

## Sogliano Ambiente S.p.A

Piazza Garibaldi, 12  
47030 Sogliano al Rubicone (FC)  
Tel. 0541 948910  
Fax 0541 948909  
e-mail: [info@soglianoambiente.it](mailto:info@soglianoambiente.it)  
sito web: [www.soglianoambiente.it](http://www.soglianoambiente.it)



# DISCARICA PER RIFIUTI NON PERICOLOSI DENOMINATA "GINESTRETO 3"

Località Ginestreto - Comune di Sogliano al Rubicone (FC)

Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale

L.R. 4/18 e D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

## PROGETTO DEFINITIVO

# VALUTAZIONE DEL RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E PER L'AMBIENTE

Allegato:

4

Elaborato:

1

### Progettazione:

ing. Maurizio Carbone - Sogliano Ambiente S.p.A.

### Collaboratori alla progettazione:

dott. Nicholas Lazzarini - Sogliano Ambiente S.p.A.  
ing. Maurizio Migliori - Sogliano Ambiente S.p.A.

### Timbro e firma:

### Consulenti per la progettazione:

ing. F. Forlani - Studio Sgai s.r.l., Morciano di R. (RN)  
dott. geol. A. Ricci - S. Piero in Bagno (FC)  
geom. R. Galeotti - Studio Geo-exe, Forlì (FC)  
ing. D. Neri - Ingegneria ambientale, Forlì (FC)  
dott. for. G. Grapeggia - Studio Verde, Forlì (FC)  
ing. M. Orlati - Studio Tema, Forlì (FC)  
ing. S. Bagli - Gecosistema, Rimini (RN)  
ing. P. Bernabini - Cober S.r.l., S. Piero in Bagno (FC)

Codice documento: Ara G3 PD AR 04.01

Rev.	Data	Redatto	Controllato	Approvato
0	set-22	SB	MC	MC



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
1.1	Procedura di Human Health Risk Assessment.....	4
1.2	RBCA: Standard ASTM E17935-95 e ASTM PS 104-98.....	7
<b>2</b>	<b>Analisi di Rischio RBCA Tier II – Discarica Sogliano Ambiente Ginestreto G3.....</b>	<b>10</b>
2.1	Definizione del Modello Concettuale del Sito .....	11
2.1.1	Inquadramento territoriale dell'area di interesse .....	15
2.1.2	Caratterizzazione della Sorgente (discarica) di Contaminazione .....	20
2.1.2.1	Caratteristiche geometriche discarica .....	21
2.1.2.2	Caratterizzazione delle Emissioni (Biogas).....	22
2.1.2.3	Stima Battente del Percolato -Bilancio Idrologico con il software HELP.....	23
2.1.2.4	Stima Emissioni di Biogas in atmosfera .....	34
2.1.3	Identificazione e caratterizzazione dei potenziali Chemical of Concerns (COCs) presenti nel biogas .....	35
2.1.4	Caratterizzazione dei Media Ambientali.....	40
2.1.4.1	Falda sotterranea .....	40
2.1.4.2	Atmosfera.....	41
2.1.4.3	Conclusioni Modello Concettuale MCS.....	43
2.1.5	Individuazione dei Potenziali Recettori .....	44
2.1.6	Percorsi di Esposizione.....	47
2.1.7	Caratterizzazione dei Potenziali Recettori .....	50
2.2	Modellistica di Fate and Transport – Stima dei fattori di trasporto (VALUTAZIONE RISCHIO AMBIENTALE/RISCHIO FALDA) .....	51
2.2.1.1	Dispersione in atmosfera delle emissioni diffuse da percolato e Biogas. ....	54
2.3	Valutazione dell'Esposizione .....	57
2.4	Valutazione della Relazione Dose-Risposta.....	59
<b>3</b>	<b>Caratterizzazione del rischio.....</b>	<b>61</b>

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	1 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

3.1	Stima del Rischio per le popolazioni esposte .....	61
3.1.1	Rischio Cancerogeno.....	62
3.1.2	Pericolo Tossico.....	63
3.2	Risultati Analisi Rischio Cancerogeno e Pericolo Tossico .....	65
3.3	Criteri di Accettabilità .....	66
<b>4</b>	<b><u>Conclusioni .....</u></b>	<b><u>67</u></b>
<b>5</b>	<b><u>Bibliografia .....</u></b>	<b><u>68</u></b>

## 1 PREMESSA

Il presente rapporto tecnico riguarda la Valutazione del Rischio per la Salute Umana e per l'Ambiente (EHHRA- Environmental Human Health Risk Assessment) di secondo livello (Tier II) per la realizzazione della Discarica per rifiuti speciali non pericolosi denominata "Ginestreto 3" in Località Ginestreto - Vallecchia G3 in Comune di Sogliano al Rubicone (FC).

Recependo le considerazioni riportate nel Piano di Caratterizzazione dei suoli e delle acque sotterranee condotte per i siti G1 e G2 e G4, confermate dalle indagini sviluppate sul sito G3, si considera ai fini della presente Analisi di Rischio la totale assenza di falda acquifera e l'impossibilità che il percolato prodotto dalla futura discarica G3 entri in contatto con i media ambientali: acque sotterranee e atmosfera. La discarica risulta pertanto interessata da una sorgente primaria potenzialmente responsabile del rischio per la salute umana, ovvero il biogas (emissione diretta).

L'analisi di rischio per la salute umana e per l'ambiente viene condotta ipotizzando che il nuovo sito di Ginestreto, denominato G3, sia caratterizzato da una produzione di biogas con caratteristiche chimiche del tutto simili a quelle presenti nei siti denominati G2 e G4, in particolare si ipotizzano valori di concentrazione degli inquinanti nel biogas pari ai valori massimi rilevati nel periodo 2008-2022 per il sito G2 nel periodo 2021-2022 per il sito G4.

L'obiettivo dell'analisi di rischio condotta è quello di dimostrare l'assenza di rischio sanitario ed ambientale connesso al conferimento, nella futura discarica G3, di rifiuti comunque non pericolosi.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	2 di 72
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	

Con tali presupposti e sulla base di tali motivazioni, è stata pertanto sviluppata un'analisi di rischio considerando quei composti chimici pericolosi per la salute umana presenti nel biogas, le cui caratteristiche chimico-fisiche risultano essere state definite in modo da essere rappresentative per tutte le tipologie di rifiuto che si prevede di conferire.

L'analisi di rischio di TIER II viene redatta facendo riferimento ai seguenti standard internazionali:

- D.Lgs 152/2006 e successive modifiche (Parte IV)
- ASTM E1739-95 "Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites", comunemente noto come RBCA (Rebecca) ed ampiamente utilizzato nell'ambito dei siti contaminati di origine industriale con contaminazioni da idrocarburi.
- ASTM PS-104-98 "Standard Provisional Guide for Risk-Based Corrective Action"
- ISPRA Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio alle discariche rev. 0 Giugno 2005 (ISPRA 2005)
- ISPRA Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati Revisione Marzo 2008 (ISPRA 2008)
- ISPRA Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati Revisione 2 Marzo 2008 (ISPRA 2008)
- Banca dati ISS-INAIL;
- IRIS (Integrated Risk Information System);
- HEAST (Health Effects Assessment Summary Tables);
- IUS EPA 1999. IRIS (Integrated Risk Information System) database;
- US EPA 1997. HEAST (Health Effects Assessment Summary Tables);
- OMS 1993. Drinking Water Quality Guidelines;
- Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group, 1996;
- NCEA (National Center for Environmental Assessment), US EPA;
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 1999;
- McClure, 1966. Evaluation of a Component-Based Relative Potency Approach to Cancer Risk Assessment for Exposure to PAHs. Poster Presented at the Annual Meeting of the Society of Toxicology, Anaheim, California, March 11, 1996;
- US EPA 1997. TRI (Toxics Release Inventory);
- Californian EPA Office of Environmental Health Hazard Assessment;
- Criteria for Carcinogens 11, 1994;
- Risk Assessment Program – Superfund.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	3 di 72
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	

La procedura di Analisi di Rischio per la Salute Umana (HHRA) descritta nel documento procede nella quantificazione del rischio cancerogeno (Cancer Risk) e del pericolo tossico (Hazard Quotient) determinato dai potenziali rilasci di biogas dal corpo di discarica.

Si tratta di una analisi di tipo multi-percorso di esposizione (ingestione, inalazione e contatto dermale) e multi-contaminante per diversi recettori umani che si trovano o si troveranno ad essere esposti nell'area limitrofa al comparto della discarica in esame.

La quantificazione del rischio secondo la metodologia RBCA Tier II viene condotta utilizzando il **Software Risk-Net 3.1.1. pro** (Reconnet, settembre 2019), che permette di calcolare il rischio, in modalità diretta ed inversa, legato alla presenza di contaminanti all'interno di un sito e gli obiettivi di bonifica, applicando la procedura APAT di analisi di rischio sanitaria ("Criteri metodologici l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati"; APAT 2008) in accordo con quanto previsto dalla normativa italiana (D.Lgs. 152/06, D.Lgs. 04/08, D.M. 31/2015 e D.M. 46/2019).

La valutazione del rischio ambientale viene condotta a valle degli studi di *fate&transport* degli inquinanti nei media ambientali falda attraverso il confronto delle concentrazioni attese dei COCs e i relativi standard di qualità vigenti.

## 1.1 PROCEDURA DI HUMAN HEALTH RISK ASSESSMENT

Per analisi del rischio, Risk Assessment, in generale si intende il processo di determinazione della magnitudo e della probabilità di accadimento degli effetti negativi in seguito ad esposizione ad attività antropiche o ad eventi naturali.

Nell'ambito specifico della valutazione del rischio per l'ambiente e la salute umana (Environmental and Human Health Risk Assessment EHHRA), denominato anche come rischio sanitario, il rischio è definito come la frequenza attesa del manifestarsi di eventi indesiderati che determinano danni agli ecosistemi ed alla salute umana risultati dall'esposizione a determinate dosi di agenti chimici, ovvero il rischio è funzione della quantità di sostanza chimica in contatto con l'individuo esposto.

L'obiettivo della procedura è la stima della probabilità che un evento avverso di data magnitudo si manifesti sull'uomo, sugli ecosistemi e sull'ambiente ad un fissato livello d'esposizione di una sostanza chimica.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	4 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

L'applicazione della procedura di valutazione del rischio per l'ambiente e per la salute umana (EHHRA Environmental and Human Health Risk Assessment) all'interno dei processi di decision-making è stata formalizzata per la prima volta negli Stati Uniti attraverso la pubblicazione da parte del National Academy of Science del documento Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process, (NRC, 1983).

In questo rapporto il NRC definisce una metodologia (Risk Assessment Paradigm) strutturata in quattro step ai fini di valutare quantitativamente i rischi cancerogeni ed i pericoli tossici per le popolazioni imputabili ai rilasci (sorgenti antropiche e naturali) e alla presenza di composti chimici cancerogeni e tossici nell'ambiente.

### 1. Hazard Assessment:

La prima fase della procedura ha i seguenti obiettivi:

- identificazione dei contaminati che potenzialmente possono determinare pericoli per la salute umana, definiti come Chemicals of Concerns (COCs),
- quantificazione delle concentrazioni dei COCs presenti nelle diverse matrici ambientali,
- descrizione delle forme specifiche di tossicità (neurotossicità, cancerogenicità) dei composti,
- valutazione delle condizioni sotto cui tali forme possono manifestarsi nelle popolazioni esposte.

Le principali informazioni necessarie in questa fase sono reperibili da banche dati, da monitoraggi ed analisi in sito, e da studi epidemiologici e tossicologici.

### 2. Exposure Assessment

Riguarda la valutazione quantitativa dell'esposizione (dose) umana alle sostanze tossiche o cancerogene presenti nell'ambiente. La dose è funzione di una serie di fattori che riguardano l'età, lo stile di vita, attività, la durata, i percorsi di esposizione, e le caratteristiche delle popolazioni esposte.

### 3. Dose-Response Assessment

Analizza ed interpreta le informazioni disponibili sulle potenzialità dei composti chimici di causare effetti negativi sulle popolazioni esposte, valutando la relazione esistente tra la probabilità di avere effetti negativi e i livelli di esposizione quantificati. Gli effetti negativi sulla salute sono distinti in effetti cancerogeni e tossici.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	5 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Si tratta di studiare approfonditamente le condizioni sotto cui le proprietà tossiche di un composto potrebbero manifestarsi negli organismi, con particolare enfasi alla determinazione della relazione quantitativa tra la dose e la risposta tossica. Lo sviluppo di tale relazione coinvolge l'utilizzo di modelli matematici necessari per l'estrapolazione dei dati tossicologici condotti su animali da laboratorio.

#### 4. Risk characterization

É la fase in cui sono integrate e analizzate tutte le informazioni degli step precedenti. I dati che caratterizzano i pericoli sono integrati con le quantificazioni delle esposizioni e le analisi sulle relazioni esistenti tra dose e probabilità di avere effetti negativi, si ottengono stime quantitative del rischio cancerogeno e del pericolo tossico per le popolazioni esposte. Ai fini di trasferire i risultati delle valutazioni del rischio nelle fasi di gestione e decisionali, è necessario includere anche una completa descrizione e discussione delle ipotesi assunte e delle incertezze degli output.

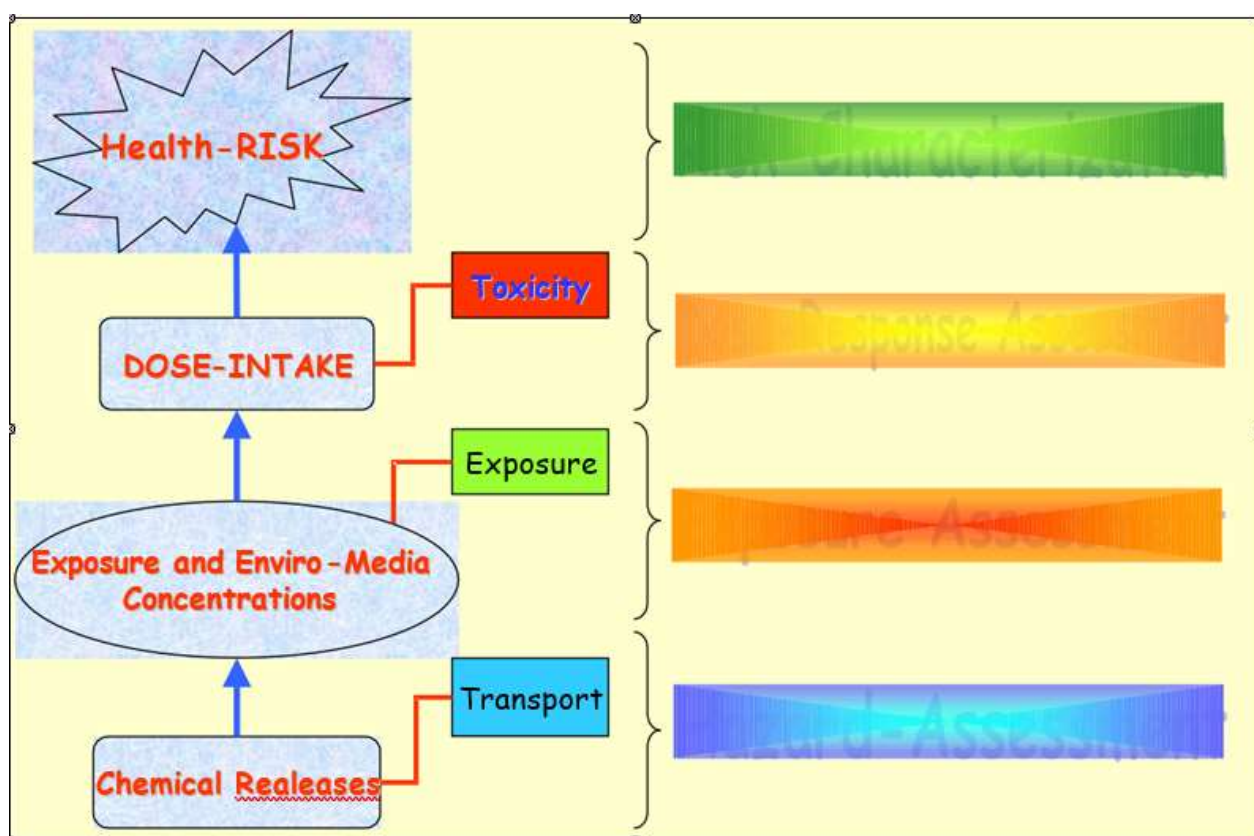


Figura 1: Risk Assessment Paradigm

Nell'ambito dei siti contaminati, si è affermata con successo la metodologia di valutazione del rischio (Risk- Assessment) con l'obiettivo di quantificare chiaramente quale sia l'effettivo rischio

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	6 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	



per le popolazioni esposte, e individuare le azioni di bonifica economicamente e tecnicamente più efficaci secondo criteri risk-based, con il comune denominatore di proteggere la salute umana.

Numerose sono state le metodologie, le procedure e gli strumenti informatici sviluppati da diverse figure, sia amministrative che scientifiche, nel corso dell'ultimo decennio, qui di seguito ne sono descritte alcune:

La procedura di analisi di rischio sanitario ambientale (Human Health Risk Assessment) applicata ai siti contaminati è stata introdotta negli USA alla fine degli anni '80 e successivamente standardizzata nel 1995.

## 1.2 RBCA: STANDARD ASTM E17935-95 E ASTM PS 104-98

Tra le diverse procedure di Risk Assessment sviluppate specificatamente per i siti contaminati e quindi anche per le discariche, nel presente studio si fa riferimento alla nota procedura RBCA (Rebecca) ormai accettata come standard internazionale.

Lo standard E1739-95 *"Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites"* definito nel 1995 dalla American Society of Testing Materials (ASTM) delinea una nuova filosofia per il Risk Assessment.

La Risk-Based Corrective Action (RBCA o Rebecca, come è amichevolmente indicata dagli americani) è un processo di valutazione del rischio potenziale, presente e futuro, per l'uomo e l'ambiente dovuto a siti contaminati.

La definizione formale di RBCA data dall'EPA è la seguente:

*"A streamlined approach in which exposure and risk assessment practices are integrated with traditional components of the corrective action process to ensure that appropriate and cost-effective remedies are selected, and that limited resources are properly allocated"*.

Gli obiettivi di una RBCA sono:

1. Proteggere la salute umana e l'ambiente
2. consentire una applicazione pratica e economicamente attuabile circa i processi di risk-based decision-making
3. garantire processi amministrativi difendibili dal punto di vista tecnico

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	7 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

L'articolazione in fasi rappresenta lo sviluppo della procedura attraverso il percorso logico che va dalle indagini per la valutazione del sito alle scelte di gestione del rischio.

Tale percorso può essere suddiviso nelle seguenti fasi:

- definizione del modello concettuale del sito
- quantificazione della possibile percolazione in falda di inquinanti mediante tecniche di bilancio idrologico
- determinazione delle concentrazioni nel punto di esposizione:
- modellazione della percolazione attraverso la zona insatura
- modellazione della dispersione in falda del contaminante
- stima dell'esposizione e del rischio sui recettori

L'analisi di rischio può essere approfondita a vari livelli, secondo un approccio graduale di valutazione: in particolare, lo Standard ASTM PS 104 (ASTM, 1998), che ha perfezionato il precedente ASTM E 1739, prevede una procedura, definita con l'acronimo RBCA (Risk-Based Corrective Action), articolata in tre livelli di analisi di rischio.

Il **primo livello** consiste essenzialmente nel confrontare la contaminazione del sito con dei valori di screening (Risk Based Screening Levels RBSL) riportati stimati sotto ipotesi conservative. È fondamentalmente finalizzato a determinare eventuali urgenze di intervento, ed in particolare di messa in sicurezza provvisoria, e si concretizza in una raccolta dei valori di concentrazione già esistenti sul sito, messi a confronto con i valori di concentrazione limite, individuati in maniera conservativa come quei valori che non danno luogo a rischi per la salute umana e per l'ambiente. Sulla base di questa impostazione sono stati determinati i Risk-Based Screening Levels (RBSLs) dall'ASTM ed i Soil Screening Levels (SSLs) dall'USEPA; un approccio di questo tipo è stato recentemente sviluppato anche in Italia dall'A.N.P.A. (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente), che ha definito i così detti LAG (Limiti di Accettabilità Generici). I LAG sono derivati nell'ottica di una validità a scala nazionale, in relazione ai diversi usi del territorio, al comportamento ambientale e tossicologico delle sostanze, alle vie di esposizione più critiche secondo i principi dell'analisi di rischio. Nel caso non si rilevi alcun superamento delle concentrazioni limite previste, si può procedere ad un eventuale monitoraggio, ma non sono richieste specifiche azioni di risanamento. Per contro, nell'eventualità che alcuni valori di riferimento siano superati, il sito viene definito "inquinato" e si determina l'obbligo di intervento con un approfondimento della procedura di valutazione del rischio.

In questo livello si ipotizza che il punto di esposizione (Point of Exposure POE) sia localizzato in corrispondenza della sorgente di contaminazione.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	8 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Il **secondo livello** consiste in un'analisi di rischio con codici analitici semplificati, in cui i dati di input sono in parte ricavati da indagini specifiche condotte sul sito, mentre per i parametri non noti si ricorre a dati validati ed aggiornati da banche dati presenti in letteratura, massimizzando la conservatività dei valori in gioco, in modo da sbilanciare, sempre in favore della tutela dell'ambiente e della salute umana, qualsiasi elaborazione di calcolo. Oltre all'impiego di dati site-specific, il livello 2 di analisi di rischio prevede di localizzare il punto di esposizione (o punto di conformità) al di fuori della sorgente di inquinamento e non immediatamente al di sopra di essa, come invece previsto nel livello 1.

