



COMUNE DI LODI
SISTEMA DI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE
IN VIA PIERMARINI CIVICO 8 - LODI



RELAZIONE TECNICA

Il Tecnico:

Timbro e firma

Dott. Ing. Massimo Bigatti
viale Italia, 57

26900 Lodi (LO)

Tel: 0371/536206

E-Mail: bigatti.massimo@gmail.com



REVISIONE

DATA

NOTE

00

24/09/2026

01

13/10/2026

02

03

INDICE

1.	PREMESSA.....	3
2.	STATO DI FATTO	4
3.	STATO DI PROGETTO	8
4.	CALCOLI IDRAULICI.....	9
4.1	DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI	9
4.2	PORTATE MASSIME SCARICABILI.....	10
4.3	DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO	10
4.4	DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI LAMINAZIONE E INFILTRAZIONE	13
4.5	CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA	16
4.6	TEMPO DI SVUOTAMENTO	16
4.7	DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI INVARIANZA	17
4.8	VERIFICA DEL SISTEMA DI INVARIANZA	18

ELABORATI GRAFICI ALLEGATI:

- Planimetria sistema di smaltimento acque meteoriche

1. PREMESSA

La presente relazione riguarda le opere di smaltimento delle acque meteoriche previste in via Piermarini nel tratto dinanzi ai condomini dei civici 6/8. Tale intervento risulta necessario e funzionale al corretto funzionamento del sistema di smaltimento delle acque meteoriche previsto nel progetto esecutivo appaltato e attualmente in corso di realizzazione per il nuovo parcheggio posto in fregio a Via Piermarini, in corrispondenza del Centro Natatorio Comunale.

La via Piermarini risulta infatti sprovvista di un adeguato sistema di raccolta e smaltimento, che causa allagamenti durante eventi meteorici significativi. Le caratteristiche del terreno dell'area verde ovest non consentono infatti un efficace drenaggio delle acque meteoriche in caso di eventi rilevanti.

Al fine di consentire una corretta gestione delle acque meteoriche delle aree sopra citate, l'intervento di dotare via Piermarini di un adeguato sistema di smaltimento dovrà necessariamente essere esteso almeno al tratto compreso tra via Tiziano Zalli e l'edificio del Centro Natatorio, per una lunghezza complessiva di circa 300 m. Nella presente trattazione l'intervento viene limitato al tratto prospiciente i condomini dei civici 6/8 di via Piermarini per una lunghezza di circa 85 m.



Figura 1: tratto via Piermarini da via Zalli all'edificio del Centro Natatorio

La soluzione progettuale individuata prevede la realizzazione di una trincea d'infiltrazione, con una tubazione forata ed un collegamento al ramo della Roggia Cassinetta, nei limiti previsti dal regolamento regionale n.7/2017. Tale connessione alla Roggia Cassinetta è da intendersi come soluzione temporanea, in attesa dello sviluppo del progetto esteso di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche di via Piermarini, dove saranno valutati recapiti alternativi.

2. STATO DI FATTO

L'area oggetto di intervento, a sud-est del Comune di Lodi, è individuata nelle figure seguenti:



Figura 2 Comune di Lodi – Individuazione area in oggetto

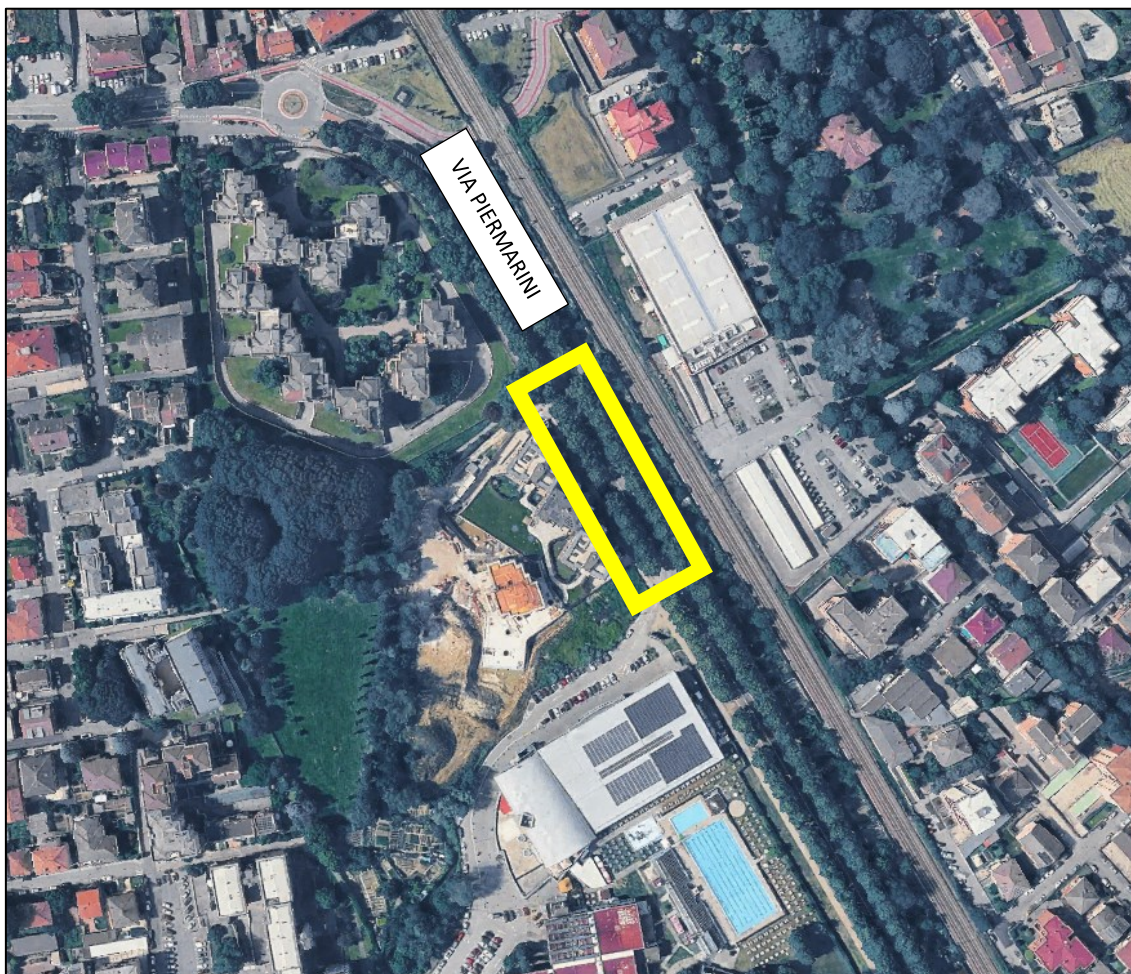


Figura 3: via Piermarini: individuazione area in oggetto

La via Piermarini rappresenta un'arteria rilevante della viabilità per il Comune di Lodi poiché collega il centro storico all'area sportiva (piscina, palestra, campi sportivi e Palazzetto dello sport).

La sezione tipo di via Piermarini è composta da una strada a due corsie interposta tra due aree verdi alberate e due piste ciclopedonali. A lato della pista ciclopedonale est si trovano i binari della ferrovia, mentre in adiacenza al marciapiede ovest, a circa 200 m dall'ingresso nella via, sono presenti i due condomini oggetto della presente trattazione.



Figura 4: sezione via Piermarini

Si fa notare che lo stato di fatto dell'area verde ovest evidenzia la presenza di alcuni sottoservizi esistenti (rete gas e teleriscaldamento), oltre al filare di alberi. Tali sottoservizi vincolano notevolmente la scelta progettuale e la posizione dell'opera di invarianza da realizzare:

