



*Sito impiantistico
Galliera (BO)*

Valutazione di Impatto Ambientale

D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i.

PROGETTO DEFINITIVO

Ottimizzazione di utilizzo del sito impiantistico esistente
attraverso il ridimensionamento dell'area dedicata al
servizio di deposito finale dei rifiuti

ELABORATO 04

Relazione idrologica ed idraulica

Approvato	E. Zamagni		
Controllato	L. Savigni F. Crociati		
Redatto	DESMOS		
Rev.	00	Data	30/04/2025
Cod. Doc.	DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Pagine	1 di 33



SOMMARIO

A	PREMESSA	3
A.1	OGGETTO E SCOPO	3
A.2	LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO	3
B	INQUADRAMENTO DEL SITO E DEGLI INTERVENTI	5
B.1	UBICAZIONE DEL SITO.....	5
B.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	7
B.3	INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGRAFICO	8
B.4	PERICOLOSITÀ IDRAULICA	10
C	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.....	13
D	CRITERI PER IL DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE E DEGLI INTERVENTI	15
D.1	SISTEMA DI GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE	15
D.1.1	<i>Dimensionamento delle opere finalizzate al rispetto dell'invarianza idraulica.....</i>	<i>16</i>
D.1.2	<i>Dimensionamento della rete di gestione delle acque meteoriche.....</i>	<i>19</i>
D.2	SISTEMA DI GESTIONE DEL PERCOLATO	20
E	DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLE OPERE IN PROGETTO.....	22
E.1	TUBAZIONE DI SCARICO DEL BACINO DI LAMINAZIONE.....	22
E.2	RETE DI GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE	22
E.3	SISTEMA DI GESTIONE DEL PERCOLATO	28
E.3.1	<i>Il bilancio idrologico della discarica.....</i>	<i>28</i>
E.3.2	<i>Valutazione del volume di stoccaggio.....</i>	<i>31</i>
E.3.3	<i>Sistema di drenaggio del percolato.....</i>	<i>31</i>
E.3.4	<i>Sistema di estrazione e convogliamento del percolato</i>	<i>32</i>

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	2 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

A PREMESSA

A.1 OGGETTO E SCOPO

La relazione presente costituisce la Relazione idraulica e idrologica del Progetto per il II stralcio della discarica di Galliera (BO).

Il II stralcio sarà realizzato nel sito impiantistico di proprietà di HERAmbiente, su di un'area in vicinanza alla discarica esistente (attualmente in gestione post – operativa) e separata da questa dalla viabilità di servizio. Il II stralcio sarà dotato di un sistema di gestione delle acque di discarica separato e indipendente da quello della discarica esistente.

Scopo della relazione è quello di illustrare le valutazioni di carattere idrologico e idraulico connesse con gli interventi in progetto e di descrivere le opere finalizzate al controllo delle acque e gestione del percolato ai sensi delle norme vigenti.

A tale scopo, pertanto, la relazione affronta le tematiche seguenti:

- inquadramento territoriale del sito dal punto di vista idrologico e idraulico;
- pericolosità idraulica del territorio;
- determinazione dell'input idrologico;
- criteri adottati per la realizzazione delle misure da adottare per il rispetto dell'invarianza idraulica;
- valutazioni relative alle soluzioni adottate per il controllo delle acque e la gestione del percolato;
- dimensionamenti e verifiche delle opere in progetto.

A.2 LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO

Per la redazione della relazione presente si è fatto riferimento alla normativa vigente di settore, oltre che alle linee guida e direttive di seguito elencate.

1. “Direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico, ai sensi degli artt. 2 ter, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 del Piano.” Adottata dal Comitato Istituzionale con delibera n. 3/2 del 20 ottobre 2003 e s.m.i., come modificata dalla Variante di coordinamento PGRA-PAI, adottata dal C.I. con delibera 2/2 del 7/11/2016

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	3 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

2. D. Lgs. 23 febbraio 2010, n. 49 “ Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.” (10G0071)
3. “Linee Guida per la progettazione dei sistemi di raccolta delle acque piovane per il controllo degli apporti nelle reti idrografiche di pianura.” Allegato A) alla deliberazione N. 1/3 del 1 agosto 2013 dell’Autorità di Bacino del Reno
4. “Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica”. Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI), Interventi sulla rete idrografica e sui versanti, Adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 in data 26 aprile 2001

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	4 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

B INQUADRAMENTO DEL SITO E DEGLI INTERVENTI

B.1 UBICAZIONE DEL SITO

Gli interventi in progetto saranno realizzati nel sito di Galliera (BO). Il sito, di proprietà di HERAmbiente, attualmente ospita la discarica in fase di gestione post operativa ed è ubicato in prossimità al limite est del confine comunale, nelle vicinanze del tronco autostradale dell'A13 che collega Bologna a Ferrara (Figura B-1 e Figura B-2).

Al sito si accede dalla via S. Francesco, che, oltre a costituire via di accesso alla discarica in gestione post – operativa, separerà fisicamente la discarica in progetto (ampliamento) da quella esistente.

A sua volta, Via San Francesco è facilmente raggiungibile mediante l'A13:

- da Bologna, utilizzando l'uscita di Altedo, percorrendo la SP21 e poi la via Ca' Bianca; dopo aver attraversato l'abitato di Ponticelli si svolta sulla SP12 fino ad incrociare la via S. Vincenzo;
- da Ferrara Sud, con lo stesso percorso.

In alternativa, da Ferrara, per raggiungere il sito si può utilizzare la viabilità locale (arrivando da est: SS273 – SS64 – SP12; arrivando da ovest: SP70 – SP25 – SP4 – SP12).

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	5 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

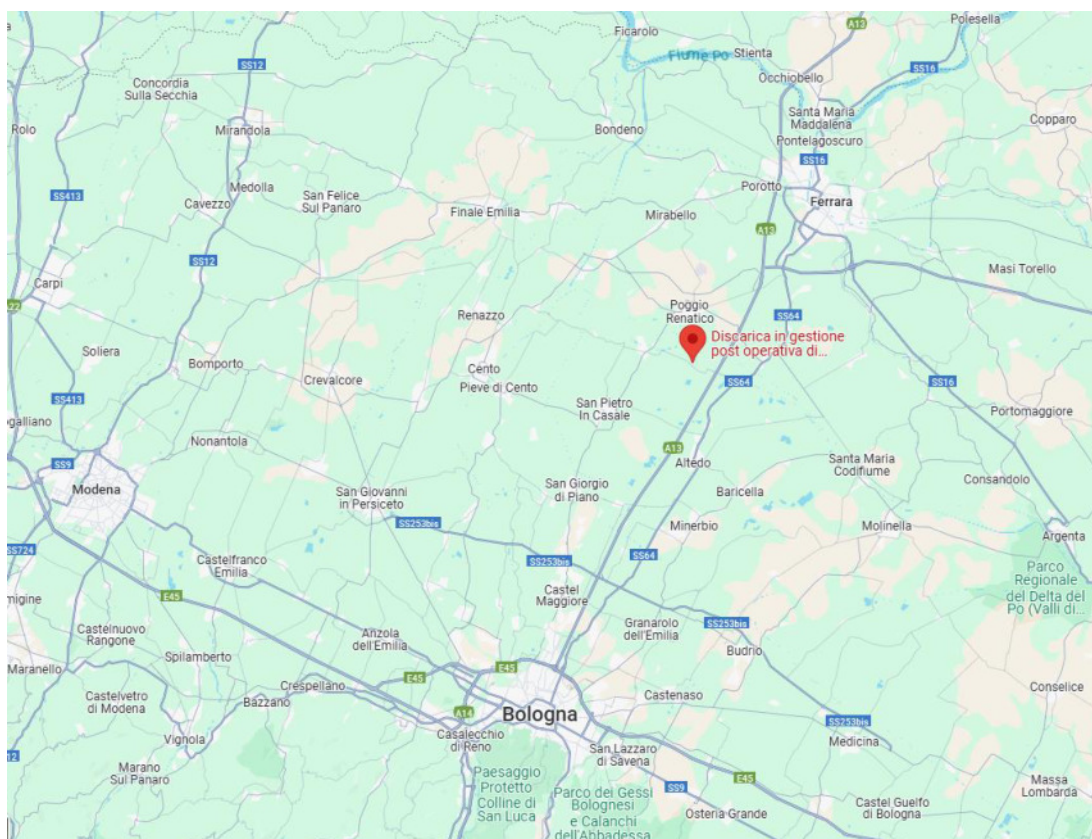


Figura B-1 Ubicazione del sito (fonte: Google Maps)