Le concentrazioni limite derivanti da un'analisi di rischio di secondo livello (Site Specific Target Levels **SSTL**) saranno evidentemente meno conservative e più vicine alla realtà, grazie all'impiego di dati propri dello scenario di rischio in esame.

Nella analisi di rischio di secondo livello si ipotizza che il POE sia localizzato in corrispondenza dell'effettivo o potenziale punto in cui il recettore umano può entrare in contatto con le sostanze contaminate.

Il **terzo livello** rappresenta uno stadio più approfondito di analisi di rischio, in cui vengono utilizzati codici di calcolo più sofisticati (per lo più modelli numerici e probabilistici), la cui applicabilità è consentita grazie alla disponibilità di dati chimici, fisici e biologici specifici del sito e sufficienti ad una completa caratterizzazione sperimentale del sistema.

Oltre a definire il rischio conseguente alla presenza di una sorgente di rilascio, nel secondo e terzo livello possono essere definiti i limiti di accettabilità, ossia la concentrazione massima tollerabile di ciascun contaminante presente nella sorgente, affinché non venga superato il valore di rischio ritenuto accettabile. In questo caso detti limiti di accettabilità, definiti all'interno della procedura RBCA "Site-Specific Target Levels" (SSTLs), a differenza dei limiti di accettabilità definiti nel primo livello (es. RBSLs), sono specifici del sito in quanto sono calcolati sulla base dei parametri propri dello scenario di inquinamento in esame. Trattasi in definitiva dei valori di concentrazione che definiscono gli obiettivi di bonifica di un sito contaminato. È chiaro che ulteriori approfondimenti non possono essere esclusi e conseguono ad un progressivo miglioramento della caratterizzazione sperimentale del sito, che può consentire una valutazione del rischio in termini sempre meno conservativi e maggiormente vicini alla realtà.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	9 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

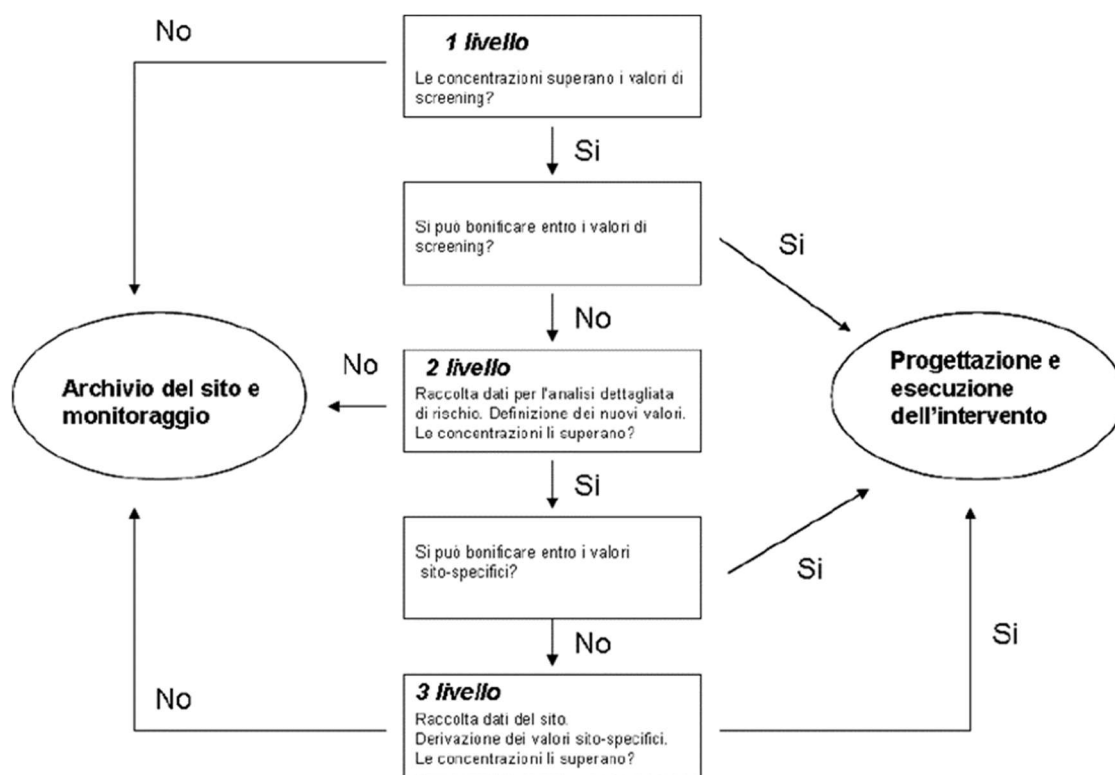


Figura 2 - Procedura RBCA ASTM

A livello normativo nazionale l'applicazione dell'analisi di rischio alle discariche risulta prevista dai seguenti testi:

- D.lgs 152/2006 Titolo V in caso di contaminazioni del suolo/sottosuolo con livelli di concentrazione superiori ai CSC (Concentrazioni Soglia Art.240)
- DM 27/09/2010 (art.10) valutazione del rischio finalizzata a consentire l'innalzamento dei limiti di accettabilità dei rifiuti in discarica. Si deve verificare che non vi siano rischi per la salute umana risultanti dalle discariche di rifiuti durante l'intero ciclo di vita della discarica (art. 1 D.Lgs. 36/2003)

## 2 ANALISI DI RISCHIO RBCA TIER II – DISCARICA SOGLIANO AMBIENTE GINESTRETO G3

In questo paragrafo sono descritte le diverse fasi della procedura di RBCA Tier II per il sito della discarica Sogliano Ambiente Ginestreto 3 redatta prendendo in considerazione le recenti linee guida ISPRA (ISPRA 2005, ISPRA 2006, ISPRA 2008).

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	10 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Come evidenziato nel capitolo 2 (pag. 25) delle linee guida ISPRA(2) (ISPRA 2005) per l'AR applicate alle discariche si osserva come tutte le fasi di applicazione dell'Analisi di Rischio che vengono descritte in seguito debbano prendere in considerazione la variabile tempo in quanto la sorgente primaria di rischio rappresentata dalla discarica è soggetta nel proprio ciclo di vita a variazioni (geometriche, tipologia di emissioni, etc.) delle proprie caratteristiche che si riflettono sui valori del rischio per i recettori.

Tuttavia, dovendo in una analisi di rischio di secondo livello procedere nella definizione ed assegnazione di parametri univoci e costanti per il sito, si procederà nel caso in esame ad una caratterizzazione dei parametri che rappresentano la situazione maggiormente conservativa per il ciclo di vita della discarica.

## 2.1 DEFINIZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE DEL SITO

Il primo step di una Analisi di Rischio è rappresentato dalla definizione del modello concettuale. Il modello concettuale del sito (CSM) non è altro che una rappresentazione semplificata che descrive in modo chiaro e sintetico la situazione di contaminazione in esame e tutte le caratteristiche necessarie per la procedura di valutazione del rischio.

In una analisi di rischio di secondo livello occorre procedere nella semplificazione della realtà mediante la costruzione di un modello concettuale semplificato che permetta di descrivere e simulare il trasporto dei contaminanti mediante modelli di tipo analitico.

Il CSM comprende quindi la descrizione del sistema:

discarica (sorgente) –acquifero/atmosfera (trasporto)– recettori (pozzi, residenti):

- le sorgenti di contaminazione: geometria e volumi della discarica;
- l'ubicazione delle potenziali sorgenti di rilascio inquinanti;
- i percorsi di migrazione dei contaminanti (dispersione atmosferica, volatilizzazione, percolamento, lisciviazione, ruscellamento.);
- i soggetti recettori potenzialmente esposti all'azione del contaminante.

È possibile rappresentare graficamente il legame tra i dati necessari per la costruzione del CSM nel modo seguente:

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	11 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

sorgente (discarica)  $\Rightarrow$  percorso del contaminante (insaturo e acquifero)  $\Rightarrow$  recettore (popolazioni che ingeriscono acqua contaminata)

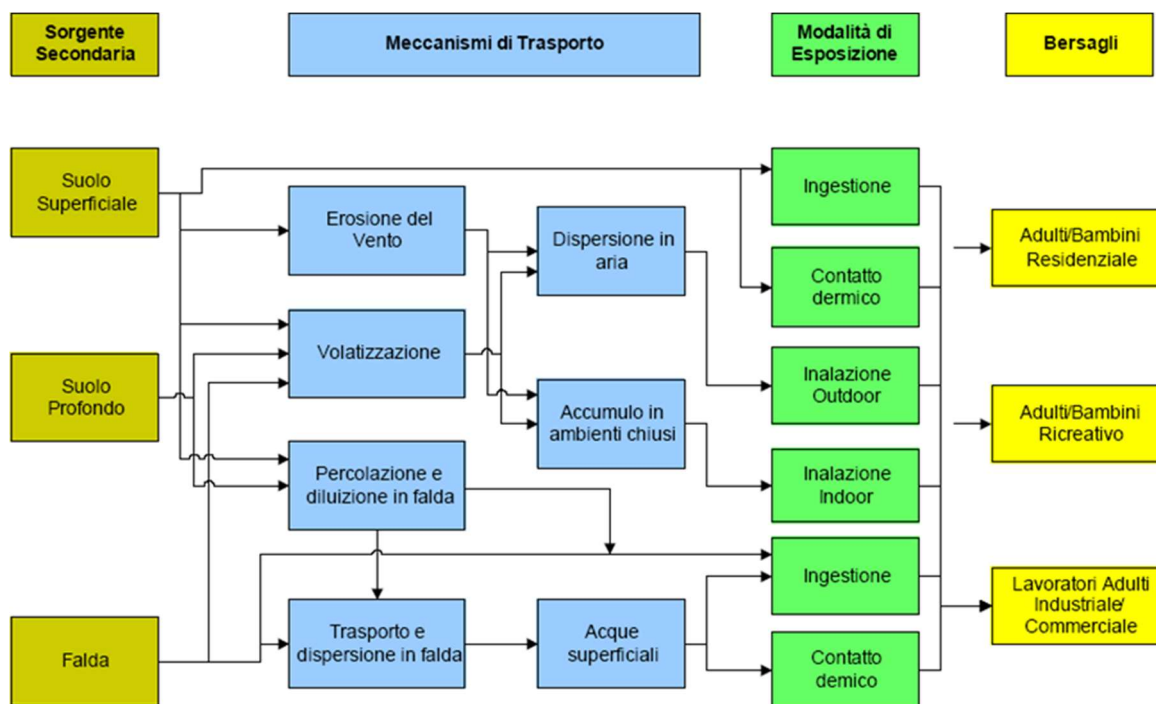


Figura 3: Modello Concettuale (ISPRA 2006)

L'individuazione dei possibili soggetti recettori e delle vie di esposizione deve tener conto dell'uso attuale del suolo come anche delle future destinazioni, essendo il fenomeno di rilascio di contaminanti da una sorgente inquinante un fenomeno di tipo dinamico.

Una volta individuati i soggetti recettori e le possibili vie di esposizione, il modello concettuale richiede di definire tutte le vie (o percorsi) di effettiva migrazione, attraverso la quale gli inquinanti possono raggiungere i punti di esposizione.

I percorsi di trasporto dei contaminati interessati da uno studio di analisi di rischio possono essere sintetizzati nei seguenti: acque sotterranee, acque superficiali, aria, suolo e catena alimentare.

In funzione del particolare contesto ambientale in cui il sito si colloca, non necessariamente tutti i percorsi risultano di fatto "attivi". Va osservato che lo scenario acque sotterranee- ingestione di acqua potabile si presenta, nella maggioranza dei casi, come quello di maggior gravità, soprattutto allorquando siano presenti rilasci di sostanze inquinanti mobili.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	12 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

L'esecuzione di una dettagliata valutazione del rischio estesa a tutte le sostanze chimiche comunque rinvenute su un'area potenzialmente contaminata richiederebbe un processo di elaborazione dei dati molto oneroso, complicando inutilmente i risultati della valutazione.

Si ritiene pertanto opportuno focalizzare lo studio sui contaminanti indice, ovvero su un gruppo di sostanze che si stima possano essere ritenute le responsabili dell'impatto totale della sorgente inquinante, in termini di rischio tossico e cancerogeno.

La scelta dei contaminanti indice del sito costituisce uno degli aspetti fondamentali di una metodica di valutazione del rischio, soprattutto quando la situazione di degrado nasce dalla contemporanea presenza di più specie chimiche.

Generalmente la scelta tiene conto dei seguenti fattori:

- superamento della concentrazione limite accettabile definita dalla normativa vigente in una o più delle matrici interessate del fenomeno di inquinamento;
- superamento dei valori di fondo naturali;
- presenza, in una o più delle matrici ambientali, di sostanze direttamente collegabili all'attività svolta sul sito;
- livello di tossicità;
- grado di mobilità e persistenza.

La costruzione del modello concettuale richiede la raccolta e l'analisi di tutti i dati e gli studi disponibili per la discarica e nel caso siano necessarie la programmazione di piani di monitoraggio ed investigazione specifici.

Nel caso della discarica in esame si sono reperite le seguenti fonti:

- Studi e relazioni allegati alla Autorizzazione Ambientale Integrata ex D.Lgs. 59/2005 e L.R. 21/2004 relativa all'impianto di Discarica Ginestreto 2;
- Studi e relazioni predisposti in seno alla procedura di VIA per il progetto di costruzione di una discarica controllata per rifiuti urbani e speciali non pericolosi con una potenzialità di 1.500.000 mc localizzata a Ginestreto – Sogliano al Rubicone (Delibere Provincia di Forlì-Cesena del 29 luglio 2003 n. 358/55284 e 365/56089)
- Studi idrologici disponibili presso la competente Autorità di Bacino per la caratterizzazione dei corsi d'acqua superficiali.
- Studio di Impatto ambientale per il progetto di ampliamento di Ginestreto 2 fino ad una potenzialità di 2.500.000 mc.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	13 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

- Relazione Geologica e Geotecnica allegate al SIA del sito G4 anno 2015 – allegato E Elaborato 1
- Caratterizzazione chimica dei terreni e delle acque sotterranee presso le discariche G1 e G2 – Sviluppata conformemente al Piano di caratterizzazione approvato con Delibera di G.P. n 508/13
- Discarica per rifiuti non pericolosi denominata G3 – Relazione Tecnica Generale
- Relazione Geologica e Geotecnica allegate al SIA del sito G3 anno 2022 – allegati E Elaborato 1 e 3.1.

### **IPOTESI CONSERVATIVA**

**Il modello concettuale MCS che verrà sviluppato per la discarica Sogliano Ambiente Ginestreto G3 fa riferimento alle condizioni maggiormente conservative determinate dalla geometria della discarica e dalle caratteristiche delle emissioni di biogas.**

**Per quanto concerne la geometria e il volume della discarica si prende in esame la condizione di massimo sfruttamento del sito mentre per le caratteristiche chimiche delle emissioni si ipotizza che lo stato di coltivazione della discarica determini emissioni di biogas con concentrazioni che sono da ritenersi altamente conservative rispetto all'intero ciclo di vita dell'impianto.**

Il modello concettuale non prevede la presenza di falda in quanto, come evidenziato dalle indagini geognostiche condotte sul sito, i terreni interessati dall'intervento sono impermeabili o scarsamente permeabili, e pertanto non sussistono condizioni fisiche nel sottosuolo che possano presumere potenziali deflussi idrici nei terreni del substrato.

Conformemente ai criteri ISPRA si procede nella stima dei parametri in ingresso alla procedura di AR utilizzando un unico valore, così come richiesto dalle analisi di TIER II, corrispondente al valore massimo o minimo che rende l'analisi di rischio maggiormente conservativa, ad es. valori massimi di concentrazione contaminanti o valori minimi delle velocità di biodegradazione. In questo modo l'analisi di rischio risulta essere maggiormente conservativa rispetto all'ipotesi di utilizzo delle metodologie probabilistiche descritte in Appendice H dalla linea guida ISPRA (ISPRA 2008).

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	14 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	



### 2.1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA DI INTERESSE

Il sito rappresentato dalla discarica Sogliano Ambiente Ginestreto 3 (denominata G3) oggetto della presente analisi è localizzato lungo il percorso della strada Provinciale 13 di fondovalle dell'Uso; poco dopo l'abitato di Masrola, parte dalla strada provinciale, che dopo circa quattro chilometri raggiunge il sito di Ginestreto.

Il contesto territoriale del sito è circoscritto nell'ambito del bacino imbrifero il Rio Morsano, il corso d'acqua che ha inciso la valle principale ed il cui corso, scorrendo in direzione nord-est, confluisce nel fiume Uso, immediatamente ad ovest dell'abitato di Masrola.

L'assetto morfologico è caratterizzato dal susseguirsi di vallecole con assi all'incirca paralleli tra loro, che si sottendono dagli spartiacque e si innestano nel fondovalle secondo direttrici ad esso perpendicolari

Il prevalere delle litologie argillose impermeabili non consente lo sviluppo di attività idrogeologica significativa; caratteristica quest'ultima che determina la specifica vocazione del sito di contenere una discarica, infatti l'impermeabilità del substrato costituisce da sola elemento di sicurezza per la dispersione di eventuali inquinanti che si potrebbe avere dal fondo dell'invaso.

La discarica è situata in vicinanza dei centri abitati di Ponte Uso, Masrola in Comune di Borghi, e Montebello in Comune di Torriana.

Il sito destinato a discarica è completamente disabitato, l'utilizzazione del suolo nell'intera area circostante è il pascolo, il seminativo semplice e il bosco, nelle aree circostanti sono presenti alcuni allevamenti di suini e di ovini.

Nella vallecola gravita esclusivamente l'acqua meteorica che cade sul sito, inoltre non esistono sul Rio Morsano pozzi di uso pubblico o privato, né altri punti di prelievo per acque destinate all'uso idropotabile.

L'intervento in progetto è ubicato interessa l'intera vallecola denominata G3 avente una potenzialità complessiva pari a circa 6.000.000 mc.

Si riporta nella figura che segue la localizzazione della discarica rispetto alla strada provinciale n°13 dell'Uso; nella figura si identificano altresì il tratto stradale che compone la viabilità di accesso all'impianto e le altre discariche.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	15 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Il sito in progetto è inserito nella cartografia provinciale di settore (PTCP e PPGR) come sito disponibile, all'interno del polo di trattamento e smaltimento dei rifiuti denominato Ginestreto. Attualmente nel polo integrato di Ginestreto sono presenti i seguenti impianti:

1. Impianto di stabilizzazione per la frazione organica di rifiuti urbani e speciali proveniente da raccolte differenziate;
2. Impianto di cernita e valorizzazione della frazione secca dei rifiuti;
3. Discarica per rifiuti non pericolosi denominata G4 in fase di gestione
4. Discarica per rifiuti non pericolosi denominata G2 in fase di post- gestione;
5. Discarica per rifiuti non pericolosi denominata G1 in fase di post-gestione.

La viabilità di accesso al polo di Ginestreto e quindi al sito in oggetto si dirama dalla rotonda lungo la S.P. 13 Fondovalle dell'Uso, poco dopo l'abitato di Masrola, per una distanza di circa quattro chilometri.

