferiore a 10 m<sup>3</sup>/h**.

Tale indicazione è generica in quanto non fa riferimento al tipo di biogas (concentrazione di metano) né alla dimensione e superficie e tipo della discarica. Il concetto interessante è comunque la possibilità di una libera esalazione in presenza di bassi flussi di biogas.

In data 7/10/2014, con DGR n° X/2461, sono state pubblicate sul BUR della Regione Lombardia le **Linee Guida per la progettazione e gestione sostenibile delle discariche**.



Tali Linee Guida sono poi state annullate dal TAR Lombardia con sentenza n° 522 del 17/03/2016 per incongruenze amministrative. Le indicazioni della Regione Lombardia contenevano due elementi innovativi circa il controllo delle emissioni del biogas in atmosfera.

Il primo elemento era relativo alla possibilità di utilizzare un sistema differente rispetto alla combustione del biogas (in recupero energetico oppure in torcia) consistente nella “bio-ossidazione”. Tale sistema era ammesso dalle Linee Guida fino ad un limite pari a **0,001 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>/h**. Lo stesso limite è stato ripreso ed adottato dal più recente e vigente D.Lgs 121/20.

Applicando tale riferimento alla superficie della discarica in oggetto (37.794 m<sup>2</sup>) si evidenzia un limite di bio-ossidabilità pari a 37.794 NI di metano corrispondenti a 37,79 Nm<sup>3</sup>/h di biogas LFG50.

La seconda novità era il limite ammesso come **emissione “finale” (a copertura definitiva realizzata e periodo di post-chiusura passato)** di metano in atmosfera pari a **0,5 NI CH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>/h**.

Questo limite viene indicato nell’Allegato B relativo alla “Qualità Finale della Discarica QFD” al termine del periodo di post-chiusura.

Applicando questo riscontro alla superficie della discarica in oggetto (37.794 m<sup>2</sup>) si evidenzia un limite di ammissibilità QFD pari a 18.897 NI di metano corrispondenti a 37,79 Nm<sup>3</sup>/h di biogas LFG50.

Come evidente la produzione di biogas (valore di picco) calcolata dal modello BIO-7 (44-65 Nm<sup>3</sup>/h LFG50) è poco superiore a questa soglia, ne risulterebbe che la massima produzione di biogas è molto prossima al valore di fondo proposto dalle Linee Guida Lombarde rendendo pertanto inutile l’azione di trattamento.

Normativa ancora più recente e calzante al caso specifico è la **Delibera XI n° 4423 del 17/03/2021**, sempre della **Regione Lombardia**, che riguarda gli *“Indirizzi tecnico-amministrativi per la gestione di discariche ante-norma, cessate, abusive, in gestione operativa o post-operativa in attuazione dell’art. 17 ter, comma 4 della l.r. 26/2003”*

All’allegato tecnico applicativo della Delibera viene dichiarato: *“ ... Nessuna norma impone un obbligo generalizzato di intervento su tali discariche, che sono state realizzate in assenza di specifici standard tecnici di tutela ambientale, ma nel rispetto della legislazione vigente all’epoca. Gli interventi sono necessari soltanto laddove si verifichi almeno una delle seguenti condizioni:*

...

*b) pericolo per la salute o la sicurezza delle persone, **ad esempio dovuto ai gas di discarica**, .... Laddove ci sia una emissione superficiale ad impianto di estrazione spento o assente di biogas indicativamente pari o inferiore a **0,2 NI CH<sub>4</sub>/(m<sup>2</sup> h)** e non ci siano accumuli in aree*



esterne potenzialmente pericolosi (con creazione di situazioni di rischio di esplosione), **si può ritenere che il biogas sia scarsamente significativo;**


La Norma Lombarda nel 2021 abbassa ulteriormente la soglia di “significatività” già espressa nel 2014 indicandola a **0,2 NI CH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>/h**.

Applicando questo limite alla superficie della discarica in oggetto si evidenzia un limite di ammissibilità QFD pari a 7.559 NI di metano corrispondenti a 15,12 Nm<sup>3</sup>/h di biogas LFG50. Come evidente la produzione di biogas calcolata dal modello (31-45 Nm<sup>3</sup>/h LFG50) è superiore alla soglia, ne consegue che la considerazione di “scarsa significatività” potrà essere applicata, ma solo dopo il raggiungimento di tale soglia.

## 12.6. Raffronto scenari

Per una più semplice raffronto dei 5 scenari (Fasi) si riporta di seguito una tabella comparativa.

TABELLA PRESCRIZIONI GESTIONALI PER IL TRATTAMENTO GAS DA DISCARICA

 emendo		ASPIRAZIONE FORZATA	LIMITE RIFERITO AL FLUSSO TOTALE	LIMITE RIFERITO ALLA QUALITA' LFG	LIMITE RIFERITO AL FLUSSO UNITARIO	TIPO DI TRATTAMENTO	EFFICIENZA TRATTAMENTO
			Nm <sup>3</sup> /h	% CH <sub>4</sub>	Nm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h CH <sub>4</sub>		% ossidazione CH <sub>4</sub>
FASE 1							
Recupero energetico	RE	SI	> 100 <sup>(1)</sup>	> 40% <sup>(4)</sup>	NO	Ossidazione termica	> 99%
Per almeno 5 anni consecutivi			Produzione captabile per almeno 5 anni (1)				
FASE 2							
Combustione in torcia	T	SI	NESSUNO	> 25% <sup>(5)</sup>	NO	Ossidazione termica	> 99%
Temperatura > 850°C (1)							
Tempo residenza > 0,3" (1)			Se >100 obbligo RE (1)				Se combustore adiabatico ad alta temperatura
Ossigeno residuo > 3% (1)							
FASE 3							
Bio-ossidazione Centralizzata	BOC	SI	NESSUNO	< 5% Probabile pre-diluzione	< 0,001 <sup>(1)</sup> Prod. teorica CH <sub>4</sub> (1)	Ossidazione biologica	> 65% <sup>(3)</sup>
FASE 4							
Bio-ossidazione in situ	BOIS	NO	NESSUNO	< 5%	< 0,001 <sup>(1)</sup> Prod. teorica CH <sub>4</sub> (1)	Ossidazione biologica	Variabile
FASE 5							
Libera Emissione copertura ossidativa	LE	NO	NESSUNO	NESSUNO	< 0,0002 <sup>(2)</sup> Prod. teorica CH <sub>4</sub> (1)	Ossidazione biologica	Variabile

Nota (1): riferimento D.Lgs 121/20 - all.1 - Punto 2.5

Nota (2): riferimento DGRL 4423/21 - limite di scarsa significatività emissione metano

Nota (3): riferimento Prescrizioni efficienza Bio-ossidatori Città Metropolitana Torino

Nota (4): limite prestazionale motori endotermici ciclo 8

Nota (5): limite prestazionale combustori adiabatici (torce)

Volendo sviluppare un criterio di “prestazionalità” dei 5 scenari si sviluppa, nella figura seguente, un confronto tra i risultati di trattamento del biogas in proporzione dei flussi di biogas trattabili

La fascia verde indica la adeguatezza del sistema di trattamento alle condizioni di flusso.





La fascia gialla indica invece la zona “instabile” di prestazione con efficienze di trattamento non sempre stabili e conformi alle esigenze.

La fascia rossa infine evidenzia la zona critica per la quale il tipo di trattamento è sconsigliabile anche se teoricamente “possibile”.

Infine, la fascia grigia evidenzia la zona di non funzionalità del sistema.

Portata biogas LFG50 (Nm <sup>3</sup> /h)			5	10	20	50	75	100	200	500	1000	>1000
Fase 1	Recupero energetico	RE										
Fase 2	Combustione in torcia	T										
Fase 3	Bio-ossidazione Centralizzata	BOC										
Fase 4	Bio-ossidazione in situ	BOIS										
Fase 5	Libera Emissione copertura ossidativa	LE										

Si precisa che il criterio di valutazione del grafico è basato anche sulla effettiva disponibilità di dotazioni di trattamento sul mercato e quindi sulla “applicabilità” impiantistica del trattamento, in linea con il criterio BAT.

Si evidenzia che i primi due scenari di ossidazione termica tendono ad avere un limite “inferiore” ma non hanno limiti superiori e quindi confermano l’applicabilità del tipo di trattamento per grandi flussi di biogas.

Gli ultimi tre scenari capovolgono il concetto evidenziando un limite “superiore” e quindi l’idoneità per flussi minori, tendenti a zero.