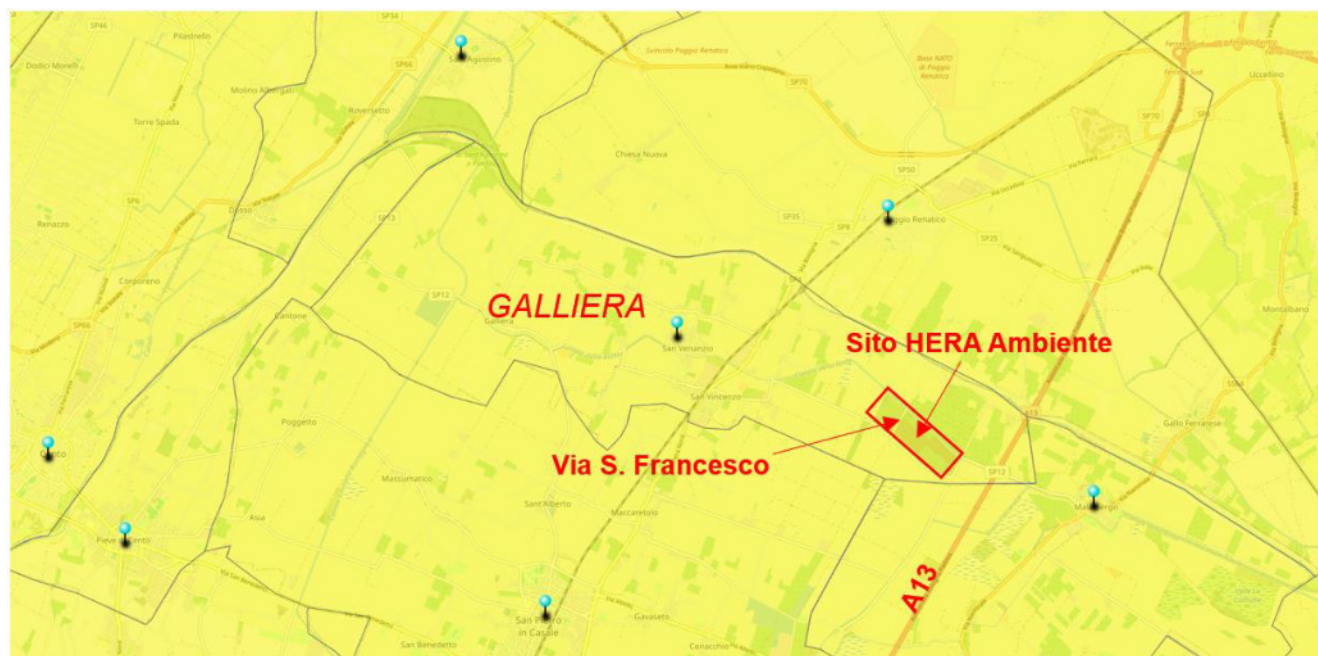


Figura B-2 Posizione del sito nell'ambito del territorio comunale (Fonte: OpenStreetMap)

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	6 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

B.2 **INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO**

Il sito in oggetto si colloca in una porzione sud orientale della Pianura Padana, che costituisce un ampio bacino d'avanfossa originatosi in seguito al sollevamento della catena appenninica e al conseguente riempimento del golfo padano, che progressivamente si è trasformato in una pianura alluvionale per l'accumulo di sedimenti fluviali e fluvio – glaciali provenienti dalle catene montuose circostanti (alpina a nord e appenninica a sud).

I depositi recenti di età plio-quadernaria, che rappresentano la parte superficiale della Pianura Padana, si sono formati con velocità di sedimentazione relativamente elevata e possono essere distinti in tre ambiti:

- una zona sud-alpina;
- una zona mediana, caratterizzata da depositi prevalentemente sabbiosi e argillosi;
- una zona nord-appenninica.

Nell'area di interesse, i depositi hanno spessori molto significativi, dell'ordine di 150+200 m e oltre, e poggiano su un substrato formato da sedimenti marini generalmente limosi e argillosi di ridotta permeabilità.

L'area ricade nella fascia di territorio di bassa pianura, caratterizzata dalla presenza di estese superfici depresse, un tempo paludose, chiamate "valli", che venivano frequentemente allagate dalle acque di esondazione dei corsi d'acqua. In una di queste (la "valle di Galliera", bonificata all'inizio del ventesimo secolo) è insediata la discarica in oggetto.

Nella bassa pianura, negli strati più superficiali i materiali a grana grossa sono praticamente assenti; in corrispondenza dei dossi fluviali o dei paleoalvei sepolti si incontrano lenti di sabbie, prevalentemente fini, e di limi sabbiosi. Pertanto, la permeabilità dei materiali non è mai elevata e i ridotti gradienti determinano, nelle acque sotterranee, una lenta circolazione idrica. In superficie sono presenti falde sospese alimentate da corsi d'acqua superficiali o dall'infiltrazione di acque meteoriche e localmente, in corrispondenza delle aree vallive di bonifica recente, si possono riscontrare strati di terreno pressoché saturi.

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	7 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

B.3 INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGRAFICO

Il Comune di Galliera ricade in una fascia territoriale caratterizzata da un regime pluviometrico di tipo intermedio tra i sub litoranei alpino ed appenninico, generalmente rappresentato da massimi in autunno e primavera e minimi in estate e in inverno.

I valori annuali di precipitazione sono generalmente compresi tra 600 e 700 mm. In particolare, il valore medio della piovosità annua nel periodo 2001-2024 è risultato di circa 637 mm (elaborazione dei dati di precipitazione giornalieri ottenuti dal dataset meteorologico ERG5 aggregati sui comuni dell'Emilia-Romagna e scaricati al sito <https://dati.arpae.it/dataset/dati-meteoclimatici-comunali>).

L'area di interesse ai fini della presente relazione si colloca in un vasto catino depresso (c.d. "Valle delle Tombe") che costituisce un potenziale bacino di raccolta delle acque superficiali ed è delimitata a nord dallo Scolo Riolo e a sud dallo Scolo Valle (*Figura B-3*). A poche centinaia di metri a nord dello Scolo Riolo si elevano le arginature del Reno; in linea d'aria, l'attuale ingresso del sito è posto circa 1,24 km a sud del Fiume Reno (*Figura B-4*).

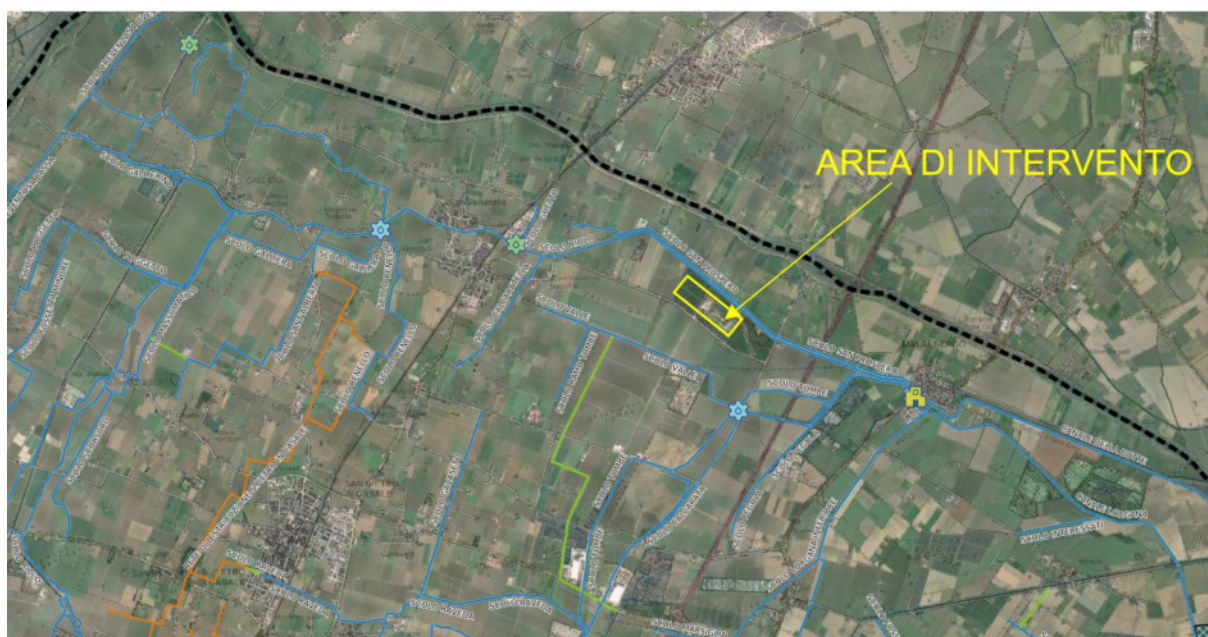


Figura B-3 Reticolo idrografico nell'area di interesse (Fonte: Consorzio della bonifica Renana, <https://servizi.bonificarenana.it/il-consorzio/dove.html>)

Le ex-valli sono facilmente riconoscibili per la natura prevalentemente argillosa dei terreni, l'uso del suolo generalmente destinato a seminativo su ampie estensioni, il limitato insediamento umano

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	8 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

legato alle sfavorevoli condizioni climatico-ambientali e la quasi totale assenza di strutture insediative.



Figura B-4 Posizione del sito rispetto al corso del Fiume Reno (Fonte: Google Earth)

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	9 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

B.4 PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Le autorità di bacino dei vari distretti idrografici predispongono le mappe delle aree allagabili nell'ambito del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA). Il PGRA è lo strumento attuativo della Direttiva Europea 2007/60/CE ("Direttiva Alluvioni" o FD, "Floods Directive") previsto dalla normativa italiana. Il fine del PGRA è di individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali, dove con "alluvione" si intende l'allagamento temporaneo di aree che abitualmente non sono coperte d'acqua. Ricadono nella definizione di alluvione le inondazioni causate da fiumi, torrenti di montagna, corsi d'acqua temporanei e le inondazioni marine delle zone costiere, mentre possono ritenersi esclusi gli allagamenti causati da impianti fognari.

L'art. 6 della FD prevede che gli Stati Membri, a livello di distretto idrografico o di unità di gestione, predispongano mappe di pericolosità e di rischio di alluvioni per le aree a potenziale rischio significativo di alluvioni. Le mappe di pericolosità definiscono il perimetro delle aree geografiche che potrebbero essere interessate da alluvioni secondo tre scenari di probabilità:

- scarsa (P1, eventi estremi - bassa pericolosità);
- media (P2, eventi con tempo di ritorno maggiore o uguale a 100 anni - media pericolosità);
- elevata (P3 - alta pericolosità).

In accordo al D. Lgs. 49/2010, a media probabilità corrispondono eventi poco frequenti con tempo di ritorno compreso tra 100 e 200 anni e ad elevata probabilità corrispondono eventi frequenti con tempo di ritorno compreso tra 20 e 50 anni.

La Regione Emilia Romagna rende disponibili alla consultazione, al link:

<https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/suolo-bacino/sezioni/piano-di-gestione-del-rischio-alluvioni/mappe-pgra-secondo-ciclo>

i dati di pericolosità relativi al secondo ciclo di attuazione della Direttiva 2007/60/CE definitivamente approvati dall'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po con Decreto Segretariale (DS) n. 43/2022 del 11 aprile 2022. Tali dati rappresentano le mappe di pericolosità più aggiornate e includono le osservazioni recepite a seguito della fase di partecipazione prevista dalla Direttiva e

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	10 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

la correzione di alcuni errori materiali; inoltre la Regione Emilia-Romagna ha apportato anche le modifiche alle mappe di pericolosità del PGRA introdotte a seguito dell'aggiornamento del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) Secchia-Tresinaro approvato dall'Autorità di bacino con DS n. 49/2022.