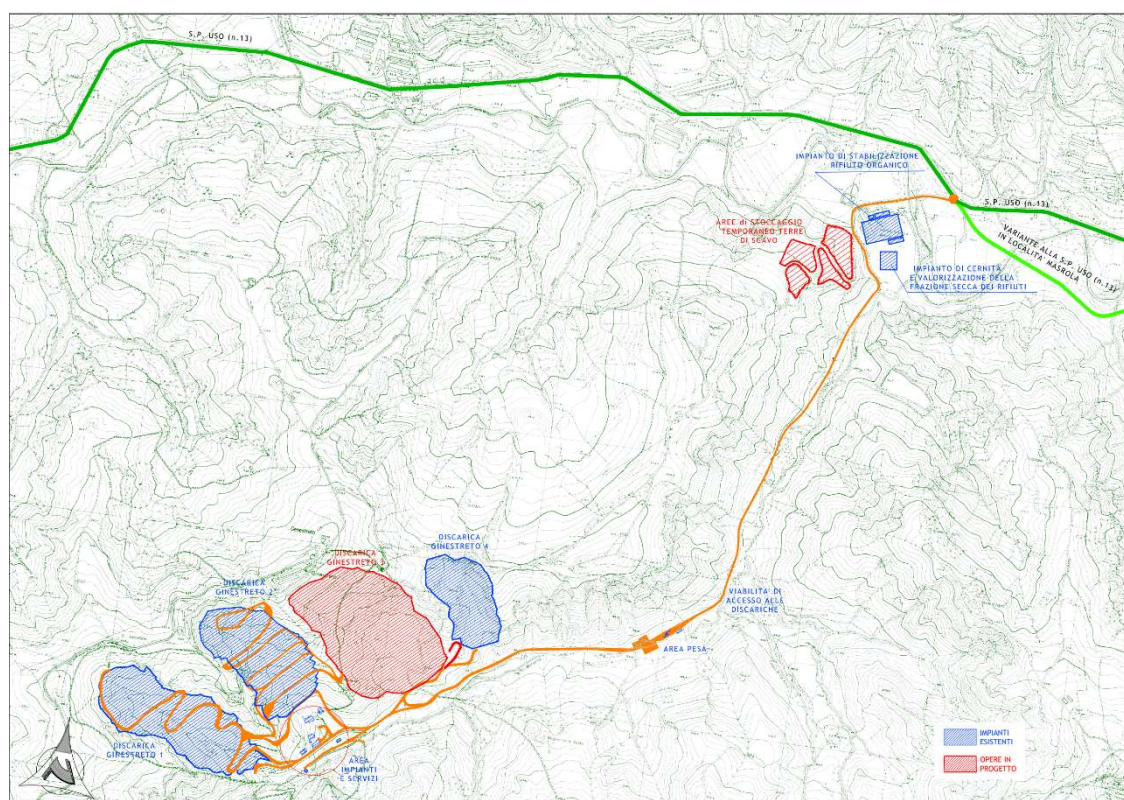


Figura 4: Inquadramento territoriale del sito di Ginestreto su base CTR.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	16 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

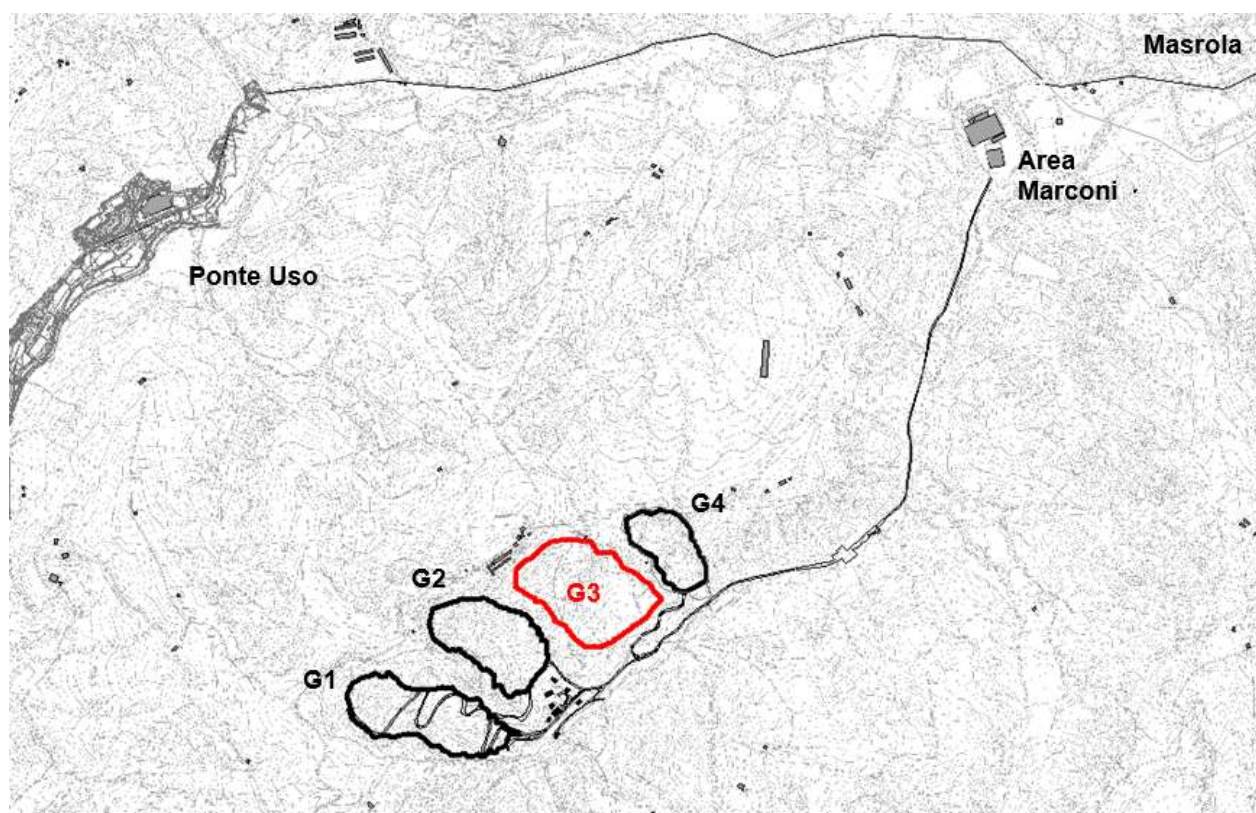


Figura 5: Ubicazione della discarica G3 all'interno del sito di Ginestreto.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	17 di 72
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	





Figura 6: Immagine aerea del sito di Ginestreto con indicazione delle discariche esistenti, G1 e G2 in fase di post- gestione e G4 in fase di coltivazione e della discarica G3 in progetto.

La previsione di utilizzo della discarica, fino alla chiusura, deve necessariamente portare in conto l'utilizzo dei volumi in termini di potenzialità reale, quantificando l'impiego dell'impianto nel tempo in funzione delle quantità che saranno smaltite, calcolate tenendo conto dell'indice di utilizzo finale.

La volumetria di progetto della discarica G3 è pari a circa 6.000.000 mc, considerando che si tratta di una discarica per rifiuti speciali, l'indice di abbancamento previsto è pari a 1.00 ton/mc, che corrisponde ad una previsione di abbancamento di circa 6.000.000 ton, considerando una media di smaltimento di 200.000 ton/anno, la durata prevista per la discarica G3 è pari a circa 30 anni.

La tabella seguente riporta la previsione di conferimento in discarica indicata da Sogliano Ambiente

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	18 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

ANNO	QUANTITÀ SMALTITE ANNUALMENTE (ton)	QUANTITÀ SMALTITE PROGRESSIVE (ton)
2028	200.000	200.000
2029	200.000	400.000
2030	200.000	600.000
2031	200.000	800.000
2032	200.000	1.000.000
2033	200.000	1.200.000
2034	200.000	1.400.000
2035	200.000	1.600.000
2036	200.000	1.800.000
2037	200.000	2.000.000
2038	200.000	2.200.000
2039	200.000	2.400.000
2040	200.000	2.600.000
2041	200.000	2.800.000
2042	200.000	3.000.000
2043	200.000	3.200.000
2044	200.000	3.400.000
2045	200.000	3.600.000
2046	200.000	3.800.000
2047	200.000	4.000.000
2048	200.000	4.200.000
2049	200.000	4.400.000
2050	200.000	4.600.000
2051	200.000	4.800.000
2052	200.000	5.000.000
2053	200.000	5.200.000
2054	200.000	5.400.000
2055	200.000	5.600.000
2056	200.000	5.800.000
2057	200.000	6.000.000

Tabella 1: Previsione di conferimento discarica Sogliano Ambiente G4

### **IPOTESI CONSERVATIVA**

**Ai fini della procedura di Analisi di Rischio si ipotizza la sorgente discarica GINESTRETO 3 caratterizzata da una estensione geometrica (superficie e volume) corrispondente alla condizione completamente esaurita (Scenario al 2057) secondo l'ipotesi progettuale e da**

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	19 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

**emissioni (biogas) caratterizzate da parametri chimico-fisici scelti tra i più conservativi tra le seguenti fonti:**

- **Analisi chimico-fisiche del biogas per il periodo 2008-2022 relativi alla discarica GINESTRETO 2.**
- **Analisi chimico-fisiche del biogas per il periodo 2021-2022 relativi alla discarica GINESTRETO 4.**

#### 2.1.2 CARATTERIZZAZIONE DELLA SORGENTE (DISCARICA) DI CONTAMINAZIONE

Nell'ambito dell'analisi di rischio occorre distinguere tra sorgente primaria, ovvero l'elemento che determina il rilascio (discarica, serbatoio), e la sorgente secondaria ovvero il comparto ambientale oggetto della contaminazione (insaturo, saturo, aria, etc.).

In accordo con gli standard internazionali l'analisi di rischio va applicata caratterizzando esclusivamente la **sorgente secondaria**, pertanto, tutti i parametri della sorgente si riferiscono al comparto ambientale soggetto alla contaminazione.

Tuttavia, nel caso specifico delle discariche occorre per potere caratterizzare i parametri dei media ambientali interessati, in questo caso esclusivamente l'atmosfera, occorre disporre di dettagliate informazioni circa la sorgente primaria ovvero la discarica.

Per una caratterizzazione dettagliata della discarica GINESTRETO3 si rimanda ai seguenti capitoli del SIA:

- Elaborati di Progetto Definitivo
- Studio di Impatto Ambientale – Relazione di SIA, capitolo E – Descrizione della fase di esercizio.

Di seguito si procede invece nella caratterizzazione degli elementi fondamentali per l'AR che riguardano la sorgente discarica.

**L'analisi di rischio di secondo livello per la discarica in esame viene condotta ipotizzando come sorgenti secondaria l'emissione di contaminanti in atmosfera associati al biogas emesso in atmosfera dalla sorgente primaria discarica.**

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	20 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Tutti gli elementi geometrici e fisici del modello concettuale verranno di seguito discussi.

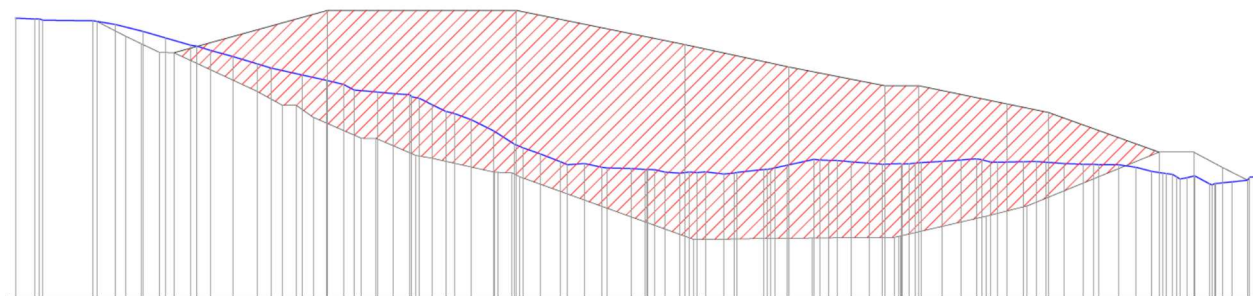
#### 2.1.2.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DISCARICA

La caratterizzazione geometrica dei volumi è di fondamentale importanza per le analisi successive relative al bilancio idrologico della discarica e alla modellizzazione della dispersione degli inquinanti nell'acquifero.

La discarica GINESTRETO3 viene caratterizzata nella condizione maggiormente conservativa considerando l'ipotesi di progetto ed ipotizzando lo scenario di conferimento all'anno 2057 dove si prevede l'esaurimento volumetrico del sito.

La discarica in oggetto è progettata per un volume totale utile al fine dello smaltimento rifiuti pari a 6.000.000 mc.

La massima superficie di progetto della copertura responsabile delle emissioni diffuse di biogas in atmosfera è pari a 175.000 m<sup>2</sup>.



Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	21 di 72
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	

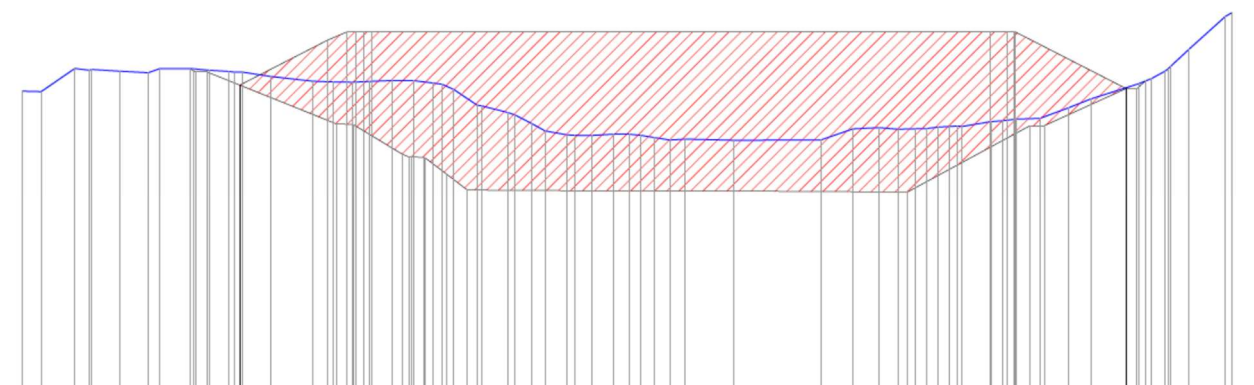


Figura 7: Sezione Longitudinale e trasversale progetto G3

### **IPOTESI CONSERVATIVA**

**La sorgente primaria di emissione di inquinanti tossici e cancerogeni in atmosfera è costituita dall'intera superficie di progetto della copertura della discarica pari a circa 175000 mq.**

L'estensione della sorgente nella direzione principale del vento (principalmente proveniente dal quadrante W-SW, così come riportato nella caratterizzazione meteorologica dello studio modellistico di dispersione degli inquinanti odorigeni) è pari a 400 m.

#### **2.1.2.2 CARATTERIZZAZIONE DELLE EMISSIONI (BIOGAS)**

Come descritto la principale emissione della sorgente discarica è il biogas, che viene definito come sorgente secondaria in quanto sono potenzialmente presenti in esso sostanze chimiche con effetti tossici e cancerogeni per l'uomo e l'ambiente.

La determinazione delle quantità e caratteristiche chimico fisiche del biogas prodotto dal corpo della discarica viene affrontato analizzando in dettaglio i numerosi dati a disposizione provenienti dai monitoraggi ed analisi condotte periodicamente dal gestore sul sito della discarica.

Nel caso in esame, facendo seguito a quanto evidenziato nel Piano di Caratterizzazione dei suoli e delle acque sotterranee condotte per i siti G1 e G2 nel Giugno del 2014, per il sito G4 nel 2015 e a quanto confermato dalle indagini geognostiche sviluppate sul sito G3, non essendo presente

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	22 di 72
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	



una falda acquifera significativa, si considera l'atmosfera come unico media ambientale interessato dalle emissioni della discarica, in particolare dalle emissioni di biogas.

Non vengono considerate emissioni dovute alla volatilizzazione di COC dal percolato in quanto tale prodotto viene immediatamente captato e raccolto dal sistema di drenaggio interno alla discarica e opportunamente trattato o smaltito, senza che questo possa dar luogo a emissioni significative in atmosfera.

### 2.1.2.3 STIMA BATTENTE DEL PERCOLATO -BILANCIO IDROLOGICO CON IL SOFTWARE HELP

Le linee guida ISPRA-APAT 2005 indicano per la stima delle portate di percolato in uscita dalla discarica una metodologia basata sul bilancio idrologico secondo l'equazione 4.15 (pag 79)

$$L_{prod} = I_{ef} + \Delta U_r + \Delta U_{RSU} - L_f - vap - b$$

Dove:

- $L_{prod}$  è la quantità di percolato prodotto all'interno della discarica;
- $I_{ef}$  è l'infiltrazione efficace che entra nella discarica;
- $\Delta U_r$  è la variazione del contenuto di umidità dei ricoprimenti intermedi presenti tra i rifiuti abbancati;
- $\Delta U_{RSU}$  è la variazione del contenuto di umidità dei rifiuti;
- $L_f$  è la quantità di percolato che fuoriesce dal fondo della discarica;
- Vap rappresenta le perdite di umidità dei rifiuti sotto forma di vapore;
- $b$  è il consumo di acqua dovuto ai processi biologici di trasformazione della materia organica presente nel rifiuto.

Simulare il bilancio idrologico del corpo di una discarica controllata è però operazione quanto mai complessa a causa dell'incertezza esistente su quasi tutte le componenti di tale bilancio.

In particolare, è estremamente difficile caratterizzare le proprietà idrologiche del corpo discarica, come ad es. la porosità e la conducibilità idraulica in condizioni di parziale saturazione.

In letteratura sono disponibili vari esempi di approccio al bilancio idrologico di una discarica; ad oggi uno fra i più diffusi e condivisi, nonché completi nel considerare i diversi aspetti del ciclo

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	23 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

dell'acqua attorno alla discarica, è implementato nel software HELP 3.07 (Hydrologic Evaluation of Landfill Performance, Schroeder et al., 1994a, b)<sup>1</sup>.

Questo modello svolge un bilancio idrologico del corpo discarica a passo giornaliero, considerando virtualmente tutti i fenomeni di rilievo ai fini della formazione del percolato, e cioè:

- precipitazione (pioggia e neve)
- evapotraspirazione (valutata con la formula di Penman), tenendo conto del ciclo vegetativo della copertura della discarica
- runoff (valutato con il metodo del SCS Curve Number, corretto con accorgimenti che tengono conto della pendenza della superficie della discarica e della distanza fra i collettori delle acque meteoriche)
- infiltrazione tanto in campo saturo, quanto a saturazione variabile descrivendo il comportamento idrologico delle diverse componenti della discarica mediante le curve tensiometriche di Brooks-Corey e la curva di conducibilità idraulica relativa di Campbell)
- drenaggio laterale del percolato negli strati appositamente progettati a tale scopo
- formazione di un battente idraulico sopra gli strati poco permeabili di suolo e sui manti artificiali (geomembrane)
- diffusione in fase vapore e percolazione attraverso difetti dei manti artificiali dovuti alla posa e a imperfezioni di fabbrica.

La quantità di infiltrato verso la falda è valutata nelle ipotesi di lavoro del modello riguardo ai meccanismi di superamento delle barriere di fondo (rottture e diffusione in fase vapore), che verranno descritte in maggiore dettaglio nel seguito a proposito delle valutazioni speditive del percolato condotte.

I dettagli inerenti agli algoritmi impiegati, i dati di default e le limitazioni e opportunità di impiego del modello possono essere reperiti nella documentazione tecnica citata.

<sup>1</sup> Schroeder, P. R., Dozier, T.S., Zappi, P. A., McEnroe, B. M., Sjostrom, J.W., and Peyton, R. L. (1994). "The hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP) Model: Engineering Documentation for Version 3," EPA/600/R-94/168b, September 1994, U.S. Environmental Protection Agency Office of Research and Development, Washington, DC., 1994a

Schroeder, P. R., Aziz, N. M., Lloyd, C. M. and Zappi, P. A. (1994). "The Hydrologic Evaluation of Landfill performance (HELP) Model: User's Guide for Version 3," EPA/600/R-94/168a, September 1994, U.S.Environmental Protection Agency Office of Research and Development, Washington, DC., 1994b

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	24 di 72
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	

Il modello è stato ampiamente testato ed è considerato uno standard di riferimento negli USA. Per utilizzarlo è necessario specificare le grandezze inerenti la meteorologia, idrologia, caratteristiche del ciclo vegetativo, e caratteristiche stratigrafico/strutturali della discarica. Una significativa limitazione del modello è quella di riferirsi a una condizione stazionaria della struttura della discarica, che lo rende particolarmente adatto per la gestione post-operativa ma non per quella operativa di tali impianti.

L'utilità di un modello come HELP è soprattutto nella simulazione del comportamento idrologico della discarica nel lungo periodo, alcuni anni o decine di anni, in cui si manifestano o possono manifestarsi fenomeni di saturazione e formazione di battenti persistenti sugli strati impermeabili, e la creazione di condizioni tali per cui siano plausibili i meccanismi, peraltro corrispondenti a ipotesi cautelative, di efflusso di percolato attraverso gli strati impermeabili e i manti artificiali che il modello considera.

L'output del modello è costituito dalle diverse voci del bilancio idrologico, ovvero dai flussi ed accumuli nei diversi strati della discarica, riferiti ai diversi passi temporali che l'utente decide di simulare.

Al livello al quale il modello viene utilizzato nella presente applicazione, che corrisponde al planning level descritto in Schroeder et al, 1994b, non è importante la caratterizzazione di dettaglio dei materiali di discarica, che peraltro richiederebbe costose e lunghe valutazioni sul campo, quanto la produzione di scenari rappresentativi.

L'interesse è cioè nel calcolare condizioni cautelative, ma plausibili in base alle ipotesi di lavoro del modello HELP, di formazione del percolato nel corpo discarica e di conseguenza di possibile loading di inquinanti alla falda.

Pertanto, il modo che si è ritenuto più appropriato per utilizzarlo è quello di produrre una simulazione su un orizzonte temporale molto lungo (100 anni).

### **Dati meteoclimatici**

Per quanto riguarda i dati meteoclimatici relativi al sito in esame, non è stato possibile reperire serie storiche che consentissero valutazioni riferita ad un orizzonte temporale quale quello della simulazione in oggetto (centennale); si è a questo punto preferito ricorrere a una serie di precipitazione, temperatura e radiazione solare generata sinteticamente.

All'interno del software HELP vers. 3.07 (la versione qui impiegata) è compreso un generatore sintetico dei dati meteo necessari alla simulazione; benché tale simulatore sia calibrato per gli USA, è possibile forzare il generatore a riprodurre parametri medi mensili specificati dall'utente

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	25 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

e pertanto è possibile adattarlo a riprodurre serie climatologiche in prima approssimazione accettabili per la realtà oggetto di studio.

Si è pertanto proceduto individuando, fra le situazioni standard degli USA per le quali il simulatore climatologico è stato calibrato, una situazione che mostrasse una distribuzione delle temperature e delle piogge simile a quella attesa nel sito di interesse, e affinando successivamente i valori di temperatura media e precipitazione totale mensili con i valori definiti che corrispondessero allo stesso sito in base ai dati disponibili.

La serie storica utilizzata raccoglie i dati di pioggia e di temperatura su scala giornaliera registrati dalla stazione meteo climatica in dotazione alla discarica di Ginestreto, localizzata tra le discariche G1 e G2, comprendenti il periodo dal gennaio 2005 al settembre 2022; tali dati sono stati mediati su scala mensile come richiesto dal software e sono riassunti nella figura seguente. Per la generazione di una serie di radiazione solare viene specificata soltanto la latitudine del sito, che è assunta pari a 43° 59' N.