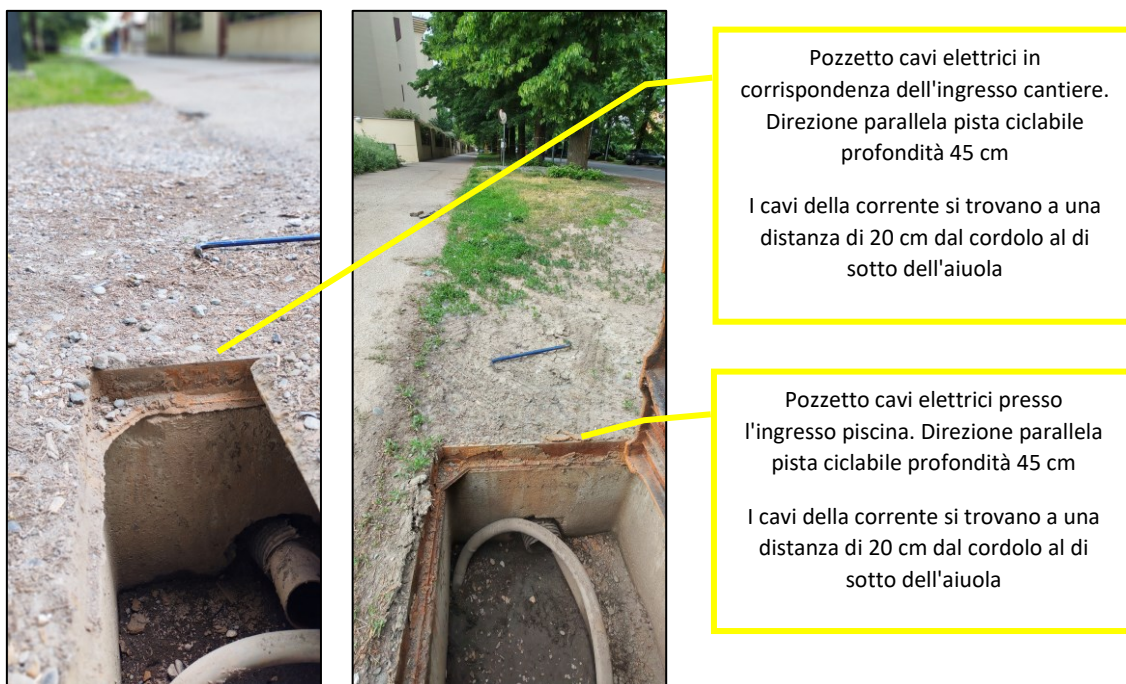


Figura 5: Sottoservizi via Piermarini

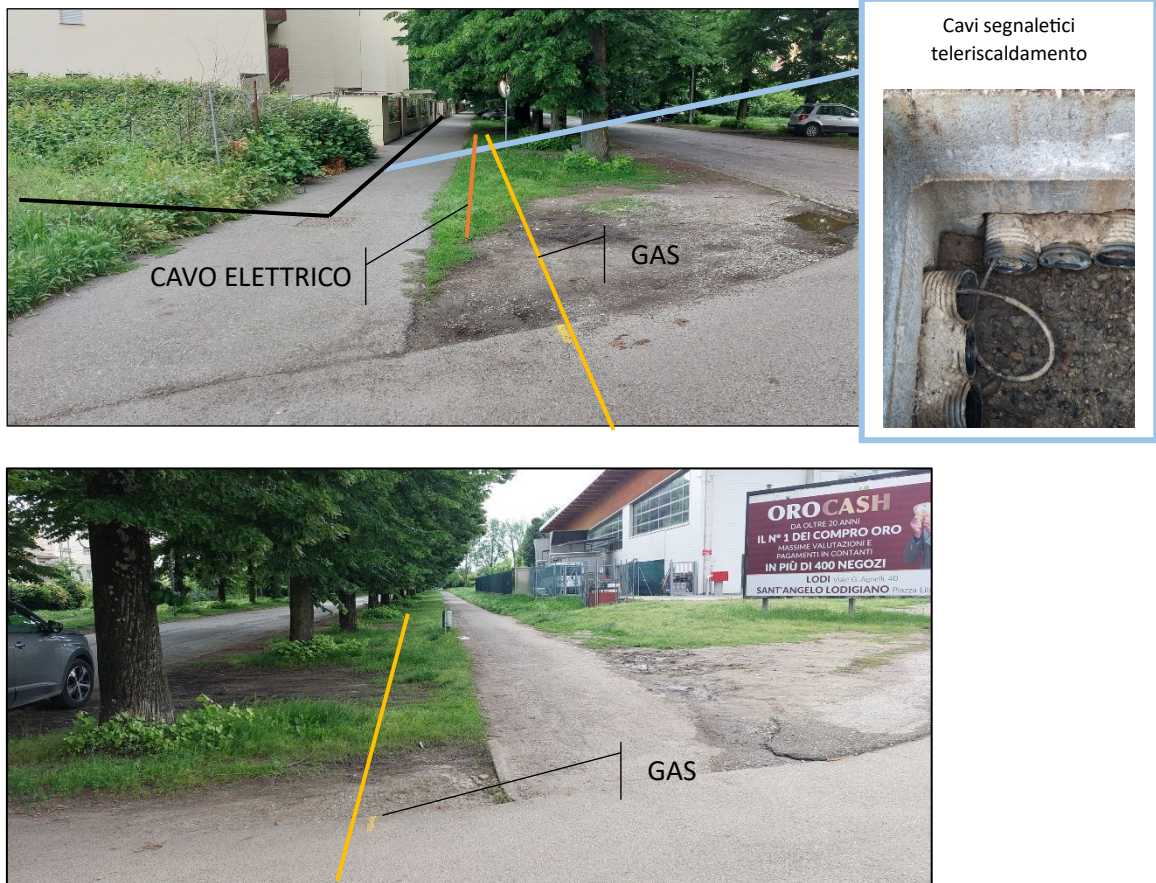


Figura 6: Sottoservizi via Piermarini

3. STATO DI PROGETTO

Il progetto prevede di realizzare un sistema di smaltimento delle acque meteoriche secondo i criteri di invarianza idraulica e idrologica con il minor impatto, sfruttando l'area verde di fronte ai condomini ed evitando opere stradali che coinvolgano la viabilità e la pista ciclabile.

La soluzione individuata è la realizzazione, nell'area verde, di una trincea drenante in ghiaia a sezione rettangolare cm 75x145 di lunghezza 85 m, con tubazione drenante interna DN250, in grado di laminare e far infiltrare le acque meteoriche che insistono sull'area verde e sulla pista ciclabile.

La tubazione drenante viene poi intercettata a valle da un pozzetto con paratoia regolabile. Da qui ha origine una seconda tubazione DN160 che recapita, con i limiti imposti dal R.R. 7/2017 e s.m.i., le acque meteoriche nella Roggia esistente che scorre perpendicolarmente a via Piermarini:



Figura 7: Roggia Cassinetta, attraversamento perpendicolare a via Piermarini

Le verifiche del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica vengono condotte conformemente al R.R. 7/2017 di Regione Lombardia come integrato e modificato dal R.R. 8/2019 e dal R.R. 3/2025 e normative correlate. Nello specifico verranno adottati i metodi di calcolo in essa richiamati.

I calcoli sono stati impostati a partire dalle seguenti condizioni, condivise con la committenza:

- Tempo di Ritorno utilizzato per sistema di laminazione e infiltrazione $T_r = 50$ anni;