Si riportano alle figure seguenti le mappe relative al territorio del Comune di Galliera, rispettivamente riferite al reticolo idrografico principale (*Figura B-5*) e al reticolo idrografico secondario (*Figura B-6*).

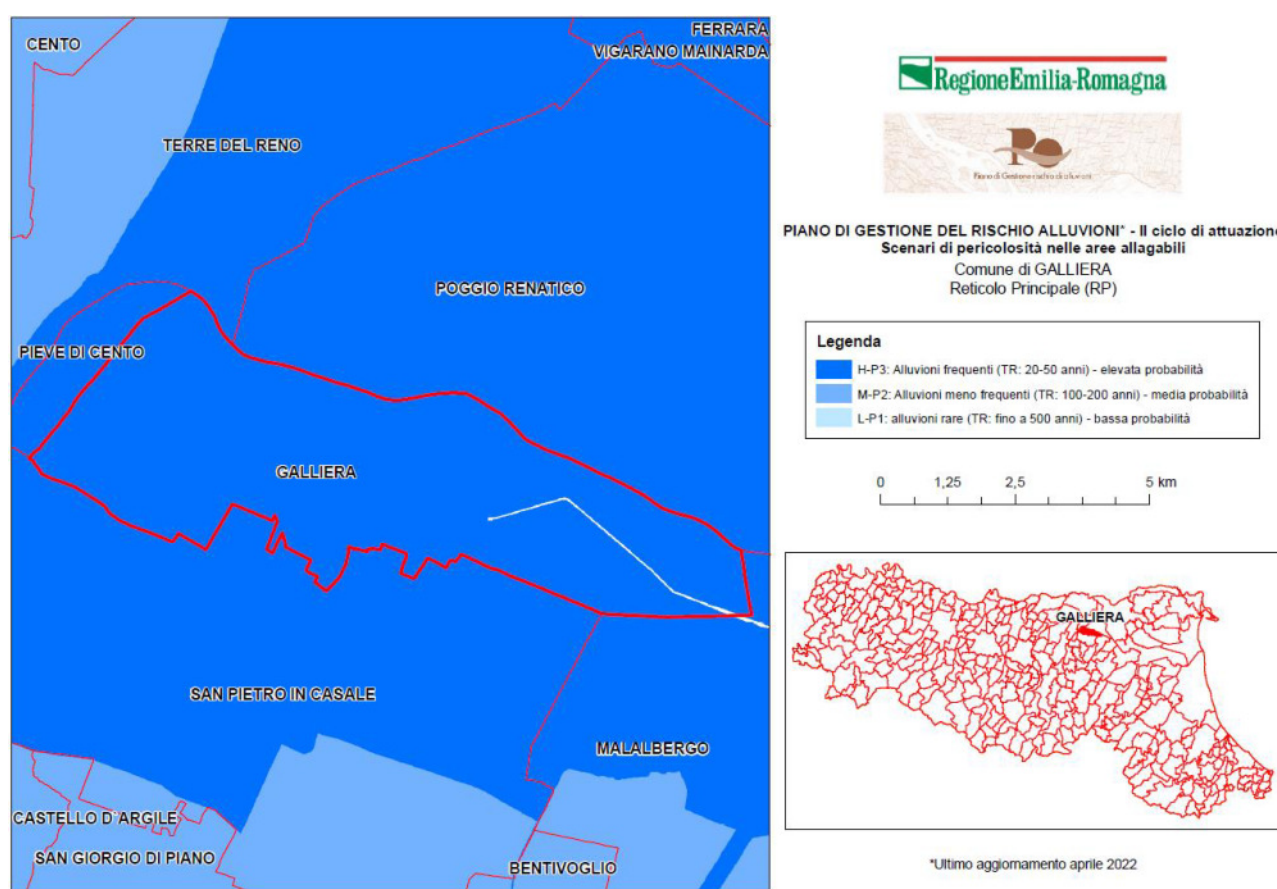


Figura B-5 Mappe degli scenari di pericolosità nelle aree allagabili nel Comune di Galliera (reticolo principale)

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	11 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

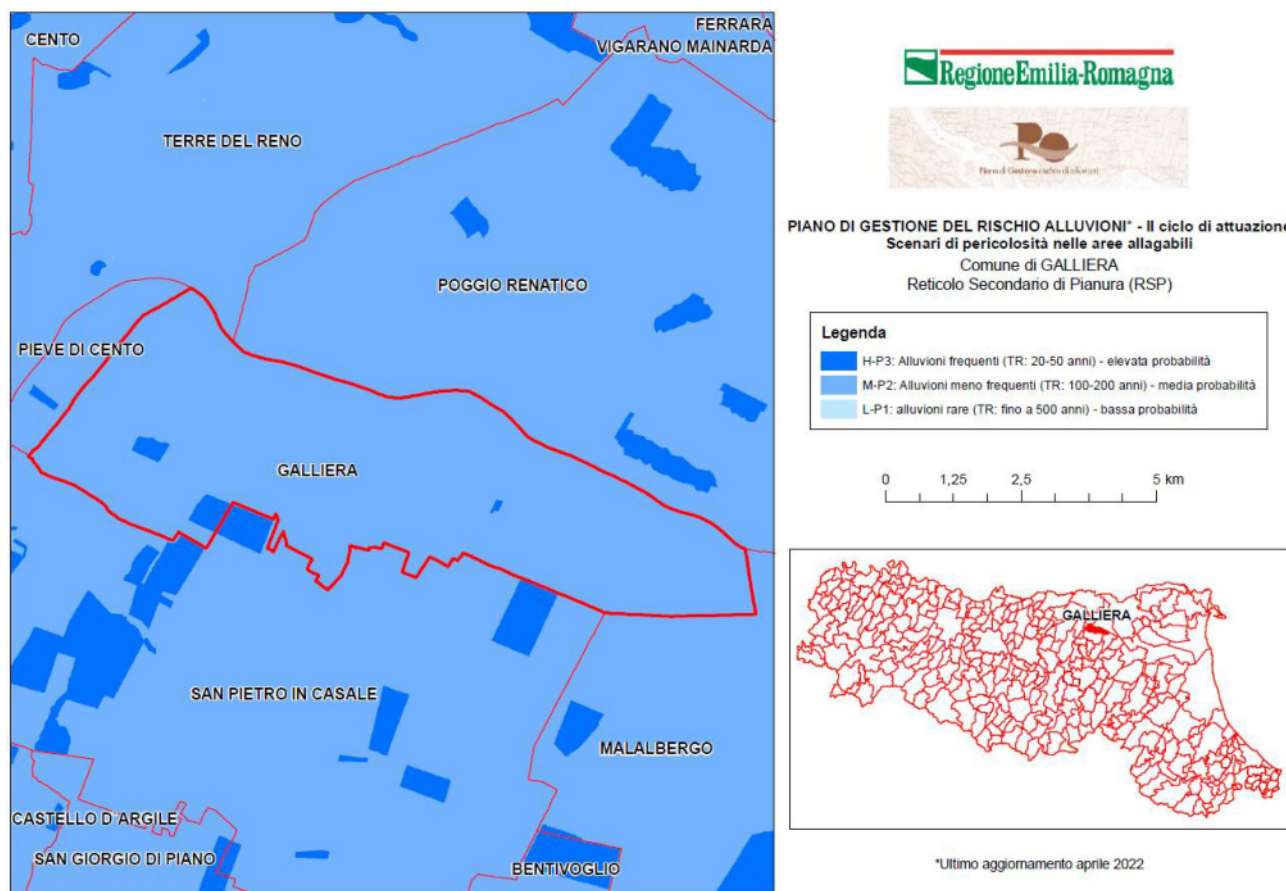


Figura B-6 Mappe degli scenari di pericolosità nelle aree allagabili nel Comune di Galliera (reticolo secondario di pianura)

L'area in studio ricade nella classe H-P3 (elevata probabilità, alluvioni frequenti) in riferimento al reticolo principale e M-P2 (media probabilità, alluvioni meno frequenti) in riferimento al reticolo secondario di pianura.

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	12 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

C DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Gli interventi in progetto consistono in una rimodulazione dell'area destinata al conferimento dei rifiuti, che comprendono la realizzazione di un invaso su di una superficie di circa 10 ettari, l'asfaltatura di via S. Francesco nel tratto dalla SP12 all'accesso del sito e l'ampliamento del piazzale interno al perimetro della discarica in fase di gestione post – operativa.

L'allestimento dell'invaso in progetto comporta quindi la trasformazione del suolo in una porzione di territorio all'interno dell'area indicata in Figura C-1.



Figura C-1 Vista aerea dell'area oggetto di trasformazione (Fonte: Google Earth)

In dettaglio, gli interventi di trasformazione del territorio comprendono:

- pulizia della superficie boscata;
- movimenti terra (scotico, sterri e riporti per regolarizzazione dei piani di lavoro);
- formazione di rilevati arginali per il confinamento dell'invaso del II stralcio;

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	13 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

- realizzazione della barriera di protezione del fondo e sulle sponde;
- realizzazione di opere di raccolta, captazione e stoccaggio del percolato;
- realizzazione di opere per la gestione delle acque meteoriche;
- realizzazione del sistema di copertura superficiale finale;
- realizzazione di nuova viabilità o adeguamento della viabilità esistente, compresi gli spazi necessari alle manovre dei mezzi.

Poiché gli interventi in progetto comportano la trasformazione di una porzione di territorio, sarà necessario garantire che la trasformazione avvenga ad *invarianza idraulica*, ossia in modo tale che non si verifichi un aggravio della portata del corpo idrico ricevente i deflussi originati dall'area stessa.