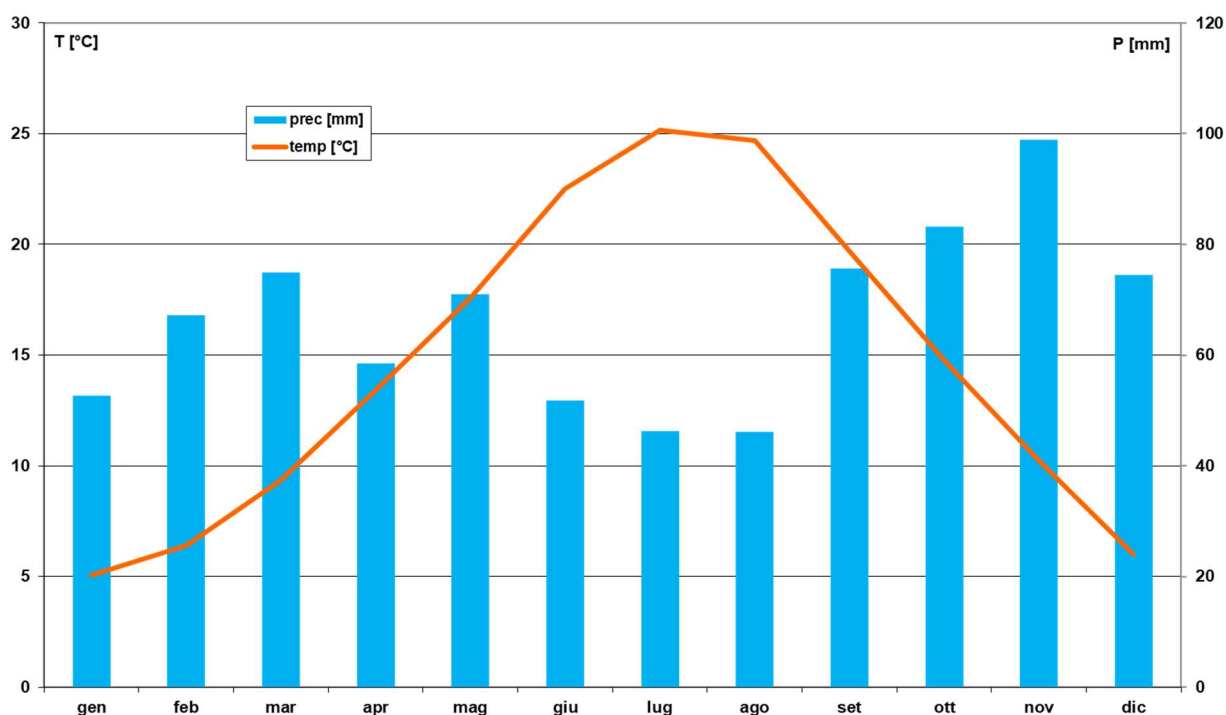


Figura 8: dati meteorologici – stazione Sogliano Ginestreto

La scelta di un tale approccio è del resto da motivare non solo in relazione alla scarsità, e scarsa rappresentatività nel lungo periodo, dei dati locali disponibili come precedentemente mostrato, ma anche alle incertezze sui trend climatici in atto, rimanendo sconsigliabile comunque -al presente livello di indagine- avviare ulteriori complesse e costose valutazioni sulla climatologia.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	26 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

## Analisi di sensitività

Oltre alla semplificazione ora detta sui dati climatologici, che ha consentito di ottenere rapidamente una lunga serie sintetica in prima approssimazione del tutto accettabile di pioggia, radiazione e temperatura, si è deciso di considerare il corpo discarica come omogeneo e di simulare esplicitamente solo gli strati drenanti corrispondenti al sistema di raccolta del percolato, oltre al pacchetto di copertura presente.

Per la presente applicazione si è quindi sviluppata una sensitivity analysis volta ad individuare, nel range plausibile per i vari parametri che controllano la simulazione, i valori più critici al fine della formazione del percolato.

Il principale aspetto che può influenzare i risultati della simulazione, e sul quale esiste una notevole incertezza, è il comportamento del materiale di riempimento della discarica. Questo dipende da una molteplicità di variabili quali ad es. le caratteristiche merceologiche, il grado di compattazione, la cassazione granulometrica ecc. del rifiuto e del materiale di riempimento, e tali variabili sono molto difficili da definire a priori, anche in relazione alla forte dispersione dei valori che si riscontra in letteratura.

Per affrontare correttamente l'incertezza associata a tale aspetto, si è proceduto ad una analisi di sensitività rispetto a ciascuno dei parametri che caratterizzano, dal punto di vista del modello HELP, il materiale di riempimento.

La funzione obiettivo di cui si è verificata la sensitività a ciascun parametro è il risultato di output del modello di maggiore interesse, ovvero il battente idrico che si forma sulla sommità della barriera di fondo discarica.

Con semplici considerazioni sulla struttura dell'explanans di HELP 3.07, si è ritenuto che i principali parametri di cui valutare l'effetto fossero la conducibilità idraulica dell'ammasso e la capacità di campo del medesimo (ovvero il contenuto di umidità che corrisponde all'innescio della percolazione anche se a saturazione non completa). Inoltre si è proceduto a valutare la sensitività del modello anche al parametro di lunghezza del drenaggio (distanza media fra collettori di drenaggio).

La tabella seguente riporta i risultati dell'analisi di sensitività condotta.

Configurazione di base assunta a riferimento: ammasso di rifiuti di spessore 17,5 m,  $K = 0.0001$  cm/s, capacità di campo = 0.073, punto di appassimento = 0.019, lunghezza di drenaggio di 30 m, sistema di protezione di fondo costituito da sabbia drenante (20 cm), manto HDPE 2,5 mm, argilla  $K=10E-8$  m/s spess. 1 m

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	27 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

percolazione attraverso la barriera minerale (mm)		D=50 m: tirante di percolato sul manto HDPE, mm	
0.65±0.11		146.3±27.8	
Sensitività alla lunghezza del drenaggio D (m)			
D=10 m: percolazione attraverso la barriera minerale (mm)	D= 10 m: tirante di percolato sul manto HDPE, mm	D=50 m: percolazione attraverso la barriera minerale (mm)	D=50 m: tirante di percolato sul manto HDPE, mm
0.23±0.03	47.4±7.04	1.64±0.55	397.2±138.5
Sensitività alla conducibilità idraulica			
K=10E-5 cm/s: percolazione attraverso la barriera minerale (mm)	K=10E-5 m/s: tirante di percolato sul manto HDPE, mm	K=10E-3 cm/s: percolazione attraverso la barriera minerale (mm)	K=10E-3 cm/s: tirante di percolato sul manto HDPE, mm
1.86±0.45	457.32±116.84	0.44±0.1	95.0±22.9
Sensitività alla capacità di campo con K=10E-3 cm/s			
CC=0.16: percolazione attraverso la barriera minerale (mm)	CC=0.16: tirante di percolato sul manto HDPE, mm	CC=0.02: percolazione attraverso la barriera minerale (mm)	CC=0.02: tirante di percolato sul manto HDPE, mm
1.67±0.34	405.98±86.65	2.09±0.36	517.1±92.6

Tabella 2: analisi di sensitività del modello HELP

L'analisi di sensitività sopra riepilogata ha mostrato innanzitutto che il modello è piuttosto robusto al variare degli ordini di grandezza dei singoli parametri, con risposta lineare o quasi lineare.

La lunghezza di drenaggio mostra un effetto di forte controllo sia dei tiranti di percolato sul fondo, sia conseguentemente (ed in modo lineare) sulla percolazione attraverso le barriere minerali.

Una conducibilità idraulica più elevata porta poi a tiranti di percolato e a infiltrazioni inferiori. Analogο effetto mostra la capacità di campo.

È stato peraltro riscontrato che l'effetto sinergico di più parametri può portare a relativamente forti variazioni della risposta del modello anche in presenza di modeste variazioni su ciascun singolo parametro.

### Dati geometrici

Per quanto riguarda i dati geometrici richiesti dal modello, sono state ricavate dalle planimetrie dell'impianto le caratteristiche dei vari strati di abbancamento (spessore, permeabilità, capacità di campo, punto di appassimento), oltre alla lunghezza di drenaggio (semidistanza tra i dreni) dell'impianto di raccolta del percolato; ai fini conservativi, sono state evidenziate le condizioni più sfavorevoli al fine del drenaggio del percolato (es. la lunghezza di drenaggio è stata

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	28 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

considerata ai fini del calcolo uniforme, e pari alla maggiore presente nell'intero abbancamento).

Il modello richiede che i dati geometrici vengano suddivisi al momento dell'input in quattro macrocategorie, a seconda dei fenomeni di diffusione idraulica del liquido che in esso avvengono e delle equazioni che li governano; questi quattro *layer* sono rispettivamente

- *vertical percolation layer*
- *lateral drainage layer*
- *flexible membrane liner*
- *barrier soil liner*

Si rimanda al manuale di Help per una spiegazione dettagliata sulle differenze in termini di comportamento idraulico dei diversi *layer*; nella tabella seguente sono invece riassunti i dati geometrici di input per la modellazione effettuata, ricavati dalle sezioni fornite.

Nella simulazione relativa all'analisi di rischio dell'adiacente discarica G2, si era dimostrato come lo scenario più gravoso in termini di produzione di percolato fosse quello relativo ad uno spessore corrispondente ad un unico "pacchetto" di rifiuto; le seguenti valutazioni si riferiranno quindi, conservativamente, al medesimo scenario, senza copertura sommitale, in quanto il piano di coltivazione e le modalità di abbancamento della discarica G2 e della discarica G3 (oggetto dell'attuale analisi) sono analoghi.

Rifiuto abbancato		
Spessore	500	Cm
Porosità	0.1680	Vol/vol
Capacità di campo	0.0730	Vol/vol
Punto di appassimento	0.0190	Vol/vol
Contenuto iniziale di acqua	0.0708	Vol/vol
Conducibilità idraulica effettiva a saturazione	$0.1 \cdot 10^{-2}$	Cm/s
Strato drenante		
Spessore	50	Cm
Porosità	0.3970	Vol/vol
Capacità di campo	0.0320	Vol/vol
Punto di appassimento	0.0130	Vol/vol
Contenuto iniziale di acqua	0.2738	Vol/vol
Conducibilità idraulica effettiva a saturazione	$1 \cdot 10^{-2}$	Cm/s
pendenza	2	%
Lunghezza di drenaggio	40	m

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	29 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Geomembrana in PEAD		
Spessore	0.25	Cm
Porosità	0.0000	Vol/vol
Capacità di campo	0.0000	Vol/vol
Punto di appassimento	0.0000	Vol/vol
Contenuto iniziale di acqua	0.0000	Vol/vol
Conducibilità idraulica effettiva a saturazione	$0.19 \cdot 10^{-12}$	Cm/s
Densità fori	1	Buchi/ha
Difetti installazione	10	Buchi/ha
Qualità	buona	
Barriera geologica		
Spessore	100	Cm
Porosità	0.4510	Vol/vol
Capacità di campo	0.4190	Vol/vol
Punto di appassimento	0.3320	Vol/vol
Contenuto iniziale di acqua	0.4190	Vol/vol
Conducibilità idraulica effettiva a saturazione	$1 \cdot 10^{-7}$	Cm/s

Tabella 3: dati geometrici

Lo sviluppo areale della discarica copre una superficie di circa 17 ettari.

La sommità è stata considerata senza alcuna presenza erbosa o vegetale ("*bare ground condition*", secondo la definizione di HELP).

### Risultati delle simulazioni

Il modello HELP è stato quindi impiegato per produrre una stima della perdita media verso la falda in mm/anno e del tirante medio in mm sulla geomembrana al fondo della discarica.

Dal calcolo, svolto su serie meteorologiche sintetiche di 100 anni condizionate al rispetto dei parametri medi specifici del sito, si sono desunti i risultati riportati nella seguente tabella.

parametro	valore medio su 100 anni simulati –mm	dev st su 100 anni simulati - mm	m <sup>3</sup> totali	%
precipitazione	796.420	107.908	135391.900	100.000
runoff	3.320	5.849	564.370	0.417
evapotraspirazione	332.129	37.855	56461.950	41.703
Percolato raccolto	461.282	80.406	78417.859	57.919
Perdite attraverso l'impermeabilizzazione	0.116	0.018	19.722	0.015

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	30 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	



livello di percolato sulla geomembrana	143.284	23.452		
variazione di contenuto d'acqua	-0.435	1.681	-74.010	-0.055

Tabella 4: risultati della simulazione con HELP 3.07

Nel grafico seguente è riassunta la distribuzione ponderale delle voci del bilancio idrologico relativa alla discarica in esame. Il tirante di percolato formatosi sulla geomembrana al fondo della discarica risulta su un ordine di circa 14 cm.

Dal calcolo, fra l'altro, è evidente che la discarica raggiunge uno stato stazionario, evidenziato dalla consistenza praticamente nulla delle variazioni di umidità.

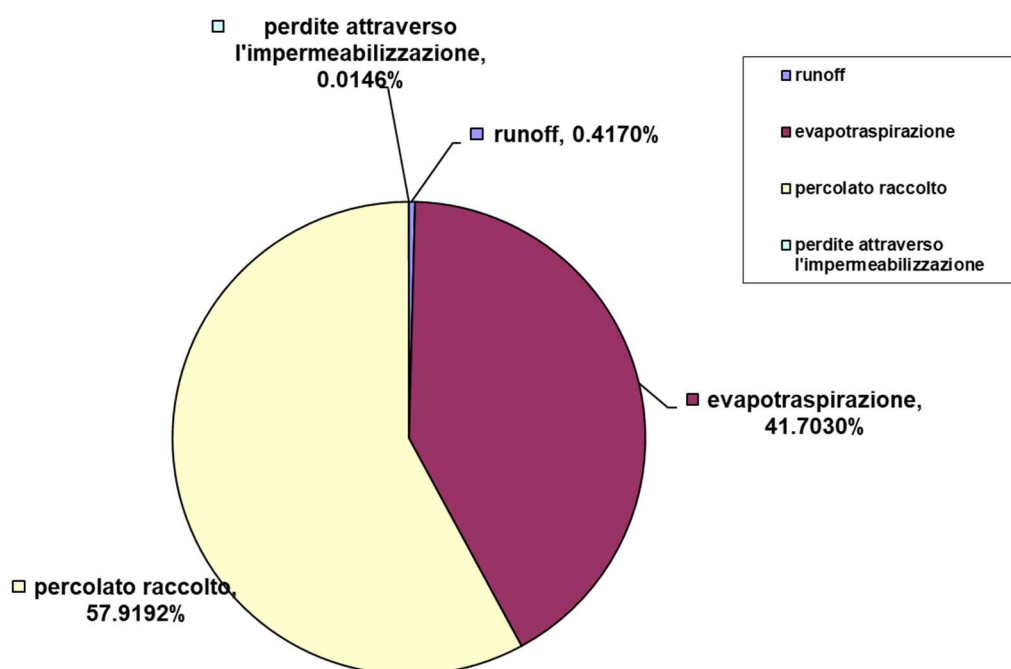


Figura 9: risultati della simulazione con HELP 3.07

### Fenomeni di perdita del percolato prodotto

La simulazione condotta col software HELP sopra descritta ha permesso di ricavare i livelli del battente di percolato sul fondo della discarica ed una stima delle perdite dello stesso nel terreno sottostante.

La perdita totale viene valutata dal modello come somma di tre fenomeni distinti, la perdita attraverso la geomembrana (qL1), la fuoriuscita attraverso i difetti di fabbricazione (qL2), e la perdita attraverso le usure in fase di installazione (qL3); per avere un'analisi più dettagliata

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	31 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

dell'influenza di questi fenomeni complessi, è possibile effettuare un confronto con i risultati del modello ricorrendo ai modelli di efflusso proposti da Giroud e Bonaparte (1989, cit. in Schroeder, 1994 a, b), in modo da avere uno spettro di variabilità più ampio dei possibili efflussi di percolato dalla discarica in esame.

Si sono a tal fine implementate le singole relazioni alla base del modello HELP per avere una descrizione più puntuale e stabilire così quale sia il fenomeno quantitativamente più rilevante, almeno come ordine di grandezza, data la complessità dei fenomeni coinvolti. A tal fine si è preso il dato del tirante idrico del percolato sulla geomembrana, ricavato dalla simulazione (Tabella 4), come input dei vari modelli di perdita ed è stata ipotizzata una condizione di contatto buono all'interfaccia geomembrana-argilla.

Di seguito sono riportati i risultati di questa analisi; per ulteriori dettagli si rinvia alle fonti bibliografiche citate, oppure allo User Manual di HELP.

<b>q<sub>L1</sub></b>	<b>diffusione in fase vapore attraverso geomembrana intatta</b>	
conducibilità idraulica equivalente della geomembrana, m/s		1.00E-15
tirante di percolato sulla geomembrana, m		0.1433
Spessore della geomembrana, m		0.003
perdite dalla geomembrana, m/anno		<b>1.84E-06</b>
<b>q<sub>L2</sub></b>	<b>diffusione attraverso difetti di fabbricazione</b>	
numero di difetti, #/m <sup>2</sup>		0.0001
Conducibilità idr. strato sotto("controlling layer"), m/s		1.00E-09
tirante di percolato sulla geomembrana, m		0.1433
spessore controlling layer, m		1
area del difetto, m <sup>2</sup>		1.00E-04
raggio del difetto nella geomembrana, m		0.0056
raggio dell'area di flusso interfacciale attorno al difetto, m		
buon contatto (eq. 162 eng.Guide HELP 3.07)		1.01E+00
Gradiente idraulico di calcolo		
buon contatto (eq. 162 eng.Guide HELP 3.07)		1.01380
perdita (m/anno)		
buon contatto (eq. 162 eng.Guide HELP 3.07)		<b>9.03E-06</b>
<b>q<sub>L3</sub></b>		
numero di difetti, #/m <sup>2</sup>		0.0010
Conducibilità idr. strato sotto("controlling layer"), m/s		1.00E-09
tirante di percolato sulla geomembrana, m		0.1433
spessore controlling layer, m		1
area del difetto, m <sup>2</sup>		1.00E-04
raggio del difetto nella geomembrana, m		0.0056
raggio dell'area di flusso interfacciale attorno al difetto, m		
buon contatto (eq. 162 eng.Guide HELP 3.07)		1.01E+00
Gradiente idraulico di calcolo		

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	32 di 72
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	

buon contatto (eq. 162 eng.Guide HELP 3.07)	1.01380
perdita (m/anno)	
buon contatto (eq. 162 eng.Guide HELP 3.07)	<b>9.03E-05</b>

Tabella 5: calcolo perdite dell'impermeabilizzazione

Nel grafico seguente è riportata la distribuzione ponderale dei tre fenomeni considerati; come è possibile notare, la perdita attraverso i difetti di installazione risulta essere il fenomeno più rilevante, mentre sono quasi trascurabili la perdita attraverso i difetti di fabbricazione e la diffusione in fase vapore attraverso la geomembrana, come è riassunto anche nella tabella seguente.

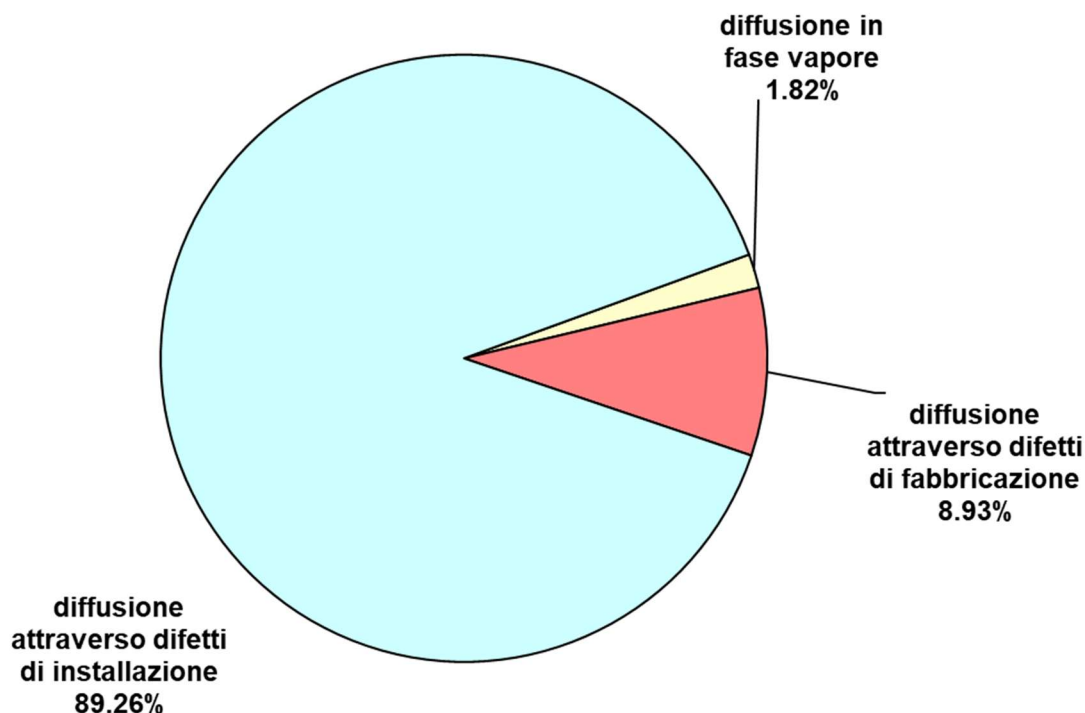


Figura 10: distribuzione ponderale dei fenomeni di perdita considerati

### Conclusioni relative al bilancio idrologico

Dalle simulazioni e valutazioni precedentemente riportate, si può assumere come condizione cautelativa per la verifica degli effetti sulla falda la seguente:

- tirante di percolato massimo che si forma sul fondo della discarica:
  - circa 14 cm

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	33 di 72
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	

- quantità massima infiltrata attraverso le barriere di fondo:
  - le perdite massime considerabili si aggirano sull'ordine di  $1.16 \cdot 10^{-4}$  m/anno.

