

PROGETTO AMPLIAMENTO – PER SOPRAELEVAZIONE - DELLA NUOVA DISCARICA CONSORTILE PER RIFIUTI NON PERICOLOSI (LOTTO 1 + LOTTO 2)

ENV06	Atmosfera e odori
--------------	--------------------------

Ing. Giovanni Maurelli – Progettista e Direttore tecnico

Ing. Marco Chessa – Gruppo di lavoro

Dott. Sandro Zizi - Gruppo di lavoro

Geom. Fabrizio Palitta - Gruppo di lavoro

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato e approvato
0	Dicembre 2025	PRIMA EMISSIONE	Gruppo di lavoro	Progettista e Direttore tecnico

SOMMARIO

1	PREMESSA E OBIETTIVI.....	3
2	QUADRO NORMATIVO E METODOLOGICO.....	4
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
2.2	STRUMENTI DI VALUTAZIONE DISPONIBILI E METODOLOGIA ADOTTATA	4
3	QUADRO DI RIFERIMENTO ATMOSFERICO E ODORIGENO.....	6
3.1	INQUADRAMENTO METEOCLIMATICO	6
3.2	QUALITÀ DELL'ARIA: QUADRO MODELLISTICO SIA E DATI AIA IN ESERCIZIO	6
3.3	EMISSIONI DIFFUSE DI BIOGAS: VERIFICA IN ESERCIZIO (CAMPAGNE 2025)	7
3.4	CLIMA ODORIGENO.....	7
4	DESCRIZIONE DEL PROGETTO CON RIFERIMENTO AD ATMOSFERA E ODORI.....	9
4.1	INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO DI SOPRAELEVAZIONE	9
4.2	FASE DI CANTIERE	9
4.3	FASE DI ESERCIZIO E CHIUSURA A SEGUITO DELLA SOPRAELEVAZIONE	10
5	SORGENTI EMISSIVE E SCENARI DI IMPATTO.....	12
5.1	EMISSIONI DI POLVERI E INQUINANTI ATMOSFERICI "TRADIZIONALI"	12
5.2	EMISSIONI ODORIGENE E GASSOSE (BIOGAS)	12
5.3	EMISSIONI – CONTESTO IPPC	13
6	VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI IN FASE DI CANTIERE	14
6.1	EMISSIONI DI POLVERI	14
6.2	EMISSIONI ODORIGENE	14
7	VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI IN ESERCIZIO.....	15
7.1	COERENZA CON LE MODELLAZIONI ESISTENTI.....	15
7.2	EMISSIONI DIFFUSE DI BIOGAS ALLA LUCE DELLE CAMPAGNE 2025.....	15
7.3	EFFETTI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA.....	16
7.2	EFFETTI SUL CLIMA ODORIGENO PERCEPITO.....	16
8	MISURE DI MITIGAZIONE, GESTIONE E MONITORAGGIO.....	18
8.1	MISURE PROGETTUALI SULLA DISCARICA LOTTI 1-2	18
8.2	MISURE GESTIONALI PER EMISSIONI DIFFUSE E ODORIGENE	18
8.2	PIANO DI MONITORAGGIO E CONTROLLO (PMC) – SEZIONE ATMOSFERA/ODORI	19
8.4	PIANO DI GESTIONE DEGLI ODORI (PGO).....	19
9	VALUTAZIONE DI SIGNIFICATIVITÀ E CONCLUSIONI	20
9.1	STATO ATTUALE E STRUMENTI GIÀ IN ESSERE	20
9.2	CARATTERISTICHE DELLA SOPRAELEVAZIONE RILEVANTI AI FINI EMISSIVI	20
9.3	IMPATTI IN FASE DI CANTIERE (COINCIDENTI CON L'ESERCIZIO)	20
9.4	IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO POST-SOPRAELEVAZIONE	21
9.5	COERENZA CON BAT E CON LA PIANIFICAZIONE	21
9.6	CONCLUSIONE DI SINTESI	21
10	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	23

1 Premessa e obiettivi

La presente relazione ENV06 è parte della documentazione tecnica predisposta ai fini della procedura di verifica di assoggettabilità a VIA relativa al progetto di sopraelevazione dei Lotti 1 e 2 della discarica per rifiuti non pericolosi del complesso IPPC di Spiritu Santu (Olbia).

L'intervento consiste in una modifica esclusivamente morfologica del nuovo corpo discarica, senza ampliamenti in pianta, né nuove sezioni di trattamento, né ulteriori sorgenti emissive convogliate o diffuse. L'opera ricade integralmente all'interno del sedime autorizzato, nel quadro dell'AIA vigente e in coerenza con la capacità volumetrica attribuita dalla pianificazione regionale.

Gli obiettivi della presente ENV06 sono:

1. ricostruire in forma sintetica il quadro atmosferico e odorigeno di riferimento, sulla base di:
 - Studio di Impatto Ambientale originario (SIA.03.04 e SIA.O.01), presentato nell'ambito del procedimento congiunto VIA/AIA in cui è stata autorizzata la discarica oggetto dell'intervento;
 - campagne 2025 di monitoraggio delle emissioni diffuse di biogas eseguite sul corpo discarica;
2. descrivere le sorgenti emissive effettivamente pertinenti alla modifica progettuale, limitatamente al comparto discarica Lotti 1-2;
3. valutare gli impatti atmosferici e odorigeni associabili:
 - alla fase di cantiere, che nel caso in esame non risulta prevista (la sopraelevazione prevede la semplice attività ordinaria di abbancamento e copertura giornaliera, con sopraelevazione dei pozzi di estrazione biogas);
 - alla fase di esercizio post-sopraelevazione;
4. verificare la coerenza dello scenario di progetto con le valutazioni già disponibili nello SIA, dimostrando che la sopraelevazione non modifica il quadro emissivo istantaneo già approvato;
5. fornire una conclusione circa la significatività degli impatti ai fini dello screening VIA.

La relazione è strettamente focalizzata sugli aspetti atmosferici e odorigeni connessi alla sola sopraelevazione, senza includere elementi non pertinenti alla modifica progettuale.

2 Quadro normativo e metodologico

2.1 Normativa di riferimento

La valutazione si colloca nel quadro della normativa vigente in materia di tutela dell'aria e gestione delle discariche. Si richiamano, in particolare:

- D.Lgs. 152/2006 – Parte Quinta, per gli aspetti relativi alle emissioni in atmosfera;
- D.Lgs. 36/2003 e s.m.i., per i requisiti costruttivi e gestionali delle discariche;
- Direttiva (UE) 2018/850, recepita con D.Lgs. 121/2020, per gli obblighi relativi alla gestione del gas di discarica e alla minimizzazione delle emissioni diffuse;
- il quadro autorizzativo VIA/AIA vigente, nell'ambito del quale è stato approvato lo scenario emissivo di riferimento dell'intero polo impiantistico.

Non si ritiene necessario richiamare ulteriori normative o linee guida, poiché il progetto non introduce nuove emissioni convogliate né modifica le condizioni emissive già disciplinate in sede VIA/AIA.

2.2 Strumenti di valutazione disponibili e metodologia adottata

Il complesso IPPC di Spiritu Santu dispone già di un quadro valutativo completo per la componente atmosfera/odori, costituito da:

1. Studio di Impatto Ambientale – componente atmosfera/odori (SIA.03.04 e SIA.O.01), che include:
 - quadro meteorologico e qualità dell'aria;
 - inventario emissivo del polo impiantistico;
 - modellazione della dispersione tramite sistema CALMET/CALPUFF nello scenario “impianto a regime”;
 - valutazione delle concentrazioni di odore ai recettori sensibili.
2. Campagne 2025 di monitoraggio delle emissioni diffuse di biogas, condotte mediante misure dirette con camera di flusso e analizzatori CH₄/CO₂, con stima dei flussi superficiali e bilancio di massa del biogas, riferite al nuovo corpo discarica (Lotti 1–2) ed al vecchio corpo discarica.

Tali strumenti forniscono già tutte le informazioni necessarie alla presente valutazione, senza necessità di ulteriori modellazioni o approfondimenti.

Metodologia ENV06:

- utilizzo delle valutazioni emissive e modellistiche dello SIA originario come scenario autorizzato di riferimento;
- integrazione con i dati emissivi aggiornati 2025;

- confronto qualitativo-quantitativo tra scenario attuale e scenario post-sopraelevazione;
- verifica che la modifica morfologica non comporti variazioni delle potenze emissive istantanee né della tipologia di sorgenti considerate nello SIA.

3 Quadro di riferimento atmosferico e odorigeno

3.1 Inquadramento meteoclimatico

Il quadro meteoclimatico di riferimento è quello ricostruito nello Studio di Impatto Ambientale relativo al procedimento VIA/AIA che ha autorizzato la realizzazione della discarica Lotti 1–2. Le serie storiche di dati meteorologici della rete ARPAS, validate e omogeneizzate, sono state elaborate mediante il modello diagnostico CALMET per la costruzione del campo meteorologico tridimensionale utilizzato nelle simulazioni di dispersione con CALPUFF.

L'area di Spiritu Santu presenta un clima mediterraneo, caratterizzato da precipitazioni concentrate nel semestre autunno–invernale e da lunghi periodi asciutti nel semestre primaverile–estivo. Il regime dei venti è dominato dai quadranti occidentali e nord–occidentali, con una marcata prevalenza del maestrale. Tale regime anemologico garantisce un efficace rimescolamento atmosferico e una bassa frequenza di condizioni stagnanti, grazie anche alla prossimità al mare e alla morfologia aperta del sito.

Questo contesto meteoclimatico, assunto come base per le valutazioni previsionali del SIA, è tuttora rappresentativo e costituisce il quadro entro cui si inseriscono sia i monitoraggi prescritti dall'AIA sia la presente valutazione della sola sopraelevazione. Poiché l'intervento non modifica in alcun modo le condizioni meteorologiche né introduce elementi che alterano i meccanismi di dispersione, il quadro meteoclimatico valutato in sede VIA/AIA rimane integralmente valido.

3.2 Qualità dell'aria: quadro modellistico SIA e dati AIA in esercizio

Nel SIA originario la qualità dell'aria è stata caratterizzata sulla base delle misure della rete ARPAS relative agli inquinanti normati (PM_{10} , $PM_{2,5}$ ove disponibili, NO_2 , NO_x , CO, O_3 , benzene), i cui valori risultavano conformi ai limiti stabiliti dal D.Lgs. 152/2006.

Su tale quadro di fondo è stata innestata la modellazione previsionale CALMET/CALPUFF, elaborata per lo scenario “impianto a regime”, comprendente anche la discarica Lotti 1–2 nelle condizioni a pieno esercizio. Le simulazioni evidenziavano incrementi localizzati e di entità contenuta rispetto al fondo, comunque non tali da determinare superamenti nei recettori sensibili.

In esercizio, l'intero complesso IPPC è oggetto dei controlli mensili prescritti dal Piano di Monitoraggio e Controllo (PMC) dell'AIA, che prevedono misure della qualità dell'aria esterna in punti collocati sopravento, sottovento e nel centro abitato più prossimo. Tali controlli includono la deposizione di polveri e parametri connessi alle emissioni odorigene (H_2S , mercaptani), secondo le metodiche previste dall'AIA.

Le serie di dati disponibili, che coprono periodi antecedenti e successivi all'entrata in esercizio della discarica Lotti 1–2, non mostrano variazioni significative dei livelli di fondo né superamenti dei valori di riferimento fissati nel PMC. L'andamento risulta stabile nel tempo e coerente con quanto prefigurato dalle valutazioni modellistiche del SIA.

Nel complesso, la comparazione tra scenario previsionale e monitoraggi in esercizio indica che l'attivazione della discarica Lotti 1-2 non ha prodotto modifiche apprezzabili dello stato di qualità dell'aria all'esterno del sito. L'intervento di sopraelevazione, che non introduce nuove sorgenti emissive né incrementi di portata ai camini esistenti, si colloca quindi in un quadro emissivo già consolidato e compatibile con la normativa vigente.

3.3 Emissioni diffuse di biogas: verifica in esercizio (campagne 2025)

Le emissioni diffuse costituiscono la principale sorgente emissiva specifica del corpo discarica e sono disciplinate dall'AIA attraverso il Piano di Monitoraggio e Controllo, che prevede verifiche periodiche della rete di captazione (depressione, portate, integrità delle linee) e campagne dedicate eseguite tramite metodo della "camera di flusso".

Nel 2025 sono state effettuate le campagne di monitoraggio previste (relazioni R-01-ND per il nuovo corpo discarica e R-01-VD per il corpo storico). Le misurazioni sono state eseguite tenendo conto delle differenti condizioni di copertura dei due invasi: il corpo storico presenta superfici dotate di capping definitivo, mentre il nuovo corpo discarica Lotti 1-2, in esercizio, è caratterizzato da fronti attivi e coperture giornaliere e intermedie, senza coperture finali.

Le relazioni tecniche mostrano che i flussi misurati di metano, anidride carbonica e composti organici volatili sono compatibili con il comportamento atteso per superfici di discarica nelle condizioni di esercizio effettive. Non emergono anomalie riconducibili a malfunzionamenti dei pozzi, cedimenti locali o criticità della rete di captazione. Il bilancio di massa del biogas risulta coerente con il quadro atteso e conforme alle prescrizioni normative applicabili.

Le campagne 2025 rappresentano quindi una verifica in esercizio della coerenza del comportamento emissivo del corpo discarica rispetto allo scenario autorizzato. L'intervento di sopraelevazione, incidendo esclusivamente sul profilo altimetrico e prevedendo il semplice adeguamento in altezza dei pozzi esistenti, non modifica le superfici emissive in pianta né i meccanismi di formazione e intercettazione del biogas. Pertanto, non sono attese variazioni delle emissioni diffuse riconducibili alla sola sopraelevazione.

3.4 Clima odorigeno

Il clima odorigeno del sito discarica deriva dall'integrazione del modello previsionale SIA, dei monitoraggi AIA in esercizio e delle verifiche specifiche sulle emissioni diffuse. Nel SIA, la modellazione CALPUFF aveva stimato concentrazioni ai recettori residenziali contenute e inferiori ai valori guida cautelativi generalmente adottati per impianti della stessa tipologia, delineando uno scenario di compatibilità territoriale.

In esercizio, il Piano di Monitoraggio e Controllo e il Piano di Gestione degli Odori costituiscono il riferimento per la sorveglianza degli odori. Le misure mensili di H₂S e mercaptani, condotte in più punti esterni al complesso IPPC, non mostrano variazioni significative riferibili alla messa in esercizio del nuovo corpo discarica. Anche il sistema gestionale, che prevede la registrazione e l'analisi di eventuali segnalazioni esterne, non ha evidenziato criticità ricorrenti o correlabili allo stato di esercizio della discarica Lotti 1-2.

Le campagne 2025 sulle emissioni diffuse confermano un comportamento emissivo coerente con le aspettative per un impianto correttamente gestito e non evidenziano elementi che possano generare aggravamenti del clima odorigeno percepito ai recettori.

Poiché la sopraelevazione non introduce nuove sorgenti odorogene, non incrementa le superfici emissive in pianta e non modifica il sistema di captazione del biogas se non mediante il rialzo dei pozzi già in esercizio, l'intervento può essere considerato neutro rispetto al clima odorigeno. Lo scenario post-sopraelevazione risulta quindi equivalente a quello già valutato e autorizzato in sede VIA/AIA.

4 Descrizione del progetto con riferimento ad atmosfera e odori

4.1 Inquadramento dell'intervento di sopraelevazione

L'intervento di sopraelevazione interessa il corpo discarica recente relativo ai Lotti 1–2, realizzato nell'ambito dell'adeguamento funzionale dell'installazione IPPC di Spiritu Santu e già completo delle opere di impermeabilizzazione, drenaggio e captazione del biogas. Dal punto di vista tecnico–funzionale, l'intervento consiste in una variazione esclusivamente altimetrica del profilo di riempimento, senza alcun ampliamento in pianta o modifica delle opere di contenimento.

In particolare:

- non sono previste espansioni areali: il perimetro della discarica rimane identico a quello già autorizzato e realizzato, senza nuove occupazioni di suolo;
- la sopraelevazione avviene tramite incremento controllato delle quote di coronamento e delle superfici intermedie, mantenendo l'involuppo morfologico entro le condizioni già verificate sotto il profilo paesaggistico e geotecnico;
- le verifiche di stabilità (stati limite ultimi ed esercizio, condizioni statiche e sismiche) hanno confermato la compatibilità del nuovo profilo con l'assetto ingegneristico dell'invaso.

L'intervento non comporta modifiche sostanziali ai sistemi di protezione ambientale già in esercizio. In particolare:

- le opere di impermeabilizzazione e il sistema di drenaggio del percolato non vengono alterati, essendo già dimensionati per l'invaso complessivo;
- la rete di captazione del biogas, costituita da pozzi e collettori, potrà essere semplicemente rialzata per seguire il nuovo profilo altimetrico, senza interventi strutturali;
- le infrastrutture impiantistiche (torcia, sistemi di convogliamento, eventuale valorizzazione energetica) rimangono quelle già autorizzate.

L'incremento volumetrico (99.000 m³ di rifiuti) risulta coerente con il fabbisogno di capacità individuato dalla pianificazione regionale e consente di prolungare la vita utile dell'invaso senza ricorrere a nuovi corpi discarica o ampliamenti in pianta, con conseguenti minori pressioni ambientali e territoriali.

In termini tecnici, la sopraelevazione rappresenta una ottimizzazione verticale di un'opera già esistente, pienamente inserita nel quadro autorizzativo e gestionale dell'impianto, senza introduzione di nuove sorgenti emissive né modifiche ai sistemi di contenimento e controllo.

4.2 Fase di cantiere

Le attività di cantiere associate alla sopraelevazione non costituiscono un cantiere tradizionale, ma una naturale evoluzione delle attività di esercizio della discarica. Esse comprendono:

- rimodellazione progressiva dei fronti e delle superfici di riempimento;
- movimentazione dei materiali di copertura giornaliera o intermedia;
- realizzazione o rialzo dei pozzi di captazione del biogas;
- piccoli adeguamenti dei drenaggi superficiali (canalette e fossi di guardia) in coerenza con il nuovo profilo.

Dal punto di vista emissivo, queste attività possono generare:

- polveri diffuse dovute al transito dei mezzi e alla movimentazione dei materiali;
- emissioni dei mezzi d'opera;
- odori puntuali limitati alla gestione dei fronti operativi, già contemplati nelle valutazioni autorizzative attuali.

Non essendo previste nuove opere civili, scavi di ampia scala o manipolazioni di materiali particolarmente emissivi, tali attività non comportano incrementi significativi delle emissioni atmosferiche rispetto allo scenario attuale.

4.3 Fase di esercizio e chiusura a seguito della sopraelevazione

La sopraelevazione coincide, operativamente, con l'abbancamento dei rifiuti nel nuovo volume autorizzato, che avviene secondo le stesse modalità gestionali già applicate all'invaso. La fase di esercizio prosegue pertanto senza modifiche organizzative o emissive rispetto allo scenario autorizzato, fino al completo riempimento del volume aggiuntivo.

Durante questa fase, i conferimenti continuano a essere gestiti sui fronti attivi con le consuete pratiche operative (copertura giornaliera, controllo della viabilità interna, minimizzazione delle superfici scoperte), mentre la rete di captazione del biogas viene progressivamente rialzata per mantenere efficiente l'estrazione anche con l'aumento delle quote di riempimento. La gestione del percolato prosegue con le infrastrutture già collaudate, senza necessità di adeguamenti impiantistici, e le superfici continuano a essere mantenute mediante coperture giornaliere e intermedie sino al raggiungimento della quota finale.

Al completamento del volume, l'invaso termina la fase di conferimento ed entra in una fase di assestamento, utile a verificare eventuali cedimenti differenziali e a eseguire eventuali rimodellazioni locali. Successivamente viene avviata la chiusura mediante realizzazione del capping definitivo conforme alla normativa vigente, che segna l'ingresso dell'impianto nella fase di post-gestione.

La chiusura con capping non introduce nuove sorgenti emissive e comporta, come tipico per questa tecnologia, una progressiva riduzione delle emissioni diffuse e odorigenhe grazie all'isolamento delle superfici e al miglioramento delle condizioni di captazione del biogas. L'esecuzione del capping potrebbe essere posticipata soltanto qualora sopravvenissero futuri progetti di ampliamento autorizzati.

Dal punto di vista emissivo e odorigeno, la sopraelevazione non modifica la natura né l'intensità delle sorgenti già considerate nello scenario autorizzato; determina unicamente un prolungamento della fase operativa, durante la quale le

condizioni emissive rimangono equivalenti a quelle già valutate in sede VIA/AIA e già oggetto di monitoraggio in esercizio. La chiusura finale, attraverso il capping, porterà a una progressiva attenuazione delle emissioni diffuse.

5 Sorgenti emissive e scenari di impatto

Le sorgenti emissive associate alla sopraelevazione dei Lotti 1–2 coincidono integralmente con quelle già previste nello scenario autorizzato in sede VIA/AIA. L'intervento non introduce nuove sorgenti convogliate né modifica le portate emissive istantanee del comparto scarica; variano esclusivamente i profili altimetrici dell'invaso, senza variazioni della superficie esposta istantanea, che rappresenta il parametro determinante per le emissioni diffuse di polveri e odori.

5.1 Emissioni di polveri e inquinanti atmosferici “tradizionali”

Nel comparto scarica, le emissioni di PM_{10} , $PM_{2,5}$ e inquinanti da motorizzazione derivano da:

- movimentazione dei rifiuti sui fronti attivi;
- movimentazione e stesa delle terre per la copertura giornaliera/intermedia;
- transito delle macchine operatrici sulla viabilità interna;
- risospensione di polveri da piste non pavimentate.

Nel SIA tali sorgenti sono state quantificate tramite fattori emissivi consolidati e modellate con CALPUFF, evidenziando un impatto:

- localizzato in prossimità dell'impianto;
- di entità contenuta;
- conforme ai limiti di qualità dell'aria.

La sopraelevazione non modifica la superficie esposta istantanea, poiché:

- il fronte operativo rimane di estensione limitata, come previsto dalle procedure gestionali;
- le superfici non operative sono coperte giornalmente o con copertura intermedia;
- l'aumento volumetrico avviene in quota e non comporta espansioni laterali.

L'intensità emissiva rimane quindi coincidente con lo scenario modellato nel SIA. Le misure gestionali previste dall'AIA (bagnatura piste, controllo velocità, copertura giornaliera) continuano a garantire livelli emissivi contenuti.

5.2 Emissioni odorigene e gassose (biogas)

Le emissioni odorigene derivano principalmente dal biogas prodotto dal corpo rifiuti. Le sorgenti diffuse sono:

- fronti attivi;
- superfici con copertura giornaliera/intermedia;
- punti di potenziale fuga dalla rete di captazione.

Nel modello SIA le emissioni sono state simulate utilizzando valori cautelativi per la produzione di biogas e per l'efficienza di captazione.

Le campagne 2025 – svolte con metodologia camera di flusso su incarico AIA – mostrano che:

- i flussi diffusi misurati sono coerenti con discariche ben gestite;
- non si evidenziano anomalie emissive localizzate;
- il bilancio del biogas rispetta i requisiti del D.Lgs. 121/2020;
- la captazione risulta efficace in relazione allo stato attuale dell'invaso.

La sopraelevazione non modifica:

- la qualità del biogas prodotto;
- la configurazione planimetrica dell'invaso;
- la superficie esposta istantanea;
- i sistemi di combustione/valorizzazione.

L'unico adeguamento è il rialzo dei pozzi di captazione, pratica standard nelle discariche in progressiva crescita altimetrica.

5.3 Emissioni – contesto IPPC

Il complesso IPPC di Spiritu Santu comprende, oltre al comparto discarica, altre sezioni impiantistiche dotate di propri sistemi di captazione e trattamento delle arie esauste. Tuttavia, la sopraelevazione dei Lotti 1–2 non interagisce con tali reparti e non determina variazioni né dei processi né delle portate trattate.

Per tale ragione, il contributo emissivo e odorigeno delle altre sezioni dell'impianto rimane invariato rispetto allo scenario già valutato e autorizzato in sede VIA/AIA. L'unica componente rilevante per la presente valutazione è pertanto quella direttamente associata alla discarica, che rappresenta l'unico comparto interessato dal progetto.

6 Valutazione degli impatti in fase di cantiere

6.1 Emissioni di polveri

Le attività connesse alla sopraelevazione non costituiscono un “cantiere” in senso tradizionale, bensì una naturale prosecuzione delle operazioni ordinarie di abbancamento e rimodellazione del corpo rifiuti. Gli interventi richiesti riguardano infatti modesti rialzi del rilevato, la movimentazione dei materiali di copertura e l'impiego delle macchine operatrici lungo le piste già esistenti all'interno dell'invaso.

Nel quadro SIA (elaborato SIA.O.01) tali attività sono state valutate utilizzando fattori emissivi cautelativi (US-EPA, EMEP/EEA), dimostrando che anche nelle fasi più intense di modellazione del nuovo modulo discarica gli incrementi di PM₁₀ presso i recettori risultano molto contenuti. Nel caso della presente modifica, le movimentazioni risultano di entità inferiore rispetto alle fasi di costruzione originarie, sono distribuite nel tempo e si svolgono integralmente all'interno di un sedime di tipo industriale, lontano dai centri abitati.

Le misure di mitigazione già previste nelle procedure gestionali e nel Piano di Monitoraggio Ambientale – quali la bagnatura delle piste in condizioni di siccità e vento, il controllo della velocità dei mezzi e il mantenimento in efficienza della viabilità interna – consentono di mantenere le emissioni da risospensione entro livelli molto contenuti.

Alla luce delle caratteristiche operative e delle valutazioni già condotte in sede VIA/AIA, l'impatto da polveri riconducibile alla fase di sopraelevazione può essere considerato localizzato, temporaneo e di entità trascurabile rispetto ai limiti di qualità dell'aria.

6.2 Emissioni odorigene

Le potenziali emissioni odorigene correlate alla sopraelevazione derivano esclusivamente dalla movimentazione dei fronti attivi e da eventuali aperture puntuali di superfici di rifiuto, dinamiche del tutto analoghe a quelle che caratterizzano il normale esercizio della discarica. Le attività non comportano l'apertura di nuove aree di conferimento né l'esposizione di superfici aggiuntive rispetto allo scenario ordinario: le operazioni si svolgono interamente all'interno del perimetro dell'invaso, già sede delle consuete attività quotidiane di recezione, compattazione e copertura.

La gestione operativa rimane invariata: la copertura giornaliera dei rifiuti e l'utilizzo di coperture intermedie nelle aree non in lavorazione limitano la superficie esposta e, conseguentemente, la potenziale emissione odorigena. Il Piano di Gestione degli Odori già in vigore stabilisce inoltre criteri operativi e misure preventive – quali la pianificazione delle lavorazioni nelle fasce orarie più idonee, la verifica delle condizioni meteorologiche e l'attivazione del protocollo di risposta in caso di segnalazioni – che risultano pienamente applicabili anche durante la fase di sopraelevazione.

Considerato che le attività previste non si discostano dalle normali modalità di esercizio della discarica, che la superficie operativa istantanea non aumenta e che le misure gestionali sono già attuate in modo sistematico, l'impatto odorigeno riconducibile alla fase di sopraelevazione è da ritenersi non significativo.

7 Valutazione degli impatti in esercizio

Nel caso della sopraelevazione dei Lotti 1–2, la distinzione tra “fase di cantiere” e “fase di esercizio” non ha reale significato operativo. Le attività necessarie al raggiungimento del nuovo profilo altimetrico – movimentazione dei rifiuti, compattazione, coperture giornaliere e intermedie, progressivo rialzo dei pozzi biogas – sono esattamente le stesse che caratterizzano il normale esercizio della discarica.

Di fatto, la sopraelevazione rappresenta la naturale continuazione dell’esercizio corrente, senza l’introduzione di nuove operazioni o condizioni emissive.

7.1 Coerenza con le modellazioni esistenti

Gli elaborati SIA.03.04 e SIA.O.01 hanno già valutato l’impatto atmosferico e odorigeno della discarica nuova nello scenario a regime, considerando:

- fronti di abbancamento attivi;
- coperture giornaliere e intermedie;
- andamento tipico della produzione di biogas;
- efficienza della captazione;
- condizioni meteorologiche rappresentative elaborate tramite CALMET/CALPUFF.

Lo scenario modellato nel SIA rappresenta il caso cautelativo in cui il corpo discarica è a pieno sviluppo volumetrico.

La sopraelevazione dei Lotti 1–2:

- non introduce nuove superfici emissive in pianta;
- non aumenta la superficie istantaneamente esposta dei fronti attivi;
- non modifica la tipologia né la potenza emissiva delle sorgenti diffuse;
- non altera l’assetto impiantistico di captazione e gestione del biogas (che viene solo rialzato in quota).

Pertanto, il nuovo scenario post-sopraelevazione è interamente contenuto nello scenario “a regime” già modellato e autorizzato, e non richiede nuove simulazioni di dispersione ai fini dello screening.

7.2 Emissioni diffuse di biogas alla luce delle campagne 2025

Le relazioni R-01-ND e R-01-VD (anno 2025), eseguite secondo le prescrizioni del PMC AIA, forniscono misure dirette delle emissioni diffuse tramite camera di flusso.

Tali campagne rappresentano un aggiornamento reale dello stato emissivo della discarica e mostrano che:

- i flussi unitari di CH₄ e CO₂ sono coerenti con discariche correttamente gestite;

- non emergono anomalie localizzate di rilievo;
- il bilancio di massa del biogas risulta coerente con le portate captate e con i modelli previsionali;
- l'assetto di captazione opera in condizioni soddisfacenti e conformi ai requisiti del D.Lgs. 121/2020.

Ai fini della ENV06, il significato è chiaro: la discarica Lotti 1–2, prima della sopraelevazione, presenta già emissioni diffuse contenute e fisiologiche, e la sopraelevazione non altera i fattori che determinano tali emissioni.

Infatti:

- la superficie operativa esposta rimane la stessa (fronte attivo limitato, coperture nelle aree non in lavorazione);
- la captazione viene mantenuta efficiente tramite il semplice rialzo dei pozzi esistenti;
- non mutano né la qualità dei rifiuti né il processo biologico di produzione del biogas.

Ne consegue che la sopraelevazione non introduce condizioni atte a incrementare le emissioni diffuse, e il quadro emissivo reale documentato nel 2025 rimane rappresentativo anche dello scenario futuro.

7.3 Effetti sulla qualità dell'aria

Per la componente qualità dell'aria, gli unici contributi attribuibili alla discarica sono:

- le emissioni diffuse di biogas (valutate al paragrafo precedente);
- le emissioni da movimentazione mezzi e da attività sul fronte attivo (polveri e gas di scarico).

La sopraelevazione:

- non introduce nuove sorgenti di emissione;
- non modifica la superficie esposta;
- non comporta un incremento dei mezzi operativi rispetto alla gestione ordinaria;
- non altera la configurazione della viabilità interna.

Gli studi SIA hanno mostrato incrementi molto contenuti dei livelli di PM_{10} e NO_2 ai recettori sensibili, sempre inferiori ai limiti di qualità dell'aria.

Poiché lo scenario emissivo istantaneo non cambia, anche lo scenario post-sopraelevazione rimane pienamente compatibile con i livelli di qualità dell'aria già valutati in sede VIA/AIA e confermati dai controlli AIA in esercizio.

7.2 Effetti sul clima odorigeno percepito

Il clima odorigeno percepito al recettore dipende principalmente da:

- entità delle emissioni diffuse;

- estensione delle superfici esposte;
- efficienza della captazione del biogas;
- condizioni meteorologiche.

La sopraelevazione:

- non modifica la dinamica emissiva del fronte attivo;
- non incrementa le superfici esposte;
- non introduce nuove sorgenti odorigene;
- conserva le misure gestionali previste dal Piano odori;
- viene accompagnata dall'adeguamento in altezza della rete di captazione.

In questo contesto, il clima odorigeno post-sopraelevazione è sovrapponibile a quello già valutato nello scenario "a regime" del SIA e documentato dai monitoraggi AIA.

Non esistono elementi tecnici per ritenere che la sola sopraelevazione possa determinare incrementi percepibili del disturbo odorigeno sul territorio.

8 Misure di mitigazione, gestione e monitoraggio

8.1 Misure progettuali sulla discarica Lotti 1-2

La sopraelevazione si inserisce nel quadro progettuale e autorizzativo già definito per la discarica Lotti 1-2, senza modifiche alle infrastrutture ambientali di base.

Per la componente atmosfera/odori rilevano in particolare:

- la presenza di una rete di captazione del biogas già realizzata e in esercizio, che verrà progressivamente adeguata in altezza (rialzo dei pozzi, collegamenti alle linee esistenti) parallelamente all'abbancamento dei rifiuti nel nuovo volume autorizzato;
- la gestione stratificata delle superfici mediante coperture giornaliere e intermedie, che limita l'estensione delle superfici attive e quindi delle emissioni diffuse;
- la realizzazione del capping finale al termine del riempimento e dell'assestamento dell'invaso, che comporterà una progressiva riduzione delle emissioni diffuse rispetto alla fase di esercizio aperto.

Dal punto di vista emissivo, la sopraelevazione non introduce nuove tipologie di opere né nuove tecnologie emissive rispetto a quanto già valutato in sede VIA/AIA, ma si appoggia ai sistemi esistenti di captazione e gestione del biogas.

8.2 Misure gestionali per emissioni diffuse e odorigene

Le misure gestionali applicate alla discarica restano quelle previste dall'AIA e già in uso nell'esercizio corrente. Con riferimento specifico alle emissioni diffuse e agli odori, esse comprendono:

- la copertura giornaliera dei rifiuti conferiti, con materiali idonei, e l'utilizzo di coperture intermedie sulle aree non in lavorazione;
- la limitazione della superficie del fronte attivo, mantenendo ridotta l'area esposta di rifiuto fresco;
- la gestione della rete biogas in depressione controllata, con regolazione dei livelli di vuoto, controlli periodici sulle portate e interventi di manutenzione su pozzi e linee;
- la programmazione operativa delle attività più potenzialmente emissive (es. movimentazioni estese sui fronti) tenendo conto delle condizioni meteorologiche;
- la manutenzione ordinaria della viabilità interna, per contenere la produzione di polveri da transito mezzi.

Nel caso di specie, la cosiddetta "fase di cantiere" e la fase di esercizio si sovrappongono sostanzialmente: la sopraelevazione coincide infatti con il normale abbancamento dei rifiuti nel volume aggiuntivo. Le misure gestionali sopra ricordate valgono quindi sia per la fase di progressivo riempimento, sia per la gestione ordinaria della discarica.

8.2 Piano di Monitoraggio e Controllo (PMC) – sezione atmosfera/odori

Il Piano di Monitoraggio e Controllo (PMC) approvato con l'AIA prevede un set strutturato di controlli per la componente atmosfera/odori, che riguarda l'intero complesso IPPC e, al suo interno, il comparto discarica. In sintesi:

- vengono eseguiti controlli periodici sulla qualità dell'aria (polveri sedimentabili, H₂S, mercaptani) in punti esterni collocati sopravento, sottovento e nel centro abitato più prossimo; tali dati, disponibili da anni, non hanno evidenziato criticità né variazioni riconducibili all'entrata in esercizio della nuova discarica;
- sono previsti controlli continuativi sul biogas captato (portate, composizione, depressione), a supporto della gestione della rete di aspirazione;
- il PMC disciplina inoltre campagne specifiche sulle emissioni diffuse da discarica, da eseguire con metodo "camera di flusso", come avvenuto nel 2025.

Queste attività di monitoraggio, già operative e consolidate, costituiscono il riferimento oggettivo per la verifica in esercizio della compatibilità emissiva e odorigena della discarica, anche nello scenario di sopraelevazione.

Poiché l'intervento non introduce nuove sorgenti né modifica le condizioni emissive istantanee rispetto allo scenario VIA/AIA, non si rendono necessari adeguamenti specifici del PMC ai fini dello screening.

8.4 Piano di Gestione degli Odori (PGO)

Il Piano di Gestione degli Odori (PGO) è il documento elaborato dal gestore del complesso IPPC in attuazione delle prescrizioni AIA e dei riferimenti BAT (in particolare per le installazioni di trattamento rifiuti), con l'obiettivo di:

- mappare le sorgenti odorigene del sito (comprese le superfici e i fronti attivi della discarica);
- definire le modalità di prevenzione e contenimento (coperture, gestione biogas, organizzazione delle attività);
- istituire un protocollo di monitoraggio e di gestione delle segnalazioni, interno ed esterno.

Il Piano è stato trasmesso agli enti competenti ed è parte integrante del sistema di gestione ambientale dell'impianto.

Per quanto riguarda la discarica Lotti 1–2, il PGO:

- recepisce le misure gestionali sopra richiamate (coperture, limitazione superfici esposte, gestione biogas);
- disciplina la gestione di eventuali eventi odorigeni, prevedendo la registrazione delle segnalazioni, le verifiche in campo e l'adozione di azioni correttive.

La sopraelevazione si colloca pienamente all'interno di questo assetto: non modifica il numero né la tipologia di sorgenti odorigene, ma richiede semplicemente la continuazione e l'eventuale ottimizzazione delle misure già previste (in particolare nella gestione della rete di captazione biogas, che verrà adeguata al nuovo profilo altimetrico).

9 Valutazione di significatività e conclusioni

9.1 Stato attuale e strumenti già in essere

Il comparto discarica Lotti 1–2 opera all'interno di un quadro autorizzativo consolidato (VIA/AIA) e dispone di:

- un sistema di captazione del biogas pienamente funzionante;
- una gestione operativa strutturata (coperture giornaliere/intermedie, limitazione dei fronti attivi);
- un Piano di Monitoraggio e Controllo (PMC) che include controlli periodici su qualità dell'aria ed emissioni diffuse;
- un Piano di Gestione degli Odori (PGO);
- dati misurati in esercizio (campagne 2025) che descrivono un quadro emissivo coerente con quello previsto in sede VIA/AIA.

Questo sistema di gestione e controllo è già calibrato sul funzionamento reale della discarica e rappresenta il riferimento tecnico per la valutazione della modifica in esame.

9.2 Caratteristiche della sopraelevazione rilevanti ai fini emissivi

La sopraelevazione dei Lotti 1–2:

- non amplia la discarica in pianta;
- non introduce nuove sorgenti emissive né modifica quelle esistenti;
- non aumenta la superficie esposta né estende il fronte attivo oltre quanto previsto nella gestione ordinaria;
- comporta il semplice rialzo altimetrico del profilo di riempimento;
- prevede l'adeguamento in altezza della rete di captazione, senza modifiche impiantistiche rilevanti;
- si traduce in un prolungamento temporale dell'esercizio, non in un incremento delle potenze emissive istantanee.

Dal punto di vista emissivo, la modifica è quindi morfologica, non funzionale.

9.3 Impatti in fase di cantiere (coincidenti con l'esercizio)

Le attività di sopraelevazione non costituiscono un cantiere tradizionale ma una prosecuzione delle operazioni quotidiane di abbancamento.

Le potenziali emissioni di polveri e odori sono identiche a quelle della normale gestione del fronte attivo e restano contenute tramite:

- coperture giornaliere e intermedie;
- controllo delle piste interne;
- gestione continua della captazione del biogas.

Gli impatti risultano localizzati, temporanei e non significativi.

9.4 Impatti in fase di esercizio post-sopraelevazione

Poiché le attività emissive rimangono immutate, lo scenario post-sopraelevazione:

- coincide con lo scenario “a regime” già modellato nel SIA;
- non presenta incrementi delle emissioni diffuse;
- non altera i contributi della discarica sulla qualità dell’aria;
- non aumenta il rischio di disturbo odorigeno ai recettori.

Le campagne 2025 dimostrano che le emissioni diffuse sono già oggi contenute e fisiologiche; la sopraelevazione non modifica i fattori che determinano tali emissioni.

Il quadro odorigeno rimane sovrapponibile a quello già valutato in VIA/AIA e controllato tramite PMC e PGO.

9.5 Coerenza con BAT e con la pianificazione

L’intervento:

- rispetta i criteri di buona gestione delle discariche previsti dal D.Lgs. 36/2003 e dal D.Lgs. 121/2020;
- non introduce variazioni rispetto alle migliori tecniche disponibili per la gestione del biogas e della superficie esposta;
- è coerente con gli obblighi AIA, con gli strumenti gestionali (PMC, PGO) e con la pianificazione regionale che prevede la possibilità di incrementi volumetrici tramite sopraelevazione dei corpi discarica esistenti.