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	14 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

D CRITERI PER IL DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE E DEGLI INTERVENTI

D.1 SISTEMA DI GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE

Il sistema di gestione delle acque meteoriche del II stralcio si differenzia tra la fase di gestione operativa e la fase di gestione post – operativa.

In fase di gestione operativa, il sistema è formato da:

- una canaletta perimetrale al piede del rilevato arginale;
- un sistema di embrici lungo le linee di massima pendenza del rilevato arginale;
- pompe poste all'interno dei pozzi nei settori / sub-settori non interessati dalla coltivazione, che sono idraulicamente separati dai settori in coltivazione, per la captazione delle acque meteoriche che si raccolgono all'interno dell'invaso e che, non essendo venute a contatto con i rifiuti, possono essere rilanciate alla canaletta al piede del rilevato arginale;
- pompe poste all'interno dei pozzi nei settori interessati dalla coltivazione, che essendo venute a contatto con i rifiuti non possono essere smaltite attraverso la canaletta al piede dell'argine ma devono essere inviate ai serbatoi di stoccaggio del percolato.

Le acque raccolte dalla canaletta perimetrale, che non sono venute a contatto con i rifiuti, sono smaltite attraverso il fosso che si sviluppa al bordo della SP12.

In fase di gestione post-operativa, il sistema è formato da:

- una canaletta perimetrale al piede del rilevato arginale;
- tre ordini di embrici, posti sulle scarpate lungo le linee di massima pendenza del rilevato arginale e delle scarpate della copertura superficiale;
- tre ordini di canalette perimetrali sulla copertura superficiale: il primo ordine alla testa della scarpata superiore dell'abbancamento, il secondo ordine alla base della scarpata superiore dell'abbancamento, il terzo ordine alla base della scarpata inferiore dell'abbancamento.
- pompe poste all'interno dei pozzi, collegati ai collettori per il recapito ai serbatoi di stoccaggio del percolato. In fase di gestione post – operativa, poiché l'invaso è dotato di copertura superficiale comprendente un sistema di impermeabilizzazione, tali acque dovrebbero essere generate da filtrazione di acque già presenti all'interno del corpo rifiuti ed essere quindi, quantitativamente, residuali.

Le acque raccolte dalle canalette e dagli embrici sono smaltite attraverso il fosso che si sviluppa al bordo della SP12.

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	15 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Il par. 2.3 dell'Allegato 1 al D. Lgs. 121/20 stabilisce che "Le acque meteoriche devono essere allontanate dal perimetro dell'impianto a mezzo di idonee canalizzazioni dimensionate sulla base delle piogge più intense con tempo di ritorno di almeno 10 anni e incrementate di un ulteriore 30 per cento".

Peraltro, la Direttiva dell'Autorità dei Bacini Romagnoli ha introdotto il principio di invarianza idraulica delle trasformazioni del territorio, in base al quale la trasformazione del territorio non deve provocare un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa. Tale principio, nei territori di pianura, richiede che gli eccessi di portata determinati dalla trasformazione del territorio siano valutati in occorrenza di eventi con tempo di ritorno $T = 200$ anni.

Il rispetto dell'invarianza idraulica presuppone che, insieme con il sistema di gestione delle acque meteoriche descritto in precedenza, sia realizzato un invaso tale da consentire la laminazione del volume eccedente la portata massima scaricabile, che ai fini progettuali viene assunta pari alla portata orientativamente dovuta allo scolo delle acque di pioggia da un terreno coltivato dalle (Allegato A alla deliberazione N. 1/3 del 1° agosto 2013 dell'Autorità di Bacino del Reno):

$$Q_{Umax} = 10 \text{ l/s per ettaro}$$

D.1.1 Dimensionamento delle opere finalizzate al rispetto dell'invarianza idraulica

Gli interventi in progetto riguardano una superficie complessiva di circa 14,9 ha e comportano l'impermeabilizzazione di una parte rilevante di tale superficie. È quindi necessario predisporre un volume di invaso (W) a compensazione delle impermeabilizzazioni. Il volume necessario è calcolato con l'espressione riportata nella Direttiva citata al punto 1 del par. A.2:

$$w = w^o \left(\frac{\phi}{\phi^o} \right)^{(1/(1-n))} - 15 I - w^o P$$

in cui:

$w^o = 50 \text{ m}^3/\text{ha}$ è il volume per ettaro di superficie che rappresenta la capacità di invaso di superfici non urbanizzate;

ϕ = coefficiente di deflusso prima della trasformazione;

ϕ = coefficiente di deflusso dopo la trasformazione;

$n = 0.48$ (esponente della curva di possibilità climatica di durata inferiore all'ora;

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	16 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

I = % dell'area che viene trasformata;

P = % dell'area che viene lasciata inalterata.

Considerando che l'area complessiva dell'intervento corrisponda a quella interna alla recinzione del II stralcio e che l'area impermeabilizzata corrisponda a quella di tutte le superfici che sono impermeabilizzate a seguito del progetto, sostituendo i valori di progetto nell'equazione precedente si ottiene quanto di seguito riportato.

DATI DI PROGETTO

Area complessiva II stralcio	149.270 m ²
Area impermeabilizzata II stralcio	126.814 m ²

STATO PRIMA DELLA TRASFORMAZIONE

14,9	Area totale (ha)
0,0	Area IMP (ha)
14,9	Area P (ha)
0,00	IMP
1,00	P
0,20	ϕ°

STATO DOPO LA TRASFORMAZIONE

14,9	Area totale (ha)
12,7	Area IMP (ha)
2,2	Area P (ha)
0,8	IMP
0,15	P
0,79	ϕ°

I	0,85 (-)
P	0,15
w ^o	50 (m ³ /ha)
n	0,48
w	689,7 (m ³ /ha)
W	10295 m³

Si rappresenta che, nel calcolo, il computo di tali IMP e di P, per semplicità e in via cautelativa, non considera che in fase di gestione del II stralcio, le acque raccolte sulla superficie in coltivazione sono gestite come percolato, riducendo quindi in misura significativa i potenziali apporti al ricettore superficiale, e che durante la gestione post-operativa, dopo la posa del sistema di copertura superficiale, lo strato vegetale in superficie esercita un effetto di riduzione del coefficiente di deflusso, che assumerà un valore compreso tra 0,9 e 0,2. A tal riguardo, nella

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	17 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

letteratura tecnica, per suoli con infiltrazione bassa o con lenti argillose vicine alla superficie (situazione quest'ultima paragonabile al sistema di copertura superficiale) vengono suggeriti valori del coefficiente di deflusso di $0,4 \div 0,5$.

L'invaso per la laminazione in progetto, concettualmente mutuato dalle Linee Guida in Allegato A alla deliberazione N. 1/3 del 1 agosto 2013 dell'Autorità di Bacino del Reno, è schematicamente rappresentato in Figura D-1.

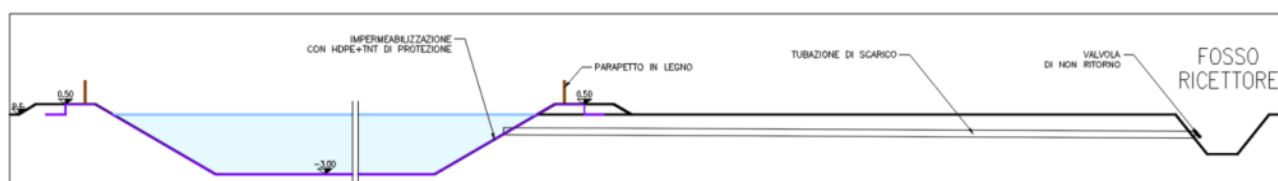


Figura D-1 Rappresentazione schematica dell'opera di laminazione

Nelle condizioni di massimo riempimento di progetto, che prevedono un franco di 0,5 m dalla testa dell'argine, l'invaso ha una capacità complessiva di:

$$V_{\text{tot}} = 33'825 \text{ m}^3$$

Poiché $V_{\text{tot}} \geq W$, l'invaso garantisce il rispetto dell'invarianza idraulica.

Alla capacità di invaso complessiva potranno contribuire anche le canalette poste lungo il perimetro della discarica. Il volume efficace di tali condotte, ossia quello che si può ragionevolmente considerare come utile ai fini dell'invarianza idraulica (70% del volume nominale), è di circa 840 m^3 , che si aggiunge a V_{tot} .

La procedura per il dimensionamento dello scarico del bacino di laminazione richiede la valutazione delle grandezze seguenti:

- Q_{Umin} = portata smaltibile ($\leq Q_{\text{Umax}}$);
- V_e = volume che affluisce nella vasca di laminazione durante la precipitazione di durata pari al tempo di pioggia critico, t_{pc} (dove si pone $t_{\text{pc}} < 72$ ore);
- V_u = volume che affluisce nella vasca di laminazione durante la precipitazione di durata pari al tempo di pioggia critico: $V_u = Q_{\text{Umin}} \cdot t_{\text{pc}}$.

Il volume V_e che affluisce alla vasca di laminazione è valutato con la formula:

$$V_e = \varphi \cdot S_N \cdot a \cdot t_{\text{pc}}^n$$

in cui:

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	18 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

- φ è il coefficiente di afflusso;
- a ed n sono i parametri delle curve di possibilità pluviometrica, che per il Comune di Galliera e per il tempo di ritorno $T = 200$ anni sono forniti nelle Linee Guida citati in precedenza
- S_N è la superficie territoriale al netto delle superfici permeabili destinare a verde compatto che non scolano, direttamente o indirettamente e considerando saturo d'acqua il terreno, nel sistema di gestione delle acque in oggetto;
- $t_{pc} = [Q_{Umin}/(\varphi \cdot S_N \cdot a \cdot n)]^{(1/n-1)}$

D.1.2 Dimensionamento della rete di gestione delle acque meteoriche

La portata critica per il dimensionamento della rete di gestione delle acque meteoriche è ricavata con il modello di trasformazione afflussi – deflussi di corrivazione, noto anche come modello cinematico, con curva area-tempi lineare. Il modello si basa sulla stima del “tempo di corrivazione”, che è definito come il tempo necessario affinché una particella d'acqua raggiunga la sezione di chiusura lungo il percorso idraulicamente più lungo e nell'ipotesi che esso sia una costante del bacino scolante. Se la curva area-tempi è lineare, con il modello cinematico la durata critica dell'evento da considerare nei calcoli è uguale al tempo di corrivazione.