#### 2.1.2.4 STIMA EMISSIONI DI BIOGAS IN ATMOSFERA

Il biogas prodotto dalla discarica sarà captato dal corpo dei rifiuti mediante una rete di pozzi verticali di aspirazione che collegano a vari livelli sistemi orizzontali di drenaggio del gas. Le reti orizzontali di drenaggio, costituite da trincee drenanti in ghiaia, saranno realizzate ad intervalli di 5 metri di spessore di rifiuto abbancato.

I pozzi, da costruirsi in fase di coltivazione della discarica, avranno un diametro non inferiore a 600 mm ed il diametro del tubo di captazione è previsto non inferiore a 140 mm rigorosamente con finestratura a fessura che si sviluppa su tre direttici. Il riempimento dei pozzi sarà realizzato con ghiaia drenante a bassa componente carbonatica, di granulometria media 16-32 mm. I pozzi di captazione in fase di gestione sono collegati alle condotte di aspirazione che convogliano il gas all'impianto di aspirazione e recupero.

La presenza del sistema di drenaggio e captazione del percolato sul fondo della discarica garantisce il mantenimento al minimo del livello del percolato all'interno dei pozzi di captazione del biogas, consentendone la continua funzionalità, anche nella fase post-operativa.

Sebbene sia presente un sistema di captazione del biogas, si prevede un'efficienza di captazione del 90%, in tal senso l'intera superficie del corpo discarica è potenzialmente responsabile dell'emissione diffusa di una portata di biogas.

**In base a quanto riportato nel capitolo relativo allo studio sull'impatto sulla componente atmosfera allegato al SIA e redatto dall'Ing. Neri, la portata di biogas emessa in atmosfera per il sito G4 è quantificata pari a  $12 \text{ Nm}^3/\text{h}$  con un flusso specifico pari a  $5.51\text{E-}04 \text{ Nm}^3/\text{h-m}^2$ .**

**Nel caso del sito in progetto G3, caratterizzato da una superficie pari a  $175000 \text{ m}^2$  si stima una emissione di biogas in atmosfera pari a  $96.49 \text{ Nm}^3/\text{h}$ .**

La composizione del Biogas in termini di concentrazione viene definita sulla base dei dati storici delle concentrazioni presenti nel biogas emesso dal sito G2 e dal sito G4 fino all'anno 2022.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	34 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

### 2.1.3 IDENTIFICAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DEI POTENZIALI CHEMICAL OF CONCERNS (COCS) PRESENTI NEL BIOGAS

L'identificazione dei Chemical of Concerns COCs rappresenta una fase cruciale dell'approccio risk-based occorre infatti valutare tutti i potenziali composti chimici presenti nel sito contaminato che possono avere caratteristiche tossiche o cancerogene.

Ai fini dell'applicazione della metodologia HHRA si distinguono due classi di COCs sulla base delle proprietà tossicologiche:

- Sostanze Tossiche;
- Sostanze Cancerogene.

Per quanto riguarda le sostanze tossiche va sottolineato che ciascun individuo può ben tollerare l'esposizione in un intervallo che va da zero sino ad un valore finito di SOGLIA della dose assorbita senza subire danni alla salute. Il valore di SOGLIA dipende dal tipo di composto e varia da soggetto a soggetto a seconda della sensibilità.

In generale si osserva come le sostanze tossiche (non vale per le cancerogene) non determinano nessun effetto se la loro concentrazione è inferiore ad un livello di soglia (NOEL No Observed Effect Level, LOAEL lowest observed adverse effect levels).

Un significato importante riveste invece l'RfD (Reference Dose), che è la stima del livello di esposizione giornaliera per la popolazione umana che non comporta rischi apprezzabili, essa viene stimata mediante la seguente espressione:

$$RfD \left( \frac{mg}{kg} - BW * day \right) = \frac{NOAEL}{UF * MF} \text{ or } \frac{LOAEL}{UF * MF}$$

Dove UF (Uncertainty Factor) ed MF (Modifying Factor) sono fattori di incertezza relativamente all'estrapolazione dei dati dall'animale all'uomo ed alle incertezze legate agli studi tossicologici.

Per quanto riguarda le sostanze cancerogene, si utilizza la classificazione USEPA basata su una metodologia a tre passi, sotto riportata, del grado di potenza cancerogena delle sostanze.

Gruppo	Descrizione	Esempio
A	Cancerogeno per l'uomo, con sufficiente evidenza da studi epidemiologici	Benzene

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	35 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

B1 o B2	Probabile cancerogeno per l'uomo: B1-con limitate evidenze da studi epidemiologici; B2-con sufficiente evidenza da studi su animali e non adeguata evidenza o in assenza di dati da studi epidemiologici	Benzo(a)pirene
C	Possibile cancerogeno per l'uomo, con limitate evidenze da studi su animali in assenza di studi sull'uomo	PCE
D	Non classificabile come cancerogeno per l'uomo, in possesso di inadeguate evidenze sull'uomo e sugli animali	Etilbenzene Toluene Xileni
E	Evidenze di non cancerogenicità per l'uomo.	

Tabella 6: Classificazione cancerogenicità composti chimici

Per le sostanze cancerogene, a differenza delle tossiche, non esiste una SOGLIA al di sotto della quale una esposizione anche prolungata non comporta effetti (avversi) sulla salute; in questo caso la relazione dose-effetto si manifesta a qualsiasi concentrazione.

In pratica si può dire che non esiste una dose soglia; se la dose è maggiore di zero (anche piccolissima) allora vi è una risposta sulla salute dell'organismo.

La relazione dose-risposta non è facilmente ottenibile da studi epidemiologici sull'uomo, mentre la si può ricavare da studi su roditori pianificati a tre dosaggi, il più elevato dei quali è la dose massima tollerabile dall'animale.

La relazione dose-risposta si ottiene pertanto per estrapolazione dai risultati ottenuti da studi tossicologici sugli animali da cavia, dalle alte dosi somministrate alle basse dosi dell'esposizione ambientale per l'uomo.

La scelta dei COCs nel caso in oggetto viene fatta analizzando lo storico delle analisi chimico-fisiche dei campioni di percolato e biogas rilevati nella discarica G2, in particolare si procede nella determinazione del valore della concentrazione iniziale CL0 per ciascuna delle specie chimiche presenti nel percolato e nel biogas.

### **IPOTESI CONSERVATIVA**

**La definizione dei valori di concentrazione rappresentativa per il biogas per ciascun COC viene determinato ipotizzando un biogas con concentrazioni dei COC pari ai valori massimi rilevati**

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	36 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

**nella serie di analisi chimiche per il periodo 2008-2022 nel sito G2 e per il periodo 2021-2022 nel sito G4.**

Si procede nella identificazione dei Chemical of Concerns COCs attraverso il confronto delle analisi chimiche con l'elenco dei composti potenzialmente tossici e cancerogeni pubblicati dai diversi organismi internazionali.

La produzione del biogas è soggetta a monitoraggi mensili che prevedono l'analisi dei principali parametri chimico-fisico riportati in Tabella 7.

Il Piano di monitoraggio delle discariche (Punto 5 Allegato 2 del D.lgs 36/2003), presentato insieme alla domanda di Autorizzazione Ambientale Integrata, prevede analisi chimico-fisiche del biogas con cadenza mensile. I parametri che vengono analizzati periodicamente riguardano la determinazione delle concentrazioni di microinquinanti di origine organica presenti nel gas, tali analisi si rendono necessarie al fine di monitorare e gestire il problema dell'odore per i recettori vicini.

In Tabella 7 sono elencati i parametri fisico-chimici monitorati per il biogas come indicato nel PIANO DI SORVEGLIANZA E CONTROLLO Punto 5 - Allegato 2, D.Lgs. 36/2003 Rev. 11 del 04/01/2012.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	37 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Parametri di analisi e/o misura	
Metano	(% V/V)
Ossigeno	(% V/V)
Anidride carbonica	(% V/V)
H <sub>2</sub> S	(% V/V)
H <sub>2</sub>	(% V/V)
NH <sub>3</sub>	(mg/Nm <sup>3</sup> )
CVM	(mg/Nm <sup>3</sup> )
Polveri totali	(mg/Nm <sup>3</sup> )
Somma cloro	(mg/Nm <sup>3</sup> )
Somma fluoro	(mg/Nm <sup>3</sup> )
Somma zolfo	(mg/Nm <sup>3</sup> )
Altre sostanze volatili (non alogenate e non solforate)	(mg/Nm <sup>3</sup> )
azoto sul secco	(% V/V)
potere calorifico inferiore sul secco	(kJ/ m <sup>3</sup> )
dimetil solfuro	(mg/Nm <sup>3</sup> )
dimetil disolfuro	(mg/Nm <sup>3</sup> )
alfa pinene	(mg/Nm <sup>3</sup> )
o-cimene	(mg/Nm <sup>3</sup> )
Limonene	(mg/Nm <sup>3</sup> )
Toluene	(mg/Nm <sup>3</sup> )
etil benzene	(mg/Nm <sup>3</sup> )
Xileni	(mg/Nm <sup>3</sup> )
alchil benzeni	(mg/Nm <sup>3</sup> )
Acetone	(mg/Nm <sup>3</sup> )
2-butanone	(mg/Nm <sup>3</sup> )
idrocarburi alifatici fino a C10	(mg/Nm <sup>3</sup> )
acido cloridrico	(mg/Nm <sup>3</sup> )
acido fluoridrico	(mg/Nm <sup>3</sup> )
acido solfidrico	(mg/Nm <sup>3</sup> )
cloro organico	(mg/Nm <sup>3</sup> )
fluoro organico	(mg/Nm <sup>3</sup> )
zolfo organico	(mg/Nm <sup>3</sup> )
altre sostanze organiche volatili (non alogenate e non solforate)	(mg/Nm <sup>3</sup> )
esametil silossano	(mg/Nm <sup>3</sup> )
Etanolo	(mg/Nm <sup>3</sup> )
metil isobutil chetone	(mg/Nm <sup>3</sup> )
acido butanoico etil etere	(mg/Nm <sup>3</sup> )

Tabella 7: parametri chimico-fisici monitorati per il Biogas

I composti chimici rilevati nelle analisi di biogas delle discariche Ginestreto2 e Ginestreto4 disposti dal Piano di Sorveglianza e Controllo e presenti nel database ISS-INAIL 2018, e quindi aventi potenzialmente effetti tossici e cancerogeni nel caso di inalazione sono i seguenti:

- Benzene
- Etilbenzene
- Stirene
- Toluene
- m-Xilene
- o-Xilene
- p-Xilene
- Cloruro di Vinile

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	38 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	



La verifica della presenza di potenziali COCs associati alla emissione e rilascio in atmosfera di biogas che sfugge ai sistemi di captazione, avviene confrontando le analisi chimiche con i valori delle concentrazioni limite CREL (Chronic Inhalation REL) per le sostanze tossiche e le UR (Unit Risk) per le sostanze cancerogene definite dall'agenzia californiana per la protezione dell'ambiente (Office of Health Hazard Environmental Assessment).

Nella tabella che segue si riporta il confronto tra i valori massimi rilevati nel periodo 2008-2022 ed i limiti per gli inquinanti con effetti tossici e/o cancerogeni desunti dal database OEHHHA (fonte: <https://oehha.ca.gov/air/general-info/oehha-acute-8-hour-and-chronic-reference-exposure-level-rel-summary>).

Parametro	U. M.	Max	Chronic	Acute
			Inhalation REL	Inhalation REL
			(mg/m <sup>3</sup> )	(mg/m <sup>3</sup> )
<u>Benzene</u>	mg/Nm <sup>3</sup>	12.9	0.003	0.027
<u>Etilbenzene</u>	mg/Nm <sup>3</sup>	59.6	2	-
<u>Stirene</u>	mg/Nm <sup>3</sup>	20.8	0.9	21
<u>Toluene</u>	mg/Nm <sup>3</sup>	278.1	0.42	5
<u>m-Xilene</u>	mg/Nm <sup>3</sup>	54.1	0.7	22
<u>o-Xilene</u>	mg/Nm <sup>3</sup>	23.2	0.7	22
<u>p-Xilene</u>	mg/Nm <sup>3</sup>	24.8	0.7	22
<u>Cloruro di Vinile</u>	mg/Nm <sup>3</sup>	155	-	180

Tabella 8: Confronto tra i COCs del biogas e gli standard internazionali

Confrontando i valori di concentrazione dei composti chimici individuati come potenziali COCs e i limiti definiti da OEHHHA per l'inalazione cronica ed acuta si rileva il superamento delle soglie per tutti i composti presenti nel biogas tranne il Cloruro di vinile.

Si procede quindi nella presente analisi di rischio per la discarica Ginestreto 3 con la valutazione del pericolo tossico e del rischio cancerogeno associato alla inalazione cronica di Benzene, Etilbenzene, Stirene, Toluene, Xileni e CVM emessi con il biogas di discarica.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	39 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

#### 2.1.4 CARATTERIZZAZIONE DEI MEDIA AMBIENTALI

In questa fase della formulazione del modello concettuale si descrivono i media ambientali interessati, sia direttamente che indirettamente, dal rilascio delle sorgenti definite al punto precedente.

La caratterizzazione dei media ambientali si rende necessaria per potere procedere nelle valutazioni modellistiche di Fate&Transport delle sostanze nell'ambiente.

In generale nel caso di una discarica i media ambientali potenzialmente interessati dalla contaminazione sono il suolo (suolo superficiale e profondo), l'acquifero (zona satura) e l'atmosfera (indoor ed outdoor).

Per ciascun media ambientale coinvolto vengono descritti di seguito tutti i parametri necessari per il calcolo dei fattori di trasporto e quindi stimare le concentrazioni dei COCs in corrispondenza dei punti di esposizione POE dove sono localizzati i bersagli/recettori.

##### 2.1.4.1 FALDA SOTTERRANEA

Nel caso del sito della nuova discarica in progetto G3 risultano valide le conclusioni del recente Piano di Caratterizzazione dei suoli e delle acque sotterranee condotte per i siti G1 e G2 nel Giugno del 2014, confermate dalle indagini geognostiche sviluppate sul sito G4. Lo studio ha evidenziato i seguenti elementi caratteristici per G1, G2 e G4 e di conseguenza vista la localizzazione limitrofa ed i risultati degli approfondimenti effettuati in fase di progetto da ritenersi validi anche per G3:

*L'idrogeologia è significativa solo in corrispondenza dei materassi alluvionali prevalentemente limoso-sabbiosi e ghiaiosi in aderenza all'alveo torrentizio posto a valle della discarica, mentre risulta praticamente inesistente nei terreni argillosi di interesse per la zona oggetto di intervento.*

*I terreni interessati dall'intervento sono impermeabili o scarsamente permeabili.*

*Infatti, come evidente dalle sezioni geologiche, dai dati rilevati in superficie ed in profondità e dalla caratterizzazione dei terreni interessati come conseguenza del modello geologico-*

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	40 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

*stratigrafico descritto, non sussistono condizioni fisiche nel sottosuolo che possano presumere potenziali deflussi idrici nei terreni del substrato e con i quali la realizzazione della discarica possa venire in interferenza.*

**Ai fini della definizione del modello concettuale per la valutazione del rischio per G3 risulta pertanto evidente come non sia presente una potenziale comunicazione fondo della discarica falda e rio Morsano.**

#### 2.1.4.2 ATMOSFERA

Il rilascio di contaminanti in atmosfera da parte della discarica Ginestreto 3 può essere connesso ad un rilascio diretto di biogas ovvero ad un rilascio indiretto di sostanze volatili dal percolato.

Per quanto concerne il rilascio diretto di contaminanti mediante il biogas, come descritto in precedenza si valuta il rischio associato alla potenziale inalazione dei COCs presenti nelle emissioni di biogas che sfugge ai sistemi di captazione della discarica.

Il rilascio indiretto di contaminanti in atmosfera per effetto della volatilizzazione dei composti presenti nel percolato rilasciato nel sottosuolo è escluso in quanto il sistema di drenaggio, raccolta, trattamento e smaltimento è in grado di ridurre al minimo ogni emissione significativa in atmosfera dovuta alla volatilizzazione dei composti presenti all'interno del percolato.

Al fine di stimare le concentrazioni attese degli inquinanti con caratteristiche tossiche e/o cancerogene presenti nel Biogas della discarica G3, si fa riferimento ai risultati dello studio modellistico di dispersione degli inquinanti odorigeni riportata nel documento Allegato B1 *Relazione di individuazione e valutazione degli impatti ambientali* (Ara G3 SIA IA 02 01) del SIA a cura dell'Ing. Neri

Lo studio ipotizza, in analogia a quanto riportato al paragrafo C.1.7.3, che l'emissione diffusa del biogas che sfugge dalle camere di captazione, sia pari a quanto riportato nella relazione specifica "Misure di emissioni di metano e anidride carbonica dalla superficie della discarica- Discarica di Ginestreto di Sogliano al Rubicone G4" redatta da MITAMBIENTE di Pesaro a cui espressamente si rinvia. La tabella che segue riporta le portate di emissione diffusa di biogas dalla copertura. Si rileva come il flusso per unità di superficie stimato per la discarica G4 sia pari a  $5.51E-04 \text{ Nm}^3/\text{h}/\text{m}^2$  ( $6.36E+04 \text{ Nm}^3/\text{h}/\text{m}^2$ ). Lo stesso flusso superficiale emissivo di biogas viene ipotizzato per la nuova discarica di rifiuti G3.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	41 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

superficie G4 (m <sup>2</sup> ) monitoraggi	21763			
Composto	Portata (kg/h)	%	portata (kg/anno)	portata (kg/h)
Flusso totale biogas	17,4	100%	152.050	4,5
Flussi metano CH <sub>4</sub>	3,4	20%	29.650	0,9
Flussi metano CO <sub>2</sub>	14,0	80%	122.400	3,6
Flusso H <sub>2</sub> S	0,00002	0,01%		
Flussi composti in tracce	0,001	0,5%		
Densità CH <sub>4</sub> (kg·m <sup>-3</sup> , in c.s.)	0,71682			
Densità CO <sub>2</sub> (kg·m <sup>-3</sup> , in c.s.)	1,98			
<b>Portata emessa</b>				
<b>Flusso H<sub>2</sub>S – mg/h</b>	<b>868</b>			

Tabella 9: Emissioni diffuse di Biogas in G4

Nelle tabelle che seguono si riportano i flussi di emissione per gli inquinanti oggetto dell'analisi di rischio stimati a partire dalla ipotizzata emissione diffusa di Biogas per il sito in progetto G3 e considerando i valori massimi di concentrazione rilevati nel biogas di G2 e di G4.

Parametro	U. M.	Max	Portata Biogas G4 [Nm <sup>3</sup> /h]	Flusso [mg/h]
<u>Benzene</u>	mg/Nm <sup>3</sup>	12.9	12	154.8
<u>Etilbenzene</u>	mg/Nm <sup>3</sup>	59.6		715.2
<u>Stirene</u>	mg/Nm <sup>3</sup>	20.8		249.6
<u>Toluene</u>	mg/Nm <sup>3</sup>	278.1		3337.2
<u>m-Xilene</u>	mg/Nm <sup>3</sup>	54.1		649.2
<u>o-Xilene</u>	mg/Nm <sup>3</sup>	23.2		278.4
<u>p-Xilene</u>	mg/Nm <sup>3</sup>	24.8		297.6
<u>Cloruro di Vinile</u>	mg/Nm <sup>3</sup>	20.9		1860

Tabella 10: Flussi emissivi max. dei COC nel biogas attesi in G4

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	42 di 72
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	

Parametro	U. M.	Max	Emissione specifica [Nm <sup>3</sup> /s/m <sup>2</sup> ]	Flusso specifico [μg/s/m <sup>2</sup> ]
<u>Benzene</u>	mg/Nm <sup>3</sup>	12.9	1.53E-07	1.98E-09
<u>Etilbenzene</u>	mg/Nm <sup>3</sup>	59.6		9.13E-09
<u>Stirene</u>	mg/Nm <sup>3</sup>	20.8		3.19E-09
<u>Toluene</u>	mg/Nm <sup>3</sup>	278.1		4.26E-08
<u>m-Xilene</u>	mg/Nm <sup>3</sup>	54.1		8.29E-09
<u>o-Xilene</u>	mg/Nm <sup>3</sup>	23.2		3.55E-09
<u>p-Xilene</u>	mg/Nm <sup>3</sup>	24.8		3.80E-09
<u>Cloruro di Vinile</u>	mg/Nm <sup>3</sup>	20.9		2.37E-08

Tabella 11: emissione specifica max. dei COC nel biogas attesi in G4

Per quanto riguarda la caratterizzazione meteorologica dell'area, lo studio citato riporta una direzione prevalente di provenienza del vento dal quadrante W-SW ed una velocità prevalente inferiore a 2 m/s. come classe di stabilità del vento è stata scelta la classe D (classe che si verifica con più probabilità, secondo le indicazioni APAT) in un contesto rurale.

#### 2.1.4.3 CONCLUSIONI MODELLO CONCETTUALE MCS

Sulla base delle ipotesi discusse nei capitoli precedenti si procede nella descrizione del Modello Concettuale per il sito della discarica di Ginestreto 3 che sta alla base delle valutazioni del rischio che seguono.

Il modello concettuale è così caratterizzato dalle seguenti assunzioni conservative:

- **Nessun potenziale rilascio di percolato in falda (perché inesistente) e nel corpo idrico superficiale (assenza di collegamento)**
- **Il percolato che potenzialmente viene rilasciato dai difetti e/o fori della geomembrana rimane confinato nell'insaturo e non interessa la falda in quanto inesistente**

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	43 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	



- Emissione diffusa di biogas dalla superficie areale costituita dalla copertura della discarica

#### 2.1.5 INDIVIDUAZIONE DEI POTENZIALI RECETTORI

In questa fase si procede nella identificazione e localizzazione di tutte le categorie di potenziali recettori umani che attualmente sono o potranno in un futuro essere esposti alle contaminazioni determinate dai rilasci di biogas in atmosfera.