- Valori di riferimento della permeabilità del terreno **pari a $4,01E-7$ m/s** desunti dalla relazione geologica del gennaio 2024 a firma del Dott. Geol. Marco Belloni n.355 Ordine dei Geologi della Lombardia redatta nell'ambito della progettazione del nuovo parcheggio del Centro Natatorio comunale.

4. CALCOLI IDRAULICI

4.1 DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI

Individuazione dell'area

Comune di Lodi Provincia Lodi
 Livello di criticità Area B - criticità media
 Classe dell'intervento 2 - Impermeabilizz. potenziale media

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ
Area 1 pista ciclabile	Area impermeabile	297,0	1,00
Area 2 verde	Area permeabile	467,0	0,30
Area 3 trincea	Area infiltrazione	68,0	0,70

Superficie totale 832,0 m² Coefficiente afflusso medio ponderale ϕ_m 0,583

4.2 PORTATE MASSIME SCARICABILI

Per quanto attiene alle portate massime scaricabili, il R.R. 7/2017 e s.m.i. prevede il seguente valore:

$$Q_{umax} = u_{lim} \cdot \varphi_m \cdot A$$

Q_{umax} [l/s]: portata massima in uscita dall'invaso

A [ha]: area totale dell'intervento

φ_m [-]: coefficiente di afflusso medio ponderale

u_{lim} [l/(s · ha_{imp})]: portata massima scaricabile specifica per unità d'area impermeabile

I valori massimi scaricabili ammissibili definiti dal Regolamento Regionale per ciascun ambito, sono:

- Aree A: $u_{lim} = 10$ [l/s per ettaro di superficie interessata dall'intervento]
- Aree B: $u_{lim} = 20$ [l/s per ettaro di superficie interessata dall'intervento]
- Aree C: $u_{lim} = 20$ [l/s per ettaro di superficie interessata dall'intervento]

Nel caso specifico $Q_{umax} = 1,7$ l/s.