L'espressione per la stima della portata critica è:

$$Q_c = S \cdot 2,78 \cdot \varphi \cdot \varepsilon \cdot i(\theta_c, T)$$

essendo:

- S l'area del bacino scolante;
- il coefficiente di afflusso;
- il coefficiente dipendente dal metodo di trasformazione afflussi – deflussi ($\varepsilon = 1$ con il metodo cinematico);
- $i(\theta_c, T)$ l'intensità media della precipitazione;
- θ_c la durata critica;
- T il tempo di ritorno di progetto.

Il dimensionamento prevede i passaggi seguenti:

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	19 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

1. stima del tempo di corrivazione del bacino sotteso dalla sezione di chiusura della canaletta oggetto del dimensionamento;
2. calcolo della portata raccolta dal bacino scolante (portata critica, Q_c), con la metodologia sopra richiamata;
3. scelta di primo tentativo della sezione della canaletta;
4. calcolo della portata smaltibile dalla canaletta, con la formula di Chézy:

$$Q_d = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

essendo

χ il coefficiente di resistenza;

A la sezione della canaletta;

R il raggio idraulico;

i la pendenza del collettore;

5. verifica che $Q_d < Q_c$.

D.2 SISTEMA DI GESTIONE DEL PERCOLATO

Il sistema di gestione del percolato è dimensionato sulla base dei dati di piovosità dell'area forniti dal portale di ARPAE (<https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/meteo/dati-e-osservazioni>) nel periodo 2001-2024 e sulla base di un bilancio idrologico semplificato, valutato sulla piovosità media mensile del periodo di osservazione e per un anno solare.

Il bilancio idrologico semplificato può essere scritto con la seguente formulazione:

$$L = I + W_R - W_{FC}$$

in cui:

I è l'infiltrazione nel corpo rifiuti;

W_R è il contenuto d'acqua dei rifiuti in ingresso;

W_{FC} è la capacità di campo, ossia la percentuale di acqua che non è libera di muoversi per gravità e quindi viene trattenuta dai rifiuti.

Il bilancio tiene conto che non si hanno perdite d'acqua per formazione di biogas (in quanto i rifiuti sono assimilabili a terreni e non è attesa una produzione significativa di biogas). Inoltre, sempre in favore di sicurezza, il bilancio assume che durante la coltivazione tutta la piovosità efficace possa infiltrarsi all'interno del corpo rifiuti (coefficiente di infiltrazione = 1).

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	20 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

In sostanza si ha produzione di percolato quando se la somma del volume di acqua infiltrato e del volume d'acqua dei rifiuti in ingresso supera la capacità di campo dei rifiuti abbancati.

Con il bilancio idrologico si ricava la produzione media di percolato per ogni mese dell'anno; dividendo la produzione media per il numero di giorni del mese si ottiene la massima produzione giornaliera.

Il volume dei serbatoi di stoccaggio è dimensionato in modo da consentire lo stoccaggio del percolato prodotto in 5 giorni.

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	21 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

E DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLE OPERE IN PROGETTO**E.1 TUBAZIONE DI SCARICO DEL BACINO DI LAMINAZIONE**

Si calcola il diametro interno della tubazione di scarico con la formula riportata nelle Linee Guida in Allegato A alla deliberazione N. 1/3 del 1 agosto 2013 dell'Autorità di Bacino del Reno.

Per tubi rigurgitati (situazione possibile) e di lunghezza superiore a 5 m (situazione comunque effettiva):

$$D = \beta \cdot \left(\frac{Q_{U_{\max}}^2}{\Delta h} \cdot L \right)^{0.1875}$$

in cui:

D è il diametro interno della tubazione;

$\beta = 0,0139$ per tubazioni in materiali plastici

$Q_{U_{\max}}$ è la portata da smaltire, in m³/ora (=10 l/s·13,29 ha = 478,56 m³/h)

Δh è la differenza di livello tra il pelo libero nell'invaso e nel ricettore, in m (=0,2 m)

L è la lunghezza della tubazione, in m (L=34,6 m)

Si ottiene quindi:

Superficie oggetto di trasformazione	149.270 m ²
Superficie oggetto di trasformazione	14,9 ha
Q_{umax}	10 l/s*ha
Q _{dmax}	149,3 l/s
Q _{dmax}	537,37 m ³ /h
Lunghezza tubazione di scarico	34,6 m
Δh	0,2 m
β	0,0139
Diametro tubazione	0,39 m

E.2 RETE DI GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE

Come anticipato, la rete di raccolta e allontanamento delle acque meteoriche è dimensionata il più possibile in coerenza con l'invarianza idraulica e quindi utilizzando i parametri delle curve di possibilità pluviometrica che sono forniti per un tempo di ritorno tale da determinare una portata di progetto da smaltire dello stesso ordine di quella ricavata per la vasca di laminazione. Come si

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	22 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

vedrà, assumendo i valori dei parametri che vengono forniti con $T = 30$ anni, quindi superiori a quelli previsti dal D. Lgs. 121/20, si ottiene comunque un valore della portata di afflusso superiore a quelli stimati per la vasca di laminazione.

La metodologia di calcolo è quella riportata al par. D.1.2, con le ipotesi di seguito descritte.

Il tempo di corrivazione, per ciascun sottobacino e per l'intero bacino rappresentato dalla discarica, è ricavato con la formula di Ventura (1905):

$$t_c = 0.127 \cdot \text{radq}(A/p)$$

in cui A è la superficie del bacino in km^2 e p è la pendenza media.

Come specificato nella “Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica” a cura dell’Autorità di Bacino del Fiume Po, nessuna delle formulazioni disponibili nella letteratura tecnica è esente da critiche; pertanto, conviene riferirsi a formulazioni più semplici possibile.

Il valore del coefficiente di deflusso, sempre facendo riferimento alla direttiva appena citata, è assunto uguale a:

- $c = 0,2$ (valore medio raccomandato per suoli argillosi a pendenza media ($2 \div 7\%$) per le piogge che si raccolgono sulla porzione sommitale, la cui pendenza di progetto è del 3% ;
- $c = 0,3$ (valore medio raccomandato per suoli argillosi a pendenza elevata (7%) per le piogge che si raccolgono sulle scarpate.

Il coefficiente di resistenza (χ) è ottenuto con la formulazione di Gauckler – Strickler:

$$\chi = k_s \cdot R(h)^{1/6}$$

In cui al coefficiente k_s si assegna il valore di 90, considerato che la rete sarà costituita da canalette prefabbricate in cls.

Si rimanda alla direttiva citata e ai testi specialistici¹ per eventuali approfondimenti in merito alle ipotesi adottate e alla metodologia di calcolo.

I valori dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica sono quelli forniti nelle “Linee Guida per la progettazione dei sistemi di raccolta delle acque piovane per il controllo degli apporti nelle reti idrografiche di pianura” per il Comune di Galliera per il tempo di ritorno $T = 30$ anni:

$$a = 43,3 \text{ mm/h}$$

$$n = 0,2122$$

¹ Ad es.: Becciu, G. e Paoletti, A (2010). “Fondamenti di Costruzioni Idrauliche”. UTET ed.

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	23 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Si precisa che per tempi di corrivazione inferiore all'ora si adotterà il valore dell'esponente:

$$n = 0,48$$

La rete di raccolta e allontanamento delle acque meteoriche in copertura è schematicamente mostrata nella Figura E-1 ed è formata, come accennato in precedenza, da:

- una canaletta perimetrale al piede del rilevato arginale;
- tre ordini di embrici, posti sulle scarpate lungo le linee di massima pendenza del rilevato arginale e delle scarpate della copertura superficiale;
- tre ordini di canalette perimetrali sulla copertura superficiale: il primo ordine alla testa della scarpata superiore dell'abbancamento, il secondo ordine alla base della scarpata superiore dell'abbancamento, il terzo ordine alla base della scarpata inferiore dell'abbancamento.

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	24 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