Occorre valutare anche la presenza di future tipologie di recettori per effetto di potenziali cambiamenti di destinazione d'uso del sito in oggetto.

Allo stato attuale il sito ha una destinazione d'uso del tipo industriale/discardica, inoltre non sono presenti recettori di tipo residenziale in quanto l'area circostante è caratterizzata da un uso del suolo di tipo misto agricolo/boscoso, come riportato in Figura 11.

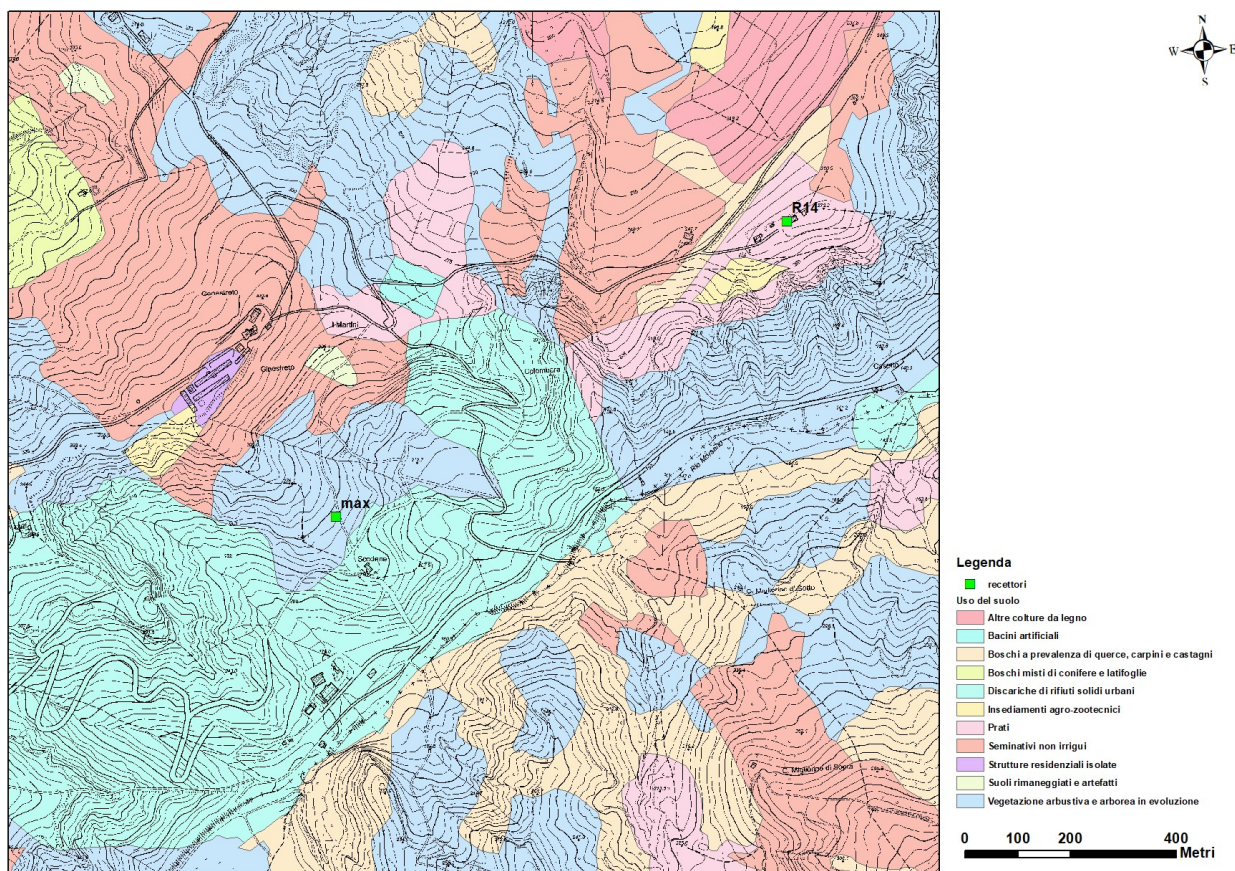


Figura 11: Uso Del Suolo GINESTRETO 3

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	44 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	



L'area in esame non è caratterizzata dalla presenza di pozzi di prelievo da falda sia per uso potabile che per uso agricolo, inoltre è del tutto da escludersi la possibilità che i recettori umani vengano in contatto diretto con la falda potenzialmente contaminata dal percolato, poiché inesistente.

Si ipotizza tuttavia cautelativamente, ai fini della valutazione del rischio, che siano presenti recettori limitrofi alla discarica che siano esposti alla inalazione di biogas.

I recettori sensibili esposti alla inalazione di composti tossici e/o cancerogeni rilasciati dal corpo della discarica in progetto G3 sono i medesimi caratterizzati nel paragrafo C.2 dello studio sulla qualità dell'aria redatto dall'Ing. Neri e allegato al SIA. Di seguito si riporta una breve descrizione e localizzazione.

L'individuazione dei recettori maggiormente sensibili è stata effettuata sulla base della considerazione seguente. Ai fini della valutazione dell'inquinamento atmosferico in casi simili di sorgenti principali con emissioni a terra, è sempre "sfavorito" l'edificio più vicino alla sorgente di disturbo che non abbia barriere ed ostacoli interposti, cioè che "vede" direttamente la sorgente. Inoltre, per la scelta dei recettori, è fondamentale la conoscenza delle condizioni meteorologiche che possono generare i maggiori valori di concentrazione degli inquinanti ai recettori

Sono stati effettuati dei sopralluoghi specifici al fine di verificare le peggiori situazioni per l'impatto indotto.

Nella tabella seguente sono elencati i recettori individuati con le relative caratteristiche e sigla identificativa.

Recettore	Distanza <sup>(1)</sup> recettore – zona di cantiere/ coltivazione G3 [m]	Distanza <sup>(1)</sup> recettore – impianti [m]	Distanza <sup>(1)</sup> recettore - zonadi cantiere di stoccaggio terradi scavo [m]	Quota altimetrica [m]	Dislivello rispetto impianti <sup>(2)</sup> [m]	Dislivello rispetto cantiere/coltiva zioneG3 <sup>(3)</sup> max [m]
R2	1350	1900	400	250	75	-50
R6	-	-	380	110	-65	-190
R14	700	1250	480	270	95	-30
R15	1500	2000	320	250	75	-50

(1) le distanze sono calcolate in pianta

(2) quota altimetrica dell'impianto di cogenerazione e dell'impianto di combustione del biogas: 175 m

(3) quota altimetrica max della zona di cantiere/coltivazione G4: 225 m

**Tabella 12: Elenco e caratterizzazione dei recettori sensibili individuati**

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	45 di 72
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	

Sulla base delle considerazioni fatte, si conclude che il recettore potenzialmente più disturbato dall'attività di coltivazione di G3 (e degli altri siti) è R14. I recettori R2, R6, R7 e R15, per ragioni di lontananza, non sono influenzati dall'attività di coltivazione del sito G3. Il recettore denominato R1 ad oggi risulta abbandonato ed in condizioni pericolanti. Tale stato è in essere già da diversi anni. Alla luce di tali evidenze, si ritiene che tale edificio non sia più un recettore da considerare nelle valutazioni presenti.

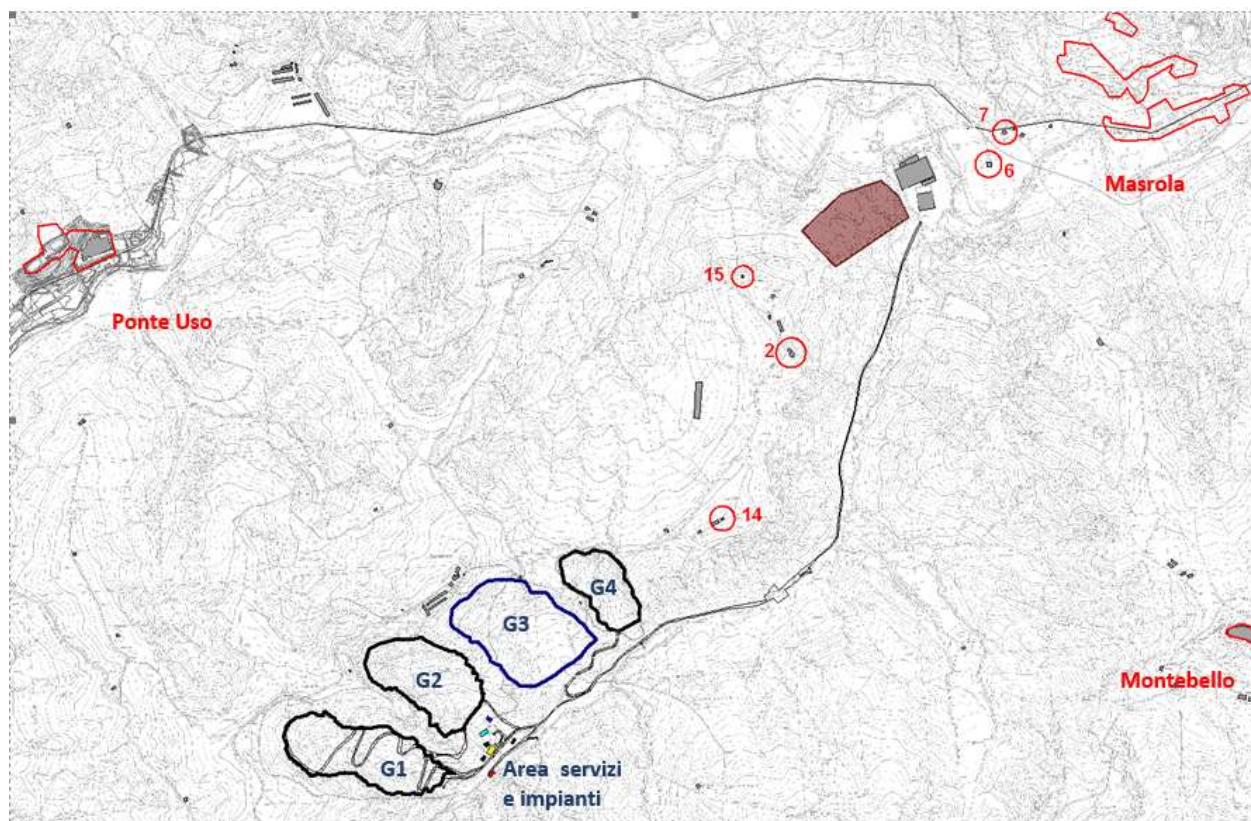


Figura 12: Ubicazione dei recettori sensibili su base CTR.

**Ai fini della presente analisi di rischio si considerano i seguenti recettori:**

- **recettore di tipo residenziale localizzato al recettore R14**
- **recettore di tipo industriale/lavoratore localizzato in corrispondenza del punto di esposizione in cui si registrano i valori massimi di concentrazione in atmosfera di composti tossici e/o cancerogeni associati alle emissioni diffuse di**

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	46 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

## 2.1.6 PERCORSI DI ESPOSIZIONE

L'identificazione dei potenziali Percorsi di Esposizione (Exposure Pathways) si articola nella descrizione dei meccanismi che mettono in contatto la sorgente (Source Area) del COC con il recettore umano.

Un percorso di esposizione è generalmente costituito da quattro elementi:

- (1) una sorgente ed un meccanismo di rilascio del COC,
- (2) un mezzo di ritenzione o trasporto,
- (3) un punto di contatto (Point of Exposure POE) tra il ricettore e il mezzo contaminato,
- (4) una via di esposizione (Exposure Route: Ingestione, Inalazione, Contatto Dermico).

In Figura 13 è raffigurato un esempio di percorso di esposizione dove il serbatoio (corpo percolante discarica) è la sorgente del rilascio chimico, il suolo costituisce l'area sorgente, il meccanismo di trasporto è il percolamento dal suolo alla falda mentre l'ingestione di acqua contaminata rappresenta la via di esposizione per il ricettore umano.

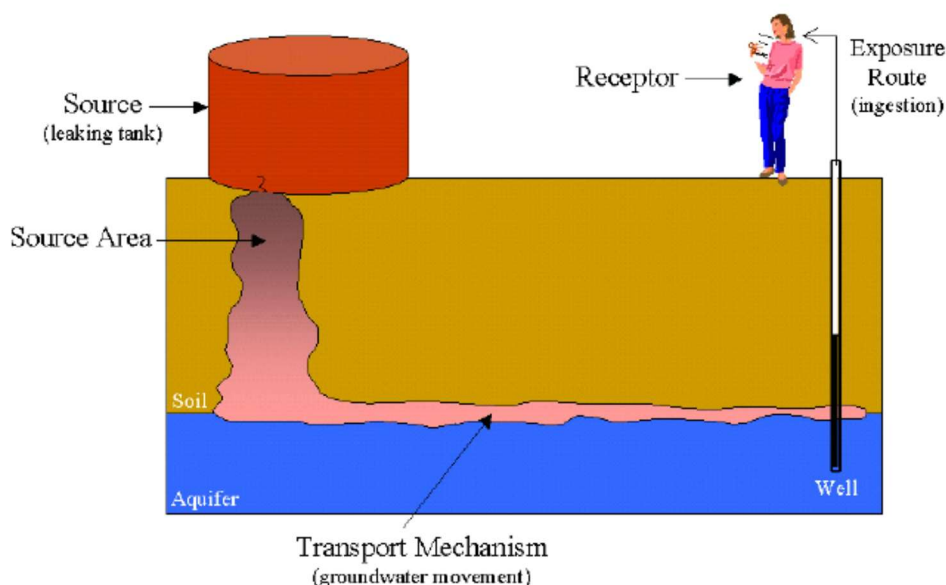


Figura 13: Percorso di Esposizione (Exposure Pathway)

Le vie di esposizione (Exposure Route) sono rappresentate da tre principali meccanismi di contatto tra ricettore e composto chimico:

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	47 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

1. Ingestione
2. Inalazione
3. Contatto dermale

I recettori residenziali ipotizzati in corrispondenza dei tre POE limitrofi al sito Sogliano Ambiente Ginestreto G3 sono potenzialmente esposti ai contaminanti rilasciati dal corpo della discarica per effetto dei seguenti percorsi di esposizione:

**Inalazione di vapori outdoor determinati dal Biogas della discarica**

Le stime di rischio cancerogeno e pericolo tossico per l'esposizione ad inalazione di biogas e volatilizzazione dei COC nel percolato emesso dal corpo di G3 sono state condotte con il software Risk-Net 3.1.1. pro.

Nella figura seguente si riporta la caratterizzazione richiesta da Risk-Net per la descrizione del modello concettuale del sito; nel caso in esame si considerano direttamente le emissioni di biogas con le concentrazioni calcolate ai recettori e si calcola il rischio sanitario corrispondente.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	48 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

## Modello Concettuale del Sito

Caratterizzazione standard
Caratterizzazione integrativa
Caratterizzazione prodotti alimentari

Caratterizzazione integrativa
Seleziona Tutti
Deseleziona Tutti
Help

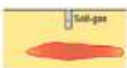



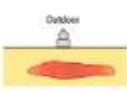



Tipo di misura		Tipo di recettore
Misure soil-gas outdoor		<input type="checkbox"/> Recettori on-site <input type="checkbox"/> Recettori off-site
Misure soil-gas indoor		<input type="checkbox"/> Recettori on-site No Off-Site
Misure con camere di flusso (Outdoor)		<input type="checkbox"/> Recettori on-site <input type="checkbox"/> Recettori off-site
Misure con camere di flusso (per Indoor)		<input type="checkbox"/> Recettori on-site No Off-Site
Misure in Aria Outdoor		<input checked="" type="checkbox"/> Recettori on-site <input type="checkbox"/> Recettori off-site
Misure in Aria Indoor		<input type="checkbox"/> Recettori on-site No Off-Site
Test di cessione (Suolo Superficiale)		<input type="checkbox"/> POC = 0 m <input type="checkbox"/> POC > 0 m
Test di cessione (Suolo Profondo)		<input type="checkbox"/> POC = 0 m <input type="checkbox"/> POC > 0 m

Figura 14: Exposure Routes Risk-net 3.1.1 PRO

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	49 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	



### 2.1.7 CARATTERIZZAZIONE DEI POTENZIALI RECETTORI

Come evidenziato in precedenza i POE di interesse sono localizzati rispettivamente in corrispondenza del punto di massima ricaduta delle emissioni diffuse dalla discarica (recettore di tipo industriale/lavoratore) ed in corrispondenza del recettore R14 (recettore di tipo residenziale).

Nella Figura 15 sono riportati i valori di default suggeriti da Risk-net per i recettori di tipo residenziale (in questo caso si considera recettore più critico fra Adulti, Bambini, Adolescenti e Anziani) e di tipo Industriale/Lavoratori.

on-site

Fattori di esposizione							
Esposizione			On Site				
Ambito			Residenziale				Industriale
Parametri di esposizione	Simbolo	UM	Bambini	Adolescenti	Adulti	Anziani	Lavoratore
Fattori Comuni							
Peso Corporeo	BW	kg	15	15	70	70	70
Tempo di mediazione cancerogeni	AT	y					70
Durata di esposizione	ED	y	6	10	24	5	25
Frequenza di esposizione	EF	d/y	350	350	350	350	250
Ingestione di suolo							
Frazione di suolo ingerita	FI	-	1	1	1	1	1
Tasso di ingestione suolo	IR	mg/d	200	200	100	100	50
Contatto Dermico							
Superficie di pelle esposta	SA	cm²	2800	2800	5700	5700	3300
Fattore di aderenza dermica	AF	mg/cm²/d	0,2	0,2	0,07	0,07	0,2
Inalazione di vapori e polveri outdoor							
Frequenza giornaliera outdoor (c)	EFgo	h/d	24	0,5	24	1,9	8
Tasso di inalazione di vapori e polveri outdoor (a);(b)	Bo	m³/h	0,7	0,7	0,9	0,9	2,5
Frazione di suolo nella polvere outdoor	Fsd	-	1	1	1	1	1
Inalazione di vapori e polveri indoor							
Frequenza Giornaliera Indoor	EFgi	h/d	24	19,6	24	22,4	8
Tasso di inalazione di vapori e polveri indoor (b)	Bi	m³/h	0,7	0,7	0,9	0,9	0,9
Frazione di suolo nella polvere indoor	Fi	-	1	1	1	1	1
Ingestione di acqua							
Tasso di Ingestione di acqua	IRw	L/d	1	1	2	2	1

(a) In caso di intensa attività fisica, in ambienti residenziali outdoor si suggerisce l'utilizzo di un valore maggiormente conservativo, pari a 1,5 m³/ora per gli adulti, e di 1,0 m³/ora per i bambini.  
 (b) Per l'ambito commerciale/industriale si suggerisce di utilizzare nel caso di dura attività fisica un valore pari a 2,5 m³/ora da utilizzare mentre, nel caso di attività moderata e sedentaria è più opportuno utilizzare un valore rispettivamente pari a 1,5 e 0,9 m³/ora. Per un ambito ricreativo le linee guida suggeriscono come valori di inalazione outdoor 3,2 m³/ora e 1,9 m³/ora per un adulto e per bambino, rispettivamente.  
 (c) Per un ambito ricreativo le linee guida ISPRA indicano una frequenza giornaliera di esposizione di 3 ore/giorno.

Figura 15: Caratteristiche recettori

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	50 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	



## 2.2 MODELLISTICA DI FATE AND TRANSPORT – STIMA DEI FATTORI DI TRASPORTO (VALUTAZIONE RISCHIO AMBIENTALE/RISCHIO FALDA)

In questo paragrafo si procede nella stima modellistica del trasporto dei contaminanti nei media ambientali interessati dalla contaminazione (**Modellistica di Fate and Transport – Stima dei fattori di trasporto**) che per il caso in esame è l'atmosfera.

Il confronto tra i valori delle concentrazioni di COCs presenti in atmosfera in corrispondenza dei POE con i limiti normativi o gli standard internazionali vigenti permette di valutare un Rischio per l'Ambiente per ciascuna delle componenti ambientali interessate dalla contaminazione.

Una sostanza rilasciata nell'ambiente è soggetta ai processi fisici, chimici e biologici che ne definiscono la distribuzione spaziale e temporale nelle diverse matrici ambientali. Una delle fasi fondamentali per giungere alla valutazione quantitativa dell'esposizione, riguarda la stima delle concentrazioni degli agenti chimici nelle matrici ambientali in corrispondenza del punto spaziale e dell'istante in cui avviene l'esposizione (*Exposure Point Concentration*).



Per potere quantificare le concentrazioni nei punti di esposizione è necessario conoscere e valutare i meccanismi di destino e trasporto delle sostanze rilasciate nell'ambiente, attraverso il ricorso a modelli matematici di *Fate and Transport*.