Volendo applicare le soglie precedentemente descritte alla discarica in oggetto si evidenzia il grafico seguente dove sono riportate le curve di produzione teorica di biogas nei limiti probabilistici Best e Worst Case, le curve di captabilità e le soglie riferibili ai diversi scenari di trattamento:

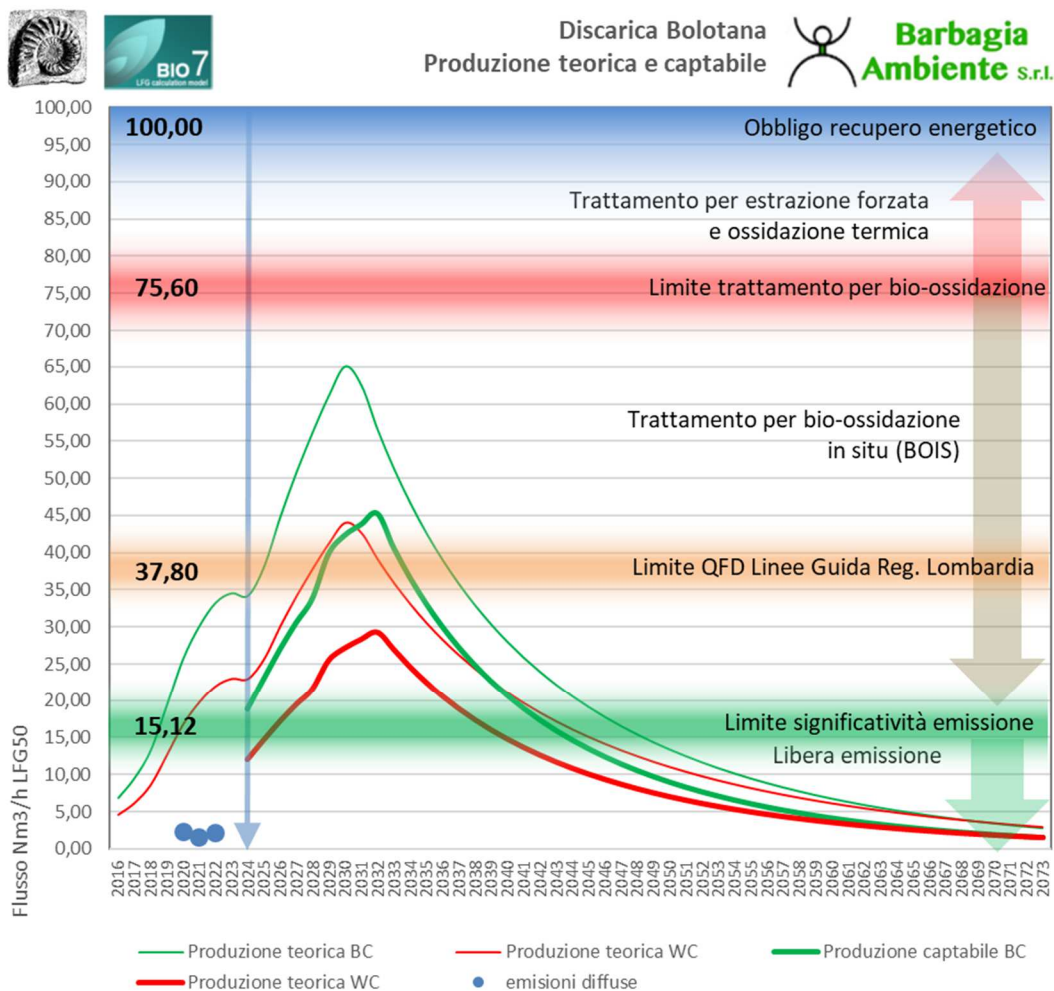
- La soglia di significatività della emissione (15,12 Nm<sup>3</sup>/h biogas LFG50);
- Il limite QFD indicato dalle Linee Guida Lombarde (37,80 Nm<sup>3</sup>/h biogas LFG50);
- Il limite di applicabilità della bio-ossidazione (75,60 Nm<sup>3</sup>/h biogas LFG50);
- Il limite di portata per il recupero energetico (100 Nm<sup>3</sup>/h biogas LFG50).

Nel grafico sono inoltre presenti i dati di emissione superficiale per gli anni 2020,2021 e 2022 (pallini celesti). Come evidente tali dati, gli unici riscontri oggettivi di misura e non di calcolo, indicano una presenza di biogas molto inferiore a quella ipotizzata. Occorre però ricordare che le emissioni diffuse misurate sono al netto del trattamento bio-ossidativo corticale.



emendo

Il grafico ben evidenzia il campo di applicabilità delle varie tecniche di trattamento rispetto alle effettive esigenze.



**Confronto tra le produzioni calcolate ed i limiti degli scenari di trattamento**



---

### 13. Scelta del trattamento del biogas

---

Valutata la disponibilità delle tecniche di trattamento si propone di seguito quella ritenuta più adeguata alla gestione dell'impianto in oggetto.

Si premette la valutazione è basata su due criteri determinati: Il primo riguarda il periodo di applicabilità del trattamento ed il secondo si basa sulla possibile evoluzione impiantistica.

Per quanto riguarda il periodo di applicabilità si valuta la situazione attuale, a partire dal 2024, si considera la potenziale presenza della porzione Autorizzabile di scarica e, conseguentemente, si ipotizza un incremento di produzione dal 2024 fino al 2030 (picco produttivo) per poi calare progressivamente.

Per il criterio di evoluzione impiantistica si ritiene di predisporre un sistema di captazione e trattamento del biogas in grado di evolversi nel caso fosse necessario. In pratica le dotazioni attualmente predisposte dovranno essere adeguate ad ogni potenziale sistema di trattamento, compreso il recupero energetico. Qualora nel futuro, a seguito di oggettive verifiche ed analisi, si evidenziasse un flusso di biogas prodotto e captabile superiore a quello indicato dal modello di calcolo, sarà possibile implementare le dotazioni di trattamento mediante la costruzione di ulteriori dotazioni e sistemi.

Queste premesse portano alla necessità di disporre di una rete di captazione adeguata ed idonea ad ognuno dei 5 scenari descritti connessa al sistema di trattamento valutato per la condizione al momento prevedibile.

In questa fase si ritiene:

- Che lo scenario 1 di recupero energetico **non sia applicabile** per mancanza di un flusso adeguato di biogas ( $< 100 \text{ Nm}^3/\text{h}$ );
- Che lo scenario 2, di combustione in torcia **sia di difficile applicazione** per le modeste portate e presumibilmente per la qualità del biogas non conforme (per effetti di diluizione in fase di aspirazione forzata) alla combustione ( $< 25\% \text{ CH}_4$ );
- Che lo scenario 3, di bio-ossidazione centralizzata (BOC) **sia sconsigliabile**, almeno per il momento, in quanto richiede la stesa di una rete di trasporto e regolazione su di una superficie non ancora definitiva con notevole intralcio alle operazioni. Inoltre, tale scenario richiede un impegno energetico notevole per lo spostamento di un gas presumibilmente molto povero di metano;
- Che lo scenario 4, di bio-ossidazione in situ (BOIS), oltre ad essere perfettamente conforme alla Normativa vigente, **è il più adeguato alla situazione di produzione biogas attuale** ed alla conformazione cantieristica;
- Che lo scenario 5, di libera emissione, **non sia al momento applicabile** per eccesso di flusso rispetto alla soglia di significatività.



In conclusione, si ritiene che nella fase attuale sia necessario:

- Realizzare una rete di captazione adeguata a tutta la discarica;
- Predisporre un sistema di bio-ossidazione in situ (BOIS) da connettere alla rete di captazione;
- Eseguire un piano di monitoraggio per la definizione oggettiva dei flussi e delle qualità del gas prodotto e captabile;
- Evolvere, se necessario, il sistema di trattamento prescelto in base ai riscontri di monitoraggio oggettivo ed alle variazioni future.

Il seguente progetto riguarderà pertanto la costruzione della rete di captazione, del sistema di bio-ossidazione e del piano di monitoraggio.

## **14. Progettazione della rete di captazione**

---

Per rete di captazione si intende la porzione di impianto a contatto con i rifiuti predisposta ad intercettare il flusso del biogas.

Normalmente la captazione viene realizzata mediante elementi drenanti, più frequentemente pozzi trivellati nella massa dei rifiuti.

Nella discarica in oggetto si è ritenuto preferibile procedere alla realizzazione dei punti di captazione, definibili genericamente come “pozzi” mediante scavo a sezione obbligata piuttosto che mediante perforazione per i seguenti motivi:

- Gli spessori della discarica sono modesti ed è pertanto possibile costruire un dreno presso buona parte del corpo rifiuti mediante scavo;
- Le trivellazioni implicano modesti volumi drenanti, specialmente nella parte inferiore degli stessi. Genericamente un pozzo con diametro 800 mm consente un rapporto di 0,5 m<sup>3</sup> di dreno ogni metro di profondità. Uno scavo consente una base drenante molto maggiore e più efficiente;
- La realizzazione di pozzi mediante scavo è eseguibile con i mezzi d’opera già presenti in discarica mentre la trivellazione richiede la presenza di macchine specifiche.

Occorre inoltre ricordare che le superfici della discarica attualmente disponibili non sono quelle definitive e che quindi sarà necessario provvedere alla sopraelevazione degli elementi di captazione fino al raggiungimento del capping definitivo realizzabile tra numerosi anni.

Sulla base di tali premesse si ritiene di proporre sistemi drenanti ottenuti mediante scavo integrati con un sistema elevabile definito “a campana”.



#### **14.1. Tipologia del sistema di captazione**

La procedura costruttiva prevede quindi lo scavo a sezione obbligata della profondità di circa 5 metri nella massa dei rifiuti mediante un escavatore adeguato.

La localizzazione dei punti di scavo e la loro profondità massima sarà valutata anche in funzione della presenza dei settori con smaltimento di rifiuti contenenti amianto, presso i quali si vuole evitare una azione di dreno e captazione del biogas.

La fase successiva implica il riempimento del fondo dello scavo con ghiaia o materiale drenante delle medesime caratteristiche per almeno due metri. Su questa base drenante verrà appoggiata un cilindro metallico (campana) con diametro di 800 mm e sviluppo di 3,5 metri.