9.6 Conclusione di sintesi

Alla luce:

- delle valutazioni previsionali del SIA;
- delle misure reali acquisite tramite il PMC e le campagne 2025;
- della natura esclusivamente morfologica dell’intervento;
- dell’assenza di nuove sorgenti emissive;
- della piena continuità gestionale della discarica;

si conclude che la sopraelevazione dei Lotti 1–2 non determina impatti atmosferici né odorigeni significativi rispetto allo scenario già autorizzato.

Lo scenario post-sopraelevazione:

- rientra integralmente nel quadro emissivo valutato in sede VIA/AIA;
- è già coperto dagli strumenti di gestione e monitoraggio vigenti;
- non richiede ulteriori misure di mitigazione né approfondimenti modellistici aggiuntivi.

L'impatto complessivo è da considerarsi non significativo ai fini dello screening di assoggettabilità a VIA per la componente atmosfera/odori.

10 Documentazione di riferimento

Studio di Impatto Ambientale (SIA – Atmosfera/Odori) – Gli elaborati SIA.03.04 e SIA.O.01 disponibili nella documentazione presente in ADM02 (cartella “Progetto nuova discarica – Sezione A (Det. 3946/2019)”).

Monitoraggi qualità dell’aria (controlli mensili AIA) - Dati disponibili sul sito istituzionale:

http://sia.cines.it/ambiente/Impianto_trattamento_e_smaltimento_RSU_RS/?path=Monitoraggi%20Ambientali%20annuali

Campagne 2025 sulle emissioni diffuse di biogas – Relazione R-01-ND (corpo nuovo) (riportate in allegato alla presente relazione).

Piano di Monitoraggio e Controllo (PMC) - Documento disponibile nella documentazione amministrativa ADM02 (cartella “PMC e documenti prescrittivi_descrittivi vigenti a dicembre 2025”).



**Consorzio Industriale Provinciale
Nord-Est Sardegna - Gallura**

**Provincia Olbia - Tempio
Regione Sardegna**

**Discarica rifiuti non pericolosi
Località "Spiritu Santu"**

Nuovo Corpo Discarica

**Campagna di monitoraggio strumentale
delle emissioni diffuse di biogas**

**Relazione conclusiva
R-01-ND
Maggio 2025**

INDICE

1	PREMESSE.....	4
2	DESCRIZIONE ATTIVITÀ.....	5
2.1	GLI IMPATTI DELLE EMISSIONI DIFFUSE DI BIOGAS	5
2.2	VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI DIFFUSE DI BIOGAS	8
3	CARATTERISTICHE SALIENTI DELLA DISCARICA.....	13
3.1	LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA	13
4	CONTENUTI DELLA RELAZIONE	19
5	ASPETTI NORMATIVI E PROCEDURE DI RIFERIMENTO	21
5.1	DISCIPLINARE DISCARICHE (DECRETO LEGISLATIVO 36/2003).....	21
5.2	D.LGS 121/2020	22
5.3	IPPC (DECRETO LEGISLATIVO 372/1999)	22
5.4	NORME TECNICHE SUL MONITORAGGIO DELLE EMISSIONI DI BIOGAS	23
5.5	LINEE GUIDA REGIONE LOMBARDIA	25
5.6	LINEE GUIDA RECONNET	26
6	DESCRIZIONE DELLE INDAGINI IN CAMPO	28
6.1	METODOLOGIA DI INDAGINE	28
6.2	OSSERVAZIONE DELL'IMPIANTO	29
6.3	CAPTAZIONE DEL BIOGAS	32
6.4	CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA	35
6.5	ZONE ZED-B: AREA ATTIVA – NON OGGETTO DI SMALTIMENTI DURANTE LA GIORNATA DEI RILIEVI.....	37
6.6	DEFINIZIONE DEL NUMERO DEI PUNTI DI MONITORAGGIO	37
6.7	DISPOSIZIONE E CARATTERISTICHE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO.....	38
6.8	CONDIZIONI AMBIENTALI AL MOMENTO DELL'INDAGINE.....	42
6.9	DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	46
6.10	CAMERA DI MONITORAGGIO DEL FLUSSO.....	46
6.11	ANALIZZATORE FID (RIVELATORE A IONIZZAZIONE DI FIAMMA)	48
6.12	ANALIZZATORE IR DI METANO ED ANIDRIDE CARBONICA	51
6.13	SVOLGIMENTO DELL'INDAGINE	51
7	RISULTATI DELL'INDAGINE IN CAMPO.....	53
7.1	SVILUPPO DEI DATI RACCOLTI IN CAMPO	53
7.2	CORREZIONE DEI DATI.....	54
7.3	RISULTATI DELLE ELABORAZIONI.....	56
8	SINTESI DELLE VALUTAZIONI.....	61
8.1	EMISSIONI DIFFUSE.....	61
8.2	RIFERIMENTO IPPC.....	63
8.3	EMISSIONI GHG.....	66
8.4	CONCLUSIONI	66
9	CALCOLO DI PRODUTTIVITÀ BIOGAS	69
9.1	CARATTERIZZAZIONE DEL FENOMENO PRODUTTIVO DEL BIOGAS.....	69
9.1.1	<i>Fase di degradazione aerobica.....</i>	<i>70</i>

9.1.2	<i>Fase di degradazione facoltativa anaerobica</i>	71
9.1.3	<i>Fase Metanigena</i>	71
9.2	CARATTERISTICHE QUALITATIVE DEL BIOGAS	72
9.3	VALUTAZIONI SULLA PRODUZIONE QUANTITATIVA DEL BIOGAS	75
9.3.1	<i>Modellistica disponibile</i>	75
9.3.2	<i>Modello di calcolo BIO</i>	76
9.3.3	<i>Valutazioni probabilistiche</i>	78
9.4	CARATTERIZZAZIONE E CONFERIMENTO DEI RIFIUTI SMALTITI	79
9.5	PRODUZIONE SPECIFICA	82
9.6	SVILUPPO DELLA CINETICA DI DECOMPOSIZIONE	83
9.7	EFFICIENZA D'IMPIANTO	89
9.7.1	CAPTAZIONE EFFETTIVA	91
9.7.2	CALCOLO EFFICIENZA DI CAPTAZIONE	96
10	BILANCIO DI MASSA COMPLESSIVO DEL BIOGAS	99
11	CALCOLO EMISSIONI ESPRESSE IN T/A (EPRTR)	101
12	VERIFICA CONFORMITA' D.LGS 121/20	104
13	INDAGINI TERMOMETRICHE E COMMENTI	105
13.1	PRINCIPI DELLA TERMOGRAFIA	105
13.2	CARATTERISTICHE SITO-SPECIFICHE	107
13.3	CONDIZIONI AMBIENTALI DEI RILIEVI	109
13.4	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	110
13.5	PUNTO P09	112
13.6	PUNTO P10	115
13.7	PUNTO P11	118
13.8	PUNTO P12	122
13.9	PUNTO P13	125
13.10	PUNTO P14	130
13.11	CONCLUSIONI INDAGINI TERMOGRAFICHE	135
14	EVENTUALI SUGGERIMENTI	136
15	CONCLUSIONI	136

Allegati:

Tavola D-01-ND:	planimetria generale
Tavola D-02-ND:	planimetria zone omogenee ZED
Tavola D-03-ND:	distribuzione punti indagine
Tavola D-04-ND:	sovrapposizione punti indagine a zone omogenee
Tavola S--R-ND	Schema planimetrico isopotenziale emissioni reali
Tavola S--P-ND	Schema planimetrico isopotenziale emissioni ponderate

1 PREMESSE

La scrivente Bio-Clima Service S.r.l. ha ricevuto incarico dal C.I.P.N.E.S. “Gallura” (Consorzio Industriale Provinciale Nord Est Sardegna – in seguito CIPNES) per lo svolgimento di una campagna di monitoraggio strumentale del biogas prodotto ed emesso dalla superficie della discarica per rifiuti non pericolosi sita in località Spirito Santo a servizio del suddetto CIPNES.

L’incarico è stato conferito in data protocollo n° 779/2025 e CIG B681152E91

Le attività richieste, ed oggetto delle indagini descritte nella presente relazione, sono definite nel Capitolato Tecnico redatto dal CIPNES

La proposta è stata elaborata in riferimento al Capitolato Tecnico del Consorzio CIPNES in relazione alla richiesta di esecuzione di 2 campagne di monitoraggio strumentale delle emissioni prodotte dalla discarica consortile di Olbia in conformità al punto 5.4 (all.2 D.Lga 36/20) e PMC Det 352/20 della Provincia di Sassari.

In base alle informazioni fornite dal Committente CIPNES l’area da sottoporre ad indagine sarà costituita da:

- **Vecchio Corpo discarica:**
di circa 120.000 m² (dato da capitolato).
- **Nuovo modulo discarica:**
di circa 15.000 m² (dato da capitolato).

La presente relazione tecnica ha lo scopo di sviluppare i risultati emersi dalle indagini e relativi al solo Nuovo corpo di discarica.

Per il Vecchio modulo si procede con specifica relazione.

L’indagine sui due siti è stata svolta contestualmente, in data 28/04/2025.

Si precisa che le indagini affidate sono state condotte con la collaborazione della Società EMENDO s.r.l. che vanta una esperienza sul settore specifico della gestione dei gas di discarica di oltre 47 anni.

In particolare, per quanto riguarda le indagini sulle emissioni diffuse di gas di discarica la Soc. EMENDO ha realizzato 260 indagini su 59 impianti di discarica; inoltre, la EMENDO utilizza in esclusiva il modello di calcolo per la produzione del biogas denominato BIO-7 ampiamente validato.

2 DESCRIZIONE ATTIVITÀ

Il fenomeno di produzione del biogas, dovuto alla fermentazione della frazione organica residuale dei rifiuti smaltiti in discarica, causa una leggera sovrappressione, ne consegue che una volta saturati gli interstizi alveolari il gas tende a fuoriuscire; pertanto, l'emissione di biogas dalla superficie esposta corrisponde normalmente alla produzione specifica della discarica.

La logica dell'indagine considera il fatto che l'unica interfaccia di emissione verso l'esterno della discarica è quella superiore, quindi accessibile, poiché le rimanenti superfici (inferiore e laterali) sono confinate da strati impermeabili naturali ed artificiali.

2.1 Gli impatti delle emissioni diffuse di biogas

Le emissioni diffuse di biogas da discariche per rifiuti causano due principali tipi di impatto sull'ambiente circostante:

- a) Le emissioni diffuse in atmosfera sono costituite per la maggior parte da gas ad effetto serra (metano ed anidride carbonica) e pertanto la loro dispersione contribuisce al peggioramento della condizione di surriscaldamento del nostro pianeta;

- b) Le emissioni di biogas (metano ed anidride carbonica) possono trascinare limitate concentrazioni di altri gas (idrogeno solforato, mercaptani ed altri) fastidiosi specialmente per gli odori;

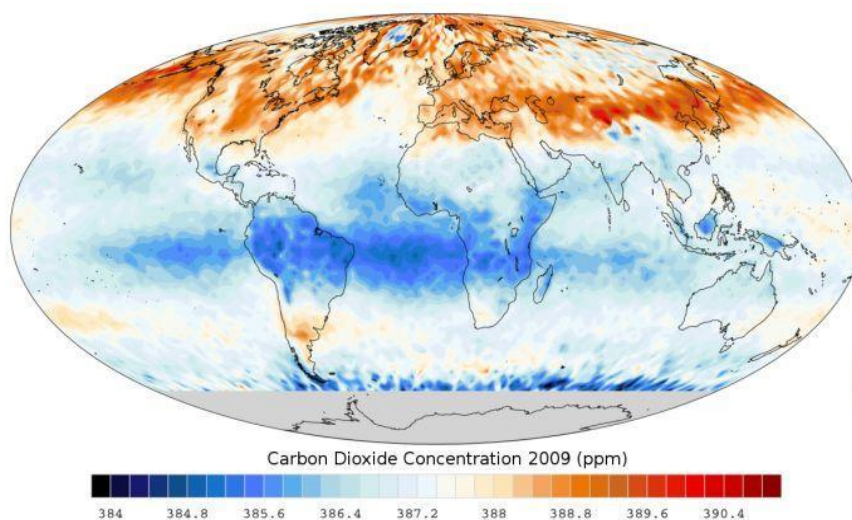
Seguono le caratteristiche salienti dei due gas che compongono il biogas prodotto dalla discarica in riferimento al loro potenziale di surriscaldamento del globo.

Anidride carbonica

L'anidride carbonica è forse il più importante dei gas serra ed è responsabile per circa il 60% dell'innalzamento dell'effetto serra.

E' presente sulla terra da oltre 4 miliardi di anni in proporzioni anche maggiori del presente, con la rivoluzione industriale però la sua concentrazione è cresciuta di circa il 30%, soprattutto nell'emisfero Nord.

Da uno studio della NASA (AIRS 2006-2009) si apprende una valutazione media (in incremento storico) della concentrazione di CO₂ pari a circa 388 ppm (Europa meridionale).

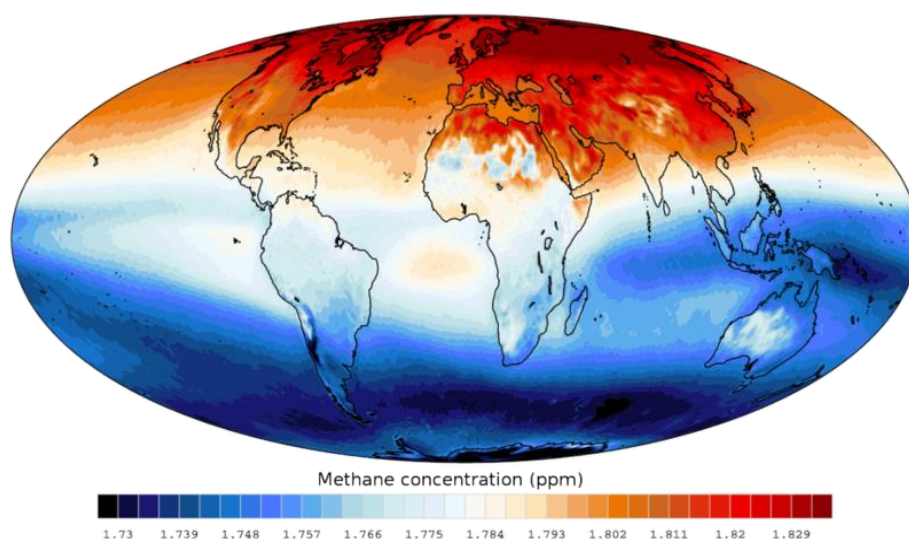


Concentrazione CO₂ in atmosfera – NASA (AIRS 2006-2009)

Metano

Anche se meno presente della CO_2 , il metano produce 21 volte il calore di quest'ultima ed è responsabile per il 20% dell'innalzamento dell'effetto serra. Il metano è prodotto dai batteri responsabili della decomposizione della materia organica, dalle discariche e dalla normale attività biologica di molti animali, come i milioni di bovini presenti sulla terra. Si emette metano anche durante la produzione e il trasporto di carbone e gas naturale.

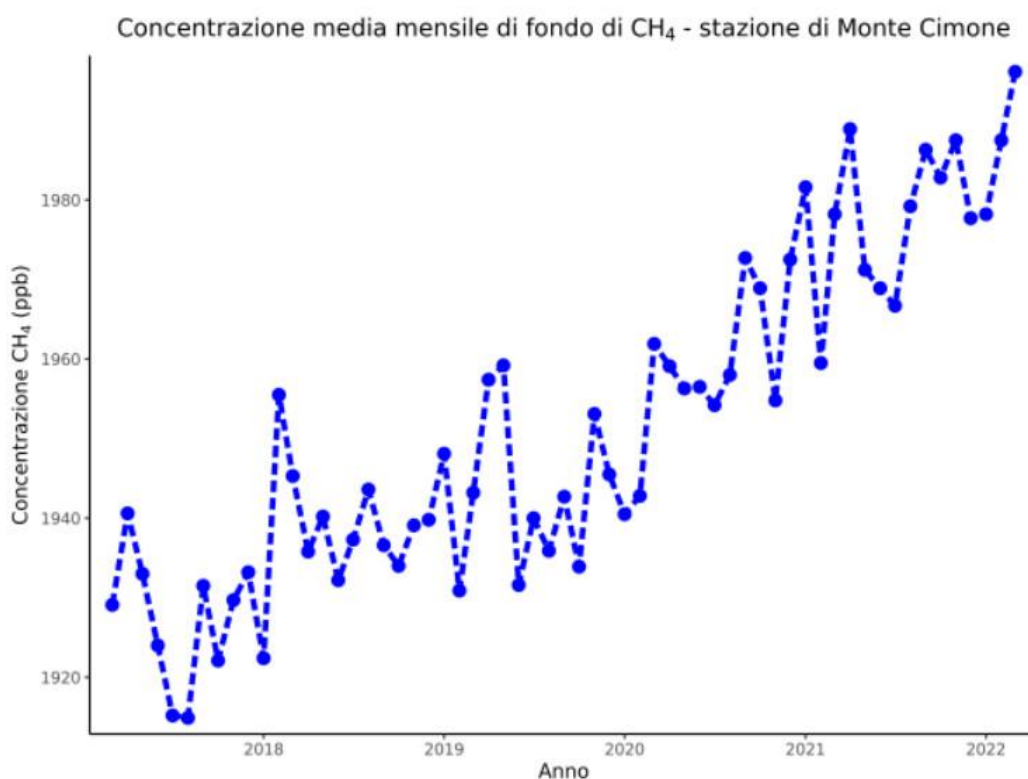
Il metano è presente nell'atmosfera terrestre: da uno studio della NASA (AIRS 2006-2009) si apprende una valutazione media (in incremento storico) della concentrazione di metano pari a circa 1,8 ppm.



Concentrazione CH_4 in atmosfera – NASA (AIRS 2006-2009)

Il bollettino WMO (World Meteorological Organization) precisa che la crescita del livello medio di CH_4 nel mondo è associata ad un aumento delle emissioni alle latitudini tropicali e medie dell'emisfero Nord.

Nel grafico seguente tratto dal recente rapporto NOAA AM – Italia si evidenzia il trend di concentrazione di metano in atmosfera in Italia (Monte Cimone – MO).



Concentrazione CH₄ in atmosfera in Italia

2.2 Valutazione delle emissioni diffuse di biogas

E' importante **valutare le emissioni diffuse** in modo da organizzare una ottimale azione di captazione delle stesse riducendo quindi gli impatti descritti.

La valutazione dell'emissione diffuse dovrebbe essere in grado di:

- Definire i quantitativi dei gas emessi;
- Valutare la localizzazione differita delle emissioni.

Per la valutazione delle emissioni diffuse possono essere utilizzate tre diverse procedure indicate dalla Normativa Europea: Misura, Calcolo, Stima.

Valutazione per misura

Un'emissione viene definita come **misurata** quando l'informazione deriva da misure reali fatte su campioni attraverso metodi standardizzati o ufficialmente accettati. La misura può essere:

- **continua**, quando si ha un monitoraggio in continuo dell'emissione mediante dotazioni fisse;
- **discontinua**, quando la misura avviene ad intervalli periodici regolari, fornendo medie rappresentative dell'emissione sia da un punto di vista quantitativo che qualitativo;
- **saltuaria**, quando la misura avviene "una tantum", fornendo dati non rappresentativi; essa può essere utile per la verifica delle stime.

Per le emissioni convogliate di biogas l'utilizzo di una misura continua dovrebbe essere coincidente con le dotazioni di processo dell'impianto di captazione e di recupero energetico, in particolare i sistemi di analisi e della misura dei flussi trattati dovrebbero poter fornire indicazioni analitiche precise.

Per le emissioni diffuse le misurazioni sono più complicate. La misurazione di tipo continuo è molto difficile data l'estensione delle superfici interessate, per la disomogeneità delle emissioni e la metodologia di indagine. E' invece più probabile una misurazione di tipo discontinua o saltuaria.

Il D.Lgs. 36/03 (Disciplinare discariche) prevede all'allegato 2, punto 5.4 (piano di sorveglianza e controllo) un monitoraggio delle emissioni diffuse. Ne consegue che una misura discontinua del biogas emesso è già prevista nella Normativa che regola la gestione della discarica. Lo stesso PMC della discarica in oggetto (Det. 352/2020 Provincia di Sassari) prescrive tali attività.

Le misure delle emissioni diffuse di biogas da una discarica devono essere regolamentate da un preciso protocollo ed essere eseguite da tecnici esperti del settore delle discariche, così come viene definito dalle linee guida dell'APAT.

Il personale incaricato deve infatti ben conoscere come il biogas viene prodotto, dove può essere più facilmente esalato al fine da impostare una rete di punti di acquisizione sufficientemente rappresentativa della realtà. Devono inoltre essere note le condizioni al contorno che influiscono sul fenomeno di emissione per evitare che queste non causino alterazioni tali da rendere poco precisa l'azione di misura. Ne consegue che il servizio di misura delle emissioni diffuse non può essere considerato come una comune analisi di laboratorio ma deve essere principalmente un'indagine conoscitiva sul comportamento della superficie della discarica.

Valutazione per calcolo

Laddove non si voglia procedere alla misura diretta delle emissioni per motivi economici o per indisponibilità delle competenze adeguate è possibile ricorrere alla procedura di calcolo.

Un'emissione si intende calcolata quando l'informazione quantitativa è ottenuta utilizzando metodi matematici e fattori di emissione accettati a livello nazionale o internazionale e rappresentativi delle varie conoscenze.

È importante nel calcolo tenere conto delle variabilità nei processi produttivi. Per quanto riguarda il biogas esistono decine di modelli di calcolo che si basano su approcci chimici, biologici ed ambientali. Purtroppo, i risultati di tali modelli evidenziano variabilità troppo ampie che difficilmente si riscontrano con l'effettiva realtà. È quindi raccomandabile l'utilizzo di sistemi di calcolo che, pur partendo da basi scientifiche, possano consentire correzioni basate sulle decine variabili che influiscono sul fenomeno di produzione del biogas. Si ritiene indispensabile

l'utilizzo di modelli che possano garantire un'esperienza applicativa di qualche decennio validata da numerose verifiche.

Nella presente relazione tale calcolo viene sviluppato nei capitoli successivi con l'utilizzo del modello di Calcolo BIO-7 ampiamente validato e riconosciuto.

Valutazione per stima

Un'ulteriore ipotesi di valutazione risulta essere quella per **stima**.

Un'emissione si intende stimata quando l'informazione quantitativa deriva da stime non standardizzate basate sulle migliori assunzioni o ipotesi di esperti.

La procedura di stima fornisce generalmente dati di emissione molto meno accurati dei precedenti metodi di misura e calcolo, per cui non dovrebbe essere mai utilizzata.

Valutazioni miste

Infine, è giusto far notare che, se la valutazione dell'emissione di biogas (metano ed anidride carbonica) è la somma delle emissioni convogliate e di quelle diffuse è possibile procedere alla definizione del risultato finale utilizzando più procedure.

Ad esempio, è possibile misurare in continuo le emissioni convogliate e sommare a queste ultime le misure periodiche delle emissioni diffuse. Oppure è possibile procedere al calcolo della produzione totale di biogas e valutare, per deduzione, delle emissioni localizzate misurate le emissioni diffuse.

Tale approccio sarà quello di fatto applicato per le indagini oggetto della presente relazione:

- Acquisizione dei dati medi di captazione del biogas (emissioni convogliate);
- Indagine strumentale emissioni diffuse dalla copertura della discarica;
- Rilievi termografici per valutazione anomalie termiche;
- Calcolo produzione teorica del biogas prodotto;

- Bilancio analitico dei flussi (prodotti, convogliati, diffusi) e valutazione dei diversi parametri ambientali.

3 CARATTERISTICHE SALIENTI DELLA DISCARICA

Nel presente capitolo verranno valutate sinteticamente le caratteristiche dell'impianto.

3.1 Localizzazione geografica

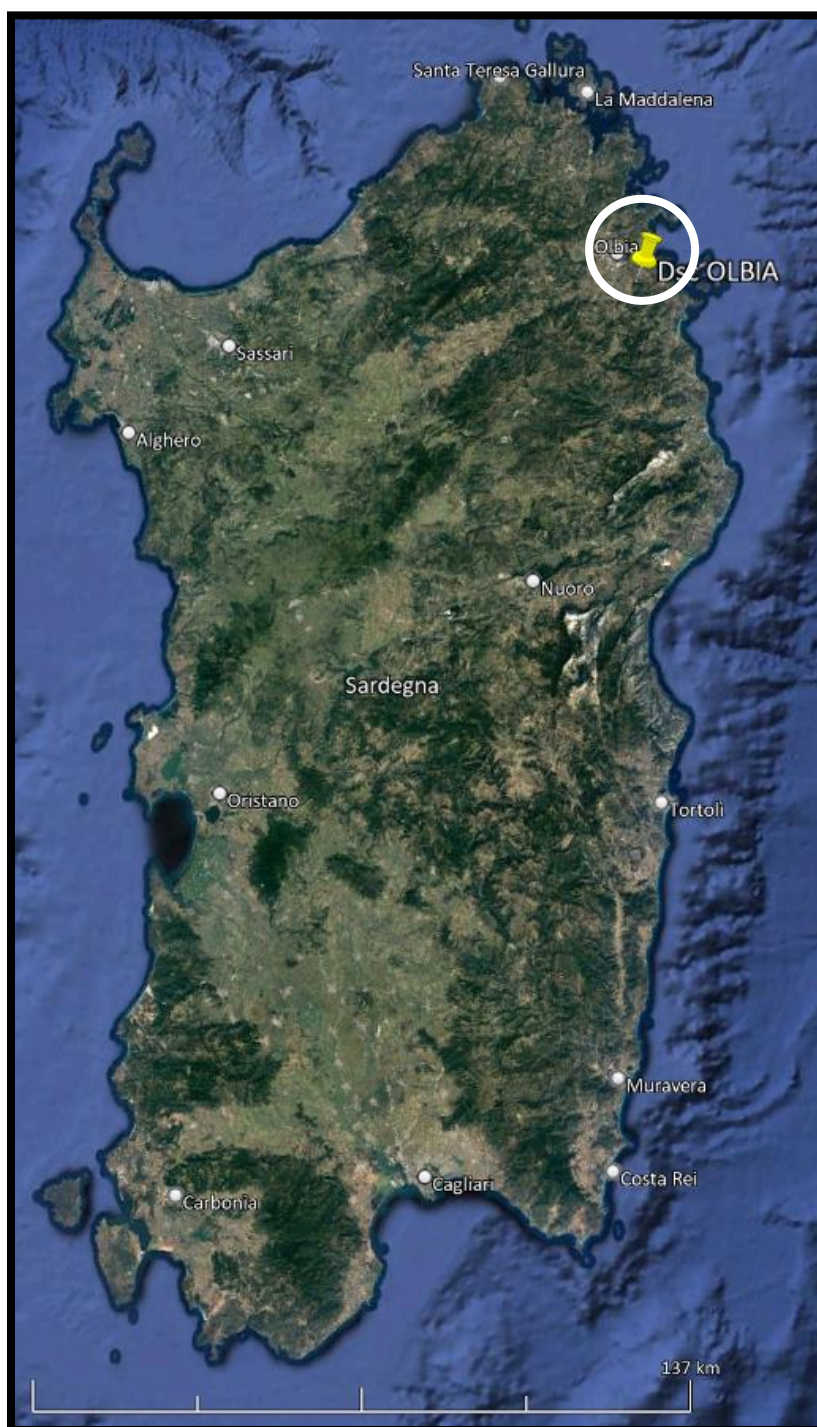
La zona interessata dalla discarica è ubicata in località "Spiritu Santu" nel Comune di Olbia in Provincia Olbia-Tempio.

L'ingresso della discarica avviene dalla strada SP 87 che collega la SS 125 nei pressi di Murta Maria ed il Centro abitato di Trudda

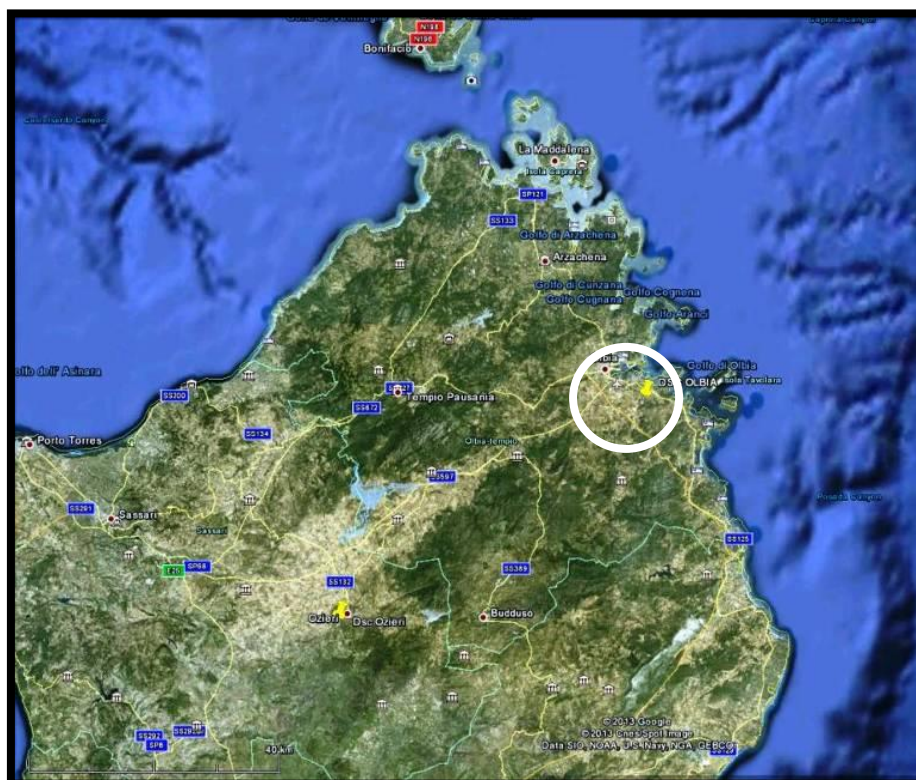
Le coordinate geografiche del punto d'ingresso alla discarica sono le seguenti:

- latitudine Nord: 40° 52' 43"
- longitudine Est: 09° 34' 00"

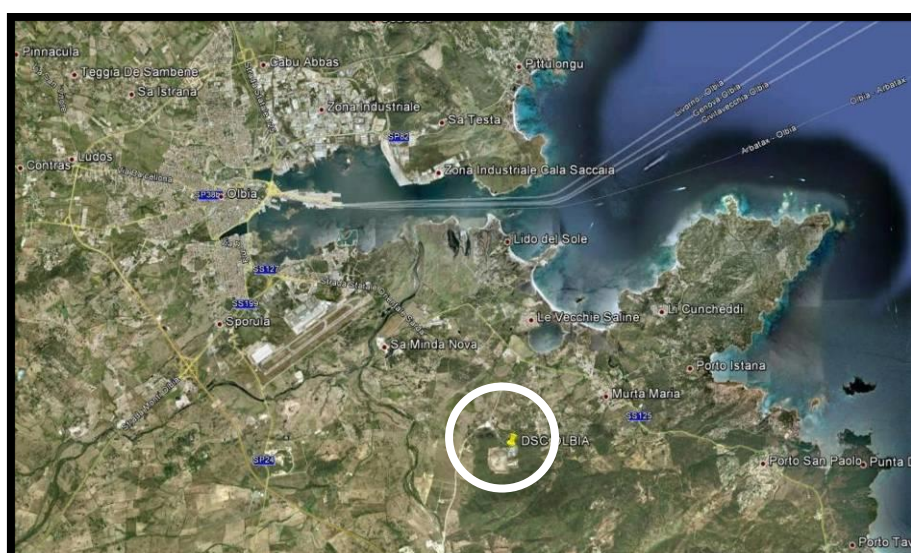
Si riportano di seguito alcune immagini satellitari tratte dal sito web: Google Earth



***Immagine satellitare Google Earth® – quota 350 km
Inquadramento Regionale***



***Immagine satellitare Google Earth® – quota 171 km
Inquadramento Provinciale***



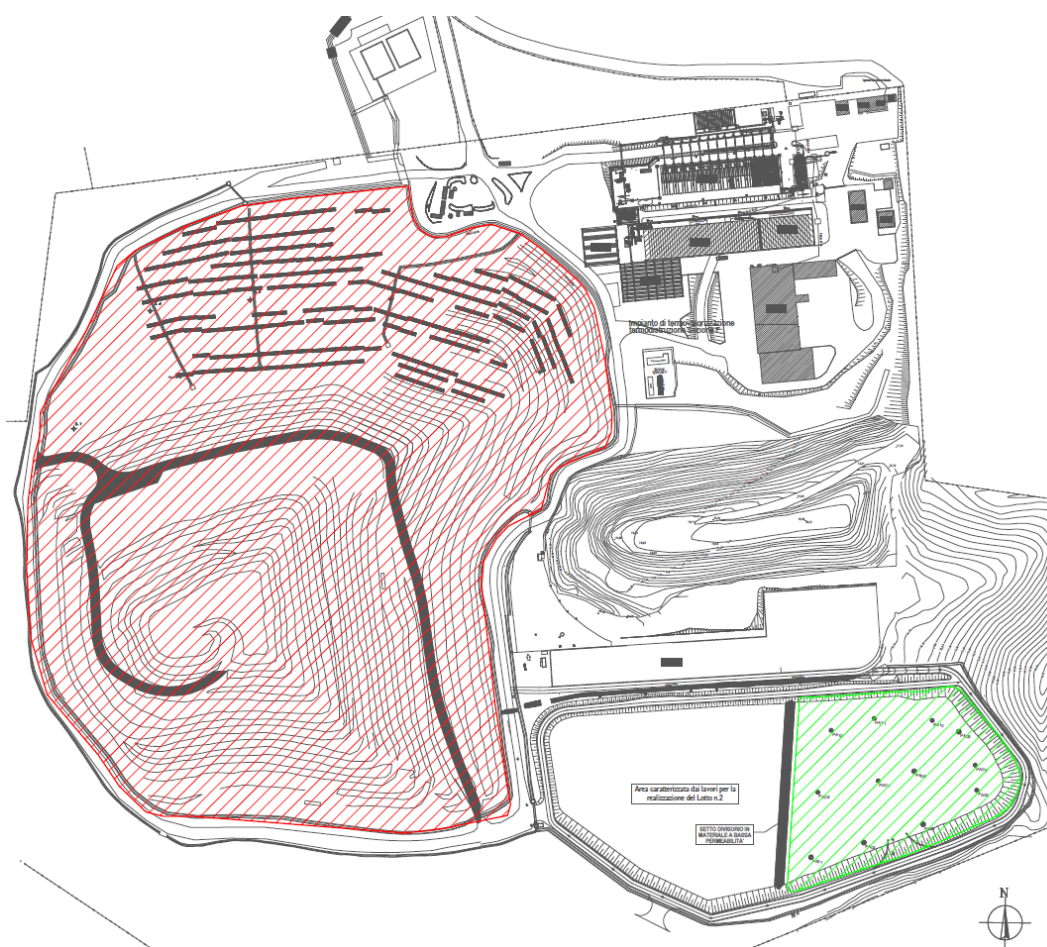
***Immagine satellitare Google Earth® – quota 17 km
Inquadramento Comunale***



***Immagine satellitare Google Earth® – quota 1500 m
Inquadramento impiantistico
Data 05/07/2023***

L'immagine più recente reperibile dal sito web Google Earth risale all'inizio del luglio 2023 ed è quindi non perfettamente aggiornata con lo stato di fatto attuale, almeno per le condizioni morfologiche delle aree di conferimento.

Nella foto si osserva inoltre la ripartizione dell'impianto nei due moduli: ad ovest il vecchio modulo della discarica e a sud-est, il 1° lotto nuovo Modulo di Discarica.



- Area da indagare vecchia discarica: 120.000 m²
- Area da indagare nuova discarica: 14.800 m²

Planimetria complessiva dei siti di indagine

Dal seguente dettaglio dell'immagine satellitare si evidenzia la presenza dell'impianto di captazione e recupero energetico del biogas e dell'impianto fotovoltaico (FTV) disposto sulla sponda nord del vecchio modulo della discarica.

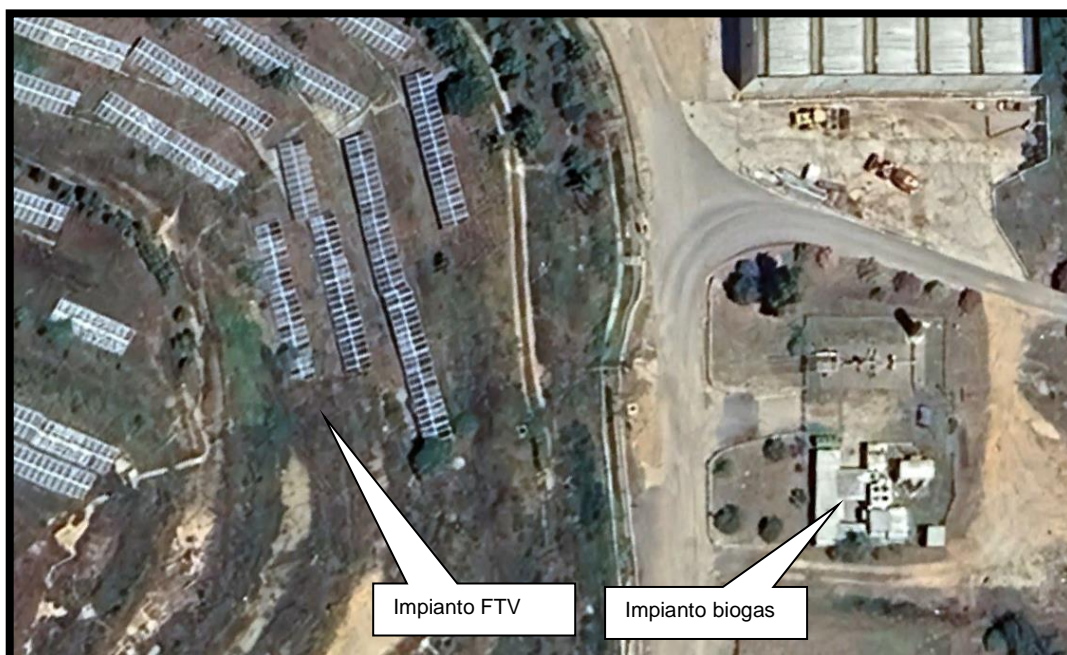


Immagine satellitare Google Earth® – quota 200 m
Inquadramento impiantistico
Data 05/07/2023



Immagine satellitare Google Earth® – quota 200 m
Inquadramento impiantistico
Data 05/07/2023

4 CONTENUTI DELLA RELAZIONE

Lo svolgimento delle indagini è stato condotto in ottemperanza alle indicazioni del Capitolato Tecnico emesso dal Committente CIPNES.

Si riporta di seguito l'estratto del Capitolo "Premesse" del Capitolato.

Il punto 5.4 dell'Allegato 2 - "Piani di gestione operativa, di ripristino ambientale, di gestione post-operativa, di sorveglianza e controllo, finanziario" - al D.Lgs.36/2003 stabilisce che, per le discariche dove sono smaltiti rifiuti biodegradabili e rifiuti contenenti sostanze che possono sviluppare gas o vapori, deve essere previsto un monitoraggio delle emissioni gassose, convogliate e diffuse, in grado di individuare anche eventuali fughe di gas esterne al corpo della discarica stessa.

Lo stesso D.Lgs.36/2003, oltre che stabilire i parametri minimi da investigare sul gas da discarica e le relative periodicità, dispone altresì che detto biogas venga caratterizzato quantitativamente.

Al fine di adempiere a quanto previsto dal già citato punto 5.4 dell'Allegato 2 al D. Lgs.36/2003, recepito nel Piano di Monitoraggio e Controllo vigente del complesso impiantistico consortile (rif. didascalia tabella 2.2-6 dell'elaborato AIA.PMC.05 approvato con Det. 352/2020 della Provincia di Sassari), oltre che allo scopo di avere a disposizione un congruo set di dati fondamentali per la corretta compilazione della dichiarazione E – PRTR prevista dalla vigente normativa nazionale in materia ambientale, si rende necessario procedere con l'affidamento di indagini ed analisi specialistiche sulle emissioni diffuse originate dal suddetto corpo discarica consortile.