Assegnata la concentrazione delle emissioni in uscita dalla sorgente-discarica (C<sub>S\_out</sub>), si calcola la concentrazione nel punto di esposizione (C<sub>POE</sub>) attraverso la seguente relazione:

$$C_{S\_out} = FT \cdot C_{POE}$$

dove con FT viene indicato il fattore di trasporto, che tiene conto dei fenomeni di attenuazione che intervengono durante la migrazione dei contaminanti.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	51 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

I processi simulati dai modelli di *Fate and Transport* riguardano sia meccanismi di trasporto che i processi di trasformazione dei contaminati nei diversi media ambientali (*Foster Wheeler Environmental Corporation, <http://www.epa.gov/oust/rbdm>, 1998*), in particolare:

- Convezione (*Advection*): trasporto delle sostanze in soluzione o del fine particolato determinato dalla velocità della corrente del fluido (gas e liquido);
- Dispersione (*Dispersion*): *Spreading* tridimensionale dei costituenti disciolti nel fluido (liquido, gas) in movimento per effetto delle forze d'attrito che costringono il fluido a percorsi tortuosi attraverso i media ambientali (mezzi porosi), per effetto delle eterogeneità sia alle piccole che alle grandi scale della matrice;
- Diffusione (*Diffusion*): flusso del soluto da una zona ad alta concentrazione ad una a più bassa concentrazione per effetto dei moti Browniani molecolari, *spreading* della massa del composto a causa dei gradienti di concentrazione;
- Partizionamento all'equilibrio dei costituenti tra le fasi solide e fluide del media ambientale a causa dei fenomeni di adsorbimento, solubilità, e reazioni chimiche all'equilibrio,
- Biodegradazione dei costituenti da parte di microrganismi indigeni, Fotolisi, Idrolisi

I Meccanismi di Trasporto possono essere classificati in:

- In-Media Transport: processi di trasporto attraverso i media, ovvero il trasporto avviene senza il cambiamento di fase della sostanza (dispersione, convezione, diffusione);
- Inter-Media Transport: processi di trasporto da un media all'altro con passaggio di fase della sostanza (assorbimento, volatilizzazione, adsorbimento). Si tratta di processi che determinano il trasferimento di massa (*Equilibrium Partitioning*) tra una fase e l'altra nelle condizioni di equilibrio in corrispondenza dell'interfaccia (solido-liquido, liquido-aria, solido-aria). Il trasporto di massa tra le fasi in condizioni di equilibrio è descritto mediante un fattore di partizionamento specifico per ogni tipo di passaggio di fase, che relaziona la concentrazione del COC presenti nelle singole fasi nelle condizioni di equilibrio.

La metodologia ASTM PS-104 implementata nel software Risk-Net 3.1.1 consente di stimare il destino e trasporto delle concentrazioni nei diversi media ambientali mediante alcuni modelli matematici analitici.

I modelli implementati permettono di simulare sia i processi di trasporto inter-media che di tipo in-media.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	52 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Nella Tabella 13 sono elencati i fattori di trasporto FT che intervengono in generale nella procedura di analisi di rischio applicata alle discariche, distinti in base alle emissioni della discarica, che corrispondono ai potenziali contaminanti trasportati nei comparti ambientali.

Tabella 38. Fattori di trasporto in funzione delle emissioni della discarica		
emissione trasportata	fattori di trasporto (FT)	
	sigla	tipologia
percolato	<b>LF</b>	fattore di lisciviazione in falda attraverso la zona non satura sottostante la discarica
	<b>DAF</b>	fattore di attenuazione in falda
	<b>RDF</b>	fattore di diluizione del corpo idrico superficiale ricevente
	<b>VFwamb</b>	fattore di volatilizzazione di vapori outdoor da falda
	<b>VFwesp</b>	fattore di volatilizzazione di vapori indoor da falda
biogas ed altre emissioni gassose	<b>ADF</b>	fattore di dispersione in aria outdoor
	<b>SAF</b>	fattore di migrazione laterale di vapori nel suolo superficiale
	<b>IDF</b>	fattore di dispersione indoor delle emissioni gassose provenienti dalla discarica
	<b>VFss</b>	fattore di volatilizzazione di vapori outdoor da suolo superficiale
	<b>PEFoutdoor</b>	fattore di emissione di particolato outdoor da suolo superficiale
	<b>PEFindoor</b>	fattore di emissione di particolato indoor da suolo superficiale

Tabella 13: fattori di trasporto

Ciascun fattore di trasporto FT viene stimato applicando dei modelli analitici secondo lo standard ASTM PS-104; si tratta di modelli matematici analitici che utilizzano come dati di input i parametri descritti in precedenza per la caratterizzazione dei singoli media ambientali e dei contaminanti oggetto delle valutazioni.

Per una descrizione e discussione completa delle equazioni utilizzate per la stima dei suddetti fattori di trasporto, si rimanda alla norma tecnica ASTM PS-104 ed al manuale ISPRA “Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi di rischio assoluta ai siti contaminati” (ISPRA 2006) ed adattate al caso particolare delle discariche, oltre che al manuale di Risk-Net 3.1.1.

In generale, le principali assunzioni delle equazioni dei modelli descritti sono:

- concentrazione degli inquinanti uniformemente distribuita nelle matrici ambientali interessate (suolo, acque sotterranee, aria) e costante per tutto il periodo di esposizione;
- terreno omogeneo, isotropo e incoerente (si escludono quindi i suoli porosi per fessurazione, i quali necessitano di modellistica specifica corrispondente ad un livello 3 di analisi;

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	53 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

- non si considerano fenomeni di biodegradazione (ad eccezione del DAF) o meccanismi di decadimento/trasformazione delle sostanze inquinanti nel suolo, insoluzione nell'acqua o in fase vapore.

**Nel caso del sito in progetto G3 l'unico percorso di migrazione dalla sorgente al recettore (Exposure Pathway) è rappresentato dall'emissione di biogas e composti volatili dal percolato in atmosfera. La dispersione dalla sorgente discarica ai recettori è di seguito valutata e descritta.**

**Si esclude invece la migrazione dei contaminanti associati al percolato in falda in quanto la falda stessa non è presente, come evidenziato in precedenza.**

#### 2.2.1.1 DISPERSIONE IN ATMOSFERA DELLE EMISSIONI DIFFUSE DA PERCOLATO E BIOGAS.

Al fine di stimare le concentrazioni attese degli inquinanti con caratteristiche tossiche e/o cancerogene presenti nel Biogas e nei COC che volatilizzano dal percolato della discarica G3, si fa riferimento ai risultati dello studio modellistico di dispersione degli inquinanti odorigeni portata nel documento "Allegato B Elaborato B1" del SIA a cura dell'Ing. Neri.

Applicando i risultati del modello CALPUFF descritto nella relazione sull'impatto sulla qualità dell'aria redatto a cura dell'Ing. Dante Neri, si stimano i valori di concentrazione degli inquinanti tossici e cancerogeni presenti nel biogas in corrispondenza dei recettori e del punto di massima ricaduta.

È stata in particolare simulata l'emissione di una sorgente areale (di estensione pari a 120923.5 m<sup>2</sup>) corrispondente alla discarica G3 con un flusso di massa pari a 1 µg/s/m<sup>2</sup> ed è stata stimata con il modello di dispersione Lagrangiano a puff CALPUFF l'andamento della massima concentrazione oraria in µg/m<sup>3</sup>; nella figura seguente si riporta l'andamento delle concentrazioni (valore massimo orario) e la posizione dei due recettori considerati.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	54 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	



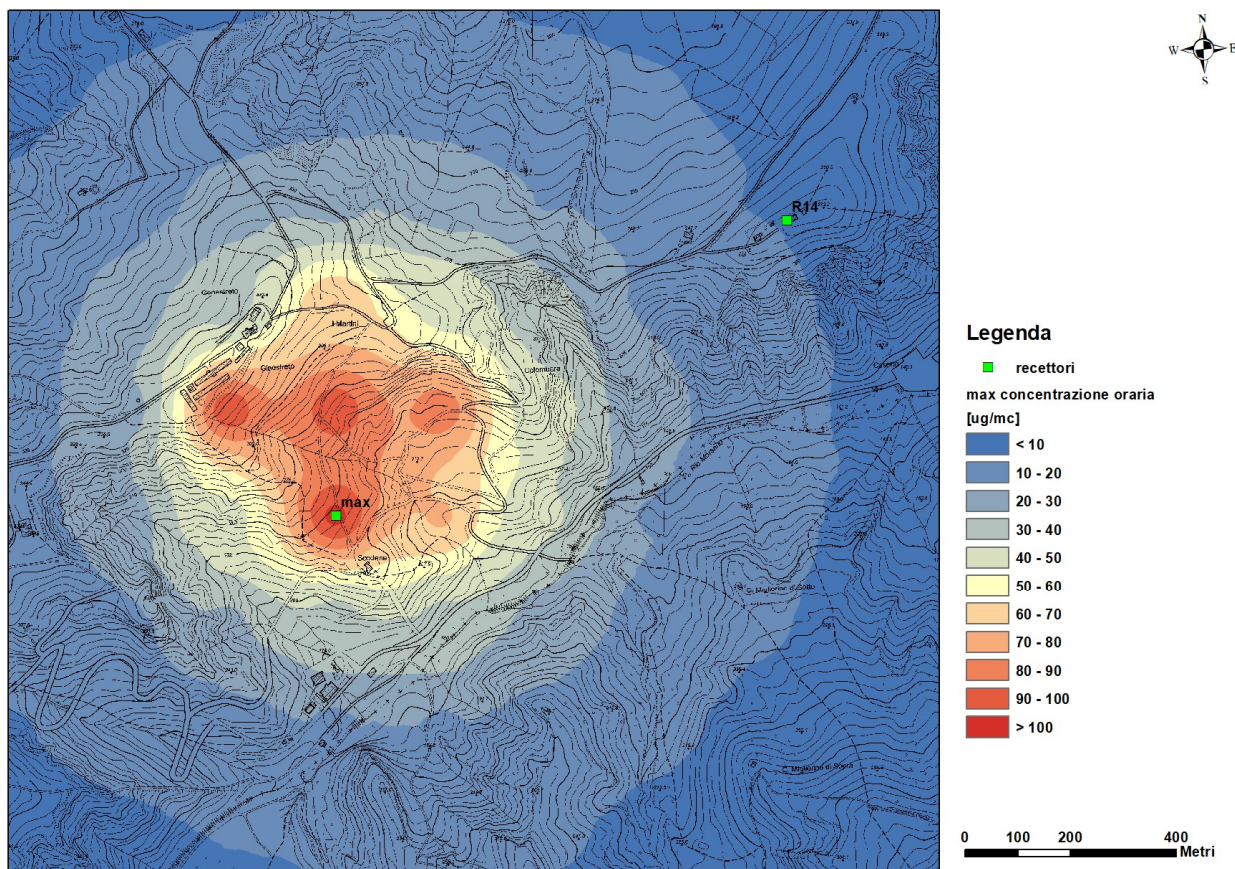


Figura 16: Punto di Massima ricaduta delle emissioni dalla sorgente areale G3 e valore massimo di concentrazione oraria

Il punto di massima ricaduta presenta un valore massimo di concentrazione oraria pari a  $102.645 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre al recettore R14 si ha una concentrazione massima pari a  $9.867 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Moltiplicando il flusso di massa unitario per l'area della sorgente, si ottiene un flusso di massa complessivo pari a  $120923.5 \mu\text{g}/\text{s}$ . Rapportando questo valore con l'emissione totale di ogni specifico inquinante, è possibile ottenere il valore di concentrazione di ogni singolo COC ai recettori considerati. Ad esempio, per il benzene (si veda Tabella 11 per il calcolo dell'emissione specifica) si ha:

$$1.98\text{E-}09 \mu\text{g}/\text{s}/\text{m}^2 \times 120923.5 \text{ m}^2 = 2.39\text{E-}04 \mu\text{g}/\text{s} \text{ (emissione totale simulata)}$$

$$2.39\text{E-}04 \mu\text{g}/\text{s} \times 175000 \text{ m}^2 / 120923.5 \text{ m}^2 = 3.46\text{E-}04 \mu\text{g}/\text{s} \text{ (emissione totale G3)}$$

$$102.645 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times 3.46\text{E-}04 \mu\text{g}/\text{s} / 120923.5 \mu\text{g}/\text{s} = 2.94\text{E-}07 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ (concentrazione di benzene al punto di massima ricaduta)}$$

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	55 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

$12.9 \text{ mg/Nm}^3 / 1000 / 2.03\text{E-}07 \text{ } \mu\text{g/m}^3 = 4.40\text{E+}04$  (fattore di diluizione ADF)

Analizzando i risultati del modello di dispersione CALPUFF, è possibile calcolare il fattore di diluizione ADF ottenuto come rapporto tra la concentrazione del generico COC nel biogas e la concentrazione del COC nel punto di massima ricaduta.

Il fattore di diluizione ADF viene utilizzato per stimare la concentrazione dei COC in corrispondenza del punto di massima ricaduta.

Il fattore di diluizione per il punto di massima ricaduta oggetto dell'analisi di rischio è pari a  $\text{ADF} = 4.40\text{E+}04$ , mentre al recettore R14 il fattore di diluizione è pari a  $4.57\text{E+}05$ .

La tabella seguente riporta le concentrazioni dei COC attese ai recettori oggetto della presente analisi, calcolate applicando il fattore di diluizione alle concentrazioni rilevate nelle analisi di biogas delle discariche Ginestreto2 e Ginestreto4 (si veda la Tabella 8).

	concentrazione punto massima ricaduta	concentrazione recettore R14
	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>
Benzene	<b>2.94E-07</b>	<b>2.82E-08</b>
Etilbenzene	<b>1.36E-06</b>	<b>1.30E-07</b>
Stirene	<b>4.73E-07</b>	<b>4.55E-08</b>
Toluene	<b>6.33E-06</b>	<b>6.08E-07</b>
m-Xilene	<b>1.23E-06</b>	<b>1.18E-07</b>
o-Xilene	<b>5.28E-07</b>	<b>5.07E-08</b>
p-Xilene	<b>5.64E-07</b>	<b>5.42E-08</b>
Cloruro di vinile	<b>3.53E-06</b>	<b>3.39E-07</b>

Tabella 14: massime concentrazioni ai recettori

Le valutazioni che seguiranno in merito alla quantificazione del rischio da inalazione associato alle emissioni della discarica saranno condotte ipotizzando un recettore residenziale localizzato in corrispondenza del recettore R14 ed un recettore lavoratore, localizzato in corrispondenza del punto di massima ricaduta al suolo

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	56 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

### 2.3 VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE

Nota la concentrazione nel punto di esposizione in corrispondenza dei media di esposizione considerati (acqua, suolo, cibo) è possibile stimare la dose giornaliera con cui i potenziali recettori vengono a contatto.

Per esposizione si definisce il contatto tra un organismo (umano nel caso del rischio per la salute) ed un composto chimico o un'agente fisico (USEPA, 1988).

La valutazione della magnitudo dell'esposizione consiste nella quantificazione (misura o stima) della dose, ovvero della quantità (massa nel caso di composto chimico) di agente che entra in contatto con l'organismo umano attraverso i propri organi di scambio con l'ambiente (polmoni, pelle, intestino, etc..) all'interno di uno specifico intervallo di tempo.

$$E = \int_{t_1}^{t_2} C(t) dt$$

La stima quantitativa della magnitudo dell'esposizione è espressa in termini di massa di sostanza in contatto con l'organismo normalizzata nell'unità di tempo e per unità di peso corporeo (mg COC per kg peso corporeo per giorno, mg/(kg\*d)).

Si osserva come l'*intake* rappresenti una stima conservativa rispetto alla massa che effettivamente viene assorbita dagli organi dei ricettori, essa rappresenta la massa che entra in contatto con il recettore.

Ipotizzando che la concentrazione nel media di esposizione e i parametri anatomici che definiscono il contatto con esso rimangano costanti per l'intera durata dell'esposizione si ottiene:

$$I = \frac{C^{em} \bullet CR \bullet EF \bullet ED}{BW \bullet AT}$$

I=Intake quantità di COC in contatto con il ricettore in (mg/kg-giorno)  $C^{em}$ =Concentrazione del COC mediata nel periodo di esposizione (mg/kg, mg/Nm<sup>3</sup>, mg/L)

CR= Massa di mezzo di esposizione contaminato ingerito, inalato o assorbito per unità di tempo (mg/giorno)

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	57 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	



EF= Frequenza Annuale dell'esposizione (giorni/anno) ED= Durata dell'esposizione (anni)

BW=Peso Corporeo del recettore (kg)

AT= Durata in cui viene effettuata la media dell'esposizione (giorni),

Il valore di AT definisce la durata temporale su cui viene normalizzata la dose assorbita, esso si differenzia a seconda della tipologia di composti oggetto della stima.

#### Composti classificati come tossici

AT= durata del periodo di esposizione:

Intake I=Dose Media Giornaliera (Average Daily Dose **ADD**).

#### Composti Cancerogeni

AT= Life Time (durata media della vita del recettore umano esposto).

Intake I= Dose Media Giornaliera nell'arco di durata della Vita (Lifetime Average Daily Dose **LADD**).

Di seguito si riportano i dettagli delle equazioni di stima degli Intake per i diversi percorsi di esposizione selezionati:

#### INALAZIONE DI VAPORI E POLVERI OUTDOOR E INDOOR

▪ **Inalazione di vapori e polveri outdoor** 
$$EM \left[ \frac{m^3}{Kg \times giorno} \right] = \frac{B_o \times EF_g \times EF \times ED}{BW \times AT \times 365 \frac{giorni}{anno}}$$

▪ **Inalazione di vapori e polveri indoor** 
$$EM \left[ \frac{m^3}{Kg \times giorno} \right] = \frac{B_i \times EF_g \times EF \times ED}{BW \times AT \times 365 \frac{giorni}{anno}}$$

Dove:

B<sub>o</sub>= tasso di inalazione outdoor

B<sub>i</sub>= tasso di inalazione indoor

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	58 di 72
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	

## 2.4 VALUTAZIONE DELLA RELAZIONE DOSE-RISPOSTA

La determinazione della curva dose-risposta nel caso della procedura di valutazione del rischio consiste nella stima della relazione esistente tra la dose di un agente chimico o il livello di esposizione ad una sostanza, con la stessa probabilità di sviluppare degli effetti negativi sulla specie animale test. Essa comprende una descrizione quantitativa di tale relazione dose-risposta, ma anche una discussione sulle incertezze e sulla validità dei risultati ottenuti.

Per ottenere i dati necessari all'analisi di rischio vengono utilizzate due tipi di estrapolazione:

- Estrapolazione da specie a specie (animale – uomo);
- Estrapolazione dalle alte (nei test su animali) alle basse dosi (nell'ambiente); Pertanto molto importante è il modello di estrapolazione utilizzato per ricavare i dati.

Come già detto è essenzialmente diversa la curva dose-risposta fra sostanze tossiche e sostanze cancerogene; per le prime è prevista una soglia al di sotto della quale la risposta è nulla (ossia per esposizioni anche prolungate non si manifestano risposte nel soggetto esposto), per le seconde invece esiste sempre una risposta per qualsiasi dose non nulla.

Emerge quindi la necessità di utilizzare modelli matematici statistici per predire le risposte alle basse dosi derivandole da quelle riscontrate alle alte dosi.

Per questo motivo viene definita la risposta come "Probabilità  $P(d)$  di sviluppo di un tumore nel corso della vita di un individuo se esso è esposto ad un agente cancerogeno ad una dose  $d$ " mentre la risposta di background è la "Probabilità  $P(d_{bg})$  di sviluppo di un tumore nel corso della vita di un individuo se esso è esposto ad un agente cancerogeno alla dose di background  $d_{bg}$ ".

Si ottiene il modello Dose-Response di Background:

$$P(d) = p + (1 - p) * F(d)$$

Da cui la funzione eccesso di rischio:

$$R(d) = \frac{P(d) - p}{1 - p} = F(d)$$

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	59 di 72
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	

Definito come il rischio di sviluppare effetti avversi in seguito ad una dose  $d$ , oltre il rischio di background.

Per quanto riguarda il caso in oggetto per quanto riguarda i parametri necessari alla valutazione del rischio, si è fatto riferimento a due banche dati on-line ed in particolare: OEHHA; Toxicity criteria database;

IRIS; Integrated Risk Information System (USEPA).

I parametri indicati all'interno di tale database sono estrapolati con diverse metodologie, indicate sul database.

In questi modelli il fattore di potenza cancerogena viene stimato interpolando i dati degli studi animali, utilizzando modelli LMS (Linear Multi-Stage):

$$P(d) = 1 - e^{[-(K_0 + K_1 * d + K_2 * d^2 + \dots + K_n * d^n)]}$$

Nel modello multistage, gli esponenti delle dosi sono prefissati mentre i coefficienti sono calcolati, mediante elaboratore, sulla base dei coefficienti sperimentali.

Per linearizzare questo modello nell'ambito della zona delle dosi basse si utilizza il limite di confidenza superiore (Upper Confidence Limit, UCL) della componente lineare (il coefficiente  $K_1$ ) della formulazione matematica.

L'UCL è in pratica la potenza cancerogena o l'unità di rischio (UR-CPF).

Supponendo di stimare i coefficienti  $K$  con un livello di confidenza superiore del 95% interpolando i dati sui saggi tossicologici sugli animali si ottiene dalla semplificazione:

$$P(d) = 1 - e^{-(K^*_0 + K^*_1 * d)}$$

$$P(0) = 1 - e^{-(K^*_1 * d)}$$

da cui si ottiene l'Eccesso di Rischio:

$$R(d) = 1 - e^{-(K^*_1 * d)}$$

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	60 di 72
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	

Il parametro K1\* stimato con un livello di confidenza all'estremo superiore del 95% (95-esimo percentile), è definito come Cancer Slope Factor (CSF) o fattore di potenza cancerogena del COC.

Il CSF rappresenta dunque l'incremento del rischio da cancro per effetto di una dose unitaria (Unità di Rischio).

### 3 CARATTERIZZAZIONE DEL RISCHIO

#### 3.1 STIMA DEL RISCHIO PER LE POPOLAZIONI ESPOSTE

I potenziali effetti nocivi sulla salute delle popolazioni, sottoposta all'esposizione di sostanze contaminanti in corrispondenza del punto di esposizione, possono essere definiti utilizzando i dati pubblicati dall'U.S. EPA Integrated Risk Information System (IRIS) e da altri centri di ricerca e documentazione, essenzialmente statunitensi.