La campana sarà attrezzata con una sonda fessurata in HDPE De 140 mm mantenuta in asse da appositi centratori; nel contorno della sonda verrà posata ghiaia granulometria 10 – 100 mm. La ghiaia potrà essere sostituita con materiale drenante di recupero di elevata qualità e caratteristiche (granulometria).

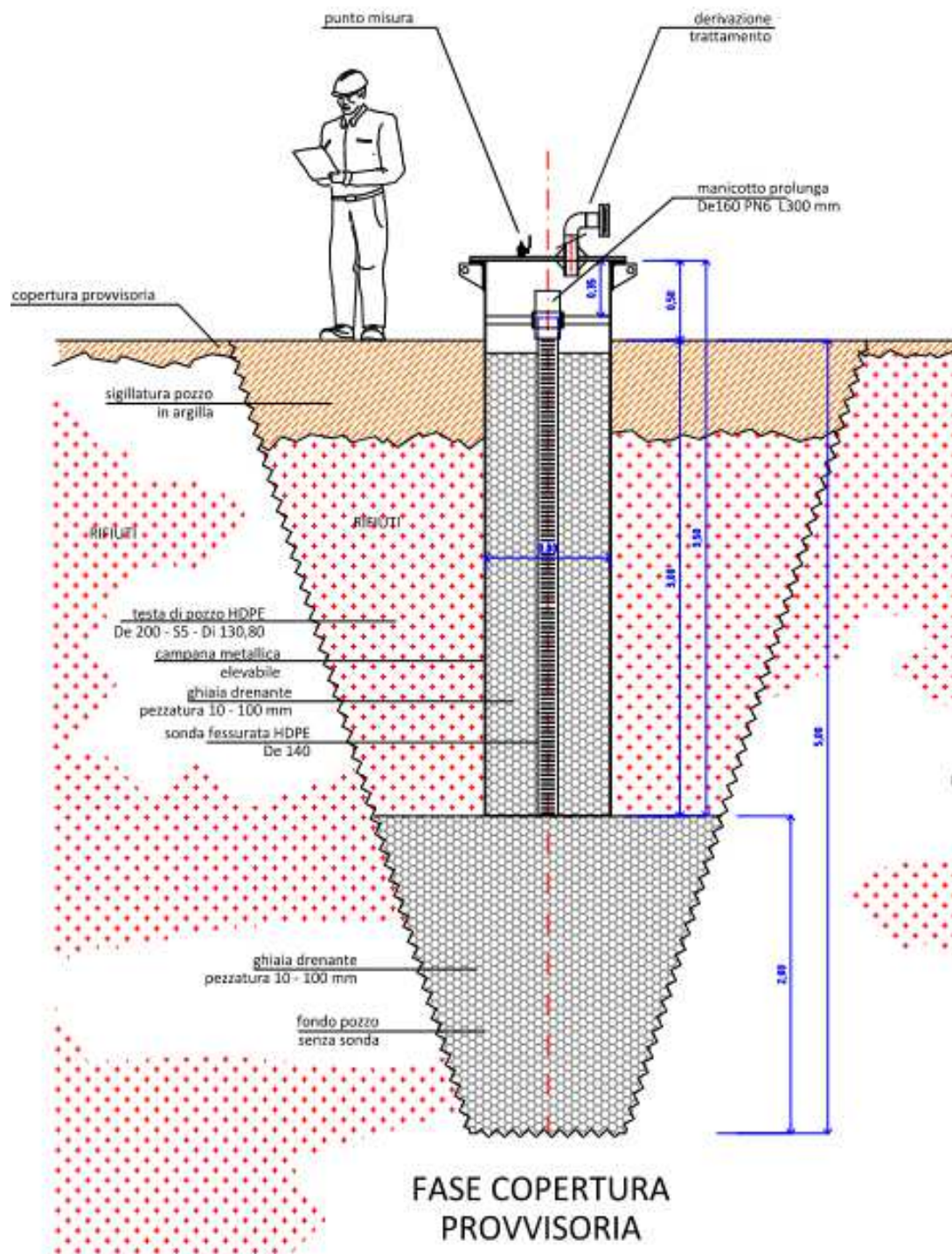
Nel contorno esterno della campana verrà immediatamente riportato il rifiuto proveniente dallo scavo adeguatamente compattato fino al rinfiacco completo del cilindro metallico.

La fase finale dell'attivazione del sistema di captazione sarà il posizionamento di un coperchio sulla campana realizzato da un disco di HDPE spesso 2 cm ed attrezzato per la captazione ed il monitoraggio del biogas. Il disco in HDPE sarà mantenuto in aderenza alla campana mediante un sistema di flangia e morsetti meccanici.

Non appena montato il coperchio potrà essere possibile abbinare alla campana il sistema di bio-ossidazione in situ (BOIS) ed avviare il monitoraggio.



emendo



*Schema di messa in opera sistema di captazione elevabile*

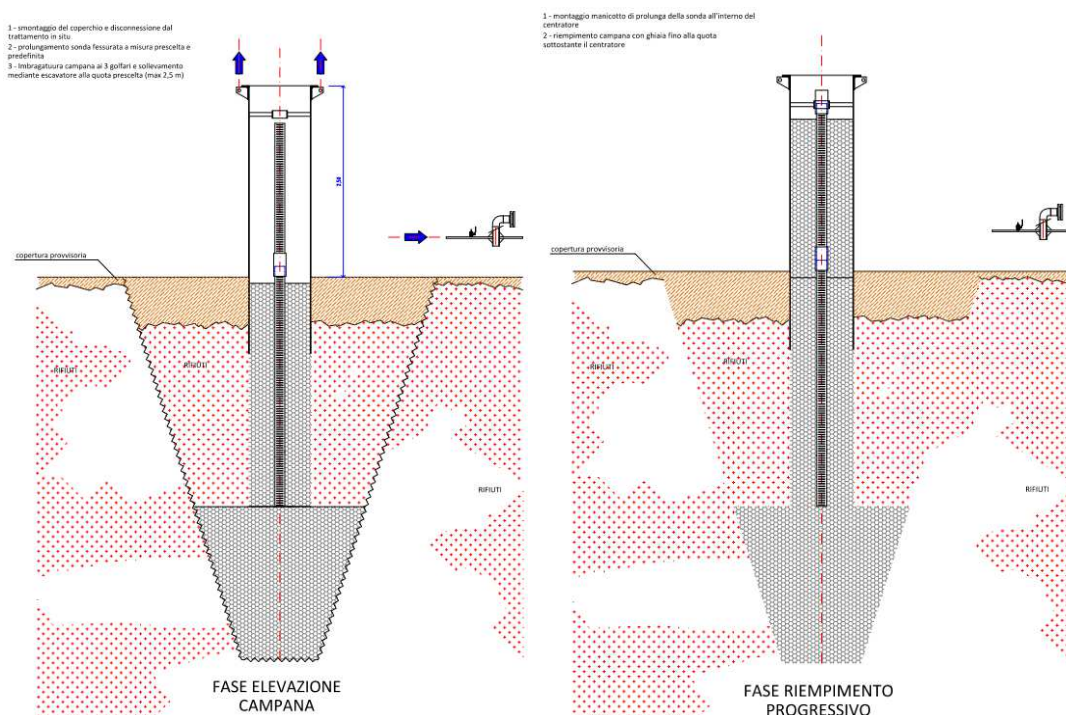




Quando le operazioni di coltivazione della discarica richiederanno l'innalzamento della quota dei rifiuti nel contorno della campana sarà possibile:

- Disconnettere e spostare il BOIS;
- Smontare il coperchio della campana;
- Prolungare la sonda fessurata in HDPE;
- Sfilare la campana verso l'alto mediante i golfari predisposti fino al raggiungimento della quota necessaria (massimo 2,5 m);
- Riempire la campana con ghiaia;
- Riposizionare il coperchio stagno;
- Riconnettere il BOIS.

Tale sequenza di operazione potrà essere ripetuta più volte fino al raggiungimento della quota finale di progetto. Il risultato finale sarà l'ottenimento di un pozzo realizzato in corso d'opera per elevazione appoggiato su un "bulbo" drenante di circa 6 m<sup>3</sup> in grado di anticipare tutte le operazioni di captazione e monitoraggio del biogas.