Nel successivo capitolo "Descrizione di massima del servizio richiesto" viene ulteriormente specificato:

Con lo scopo di adempiere a quanto indicato dall'allegato 2 (punto 5.4) al D. Lgs. 36/2003, recepito nel Piano di Monitoraggio e Controllo vigente del complesso impiantistico consortile (rif. didascalia tabella 2.2-6 dell'elaborato AIA.PMC.05 approvato con Det. 352/2020 della Provincia di Sassari), ed ai fini della redazione della dichiarazione E-PRTR prevista dalla vigente normativa nazionale in materia ambientale, lo studio in questione (che il CIPNES riproporrà con una frequenza minima triennale) dovrà prevedere n. 2 campagne di monitoraggio specialistico per la rilevazione (applicando una maglia di monitoraggio rappresentativa) delle caratteristiche qualitative e quantitative delle emissioni dal corpo della discarica consortile esistente.

Tali misure, in termini di qualità e quantità, dovranno portare alla costruzione di un bilancio di massa complessivo del biogas prodotto dai rifiuti, dando di conseguenza un giudizio sulla resa di captazione e sui tempi di avanzamento della fase di stabilizzazione dei rifiuti.

Il Capitolato richiede inoltre la predisposizione aggiornata della prospezione produttiva del biogas con valutazione dei conferimenti a partire dal 1991 e comprendendo gli stessi fino alla fine del 2025 (con stima del 2° e 3° quadrimestre 2025).

Viene inoltre richiesta l'esecuzione di riprese termometriche del corpo di scarica.

Come evidente il Capitolato richiede diverse e distinte valutazioni, tutte finalizzate al raggiungimento dello scopo. Un elenco dettagliato delle sezioni di indagini, e successive elaborazioni di calcolo, viene proposto sempre dallo stesso Capitolato:

- riferimenti normativi e procedure tecniche utilizzate;
- descrizione dettagliata delle indagini effettuate in campo (strumentazione utilizzata, condizioni al contorno durante l'esecuzione dei monitoraggi, ecc.);
- risultanze delle indagini (sviluppo dei dati raccolti in campo e relativa discussione);
- calcolo di produttività del biogas;
- considerazioni sull'efficienza del sistema di captazione e di recupero energetico e/o termodistruzione del biogas;
- bilancio di massa complessivo del biogas;
- calcolo delle emissioni espresse in t/a (come previsto dalla dichiarazione E-PRTR), condividendo l'algoritmo di stima utilizzato;
- commenti riprese termometriche;
- eventuali suggerimenti atti a minimizzare i potenziali impatti rilevati.

Tale elenco verrà rispettato nello sviluppo delle diverse sezioni e nella cronologia di rappresentazione delle risultanze emerse.

5 ASPETTI NORMATIVI E PROCEDURE DI RIFERIMENTO

Il Capitolato Tecnico emesso dal Committente CIPNES non fornisce indicazioni circa le procedure tecniche di riferimento poiché non esistono espliciti riferimenti normativi in tal senso.

Esistono però chiari e dettagliati protocolli d'indagine sviluppati da importanti Agenzie Internazionali (EA Inglese e EPA Statunitense) specificatamente elaborati per l'indagine sulle emissioni di biogas da discariche. Tali protocolli sono stati recepiti da numerose Agenzie Regionali (ARPA) e considerati come riferimento 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.

Maggiori dettagli vengono proposti di seguito secondo la gerarchia normativa.

5.1 Disciplinare discariche (Decreto Legislativo 36/2003)

Nell'allegato 2 del D.Lgs 36/03 relativo ai Piani di Sorveglianza e Controllo (PSC), al punto 5.4 viene chiaramente definito che *“deve essere previsto un **monitoraggio delle emissioni gassose, convogliate e diffuse, della discarica stessa, in grado di individuare anche eventuali fughe di gas esterno al corpo della stessa discarica**”*.

E' necessario che il monitoraggio del biogas, oltre che sulle emissioni convogliate presso impianti di captazione debba essere esteso alle emissioni diffuse dalla copertura della discarica verso l'atmosfera e dalle superfici di interfaccia con il sottosuolo.

Il Decreto stabilisce inoltre che è necessario provvedere alla caratterizzazione quantitativa del gas di discarica. Viene quindi richiesto il monitoraggio del flusso del biogas inteso come la quantità di gas caratterizzato da concentrazioni definite. Tale riferimento è esplicitamente espresso nel Capitolato Tecnico CIPNES.

5.2 D.Lgs 121/2020

Il Decreto legislativo 121 del 2020 aggiorna il Disciplinare Discariche 36/03.

Le indicazioni relative al PSC precedentemente citate vengono confermate.

Per quanto riguarda il biogas si evidenzia solo il punto 2.5 “Controllo dei gas” che integra quanto già prescritto dal D.L. 36 con una valutazione relativa alle emissioni residuali per le quali è ammesso un trattamento di bio-ossidazione in situ, alternativo alla combustione (in torcia o recupero energetico), nel caso il flusso prodotto fosse inferiore a $0,001 \text{ Nm}^3/\text{m}^2/\text{h}$ di metano.

Volendo applicare tale riferimento alla vecchia discarica di Olbia, caratterizzata da una superficie esposta di circa 120.000 m^2 (dato indicato nel Capitolato) si evidenzia un limite per tale trattamento alternativo pari a circa $120 \text{ Nm}^3/\text{h}$ di metano, pari a $240 \text{ Nm}^3/\text{h}$ di biogas LFG50 (metano al 50%).

Ulteriore vincolo imposto dal D.Lgs 121/20 è l'obbligo al recupero energetico del biogas qualora il flusso di produzione di questo superi i $100 \text{ Nm}^3/\text{h}$ per un periodo di almeno 5 anni.

5.3 IPPC (Decreto Legislativo 372/1999)

Tra le categorie identificate dall'allegato 1 del D.Lgs 372/99 compaiono chiaramente al punto 5.4 le *“Discariche che ricevono più di 10 tonnellate al giorno o con una capacità totale di oltre 25.000 tonnellate, ad esclusione delle discariche per rifiuti inerti”*.

È quindi evidente che la discarica in oggetto, come quasi tutte le discariche per rifiuti non pericolosi, rientri nella categoria di interesse della IPPC.

La direttiva comunitaria 96/61/CE, ed il decreto attuativo 372/99, impone alle discariche rientranti nelle categorie riportate in allegato 1, di rispettare i valori limiti d'emissione fissati, in accordo all'autorità competente, in base alle migliori tecnologie adottate.

Ai sensi del D.P.R. n. 157/2011, entro il 30 aprile di ogni anno, le aziende titolari di A.I.A. devono verificare l'obbligo di compilare e trasmettere, tramite il sito internet www.eprtr.it, le dichiarazioni annuali E-PRTR.

Il D.Lgs. 46/2014 ha successivamente introdotto, all'art. 30, specifiche sanzioni per il mancato o tardivo invio delle suddette dichiarazioni.

Per quanto concerne le emissioni in aria, causate dalla produzione di biogas, gli inquinanti che le discariche devono dichiarare sono metano e biossido di carbonio. I valori soglia relativi alla dichiarazione di questi componenti tipici del biogas sono rispettivamente a **100 t/anno per il metano e 100.000 t/anno per l'anidride carbonica**.

Il dato suddetto è normalmente utilizzato ai fini dell'aggiornamento del registro integrato delle emissioni e dei trasferimenti di sostanze inquinanti "EPRT" (European Pollution Release and Transfer Register) che fa parte del Registro Europeo "Registro E-PRTR" che tiene conto di tutte le dichiarazioni provenienti dai complessi impiantistici ubicati sul territorio dell'Unione Europea ai sensi del Regolamento CE 166/2006 modificato dal Regolamento CE 596/2009 (ex dichiarazione INES).

In pratica il superamento delle soglie PRTR precedentemente riportate obbliga il gestore dell'impianto ad effettuare la semplice dichiarazione delle emissioni stesse.

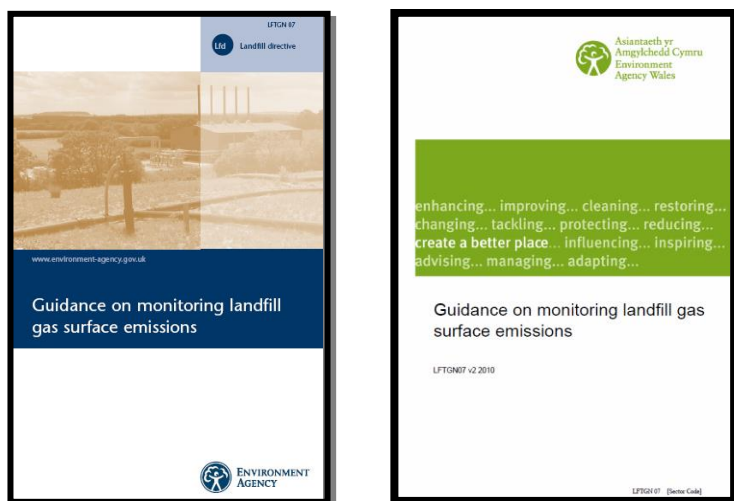
5.4 Norme tecniche sul monitoraggio delle emissioni di biogas

Nel febbraio 2016 è stata pubblicata una linea guida 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.).

Per quanto riguarda le emissioni diffuse del biogas dal corpo della discarica la linea guida RECONNET (Capitolo 3.6.1 – pag. 48) richiama espressamente la Norma Inglese EA: *“Guidance on monitoring landfill gas surface emissions, LFTGN07 v2, 2010”* ribadendo esplicitamente i criteri di indagine (definizione del numero dei punti, tipo di campionamento, strumentazione da utilizzare) e le soglie di guardia.

Quindi l'unica Normativa tecnica di riferimento è quella emessa dall'Agenzia per l'Ambiente Inglese EA (Environment Agency). Tale procedura, emanata nel marzo 2003, aggiornata nel settembre 2004 e nuovamente aggiornata nella edizione 2010 con la sigla LFTGN07-V2-2010 ha il vantaggio di essere molto precisa nei propri dettagli sull'acquisizione dei rilievi (metodologia e strumentazione) e sull'elaborazione dei dati.



Cover della norma di riferimento e del suo recente aggiornamento

L'indagine sul campo è stata quindi svolta seguendo le specifiche della Norma tecnica dell'Agenzia Inglese precedentemente descritta.

Ulteriore vantaggio riferito all'utilizzo della "Guidance for Monitoring Landfill Gas Surface Emissions" è l'identificazione di alcuni limiti di riferimento per le emissioni in atmosfera di metano attraverso la superficie delle discariche, i quali sono di seguito esposti:

- discariche dotate di capping definitivo = $1 \times 10^{-3} \text{ mg. m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
- discariche dotate di capping provvisorio = $1 \times 10^{-1} \text{ mg. m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

A livello nazionale sono comunque da tempo applicate in diverse Regioni alcune procedure di monitoraggio in linea con la Norma Inglese ad indicazione della sua validità.

5.5 Linee Guida Regione Lombardia

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.

Le indicazioni della Regione Lombardia contenevano due elementi innovativi circa il controllo delle emissioni del biogas in atmosfera tali da rendere tale riferimento l'unico disponibile sul territorio Nazionale.

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 Nm³ CH₄/m²/h**.

Lo stesso limite è stato ripreso ed adottato dal recente D.Lgs 121/20 già citato.

La seconda novità era il limite ammesso come emissione “finale” (a copertura definitiva realizzata e periodo di post-chiusura passato) di biogas in atmosfera pari a **0,5 NI CH₄/m²/h**.

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

Pur non essendo più vigente si ritiene che il citato riferimento proposto possa essere comunque utile ad un riscontro sulle prestazioni emissive osservate sulla discarica in oggetto in quanto l’unico riferimento “scientifico” (in quanto non più Normativo) riferibile ad emissioni “accettabili”.

5.6 Linee guida RECONNET

Come premesso l’adeguatezza della Norma LFTGN-07, precedentemente citata, è stata riconosciuta una linea guida 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.

Le citate soglie di riferimento sono state quindi riportate ed assunte quali “livelli di guardia” per il monitoraggio delle emissioni dalle discariche.

Al capitolo 3 della guida, relativo alla “Matrice Aria”, vengono esplicitamente definiti tali livelli di guardia.

Si riporta di seguito l’estratto dal documento e la successiva tabella che evidenzia alcuni range emissivi ritenuti adeguati (da UK-EA ed US-EPA).

3. Matrice Aria: Definizione dei livelli di guardia e monitoraggio delle emissioni in atmosfera

Infine il controllo completo per la misura delle emissioni diffuse di biogas dal corpo della discarica mediante la tecnica del flux box è utile per determinare l'effettiva quantità annua di biogas disperso in atmosfera.

In proposito si riportano in figura 3.2 gli intervalli tipici dei valori del flusso di metano dalla superficie e/o dai sistemi ingegneristici di discarica.

Sia l'UK EA [5], che l'USEPA [2], propongono come limite di flusso specifico (per unità di superficie) di biogas dalla superficie della discarica i seguenti dati:

- per lotti chiusi (capping permanente) $1 \cdot 10^{-3} \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,
- per lotti ancora in coltivazione (capping temporaneo) $1 \cdot 10^{-1} \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$.

Il superamento di detti valori di flusso darà origine ad interventi per la riduzione delle emissioni diffuse di biogas dalla superficie della discarica.

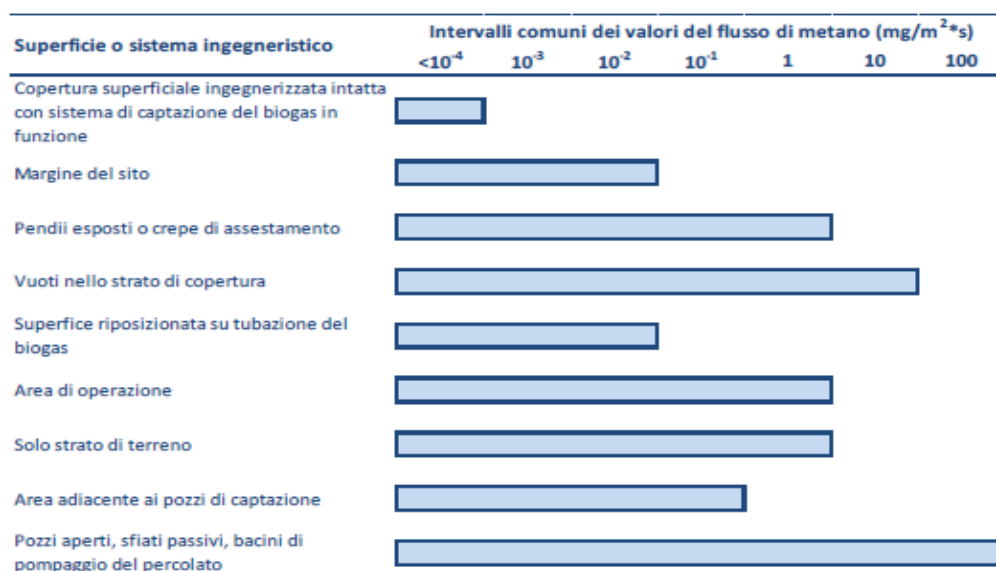


Figura 3.2 - Emissioni di biogas da diverse superfici o sistemi ingegneristici di discarica [5].

- [5] U.K. Environment Agency, Guidance on the management of landfill gas, LFTGN 03, September 2004
- [2] U.S.EPA, Guidance for evaluating landfill gas emissions from closed or abandoned facilities, EPA-600/R-05/123a, September 2005

6 DESCRIZIONE DELLE INDAGINI IN CAMPO

Le indagini strumentali sul campo sono state di due tipi e svolte in due fasi distinte: indagini emissioni diffuse e indagini termografiche.

Di seguito si riportano le informazioni relative alle indagini sulle emissioni diffuse mentre nel successivo capitolo dedicato alla termografia si forniranno le relative informazioni specifiche.

6.1 Metodologia di indagine

La metodologia proposta, come definita dall'Agenzia per l'Ambiente Inglese EA (Environment Agency) prevede di svolgere una serie di misure di flusso sulla superficie esposta della discarica utilizzando delle specifiche camere di cattura, definite "flux box".

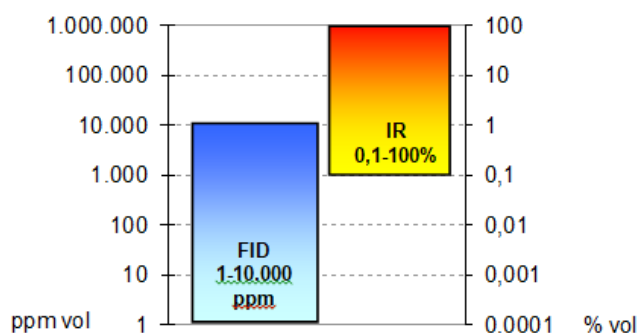
Il campionamento prevede l'analisi della presenza di metano in bassissime concentrazioni variabili tra 0 e 10.000 ppmv nell'unità di tempo necessaria alla saturazione parziale o completa della flux-box. Data la necessaria precisione è stato pertanto utilizzato uno specifico **analizzatore FID** (Flame Ionization Detector) **Gastec** come specificatamente indicato dalla Norma e di seguito descritto.

Per la valutazione della presenza di metano in concentrazioni variabili tra lo 0,1% ed il 100% (1.000 / 1.000.000 ppm) in volume è stato invece utilizzato un **analizzatore a raggi infrarossi** (GA-2000 Plus Geotechnical Instruments);

Nella pratica sono state quindi utilizzate differenti tecniche d'indagine al fine di rilevare le concentrazioni dei gas in esalazione in modo da potere coprire ben 6 ordini esponentziali. Nel grafico seguente si evidenziano i range operativi degli strumenti utilizzati e la loro sovrapposizione.

L'uso dell'analizzatore a raggi infrarossi è quindi previsto esclusivamente nel caso del superamento del range operativo del FID.

Range operativi strumentazione utilizzata
misura volumetrica metano



Si specifica che la Norma EA prevede lo specifico ed **unico riferimento alla emissione di metano e non a quello dell'anidride carbonica.**

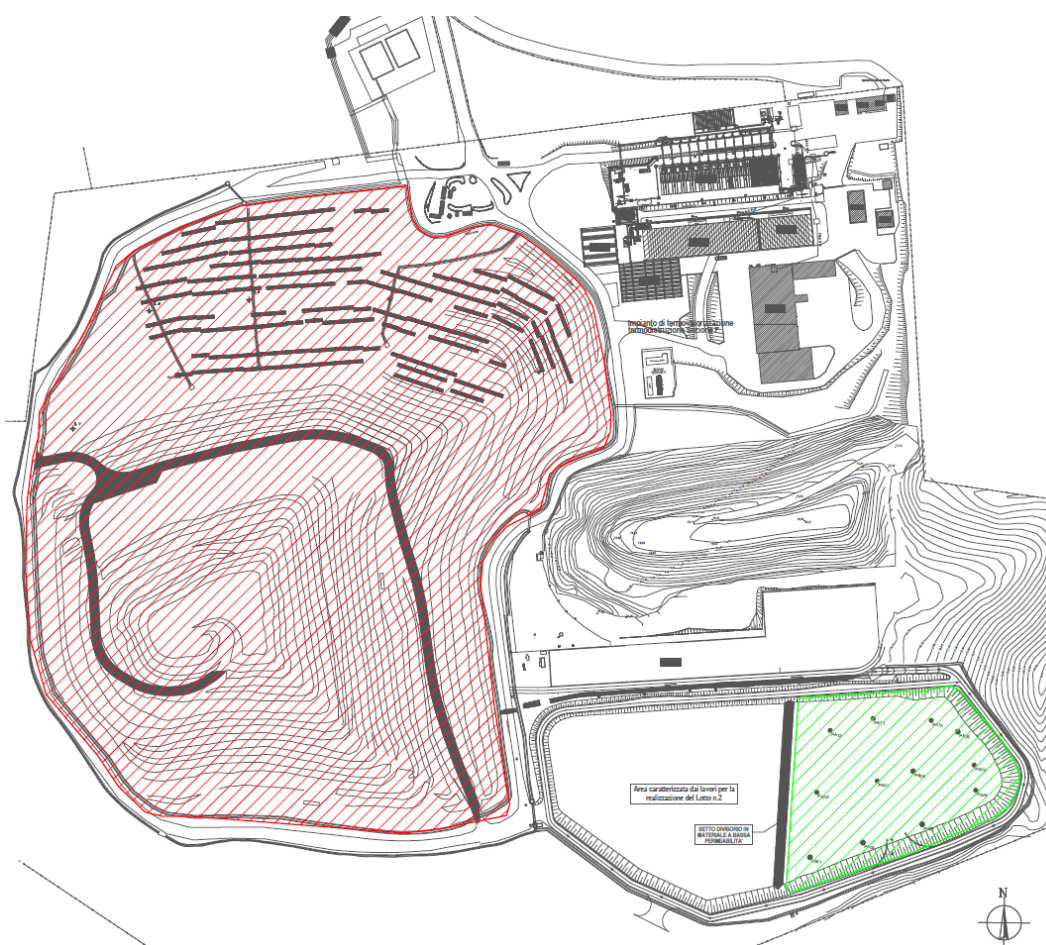
Tale logica viene confermata dalla Normativa IPPC precedentemente richiamata dove la soglia per l'anidride carbonica viene indicata come superiore 1000 volte rispetto a quella del metano (100 t / 100.000 t). Tale rapporto evidenzia quanto poco utile sia un'analisi "diretta" del biossido di carbonio.

6.2 Osservazione dell'impianto

La prima fase di indagine riguarda generalmente l'osservazione dell'impianto di smaltimento dei rifiuti nelle sue condizioni di fatto e di progetto valutando con attenzione la morfologia del sito, lo stato delle superfici, la viabilità ed il reinserimento ambientale.

La base delle osservazioni è normalmente riferita ad una planimetria fornita dal Committente dalla quale è evidenziabile il perimetro dell'impianto e le infrastrutture dello stesso.

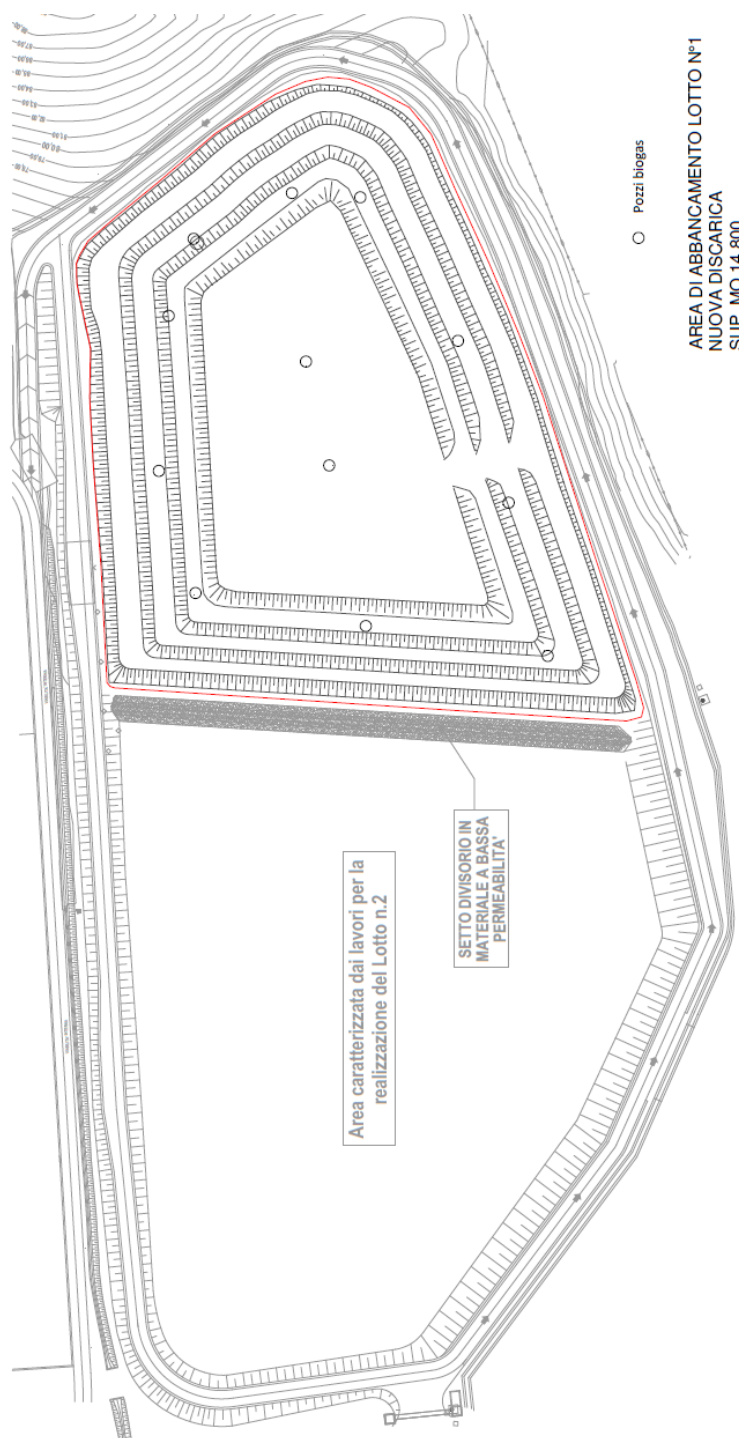
Si riportano di seguito gli estratti delle planimetrie analizzate nell'ambito dell'indagine.



Estratto topografico delle aree osservate

Si riporta di seguito l'estratto della tavola elaborata ed allegata alla presente relazione tecnica (tavola D-01-ND).

Sulla tavola è stato inoltre sovrapposta la disposizione della rete di captazione (pozzi) e di trasporto del biogas captato.



Base topografica dell'indagine
(tavola D-01-ND allegata)

Nella planimetria fornita dal Committente la superficie della discarica viene generalmente suddivisa in porzioni con diverse tipologie di copertura e di utilizzo. Per la nuova discarica, oggetto della presente relazione, non sono presenti aree dotate di capping definitivo e non sono state osservate, durante i rilievi, aree oggetto di coltivazione (smaltimento rifiuti). Pertanto si ritiene che l'intera area osservata sia completamente definibile come:

Area attiva – Non oggetto di smaltimenti durante la giornata dei rilievi

La somma delle superfici, pari a 14.800 m², risulta essere conforme a quella indicata del Capitolo Tecnico CIPNES (circa 15.000 m²).

La metodologia dell'indagine oggetto della presente relazione prevede la valutazione delle emissioni sulle superfici distinte tra coperte in modo provvisorio ed in modo definitivo in quanto la Norma di riferimento precedentemente citata fornisce diversi e specifici termini di riferimento.

Le aree dotate di copertura "provvisoria" (definizione della Normativa di riferimento) sono state assimilate alle aree definite attive con l'esclusione delle superfici oggetto di smaltimento nella giornata dei rilievi.

Nel capitolo successivo si riportano maggiori precisazioni sulle osservazioni svolte circa la caratterizzazione delle zone ad emissione omogenea.

6.3 Captazione del biogas

La captazione del biogas sulla discarica osservata è consentita dalla presenza di dodici pozzi distribuiti omogeneamente sulla superficie della discarica e collegati a una stazione di regolazione a nord dell'invaso e sua volta connessa ad una centrale di Estrazione. Presso la Centrale è presente, ed attivo, un sistema di estrazione forzata del biogas che consente un recupero energetico mediante trasformazione in un gruppo elettrogeno endotermico a ciclo otto.

È inoltre disponibile un sistema di combustione di emergenza (torcia) per il trattamento del biogas captato nei periodi di mancanza di disponibilità dell'impianto di recupero energetico.

Si precisa che detto impianto di estrazione e recupero del biogas è utilizzato anche per il trattamento del biogas captato dalla vecchia discarica.

La valutazione dell'azione di captazione contestuale alle indagini delle emissioni diffuse è determinante in quanto l'impianto di estrazione rappresenta il flusso "complementare" alle diffusioni del biogas in atmosfera.

In pratica il gas prodotto dalla discarica dovrebbe essere in parte captato dal sistema di estrazione forzata ed in parte emesso dalla superficie.

La valutazione della concentrazione di metano è indice del fattore di diluizione del biogas con aria atmosferica. Si considera che il metano prodotto dalla discarica abbia una concentrazione standard di metano pari al 60% (acronimo internazionale: LFG60) ed assenza di aria.

Una concentrazione di metano inferiore e la presenza di ossigeno nel biogas è indice di un limitato fattore di diluizione, tipico ed inevitabile in una azione di captazione forzata; tale diluizione deve essere necessariamente considerata nella ipotesi di un confronto diretto dei flussi, specialmente in un bilancio complessivo come quello riportato nella sezione conclusiva della presente relazione.

In una sezione del seguente studio viene inoltre proposta una elaborazione del modello di calcolo produttivo del biogas, in questo caso si è assunto come miscela di riferimento una concentrazione tipica di metano del 50% (LFG50).

In conclusione, si assume un riferimento fisso di concentrazione pari al 50% di metano (acronimo internazionale LFG50) e ad esso verranno riferiti tutti i flussi di seguito osservati.

Il Gestore (CIPNES) ha comunicato Il flusso di biogas captato (dalle due discariche) nel corso delle indagini (28/04/2025):

- Totale biogas estratto in data 28/04/2025: 12.395 m³;
- Concentrazione media di metano in data 28/04/2025: 35,80%;
- Totale metano estratto in data 28/04/2025: 4.437 m³;

Da tali dati sono state desunte, per calcolo, le seguenti informazioni:

- Portata oraria biogas "tal-quale": 516,46 m³/h
- Equivalenza a biogas LFG50 (metano 50%): 8.874 m³;
- Equivalenza portata oraria LFG50 (metano 50%): 369,75 m³/h;



Impianto captazione e recupero energetico del biogas

6.4 Caratterizzazione dell'area

Dal punto di vista planimetrico la superficie della discarica soggetta ad indagine viene normalmente suddivisa in zone a caratteristiche omogenee per le quali la diffusione di gas può essere ritenuta comparabile.

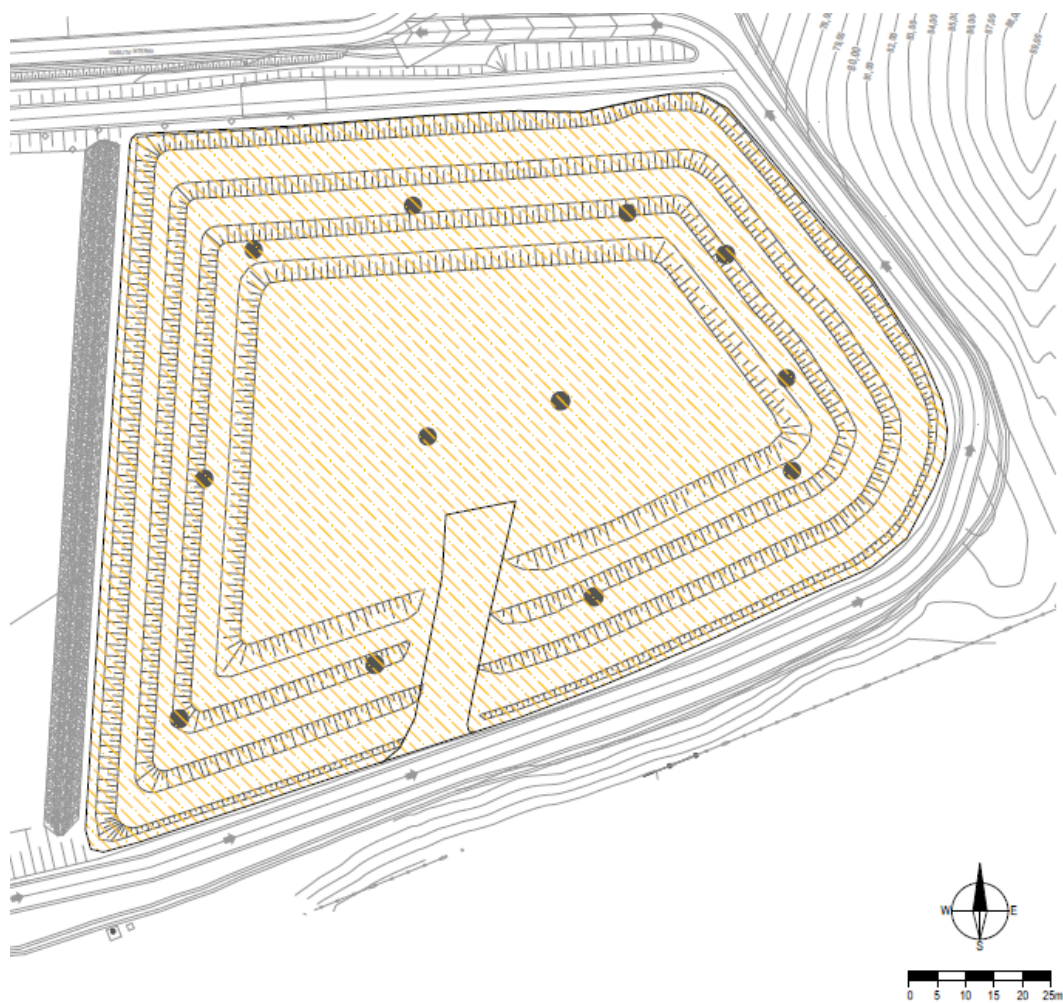
Tale zonizzazione è tipica di questo tipo di indagine e le diverse superfici vengono contraddistinte in ZED (Zone ad Emissione Diffusa).




Come premesso, per la nuova discarica, in assenza di zone dotate di copertura definitiva e zone oggetto di smaltimento, viene considerata una unica area ZED, valida per l'intera superficie.

Area ZED	Descrizione
Area B	Area attiva – Non oggetto di smaltimenti durante la giornata dei rilievi

La superficie complessiva dell'area indagata è stata di 14.800 m²; come da indicazioni del Committente.

Di seguito si propone un estratto grafico della suddivisione delle aree ZED ripreso dalla tavola D-02-ND allegata alla presente relazione.



ZED-A		area capping definitivo	14.800 m2
ZED-B		area attiva - non oggetto di smaltimento durante i rilievi	0 m2
ZED-C		area attiva - oggetto di smaltimento durante i rilievi	0 m2
TOTALE			14.800 m2

***Suddivisione delle zone ZED
(estratto tavola D-02-ND)***

6.5 Zone ZED-B: Area attiva – Non oggetto di smaltimenti durante la giornata dei rilievi

Queste superfici non sono state dotate di copertura definitiva e pertanto potranno essere oggetto di smaltimenti successivi.

Queste aree sono in ogni caso dotate di una di copertura provvisoria e non erano oggetto di smaltimento durante la giornata delle indagini (28/05/2025).

La superficie ZED-B è di circa 14.800 m² e corrisponde all'intera discarica osservata.

6.6 Definizione del numero dei punti di monitoraggio

La norma tecnica dell'Agenzia Inglese per l'Ambiente (EA – Enviromental Agency): "Guidance for Monitoring Landfill Gas Surface Emissions", fornisce indicazioni precise su come definire il numero di punti di monitoraggio identificativi di una zona omogenea di emissione.

Tale metodologia è stata elaborata sulla base di uno studio sull'applicazione delle Flux-box di Kienbusch del 1986.

Lo studio propone la seguente formula:

$$n_{fb} = 6 + 0,15\sqrt{S}$$

dove:

n_{fb} numero dei punti di monitoraggio (flux-box)

S superficie della zona da monitorare

L'applicazione della formula di Kienbusch alla superficie di 14.800 m² considerata fornisce un numero indicativo di 24,25 (24) rilievi.

6.7 Disposizione e caratteristiche dei punti di monitoraggio

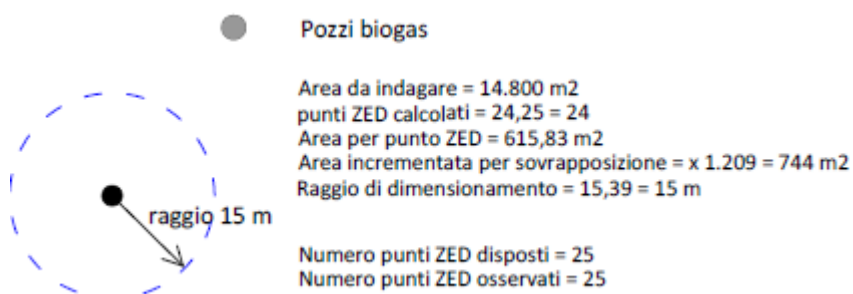
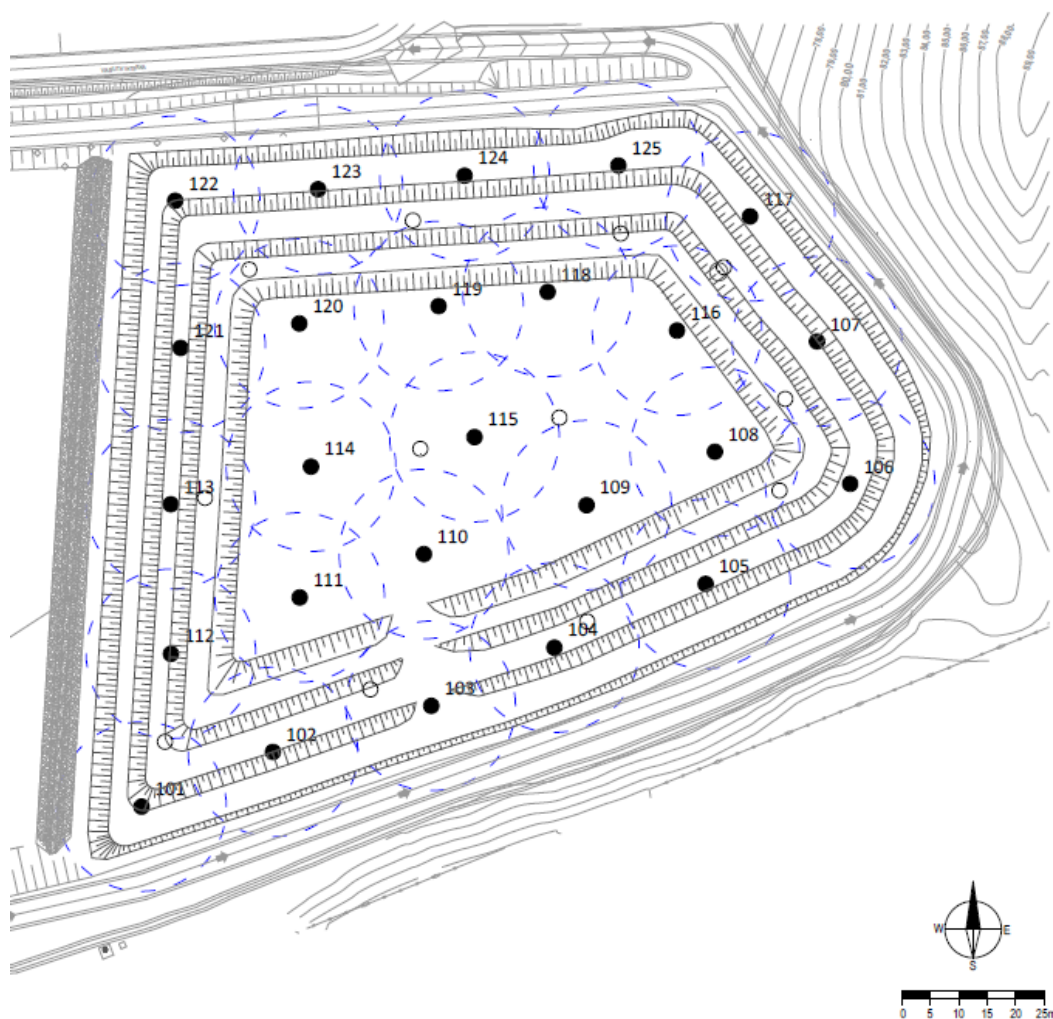
Si riportano di seguito le logiche alla base delle scelte applicate:

- La superficie media di riferimento per ogni punto di monitoraggio è stata calcolata dividendo la superficie osservata (14.800 m²) per il numero di punti determinati (24): il risultato determinato è stato di 616 m² per singola zona di riferimento;
- La superficie media di riferimento è stata incrementata del “fattore di sovrapposizione” dei raggi di influenza pari alla costante di 1,209. Il raggio di costruzione della superficie media di riferimento del punto di monitoraggio dovrebbe essere di circa 15 m (15,39 m per l'esattezza);
- Al fine di fornire un risultato più specifico si è ritenuto **di intensificare i punti di indagine** oltre il numero minimo richiesto dalla Norma di riferimento Inglese.

Tale applicazione del criterio di monitoraggio ha incrementato i punti di osservazione fino a **25 elementi**.