Lo studio di analisi di rischio sanitario ambientale prende in considerazione le sostanze tossiche croniche, valutando i rischi che l'inquinamento dell'ambiente con tali sostanze può causare sulla salute degli individui a seguito di un'assimilazione cronica. I parametri che caratterizzano la tossicità e la cancerogenicità dei composti individuati sono i seguenti:

1. Chronic Reference Dose (RfD) per gli effetti tossici, non cancerogeni.
2. Slope Factor (SF) per gli effetti cancerogeni

#### 1) Chronic Reference Dose (RfD) per gli effetti tossici, non cancerogeni.

$$RfD = \frac{NOAEL}{UF \cdot MF}, \quad \frac{mg}{Kg \cdot d}$$

La dose di riferimento RfD rappresenta la dose media giornaliera soglia, al di sotto della quale non si ha alcun effetto negativo sulla salute umana durante l'intera vita.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	61 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Per tener conto della sensibilità della popolazione, i valori di RfD sono significativamente più bassi dell'effettivo livello di tolleranza determinato sulla base di studi sull'uomo o sugli animali (NOAEL = No Observed Adverse Effect Level).

Il NOAEL viene convertito in RfD sulla base di un fattore di incertezza UF e di un fattore di modificazione MF. UF, in particolare, rappresenta il livello di incertezza e assume valori compresi fra 10 e 10000.

Il valore di MF è invece compreso fra 0 e 10 e dipende dal grado di incertezza professionale circa gli studi e le banche dati utilizzati nelle sperimentazioni; in mancanza di indicazioni puntuali, si assume MF = 1.

## 2) SlopeFactor (SF) per gli effetti cancerogeni

Per le sostanze cancerogene, che coinvolgono il DNA e sono causa di effetti genotossici (mutagenesi, teratogenesi, cancerogenesi, ...) si verifica invece una correlazione di tipo lineare nel diagramma dose-risposta.

In realtà, l'assunzione della linearità per basse dosi costituisce un'ipotesi conservativa in assenza di dati reali; in ogni caso, per tali sostanze si assume che non esista una soglia di non effetto

Il fattore SF è usualmente misurato in  $(\text{mg/kg/d})^{-1}$  e corrisponde al limite superiore di confidenza 95% del modello lineare dose-effetto, valido per le basse dosi.

### 3.1.1 RISCHIO CANCEROGENO

Il Rischio Cancerogeno Individuale è definito dalla misura dell'aumento di probabilità che un singolo recettore umano ha di sviluppare il cancro nell'arco dell'intera durata della sua vita, in seguito all'esposizione ad agenti chimici cancerogeni. In tal caso si parla anche di Eccesso di rischio cancerogeno individuale oltre il valore di background.

$$\text{Individual\_CancerRisk} = LADD_i \bullet CSF_i$$

$$LADD_i = I_i \Leftrightarrow AT = \text{Life-Time}$$

dove:

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	62 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

$CSF_i$  = Fattore di Potenza Cancerogena (Cancer SlopeFactor) del  $i$ -esimo COC (mg/kg-day)<sup>-1</sup>  
 $LADD_i$  = Intake Totale normalizzato nell'arco della durata della vita per ogni singolo ricettore e composto  $i$ , ottenuto sommando il contributo di tutti i  $k$  percorsi di esposizione. (mg/kg-day).  
 L'utilizzo del coefficiente CSF è valido solo nell'ipotesi di esposizione alle basse dosi, che risulta accettabile nell'ambito delle esposizioni a cancerogeni rilasciati nell'ambiente con rischi non superiori a  $10^{-2}$ .

Nelle condizioni tipiche della contaminazione ambientale è molto probabile che una popolazione di individui sia esposta contemporaneamente a più agenti chimici cancerogeni, in queste condizioni, sotto determinate ipotesi, la stima quantitativa del rischio cancerogeno individuale si ottiene sommando i rischi individuali associati alle singole sostanze.

Le ipotesi riguardano:

- Indipendenza di azione dei composti chimici cancerogeni (non si considerano le sinergie e gli effetti antagonisti),
- Indipendenza di distribuzione dei rischi relativi ai singoli composti si ha:

$$TotalIndividual\_CancerRisk = \sum_i Individual\_CancerRisk_i$$

Le limitazioni insite in questo approccio sono:

- Elevata conservatività;
- Impossibilità di considerare le interazioni tra le sostanze.

### 3.1.2 PERICOLO TOSSICO

Le sostanze tossiche classiche non cancerogene hanno una relazione tra dose e risposta (effetto sull'organismo) caratterizzata dalla presenza di una soglia di non effetto, ovvero gli effetti negativi si manifestano sugli organismi esposti solo se la dose supera un certo valore di soglia. La caratterizzazione del pericolo associato all'esposizione a sostanze tossiche avviene attraverso la stima del Quoziente di Pericolo.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	63 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Il Quoziente di Pericolo non è una misura probabilistica come il rischio cancerogeno, ma piuttosto, una misura della magnitudo dell'esposizione a sostanze tossiche classiche rispetto ai rispettivi livelli di esposizione standard (RfD Reference Dose) a cui corrispondono effetti non negativi anche per le popolazioni deboli.

Quoziente di Pericolo mediante un confronto tra il livello di esposizione standard relativo al composto i e la dose totale assorbita da un generico individuo appartenente al recettore umano k riferite entrambe rispetto al medesimo intervallo temporale di esposizione:

$$HQ_{ij}(x, y) = \frac{ADD_{ij}(x, y)}{RfD_i}$$

$$ADD_{ij} = I_{ij} \Leftrightarrow AT_{jk} = Durata\_Esposizione$$

dove:

$ADD_{ij}(x, y)$  = Dose media Giornaliera mediata nella durata dell'esposizione relativa al tossico i per il ricettore j ottenuta sommando il contributo dei k percorsi di esposizione j (mg/kg-d)

$RfD_i$  = Dose di Riferimento (Reference Dose) per il COC i-esimo al di sotto della quale non si hanno effetti (mg/kg-d)

Il Quoziente di Pericolo (HQ) è stimato singolarmente per ogni COC a cui i recettori sono esposti, ed è quindi possibile stimare il Quoziente di Pericolo totale sommando gli  $HQ_i$ :

$$HQ_{i\_Tot_j}(x, y) = \sum_i HQ_{ij}$$

Una volta definiti le stime del rischio è necessario definire i criteri di accettabilità di un rischio (Target Level).

Nel caso di esposizioni acute e croniche per inalazione a sostanze tossiche sono stati definiti in letteratura (HWIR e OEHA) alcune concentrazioni di riferimento che garantiscono la salvaguardia della salute umana. La verifica del rispetto di tali standard stimati mediante approccio risk-based garantisce la salvaguardia dei recettori più sensibili da possibili effetti negativi di tipo acuto.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	64 di 72
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	



### 3.2 RISULTATI ANALISI RISCHIO CANCEROGENO E PERICOLO TOSSICO

Nelle tabelle che seguono sono riportati i risultati delle valutazioni del rischio condotte secondo la metodologia RBCA Tier II implementata nel software Risk-Net 3.1.1.

I risultati dell'analisi sono esposti secondo la modalità diretta (*forward mode*) per il calcolo del rischio sanitario causato dalla inalazione delle emissioni diffuse rilasciate dal corpo della discarica in progetto G3. In particolare, nota la concentrazione rappresentativa della sorgente, è stata stimata l'esposizione dei recettori, tenendo conto dell'attenuazione causata dai fattori di trasporto (dispersione in atmosfera stimata con modello CALPUFF). Il rischio è stato calcolato considerando la tossicità delle sostanze mediante i parametri RfD (Reference Dose) e SF (Slope Factor).

I valori del rischio cancerogeno e del pericolo tossico sono quantificati analizzando il contributo dei singoli COCs.

La tabella seguente riporta il Rischio cancerogeno (R) ed il pericolo tossico (HI) quantificati in corrispondenza del recettore industriale localizzato in corrispondenza del punto di massima ricaduta. L'unico percorso di esposizione è rappresentato dalla inalazione di composti tossici e/o cancerogeni associati alle emissioni diffuse in atmosfera dal corpo della discarica.

Rischio dall'Aria Ambiente (Outdoor)					
Contaminante	CRS	f	CRS/f	R (HH)	HI (HH)
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-
Benzene	2.94e-7		2.94e-7	1.87e-13	2.24e-9
Etilbenzene	1.36e-6		1.36e-6	2.77e-13	3.11e-10
Stirene	4.73e-7		4.73e-7	1.93e-14	1.08e-10
Toluene	6.33e-6		6.33e-6	-	2.89e-10
m-Xilene	1.23e-6		1.23e-6	-	2.81e-9
o-Xilene	5.28e-7		5.28e-7	-	1.21e-9
p-Xilene	5.64e-7		5.64e-7	-	1.29e-9
Cloruro di vinile	3.53e-6		3.53e-6	1.27e-12	8.06e-9
<b>Rischio Cumulato</b>				<b>1.75e-12</b>	<b>1.63e-8</b>

Tabella 15: Risultati AR discarica Ginestreto Sogliano G3 – inalazione di biogas per recettore industriale al punto di massima ricaduta

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	65 di 72
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	

La tabella seguente riporta il Rischio cancerogeno (R) ed il pericolo tossico (HI) quantificati in corrispondenza del recettore residenziale localizzato in corrispondenza del punto R14.

Rischio dall'Aria Ambiente (Outdoor)					
Contaminante	CRS	f	CRS/f	R (HH)	HI (HH)
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-
Benzene	2.82e-8		2.82e-8	9.22e-14	9.01e-10
Etilbenzene	1.30e-7		1.30e-7	1.36e-13	1.25e-10
Stirene	4.55e-8		4.55e-8	9.54e-15	4.36e-11
Toluene	6.08e-7		6.08e-7	-	1.17e-10
m-Xilene	1.18e-7		1.18e-7	-	1.13e-9
o-Xilene	5.07e-8		5.07e-8	-	4.86e-10
p-Xilene	5.42e-8		5.42e-8	-	5.20e-10
Cloruro di vinile	3.39e-7		3.39e-7	7.48e-13	3.25e-9
<b>Rischio Cumulato</b>				<b>9.86e-13</b>	<b>6.57e-9</b>

Tabella 16: Risultati AR discarica Ginestreto Sogliano G3 – inalazione di biogas per recettore residenziale al punto R14

### 3.3 CRITERI DI ACCETTABILITÀ

I limiti di accettabilità del rischio cancerogeno e del pericolo tossico definiti dalla normativa nazionale vigente (Dlgs 152/2006 e s.m.i.) prevedono i seguenti limiti:

- Rischio cancerogeno singola sostanza  $< 1\text{E}-06$
- Rischio cancerogeno multipla sostanza  $< 1\text{E}-05$
- Rischio tossico singola sostanza  $< 1$
- Rischio tossico multipla sostanza  $< 1$

**I limiti di accettabilità del rischio cancerogeno e del pericolo tossico sono nettamente superiori rispetto ai valori stimati per la discarica Sogliano Ginestreto G3 per tutti i recettori considerati.**

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	66 di 72
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	

#### 4 CONCLUSIONI

**I risultati della quantificazione del RISCHIO PER LA SALUTE UMANA**, condotta secondo lo standard ASTM PS-104 implementato nel software RBCA ToolKited in coerenza con le linee guida ISPRA (ISPRA 2005, ISPRA 2006) e con il DLgs 152/06, **evidenziano valori del rischio cancerogeno e del pericolo tossico nettamente inferiori ai valori soglia degli standard internazionali ed ai limiti di legge vigenti**, per quanto applicabili.

**Le valutazioni condotte si basano su ipotesi altamente conservative tra cui la più rilevante che l'intera superficie della discarica sia in coltivazione, senza copertura e che contribuisca totalmente al rilascio delle emissioni diffuse in atmosfera.**

**Si sottolinea come dalle recenti indagini geologiche sviluppate sull'intera area, la componente acquifero non risulta presente, e pertanto non può essere considerata nella presente analisi di rischio.**

**I valori del rischio cancerogeno e del pericolo tossico valutati in corrispondenza del punto di massima ricaduta, localizzato sul corpo della discarica G3, ed in corrispondenza del recettore sensibile più prossimo sono inferiori di diversi ordini di grandezza rispetto ai limiti normativi.** Inoltre, i valori di concentrazione attese in atmosfera dei singoli COC presenti nel biogas e sono inferiori ai limiti e standard internazionali di esposizioni croniche ed acute.

**I risultati ottenuti appaiono poi maggiormente rassicuranti se si considera che nella realtà l'area in esame è priva di potenziali recettori residenziali, industriali e commerciali che possono risultare esposti ai contaminanti presenti nel biogas della discarica. Come sottolineato più volte, infatti, l'analisi di rischio è stata sviluppata considerando i composti chimici pericolosi per la salute umana presenti nel biogas, le cui caratteristiche chimico-fisiche sono risultate pienamente rappresentative delle tipologie di rifiuto smaltite dalle discariche adiacenti e che si prevede di continuare a smaltire presso la discarica in esame.**

**Va inoltre sottolineato come l'attuazione costante dei Piani di Sorveglianza e Controllo e di Monitoraggio e Controllo previsti per la discarica di Ginestreto 3, in ottemperanza di quanto indicato dal D.lgs. 36/2003 e dalla cogente normativa sull'AIA, garantisca senza dubbio la possibilità attivare le necessarie azioni di messa in sicurezza del sito con modalità e tempi adeguati in caso di emergenze che si evidenzino durante il periodo di gestione e di post-gestione del sito.**

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	67 di 72
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

In conclusione si può affermare che il conferimento dei rifiuti all'interno della discarica Ginestreto 3, non determina un rischio per la salute umana e per l'ambiente in quanto risulta, dall'analisi di rischio condotta, che non sussistono pericoli per i recettori presenti o potenziali nell'area.

## 5 BIBLIOGRAFIA

Reconnet, 2019, Risk-Net 3.1.1. pro, Manuale d'uso

ISPRA-APAT (2005) "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio alle discariche"

ISPRA-APAT (2006) "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati"

ISPRA-APAT (2008) "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati"

A.S.T.M. (1995) E-1739 Emergency standard guide for Risk-Based Corrective Action applied at petroleum release sites, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA 19428.

A.S.T.M. (1998) PS.104 Standard provisional guide for Risk-Based Corrective Action, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA 19428.

CONNOR J.A., BOWERS R.L., PAQUETTE S.M., NEWELL C.J. (1997) Soil attenuation model for derivation of risk-based soil remediation standards, Groundwater Services Inc., Houston, Texas, pagg. 1-34.

CONNOR J.A., BOWERS R.L., NEVIN J.P., FISHER R.T. (1998) Guidance manual for RBCA TOOL KIT for Chemical Releases, Groundwater Services Inc., Houston, Texas.

DI MOLFETTA A., AGLIETTO I. (1999) "La procedura di analisi di rischio sanitario ambientale" IGEA, Ingegneria e Geologia degli Acquiferi, n. 12, pagg. 67-78.

DOMENICO P.A. (1997) "An analytical model for multidimensional transport of a decaying contaminant species", Journal of Hydrology, v. 91, pagg. 49-58.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	68 di 72
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	

DOMENICO P.A., SCHWARTZ F.W. (1998) Physical and Chemical Hydrogeology, 2° ed., Wiley & Sons, New York, 1998.

E.P.A. (1989) Risk assessment guidance for superfund (RAGS).Vol. 1 Human Health Evaluation Manual, Office of Emergency and Remedial Response, Washington, DC.

E.P.A. (1996) Soil Screening Guidance.User's Guide, Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, DC 20460.

DTSC, (1993). "CalTOX, A Multimedia Total Exposure Model for Hazardous Waste Sites";

Harbaugh, A.W. and M. G. McDonald, 1996a, User's documentation for MODFLOW-96, an update to the U.S. Geological Survey modular finite-difference ground-water flow model, USGS Open-File Report 96-485.

Zheng, C., 1990, MT3D, a modular three-dimensional transport model, S.S. Papadopoulos & Associates, Inc., Rockville, Maryland.

Zheng, C. and P. P. Wang, 1998, MT3DMS, A modular three-dimensional multispecies transport model for simulation of advection, dispersion and chemical reactions of contaminants in groundwater systems. Documentation and user's guide. Departments of Geology and Mathematics, University of Alabama.

Xu, M., Eckstein, Y., Use of weighted least square method in evaluation of the relationship between dispersivity and scale, Ground Water, vol 33 n 6 pp 905-908, 1995

Gelhar, LW, Welty, C., Rehfeldt, KR, A critical review of data on field scale dispersion in aquifers WatResResvol 28 n 7 pp 1955-1974, 1992

USEPA, Water quality assessment, a screening procedure for toxic and conventional pollutants in surface and ground water, Part II, EPA600/6-85/002b, 444 pp, ERL Athens, GA, 1985

Marsily, G.de, Quantitative Hydrogeology – Groundwater Hydrology for engineers, Academic Press, NY, 1986, 380 pp

US EPA, (1989). "Guidelines for Risk Characterization in Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume 1, Human Health Evaluation Manual (Part A)", Interim Final.;

US EPA, (1992). "Dermal Exposure Assessment: Principles and Applications";

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	69 di 72
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	

USEPA (1997). "Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST)": Annual Update, FY 1997. National Center for Environmental Assessment (NCEA), Office of Research and Development and Office of Emergency and Remedial Response, Washington, DC.

USEPA (1998b). "Superfund Exposure Assessment Manual", Office of Emergency and Remedial Response. Washington, D.C. 1988b;

USEPA (1999a). "Human Exposure Module for HWIR99 Multimedia, Multipathway, and Multireceptor Risk Assessment (3MRA) Model". Office of Solid Waste, Washington, DC.

USEPA, (1984). "Risk Assessment and Management: Framework for Decisionmaking"; USEPA, (1986a). "Guidelines for Carcinogen Risk Assessment". 51 Federal Register 33992;. USEPA, (1986b). "Guidelines for Exposure Assessment". 51 Federal Register 34042;.

USEPA, (1986c). "Guidelines for the Health Risk Assessment of Chemical Mixtures". 51 Federal Register 34014

USEPA, (1988). "Guidance for Conducting Remedial Investigations and Feasibility Studies Under CERCLA. Interim Final. Office of Emergency and Remedial Response. (OSWER Directive 9355.3-01);

USEPA, (1989). "Exposure Factor Handbook". Office of Health and Environmental Assessment

USEPA, (1989). "Risk Assessment Guidance for Superfund: Environmental Evaluation Manual". Interim Final. Office of Emergency and Remedial Response. EPA/540/1-89/001A. (OSWER Directive 9285.7-01);

USEPA, (1989). "Risk Assessment Guidance for Superfund", Volume I, Human Health evaluation Manual, part A, Washington DC, 1989;

USEPA, (1993), "MULTIMED: The Multimedia Exposure Assessment Model for Evaluating the Land Disposal of Wastes-Model Theory – ProjectSummary", USEPA Environmental Research Laboratory, Athens GA.

USEPA, (1993). "Guidance for Assessing Health Risks of Emissions from Hazardous Waste Incineration Facilities", Attachment 9;

USEPA, (1994). "Estimating Exposure to Dioxin-Like Compounds, Volume III: Site-Specific Assessment Procedures". Review Draft;

USEPA, (1994a). "Methods for derivation of inhalation reference concentrations and application of inhalation dosimetry", Washington (DC): Office of Research and Development; 1994;

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	70 di 72
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	



USEPA, (1995). "Exposure Factors Handbook", Review Draft;

USEPA, (1995). "Identification and Listing of Hazardous Wastes: Hazardous Waste Identification Rules (HWIR)";

USEPA, (1995). "User's guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models". Office of Air Quality Planning and Standards..

USEPA, (1996). "Soil Screening Guidance: User's Guide, Attachment C: Chemical Properties for SSL Development", July 1996;

USEPA, (1997). "Exposure Factors Handbook".Office of Research and Development. NCEA;

USEPA, (1998). "Framework for Ecological Risk Assessment", 1998

USEPA, (1998). "Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities" - Peer Review Draft, dated July 1998, <http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/combust/risk.htm>;

USEPA, (1998). "Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities". Peer Review Draft 1998

USEPA, (1998). "Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities". Peer Review Draft;

USEPA, (1998). "Integrated Risk Information System (IRIS)". Duluth, MN

USEPA, (1999). "Environmental Technology Verification Report Environmental Decision Support Software", Office of research and Development, October 1999;

USEPA. (1989). "Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume I. Human Health Evaluation Manual" (Part A). OERR. Washington, D.C. OERR 9200 6-303-894

USEPA. (1992a). "Dermal Exposure Assessment: Principles and Applications". Interim Report. EPA/600/8- 91/011B. Office of Research and Development, Office of Health and Environmental Assessment, Exposure Assessment Group, Washington, D.C. January.

USEPA. (1995b). "Health Effects Assessment Summary Tables" FY-1995 Annual. EPA/540/R-95/036. 9200.6-303(95-1). PB95-921199. Office of Research and Development, Office of Solid Waste and Emergency Response, Office of Emergency and Remedial Response, Washington, D.C. May.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	71 di 72
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	

USEPA. (1996a). "Soil Screening Guidance: Technical Background Document". EPA/540/R-95/128. 9355.4- 17A. PB96-963502. Office of Solid Waste and Emergency Response, Office of Emergency and Remedial Response, Washington, D.C. May.

USEPA. (1998c). "Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities", Volume Two. Appendix A. Peer Review Draft. EPA530-D-98-001B. Office of Solid Waste and Emergency Response. July.

Ara G3 PD AR 04.01	ANALISI DI RISCHIO PER LA SALUTE UMANA E L'AMBIENTE	0	Set-22	72 di 72
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	