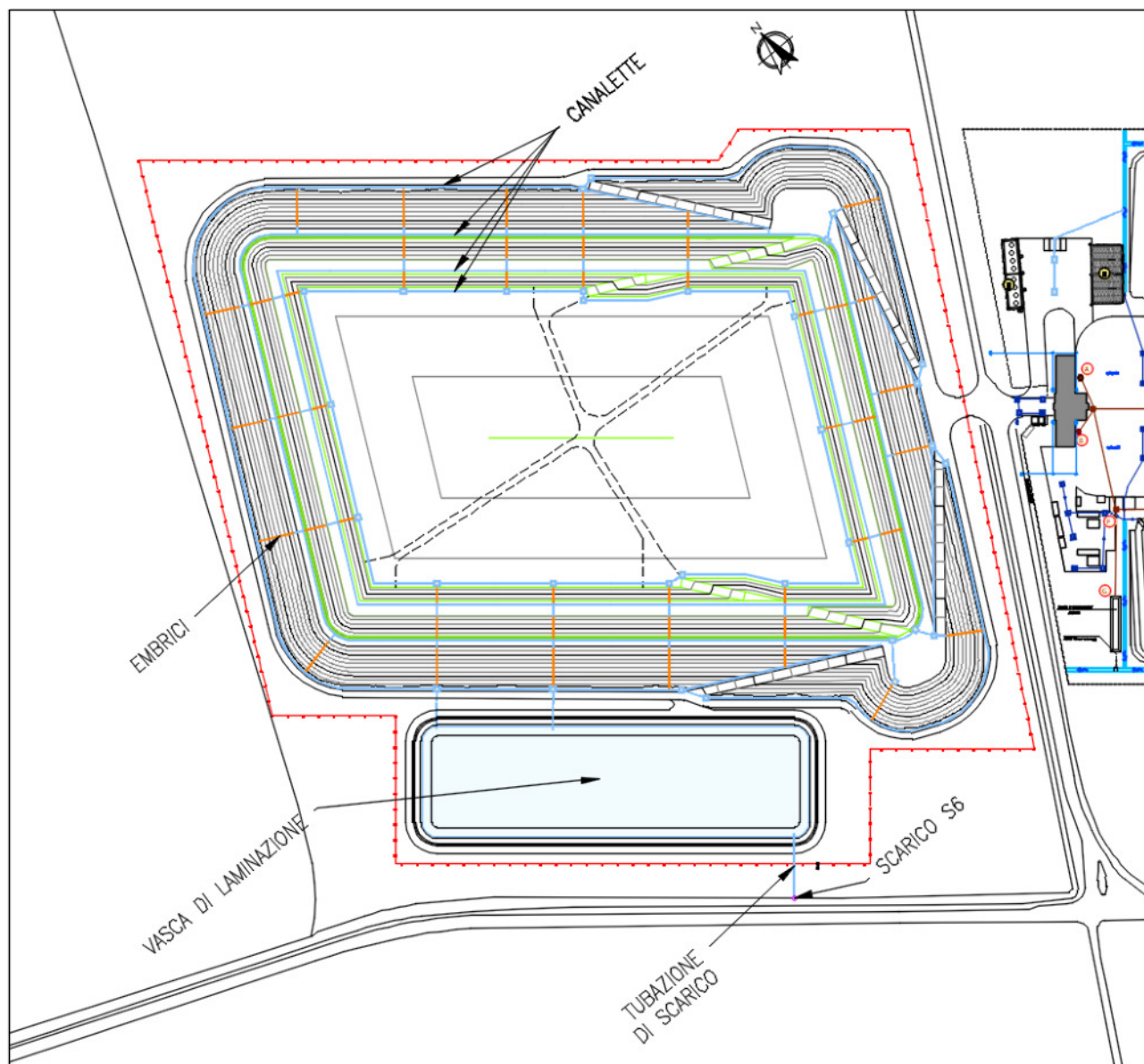


Figura E-1 Planimetria con schema di canalizzazioni per l'allontanamento delle acque meteoriche

Si riportano nei tabulati seguenti:

- il calcolo delle portate critiche affluenti a ciascun ordine di embrici / canalette (q_c);
- la verifica delle sezioni delle canalette in progetto;
- la verifica della velocità di scorrimento negli embrici con le portate effettive.

Si ipotizzano:

- per le canalizzazioni perimetrali sul corpo dell'abbancamento, canalette prefabbricate a sezione rettangolare in cls dimensione interna 30x30 cm e pendenza 0,25%;

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	25 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

- per gli embrici, sezione tipica dimensioni interne $B = 37,5 \text{ cm}$ / $H = 12 \text{ cm}$ e pendenza pari a quella della scarpata;
- per la canaletta perimetrale al piede dell'abbancamento, canalette prefabbricate a sezione rettangolare in cls dimensione interna $0,85 \text{ m} \times 0,85 \text{ m}$ e pendenza $0,15\%$.

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	26 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Tabulati di calcolo delle portate critiche affluenti a ciascun ordine di embrici / canalette

1° ORDINE		
Sb (sup. totale)	m ²	41.215 Superficie sottesa
n embrici	cad	14
Sa-b	m ²	2.944
H _m	m s.l.m.	27,765 Altitudine media del bacino
H ₀	m s.l.m.	26,53 Altitudine minima
H ₁	m s.l.m.	29 Altitudine massima
L	km	0,08382 percorso idraulicamente più lungo
A	km ²	0,04122
P	-	0,02947 Pendenza media del bacino
t _c	h	0,15 Formula di Ventura
c	-	0,20
Q _c	m ³ /s	0,27 Portata totale
q _c	m ³ /s	0,02 Portata afferente al singolo embrice
2° ORDINE		
Sb (sup. totale)	m ²	10.631 Superficie sottesa
n embrici	cad	14
Sa-b	m ²	759
H _m	m s.l.m.	24,9 Altitudine media del bacino
H ₀	m s.l.m.	23,27 Altitudine minima
H ₁	m s.l.m.	26,53 Altitudine massima
L	km	0,00822 percorso idraulicamente più lungo
A	km ²	0,01063
P	-	0,39659 Pendenza media del bacino
t _c	h	0,02 Formula di Ventura
c	-	0,30
Q _c	m ³ /s	0,29 Portata totale
q _c	m ³ /s	0,02 Portata afferente al singolo embrice
3° ORDINE		
Sb (sup. totale)	m ²	19.714 Superficie sottesa
n embrici	cad	14
Sa-b	m ²	1.408
H _m	m s.l.m.	20,135 Altitudine media del bacino
H ₀	m s.l.m.	17 Altitudine minima
H ₁	m s.l.m.	23,27 Altitudine massima
L	km	0,02326 percorso idraulicamente più lungo
A	km ²	0,01971
P	-	0,26956 Pendenza media del bacino
t _c	h	0,03 Formula di Ventura
c	-	0,30
Q _c	m ³ /s	0,41 Portata totale
q _c	m ³ /s	0,03 Portata afferente al singolo embrice
CANALETTA AL PIEDE		
Sb (sup. totale)	m ²	106.847 Superficie sottesa
H _m	m s.l.m.	18,25 Altitudine media del bacino
H ₀	m s.l.m.	7,5 Altitudine minima
H ₁	m s.l.m.	29 Altitudine massima
L	km	0,14643 percorso idraulicamente più lungo
A	km ²	0,10685
P	-	0,14683 Pendenza media del bacino
t _c	h	0,11 Formula di Ventura
c	-	0,26
Q _c	m ³ /s	1,08 Portata totale

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	27 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Tabulati di calcolo delle verifiche delle sezioni idrauliche

VERIFICHE CANALETTE						
PERIMETRALE 1° ORDINE	EMBRICE 1° ORDINE	PERIMETRALE 2° ORDINE	EMBRICE 2° ORDINE	PERIMETRALE 3° ORDINE	EMBRICE 3° ORDINE	CANALETTA AL PIEDE
q _c 0,010	q _c 0,019	q _c 0,010	q _c 0,040	q _c 0,015	q _c 0,069	Q _c 1,076
i 0,0025	i 0,43	i 0,0025	i 0,40	i 0,0025	i 0,40	i 0,0015
Riemp. 1	Riemp. 1	Riemp. 1	Riemp. 1	Riemp. 1	Riemp. 1	Riemp. 1
k _s 90	k _s 90	k _s 90	k _s 90	k _s 90	k _s 90	k _s 90
B (mm) 300	B (mm) 375	B (mm) 300	B (mm) 375	B (mm) 300	B (mm) 375	B (mm) 850
h (mm) 300	h (mm) 120	h (mm) 300	h (mm) 120	h (mm) 300	h (mm) 120	h (mm) 850
h _r (mm) 300	h _r (mm) 120	h _r (mm) 300	h _r (mm) 120	h _r (mm) 300	h _r (mm) 120	h _r (mm) 850
A (mm ²) 90000	A (mm ²) 45000	A (mm ²) 90000	A (mm ²) 45000	A (mm ²) 90000	A (mm ²) 45000	A (mm ²) 722500
A (m ²) 0,09	A (m ²) 0,045	A (m ²) 0,09	A (m ²) 0,045	A (m ²) 0,09	A (m ²) 0,045	A (m ²) 0,7225
P (mm) 900	P (mm) 615	P (mm) 900	P (mm) 615	P (mm) 900	P (mm) 615	P (mm) 2550
P (m) 0,900	P (m) 0,615	P (m) 0,900	P (m) 0,615	P (m) 0,900	P (m) 0,615	P (m) 2,550
R (m) 0,1	R (m) 0,07317	R (m) 0,1	R (m) 0,07317	R (m) 0,1	R (m) 0,07317	R (m) 0,28333
χ 61,3	χ 58,2	χ 61,3	χ 58,2	χ 61,3	χ 58,2	χ 72,9
v _r (m/s) 0,97	v _r (m/s) 10,32	v _r (m/s) 0,97	v _r (m/s) 9,98	v _r (m/s) 0,97	v _r (m/s) 9,98	v _r (m/s) 1,50
Q _d (m ³ /s) 0,087	Q _d (m ³ /s) 0,465	Q _d (m ³ /s) 0,087	Q _d (m ³ /s) 0,449	Q _d (m ³ /s) 0,087	Q _d (m ³ /s) 0,449	Q _d (m ³ /s) 1,086

Tabulati di calcolo delle verifiche delle velocità di scorrimento

EMBRICE 1° ORDINE	EMBRICE 2° ORDINE	EMBRICE 3° ORDINE
q _c 0,019	q _c 0,040	q _c 0,069
i 0,43	i 0,40	i 0,40
Riemp. 1	Riemp. 1	Riemp. 1
k _s 90	k _s 90	k _s 90
B (mm) 375	B (mm) 375	B (mm) 375
h (mm) 15,0673	h (mm) 24,5353	h (mm) 34,444
h _r (mm) 15,0673	h _r (mm) 24,5353	h _r (mm) 34,444
A (mm ²) 5650,25	A (mm ²) 9200,74	A (mm ²) 12916,5
A (m ²) 0,00565	A (m ²) 0,0092	A (m ²) 0,01292
P (mm) 405,135	P (mm) 424,071	P (mm) 443,888
P (m) 0,405	P (m) 0,424	P (m) 0,444
R (m) 0,01395	R (m) 0,0217	R (m) 0,0291
χ 44,2	χ 47,5	χ 49,9
v _r (m/s) 3,42	v _r (m/s) 4,44	v _r (m/s) 5,39
q _d (m ³ /s) 0,019	q _d (m ³ /s) 0,041	q _d (m ³ /s) 0,070

Le velocità di scorrimento negli embrici, con l'effettiva portata di progetto, resta compresa tra 3,4 e 5,4 m/s.

Poiché con le sezioni e le pendenze ipotizzate si è ottenuto che la portata di progetto, Q_d, è superiore alla portata critica, Q_c, le sezioni sono verificate.