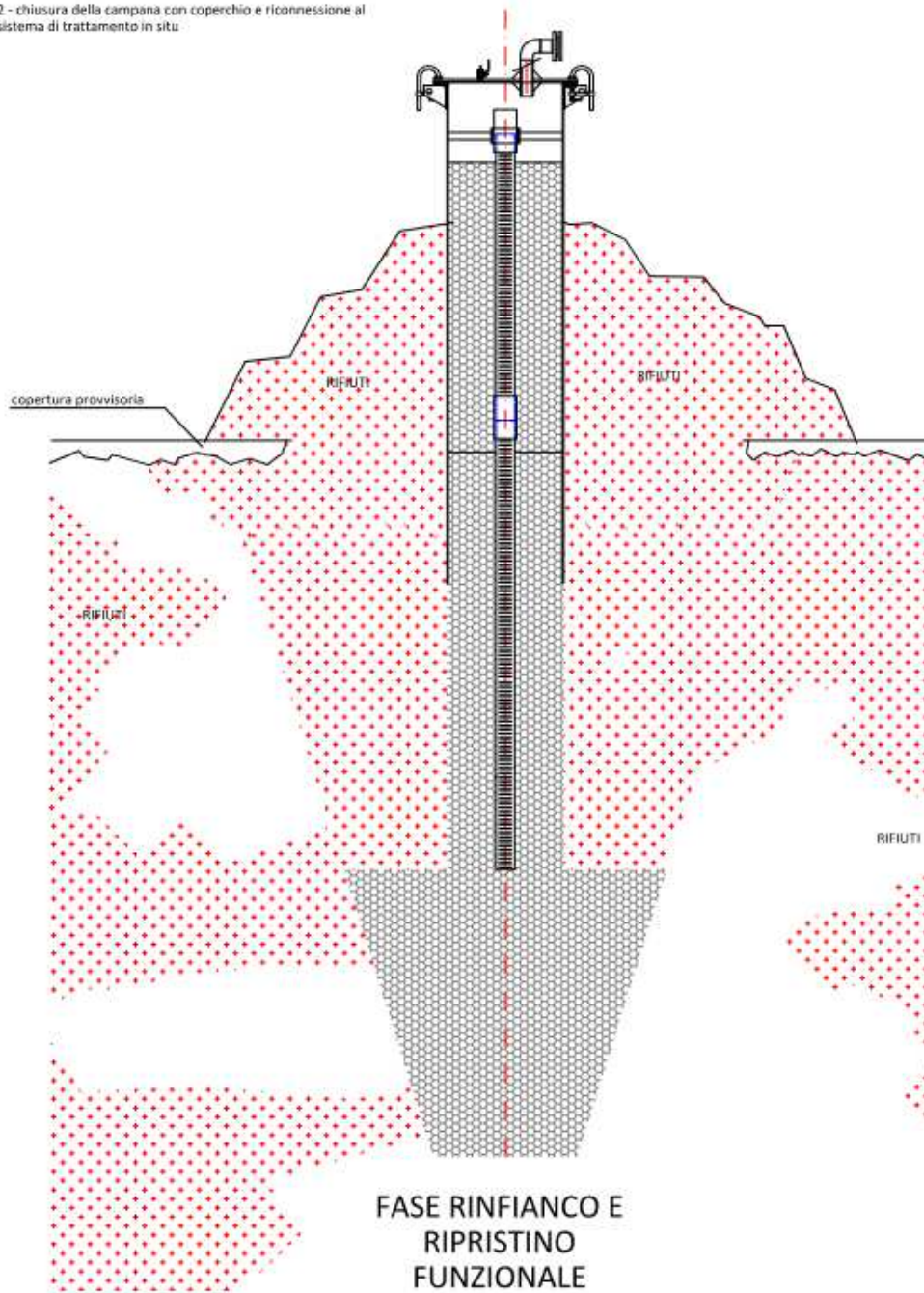


***Schema di elevazione del sistema di captazione***



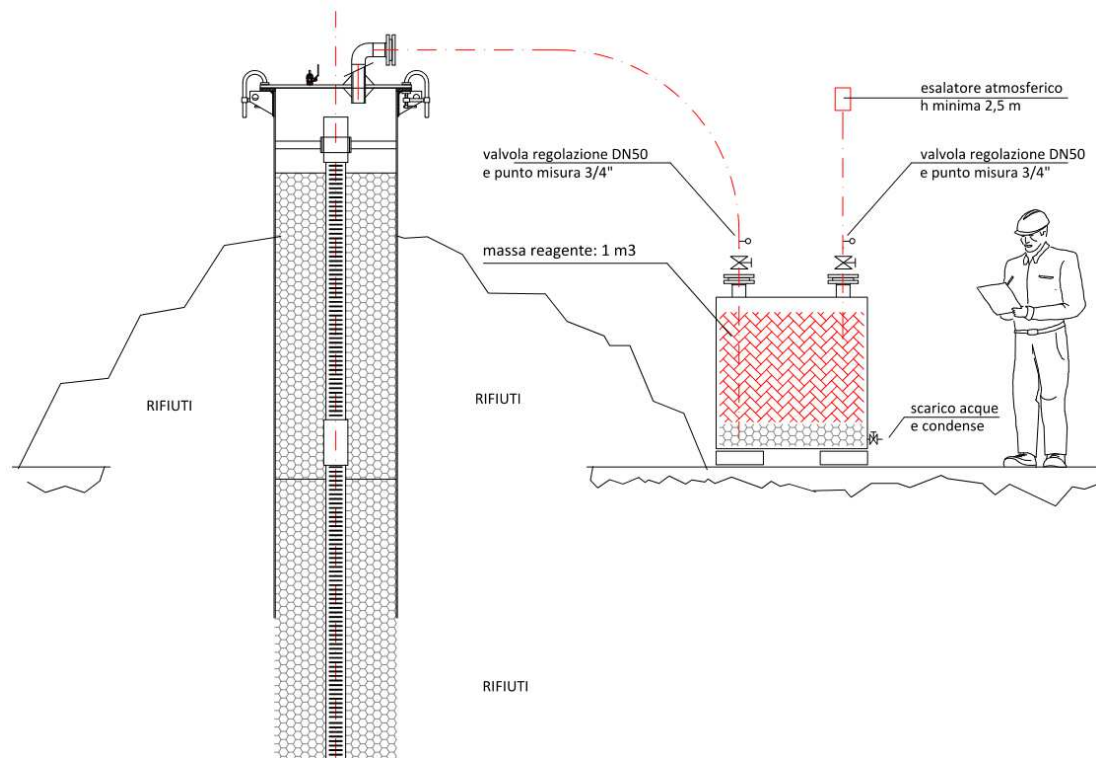
1 - rinfianco della campana con rifiuti compattati

2 - chiusura della campana con coperchio e riconnessione al sistema di trattamento in situ



***Schema del sistema di captazione dopo la elevazione***





***Schema del sistema di connessione del punto di captazione al BOIS durante la coltivazione***

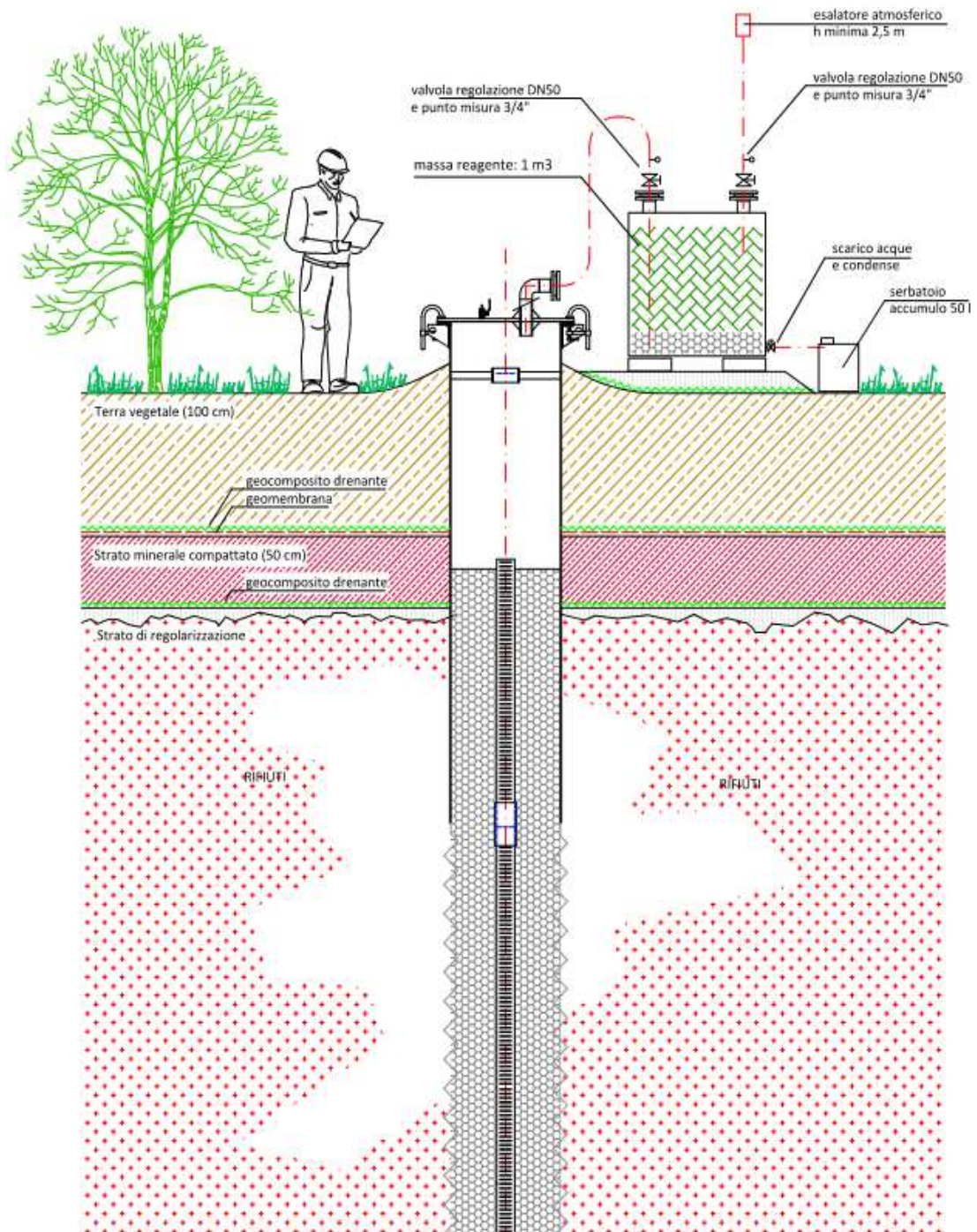
Si precisa che il sistema della campana potrà essere idoneo per ogni scenario di captazione descritto nei capitoli precedenti.