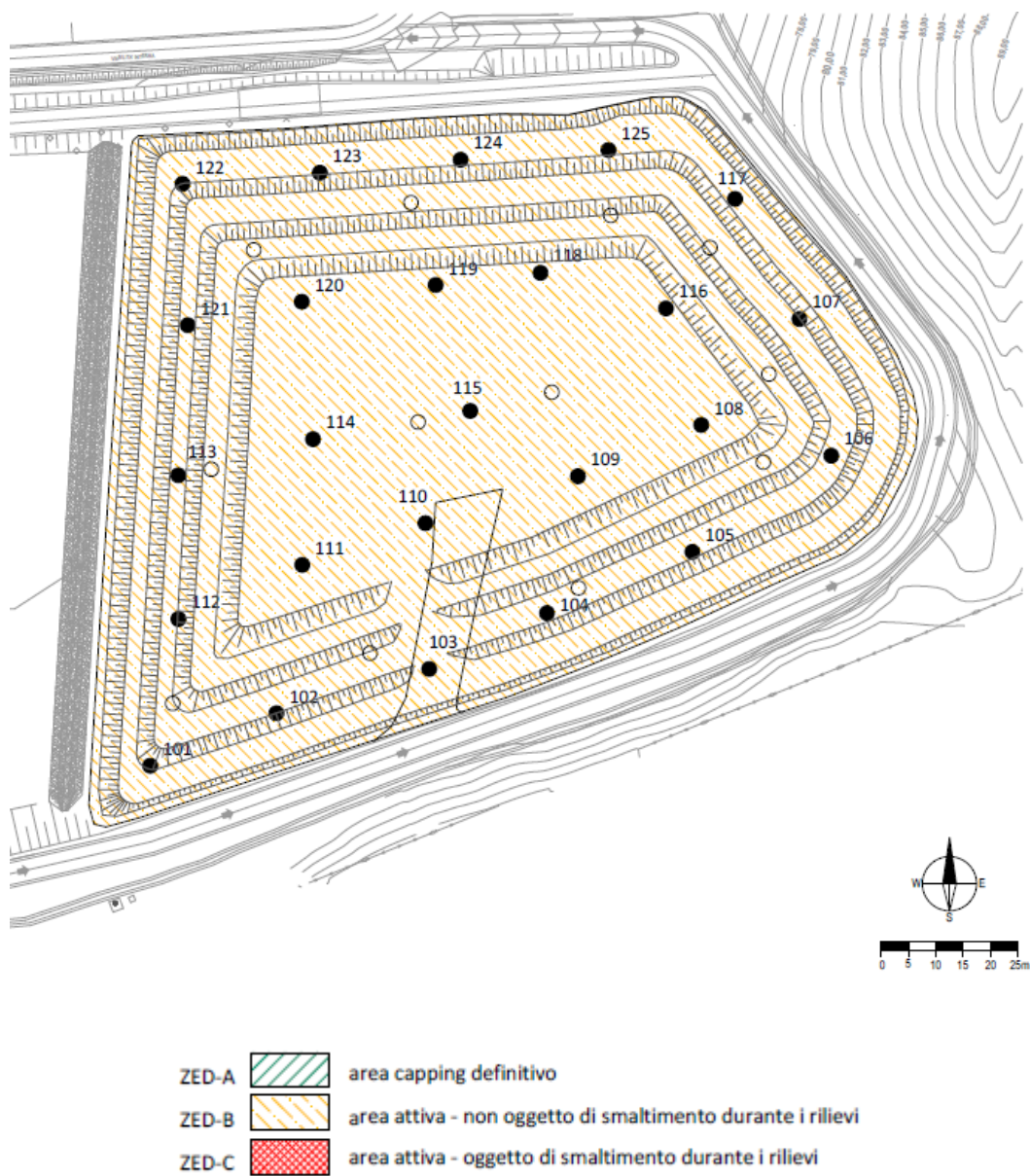
Nella tavola allegata D-03-ND (di seguito riprodotta) si riporta la disposizione dei punti di rilievo.

La disposizione dei punti di monitoraggio consente un'ampia e completa “copertura” delle zone osservate.



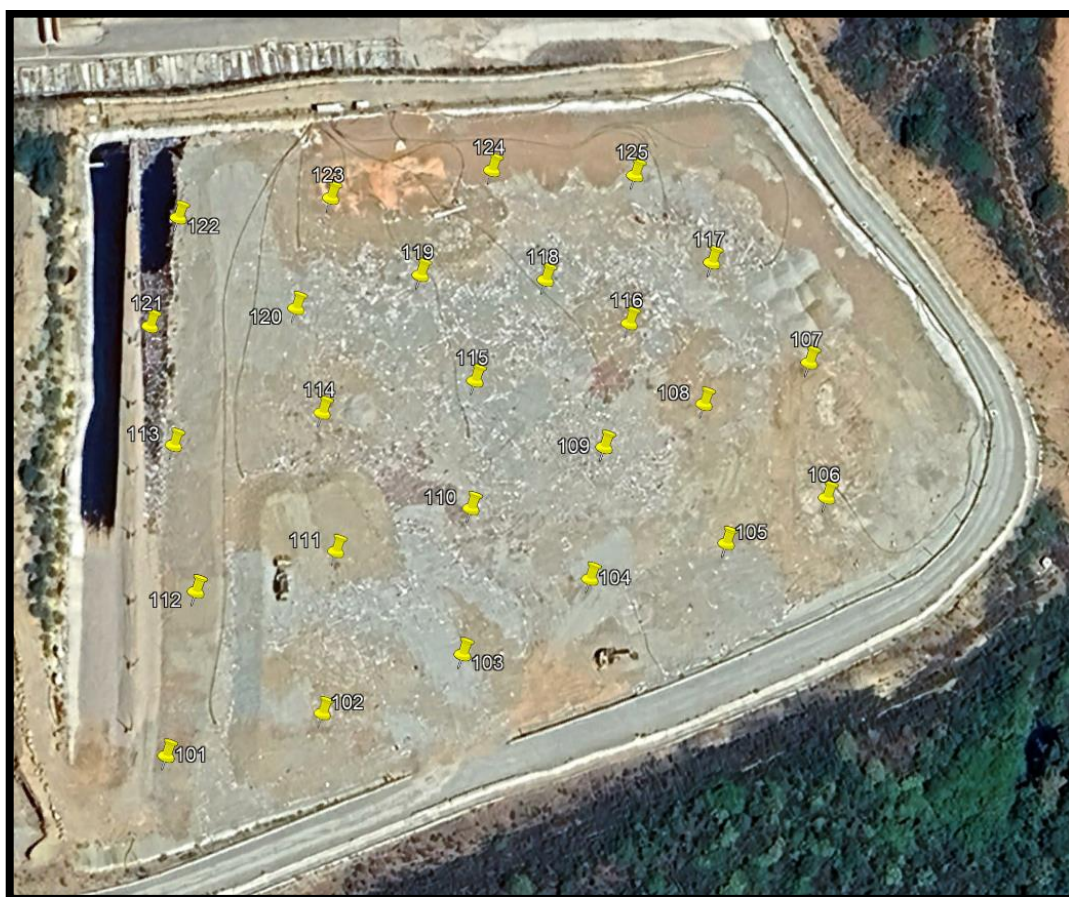
Distribuzione planimetrica dei 25 punti di indagine
(estratto tavola D-03-ND)

Nella figura seguente si riporta invece la sovrapposizione dei punti di indagine alle zone ZED precedentemente descritte.



***Distribuzione planimetrica dei punti di indagine rispetto alle zone ZED
(estratto tavola D-04-ND)***

I punti di monitoraggio delle emissioni diffuse identificati sono stati georeferenziati sul campo mediante la dotazione GPS installata nel rilevatore FID disponibile con una precisione di circa 3 m (1 decimo di secondo sulla coordinata sessagesimale di latitudine e longitudine). Le coordinate geografiche dei punti sono state memorizzate nella strumentazione in modo tale da rendere ripetibile l'indagine. Le coordinate geografiche di ogni punto (latitudine e longitudine) sono inoltre riportate sulle schede di rilievo allegate alla presente relazione (schede FB). Nella figura seguente, tratta dall'immagine satellitare, si evidenzia la posizione dei 25 punti di rilievo.



Georeferenziazione dei punti di indagine

6.8 Condizioni ambientali al momento dell'indagine

La definizione delle condizioni ambientali nel momento dei rilievi è di importanza basilare per una valutazione critica della significatività dell'indagine.

In particolare, le condizioni barometriche al contorno possono incrementare o diminuire la capacità di emissione.

Le discariche possono essere considerate come corpi solidi dotati di interstizi alveolari (vuoti) in comunicazione indiretta con l'atmosfera. Le variazioni di pressione atmosferica possono quindi ostacolare o favorire le emissioni di gas.

Nei momenti di transizione verso una "alta pressione" la resistenza alla diffusione dei gas aumenta e di conseguenza le emissioni sono minori mentre nel caso contrario, di transizione verso una bassa pressione, le migrazioni di gas sono favorite.

La temperatura influisce sia sulle condizioni di fermentazione delle sostanze organiche (almeno a livelli corticali), inoltre condizioni di gelo causano la dilatazione dei volumi di acqua contenuti nei terreni di copertura "compattando" gli alveoli superficiali e riducendo le possibilità di emissione.

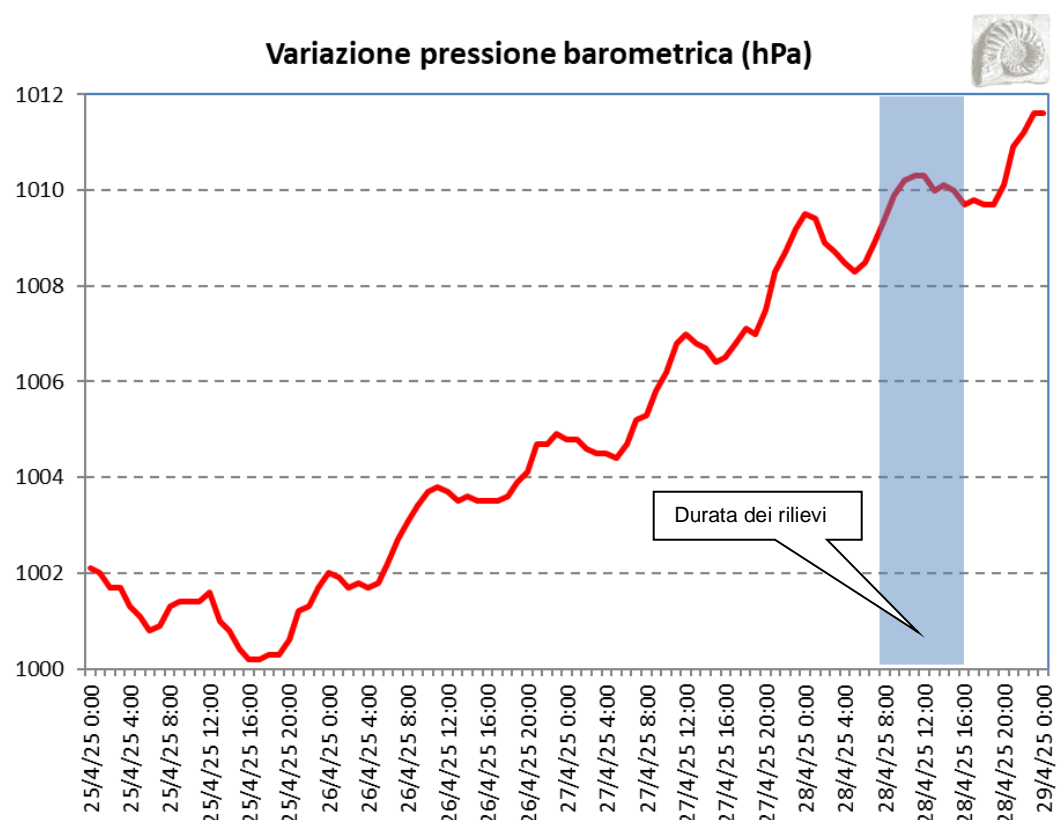
Il vento infine causa fenomeni di alterazione della pressione superficiale nel caso di particolari morfologie per l'applicazione della Legge di Bernoulli.

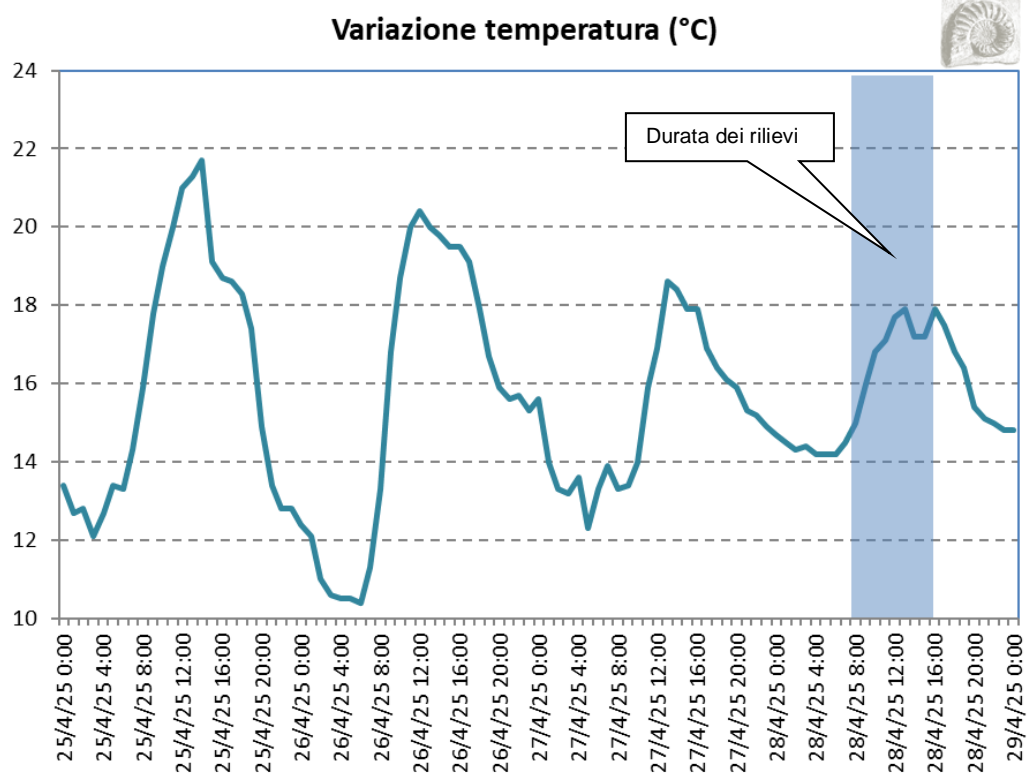
Le indagini sono state svolte valutando attentamente le condizioni ambientali presenti al momento del rilievo (28/04/2025) e nelle ore precedenti ad esso, per tale motivo si è provveduto all'acquisizione di alcuni dati meteoclimatici incidenti al momento del rilievo.

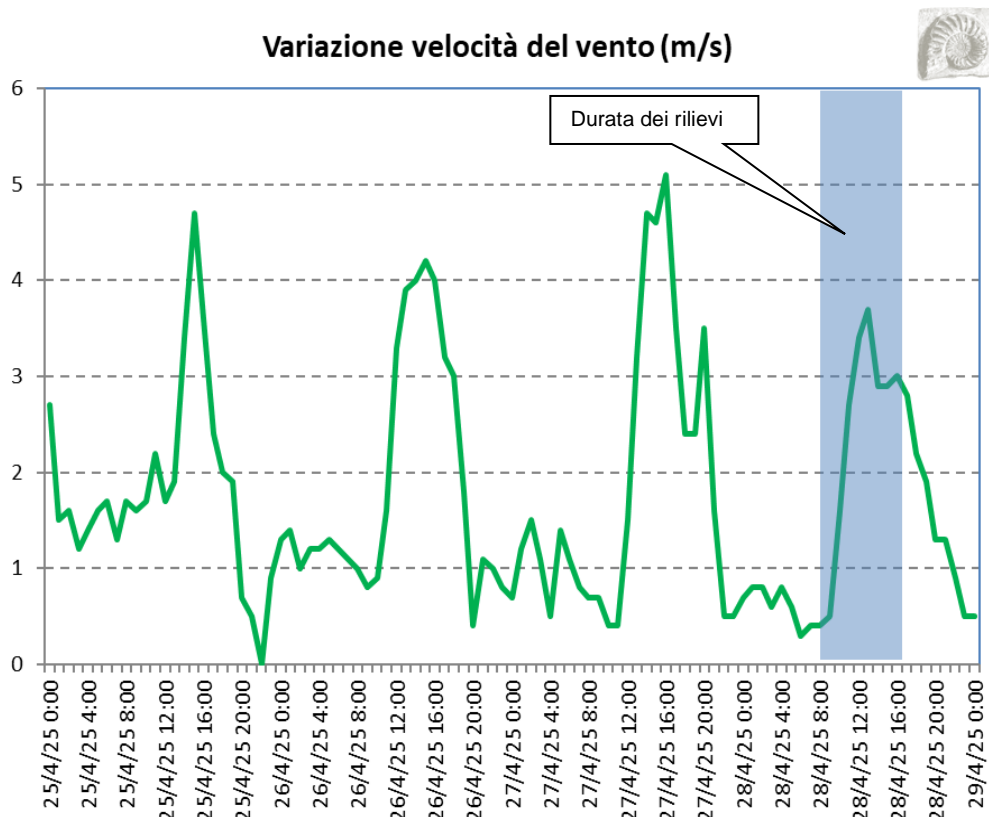
Per la valutazione delle variazioni barometriche intercorse prima e durante lo svolgimento dell'indagine è stato possibile utilizzare i dati della Centrale meteo della discarica forniti dal Gestore CIPNES.

Al momento dei rilievi le condizioni meteo erano di cielo sereno e venti consistenti.

Si riportano di seguito i grafici della pressione, temperatura e velocità del vento riferiti al periodo 16-17-18 novembre 2022.







L'osservazione evidenzia una situazione di netto incremento barometrico: nelle 72 ore di osservazione; la pressione è salita da circa 1000 (ore 16:00 del 25/04/2025) a 1011 hPa (ore 10:00 del 28/04/2025) con una variazione positiva 11 hPa in 67 ore.

La pressione osservata durante i rilievi è inoltre più alta rispetto alla pressione standard riferibile ad una quota sul livello del mare di circa 65 m; considerando una riduzione di 0,125 hPa/m ne consegue una pressione "standard" di 1004,85 hPa.

Le variazioni di temperatura indicano un range tra 14 e 18 °C nel corso dei rilievi.

La temperatura più bassa è stata di circa 15 °C. Tale riferimento sarà utile per il riscontro delle indagini termografiche.

La velocità del vento è stata modesta e variabile nel periodo precedente alle indagini (<1 m/s) per poi salire durante la mattinata con raffiche più forti prossime a 3-4 m/s.

La situazione meteo descritta (bassa pressione in deciso incremento) si ritiene possa avere parzialmente influito sul risultato delle indagini **riducendo il fenomeno di emissione diffusa di biogas**.

6.9 Descrizione della strumentazione utilizzata

I rilievi oggetto dell'indagine riguardavano l'emissione di un gas e pertanto sono orientati alla valutazione del flusso di migrazione dello stesso.

Ne consegue che le indagini riguardano la misura del volume di gas emesso (metano) nell'unità di tempo.

Occorre pertanto definire:

- La superficie limitata di osservazione;
- Il volume confinato riferito alla superficie entro il quale il gas si diffonde;
- La concentrazione variabile del gas all'interno del volume confinato;
- Il tempo di diffusione del gas all'interno del volume confinato.

6.10 Camera di monitoraggio del flusso

Le due condizioni "geometriche" di superficie limitata e di volume confinato sono fornite dall'utilizzo di una camera di campionamento del flusso, più semplicemente nota come "**flux-box**" entro la quale avviene il monitoraggio.

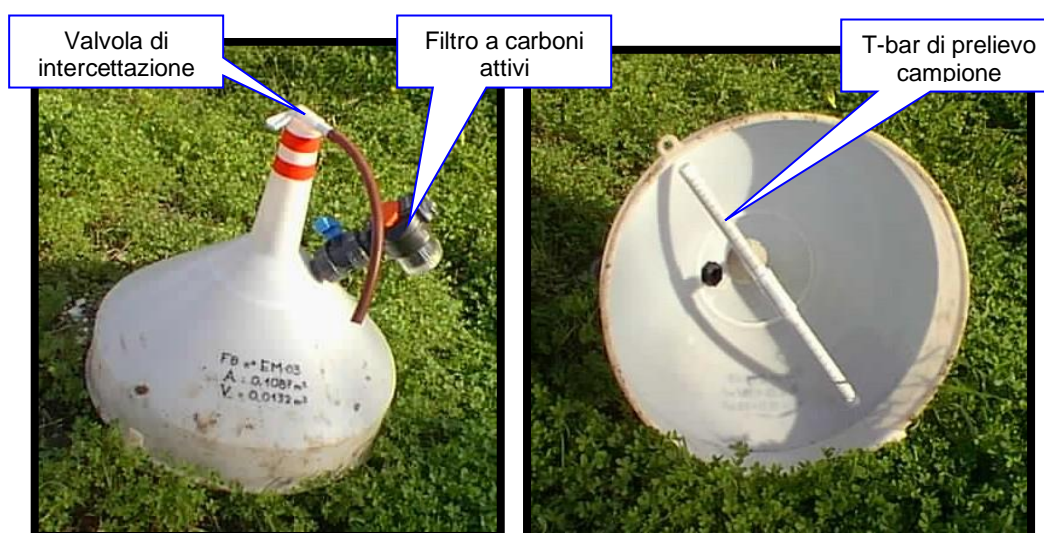
La flux-box non ha caratteristiche predefinite ma esistono alcune particolarità, definite specificatamente dalla Norma EA di riferimento che ne definiscono la forma e tipologia:

- La superficie di contatto (S_{fb}) deve essere ampia rispetto al Volume (V_{fb}) al fine da velocizzare il fenomeno di diffusione del gas;
- La circonferenza della camera deve essere facilmente sigillabile al terreno per evitare infiltrazioni di aria o diffusioni all'esterno del volume confinato;

- La camera deve evitare surriscaldamenti del contenuto della stessa al fine di evitare variazioni di volume; pertanto, è preferibile utilizzare materiali plastici di colore chiaro;
- La camera deve contenere una presa di analisi raccordata ad una sonda orizzontale (T-bar) al fine di distribuire il flusso di gas campionato dagli strumenti;
- La camera deve essere dotata di una valvola di compensazione raccordata ad un filtro a carboni attivi per evitare:
 - Condizioni di suzione a causa della pompa dell'analizzatore;
 - Immissioni di gas "inquinanti" l'analisi.
- La camera deve essere dotata di una presa di raccordo alla strumentazione di analisi.

La Flux box ha le seguenti dimensioni:

- Sigla convenzionale: **FB-EM05**
- Superficie di contatto: $0,11040 \text{ m}^2$
- Volume confinato: $0,01104 \text{ m}^3$



Esempio di Flux-box

6.11 Analizzatore FID (rivelatore a ionizzazione di fiamma)

Per l'analisi del metano è necessario disporre di un analizzatore molto preciso in grado di rilevare porzioni volumetriche molto basse, nell'ordine di 1 milionesimo (ppmv). Per tale motivo per l'indagine svolta è stato utilizzato principalmente un analizzatore FID portatile modello **CROWCON MK5**.

La Norma EA di riferimento e le Linee guida RECONNET indicano chiaramente che lo strumento più indicato è certamente il FID, anche se le soglie riportate per il rilievo di metano evidenziano una risoluzione (controllo top-soil) di 100 ppmv, forse troppo elevata per consentire il rilievo dei flussi coincidenti con i livelli di guardia poi richiesti.

Si riporta di seguito la tabella 3.3 tratta dalle linee guida RECONNET.

Parametro	Strumentazione	Punto di controllo	On-Site	Off-site
CH ₄	Gas Analyser/ FID	Piezometro	1 % (10000 ppmv)	<1 % (10000 ppmv)
	Gas Analyser/ FID	Top soil/sonda	0,1% (100 ppmv)	<0,1% (100 ppmv)
CH ₄ /CO ₂			1,375-1,800	
O ₂	Gas Analyser/ FID	Piezometro		18%
"marker"	PID	Top soil/sonda	Limiti Guardia (v. par. 3.6.)	

Figura 3.3 - Proposta di limiti di guardia nei pozzi di monitoraggio da rilevare con strumentazione portatile

In generale il rivelatore a ionizzazione di fiamma (FID) è uno dei rivelatori più diffusi e di uso più comune nell'analisi dei gas idrocarburi, tra cui appunto il metano.

Lo strumento è dotato di un bruciatore nel quale il campione viene miscelato con aria e idrogeno e poi bruciato con una fiamma preventivamente accesa elettricamente. La maggior parte dei composti organici quando viene pirolizzata

alla temperatura di una fiamma idrogeno /aria, genera ioni ed elettroni che possono condurre elettricità attraverso una fiamma.

Tra l'ugello del bruciatore e l'elettrodo collettore posto appena sopra la fiamma viene applicata una differenza di potenziale di alcune centinaia di volt e la corrente generata viene inviata ad un amplificatore.

Il flusso di gas campionato per mezzo di una piccola pompa elettrica viene inviato direttamente al detector e lo strumento esprime i valori dei VOC totali (composti organici volatili totali) come ppm di metano.

Il tempo di risposta dello strumento è pressoché immediata: dell'ordine di 2 secondi e torna a zero molto velocemente permettendo così di accelerare al massimo il tempo utile di analisi.



Analizzatore FID Crowcon MK5

Lo strumento utilizzato per l'indagine oggetto della presente relazione, è un FID a sicurezza intrinseca idoneo quindi ad operare in ambienti a rischio di esplosione quali possono essere le discariche.

Lo strumento è dotato di struttura compatta, robusta e molto leggera (3,8 kg), ideale quindi per le analisi 'on site'. Inoltre, ha una autonomia di 22 ore per set di batterie e per carica di idrogeno.

Specifiche Tecniche:

- Range: 0-1.000ppm, 0-10.000ppm;
- Risoluzione max 0,1% del fondo scala
- Sensibilità: 0,1 ppm di VOC come metano
- Accuratezza: 10% del livello di lettura
- Flusso: 850 ml/min (controllato automaticamente)
- Response Time: 2 sec.
- Carrier gas: Idrogeno a purezza commerciale,
con bombole ricaricabili (autonomia 45 ore)
- Autonomia batterie: più di 45 ore con 6 C batterie alcaline
- Output elettrico: fibre ottiche infrarosse RS232
- Intrinsic Safety classifications: BASEEFA to EEx ib IIC T4, EEx d IIC T4,
EN 50014, EN 50018, EN 50020.
- Compatibilità elettromagnetica: EN 50082-1 e EN 50081-1
- Condizioni operative: Temperatura 5-55° C
Umidità relativa 5-95%
- Peso: 3,8 kg
- Certificazione EMC: EN50270 – EN50271:2002

Lo strumento CROWCON MK5 utilizzato nei rilievi era dotato del numero di serie GT-248. Al momento della analisi era coperto da certificato di calibrazione

rilasciato dalla ION Science numero 3160-0073 usando gas certificato a 100,7 – 1.000 e 10.000 ppm di metano in aria.

6.12 Analizzatore IR di metano ed anidride carbonica

Nel caso si fossero riscontrate concentrazioni di metano superiori al fondo scala del FID (10.000 ppm = 1%) era disponibile uno strumento in grado di valutare tali elevate concentrazioni tipiche di una discarica per rifiuti urbani.

Lo strumento disponibile era un analizzatore portatile **MRU** modello Optima 7.

Lo strumento non è stato usato in quanto le concentrazioni rilevate sui punti ad emissione diffusa (ZED) sono state tutte al di sotto del limite di rilevabilità massima del FID.

6.13 Svolgimento dell'indagine

L'indagine di valutazione delle emissioni di gas è stata svolta con le metodologie di seguito descritte.

I punti ZED definiti sono stati georeferenziati mediante il GPS portatile. Come premesso si è cercato di far coincidere i punti di indagine con le posizioni indagate nel corso delle precedenti indagini (2013 e 2022) al fine di disporre di un riscontro storico per tale motivo le vecchie posizioni sono state identificate anche se poste a quote differenti (riempimento con rifiuti della discarica).

L'azione successiva è stata il posizionamento della flux-box in modo tale da sigillarne provvisoriamente la superficie di contatto mediante una leggera pressione evitando comunque di alterare lo stato di diffusione tipico.

Successivamente è stata connessa la presa di campionamento allo strumento FID precedentemente descritto ed aperta la valvola di compensazione dotata di filtro a carboni attivi.

Immediatamente dopo il posizionamento è stato attivato il cronometro eseguendo la prima lettura al tempo 0. Successivamente ad intervalli di 10 secondi sono state svolte le successive letture.

I rilievi sono stati consecutivi fino a che non si riscontravano valori stabili, senza cioè ulteriori incrementi dei dati di analisi.

I dati rilevati presso ogni singolo punto di rilievo sono stati riportati su di una specifica scheda allegata alla presente relazione.

7 RISULTATI DELL'INDAGINE IN CAMPO

7.1 Sviluppo dei dati raccolti in campo

I dati raccolti sul campo e riportati sulle schede di rilievo sono stati successivamente elaborati al fine di determinare il flusso di emissione di ogni punto di monitoraggio utile.

Il flusso è stato calcolato utilizzando la seguente equazione:

$$Q = V_{fb} / S_{fb} \cdot (dc/dt)$$

Dove: Q = flusso di emissione ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

V_{fb} = volume confinato della flux-box (m^3)

S_{fb} = superficie di contatto della flux-box (m^2)

(dc/dt) = rateo di variazione della concentrazione del metano ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$)

Le prime due variabili sono determinate chiaramente dalla geometria della camera di campionamento (flux-box) e sono da considerarsi come costanti.

Il rateo di variazione della concentrazione di metano (dc/dt) può essere determinato graficamente riportando i dati su di un grafico dove le ascisse rappresentino il tempo (in secondi) e le ordinate rappresentino la concentrazione di massa ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$).

Un secondo procedimento di calcolo prevede l'applicazione della seguente equazione:

$$dc / dt = \frac{n \sum t \times c - (\sum t)(\sum c)}{n \sum t^2 - (\sum t)^2}$$

Dove: n = numero delle misurazioni

t = tempi individuali delle misurazioni

c = concentrazioni individuali

Nelle tabelle di calcolo allegate alla presente relazione i due procedimenti di calcolo vengono sviluppati entrambi con il seguente ordine:

- Sviluppo matematico
- Verifica grafica

Determinato e verificato il rateo di variazione ed essendo note le caratteristiche della flux-box è stato possibile calcolare il flusso di esalazione del gas metano nel punto di monitoraggio prescelto.

Nelle tabelle di calcolo contraddistinte dal nome dei punti di monitoraggio (da 01 a 25) vengono quindi riportati i risultati delle elaborazioni oltre che tutte le informazioni e le coordinate geografiche del punto.

7.2 Correzione dei dati

I dati di rilievo delle concentrazioni evidenziano un comportamento tipico con un innalzamento dei valori seguito da una stabilizzazione degli stessi oppure da un calo. Normalmente il rilievo viene interrotto quando l'operatore ritiene che tale condizione venga raggiunta.

La motivazione di tale "stabilizzazione" può coincidere con l'instaurarsi di una saturazione del volume confinato; i cali, più rari, possono essere invece causati da fenomeni di riflusso di gas nel terreno oppure possono essere causati da fenomeni di ossidazione del metano all'interno della camera.

Nello sviluppo del calcolo del flusso di emissioni l'inserimento di tali dati "di coda" può però variare il rateo di variazione del rapporto concentrazione / tempo e quindi modificare il risultato di un rilievo.

Per eliminare tale "difetto di calcolo", ed uniformare i risultati dei rilievi, la Norma Inglese di riferimento propone una correzione mediante variazione dei rilievi mediante l'eliminazione forzata degli ultimi dati fino a che il coefficiente di correlazione della curva non superi il valore di 0,8 ($r^2 > 0,8$).

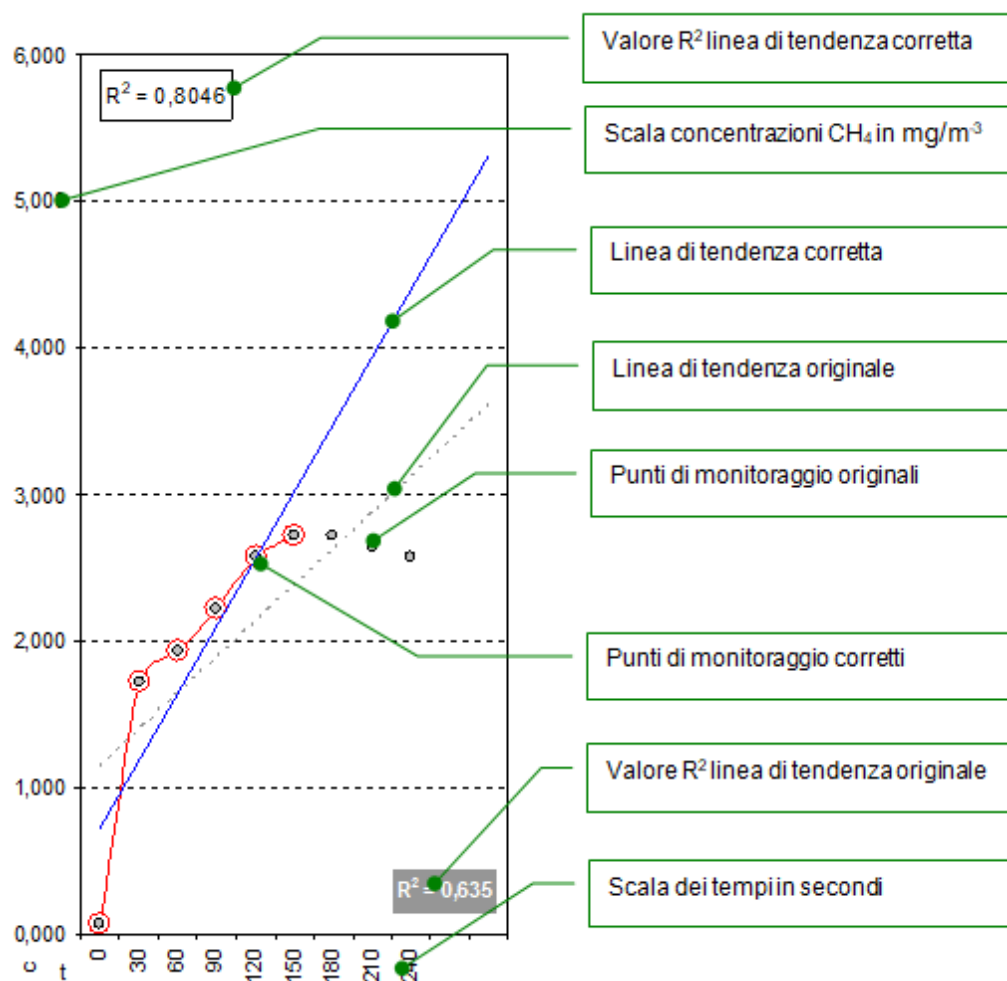
Nelle tabelle di rilievo il coefficiente di correlazione della curva viene calcolato con una complessa formula e verificato graficamente mediante una opzione del foglio elettronico (Excel ® Microsoft).

Per completezza i dati e le elaborazioni raccolti sul campo (senza variazione) sono riportati in tabella nella colonna “unità in volume”. Tali dati volumetrici sono trasformati in concentrazione ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$) e riportati nella colonna “unità di massa”. L’elaborazione dei dati di massa viene riportata nel grafico con il simbolo rotondo pieno più piccolo e la linea di tendenza di tale curva viene rappresentata come tratteggiata, il coefficiente di correlazione (r^2) di tale linea di tendenza viene indicato in basso a destra del grafico.

Qualora il coefficiente di correlazione fosse stato inferiore al limite di 0,8 si è provveduto a cancellare gli ultimi rilievi di stabilizzazione fino a che la condizione minima non fosse raggiunta. I dati di massa vengono riportati nella colonna “rilievi utili” della tabella e rappresentati graficamente con un cerchio vuoto più grosso. La linea di tendenza di questa nuova curva è continua ed il valore di r^2 è riportato in alto a sinistra rispetto al grafico.

Solo nel caso di rilievi di modeste concentrazioni (inferiori a 10 ppmv) tale correzione è stata omessa in quanto troppo incidente sulla considerazione finale di flusso, tra l’altro già molto limitata.

Si riporta di seguito un esempio di un grafico di elaborazione dei dati.



Nelle singole tabelle di rappresentazione i calcoli di sviluppo del dato di emissione diffusa sono riportati in basso a sinistra con l'indicazione del valore di emissione del metano esposto in $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

7.3 Risultati delle elaborazioni

I risultati delle 25 elaborazioni hanno evidenziato concentrazioni di metano variabili tra 0 e 1.035 ppm (punto ZED-109) e valori di flusso compresi tra 0 e 0,594 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Nel corso delle elaborazioni è stata osservata la presenza di alcuni dati di picco dove le concentrazioni di metano rilevate sono risultate più elevate rispetto alla media delle altre osservazioni.

Tali punti con emissione “anomala” tendono, se inseriti in una valutazione complessiva, a deformare il risultato generale fornendo dati medi non in linea con l’effettiva situazione.

Si ritiene quindi che tali dati debbano essere considerati come “eccezionali” e non considerabili in una valutazione “complessiva” delle emissioni.

La stessa Normativa di riferimento EA ribadisce svariate volte che è necessario identificare e considerare separatamente le “*features*” (aree caratteristiche) dove le concentrazioni di metano sono nettamente superiori alla media delle zone limitrofe. Per tali aree la Norma prevede di considerare i flussi come riferiti alle più specifiche superfici e non mediati per le più ampie superfici delle zone omogenee (aree ZED).

Per tali “*features*” viene richiesta una attività “correttiva” specifica e localizzata. È infatti importante l’immediata segnalazione di tali “anomalie” al gestore della discarica, il quale potrà intervenire al fine di ridurre tale fenomeno con mirate azioni integrative o correttive.

L’unica interpretazione “critica” posta alla metodologia della Norma EA è legata alla “soggettività” della scelta delle aree caratteristiche (*features*) da considerare in modo differente (definendone l’estensione delle superfici) rispetto alle zone omogenee (Aree ZED). Si ritiene infatti che l’esecutore di queste indagini **debba agire nel modo più oggettivo possibile** limitando al massimo i criteri soggettivi di valutazione.

Per apportare una valutazione adeguata ai valori suddetti si intende applicare una logica scientifica basata sulla **valutazione dei percentili**. Tale metodologia

operativa è stata inoltre applicata anche nelle precedenti indagini e consente quindi una continuità di valutazione.

La alternativa al criterio del 90° percentile è quella, indicata dalla Norma EA, di identificare le “aree caratteristiche” (*features*) e di eseguire le misurazioni strumentali. Queste specifiche aree di riferimento dovrebbero essere ovviamente molto limitate (non superiori a pochi metri quadrati).

Successivamente le emissioni calcolate nei punti delle “*features*” dovrebbero essere escluse dalle considerazioni generali per le zone omogenee (ZED) ma moltiplicate per le sole aree di riferimento definite.

La stessa normativa EA propone di considerare tali emissioni come “zone ad emissione localizzata – ZEL” e non ad emissione diffusa (ZED). Per tali zone viene richiesta una attività “correttiva” specifica e localizzata.

E’ infatti importante la segnalazione di tali “anomalie” al gestore della discarica il quale potrà intervenire al fine di ridurre tale fenomeno con azioni integrative o correttive della captazione forzata del biogas.

Nella valutazione dei dati si è quindi proceduto a elaborare una seconda valutazione media escludendo i valori anomali.

Nella valutazione dei dati si è quindi proceduto ad eseguire una analisi statistica dei valori applicando il criterio percentile **considerando “anomali” i valori superiori al 90° percentile**. In pratica sono stati posti sotto osservazione i rilievi i cui valori di emissione superassero la media del 90% dell’insieme dei valori.

La media matematica dei 25 rilievi evidenzia un valore di emissione di metano pari a **0,164 mg.m⁻²s⁻¹** (591 mg.m⁻²h⁻¹)

La valutazione del 90° percentile indica come valori anomali i valori eccedenti al dato di emissione di **0,3892 mg.m⁻²s⁻¹** (1402,65 mg.m⁻²h⁻¹).