E.3 SISTEMA DI GESTIONE DEL PERCOLATO

E.3.1 Il bilancio idrologico della discarica

Il bilancio idrologico tradotto dall'equazione descritta al par. D.2 viene sviluppato per la sola fase di coltivazione, in quanto, a copertura definitiva messa in opera, la produzione di percolato diminuirà progressivamente nel tempo.

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	28 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

L'elaborazione dei dati di piovosità, per l'intervallo temporale considerato, è sintetizzata nella Tabella E.1 seguente.

Tabella E.1 Precipitazioni mensili registrate nel periodo 2001-2024

	PRECIPITAZIONI MENSILI (mm)																								
MESE	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	MEDIA
Gennaio	48,1	5,0	40,0	59,3	16,8	16,8	8,4	38,0	58,9	49,1	23,7	8,8	81,8	50,1	13,2	40,0	3,7	5,2	38,4	28,4	41,3	28,3	56,3	61,7	56,9
Febbraio	11,1	10,9	9,9	120,2	23,9	20,4	29,1	9,0	17,0	87,0	17,0	20,1	17,4	80,1	104,4	110,9	120,2	21,1	2,2	7,4	10,0	14,0	12,2	17,7	17,7
Marzo	49,4	3,0	49,0	33,5	25,8	29,5	41,5	53,5	86,4	86,7	8,0	13,5	41,4	75,7	81,3	3,1	87,2	9,0	20,5	2,7	30,5	36,5	58,5	49,0	49,0
Aprile	39,4	54,5	19,2	34,8	87,7	10,7	5,2	12,5	97,3	49,3	14,0	29,5	59,5	58,0	67,8	30,4	23,3	12,5	67,9	14,9	46,2	12,7	21,2	40,4	17,1
Maggio	58,8	83,1	32,7	50,2	54,4	54,3	41,3	70,3	18,4	111,3	30,0	86,5	56,1	40,8	87,8	104,8	59,0	84,8	155,8	23,0	76,7	52,5	258,1	86,7	79,4
Giugno	20,0	42,4	41,0	87,5	19,9	10,0	10,4	122,4	10,1	126,0	14,1	17,2	20,7	24,1	67,0	39,9	24,0	30,0	13,0	10,2	1,4	23,9	10,8	10,0	40,9
Luglio	53,4	107,5	21,0	59,1	56,7	8,7	2,8	48,8	33,8	13,2	46,4	10,9	10,3	37,4	0,0	8,6	15,7	34,3	36,8	58,4	59,2	10,7	29,5	39,1	36,7
Agosto	10,9	87,1	8,7	27,1	54,5	57,4	29,8	29,2	7,0	129,5	4,9	1,9	10,2	10,0	50,2	46,0	17,5	10,9	20,0	10,5	14,0	127,9	14,9	12,0	40,0
Settembre	18,8	29,5	17,8	47,8	84,0	76,0	50,9	53,3	52,2	47,7	27,1	113,9	21,1	84,8	46,4	41,9	117,2	16,3	50,8	39,8	33,4	40,4	37,3	33,4	59,1
Ottobre	9,0	62,5	87,4	82,7	176,5	7,9	24,0	24,0	24,1	79,7	49,4	87,0	110,2	29,0	82,4	82,4	20,0	82,0	40,0	54,2	12,0	1,7	100,2	106,9	59,2
Novembre	53,9	29,4	159,7	10,5	100,5	33,4	18,3	150,1	80,1	119,5	31,2	80,5	81,8	81,8	58,8	84,4	139,8	81,8	209,0	10,5	80,0	59,7	46,9	11,3	76,1
Dicembre	1,2	131,8	131,4	131,4	131,4	131,4	131,4	131,4	131,4	131,4	131,4	131,4	131,4	131,4	131,4	131,4	131,4	131,4	131,4	131,4	131,4	131,4	131,4	131,4	131,4
TOTALE ANNUO	346,8	700,9	687,1	868,1	750,4	407,1	432,7	700,2	629,4	871,2	412,6	640,1	748,4	740,9	624,3	770,6	630,7	726,7	706,0	647,3	396,7	668,0	700,0	824,1	637,3

La determinazione dell'infiltrazione è basata sulle ipotesi seguenti:

- in un'area caratterizzata da suoli poco potenti o del tutto assenti, l'infiltrazione efficace è legata alle precipitazioni efficaci;
- le precipitazioni efficaci (Q), sono ricavate sottraendo alla piovosità totale (P) la quota parte di evapotraspirazione reale (E_r):

$$Q = P - E_r$$

- poiché esiste una relazione di dipendenza tra la temperatura media e la piovosità, per calcolare il potere evaporante dell'atmosfera (L) e da questo il tasso di evaporazione reale (E_r), occorre calcolare le temperature corrette in funzione della piovosità, mediante la formula:

$$T_c = (\sum P_i \cdot T_i) / \sum P_i$$

- il potere evaporante dell'atmosfera è valutato con l'espressione (Turc, 1954):

$$L = 300 + 25 \cdot T_c + 0,05 \cdot T_c^3$$

- il tasso di evaporazione reale è calcolato con l'espressione (Turc, 1954):

$$E_r = P / \text{rad} [0,9 + (P^2 / L^2)]$$

- il coefficiente di infiltrazione è assunto pari ad 1, come si è detto al par. D.2.

Si è quindi proceduto a calcolare le temperature medie mensili corrette in funzione della piovosità (Tabella E.2).

Tabella E.2 Temperature mensili registrate nel periodo 2001-2024

	TEMPERATURE MEDIE MENSILI (mm)																								
	ANNO																								
MESE	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	MEDIA
Gennaio	3,6	0,6	2,1	2,2	1,3	0,7	5,4	4,4	2,0	1,3	2,1	0,9	2,8	5,7	3,5	3,1	0,4	4,8	1,4	3,5	2,6	2,7	6,2	3,7	2,8
Febbraio	4,7	6,1	2,2	3,8	2,1	3,8	6,7	4,6	4,8	4,4	0,3	2,6	7,8	4,8	7,0	6,1	3,2	5,6	7,1	7,2	6,1	5,8	8,6	5,0	5,0
Marzo	10,3	10,4	9,3	7,9	8,2	7,6	9,9	8,8	9,1	8,1	8,8	11,0	7,2	10,5	9,1	9,3	11,2	7,1	8,8	8,9	8,8	7,7	11,1	11,5	9,2
Aprile	11,2	12,8	11,9	13,1	12,2	13,6	15,9	12,4	14,1	13,5	15,1	12,6	13,5	14,6	13,3	14,3	13,9	15,3	13,0	13,5	11,5	12,2	12,7	14,0	13,3
Maggio	18,8	18,2	20,1	16,5	18,7	17,8	19,6	17,5	20,4	17,8	19,0	17,3	18,5	17,5	18,2	17,1	18,3	18,9	14,9	18,5	17,2	20,2	17,8	18,0	18,1
Giugno	20,9	23,2	26,1	22,0	22,5	22,1	22,3	21,8	22,2	22,0	22,3	23,9	21,5	22,4	22,4	21,6	24,2	22,8	24,7	21,8	23,9	25,3	23,0	22,8	22,8
Luglio	23,8	23,4	26,0	24,0	24,1	26,1	26,0	24,4	24,9	25,6	25,8	26,1	25,2	22,5	27,0	25,1	24,9	25,5	25,8	25,1	24,1	25,2	27,4	26,4	27,0
Agosto	24,7	22,7	28,0	24,3	21,5	21,7	23,2	24,8	25,6	23,2	25,7	26,6	24,3	22,2	24,5	22,9	25,6	25,2	25,1	24,8	24,1	25,5	25,4	26,8	24,5
Settembre	16,9	18,2	19,0	19,5	19,8	20,6	18,4	18,5	20,7	18,5	22,3	19,7	20,1	18,9	19,5	20,5	17,7	20,9	19,7	20,5	20,5	20,1	22,1	20,5	19,7
Ottobre	16,4	14,4	12,6	16,0	13,7	15,6	13,3	15,7	13,6	12,7	13,2	14,5	15,0	15,8	13,6	13,0	14,0	15,6	15,8	13,6	13,5	17,9	17,8	16,7	14,8
Novembre	6,4	11,3	9,7	8,3	7,2	8,9	6,5	9,2	8,8	9,4	7,0	9,7	9,3	11,3	8,2	8,6	7,4	10,4	10,1	8,8	9,4	10,2	8,8	8,0	8,9
Dicembre	0,5	5,4	4,5	4,6	2,0	5,0	2,3	3,9	2,5	1,2	3,3	1,3	3,4	5,4	4,1	2,7	2,5	2,6	5,2	5,7	3,5	6,6	5,9	4,0	3,7
MINIMO	0,5	0,6	2,1	2,2	1,3	0,7	2,3	3,9	2,0	1,2	2,1	0,3	2,6	5,4	3,5	2,7	0,4	2,6	1,4	3,5	2,6	2,7	5,8	3,7	2,8
MAXIMO	24,7	23,4	28,0	24,3	24,1	26,1	25,0	24,8	25,6	25,8	25,7	26,6	25,2	22,5	27,0	25,1	25,6	25,3	25,1	24,8	25,2	27,4	26,4	27,0	25,1
MEDIA ANNO	13,2	13,9	14,3	14,3	13,6	14,0	13,8	14,2	13,2	13,9	13,6	13,4	14,5	14,0	13,8	13,8	14,3	14,2	14,2	13,9	15,1	15,3	15,1	15,1	14,1

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	29 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Da queste, si è proceduto a valutare la precipitazione efficace (Tabella E.3).