AL raggiungimento della quota finale del capping la campana potrà essere lasciata nella stessa posizione della sua ultima elevazione e quindi utilizzata come “testa di pozzo” definitiva.

In alternativa, e qualora il metallo evidenziasse importanti fenomeni di ossidazione (ruggine) o danni dovuti alla sua frequente sopraelevazione, la campana potrà essere sostituita da una testa di pozzo in HDPE di diametro di poco superiore a quello della sonda fessurata (De 140 mm).

La testa di pozzo sarà calzata telescopicamente sulla sonda per consentire la sigillatura della stessa e compensare eventuali fenomeni di assestamento differenziale della copertura.

Questa soluzione alternativa, valutabile solo dopo la chiusura della discarica non modifica assolutamente la funzionalità del sistema e potrà essere considerata fin d’ora come variante non sostanziale del progetto.



***Schema del sistema di connessione del punto di captazione al BOIS dopo la chiusura***



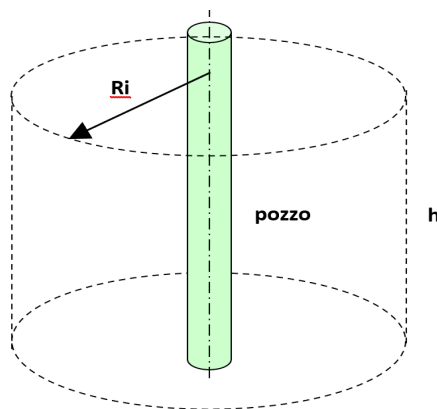
## 14.2. Disposizione del numero dei punti di captazione

I sistemi di captazione vengono normalmente “distribuiti” nella massa dei rifiuti cercando di raggiungere ogni zona di produzione del biogas.

Uno dei criteri maggiormente utilizzati per il dimensionamento e per la progettazione di una rete di captazione è il “**raggio d’influenza**”, inteso come la distanza entro la quale l’elemento, mantiene la capacità di sviluppare efficacemente la propria azione di captazione.

Tale criterio ben si adatta a sistemi di captazione verticali (pozzi) ipotizzando la costruzione di un cilindro nel contorno dell’asse del pozzo definito dal raggio di costruzione  $R_i$  e dall’altezza  $h$  del pozzo.

Nella figura seguente si schematizza il principio di base del concetto



### ***Definizione del raggio di influenza ( $R_i$ ) “teorico” del pozzo di captazione biogas***

Sovrapponendo i cerchi generati dai raggi di influenza su di una planimetria della discarica viene genericamente “dimensionata” la rete di captazione come riportato nella successiva figura.

Nella distribuzione dei cerchi occorre sovrapporre le aree di influenza al fine di evitare zone non “coperte”; pertanto, i cerchi non dovrebbero mai essere tra loro tangenti.

Tale concetto va esteso anche alle zone perimetrali della discarica.

Nel posizionamento dei pozzi occorre però considerare la loro futura sopraelevazione fino al raggiungimento del capping definitivo e di come la planimetria della discarica subirà variazioni per la presenza di argini di contenimento.

Una ulteriore considerazione riguarderà la necessità di evitare il drenaggio dei biogas nelle zone di discarica interessate dallo smaltimento di rifiuti contenenti amianto. Tali zone sono state ben definite dal Gestore della discarica sia a livello planimetrico sia a livello altimetrico (quote di smaltimento); potrà quindi essere possibile che alcuni pozzi saranno attivati ad una quota superiore del deposito di questi rifiuti o leggermente “spostati”.

La progettazione planimetrica è stata quindi basata sulla disposizione di 18 pozzi di captazione dislocati sulla superficie della discarica attualmente autorizzata secondo una



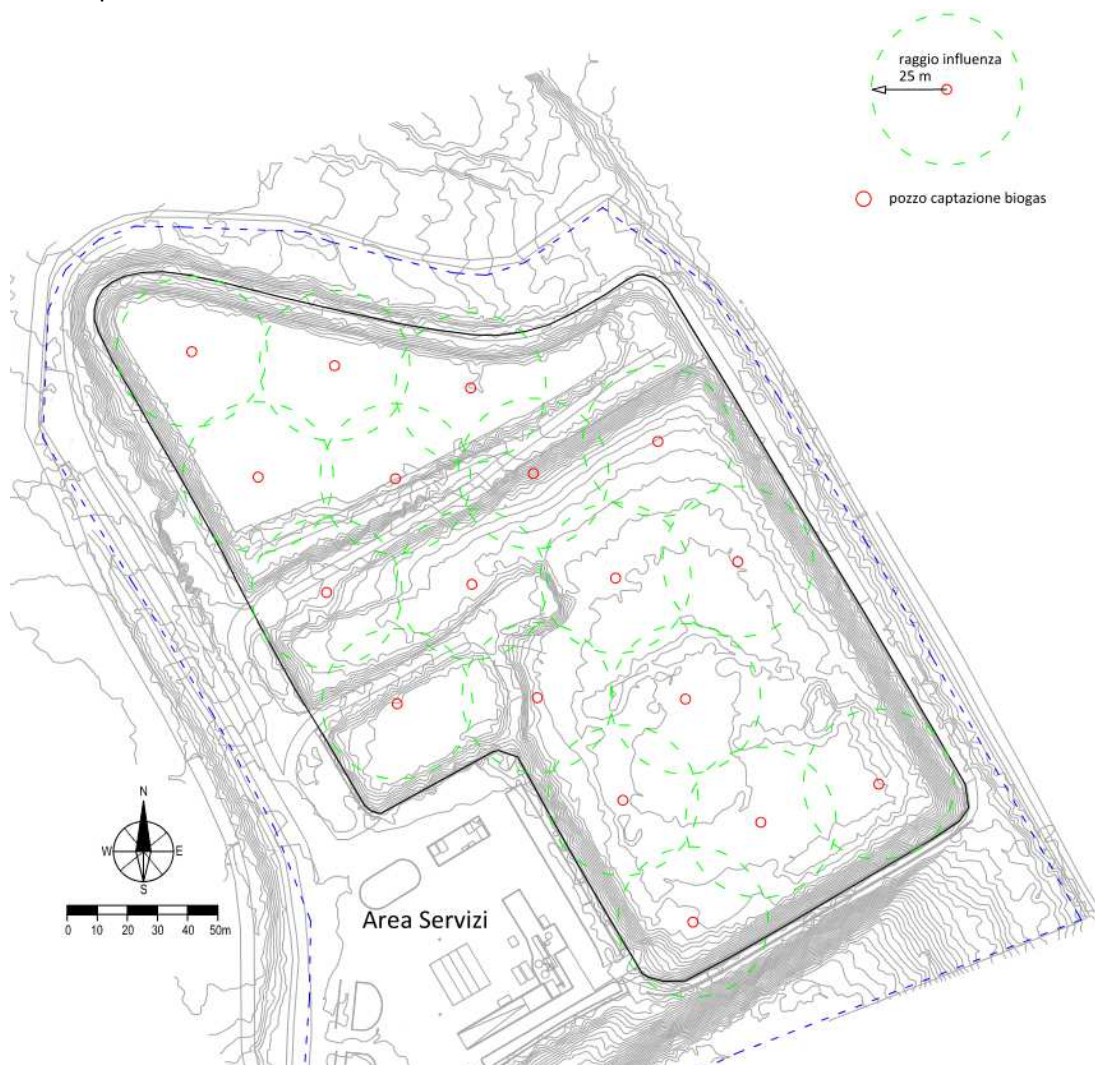


logica che prevede la loro sopraelevazione in riferimento alle “interferenze” rappresentate dai futuri argini di contenimento della sopraelevazione.

Tale progettazione è quindi rappresentabile in due fasi operative riferibili a due planimetrie; la prima rappresentativa della fase iniziale di scavo (circa – 5 m) e posizionamento delle campane elevabili; la seconda è invece rappresentativa della emersione dei pozzi della loro configurazione finale del capping.

Si riportano di seguito gli estratti planimetrici delle due fasi di progetto.

Il primo disegno evidenzia la localizzazione dei pozzi nella fase attuale di coltivazione (planimetria dello stato di coltivazione recente) mentre nel secondo disegno si evidenzia la situazione dei pozzi nella configurazione finale dopo la chiusura della discarica a seguito dell’ampliamento.