Dalla analisi dei dati risultano eccedenti a tale valore 3 rilievi sui 25 svolti, si riportano di seguito i rilievi di metano eccedenti al 90^{mo} percentile:

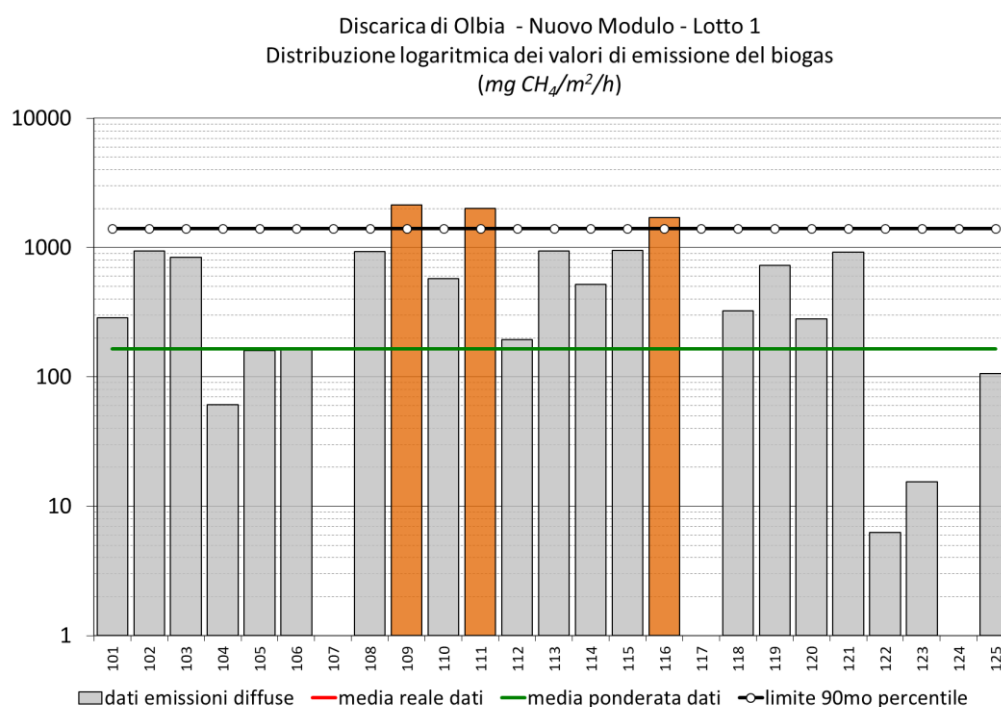
- Punto ZED 109: 0,594 mg.m⁻²s⁻¹ ZED-B
- Punto ZED 110: 0,558 mg.m⁻²s⁻¹ ZED-B
- Punto ZED 116: 0,474 mg.m⁻²s⁻¹ ZED-B

La media delle emissioni di metano, dopo la correzione imposta dei dati, si riduce da **0,164 mg.m⁻²s⁻¹** (591 mg.m⁻²h⁻¹) a **0,0993 mg.m⁻²s⁻¹** (357 mg.m⁻²h⁻¹).

In pratica sui sei punti “anomali” (circa il 10% dei punti osservati) è stato riscontrato circa il 40% di tutte le emissioni misurate.

Il punto di maggiore emissione, il ZED 109, rappresenta, da solo, il 14% di tutti i rilievi. Per tale motivo si è ritenuto di escludere tali punti pur mantenendoli evidenti come condizioni di anomalia.

Nel grafico logaritmico di seguito riportato si evidenziano le variazioni dei dati analizzati, la media reale delle emissioni, il limite del 90^{mo} percentile e la nuova media “ponderata”.



A seguito delle considerazioni relative ai dati anomali si è provveduto ad elaborare una seconda valutazione escludendo i sei rilievi ritenuti “anomali”

Le due definizioni di seguito utilizzate saranno pertanto le seguenti:

- **Emissione di metano reale:** riferita all’osservazione di tutti i 25 punti utili;
- **Emissione di metano ponderata:** riferita all’osservazione dei 25 punti con la sostituzione dei 3 valori anomali con la media ponderata.

8 SINTESI DELLE VALUTAZIONI

Sulla base delle metodologie di indagine ed a seguito della elaborazione dei dati raccolti si riportano le seguenti sintesi.

8.1 Emissioni diffuse

L'emissione media reale di metano della discarica relativa a tutte le superfici osservate è stata valutata come pari a **0,164 mg·m⁻²·s⁻¹**.

Escludendo però le anomalie eccedenti al 90^{mo} percentile (vedere precedente capitolo 7.3) il dato medio di emissione si riduce a **0,0993 mg·m⁻²·s⁻¹**

Per le discariche **chiuse in modo definitivo** la Norma EA, riconfermata dalla norma RECONNET, propone un riferimento di $1 \cdot 10^{-3} \cdot \text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; ma sulla discarica osservata non esistono zone dotate di copertura definitiva.

Per le discariche **chiuse in modo provvisorio** la norma EA, riconfermata dalla norma RECONNET, propone un riferimento di $1 \cdot 10^{-1} \cdot \text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Le zone corrispondenti a questo riferimento sono le aree **ZED-B**: con copertura giornaliera dei rifiuti, assimilata a copertura provvisoria.

Sintesi emissioni reali

Zone ZED zone con copertura provvisoria	Emissione media CH ₄ per m ²	area	emissione CH ₄	emissione annua CH ₄
	<i>mg·m⁻²·s⁻¹</i>	<i>m²</i>	<i>mg·s⁻¹</i>	<i>t*anno</i>
ZED-B	$1,64 \cdot 10^{-1}$	14.800	2.431	76,68

La media delle emissioni di metano relativa alle zone con copertura provvisoria risulta essere di poco superiore al riferimento della Norma EA.

Sottraendo i dati anomali alle osservazioni precedenti si riduce la media delle emissioni.

Sintesi emissioni ponderate

Zone ZED zone con copertura provvisoria	Emissione media CH ₄ per m ²	area	emissione CH ₄	emissione annua CH ₄
	<i>mg*m⁻²*s⁻¹</i>	<i>m²</i>	<i>mg*s⁻¹</i>	<i>t*anno</i>
ZED-B	9,93 · 10 ⁻²	14.800	1.469	46,33

La media delle emissioni ponderate di metano relativa alle zone con copertura provvisoria risulta essere di **conforme alla soglia proposta dalle Norme di riferimento.**

Un'ulteriore valutazione risulta essere relativa all'espressione del dato di **emissione in volume orario**, essendo tale unità di misura quella utilizzata nella comune gestione e valutazione preliminare della captazione del biogas e dell'eventuale recupero energetico.

Per volume orario si intende un flusso misurabile in m³·h⁻¹ di metano.

Dall'elaborazione dei precedenti dati è possibile definire tale dato come corrispondete a:

- Emissione media di metano: **12,21 m³·h⁻¹**
- Emissione media ponderata di metano: **7,38 m³·h⁻¹**

Imponendo una presenza del metano nella miscela del biogas come pari al 50% (LFG50) e considerando il rimanente è considerabile come anidride carbonica (ed altri gas) è possibile calcolare l'emissione complessiva di biogas:

- Emissione media di biogas: **24,42 m³·h⁻¹**
- Emissione media ponderata di biogas: **14,75 m³·h⁻¹**

Si precisa che il riferimento a LFG50 risulta essere necessario anche per un raffronto con le prospezioni produttive elaborate nel seguito e rappresentata con questa concentrazione tipica.

Infine, si osserva che la valutazione del flusso emesso di anidride carbonica non risulta essere prevalente negli scopi dell'indagine indicati dalle norme di riferimento. Considerando il rapporto tipico di presenza di CO₂ nel biogas LFG50 come pari al 35% è possibile calcolare l'emissione di anidride carbonica.

- Emissione media di CO₂ (calcolata): **8,55 m³·h⁻¹**
- Emissione media ponderata di CO₂ (calcolata): **5,16 m³·h⁻¹**

Presumibilmente il rapporto tra CH₄ e CO₂ emesso dalle superfici della discarica è differente da quello tipico nel biogas poiché a livello corticale avviene un fenomeno di ossidazione che trasforma parte del metano in anidride carbonica e vapore acqueo, ma tale fenomeno viene considerato poco incidente come evidenziato nel capitolo successivo (soglie IPPC) anche se tende ad aumentare i flussi di CO₂ emessa.

Supponendo che il rapporto tra i due gas (CH₄ / CO₂) passi da 1,5 a 0,5 si osserva un incremento di circa 3 volte del flusso di anidride carbonica emessa, ne consegue un flusso emissivo

- Emissione media di CO₂ (calcolata rapporto a 0,5): **25,64 m³·h⁻¹**
- Emissione media ponderata di CO₂ (calcolata a 0,5): **15,49 m³·h⁻¹**

8.2 Riferimento IPPC

Come precisato nelle premesse la Norma IPPC definisce una soglia di riferimento oltre la quale considerare gli impianti "oggetto di dichiarazione".

La soglia non è correlata alla dimensione della discarica ma riferibile a tutte le *“Discariche che ricevono più di 10 tonnellate al giorno o con una capacità totale di oltre 25.000 tonnellate”*.

Ne consegue che tale indice è puramente indicativo in quanto riferibile solo ad un fattore di “significatività” dell’impianto e non alla condizione di effettiva emissione. Occorre inoltre evidenziare che, per quanto concerne le emissioni in aria causate dalla produzione di biogas, gli inquinanti che devono essere verificati e dichiarati sono solo il metano e biossido di carbonio.

I valori soglia relativi alla dichiarazione di questi componenti tipici del biogas sono rispettivamente a **100 t/anno per il metano e 100.000 t/anno per l’anidride carbonica**.

Metano

La verifica è stata svolta trasformando il dato di emissione di metano da $\text{mg}\cdot\text{s}^{-1}$ a t/anno

- Emissione di metano reale: **76,68 t/anno**
- Emissione di metano ponderato: **46,33 t/anno**

Dato di riferimento

- Emissione di metano: **100 t/anno**

Ne risulta quindi che **la situazione osservata risulta essere inferiore al riferimento IPPC** di emissione diffusa per quanto riguarda il quantitativo di metano emesso.

Anidride carbonica

Per quanto riguarda la soglia di riferimento del biossido di carbonio indicata dall’IPPC non si ritiene ci siano problemi in quanto, pur essendo la CO_2 dotata di

massa maggiore del CH₄, il riferimento è comunque 1.000 volte superiore a quello del metano.

Sviluppando analiticamente tale concetto e assumendo come riferimento una miscela standard (LFG50) di biogas composta al 50% da metano ed al 35% da anidride carbonica si desume, per calcolo, l'emissione media di anidride carbonica annua:

- Emissione di anidride carbonica reale: **148,00 t/anno**
- Emissione di anidride carbonica (dato ponderato): **89,42 t/anno**

Dato di riferimento

- Emissione di anidride carbonica: **100.000 t/anno**

Tale verifica conferma quindi **l'ampio margine rispetto al limite di riferimento della Norma IPPC.**

Anche volendo imporre un rapporto tipico tra i due gas come modificato dai fenomeni di emissione corticale e pari al fattore (CH₄ / CO₂) 0,5 si osserva un incremento di circa 3 volte del flusso di anidride carbonica emessa, ne consegue un flusso emissivo aggiornato a:

- Emissione di anidride carbonica reale: **444 t/anno**
- Emissione di anidride carbonica (dato ponderato): **268 t/anno**

Dato di riferimento

- Emissione di anidride carbonica: **100.000 t/anno**

Come evidente il flusso di CO₂, anche se incrementato, rimane circa il 0,4% della soglia IPPC ad indicazione dello scarso interesse ambientale circa questo tipo di emissione e pertanto confermando la non necessità di rilievi analitici di questo tipo di gas.

8.3 Emissioni GHG

Per fornire un ulteriore riferimento di impatto ambientale si è ritenuto utile rappresentare la situazione delle emissioni complessive di gas serra GHG (GreenHouse Gas). I due gas principali componenti il biogas (CH₄ e CO₂) sono infatti compresi tra i sei gas GHG.

Come premesso il metano risulta manifestare un maggiore impatto sull'effetto di riscaldamento globale, per tale motivo il suo GWP (Global Warming Potential) risulta essere 28 volte superiore a quello dell'anidride carbonica utilizzata come "unità di misura".

Ne consegue che l'impatto GHG risulta essere equivalente alle emissioni in peso di anidride carbonica più le emissioni di metano moltiplicate per un fattore GWP di 28.

Riprendendo i dati reali elaborati precedentemente espressi si valutano pertanto:

$$\begin{aligned}\text{impatto annuo GHG} &= t \text{ CO}_2 \text{ eq} = (t \text{ CO}_2 + (t \text{ CH}_4 * 28)) \\ &= 148 + (77 * 28) = \mathbf{2.304 \text{ t CO}_2 \text{ eq}}\end{aligned}$$

Nel caso delle valutazioni ponderate si valutano invece:

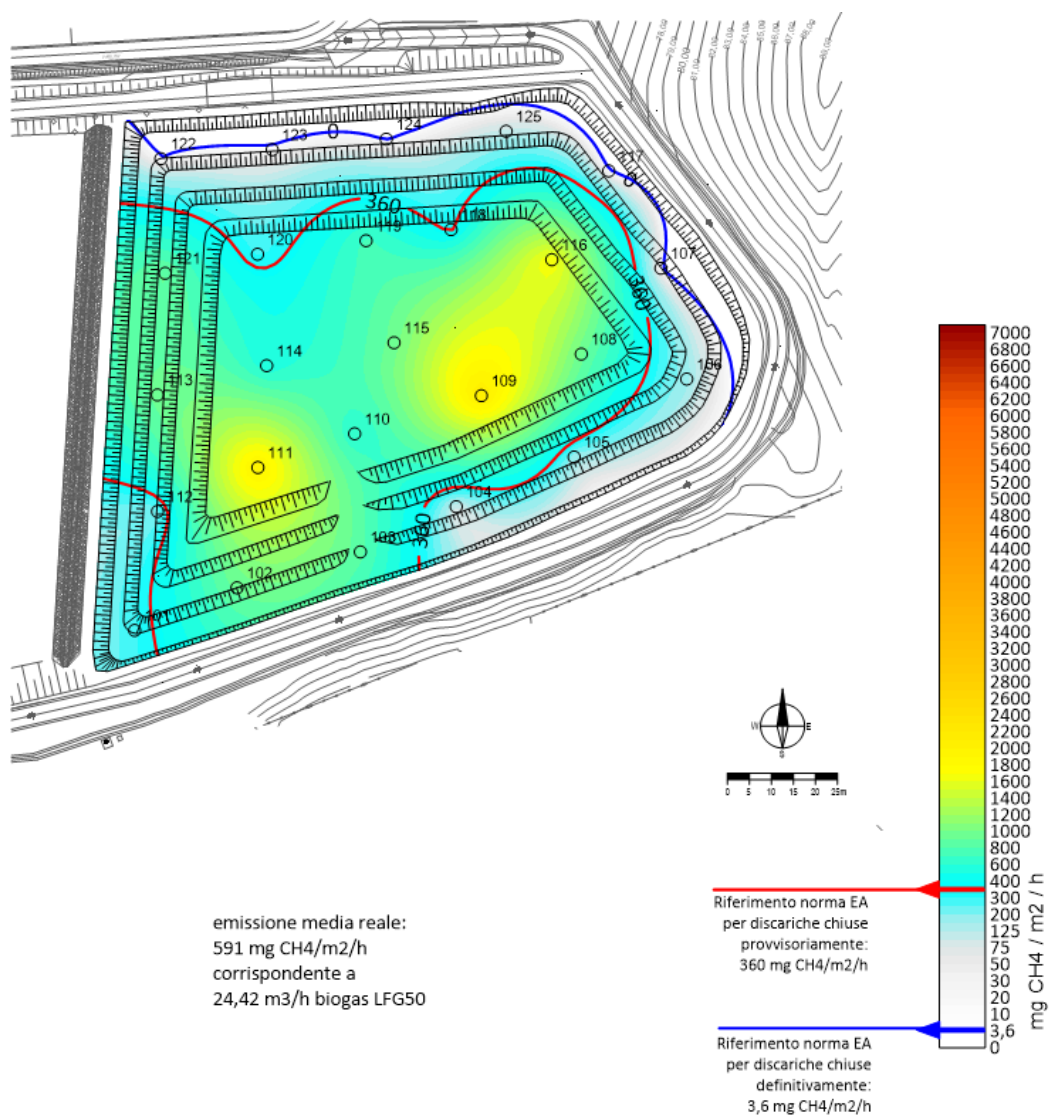
$$= 89 + (46 * 28) = \mathbf{1.377 \text{ t CO}_2 \text{ eq}}$$

8.4 Conclusioni

I risultati delle indagini hanno evidenziato un generico rispetto per la soglia indicata dalla Norma di riferimento riferita alle superfici non dotate di copertura definitiva.

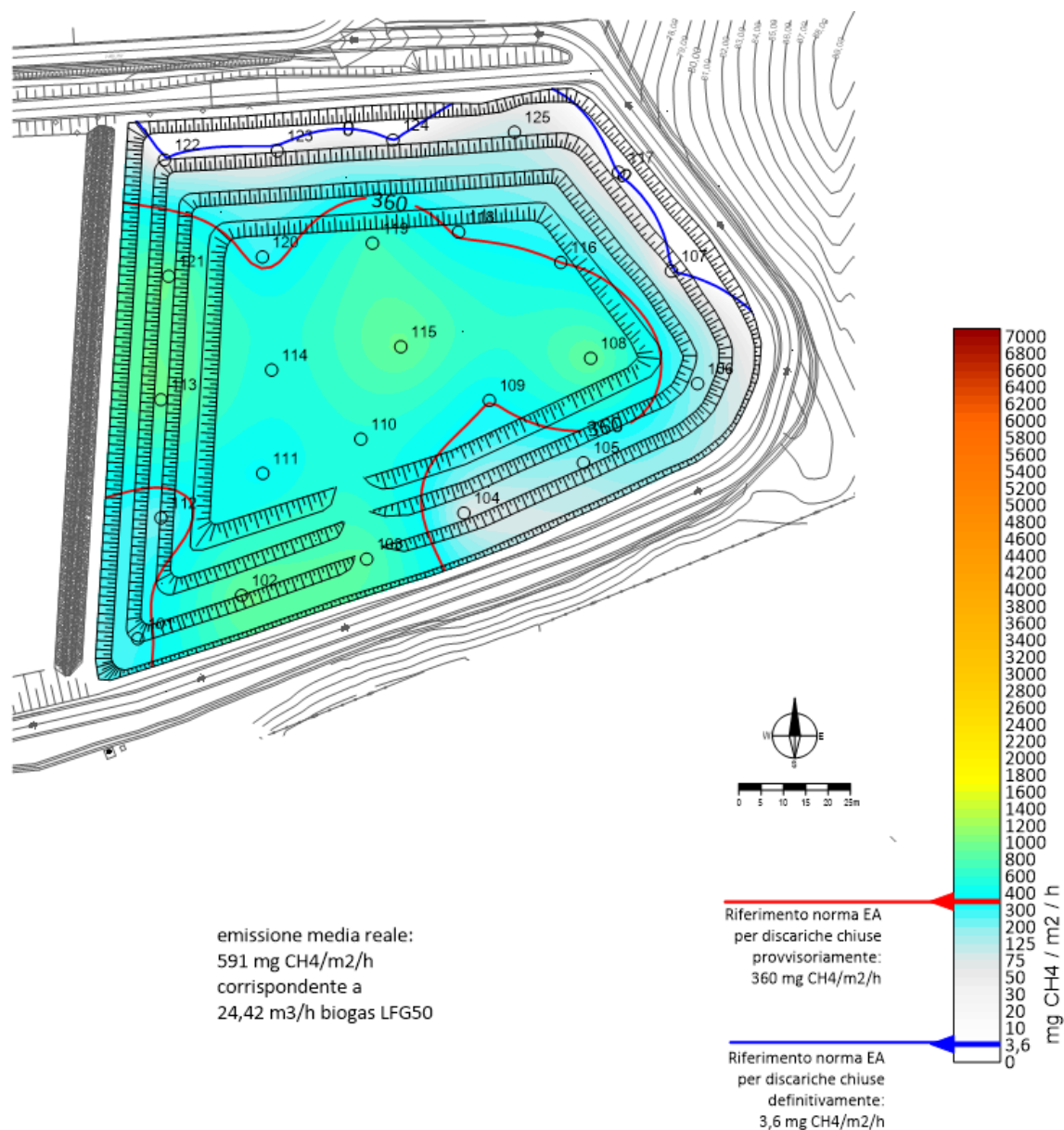
Anche le soglie di emissione IPPC non sono state superate.

Le maggiori emissioni sono state osservate nella parte sommitale della discarica come ben evidenziato nella seguente figura che rappresenta la situazione isopotenziale osservata.



Emissioni reali (estratto allegato S-ND-R)

Con l'eliminazione dei 3 punti anomali, che rappresentano circa il 40 % delle intere emissioni, la distribuzione delle emissioni risulta molto più omogenea, come evidenziato nella figura seguente.



Emissioni ponderate (estratto allegato S-VD-P)

9 CALCOLO DI PRODUTTIVITÀ BIOGAS

L'incarico conferito prevedeva lo sviluppo del calcolo della produttività sviluppato con il modello previsionale BIO-7.

Si precisa che la stessa prospezione era stata elaborata nel corso dell'indagine del 2022 nel corso della quale erano stati inseriti dati "preventivi" di conferimento dei rifiuti successivi in quanto le operazioni di smaltimento erano ancora in corso.

Nella presente relazione sarà possibile aggiornare tale dato di conferimento con il valore consuntivi degli anni 2022, 2023, 2024 ed i previsionali dell'anno 2025 basati sui dati del primo quadrimestre.

Nel seguito verranno riportate alcune informazioni generiche sul fenomeno di produzione del biogas.

9.1 Caratterizzazione del fenomeno produttivo del biogas

I processi di decomposizione biochimica che avvengono all'interno di un ammasso di rifiuti caratterizzato, anche parzialmente, da materie organiche sono chiaramente sintomo delle condizioni degradative raggiunte all'interno dell'ammasso stesso.

Il principio basilare di ogni possibile relazione razionale per la determinazione delle potenzialità per la produzione di biogas da parte di una discarica è fondato sul contenuto originale di materia organica.

In breve, si può affermare che le trasformazioni biochimiche complesse che possono avvenire in una discarica sono schematizzabili in processi distinti, operati da diversi ceppi batterici.

Di seguito si elencano, molto sinteticamente, i processi fermentativi tipici di una discarica per rifiuti solidi urbani.

9.1.1 Fase di degradazione aerobica

La degradazione aerobica avviene non appena il rifiuto è depositato nello scarico controllato e si caratterizza per il fatto che i microrganismi utilizzano l'ossigeno libero prelevato dall'aria inglobata nella discarica durante la deposizione del rifiuto o entrante nella discarica dopo la chiusura di quest'ultima (ad es. per l'aspirazione eccessiva del sistema di captazione biogas).

Nel processo viene altresì trasformato l'ossigeno disciolto nella pioggia che riesce a penetrare attraverso la copertura della discarica: la degradazione aerobica prosegue fino a quando l'ossigeno è disponibile ed è quindi normalmente di breve durata.

Durante le prime fasi il fenomeno è eventualmente favorito dalla presenza nel rifiuto di sostanze facilmente e rapidamente biodegradabili. Contemporaneamente al processo aerobico si verifica la produzione di energia termica (temperature comprese tra i 50 ed i 70° C), di anidride carbonica e di sostanze organiche parzialmente degradate.

Il percolato prodotto durante questa fase decompositiva è leggermente acido (pH compreso tra 6 e 7) e normalmente mantiene un elevato contenuto di COD, anche per la presenza delle sostanze organiche parzialmente degradate. E' comunque da osservare che, di norma, in questa fase decompositiva, viene prodotto un limitato quantitativo di percolato, sia perché il rifiuto non ha saturato la propria capacità di campo sia perché il fenomeno biochimico stesso tende a far assorbire i liquidi presenti. Al limitato quantitativo prodotto, che ovviamente dipende dalla piovosità e dalle caratteristiche costruttive della discarica (tipo di copertura, modalità gestionali), contribuisce comunque l'umidità già presente nei rifiuti all'atto della deposizione.

9.1.2 Fase di degradazione facoltativa anaerobica.

La decomposizione facoltativa anaerobica avviene quando la disponibilità di ossigeno diminuisce e gli organismi aerobici facoltativi iniziano ad utilizzare accettori di elettroni diversi dall'ossigeno, ormai assente, con sviluppo di batteri anaerobici ed emissione di semplici composti, solubili, quali acidi volatili ed ammoniaci. Si evidenzia un elevato carico organico, sintomo della decomposizione di materia putrescibile, con alti valori di BOD e pH compreso nell'intervallo 5÷6 (alto rapporto BOD/COD). Le emissioni gassose sono fondamentalmente riconducibili ad anidride carbonica, con basse quantità di metano ed idrogeno.

La durata di questa fase può variare da mesi ad anni, con transizione alla fase successiva probabile ma non certa.

9.1.3 Fase Metanigena

Quando si attiva la fermentazione metanigena i batteri diventano gradualmente più stabili e capaci di rimuovere i composti organici solubili che sono largamente responsabili della fase 2. Questi batteri, in assenza di ossigeno, convertono gli elementi presenti in metano ed anidride carbonica emessa come gas di scarica. Si è così in presenza di pH basico, con produzione limitata di materia inorganica (sali che precipitano), valori ridotti di COD e basso rapporto BOD/COD. Questa fase rappresenta l'equilibrio tra batteri acetici e metanigeni, con decomposizione continua dei rifiuti.

La produzione di gas può durare diversi anni, con buone quantità e qualità delle emissioni, fino a quando la diminuita pressione interna consente l'ingresso di quantità consistenti di ossigeno dall'atmosfera esterna.

Quanto descritto riassume in termini schematici processi assai complessi, funzioni di diversi e numerosi fattori fisici, ambientali e gestionali, solo in parte descritti, quali:

- composizione dei rifiuti;
- pezzatura dei rifiuti;
- deposizione dei rifiuti;
- grado di saturazione dei rifiuti (umidità);
- temperatura dei rifiuti;
- valori del carico organico ed inorganico (BOD e COD);
- condizioni meteorologiche;
- tipo di raccolta delle emissioni liquide e gassose.

9.2 Caratteristiche qualitative del biogas

Nel paragrafo precedente sono stati brevemente illustrati i fenomeni chimici, fisici e biologici che presiedono alla formazione della miscela di aeriformi comunemente denominata “biogas”. Nel seguito verranno analizzate le caratteristiche dei vari componenti del biogas.

È possibile definire che il gas biologico è composto da due gas prevalenti: il metano (CH_4) e l'anidride carbonica (CO_2).

Combinati con tali gas sono spesso presenti anche l'ossigeno (O_2) e l'azoto (N_2) in quanto presenti sottoforma di aria negli interstizi liberi dei rifiuti al momento della deposizione oppure richiamati dall'atmosfera da azioni dinamiche di aspirazione. Più raramente è presente l'idrogeno (H_2), prodotto in limitate quantità e per brevi periodi, attraverso processi acetogenici.

Nella tabella seguente si ipotizza una composizione media di un biogas captato da un sistema di aspirazione “dinamico” come quello in servizio presso la discarica in oggetto.

Come accennato in precedenza l'azione dinamica implica una limitata presenza di aria miscelata con il biogas.

Composizione tipica di un biogas "aspirato"

	Densità (riferita all'aria)	Potere calorifico Inferiore	Incidenza nel biogas (ipotesi)	Densità relativa	PCI relativo
<i>u.m.</i>		<i>Kcal/m³</i>	<i>%</i>		<i>Kcal/m³</i>
Metano	0,56	8.250	50	0,280	4.125
Anidride carb.	1,53	0	35	0,535	0
Azoto	0,97	0	11	0,106	0
Ossigeno	1,11	0	3	0,033	0
Altri gas	-	0	1	0.001	0
BIOGAS ASPIRATO			100	0,955 (aria = 1)	4.125 (4,79 kWh)

Nell'ipotesi di una valutazione di un biogas esalato spontaneamente dai rifiuti (con pressione positiva verso l'atmosfera) la composizione si modifica in quanto vengono escluse le presenze di ossigeno e limitate al minimo le porzioni di azoto. Si ipotizza di seguito una valutazione qualitativa di un biogas esalato:

Composizione tipica di un biogas “esalato”

	Densità (riferita all'aria)	Potere calorifico Inferiore	Incidenza nel biogas (ipotesi)	Densità relativa	PCI relativo
<i>u.m.</i>		<i>Kcal/m³</i>	<i>%</i>		<i>Kcal/m³</i>
Metano	0,56	8.250	60	0,336	4.950
Anidride carbonica	1,53	0	38	0,581	0
Azoto	0,97	0	1	0,010	0
Altri gas	-	0	1	0.001	0
 BIOGAS ESALATO			100	0,928 (aria = 1)	4.950 (5,76 kWh)

Come è evidente le caratteristiche fisiche ed energetiche del biogas mutano continuamente, sia in funzione dei fenomeni di fermentazione che in funzione delle azioni di captazione imposte.

Essendo la presente relazione riferita ad un impianto di captazione dinamica dei biogas prodotti si assumerà come riferimento per le valutazioni successive, il contenuto della tabella precedente relativa al “gas aspirato”.

Occorre in ogni caso considerare che le osservazioni svolte sulla rete di captazione della discarica di Olbia hanno evidenziato concentrazioni di metano ed ossigeno molto più vicine ad un gas “esalato” ad indicazione di due possibili fattori:

- elevata qualità della copertura (ermeticità del capping);
- limitata azione dinamica di aspirazione.

Come premesso nel biogas originato da rifiuti organici sono presenti anche altri gas oltre a quelli, definiti macro-componenti, citati precedentemente.

Questi ulteriori gas, in parte xenobiotici, sono ad esempio idrocarburi alogenati o composti aromatici. Tali gas non derivano dalla decomposizione biologica dei rifiuti, ma sono il risultato della loro contaminazione. La presenza di tali sostanze, valutabile in tracce, è di difficile rilevazione e valutazione vista la difficoltà di stima delle quantità di rifiuti originanti immesse in discarica.

9.3 Valutazioni sulla produzione quantitativa del biogas

Il presente capitolo tratta gli aspetti connessi alle valutazioni quantitative della produzione di biogas prevedibili dalla discarica in oggetto.

La prima fase riguarda la caratterizzazione merceologica dei rifiuti smaltiti, propedeutica all'elaborazione del modello previsionale di produzione del biogas per una tonnellata di rifiuto. Sulla base della cronologia e dell'entità degli afflussi, a partire dalla produzione unitaria, sarà determinata la produzione di biogas nel tempo per l'intero impianto.

9.3.1 Modellistica disponibile

La valutazione della produzione di biogas in uno scarico controllato, come già accennato, richiede la conoscenza di diversi parametri, relativi alle caratteristiche chimico-fisiche dei rifiuti, alle modalità di deposito e copertura degli stessi, alle condizioni climatiche ed idrologiche locali.

L'approccio modellistico consente, mediante un'opportuna taratura degli algoritmi, di simulare i processi di biodegradazione della sostanza organica in ambiente anaerobico.

Il livello di approssimazione delle risposte fornite dai modelli matematici dipende dalla complessità degli stessi, nonché dalla possibilità di ottenerne una buona

validazione sperimentale. I modelli più complessi, ad esempio quelli ecologici, pur consentendo di descrivere il dettaglio le reazioni di biodegradazione e di poter quindi prevedere eventuali fenomeni di instabilità o di inibizione del sistema, presentano il limite della difficoltà di taratura: essa, infatti, richiede un numero elevato di dati, di difficile e problematico reperimento.

Il modello “ideale” dovrebbe fornire la stima relativa alla variazione della produzione di biogas al mutare della composizione dei rifiuti, e quindi del contenuto di carbonio organico, nonché determinare l’influenza, sulla stessa produzione, di fattori fisici quali l’umidità, la temperatura, la densità e la pezzatura dei R.S.U. depositati.

Nella letteratura tecnica sono disponibili diversi modelli, anche assai semplici, che si pongono l’obiettivo di soddisfare le seguenti esigenze:

- stimare, per rifiuti di caratteristiche conosciute, la quantità di biogas massima teorica (in un tempo infinito) che può essere estratta dallo scarico controllato,
- valutare la cinetica del processo di produzione del biogas, e quindi prevederne l’evoluzione temporale della produzione.

I modelli che rispondono alle suddette esigenze possono essere classificati secondo le seguenti principali tipologie:

- modelli empirici;
- modelli stechiometrici;
- modelli biochimici;
- modelli ecologici.

9.3.2 Modello di calcolo BIO

Il modello di calcolo utilizzato per le successive valutazioni della produttività di biogas sulla discarica in oggetto è denominato BIO-7, ed è basato su un metodo misto teorico-pratico.

Detto modello è stato testato nel corso di circa 40 anni di sperimentazioni, elaborazioni e verifiche eseguite su centinaia di discariche, in Italia ed all'Estero. Il modello, nel corso del tempo, ha subito continue evoluzioni ed aggiornamenti al fine di recepire le variazioni verificate in corso d'opera, ad oggi è utilizzata la versione BIO-7 .

BIO-7 utilizza un algoritmo derivato da un modello biochimico, che, ottimizzando sperimentalmente i parametri applicati al modello base, consente di costruire una curva "standard" di produzione unitaria.

I summenzionati parametri "corretti", introdotti nell'elaborazione biochimica, dipendono principalmente dalla caratterizzazione dell'ambiente di decomposizione.

La prima fase della valutazione è orientata alla definizione della produttività specifica media di una singola tonnellata di rifiuto smaltito.

Per ottenere tale dato si valuta merceologicamente la composizione del rifiuto smaltito suddividendolo in due frazioni differenziabili per la cinetica di fermentazione:

- **Frazione velocemente biodegradabile (definita RVP);**
- **Frazione lentamente biodegradabile (definita RLP).**

Ottenuta la valutazione di produttività specifica delle due frazioni RVP e RLP si procede all'applicazione di un coefficiente (K_p) che definisce le condizioni tipiche di fermentazione dell'impianto (discarica) osservato.

Di particolare importanza ed influenza è l'umidità interna alla discarica (K_{ud}).

Definite le produttività totali di gas per singola frazione di rifiuto si passa alla determinazione della cinetica di decomposizione.

Il modello di calcolo definisce il tempo di semi-trasformazione (T_s) della sostanza organica inteso come il tempo necessario al dimezzamento della porzione biogassificabile iniziale. Anche in questo caso il T_s viene valutato separatamente per le due frazioni RVP e RLP.

Essendo noto il tempo di semi-trasformazione vengono di conseguenza calcolate le massime produzioni annuali ed i coefficienti di regressione (K_r) ed infine le produzioni specifiche anno per anno.

Nel modello di calcolo viene considerata la produzione di biogas fino all'anno 2050. L'ultima fase dell'elaborazione consiste nella sovrapposizione degli effetti legati alle quantità di rifiuti smaltiti con la cronologia di deposizione in discarica e conseguentemente con la valutazione della produzione teorica annua.

9.3.3 Valutazioni probabilistiche

Come dichiarato in precedenza, lo studio delle previsioni di produzione è normalmente basato sull'attribuzione di un considerevole numero di variabili, imposte spesso arbitrariamente, che condizionano l'elaborazione finale; di conseguenza l'attendibilità delle previsioni fornite dal modello BIO-7 è funzione dell'affidabilità dei suddetti valori, peraltro non sempre facilmente disponibili e pertanto spesso frutto di valutazioni soggettive basate sull'esperienza del progettista.

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 (BC):**
prospezione condizionata dall'applicazione di valori "ottimistici" (nel senso della massima produzione di biogas) a tutte le variabili non certe;
- **Worst Case (WC):**
prospezione condizionata dall'applicazione di valori "pessimistici" (nel senso della minima produzione di biogas) a tutte le variabili non certe.

9.4 Caratterizzazione e conferimento dei rifiuti smaltiti

L'elevata entropia dei rifiuti smaltiti in una discarica rende l'insieme indifferenziato non più difficilmente riconducibile alle singole categorie componenti.

Al fine di caratterizzare i rifiuti considerati nel modello previsionale BIO-7, sono state valutate le sole componenti organiche dei rifiuti, suddivise in due categorie principali:

- rifiuti organici velocemente putrescibili (RVP);
- rifiuti organici lentamente putrescibili (RLP);
- una terza categoria, comprendente i rifiuti non putrescibili (RNP), viene così definita come complemento al 100%.

La caratterizzazione qualitativa dei rifiuti, ovvero l'identificazione dell'incidenza delle diverse frazioni merceologiche presenti nel rifiuto, è stata desunta dai dati gentilmente messi a disposizione dal Committente CIPNES e basata sulla osservazione della tipologia dei rifiuti conferiti nella nuova discarica nel periodo dal 2022 al 2025 (1° quadrimestre).

Si precisa che il dato 2025 è da intendersi come "preventivo" e basato sulla estrapolazione dei dati consuntivi del primo quadrimestre.

	R.S.U. R.S.A.	Rifiuti provenienti prevalente mente da TMB	Fanghi	Altri R.S.	Totale parziale	Totale progressivo
2022	325,47	12.672,42	236,75	3.693,46	16.928,10	16.928,10
2023	749,21	33.291,16	1.993,40	8.031,13	44.064,90	60.993,00
2024	445,93	20.037,79	282,26	4.246,33	25.012,31	86.005,32
2025	50,00	4.000,00	200,00	500,00	4.750,00	90.755,32
Nota (*)	Rifiuti prodotti dall'impianto T.M.B. consortile, per i quali sono disponibili le analisi merceologiche trimestrali (detto impianto è interessato anche dall'ingresso di rifiuti non urbani, ma in via minoritaria).					
Nota (**)	Dati aggiornati al 30.04.2025					

Come evidente la tabella riporta 4 tipologie di rifiuti:

- Rifiuti solidi urbani (RSU) e rifiuti solidi assimilabili (RSA);
- Rifiuti provenienti prevalentemente da trattamento meccanico/biologico (TMB) degli urbani (EER 19.12.12 e 19.05.03). Questi rifiuti sono prodotti dall'impianto T.M.B. consortile, per i quali sono disponibili le analisi merceologiche trimestrali;
- Fanghi;
- Altri rifiuti non urbani.

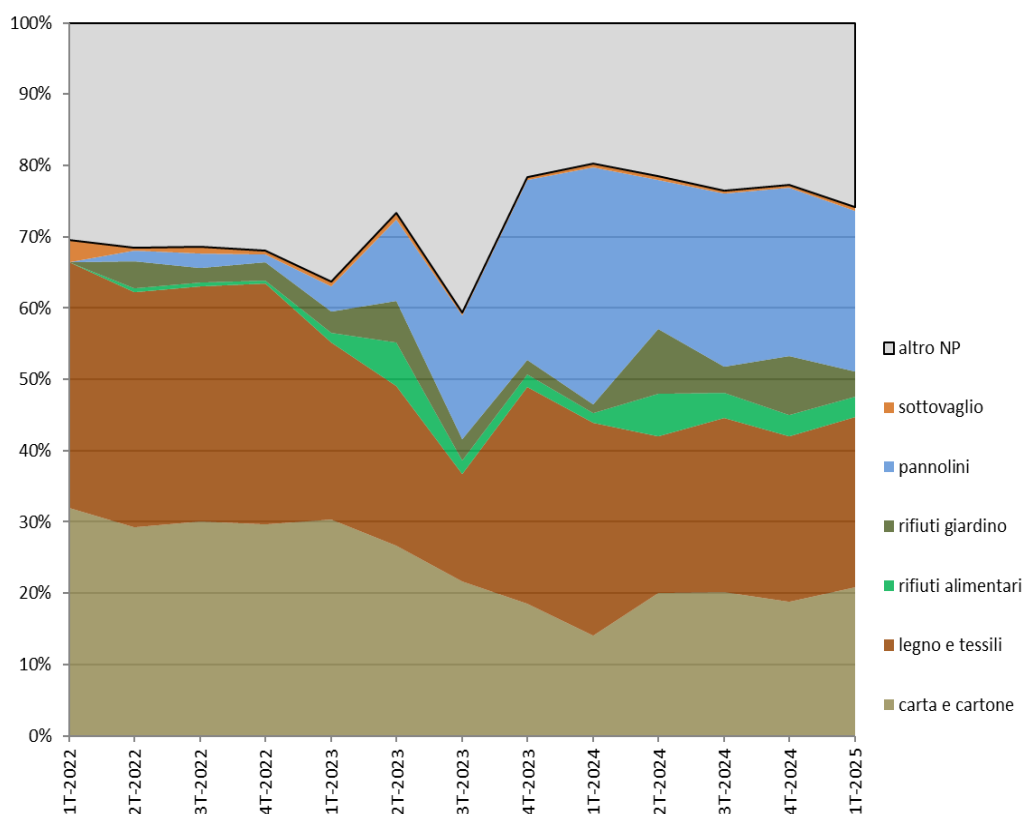
Le incidenze delle 4 tipologie dei rifiuti sono le seguenti:

- Rifiuti solidi urbani (RSU) e rifiuti solidi assimilabili (RSA): 1,76%
- Rifiuti TMB: 75,36%
- Fanghi: 3,66%
- Altri rifiuti: 19,22%

Per i rifiuti TMB, dal primo trimestre 2022 al primo trimestre 2025, sono disponibili 17 indagini merceologiche.