Tabella E.3 Calcolo delle precipitazioni efficaci mensili

MESE	$\Sigma Pi \cdot Ti$	ΣPi	Tc	L	Er	Q (tot)	Q (mensile)
Gennaio	2738,3	861,2	3,2	381,1	351,4	509,8	21,2
Febbraio	6288,4	1241,4	5,1	433,1	411,2	830,2	34,6
Marzo	10372,3	1176,7	8,8	554,6	506,3	670,4	27,9
Aprile	16004,8	1225,6	13,1	737,8	640,7	584,9	24,4
Maggio	31668,0	1785,2	17,7	1022,6	898,5	886,7	36,9
Giugno	26496,8	1173,8	22,6	1439,5	938,3	235,5	9,8
Luglio	20312,1	832,7	24,4	1635,6	773,4	59,3	2,5
Agosto	27937,1	1162,8	24,0	1594,1	971,7	191,1	8,0
Settembre	24488,0	1250,8	19,6	1164,7	872,9	377,9	15,7
Ottobre	22735,1	1564,8	14,5	816,6	731,8	833,0	34,7
Novembre	16735,2	1826,2	9,2	567,6	544,4	1281,8	53,4
Dicembre	5016,1	1193,1	4,2	408,8	388,8	804,3	33,5

I dati sopra riportati sono inseriti nel bilancio idrologico, che considera l'anno generico con tasso medio di conferimento di progetto.

I dati utilizzati per formulare il bilancio idrologico, tenuto conto dei flussi e delle caratteristiche dei rifiuti che saranno conferiti, sono i seguenti:

- superficie esposta = 10'000 m²;
- conferimenti mensili = 8333,3 ton (100'000 t/anno / 12 mesi /anno);
- densità dei rifiuti = 1,7 t/m³;
- contenuto d'acqua dei rifiuti = 34,6% (tiene conto dei contenuti d'acqua tipici delle diverse tipologie di rifiuti e delle percentuali delle diverse tipologie);
- capacità di campo dei rifiuti = 25%.

Tabella E.4 Bilancio idrologico

	P (mm)	M rifiuti (t)	V rifiuti (m ³)	M secca rifiuti (t)	M _w (t)	FC (t)	W _{FC} (m ³)	W _R +W _F +W _T (m ³)	W _I (m ³)	Perc (m ³)
Gennaio	21,2	8333,3	4780,7	6191,2	2142,1	1547,8	1547,8	2142,1	212,4	806,8
Febbraio	34,6	8333,3	4780,7	6191,2	2142,1	1547,8	1547,8	2142,1	345,9	940,3
Marzo	27,9	8333,3	4780,7	6191,2	2142,1	1547,8	1547,8	2142,1	279,3	873,7
Aprile	24,4	8333,3	4780,7	6191,2	2142,1	1547,8	1547,8	2142,1	243,7	838,1
Maggio	36,9	8333,3	4780,7	6191,2	2142,1	1547,8	1547,8	2142,1	369,5	963,8
Giugno	9,8	8333,3	4780,7	6191,2	2142,1	1547,8	1547,8	2142,1	98,1	692,5
Luglio	2,5	8333,3	4780,7	6191,2	2142,1	1547,8	1547,8	2142,1	24,7	619,1
Agosto	8,0	8333,3	4780,7	6191,2	2142,1	1547,8	1547,8	2142,1	79,6	674,0
Settembre	15,7	8333,3	4780,7	6191,2	2142,1	1547,8	1547,8	2142,1	157,5	751,8
Ottobre	34,7	8333,3	4780,7	6191,2	2142,1	1547,8	1547,8	2142,1	347,1	941,4
Novembre	53,4	8333,3	4780,7	6191,2	2142,1	1547,8	1547,8	2142,1	534,1	1128,4
Dicembre	33,5	8333,3	4780,7	6191,2	2142,1	1547,8	1547,8	2142,1	335,1	929,5

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	30 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Il bilancio, e quindi la produzione di percolato (riportato nella colonna "Perc" in *Tabella E.3*), è stimata nell'ipotesi che un solo settore sia aperto (superficie esposta all'atmosfera pari a circa 10'000 m²).

E.3.2 Valutazione del volume di stoccaggio

A partire dal dato medio mensile valutato per il singolo settore, si stima il volume minimo dei serbatoi di stoccaggio come volume sufficiente per sopperire alla produzione media di 5 giorni.

Si evidenzia che, poiché il percolato è estratto mediante pompaggio e non per gravità, in situazioni di emergenza (produzione superiore alla capacità di stoccaggio, indisponibilità temporanea dell'impianto di trattamento a ricevere il percolato stoccato, etc.) si può interrompere temporaneamente il pompaggio e lasciare, fino a quando l'emergenza non sia terminata, che il percolato possa essere stoccato all'interno del cumulo dei rifiuti.

Ad 1 m di percolato sul fondo (superficie complessiva circa 58'550 m²), considerando una porosità del 25% e la completa saturazione degli strati di fondo, corrisponde una capacità complessiva teorica di 14'637 m³ (volume dei vuoti) ossia, per ciascun settore, di oltre 2'000 m³.

Ciò premesso, il progetto prevede la predisposizione di n. 8 serbatoi di stoccaggio del percolato da 80 m³ ciascuno, per un volume totale a disposizione di 640 m³.

La produzione media mensile massima si verifica nel mese di novembre ed è di circa 1'128 m³.

Si ricava quindi, relativamente ad un settore di coltivazione aperto:

- produzione giornaliera massima = $1'128 \text{ m}^3 / 30 \text{ g} = 37,6 \text{ m}^3/\text{g}$
- volume minimo di stoccaggio (5 giorni) = $5 \text{ g} \times 37,6 \text{ m}^3/\text{g} = 188,1 \text{ m}^3$.

Per minimizzare la produzione di percolato, si prevede durante la fase 1 (coltivazione fino a testa argine) di coprire con protezione provvisoria i settori in cui la coltivazione è temporaneamente sospesa. Durante la Fase 2, invece si prevede di coltivare impegnando il 50% della superficie complessiva e lasciando coperta con copertura provvisoria la restante parte. La superficie esposta (a testa argine) sarebbe pari in queste condizioni a $67'838 \text{ m}^2 / 2 = 33'919 \text{ m}^2$, ossia 3,4 volte la superficie considerata nel bilancio idrologico. Si ottiene quindi che il volume di stoccaggio da garantire è $V = 639,5 \text{ m}^3$, che è ancora inferiore al volume a disposizione, senza tenere conto della possibilità eventuale di accumulare temporaneamente il percolato sul fondo.

E.3.3 Sistema di drenaggio del percolato

Le linee principali di drenaggio del percolato saranno costituite da tubazioni macrofessurate DE 400 mm alloggiate all'interno di un bauletto di materiale inerte drenante a bassa componente

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	31 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

calcarea. Tali linee, poste in asse a ciascun settore, hanno pendenza di 1,5% verso il pozzo di captazione. In fase costruttiva viene assegnata alle linee una pendenza maggiore di quella di progetto, in modo da tenere conto del cedimento differenziale che si svilupperà progressivamente con il procedere della coltivazione.

Le linee secondarie, disposte a spina di pesce rispetto alle linee principali, sono costituite da tubazioni macrofessurate DE 200 mm collocate sulle falde laterali, a cui è assegnata pendenza di progetto del 2%.

E.3.4 Sistema di estrazione e convogliamento del percolato

In ogni settore, la tubazione che rappresenta il collettore principale confluisce nel pozzo obliquo addossato alla scarpata dell'argine perimetrale; il collegamento tra questa e il pozzo è realizzato mediante un pezzo speciale in acciaio. Il pozzo è costituito da una tubazione in acciaio zincato DN 1000 mm con tratti fessurati alternati a tratti ciechi e dotati di una fondazione in calcestruzzo armato di dimensioni pari a circa 4,0x3,0x0,7 m, con la funzione di camicia per la protezione meccanica da schiacciamento della tubazione interna dello slope riser, anch'essa fessurata e realizzata in HDPE.

All'interno di ciascun pozzo è installata una pompa sommersa per il sollevamento del percolato fino alla quota di testa pozzo attraverso una tubazione in HDPE PE 80.

Il percolato sollevato, contabilizzato mediante misuratore di portata installato sulla linea, è recapitato alla base dell'argine; da qui, per mezzo di tubazioni interrate in HDPE dello stesso diametro (DE 75mm) protette da una tubazione in PE corrugato DE 250, attraverso innesti con valvole di non ritorno e valvole a saracinesca, è raccolto in un collettore (percolatodotto) costituito da una tubazione in HDPE DE 250 alloggiato all'interno di una tubazione camicia anch'essa in HDPE DE 315 mm), dal quale viene inviato alla stazione di sollevamento posta al piede del parco serbatoi in progetto, presso l'area impiantistica all'interno del perimetro della discarica esistente in gestione post operativa. Dalla stazione di sollevamento il percolato viene rilanciato mediante pompe ai serbatoi di stoccaggio. I serbatoi sono dotati di prese di carico per l'allaccio delle autocisterne per l'invio su gomma agli impianti di trattamento finale.

Lungo il percolatodotto, a controllo della tenuta del sistema di tubazioni, sono previsti pozzetti di ispezione di linea con sistema di tenuta per controllare eventuali perdite delle tubazioni.

Il percolato estratto è inviato al parco serbatoi in progetto, che sarà collocato al margine del piazzale di servizio nell'area in gestione post operativa. Il parco serbatoi è dimensionato per accumulare la produzione attesa in una settimana con adeguato margine di sicurezza, in modo da tenere conto di possibili picchi di produzione, legati a condizioni meteorologiche particolari.

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	32 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Il parco è costituito da 8 serbatoi ad asse verticale in vetroresina da 80 m³ ciascuno, per una capacità complessiva di 640 m³; indicativamente, quindi, i serbatoi avranno diametro 3,5 m e altezza complessiva fuori terra di circa 9,5 m. I serbatoi saranno contenuti in un bacino in c.a. il cui volume interno, al netto dei serbatoi, sia pari almeno al più grande tra il volume di un singolo serbatoio e 1/3 della capacità complessiva dei serbatoi contenuti.

Così come per la scarica in fase di gestione post operativa, il percolato sarà poi avviato, mediante trasporto su gomma, ad idoneo impianto di trattamento.

DS 03 BO VA 01 D1 RI 04.00	Relazione idraulica e idrologica	00	30/04/2025	33 di 33
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	