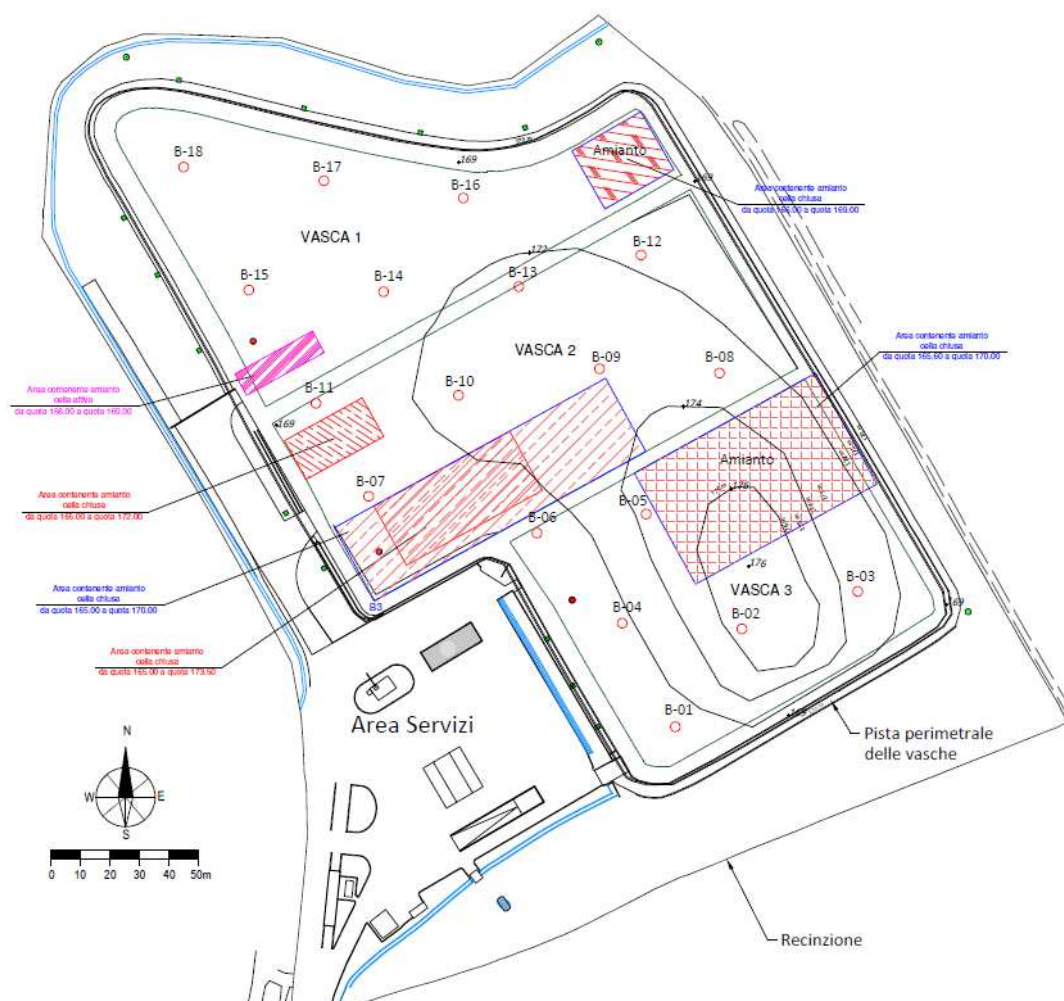
***Schema planimetrico del sistema di captazione nella fase di attivazione***



***Schema planimetrico del sistema di captazione nella fase finale***

Infine, si evidenzia la volontà di evitare interferenze tra i pozzi di captazione e le aree di smaltimento rifiuti contenenti amianto. Nella figura precedente sono rappresentate le due zone previste per l'ampliamento e l'assenza di pozzi incidenti su tali aree.

Nella figura seguente, riferita ai settori pregressi di smaltimento di questo tipo di rifiuti, si evidenzia che solo un limitato numero di pozzi lambisce tali aree. Per questi pozzi si attueranno tecniche di costruzione che ne limiteranno la profondità onde evitare di raggiungere gli strati indesiderati.



***Schema planimetrico interferenza aree con rifiuti a presenza di amianto  
rispetto alla rete di captazione (tavola D-23393-03)***



---

## 15. Progettazione Bio-Ossidazione in situ

---

La tecnica della bio-ossidazione dei biogas di discarica è già nota e applicata da numerosi anni. Già nel 2009 la tecnica di bio-ossidazione del biogas era stata presentata al *Twelfth International Waste Management and Landfill Symposium* nello studio: TREATMENT OF LANDFILL BIOGAS USING THE GEKO® SYSTEM.

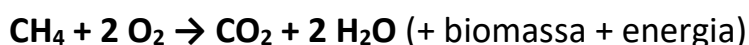
Nel 2016 è stato sviluppato il progetto: *"LIFE RE Mida - Innovative Methods for Residual Landfill Gas Emissions Mitigation in Mediterranean Regions."*

In questo progetto sono state definite le: *"Guidelines for the design, construction, operation, monitoring and maintenance of the biofiltration systems"*

L'obiettivo di LIFE RE Mida (LIFE14 CCM/IT/000464) era quello di dimostrare l'applicabilità della biofiltrazione, quale tecnologia complementare, efficace proprio per il trattamento del gas di discarica residuale. Nei sistemi biofiltranti, infatti, l'ossidazione del CH<sub>4</sub> e l'abbattimento dei composti in traccia avviene per via biologica, mediante l'utilizzo di materiali filtranti in cui vengono mantenute condizioni ottimali per lo sviluppo di specifiche flore batteriche.

Nel 2002 è stato costituito il consorzio internazionale CLEAR (Consortium for Landfill Emissions Abatement Research) nell'ambito del gruppo di studio internazionale IWWG (International Working Group). Il più recente studio su questo argomento dell'IWWG risale al maggio del 2021 ed è stato condotto dalle Università di Delft (NL) e Vienna (A) e presentato alla Webinar *Sardinia Academy of Waste management* con titolo *"Methane oxidation systems to mitigate landfill gas emissions from landfills"*.

Il processo studiato viene conosciuto con l'acronimo MOS (Methane Oxidation System) ed è basato sulla reazione:



In pratica il metano unito ad ossigeno si trasforma, tramite microorganismi metanotrofi, in anidride carbonica ed acqua, oltre che biomassa ed energia latente.

Lo studio definisce la capacità potenziale di ossidazione del metano definita in:

$$6,2 \text{ kg CH}_4 / \text{m}^2 / \text{anno}$$

Considerando la massa molecolare del metano di 0,717 kg/m<sup>3</sup> e le 8.760 ore in un anno la valutazione può essere così rappresentata:

$$0,000987 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4 / \text{m}^2 / \text{h}$$

In pratica, il valore è coincidente al limite indicato dal D.lgs. 121/20 di:

$$0,001 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4 / \text{m}^2 / \text{h}$$





Un recente studio dell'Università di Amburgo (TUHH – Dr. Marco Ritzkowski – marzo 2021) nell'ambito dell'organizzazione IWWG (International Waste Working Group) operativa in 48 nazioni ha definito alcuni dei parametri precedentemente trattati.


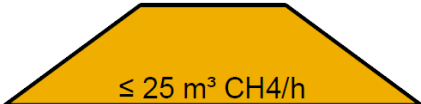
In primo luogo, viene confermata l'importanza della "proporzionalità" della emissione accettabile rispetto alla dimensione della discarica.

Lo studio conferma il limite QFD proposto dalla Linee Guida della Regione Lombardia del 2014 di  $0,5 \text{ NI CH}_4/\text{m}^2/\text{h}$ , ma lo condiziona a due fattori determinanti:

- La superficie esposta della discarica deve essere riferita a 5 ha (50.000 m<sup>2</sup>);
- Il flusso deve essere in ogni caso inferiore a 25 Nm<sup>3</sup>/h di metano.

Gli studi per l'applicazione di tali limiti prevedono ulteriori approfondimenti in funzione delle dimensioni (superiori o inferiori a 5 ha) ed allo spessore della massa dei rifiuti.

Si riportano nel seguente schema i parametri proposti dallo studio di Ritzkowski:

			
A ≤ 5 ha		A ≥ 5 ha (10 ha)	
LF height [m]	Limit value [l CH <sub>4</sub> /Mg TS*h]	LF height [m]	Limit value [l CH <sub>4</sub> /Mg TS*h]
5	0,15	10	0,04
10	0,08	20	0,02
15	0,05	30	0,01

Nel caso specifico della discarica in oggetto si ritiene:

- Che la superficie complessiva della discarica è inferiore a 5 ha (circa 4 ha);
- Che lo spessore medio attuale dei rifiuti possa essere calcolato suddividendo la capacità complessiva del deposito (200.000 m<sup>3</sup>) per la superficie occupata (circa 38.000 m<sup>2</sup>). Tale considerazione porta ad uno spessore attuale medio di poco più di 5 m, esteso fino a 15 m nella ipotesi di ampliamento.

Ne consegue che il "limit value" assunto (soglia limite di emissione = QFD) **sia di circa 0,05 NI CH<sub>4</sub>/Mg TS\*h.**

Si consideri che 1 Mg (Megagrammo) corrisponde ad una tonnellata e che TS corrisponde a Total Solid e quindi alla porzione secca al netto dell'umidità.

Nel precedente calcolo della produzione del biogas è stato considerato un fattore di umidità Kud variabile tra il 45,96 e 39,56% e quindi medio al 43%.