Ogni singola indagine è stata valutata e confrontata al fine di definire una tipologia standard dei rifiuti conferiti. Nel grafico ad aree di seguito riportato viene evidenziata la variazione della composizione merceologica dei rifiuti in riferimento alle categorie di rifiuti putrescibili ed a quelle “non putrescibili” (NP).

Si precisa che nel grafico non compaiono i fanghi in quanto non osservati nelle analisi merceologiche.



Variazione merceologica smaltimento rifiuti in discarica

Come evidente le variazioni sono significative. Dal 2023 sono aumentate percentualmente le incidenze dei rifiuti cellulosici assimilabili ai pannolini igienici.

Osservando la media complessiva del periodo si evidenziano i seguenti dati.

Tipologia rifiuti	MEDIA 2022-2025
rifiuti alimentari	1,75
rifiuti giardino	3,17
carta e cartone	26,00
legno e tessili	28,85
pannolini	11,39
sottovaglio	0,60
altro NP	28,42

Si è quindi ritenuto adeguato assumere tali informazioni per la caratterizzazione dei rifiuti smaltiti.

Per gli altri elementi di calcolo che influiscono sullo sviluppo modellistica della prospezione, quali il fattore di umidità (Kud) ed il coefficiente di produzione (Kp) sono state assunte ipotesi probabilistiche:

- Fattore di umidità interno alla discarica Kud: BC: 45% WC: 40%
- Fattore produzione Kp: BC: 84% WC: 81%

9.5 Produzione specifica

Il modello di calcolo utilizzato BIO-7 consente di calcolare la produzione specifica di una singola tonnellata di rifiuto smaltito in discarica, nell'arco della propria vita "decompositiva".

Tali risultati vengono normalmente modificati automaticamente dal modello di calcolo BIO-7 mediante l'applicazione di un correttivo, definito "coefficiente di produzione" (K_p), precedentemente indicato e determinato sulla base di parametri empirici rappresentativi delle condizioni di formazione del biogas nella specifica discarica in oggetto (umidità, temperatura, densità, morfologia, esposizione, elevazione fuori-terra, ecc.).

Il coefficiente K_p rimane invariato per le diverse porzioni di discarica.

Si riportano di seguito i limiti probabilistici desunti dalla modellazione eseguita:

Produzione specifica Nuova discarica

- Best Case: 155,44 $\text{Nm}^3/\text{t Rs}$
- Worst Case: 112,17 $\text{Nm}^3/\text{t Rs}$
- Best Case corretto: 130,49 $\text{Nm}^3/\text{t Rs}$
- Worst Case corretto: 90,86 $\text{Nm}^3/\text{t Rs}$

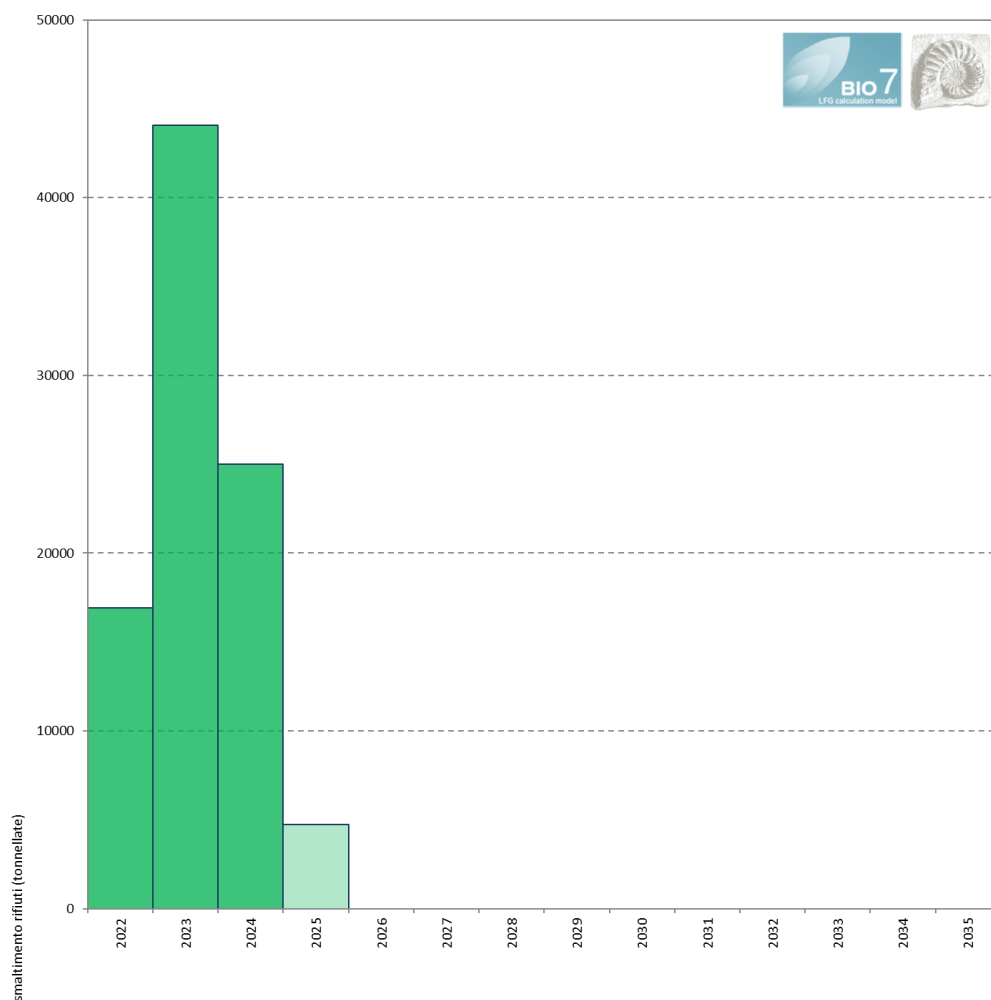
9.6 Sviluppo della cinetica di decomposizione

Il modello BIO-7 è in grado di valutare il diverso comportamento delle due componenti organiche caratteristiche (RVP e RLP), oltre che in termini di capacità complessiva di produrre biogas, anche per la cinetica entro la quale il fenomeno si compie: i rifiuti organici RVP trasformano molto più velocemente il carbonio disponibile dei rifiuti RLP.

Il dato analitico di variabilità della cinetica di fermentazione è definito come tempo di semi-trasformazione T_s coincidente con il tempo (in anni) necessario al dimezzamento della sostanza organica biogassificabile originale.

Il modello di calcolo attribuisce differenti T_s alle due frazioni RVP e RLP in funzione delle variabili imposte, in primo luogo in funzione dell'umidità interna della discarica.

Discarica Olbia - Nuovo Modulo Discarica - Lotto 1 Conferimenti rifiuti (t)



Definito il tempo di semi-trasformazione è quindi possibile calcolare con una serie di passaggi il picco di produzione ed il coefficiente di regressione che determina la curva di produzione specifica.

La prospezione è stata sviluppata fino al 2070.

Riepilogo produzione teorica Nuova Discarica (Nm³/h biogas LFG50)

ANNI	NUOVA DISCARICA	
	BEST CASE	WORST CASE
2022	6	4
2023	34	21
2024	74	46
2025	88	55
2026	85	53
2027	78	49
2028	72	46
2029	66	43
2030	61	40
2031	56	37
2032	52	35
2033	48	33
2034	45	31
2035	42	29
2036	39	27
2037	36	25
2038	34	24
2039	31	22
2040	29	21
2041	27	20
2042	25	19
2043	24	18
2044	22	17
2045	21	16
2046	19	15
2047	18	14
2048	17	13
2049	16	12
2050	15	12
2051	14	11
2052	13	10
2053	12	10
2054	11	9
2055	11	9
2056	10	8
2057	9	8
2.058	9	7
2.059	8	7
2.060	8	7
2.061	7	6
2.062	7	6

2063	6	6
2064	6	5
2065	5	5
2066	5	5
2067	5	4
2.068	4	4
2.069	4	4
2.070	4	4

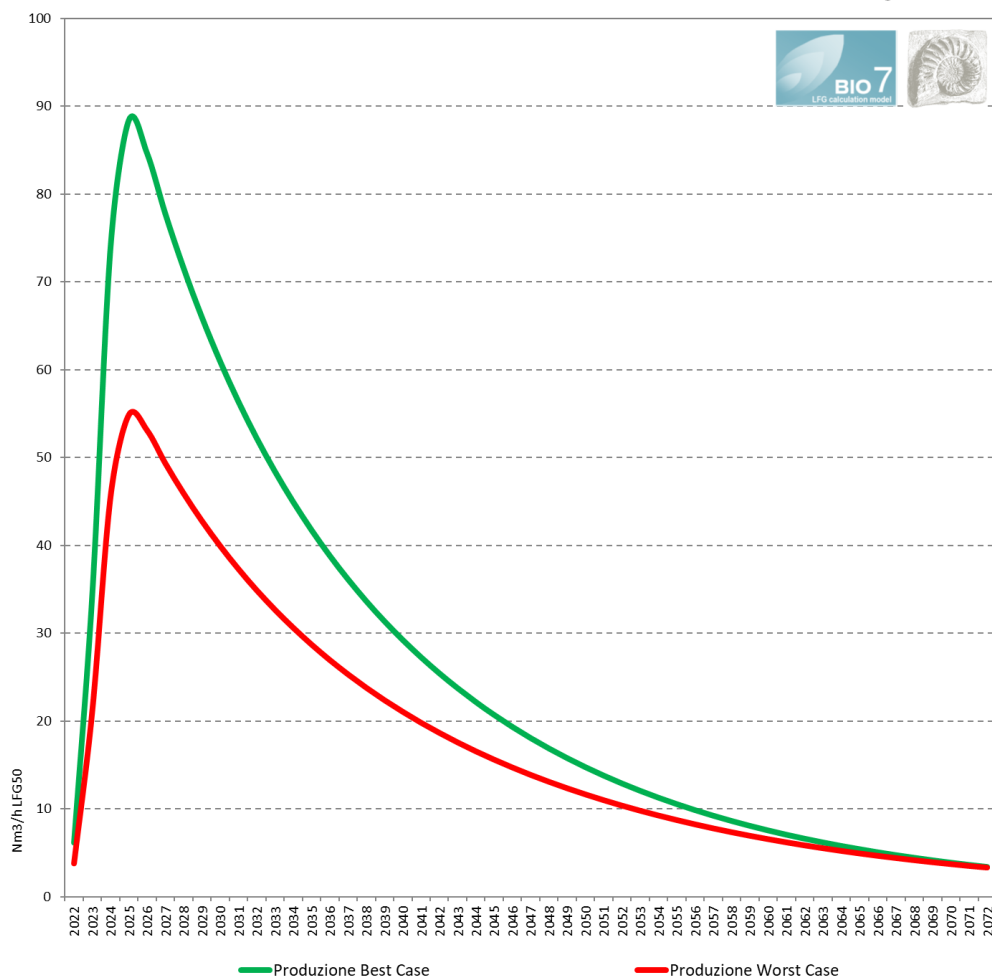
Riepilogo produzione teorica Totale (Nm³/h biogas LFG50)

ANNI	NUOVA DISCARICA		VECCHIA DISCARICA		TOTALE VD+ND	
	BEST CASE	WORST CASE	BEST CASE	WORST CASE	BEST CASE	WORST CASE
1991			18	15	18	15
1992			85	68	85	68
1993			175	141	175	141
1994			271	221	271	221
1995			364	300	364	300
1996			453	376	453	376
1997			540	451	540	451
1998			623	524	623	524
1999			702	595	702	595
2000			785	669	785	669
2001			876	750	876	750
2002			931	802	931	802
2003			884	770	884	770
2004			816	715	816	715
2005			765	672	765	672
2006			737	645	737	645
2007			726	630	726	630
2008			740	633	740	633
2009			804	671	804	671
2010			834	687	834	687
2011			834	684	834	684
2012			850	691	850	691
2013			852	690	852	690
2014			846	682	846	682
2015			832	669	832	669
2016			814	654	814	654
2017			800	641	800	641
2018			748	603	748	603
2019			708	573	708	573
2020			668	542	668	542
2021			615	503	615	503
2022	6	4	572	471	579	475
2023	34	21	536	443	570	464

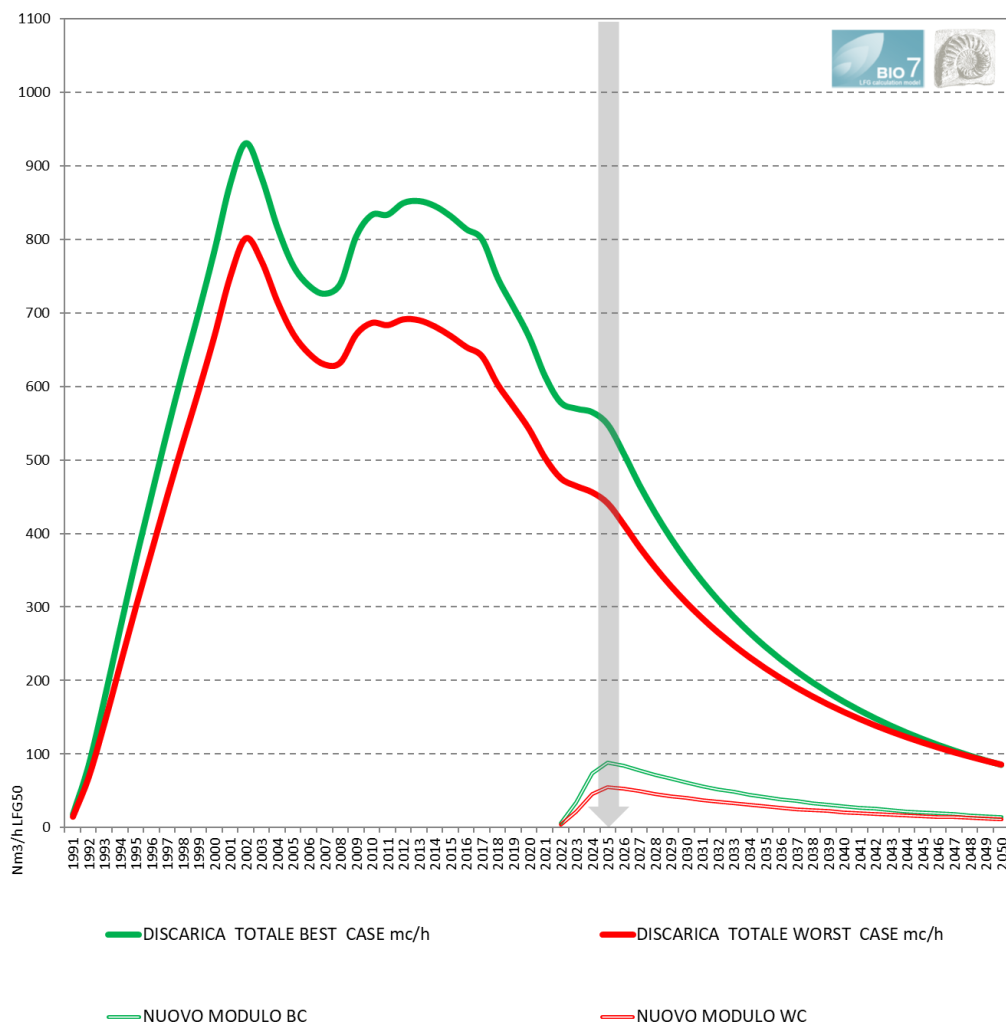
2024	74	46	491	411	565	456
2025	88	55	460	386	548	441
2026	85	53	425	359	509	412
2027	78	49	389	332	467	382
2028	72	46	357	308	428	354
2029	66	43	328	286	394	329
2030	61	40	302	266	363	306
2031	56	37	279	247	335	285
2032	52	35	258	231	310	265
2033	48	33	238	215	287	248
2034	45	31	221	201	266	232
2035	42	29	205	188	247	217
2036	39	27	190	176	229	203
2037	36	25	177	165	213	190
2038	34	24	164	155	198	178
2039	31	22	153	145	184	167
2040	29	21	142	136	171	157
2041	27	20	132	128	160	148
2042	25	19	123	120	149	139
2043	24	18	115	113	139	130
2044	22	17	107	106	129	123
2045	21	16	100	100	121	115
2046	19	15	93	94	113	109
2047	18	14	87	88	105	102
2048	17	13	81	83	98	96
2049	16	12	76	78	92	91
2050	15	12	71	74	86	86

Discarica Olbia - Nuovo Modulo Discarica - Lotto 1

Produzione teorica biogas LFG50



Discarica Olbia - Complessiva Produzione teorica biogas LFG50



9.7 Efficienza d'impianto

Per efficienza d'impianto s'intende il rapporto tra la capacità di captazione della rete e la produzione teorica prevista di biogas. Non è infatti possibile captare la totalità del biogas prodotto.

Tale fattore, essenziale nel dimensionamento e nella valutazione prestazionale di un sistema di aspirazione, trasporto e combustione e del sistema di recupero

energetico, è funzione di diversi elementi tipici della discarica in oggetto e della rete di captazione attualmente presente.

Tra gli elementi che influenzano l'efficienza dell'impianto, dipendenti dalle caratteristiche del deposito di rifiuti, si elencano:

- grado di compattazione dei rifiuti (densità);
- tipologia merceologica dei rifiuti (trasmissività);
- spessore dei rifiuti;
- saturazione dei rifiuti da parte del percolato;
- tipologia e permeabilità degli strati di infracopertura;
- tipologia e permeabilità degli strati di copertura finale.

Tra gli elementi dipendenti invece dalla rete di captazione si elencano:

- densità della rete di captazione (numero ed interasse dei pozzi);
- tipologia costruttiva della rete di captazione (pozzi elevati, trivellati);
- anzianità di servizio della rete di captazione (età dei pozzi);
- depressione applicata agli elementi di captazione;
- tipo di collegamento degli elementi di captazione (serie o parallelo);
- allagamento degli elementi di captazione da parte dei percolati.

Il coefficiente di efficienza (KC) non è inoltre costante nel tempo.

Il Coefficiente Kc è fortemente condizionato dallo stato di chiusura (lotti completati e coperti) della discarica, è quindi prevedibile che a seguito della chiusura definitiva della discarica, il coefficiente di captazione potrà migliorare sensibilmente.

Occorre inoltre prevedere che col passare del tempo l'impianto di captazione tende a ridurre le proprie prestazioni di captazione, non solo per la vetustà delle dotazioni

di captazione, trasporto ed estrazione, sulle quali è possibile intervenire con interventi di manutenzione straordinaria o rifacimenti ma bensì sulle caratteristiche dei rifiuti stessi.

Per una valutazione dell'efficienza effettiva è possibile calcolare il rapporto tra i flussi di biogas effettivamente estratto dalla discarica ed i flussi di prevista produzione.

9.7.1 Captazione effettiva

I Consorzio CIPNES ha messo a disposizione i dati prestazionali del sistema di captazione e trattamento del biogas nel periodo 2013 – 2025.

Si precisa inoltre che i dati sono “complessivi”, cioè, riguardano la captazione dalla Vecchia e dalla Nuova Discarica.

Di seguito si riporta la tabella fornita dal Committente.

Dati prestazionali captazione e trattamento biogas

ANNO	BIOGAS ESTRATTO	CH ₄	RECUPERO ENERGETICO	COMBUSTIONE IN TORCIA	ENERGIA PRODOTTA
	[m ³]	[%]	[m ³]	[m ³]	[kWh]
2013	4.226.143	N.D	3.912.143	314.000	4.658.710
2014	4.121.965	N.D	3.899.637	222.329	4.561.010
2015	6.283.179	N.D	5.874.588	408.591	6.616.530
2016	3.985.397	N.D	3.411.037	574.360	4.413.560
2017	4.232.928	N.D	2.764.037	1.468.891	3.454.810
2018	4.345.198	N.D	1.849.897	2.495.301	2.198.790
2019	4.318.194	N.D	294.773	4.023.421	279.460
2020	4.658.391	N.D	1.445.840	3.212.551	1.439.560
2021	4.148.923	N.D	3.927.317	221.606	3.565.520
2022	3.516.569	N.D	3.007.613	508.956	2.319.090
2023	3.433.316	N.D	223.225	3.210.091	174.760
2024	3.168.349	N.D	2.812.013	356.336	2.447.130
2025*	1.239.523	N.D	1.184.871	54.652	949.680

(*) per il 2025 sono disponibili i dati del primo quadrimestre

Come evidente è noto il flusso del biogas estratto ma non la concentrazione media del metano, ne consegue che non è possibile definire il fattore di diluizione in aria tipico di un biogas “aspirato”.

Si prenda ad esempio la situazione effettiva al momento dei rilievi delle emissioni diffuse (28/05/2025): la concentrazione di metano rilevata (media giornaliera) è stata pari a 35,80% di metano ad indicazione che una porzione di gas estratto (circa il 30%) era aria atmosferica.

Tale osservazione induce a trattare con prudenza il dato “biogas estratto” in quanto i valori indicati sono la somma dei biogas effettivamente captati oltre che le porzioni di aria di diluizione.

Per ovviare a tale limitazione si è elaborato il dato dell’energia prodotta in quanto solo l’effettivo potere calorifico del biogas può essere trasformato in energia elettrica e non l’aria di diluizione.

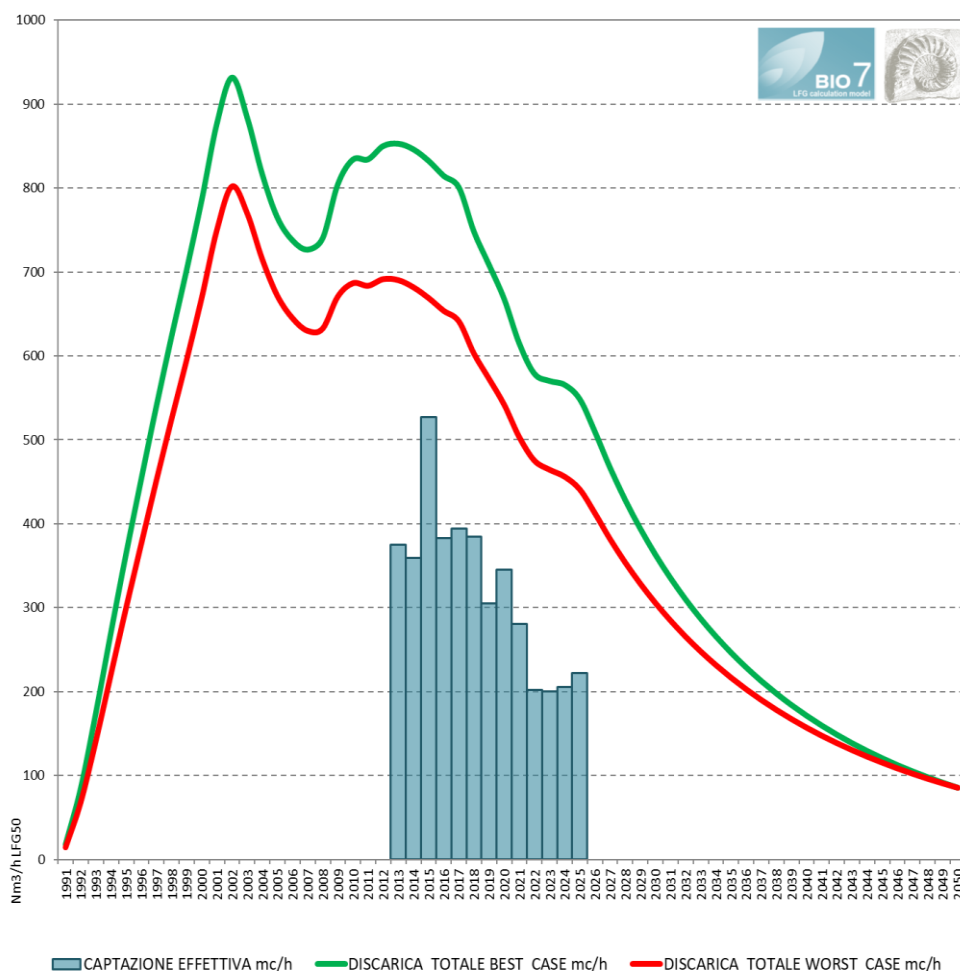
Partendo quindi dai dati di produzione energetica (kWh/anno) e considerando un rendimento elettrico del 32% ed un potere calorifico del biogas LFG50 pari a 4,79 kWh/Nm³ è stato possibile stimare il flusso di solo LFG50 utilizzato per il recupero. Dalla ripartizione con il flusso captato è stato quindi possibile ipotizzare le concentrazioni medie di metano annue che sono variabili tra il 25 ed il 42%, molto vicine al dato confermato durante il sopralluogo del 2025 (35,80%).

Quale ultimo esercizio si è provveduto a sommare i flussi destinati alla torcia ovviamente equalizzati a LFG50. Nella tabella seguente si riportano i risultati delle elaborazioni svolte e nell’ultima colonna a destra il flusso effettivo di biogas LFG50. Si precisa che i dati di captazione per l’anno 2025 sono quelli forniti da CIPNES per il giorno dei rilievi (28/05/2025).

ANNO	BIOGAS ESTRATTO	CONSUMO LFG50 DEL RECUPERO EN.			
		$[m^3/h \text{ LFG50}]$	$[m^3 CH_4]$	$[\% CH_4]$	$[m^3/h \text{ LFG50}]$
2022	1.512.976	173	756.488	25,15%	202
2023	114.014	13	57.007	25,54%	200
2024	1.596.510	182	798.255	28,39%	205
2025	1.858.716	212	929.358	26,15%	222

Nel grafico seguente si sovrappone la captazione effettiva alla curva di produzione teorica. Si osserva che la sovrapposizione riguarda la scarica complessiva (compreso il nuovo lotto) poiché la captazione attuale è relativa ai due lotti.

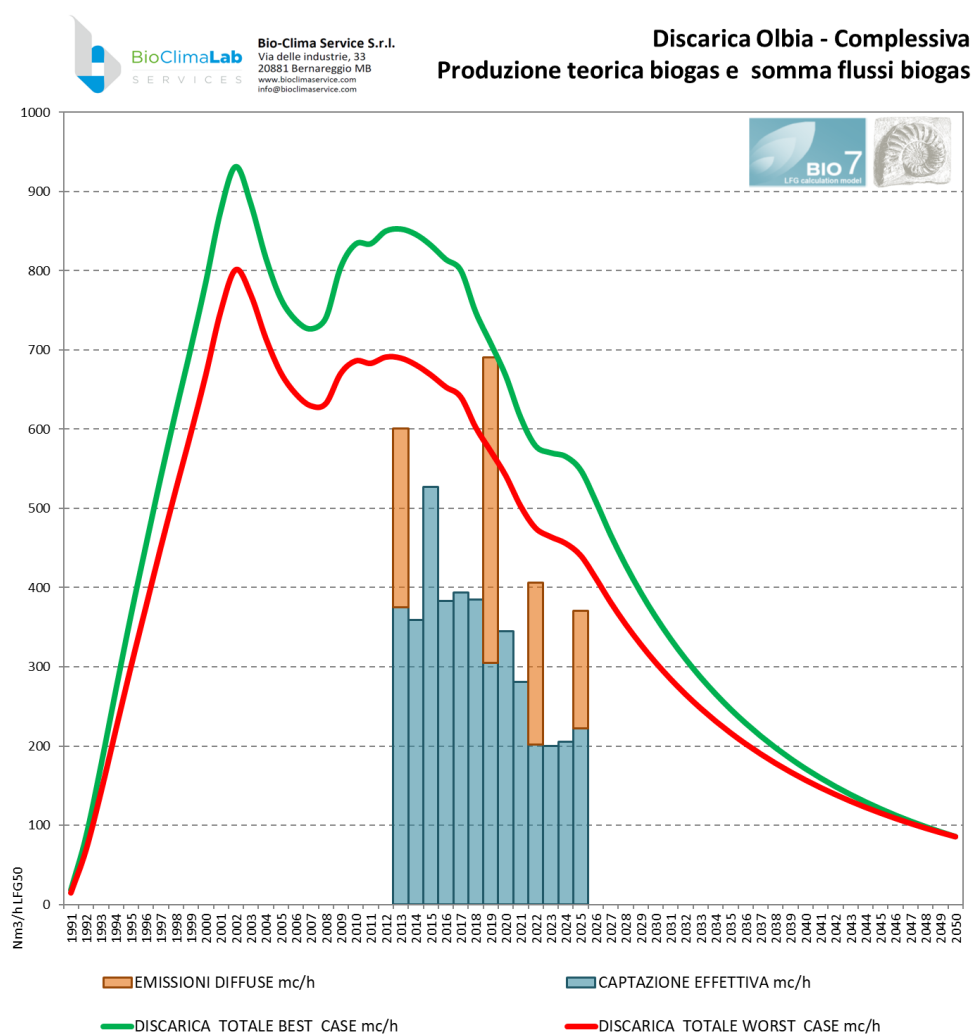
Discarica Olbia - Complessiva Produzione teorica biogas e flussi biogas captato



Al fine di verificare l'attendibilità della prospezione produttiva è possibile sommare ai flussi del biogas captato (dai due settori) i flussi di emissione diffusa emergenti dalle indagini a noi disponibili.

Tali dati riguardano le precedenti indagini svolte e di seguito riassunte:

- Flusso biogas emesso – indagine MUSE 2013: 226 Nm³/h
- Flusso biogas emesso – indagine Terre Logiche 2019: 386 Nm³/h
- Flusso biogas emesso – indagine MUSE 2022: 204 Nm³/h
 - Flusso biogas emesso – indagine 2025: VD 124,19 Nm³/h
 - Flusso biogas emesso – indagine 2025: ND 24,42 Nm³/h
- Flusso biogas emesso – indagine complessiva 2025: 149 Nm³/h



Nel grafico precedente gli istogrammi arancioni rappresentano i flussi delle emissioni diffuse che si sommano ai flussi delle captazioni effettive.

Come ben evidente, specialmente per le ultime due indagini (2019 e 2022), la somma dei flussi ricade in prossimità delle due curve di produzione teorica confermando pertanto la validità del calcolo elaborato.

9.7.2 Calcolo efficienza di captazione

Esistono due metodologie di verifica dell'efficienza di captazione intesa quale rapporto percentuale gas captato/gas prodotto.

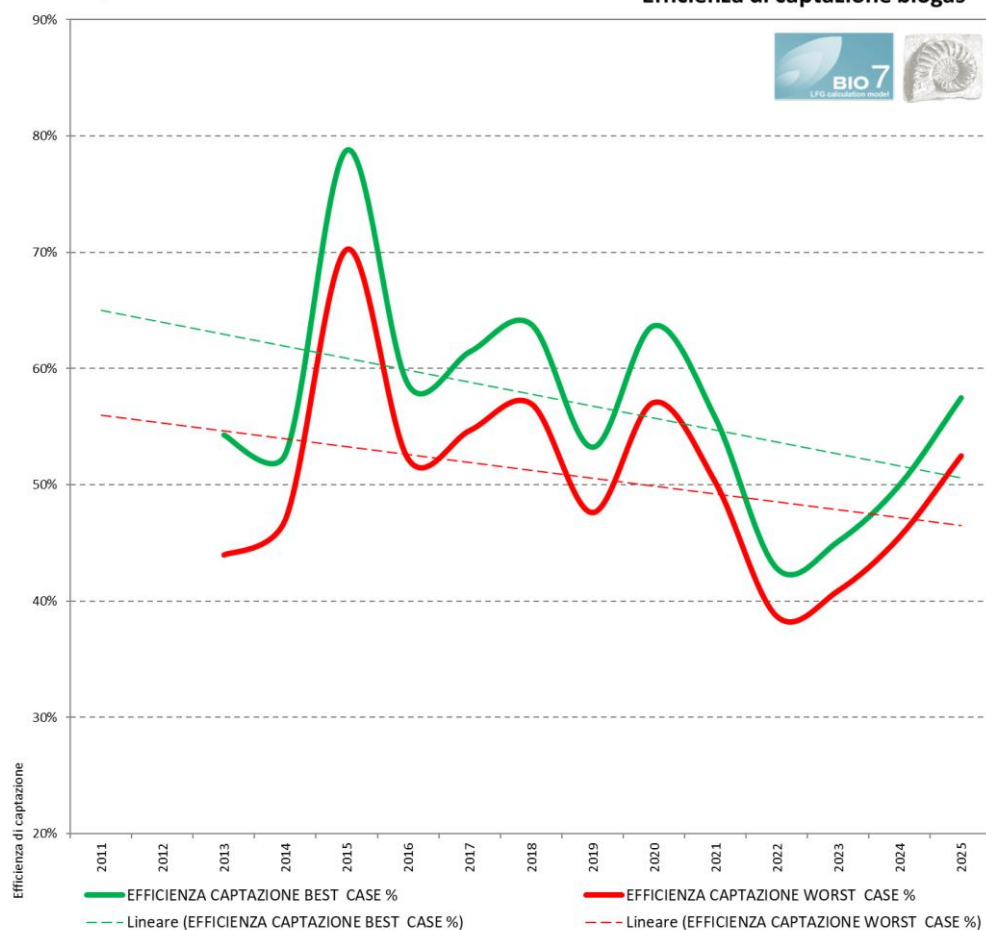
La prima si sviluppa confrontando i flussi del biogas LFG50 captato a quelli previsti dalla prospezione produttiva.

Nella tabella seguente si riportano i dati riferibili alle due ipotesi probabilistiche del modello BIO-7 e nella figura seguente il calcolo viene rappresentato graficamente.

Calcolo efficienza di captazione – primo processo di calcolo

anno	Kc Worst Case	Kc Best Case
2013	43,97%	54,30%
2014	47,01%	52,67%
2015	70,22%	78,79%
2016	52,20%	58,61%
2017	54,66%	61,45%
2018	56,97%	63,82%
2019	47,61%	53,25%
2020	57,08%	63,70%
2021	50,20%	55,76%
2022	38,69%	42,83%
2023	40,90%	45,16%
2024	45,53%	50,02%
2025	52,48%	57,50%

Discarica Olbia Vecchio Corpo Discarica Efficienza di captazione biogas



Come evidente l'efficienza di captazione è recentemente (ultimi tre anni) migliorata portandosi su valori tra il 52 e 57%

La seconda tipologia di valutazione si basa su un confronto diretto delle emissioni calcolate e delle captazioni effettive (bilancio complessivo) includendo anche una aliquota di potenziale ossidazione corticale.

Questa tipologia è molto più analitica ma è condizionata dalla situazione momentanea dell'osservazione e quindi sicuramente influenzata dalle variabili incidenti, quali ad esempio la barometria.

Lo sviluppo di tale calcolo viene espresso nel seguente capitolo.

10 BILANCIO DI MASSA COMPLESSIVO DEL BIOGAS

Il bilancio di massa complessivo è stato già in parte sviluppato nei capitoli precedenti evidenziando i diversi flussi oggetto di riscontri strumentali o misurazioni analitiche.

In effetti il concetto di “Bilancio di Massa” potrebbe essere esteso ad bilancio complessivo di tutti i flussi, convogliati e diffusi di biogas, compresi quelli solamente ipotizzabili.

Sulla base di tale logica si riepilogano i seguenti elementi di flusso:

Flussi convogliati di biogas estratto dalla rete di captazione interna alla discarica di Olbia, trattati dalla Centrale di Estrazione e trasformati in energia elettrica o bruciati in torcia adiabatica.

Il dato è già stato sviluppato nei capitoli precedenti considerando portata complessiva dell’impianto di captazione nella giornata del 28/05/2025 (somma dei flussi VD e ND)..

Flussi di biogas emessi in atmosfera dalle superfici coperte dei lotti della discarica di Olbia. Il dato viene sviluppato in parte dalla presente relazione (VD) ed in parte dalla relazione relativa al Nuovo Impianto (ND).

Flussi di biogas ossidati nello strato corticale delle superfici della discarica

Tale dato è oggettivamente impossibile da misurare anche se indubbiamente presente. L’Ente internazionale IPPC ipotizza nei propri calcoli sulle emissioni diffuse di metano da discarica che tale flusso possa essere stimabile nell’ordine del 10% dei flussi totali calcolati e considerati.

La considerazione di questo addendo migliora la valutazione dell’efficienza di captazione in quanto il fenomeno di ossidazione, anche se di tipo biologico e non termico, contribuisce alla riduzione dell’emissione di metano in atmosfera.

Flussi di biogas nel terreno (migrazioni laterali). Tali flussi sono ostacolati dalla presenza degli strati impermeabili posti sulle sponde interne e sul fondo della discarica. Al momento non sono note informazioni circa lo sconfinamento di biogas nei terreni limitrofi e pertanto tale flusso viene considerato come pari a zero.

Sintesi. Si riporta di seguito la sintesi dei singoli addendi del bilancio dei flussi riferito alla data del sopralluogo del 28/05/2025 tutti i dati sono espressi nella medesima unità di misura: LFG₅₀.

• Flussi di biogas captato e ossidato termicamente (1):	370 m ³ /h LFG ₅₀
• Flussi di biogas emesso in atmosfera aree coperte (2):	149 m ³ /h LFG ₅₀
• Flussi di biogas emesso in atmosfera aree non coperte:	non considerato
• Flussi di biogas bio-ossidato dalle superfici (3):	49 m ³ /h LFG ₅₀
• Flussi di migrazioni laterali nel terreno:	non considerato
• Somma flussi intercettati e trattati (4):	419 m ³ /h LFG ₅₀
• Somma flussi emessi:	149 m ³ /h LFG ₅₀
• Somma flussi considerati (5)	568 m ³ /h LFG ₅₀
• Efficienza captazione da bilancio di massa (6):	73,77%

Note:

- (1): Dato medio prestazionale della giornata del 28/05/2025 (12.395 Nm³/giorno con metano al 35,80%) equiparato a LFG₅₀;
- (2): Dato da indagine emissioni "reali" in atmosfera biogas della giornata del 28/05/2025 (124 m³/h LFG₅₀ VD e 24 m³/h LFG₅₀ ND);
- (3): 10% della media tra la produzione teorica BC (548 m³/h LFG₅₀) e quella WC (441 m³/h LFG₅₀) riferita alla somma dei due lotti VD e ND;
- (4): Somma flussi captazione (370 m³/h LFG₅₀) e ossidazione corticale (49 m³/h LFG₅₀);
- (5): Somma flussi intercettati (419 m³/h LFG₅₀) e flussi emessi (149 m³/h LFG₅₀);
- (6): Rapporto tra flussi intercettati (419 m³/h LFG₅₀) e flussi considerati (568 m³/h LFG₅₀).

11 CALCOLO EMISSIONI ESPRESSE IN T/A (EPRTR)

Tra le categorie identificate dall'allegato 1 del D.lgs. 372/99 compaiono chiaramente al punto 5.4 le "Discariche che ricevono più di 10 tonnellate al giorno o con una capacità totale di oltre 25.000 tonnellate, ad esclusione delle discariche per rifiuti inerti".

È quindi evidente che quasi tutte le discariche per rifiuti non pericolosi rientrano nella categoria di interesse della IPPC.

La direttiva comunitaria 96/61/CE, ed il decreto attuativo 372/99, impongono alle discariche rientranti nelle categorie riportate in allegato 1, di rispettare i valori limiti d'emissione fissati, in accordo all'autorità competente, in base alle migliori tecnologie adottate.

Il decreto 372 è stato abrogato e sostituito dal D.Lgs. n. 59/2005 del 18/02/2005 (in vigore fino al 20/08/2010), poi "inglobato" nel 2010 nel Testo Unico Ambientale (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. – Parte seconda: "Procedure per la valutazione ambientale strategica (VAS), per la valutazione d'impatto ambientale (VIA) e per l'autorizzazione ambientale integrata (IPPC)")

dal correttivo D.Lgs. del 29 giugno 2010, n. 128 che ha abrogato il D.Lgs. n. 59/2005.

Il riferimento specifico è: Allegato VIII alla Parte seconda del decreto legislativo n. 152/2006 - Categorie di attività industriali di cui all'articolo 6, comma 12

Per quanto concerne le emissioni in aria, causate dalla produzione di biogas, gli inquinanti che le discariche devono dichiarare sono metano e biossido di carbonio. I valori soglia relativi a questi componenti tipici del biogas sono rispettivamente a 100 t/anno per il metano e 100.000 t/anno per l'anidride carbonica.