Con questi dati è possibile quindi sviluppare il seguente calcolo:





---

▪ Capacità complessiva discarica:	778.490	Mg (t)
▪ Fattore TS (Total Solid): 1 – 0,43:	0,57	
▪ Capacità a secco:	443.739	Mg TS
▪ Fattore Limite, a spessore medio 15 m:	0,05	NI CH <sub>4</sub> /Mg TS*h
▪ Soglia flusso metano “limit value”:	22.187	NI/h CH <sub>4</sub>
equivalente a:	22,20	Nm <sup>3</sup> /h CH <sub>4</sub>
▪ Soglia “limit value” flusso biogas LFG50:	44,37	Nm <sup>3</sup> /h LFG50

Come evidente il calcolo determina una soglia “limit value” a 44,37 Nm<sup>3</sup>/h LFG50, prossima a quella indicata come QFD dalle Linee Guida della Regione Lombardia di 37,80 Nm<sup>3</sup>/h LFG50. Tale soglia è di poco superiore alle produttività determinate dal calcolo BIO-7 per il 2024 (23 – 35 Nm<sup>3</sup>/h LFG50) ma molto prossimo a quello determinato per il picco di produzione del 2030 (44 – 65 Nm<sup>3</sup>/h LFG50).

### 15.1. Dimensionamento sistema bio-ossidazione in situ

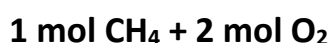
I flussi di metano da ossidare sono attualmente modesti, come indicato dalla prospezione produttiva per i flussi di biogas captabile si prevede una captazione attuale tra 13 e 22 Nm<sup>3</sup>/h LFG50 (media 17,5) incrementabile fino a 31 e 45 Nm<sup>3</sup>/h LFG50 al picco di produzione nel 2036 (media 38,0).

Come premesso si ritiene di proporre la dotazione di 18 bio-ossidatori in situ (BOIS) da realizzare e montare sulla superficie della discarica.

Sulla base dei dati disponibili e dalle prospezioni di calcolo s’ipotizzano per tutte le dotazioni medesime capacità e prestazioni di trattamento ossidativo basate sui seguenti parametri di progetto:

▪ Numero dei pozzi:	18
▪ Portata captabile biogas attuale (2024):	18,83 Nm <sup>3</sup> /h
▪ Portata captabile biogas massima (2032):	45,22 Nm <sup>3</sup> /h
▪ Concentrazione di metano (ipotesi):	50 %
▪ Portata biogas LFG50 media pozzo attuale (2024):	circa 1,00 Nm <sup>3</sup> /h
▪ Portata biogas LFG50 media pozzo massima (2032):	circa 2,50 Nm <sup>3</sup> /h
▪ Portata metano media pozzo attuale (2023):	0,50 Nm <sup>3</sup> /h
▪ Portata metano media pozzo massima (2036):	1,25 Nm <sup>3</sup> /h

Sulla base di tali parametri è stato calcolato l’apporto necessario di ossigeno per consentire l’adeguata ossidazione descritta nella prima parte della reazione proposta nel capitolo precedente:





Considerando la massa molecolare di una mole di metano e quella di una mole di ossigeno si evidenzia che per l'ossidazione di 1 Nm<sup>3</sup> di metano siano necessari circa 8 (7,957) Nm<sup>3</sup> di ossigeno e conseguentemente circa 38 (38,44) Nm<sup>3</sup> di aria.

Non sono però ancora disponibili i dati di monitoraggio e le uniche informazioni al momento disponibili sono riferibili alle indagini sulle emissioni diffuse che evidenziano flussi molto inferiori a quelli calcolati e conseguentemente concentrazioni di metano molto minori.

Normalmente per le verifiche dimensionali del BOIS si applicano le Linee Guida per il Monitoraggio delle emissioni gassose provenienti dagli impianti di compostaggio e bio-essiccazione redatta dalla Agenzia Regionale Abruzzese per l'ambiente (ARTA).

Il BOIS è stato ipotizzato con forma cubica delle dimensioni di 1m x 1m x 1m.

Ne consegue un volume utile di 1 m<sup>3</sup> ed una sezione di flusso di 1 m<sup>2</sup>.

Le LG citate richiedono il calcolo di alcuni parametri per verificare l'idoneità del sistema filtrante.

**Carico Specifico Superficiale (CCS):** inteso come il flusso di gas che attraversa l'unità di superficie del biofiltro. I carichi superficiali devono essere inferiori a 200 Nm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h.

Un riscontro specifico, sulla base dei dati oggettivi rilevati ad ogni punto di emissione, dovrà essere svolto dopo l'attivazione del sistema.

**Carico Specifico Volumetrico (Cs):** inteso come il quantitativo di gas da trattare nell'unità di tempo e per unità di volume del biofiltro. I carichi specifici consigliati dalla LG vanno da 50 a 200 Nm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>/h.

Un riscontro specifico, sulla base dei dati oggettivi rilevati ad ogni punto di emissione, dovrà essere svolto dopo l'attivazione del sistema.

**Tempo di residenza (Tr):** inteso come il tempo di stazionamento del flusso gassoso nel biofiltro; esso è calcolato nel rapporto tra il volume e la portata del biofiltro (V/Q) oppure tra il rapporto tra la costante 3600 ed il Cs. Il Tr è espresso in secondi. Le LG ARTA indicano tempi di contatto degli effluenti non inferiori a 36 secondi ed ottimali in 45 secondi.

Un riscontro specifico, sulla base dei dati oggettivi rilevati ad ogni punto di emissione, dovrà essere svolto dopo l'attivazione del sistema.

**Altezza del letto filtrante:** le LG indicano un'altezza del letto di biofiltrazione compresa tra 100 e 200 cm; nel caso in questione lo spessore della massa reagente è pari a circa 1 metro (100 cm).



## 15.2. Descrizione BOIS

I moduli di bio-ossidazione BOIS potranno essere realizzati con diverse forme o materiali costruttivi ma nel rispetto delle caratteristiche dimensionali e prestazionali precedentemente indicate.

Il “contenitore” del BOIS dovrà essere realizzato con materie plastiche o comunque resistenti alla aggressione chimica dei gas e dei condensati oltre che agli agenti ambientali. La capacità interna del BOIS dovrà essere di circa 1000 litri.

Si propone l’esecuzione di un modulo facilmente accessibile e manutenzionabile per agevolare le operazioni di monitoraggio, irrigazione e cambio della massa reagente quando necessario. Una delle ipotesi può essere quella dell’utilizzo di cisterne prefabbricate in polipropilene o polietilene montate su pallet per consentire una facile movimentazione in cantiere e dotate di tappo filettato di grandi dimensioni.



***Contenitore da 1000 litri prima della trasformazione a BOIS***

Ogni modulo dovrà essere dotato di uno scarico di fondo dotato di valvola a sfera per lo scarico delle condense e lo scarico degli eccessi delle acque di umidificazione della massa reagente.

Lo scarico sarà raccordato al pozzo biogas stesso mediante adeguata pendenza. L’operazione di verifica dell’eccesso di liquidi e di scarico sarà manuale (non continua).

La parte inferiore del filtro verrà riempita con ghiaia a limitata componente carbonatica come elemento di “plenum” per favorire la distribuzione dei gas sotto la matrice ossidante.

La ghiaia, grazie al suo elevato peso specifico, consente anche di zavorrare il biofiltro evitando spostamenti accidentali.

In uno spigolo del contenitore verrà inserita una tubazione (PVC o HDPE) con diametro di 50 mm che consente di connettere il plenum in ghiaia alla sommità del biofiltro.



Il raccordo del filtro alla testa del pozzo sarà ottenuto mediante una tubazione flessibile (diametro 50 mm) collegata direttamente all'estremità del pozzo esalatore mediante una serie di riduzioni e raccordi. La testa del pozzo dovrà essere dotata di una valvola di intercettazione. Qualora non già presente la valvola potrà essere montata in fase di inserimento del BOIS direttamente sullo stesso.



***Plenum di distribuzione sul fondo***



***Esempio di connessione del biofiltro al pozzo***





## emendo

Sul raccordo di alimentazione del BOIS verrà ricavato un punto di analisi dotato di valvola per consentire la valutazione qualitativa e quantitativa dei flussi di gas prima del biofiltro.

Il biofiltro verrà “riempito” (sul campo o in pre-fornitura) alternando strati di materiale biologico ad alta componente organica (compost) a corteccia triturata (massa strutturante) al fine da favorire la diffusione dei gas, evitare gli impaccamenti della massa, distribuire l’umidità e favorire la percolazione delle eccedenze di umidità.

Con questa alternanza di strati a differente trasmissività ai gas si evitano percorsi preferenziali e quindi l’utilizzo di solo una parte della massa reagente.

Inoltre, la tipologia del materiale è facilmente reperibile e rappresenta inoltre un recupero ambientale del compost.



***Differenti tipi di materiali alternati a riempimento del bio-filtro***

Lo scarico del biofiltro in atmosfera avverrà sempre con una tubazione De 50 mm in PVC o HDPE raccordata alla parte alta del contenitore, al di sopra della massa reagente.

Anche lo scarico sarà dotato di un punto di misura per verificare i parametri di monitoraggio dopo il biofiltro.

Il terminale alto (minimo 2,5 m) è attrezzato con curva di esalazione.