Il dato suddetto è normalmente utilizzato ai fini dell'aggiornamento del registro integrato delle emissioni e dei trasferimenti di sostanze inquinanti "PRTR" (Pollution Release and Transfer Register) che fa parte del Registro Europeo

“Registro E-PRTR” che tiene conto di tutte le dichiarazioni provenienti dai complessi impiantistici ubicati sul territorio dell’Unione Europea ai sensi del Regolamento CE 166/2006 modificato dal Regolamento CE 596/2009 (ex dichiarazione INES). In pratica il superamento delle soglie PRTR precedentemente riportate obbliga il gestore dell’impianto ad effettuare la dichiarazione delle emissioni.

Come premesso la Norma IPPC (Registro E-PRTR) definisce una soglia di riferimento oltre la quale considerare gli impianti “oggetto di dichiarazione”.

La soglia non è correlata alla dimensione della discarica ma riferibile a tutte le *“Discariche che ricevono più di 10 tonnellate al giorno o con una capacità totale di oltre 25.000 tonnellate”*.

Ne consegue che tale indice è puramente indicativo in quanto riferibile solo ad un fattore di “significatività” dell’impianto e non alla condizione di effettiva emissione. La verifica è stata svolta trasformando il dato di emissione di metano da $\text{mg}\cdot\text{s}^{-1}$ a t/anno.

- Emissione media di metano reale: **76,68 t/anno**
- Emissione media di metano ponderato: **46,33 t/anno**

Dato di riferimento

- Emissione di metano: **100 t/anno**

Ne risulta quindi che **la situazione osservata risulta essere CONFORME al riferimento IPPC** (anche senza l’applicazione delle valutazioni ponderate) di emissione diffusa per quanto riguarda il quantitativo di metano emesso.

Anidride carbonica

Per quanto riguarda la soglia di riferimento del biossido di carbonio indicata dall’IPPC non si ritiene ci siano problemi in quanto, pur essendo la CO_2 dotata di

massa maggiore del CH₄, il riferimento è comunque 1.000 volte superiore a quello del metano.

Sviluppando analiticamente tale concetto e assumendo come riferimento una miscela standard (LFG50) di biogas composta al 50% da metano ed al 35% da anidride carbonica si desume, per calcolo, l'emissione media di anidride carbonica annua:

- Emissione di anidride carbonica reale: **148,00 t/anno**
- Emissione di anidride carbonica (dato ponderato): **89,42 t/anno**

Dato di riferimento

- Emissione di anidride carbonica: **100.000 t/anno**

Tale verifica conferma quindi **l'ampio margine rispetto al limite di riferimento della Norma IPPC.**

Anche volendo imporre un rapporto tipico tra i due gas come modificato dai fenomeni di emissione corticale e pari al fattore (CH₄ / CO₂) 0,5 si osserva un incremento di circa 3 volte del flusso di anidride carbonica emessa, ne consegue un flusso emissivo aggiornato a:

- Emissione di anidride carbonica reale: **444,00 t/anno**
- Emissione di anidride carbonica (dato ponderato): **268,27 t/anno**

Dato di riferimento

- Emissione di anidride carbonica: **100.000 t/anno**

Come evidente il flusso di CO₂, anche se incrementato, rimane circa il 0,4% della soglia IPPC ad indicazione dello scarso interesse ambientale circa questo tipo di emissione e pertanto confermando la non necessità di rilievi analitici di questo tipo di gas.

Tale verifica conferma quindi l'ampio margine rispetto al limite di riferimento della Norma IPPC.

In conclusione, si ritiene che **l'iscrizione al registro E-PRTR NON sia necessaria.**

Ovviamente, se la valutazione viene estesa all'intero complesso che comprende anche la vecchia discarica occorrerà considerare la somma delle singole prestazioni.

12 VERIFICA CONFORMITA' D.LGS 121/20

L'argomento della gestione del biogas viene affrontato nel D.Lgs 121/20 dove vengono proposti due limiti di riferimento: il primo riguarda la "soglia" al di sotto della quale è ammessa la "bio-ossidazione in situ" cioè l'utilizzo di una copertura ossidativa. Tale soglia corrisponde a $0,001 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4/\text{m}^2/\text{h}$.

Applicando tale limite alla discarica in oggetto emerge la seguente valutazione.

Per la superficie di 14.800 m^2 l'emissione limite sarebbe quello di **$14,8 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4/\text{h}$** equivalente a **circa $30 \text{ Nm}^3/\text{h}$ LFG50** flusso inferiore al flusso stimato come produzione attuale (tra 55 e $88 \text{ Nm}^3/\text{h}$ LFG50).

Ne consegue che **una bio-ossidazione al momento non sia applicabile.**

Il secondo riferimento indicato dal D.lgs. 121/20 è il limite minimo di flusso al di sopra del quale è obbligatorio il recupero energetico. Tale limite viene indicato in $100 \text{ Nm}^3/\text{h}$ di biogas.

In questo caso la soglia non viene raggiunta e **pertanto il biogas captato dalla Nuova Discarica viene ossidato termicamente.**

13 INDAGINI TERMOMETRICHE E COMMENTI

Il Capitolato Tecnico CIPNES richiede specificatamente che *“l’indagine dovrà prevedere riprese termometriche dell’intero corpo discarica.”*

La termografia è un metodo che consente di passare dalla misura senza contatto della radiazione infrarossa alla distribuzione di temperatura superficiale su un corpo.

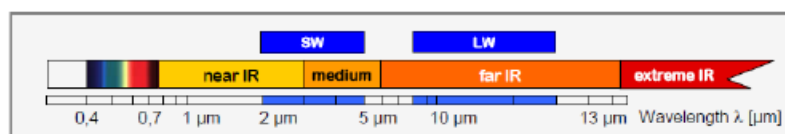
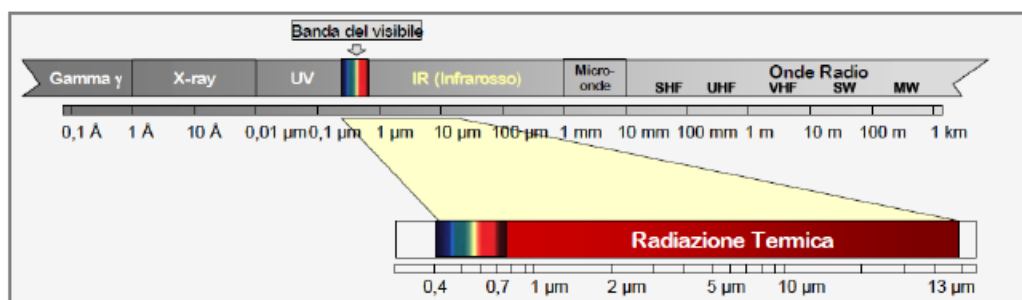
Per effettuare correttamente la conversione tra radianza ricevuta dal sensore dello strumento e distribuzione di temperatura superficiale, sono necessari una serie di conoscenze, analisi ed impostazioni che sono oggetto di specifica formazione.

Lo strumento (termocamera a infrarossi) rileva infatti non solo la radiazione termica emessa dall’oggetto indagato, ma anche la radiazione che esso riflette, ed eventualmente trasmette. Dal momento che solo la radiazione emessa fornisce informazioni sulla reale temperatura superficiale dell’oggetto, è necessario che l’operatore sia in grado di distinguere tra i diversi contributi radiativi rilevati dallo strumento, per evitare di incorrere in errori. La termografia, non richiedendo il contatto fisico con l’oggetto della misura, si presta ottimamente all’ispezione dei componenti sotto carico ovvero nelle condizioni di lavoro e senza interruzione del ciclo produttivo.

Una delle applicazioni della termografia consiste nell’ispezione d’impianti di discarica dove le temperature di potenziale emissione del biogas sono superiori alle temperature dell’ambiente circostante.

13.1 Principi della termografia.

Tutti gli oggetti aventi una temperatura al di sopra dello zero assoluto ($-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$) emettono radiazioni infrarosse; queste radiazioni, invisibili per l’occhio umano, vengono rilevate dalla termo-camera che le rielabora e le presenta su schermo in una forma visibile.



Spettro elettromagnetico in base alla lunghezza d'onda

Le termocamere non misurano la temperatura direttamente, ma l'intensità della radiazione infrarossa emessa da un corpo. Quest'ultima dipende dalle caratteristiche del corpo stesso, nonché dalla temperatura; la legge di Stefan-Boltzmann precisa che l'intensità della radiazione infrarossa dipende dalla quarta potenza della temperatura.

Le radiazioni infrarosse emesse dagli oggetti e captate dalle termocamere si propagano attraverso l'atmosfera; purtroppo, questa non trasmette ugualmente bene tutte le lunghezze d'onda, ma si comporta in modo selettivo: radiazioni di certe lunghezze d'onda vengono trasmesse quasi inalterate, mentre altre vengono quasi interamente assorbite. Per questa ragione tutte le termo-camere sono progettate per captare le lunghezze d'onda trasmesse, individuate da due cosiddette "finestre" corrispondenti alle lunghezze d'onda di 3÷5 μm (finestra onde corte, SW) e 8÷12 μm (finestra onde lunghe, LW).

Queste radiazioni attraversano l'aria e l'atmosfera e giungono alla termocamera, che ha un sensore o, meglio, una griglia di sensori, in numero pari alla risoluzione del sensore: ad es., un sensore 160x120, come quello della termocamera

utilizzata, è in realtà costituito da 19.200 sensori, ognuno dei quali è in grado di rilevare un'intensità di raggi infrarossi nel suo corrispondente campo visivo.

Il sensore trasforma la radiazione in un segnale elettrico, che può essere elaborato e rappresentato sotto forma di immagine: il termogramma.

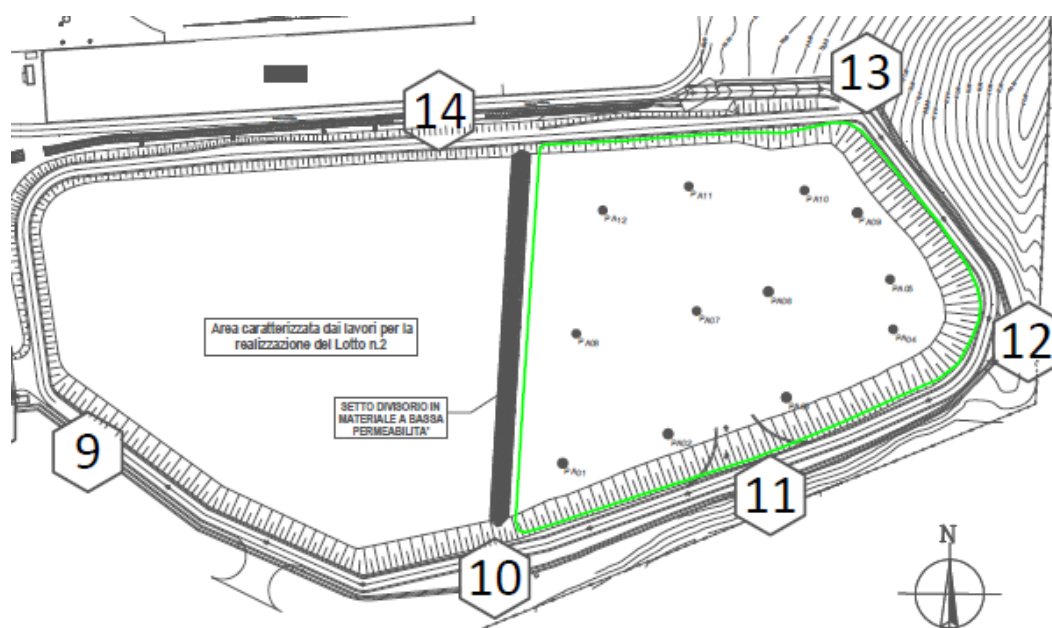
La termo-camera misura, dunque, una radiazione: in realtà, ciò che spesso interessa è la temperatura. Una termo-camera è in grado di convertire radiazione in temperatura se è stata calibrata su un preciso campione di riferimento, e se le variabili immesse dal tecnico che esegue la prova rispecchiano quanto più possibile le condizioni e le caratteristiche dell'oggetto e dell'ambiente circostante.

13.2 Caratteristiche sito-specifiche.

La discarica oggetto della indagine è posizionata a soli 4 km dall'aeroporto di Olbia, tale localizzazione rende particolarmente complessa l'esecuzione di indagini termografiche aeree per le quali occorre ottenere particolari autorizzazioni.

Sulla base di questa condizione si è ritenuto di procedere come nelle precedenti indagini svolgendo una indagine "da terra" utilizzando più punti di ripresa scelti nel contorno della discarica.

Nelle figure seguenti si identificano le posizioni dei 6 punti di rilievo utilizzati numerati da P9 a P14 in continuazione della toponomastica usata per la Vecchia Discarica



Punti di rilievo termografico (tavola D-02)



Punti di rilievo termografico

13.3 Condizioni ambientali dei rilievi

I rilievi termografici evidenziano anomalie termiche rappresentate da potenziali emissioni di biogas dalla discarica. I gas biologici, essendo generati da un fenomeno tipicamente esotermico, quale la fermentazione, sono caratterizzati da una temperatura tipica generalmente superiore ai 30°C.

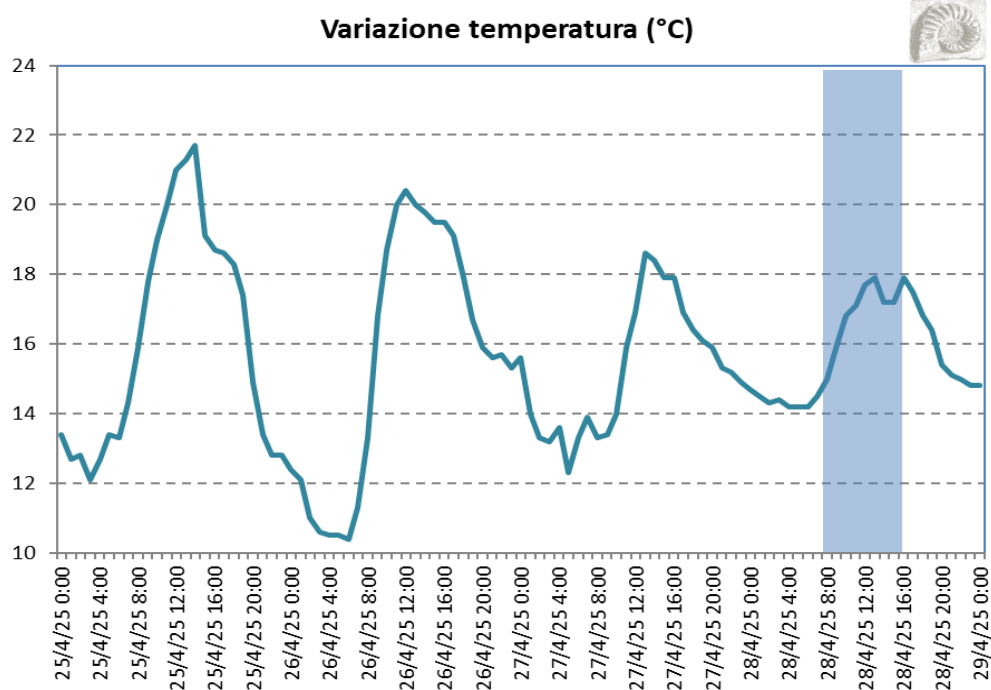
Tale temperatura tende a modificarsi in funzione dall'entità del flusso e dalla tipologia degli strati superficiali delle coperture. Ovviamente tale emissione è tanto più evidente quanto è maggiore la differenza tra la temperatura emissiva rispetto a quella della superficie di emissione.

Nel corso di giornate calde od al termine delle stesse l'irraggiamento solare può riscaldare la superficie oltre la temperatura di emissione rendendo "invisibile" il flusso di gas.

Il periodo dell'anno scelto per l'indagine (fine maggio) e le condizioni meteo erano sufficientemente adeguate per fornire un "contrasto termografico", per ottimizzare ulteriormente tale condizione si è preferito svolgere l'indagine nelle ore più fredde, all'alba.

I rilievi sono stati eseguiti dalle ore 05:00 del giorno 28/05/2025, la stessa data dei rilievi di emissioni diffuse. Per tale giornata il sorgere del sole era indicato alle ore 05:40 (tramonto 20:35) e la temperatura ambientale è stata variabile tra 14 e 18°C. Si riporta di seguito il grafico delle temperature rilevate dalla Centralina meteo CIPNES.

La temperatura indicata come "riflessa" è stata impostata a 20°C.



13.4 Strumentazione utilizzata

I rilievi termografici sono stati eseguiti con una termocamera portatile FLIR modello e5XT. Si riportano di seguito le caratteristiche tecniche:

Attributo	Valore
Gamma misure di temperatura	-20 → +250 °C.
Risoluzione rilevatore	160 x 120 pixel
Risoluzione display	320 x 240 pixel
Numero modello	E5-XT
Sensibilità termica	<100mK
Precisione migliore di misura temperatura	±2 °C, ±2%, ±3,6 °F
Tipo di messa a fuoco	Automatico
Distanza di minima di messa a fuoco	0.5 m
Dimensioni display	3 poll
Risoluzione spaziale IFOV	5.2 mrad
Peso	570 g



La termocamera utilizzata aveva numero di serie: 639136648.


Sono stati eseguiti 132 rilievi termografici acquisendo parallelamente le immagini fotografiche in chiaro. I Termogrammi sono stati elaborati con lo specifico software FLIR TOOLS e IRT per una analisi più approfondita.

Per la valutazione complessiva del Vecchio Corpo Discarica sono stati scelti 19 termogrammi di seguito rappresentati e commentati.

13.5 Punto P09

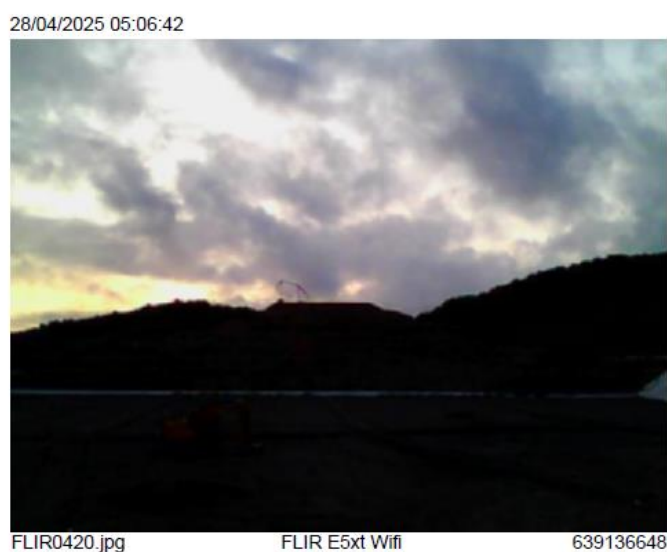
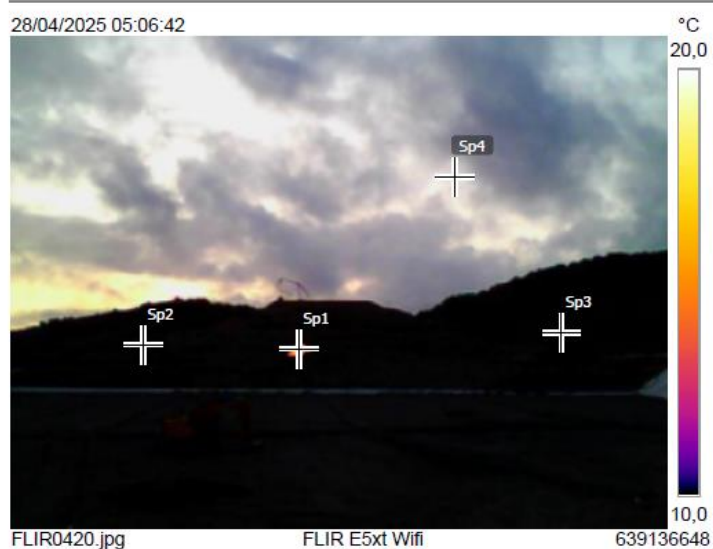
Punto P9 – rilievo A

Misurazioni

Sp1	17,1 °C
Sp2	3,2 °C
Sp3	1,2 °C
Sp4	-29,2 °C 

Parametri


Emissività	0.5
Temp. rifl.	20 °C



- Spot Point SP1: temperatura potenziale emissione
- Spot Point SP2: temperatura potenziale emissione
- Spot Point SP3: temperatura sponda scarica
- Spot Point SP4: temperatura orizzonte libero

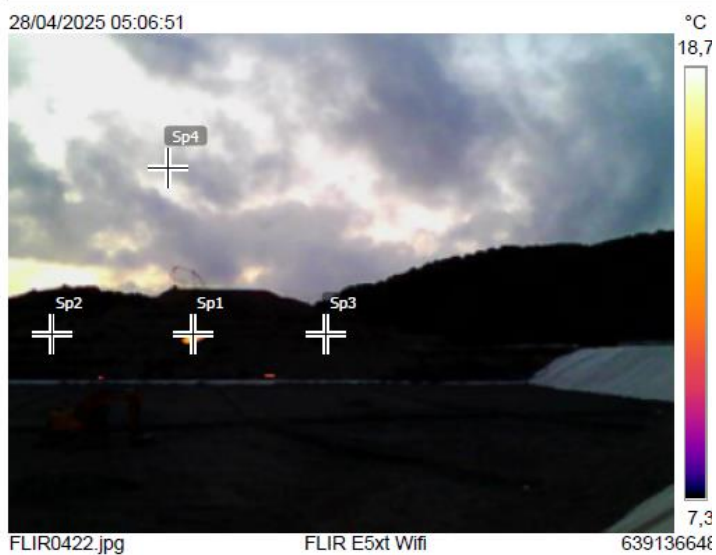
Punto P9 – rilievo B

Misurazioni

Sp1	16,0 °C
Sp2	2,5 °C
Sp3	1,6 °C
Sp4	-23,6 °C 

Parametri

Emissività	0.4
Temp. rifl.	20 °C



- Spot Point SP1: temperatura potenziale emissione
- Spot Point SP2: temperatura potenziale emissione
- Spot Point SP3: temperatura sponda discarica
- Spot Point SP4: temperatura orizzonte libero

Commenti Punto P9:

Si evidenzia solo un punto molto limitato nella superficie e molto distante dal punto di rilievo probabilmente corrispondente ad una testa di pozzo per la captazione del biogas. La temperatura rilevata, nell'ordine di 16°C evidenzia una variazione rispetto alle aree circostanti di circa 14 °C.

13.6 Punto P10

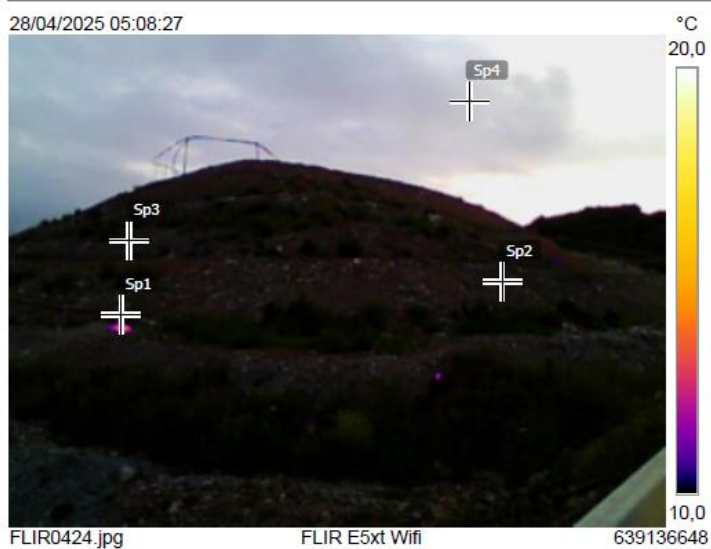
Punto P10 – rilievo A

Misurazioni

Sp1	15,5 °C
Sp2	-0,9 °C
Sp3	0,3 °C
Sp4	-14,3 °C

Parametri

Emissività	0.5
Temp. rifl.	20 °C



28/04/2025 05:08:27



- Spot Point SP1: temperatura testa di pozzo biogas
- Spot Point SP2: temperatura potenziale emissione
- Spot Point SP3: temperatura sponda scarica
- Spot Point SP4: temperatura orizzonte libero

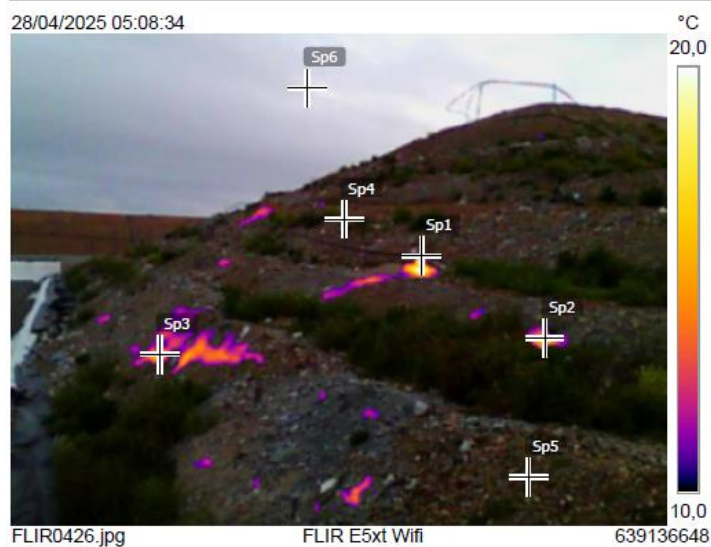
Punto P10 – rilievo B

Misurazioni

Sp1	20,0 °C
Sp2	14,9 °C
Sp3	14,7 °C
Sp4	9,1 °C
Sp5	7,8 °C
Sp6	-6,9 °C

Parametri

Emissività	0.5
Temp. rifl.	20 °C



- Spot Point SP1: temperatura testa di pozzo biogas
- Spot Point SP2: temperatura potenziale emissione
- Spot Point SP3: temperatura potenziale emissione
- Spot Point SP4: temperatura sponda scarica
- Spot Point SP5: temperatura sponda scarica
- Spot Point SP6: temperatura orizzonte libero

Commenti Punto P10:

Nella seconda ripresa (B) del punto P10 si evidenziano maggiori anomalie termiche.

Il punti SP1 è una testa di pozzo e la temperatura riflessa è di 20,0°C. Sulle sponde si osservano altre anomalie (SP2 e SP3), potenzialmente emissioni di con variazione termica di circa 11°C.

La differenza delle temperature e la disposizione dei gradienti è abbastanza chiara per definire un fenomeno di emissione esotermica.

13.7 Punto P11

Punto P11 – rilievo A

Misurazioni

Sp1	20,6 °C
Sp2	20,2 °C
Sp3	19,7 °C
Sp4	15,1 °C
Sp5	7,2 °C
Sp6	4,9 °C
Sp7	5,4 °C
Sp8	-30,4 °C ⚠

Parametri

Emissività	0.5
Temp. rifl.	20 °C



- Spot Point SP1: temperatura testa di pozzo biogas
- Spot Point SP2 – SP3 – SP4: temperatura potenziale emissione
- Spot Point SP5 – SP6: temperatura sponda scarica
- Spot Point SP7: temperatura tubazione trasporto biogas
- Spot Point SP8: temperatura orizzonte libero

Punto P11 – rilievo B

Misurazioni

Sp1	19,2 °C
Sp2	17,6 °C
Sp3	6,0 °C
Sp4	8,4 °C
Sp5	-11,9 °C

Parametri

Emissività	0.5
Temp. rifl.	20 °C



- Spot Point SP1: temperatura potenziale emissione
- Spot Point SP2: temperatura potenziale emissione
- Spot Point SP3: temperatura sponda discarica
- Spot Point SP4: temperatura sponda discarica
- Spot Point SP5: temperatura orizzonte libero

Punto P11 – rilievo C

Misurazioni

Sp1	22,3 °C
Sp2	0,9 °C
Sp3	4,6 °C
Sp4	-30,0 °C 

Parametri

Emissività	0.3
Temp. rifl.	20 °C



- Spot Point SP1: temperatura testa di pozzo biogas
- Spot Point SP2: temperatura sponda discarica
- Spot Point SP3: temperatura sponda discarica
- Spot Point SP4: temperatura orizzonte libero

Commenti Punto P11:

Nella panoramica si osservano le prime riprese da ovest verso est con maggiori presenze di anomalie termiche.

Nella ripresa A si osserva un'anomalia di quasi 15°C in corrispondenza di una testa di pozzo biogas. Si evidenziano inoltre alcune importanti anomalie termiche distribuite sulla sponda con variazione termica di circa 15°C, equivalente a quella della testa di pozzo.

In corrispondenza della tubazione di trasporto biogas (pensile) osservata nella ripresa SP7 non si evidenzia dissipazione di calore, cosa invece prevedibile per una linea dove transita il gas.

Nella ripresa B si osservano in primo piano due evidenti anomalie (SP1 e SP2) dalla sponda con variazione termica di 11°C.

Nella ripresa C, verso est, non si osservano anomalie se non in corrispondenza di una testa di pozzo (SP1).

La differenza delle temperature e la disposizione dei gradienti con nette variazioni in spazi limitati è abbastanza chiara per definire un fenomeno di emissione termica.

13.8 Punto P12

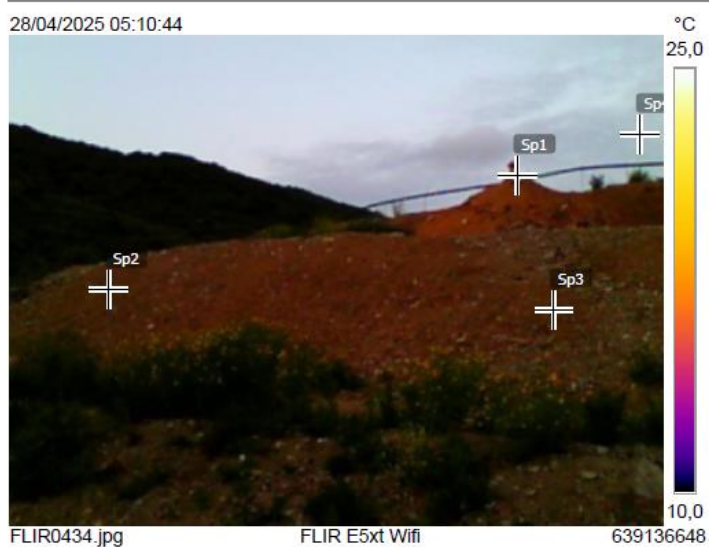
Punto P12 – rilievo A

Misurazioni

Sp1	32,7 °C
Sp2	10,0 °C
Sp3	2,4 °C
Sp4	-40,0 °C ❌

Parametri

Emissività	0.3
Temp. rifl.	20 °C



- Spot Point SP1: temperatura testa di pozzo biogas
- Spot Point SP2: temperatura sponda scarica
- Spot Point SP3: temperatura sponda scarica
- Spot Point SP4: temperatura orizzonte libero

Punto P12 – rilievo B

Misurazioni

Sp1	14,1 °C
Sp2	12,8 °C
Sp3	7,9 °C
Sp4	9,2 °C
Sp5	10,0 °C
Sp6	-2,9 °C

Parametri

Emissività	0.5
Temp. rifl.	20 °C



- Spot Point SP1: temperatura testa di pozzo biogas
- Spot Point SP2: temperatura testa di pozzo biogas
- Spot Point SP3: temperatura sponda discarica
- Spot Point SP4: temperatura sponda discarica
- Spot Point SP5: tubazione trasporto biogas
- Spot Point SP6: temperatura orizzonte libero

Commenti Punto P12:

Non si evidenziano anomalie termiche importanti nella visuale verso sud (A) salvo per la testa di pozzo già evidenziata dal punto P11.


Verso nord (B) si osserva un'anomalia presso la testa di pozzo biogas e nella sponda immediatamente limitrofa. La variazione termica per questi due punti è di circa 5 °C.

Si osserva che la temperatura del tubo di trasporto biogas (SP5) non presenta variazioni termiche.

13.9 Punto P13

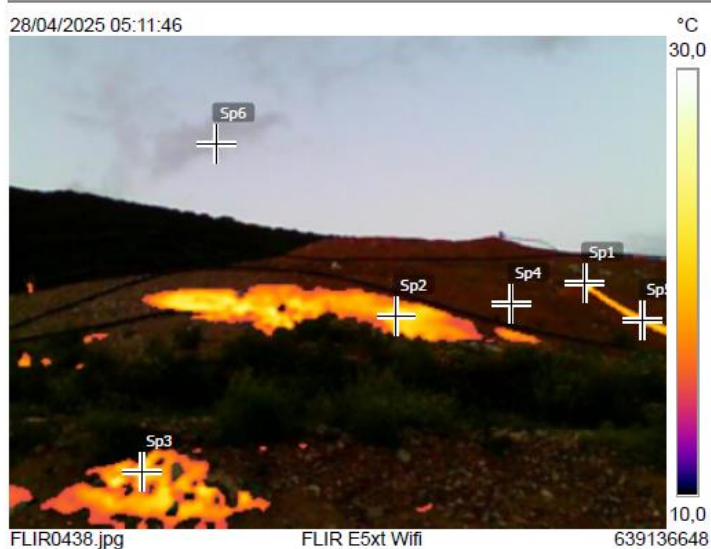
Punto P13 – rilievo A

Misurazioni

Sp1	18,4 °C
Sp2	24,1 °C
Sp3	25,0 °C
Sp4	11,0 °C
Sp5	21,0 °C
Sp6	-29,8 °C 

Parametri

Emissività	0.5
Temp. rifl.	20 °C



- Spot Point SP1: temperatura testa di pozzo biogas
- Spot Point SP2: temperatura potenziale emissione
- Spot Point SP3: temperatura potenziale emissione
- Spot Point SP4: temperatura sponda scarica
- Spot Point SP5: temperatura tubo trasporto biogas
- Spot Point SP6: temperatura orizzonte libero

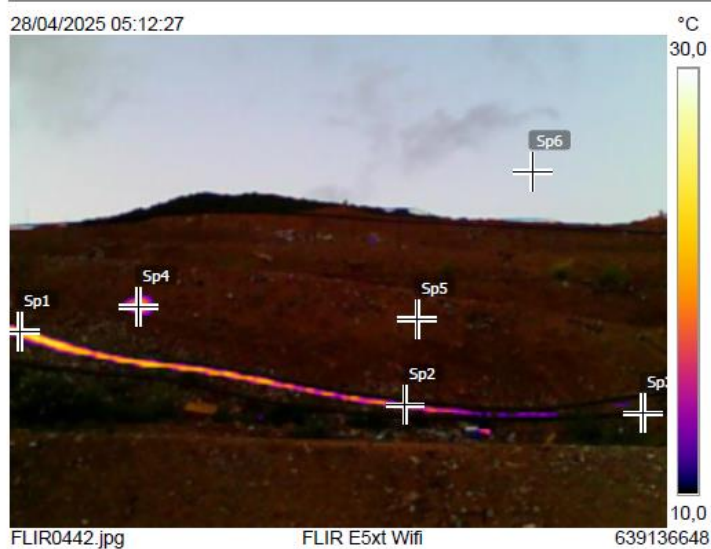
Punto P13 – rilievo B

Misurazioni

Sp1	23,9 °C
Sp2	18,4 °C
Sp3	-3,2 °C
Sp4	19,4 °C
Sp5	1,0 °C
Sp6	-40,0 °C ❌

Parametri


Emissività	0.3
Temp. rifl.	20 °C



- Spot Point SP1: temperatura tubazione trasporto biogas
- Spot Point SP2: temperatura tubazione trasporto biogas
- Spot Point SP3: temperatura sponda scarica
- Spot Point SP4: temperatura potenziale emissione
- Spot Point SP3: temperatura sponda scarica
- Spot Point SP6: temperatura orizzonte libero

Punto P13 – rilievo C

Misurazioni

Sp1	24,5 °C
Sp2	14,7 °C
Sp3	15,5 °C
Sp4	6,2 °C
Sp5	-4,3 °C
Sp6	-4,5 °C
Sp7	-24,4 °C 

Parametri

Emissività	0.3
Temp. rifl.	20 °C



- Spot Point SP1: temperatura potenziale emissione
- Spot Point SP2: temperatura testa di pozzo biogas
- Spot Point SP3: temperatura testa di pozzo biogas
- Spot Point SP4 – SP5: temperatura sponda scarica
- Spot Point SP6: temperatura sponda
- Spot Point SP7: temperatura orizzonte libero

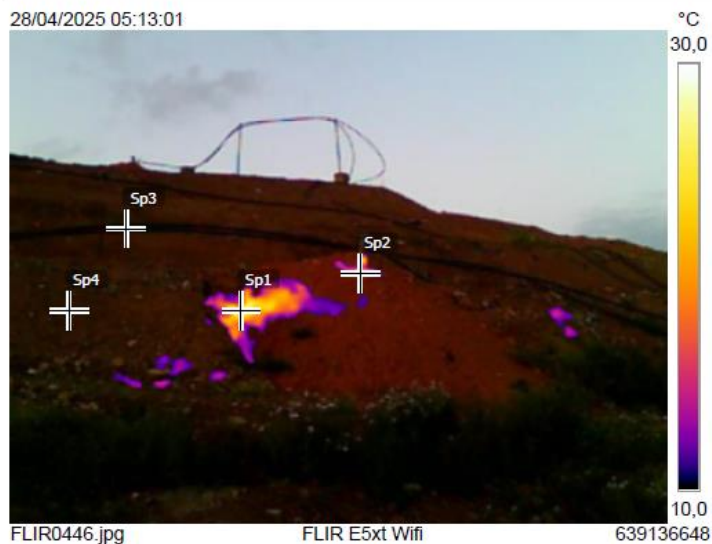
Punto P13 – rilievo D

Misurazioni

Sp1	28,4 °C
Sp2	27,1 °C
Sp3	-2,7 °C
Sp4	-2,6 °C

Parametri

Emissività	0.3
Temp. rifl.	20 °C



- Spot Point SP1: temperatura potenziale emissione
- Spot Point SP2: temperatura testa di pozzo biogas
- Spot Point SP3: temperatura tubazione biogas
- Spot Point SP4: temperatura sponda scarica

Commenti Punto P13:

Nelle riprese A e B si evidenziano alcune anomalie termiche sulle sponde con variazioni importanti di temperatura.

Si osserva la presenza di tubazioni di trasporto “calde” (riprese A e B punti SP1 E SP2) che indicano una corretta dispersione causata dal “passaggio” del gas.

In particolare nella ripresa B si evidenzia come la temperatura nella tubazione si riduce a causa del raffreddamento indotto dall’ambiente esterno.

Si osserva una evidente anomalia termica alla base del rilevato di sostegno di una testa di pozzo (SP1 nei rilievi C e D) con temperatura di circa 28 C°.

La testa di pozzo corrispondente ha circa la stessa temperatura dell’emissione.

Non si osserva invece una dispersione termica della tubazione di trasporto biogas ad indicazione di una potenziale assenza di flusso.