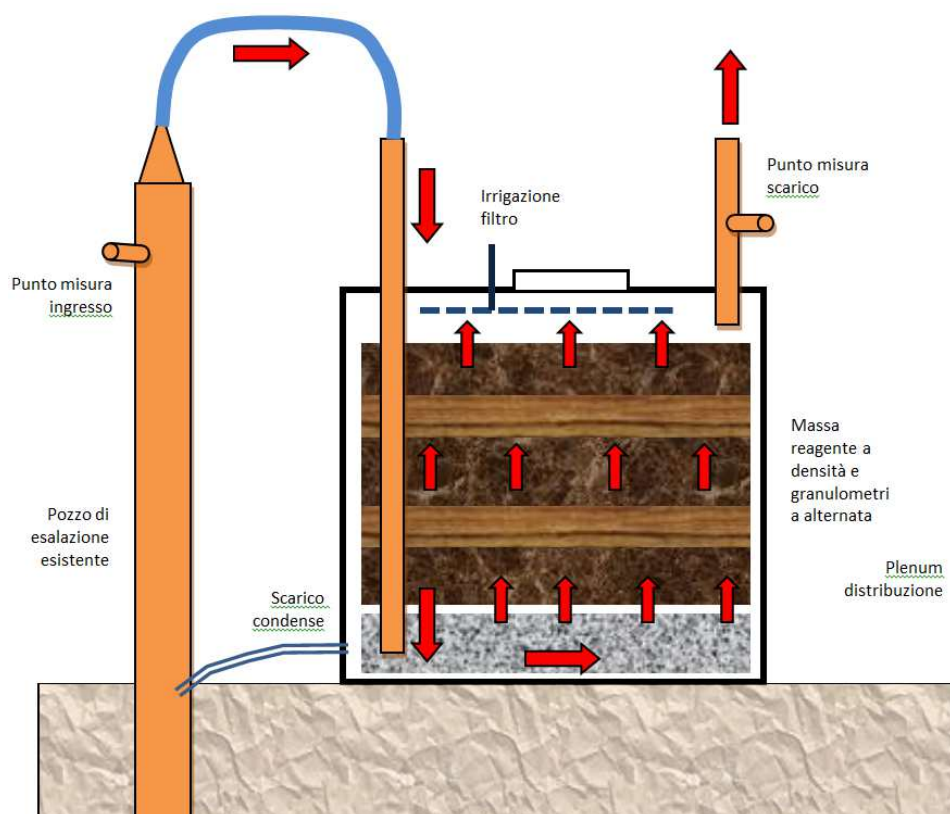
***Raccordi in PVC 50 mm di carico e scarico del biofiltro***



Lo scarico del biofiltro dovrà essere posto ad una quota dal suolo non inferiore a 2,5 m. Nella parte alta del biofiltro potrà essere presente un sistema di irrigazione “goccia a goccia” che consente di mantenere umida la massa reagente mediante il raccordo ad un contenitore di acqua di almeno 50 litri.

Questa operazione verrà eseguita nel corso dei mesi estivi per evitare che la massa reagente alteri la propria umidità ottimale e che la popolazione batterica riduca la propria efficacia. Di contro nei mesi invernali, qualora le condizioni lo richiedessero, potrà essere possibile la dotazione di un rivestimento coibente delle superfici esterne del BOIS.

Si riporta di seguito uno schema indicativo del sistema sperimentale adottato.



***Schema indicativo del sistema proposto***

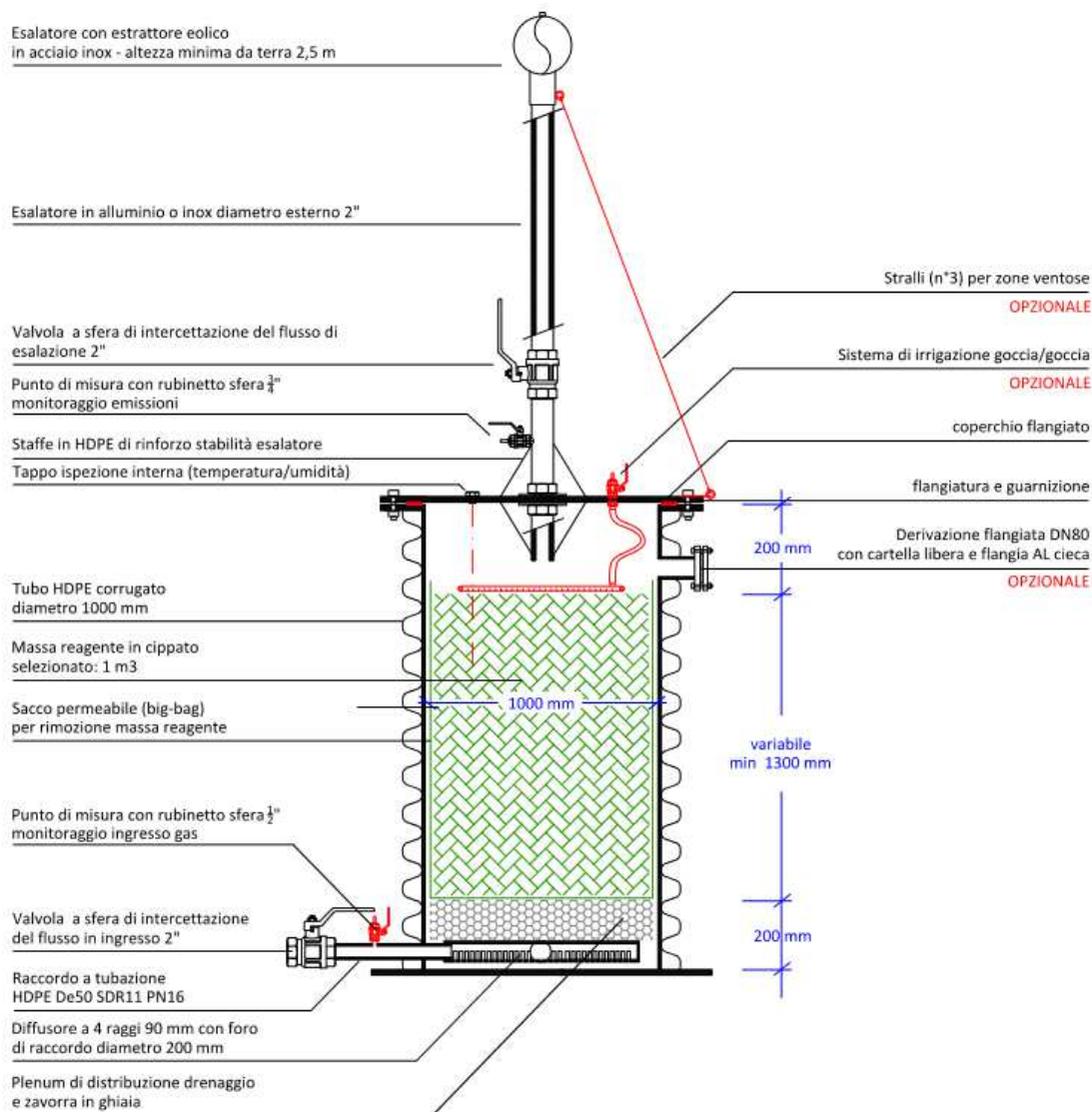
Si precisa che la soluzione illustrata è indicativa ed evidenzia una caratterizzazione prestazionale del sistema di ossidazione. La stessa funzione può essere ottenuta con altre tipologie di bio-ossidatori, con altre forme e con diversi accessori ma finalizzati allo stesso scopo funzionale.



emendo

Per fornire un esempio si allega di seguito uno schema costruttivo di un BOIS realizzato di forma cilindrica (tubo corrugato in HDPE De 1000 mm) commercializzato dalla Soc. CONVECO perfettamente idoneo alla funzione prevista.

Tale sistema può essere dotato di ingresso laterale (come indicato nel disegno) oppure inferiore, per consentire il raccordo diretto e coassiale al pozzo di captazione. In questo caso il BOIS potrà essere parzialmente interrato nel capping definitivo al posto della testa di pozzo.



**Schema costruttivo "alternativo" del sistema proposto**



## 16. Piano di Monitoraggio

---

Le operazioni gestionali dei BOIS sono molto semplici e si limitano al controllo funzionale degli stessi.

Maggiori informazioni sulla tipologia, frequenza e consistenza delle operazioni di monitoraggio e sul tipo di rapporti e comunicazioni formali sono contenute nello specifico documento “Piano di Sorveglianza e Controllo (PSC)” (PSC-23393-01) allegato alla presente relazione

## 17. Cessazione dell'attività di trattamento biogas

---

La cessazione dell'attività di trattamento del biogas si ritiene potrà avvenire quando saranno state raggiunte le condizioni tali per le quali la discarica non rappresenti più un impatto nocivo per l'ambiente. Tale è la logica alla base delle Normativa vigente ed ampiamente sviluppato nel presente progetto.

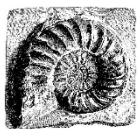
Per tale motivazione il riferimento è stato basato sulla soglia di scarsa significatività del metano emesso.

Nessun riferimento viene posto alla presenza di anidride carbonica poiché nessuna norma pone limitazioni a tale parametro.

Per assolvere a tale valutazione sono state ipotizzati i limiti QFD precedentemente descritti ad affrontati nei capitoli precedente della presente relazione.

**Tale riferimento indica un flusso di soglia pari a circa 15 Nm<sup>3</sup>/h di biogas LFG50 corrispondente a 7,5 Nm<sup>3</sup>/h di metano.**

Al di sotto di tale soglia, verificata nel corso di almeno sei monitoraggi di flusso continuativi, proposti a cadenza mensile (in Gestione Operativa) oppure due monitoraggi a cadenza semestrale (in Gestione Post Operativa), sarà possibile dismettere l'azione di trattamento.



---

Sarezzano dicembre 2023

un Amministratore  
Enrico Magnano