13.10 Punto P14

Punto P14 – rilievo A

Misurazioni

Sp1	26,3 °C
Sp2	8,5 °C
Sp3	19,0 °C
Sp4	-3,2 °C

Parametri

Emissività	0.5
Temp. rifl.	20 °C



- Spot Point SP1: temperatura testa di pozzo biogas
- Spot Point SP2: temperatura sponda scarica
- Spot Point SP3: temperatura tubazione biogas
- Spot Point SP4: temperatura orizzonte libero

Punto P14 – rilievo B

Misurazioni

Sp1	45,3 °C
Sp2	31,4 °C
Sp3	-4,7 °C
Sp4	3,2 °C
Sp5	-20,2 °C 

Parametri

Emissività	0.3
Temp. rifl.	20 °C



- Spot Point SP1: temperatura testa di pozzo biogas
- Spot Point SP2: temperatura tubazione biogas
- Spot Point SP3: temperatura sponda discarica
- Spot Point SP4: temperatura sponda discarica
- Spot Point SP5: temperatura orizzonte libero

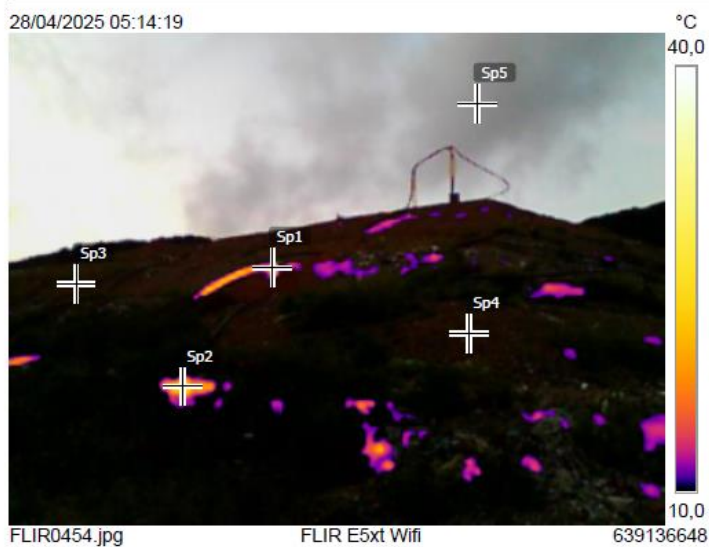
Punto P14 – rilievo C

Misurazioni

Sp1	29,3 °C
Sp2	23,7 °C
Sp3	5,2 °C
Sp4	5,8 °C
Sp5	0,0 °C

Parametri


Emissività	0.5
Temp. rifl.	20 °C



- Spot Point SP1: temperatura testa di pozzo biogas
- Spot Point SP2: temperatura potenziale emissione
- Spot Point SP3: temperatura sponda scarica
- Spot Point SP4: temperatura sponda scarica
- Spot Point SP5: temperatura orizzonte libero

Punto P14 – rilievo D

Misurazioni

Sp1	23,4 °C
Sp2	-2,1 °C
Sp3	-2,0 °C
Sp4	-40,0 °C 

Parametri

Emissività	0.3
Temp. rifl.	20 °C



- Spot Point SP1: temperatura testa di pozzo biogas
- Spot Point SP2: temperatura sponda discarica
- Spot Point SP3: temperatura sponda discarica
- Spot Point SP4: temperatura orizzonte libero

Commenti Punto P14:

Sul lato nord della Nuova Discarica (riprese A, B e C) non si osservano situazioni preoccupanti, le uniche anomalie termiche sono in corrispondenza delle dotazioni di captazione e trasporto biogas. In particolare l'osservazioni delle tubazioni biogas "calde" denota una efficienza del sistema di captazione con la conferma del trasporto dei gas caldi nella rete.

Anche sul lato ovest, di confine con il futuro lotto 2, non si evidenziano particolari anomalie.

13.11 Conclusioni indagini termografiche

Le indagini termografiche hanno evidenziato la capacità di rilevare anche minime variazioni termiche utili ad indicare potenziali emissioni di biogas.

Sono state rilevate genericamente tre condizioni di seguito commentate:

- Temperature più basse tra 2 e 5 °C rappresentati il terreno (di copertura della discarica o esterno) senza alterazioni da anomalie termiche;
- Temperature più elevate e variabili tra 10 e 15 °C rappresentanti potenziali emissioni di biogas localizzate sulle sponde della discarica. L'alterazione è comunque contenuta e pertanto non è possibile definire con certezza l'emissione di biogas;
- Temperature superiori a 15°C e fino a quasi 30 °C rappresentati elementi esotermici principalmente corrispondenti a dotazioni di captazione del biogas (teste di pozzo e linee di trasporto). In limitati casi tali emissioni, rilevate sul terreno di copertura sono correlabili a potenziali emissioni di biogas.

La maggior concentrazioni di fenomeni esotermici corrispondono alla parte meridionale delle sponde della discarica.

14 EVENTUALI SUGGERIMENTI

La situazione osservata risulta essere conforme alla tipologia gestionale di una discarica recentemente attivata (2022) e parzialmente in elevazione. L'assenza di coperture definitive e la fase fermentativa in piena attività dei rifiuti conferma le osservazioni svolte anche se i flussi misurati sono ancora limitati.

Gli unici suggerimenti proponibili riguarderanno la gestione della rete di captazione del biogas, in particolar modo la rete di trasporto la quale, nei tratti più lunghi, ha evidenti problemi di ristagno delle condense nelle tubazioni e potenziali occlusioni dei flussi di estrazione. Dalle termografie appare evidente una maggiore efficienza dei pozzi sul lato nord per i quali le tratte di trasporto fino alla stazione di regolazione sono più brevi e con pendenze più facili da ottenere.

Si suggerisce di ottimizzare i tracciati della rete secondaria evitando il collegamento in serie di più pozzi su unica sola linea. Per ottimizzare tale disposizione si propone l'incremento delle stazioni di regolazione sul perimetro accessibile della vasca.

I pozzi di captazione sono evidentemente oggetti di continue operazioni di elevazione data la coltivazione attiva del lotto. Non appena raggiunte le quote di progetto e stesa la copertura definitiva si propone l'ipotesi del rifacimento di alcuni pozzi del biogas considerando le sollecitazioni che quelli attuali hanno subito nelle fasi di coltivazione e di successivo assestamento differenziale.

15 CONCLUSIONI

Si ritiene che l'indagine svolta abbia raggiunto i risultati attesi fornendo precise informazioni circa lo stato di emissione diffusa di biogas dalla copertura della discarica.

L'emissione di gas è stata confrontata con i riferimenti della Norma Inglese EA evidenziando la conformità alla soglia di riferimento corrispondente all'attuale tipologia di copertura totalmente provvisoria.

La soglia IPPC che determina l'iscrizione al Registro E-PRTR **non è stata superata** relativamente alla sezione della Nuova Discarica. Si ritiene che la valutazione debba essere sviluppata congiuntamente alle risultanze della Vecchia Discarica nell'ottica del "sito complessivo".

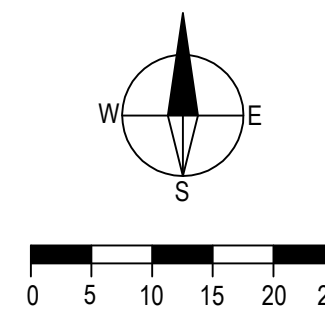
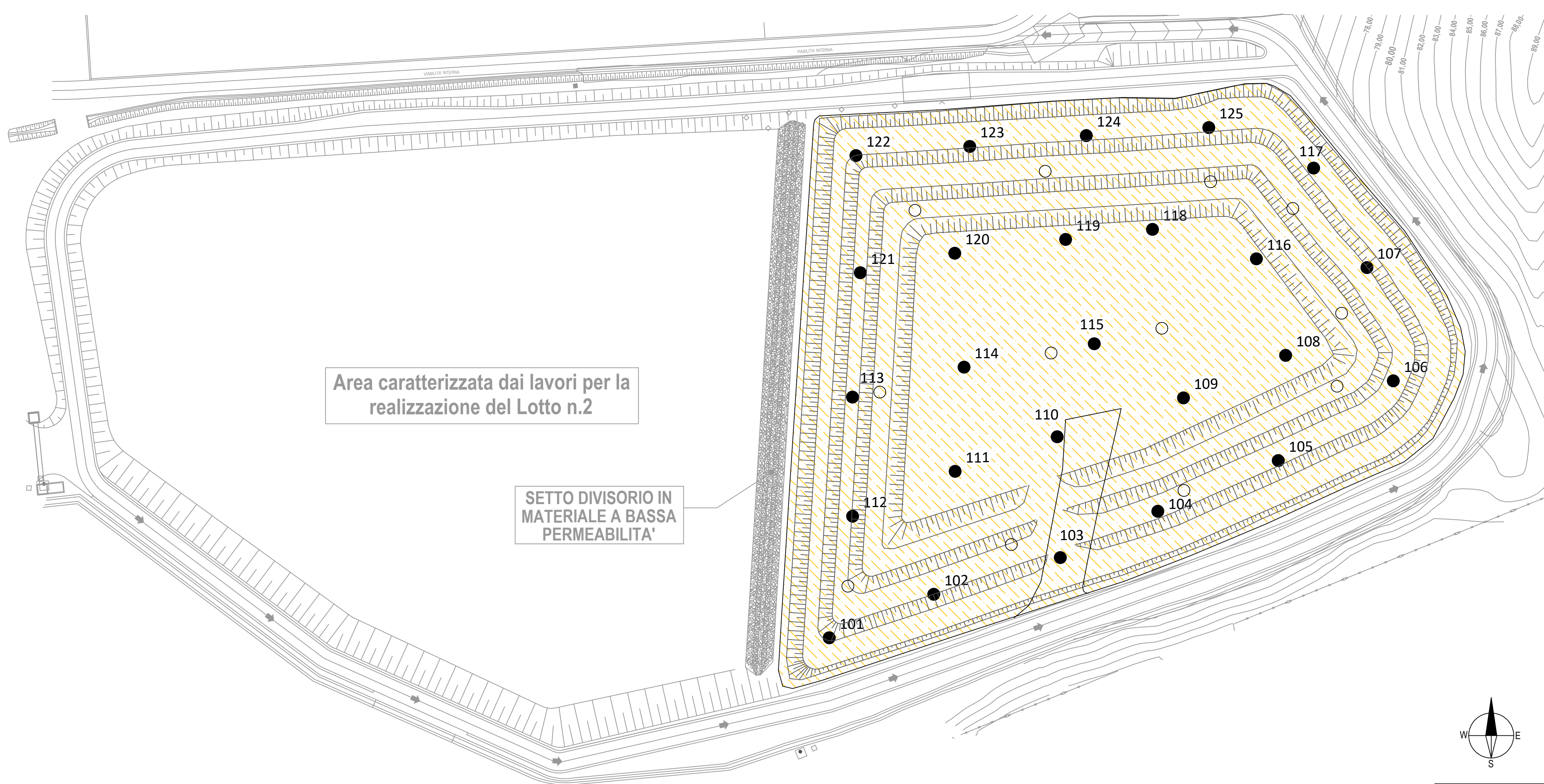
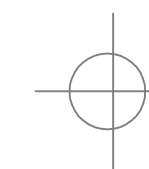
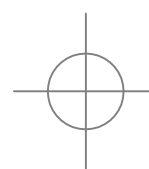
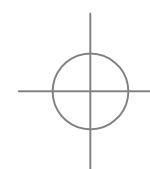
Le emissioni sono state inoltre espresse in differenti unità di misura al fine di fornire uno scenario ambientale ampio ed esaustivo.



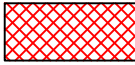
Le indagini termografiche hanno evidenziato e confermato le risultanze delle indagini sulle emissioni escludendo consistenti fenomeni concentrati.

L'efficienza di captazione complessiva (considerando anche la Vecchia Discarica), se valutata dal confronto con i dati medi di captazione annuali e con le prospezioni produttive (calcolo modello BIO-7) indica una prestazione variabile tra il 52 ed il 58% senza però considerare l'azione di ossidazione corticale.

Se la valutazione viene invece riferita ai dati analitici della giornata dei rilievi (28/05/2025) in un bilancio di massa che pone confronto tra i flussi trattati e quelli emessi (compresi quelli ossidati corticalmente) **la prestazione si incrementa a circa il 74 %**, valore adeguato ad una discarica ancora in attività.

Si rimane a completa disposizione per approfondimenti e dettagli.



- ZED-A  area capping definitivo
- ZED-B  area attiva - non oggetto di smaltimento durante i rilievi
- ZED-C  area attiva - oggetto di smaltimento durante i rilievi



Bio-Clima Service S.r.l.
Via delle industrie, 33
20881 Bernareggio MB
www.bioclimaservice.com
info@bioclimaservice.com

committente:



**Consorzio Industriale Provinciale
Nord-Est Sardegna - Gallura
Olbia**

oggetto: Discarica "Spiritu Santu" - Olbia
Nuovo Corpo Discarica
Indagine Emissioni diffuse biogas
Planimetria Aree

scala:
1: 2.500

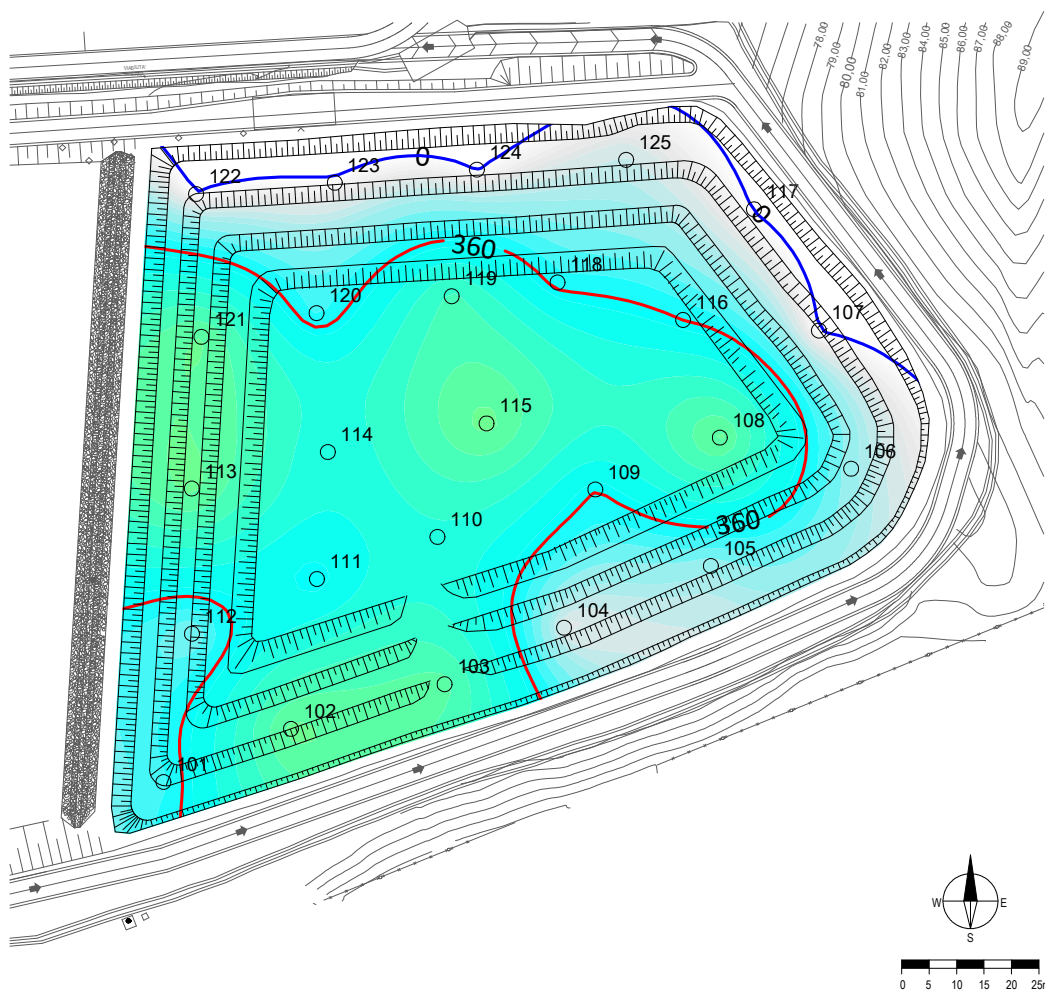
data:
novembre 2022

disegnatore:
em

revisione:
0

tavola:

D-04-ND



emissione media ponderata:
357 mg CH₄/m²/h
corrispondente a
14,75 m³/h biogas LFG50

Riferimento norma EA
per discariche chiuse
provvisoriamente:
360 mg CH₄/m²/h

Riferimento norma EA
per discariche chiuse
provvisoriamente:
3,6 mg CH₄/m²/h



Bio-Clima Service S.r.l.
Via delle industrie, 33
20881 Bernareggio MB
www.bioclimaservice.com
info@bioclimaservice.com

oggetto: Discarica "Spiritu Santu" - Olbia
Indagine Emissioni diffuse biogas
Nuova Discarica
Valutazione isopotenziale emissioni PONDERATE

committente:



**Consorzio Industriale Provinciale
Nord-Est Sardegna - Gallura
Olbia**

scala:

1: 2.500

data:

maggio 2025

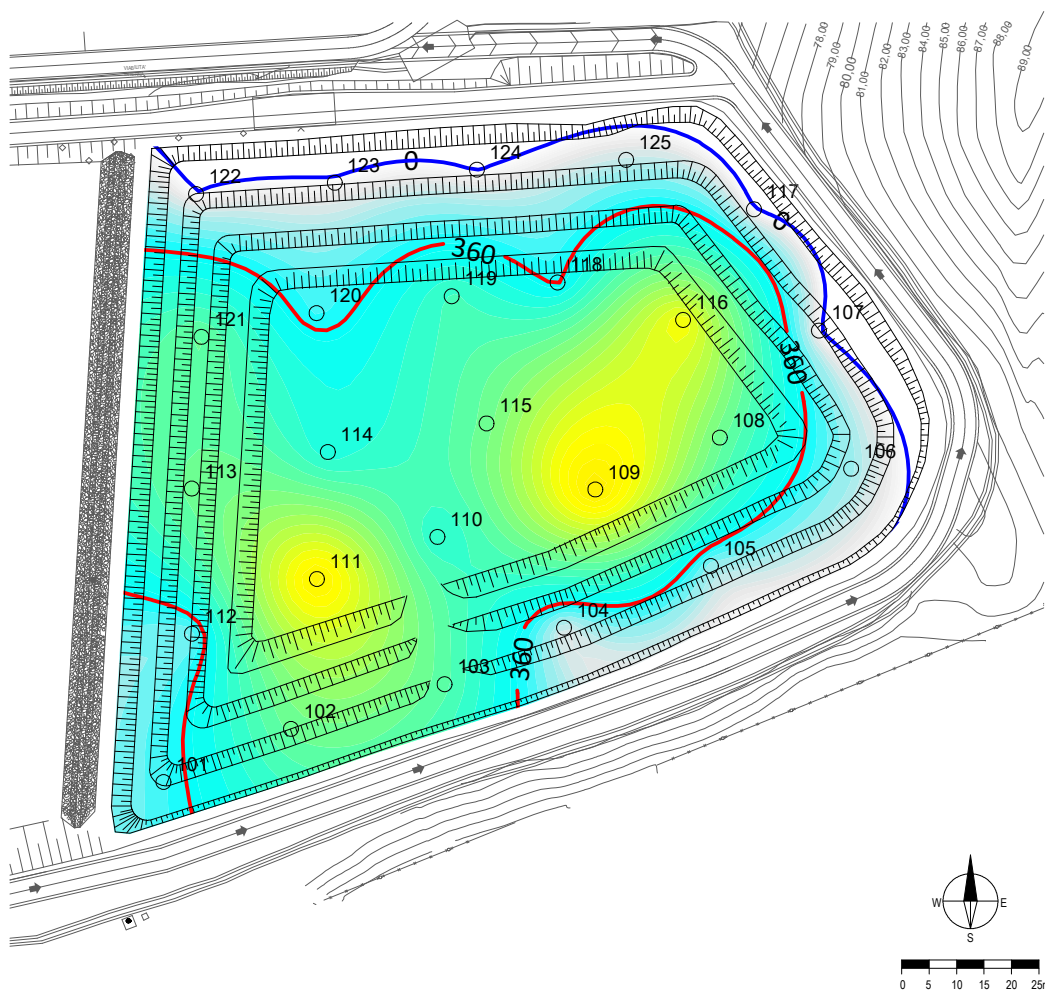
tavola:

disegnatore:
em

revisione:

0

S-ND-P



emissione media reale:
591 mg CH₄/m²/h
corrispondente a
24,42 m³/h biogas LFG50

Riferimento norma EA
per discariche chiuse
provvisoriamente:
360 mg CH₄/m²/h

Riferimento norma EA
per discariche chiuse
provvisoriamente:
3,6 mg CH₄/m²/h



Bio-Clima Service S.r.l.

Via delle industrie, 33
20881 Bernareggio MB
www.bioclimaservice.com
info@bioclimaservice.com

committente:



**Consorzio Industriale Provinciale
Nord-Est Sardegna - Gallura
Olbia**

oggetto: Discarica "Spiritu Santo" - Olbia
Indagine Emissioni diffuse biogas
Nuova Discarica
Valutazione isopotenziale emissioni REALI

scala:

1: 2.500

data:

maggio 2025

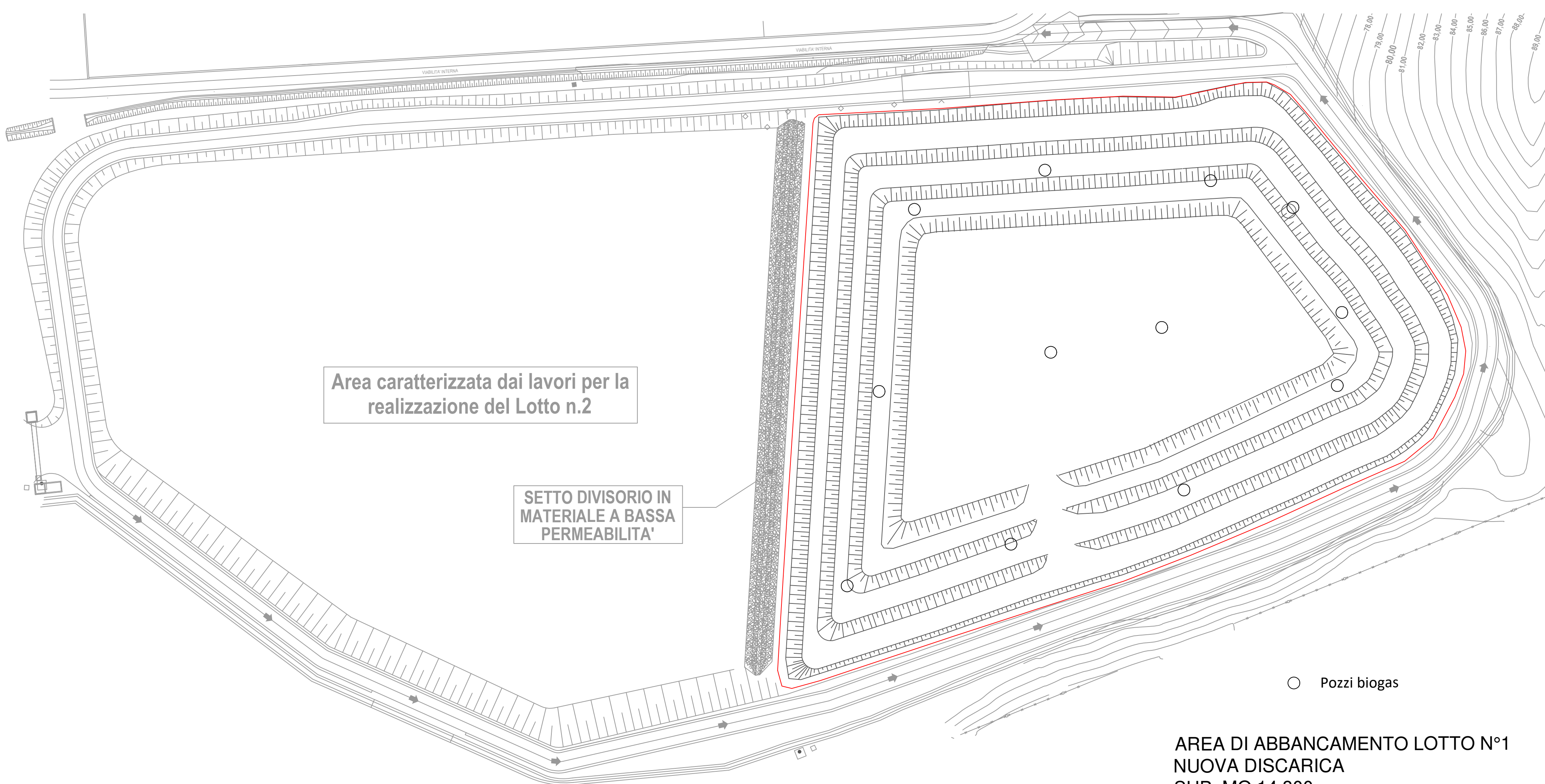
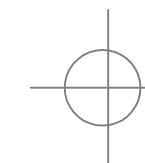
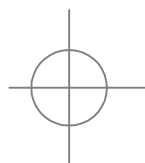
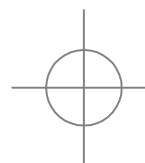
tavola:

disegnatore:
em

revisione:

0

S-ND-R



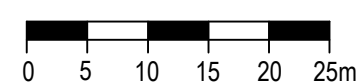
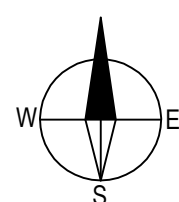
Area caratterizzata dai lavori per la
realizzazione del Lotto n.2

SETTO DIVISORIO IN
MATERIALE A BASSA
PERMEABILITA'

○ Pozzi biogas

AREA DI ABBANCAMENTO LOTTO N°1
NUOVA DISCARICA
SUP. MQ 14.800

● Pozzi biogas



Rilievo planimetrico fornito dal cliente



Bio-Clima Service S.r.l.
Via delle industrie, 33
20881 Bernareggio MB
www.bioclimaservice.com
info@bioclimaservice.com

committente:



**Consorzio Industriale Provinciale
Nord-Est Sardegna - Gallura
Olbia**

oggetto: Discarica "Spiritu Santu" - Olbia
Nuovo Corpo Discarica
Indagine Emissioni diffuse biogas
Planimetria Aree

scala:
1: 1.250

data:
maggio 2025

tavola:

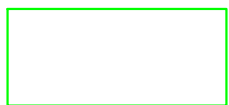
disegnatore:
em

revisione:
0

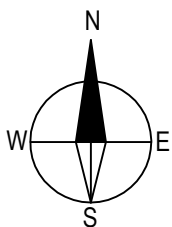
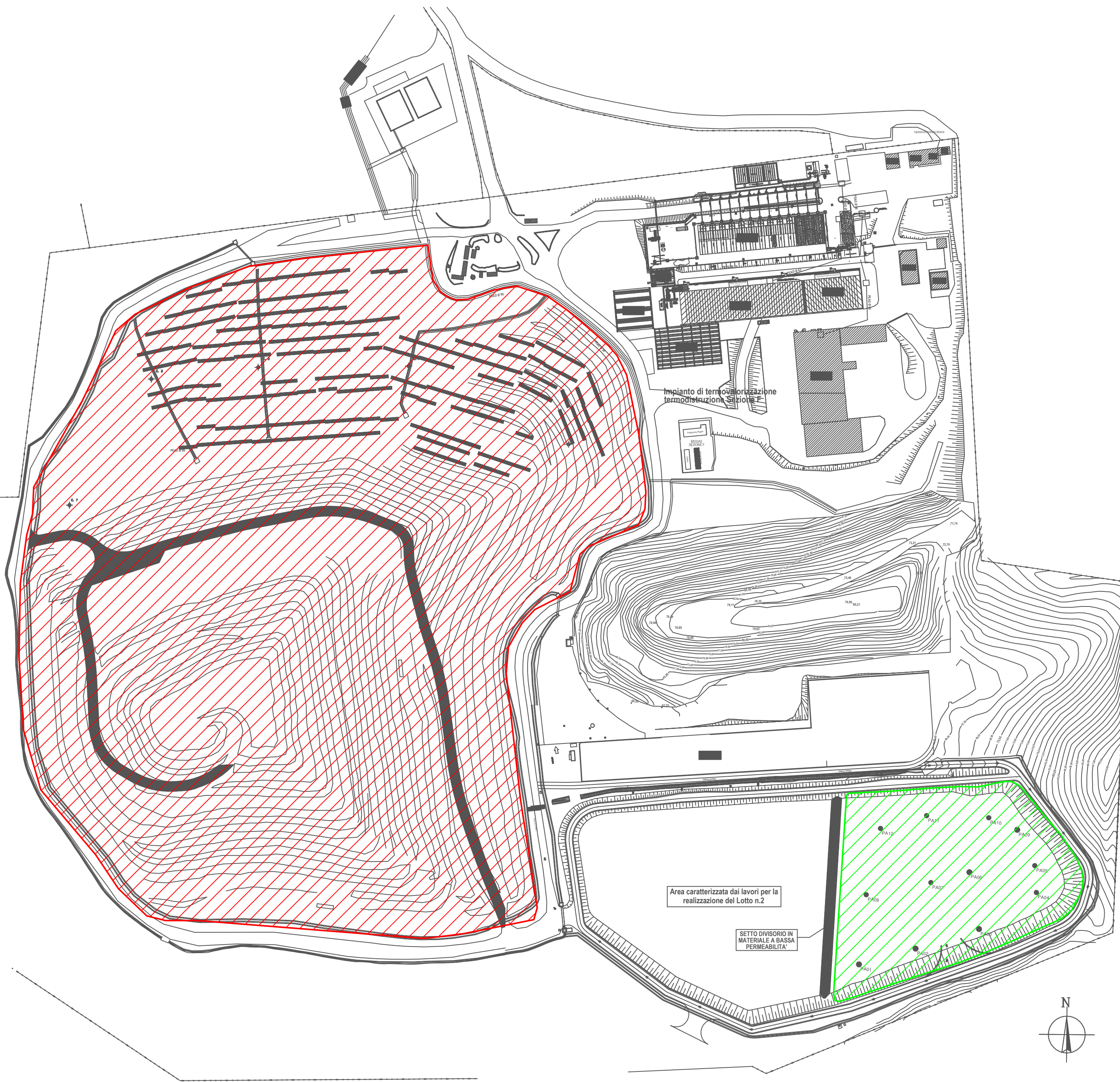
D-01-ND



Area da indagare vecchia discarica: 120.000 m2



Area da indagare nuova discarica: 14.800 m2



0 10 20 30 40 50m

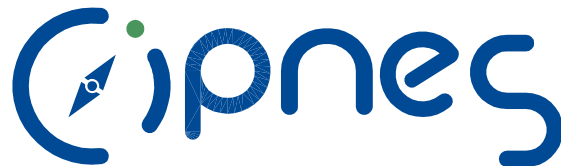
Rilievo planimetrico fornito dal cliente



Bio-Clima Service S.r.l.
Via delle industrie, 33
20881 Bernareggio MB
www.bioclimaservice.com
info@bioclimaservice.com

oggetto: Discarica "Spiritu Santo" - Olbia		
Indagine Emissioni diffuse biogas Planimetria Aree		
scala:	1: 2.500	tavola:
disegnatore:	em	
data:	maggio 2025	D-01
revisione:	0	

committente:

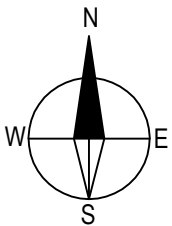
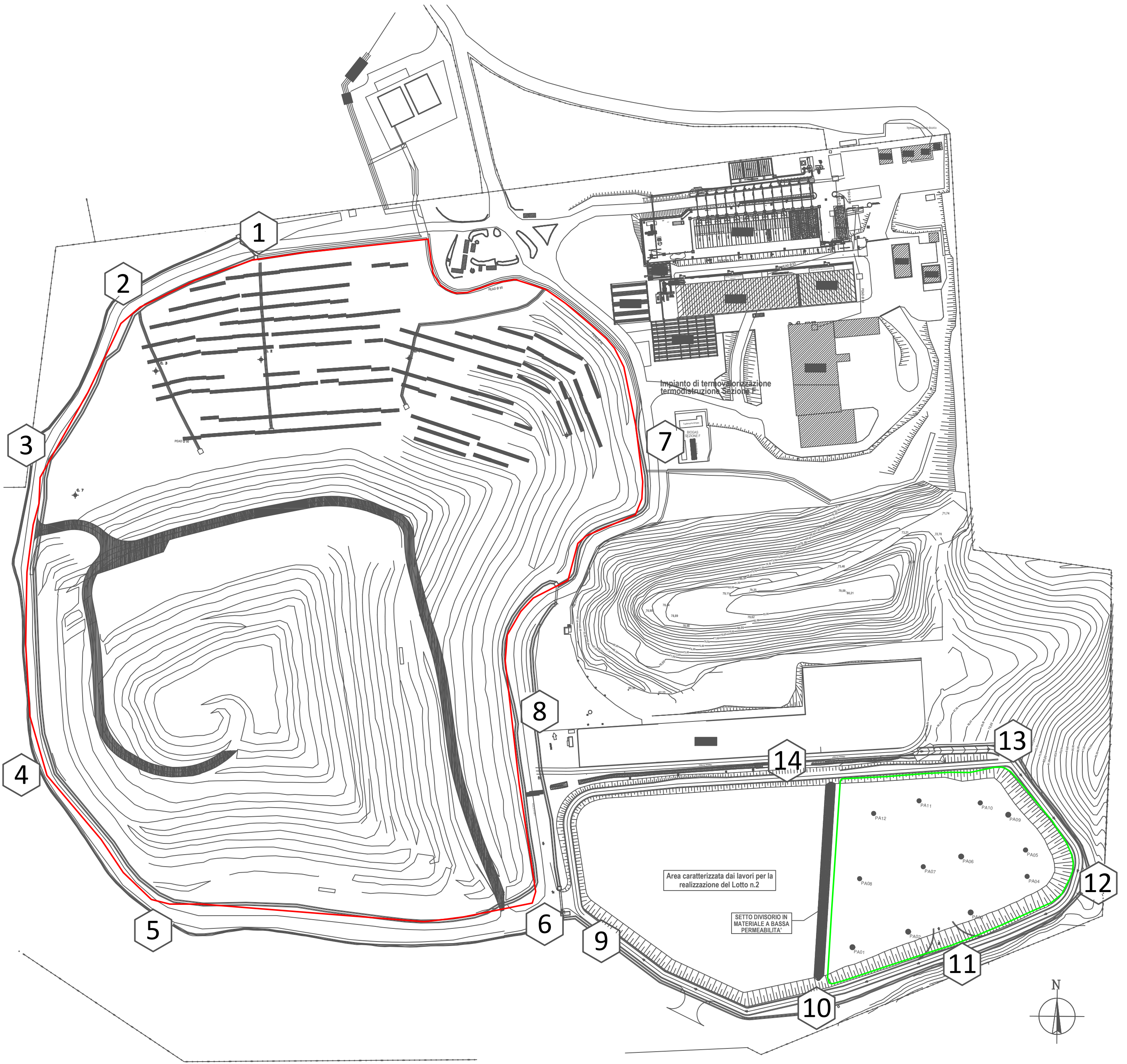


**Consorzio Industriale Provinciale
Nord-Est Sardegna - Gallura
Olbia**

Area da indagare vecchia discarica: 120.000 m2

Area da indagare nuova discarica: 14.800 m2

7 Punti di ripresa termografica



0 10 20 30 40 50m

Rilievo planimetrico fornito dal cliente



Bio-Clima Service S.r.l.
Via delle industrie, 33
20881 Bernareggio MB
www.bioclimaservice.com
info@bioclimaservice.com

committente:



**Consorzio Industriale Provinciale
Nord-Est Sardegna - Gallura
Olbia**

oggetto: Discarica "Spiritu Santo" - Olbia

Indagine Emissioni diffuse biogas
Planimetria Punti ripresa termografica

scala:
1: 2.500

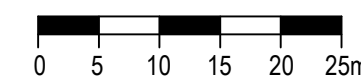
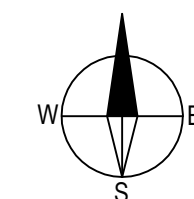
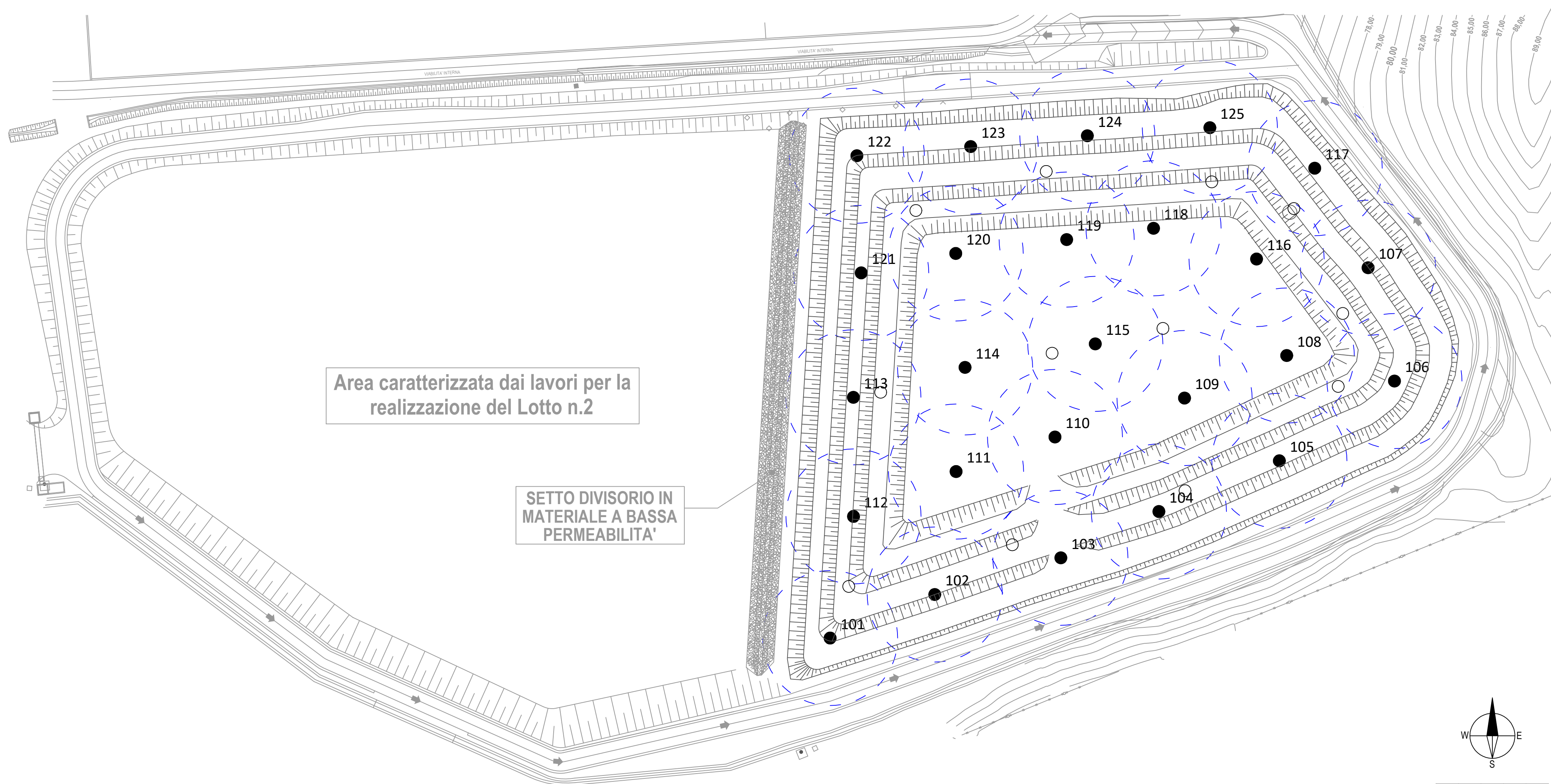
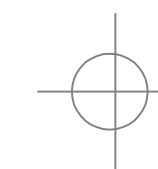
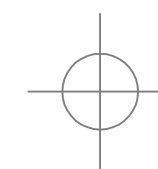
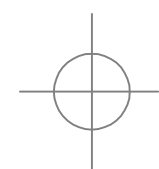
data:
maggio 2025

tavola:

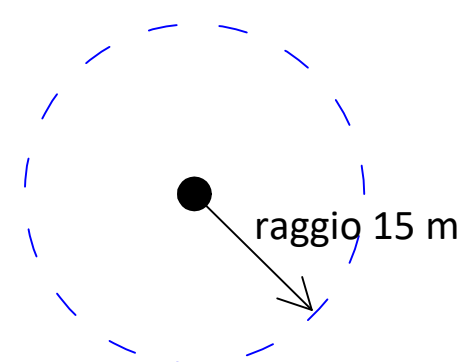
disegnatore:
em

revisione:
0

D-02



Pozzi biogas



Area da indagare = 14.800 m²
punti ZED calcolati = 24,25 = 24
Area per punto ZED = 615,83 m²
Area incrementata per sovrapposizione = x 1.209 = 744 m²
Raggio di dimensionamento = 15,39 = 15 m

Numero punti ZED disposti = 25
Numero punti ZED osservati = 25



Bio-Clima Service S.r.l.
Via delle industrie, 33
20881 Bernareggio MB
www.bioclimaservice.com
info@bioclimaservice.com

committente:



**Consorzio Industriale Provinciale
Nord-Est Sardegna - Gallura
Olbia**

oggetto: Discarica "Spiritu Santu" - Olbia
Nuovo Corpo Discarica
Indagine Emissioni diffuse biogas
Planimetria Aree

scala:
1: 1.250

data:
maggio 2025

tavola:

disegnatore:
em

revisione:
0

D-03-ND