4.3 DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO

La curva di possibilità pluviometrica è stata elaborata sulla base dei dati messi a disposizione da ARPA in funzione del Tempo di ritorno TR (tempo medio intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore ad un valore di assegnata intensità).

I parametri utilizzati per determinare le linee segnalatrici di probabilità pluviometrica sono riferiti all'area del Comune di Lodi (LO).

Il calcolo delle portate di pioggia è stato condotto con riferimento ad una curva di possibilità climatica di tipo monomia $h = a t^n$, che lega alla durata t (in ore) l'altezza di pioggia h (in mm) con assegnato Tempo di Ritorno.

Il tempo di ritorno utilizzato per il calcolo delle portate di dimensionamento del sistema di laminazione e infiltrazione è stato assunto un tempo di ritorno di 50 anni.

La curva di possibilità pluviometrica espressa nella forma

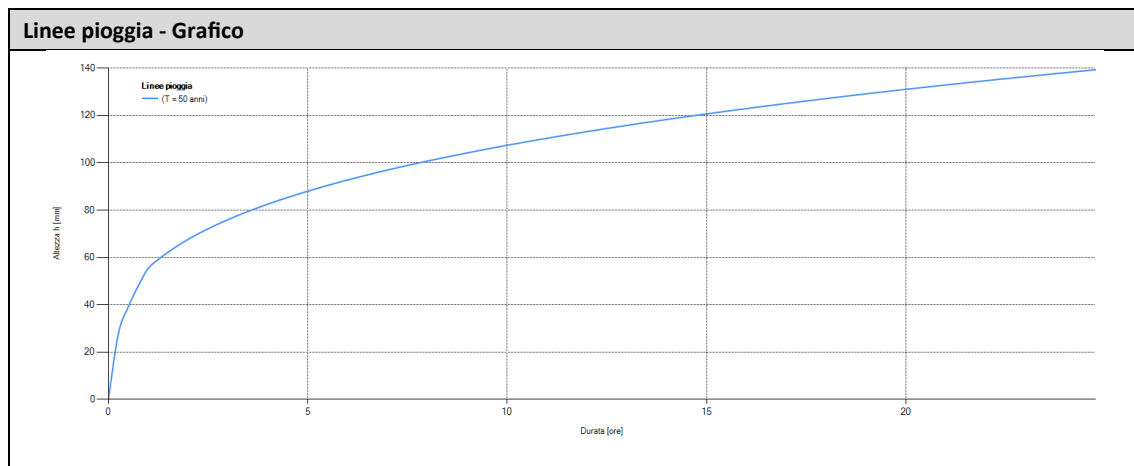
$$h = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\langle 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\rangle$$

in cui h è l'altezza di pioggia, D è la durata, a è il coefficiente pluviometrico orario, wT è il coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno T , n è l'esponente della curva (parametro di scala), α , ϵ , k sono i parametri delle leggi probabilistiche GEV.

I parametri della curva $h = a t^n$ (dove h è l'altezza di pioggia in mm, t è la durata dell'evento in ore), sono riportati nelle seguenti tabelle in funzione dei tempi di ritorno:

	TR = 50 anni
a (mm/h)	55,46
n	0,2871



Curva di possibilità pluviometrica $Tr = 50$ anni

Linee pioggia - Risultati tabellari	
Durata [ore]	(T= 50 anni) h [mm]
0	0,00
1	55,46
2	67,68
3	76,03
4	82,58
5	88,04
6	92,77
7	96,97
8	100,76
9	104,22
10	107,42
11	110,40
12	113,20
13	115,83
14	118,32
15	120,69
16	122,94
17	125,10
18	127,17
19	129,16
20	131,08
21	132,93
22	134,71
23	136,44
24	138,12

4.4 DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI LAMINAZIONE E INFILTRAZIONE

Al fine di ottemperare alle verifiche di invarianza idraulica e/o idrologica richieste dal R.R. 7/2007 e s.m.i. si prevede di adottare il Metodo delle sole piogge, come indicato nella Tabella 1 del R.R.:

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$\leq 0,01 \text{ ha } (\leq 100 \text{ mq})$	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	$da > 0,01 \text{ a } \leq 0,1 \text{ ha } (\leq 1.000 \text{ mq})$	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	$da > 0,01 \text{ a } \leq 0,1 \text{ ha } (\leq 1.000 \text{ mq})$	$> 0,4$	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11, comma 2, lettera d) Procedura dettagliata (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		$da > 0,1 \text{ a } \leq 1 \text{ ha } (da > 1.000 \text{ a } \leq 10.000 \text{ mq})$	qualsiasi		
		$da > 1 \text{ a } \leq 10 \text{ ha } (da > 10.000 \text{ a } \leq 100.000 \text{ mq})$	$\leq 0,4$		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	$da > 1 \text{ a } \leq 10 \text{ ha } (da > 10.000 \text{ a } \leq 100.000 \text{ mq})$	$> 0,4$		
		$> 10 \text{ ha } (> 100.000 \text{ mq})$	qualsiasi		

Metodo delle sole piogge

Il metodo delle sole piogge si basa sul confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti, ipotizzando che sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi, considerando costante la portata uscente ed andando a massimizzare il volume accumulato.

Nello specifico la portata media entrante viene calcolata come segue:

$$Q_e = 2,78 \cdot a \cdot \varphi_m \cdot D^{n-1} \cdot A$$

Q_e [l/s]: portata media entrante

φ_m [-]: coefficiente di deflusso medio ponderale

A [ha]: area totale interessata dall'intervento

a [mm/oraⁿ]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

D [ore]: durata della precipitazione

Conseguentemente il volume entrate W_e [m³] è pari a:

$$W_e = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^n \cdot A$$

Il volume uscente W_u [m³], essendo ipotizzata costante la portata uscente pari alla massima Q_{umax} [l/s], ha la seguente formulazione:

$$W_u = 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D$$

Pertanto, il volume invasato ad ogni durata D [ore] è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D$$

Attraverso semplici passaggi matematici, derivando l'equazione sopra, si ottiene il valore della durata critica della precipitazione (D_w) ed il conseguente volume critico dell'invaso (W_0):

$$D_w = \left(\frac{Q_{umax}}{2,78 \cdot \varphi \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$$

D_w [ore]: durata critica d'invaso

Q_{umax} [l/s]: portata uscente massima

W_0 [m³]: volume di laminazione

a [mm/oraⁿ]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

n [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

A [ha]: area totale interessata dall'intervento

φ_m [-]: coefficiente di deflusso medio ponderale

Si osservi che il parametro n (esponente della curva di possibilità pluviometrica) da utilizzare nelle equazioni precedenti dovrà essere congruente con la durata D_w , tenendo conto che il valore di n è generalmente diverso per le durate inferiori all'ora, per le durate tra 1 e 24 ore e per le durate maggiori di 24 ore.

Adottando valori di n valevoli per durate superiori ad un'ora si deve ottenere un valore di durata D_w superiore all'ora. Se così non fosse, si deve adottare un valore di n , valevole per durate inferiori ad un'ora e calcolare la conseguente durata.

Qualora il risultato ottenuto in questa seconda ipotesi, fosse superiore ad un'ora significa che ci si trova nel punto in cui cambiano i valori di n , ovvero un'ora, e si adotta tale valore.

Calcolo portata infiltrata

La portata media infiltrata, considerata come costante, viene calcolata adottando la formula di Darcy.

$$Q_{inf} = K_{calc} \cdot i \cdot A_f$$

Q_{inf} [m³/s]: portata infiltrata

K_{calc} [m/s]: coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine

i [m/m]: gradiente idraulico

A_f [m²]: superficie d'infiltrazione di calcolo

Si considera che l'infiltrazione avvenga sia alla base del manufatto sia attraverso le pareti.

L'area di infiltrazione viene calcolata considerando un'altezza del tirante idrico medio pari alla metà dell'altezza del manufatto ed un conseguente fronte di infiltrazione pari a ad ¼ dell'altezza delle pareti.

$$b_{inf} = b + \frac{H}{4} + \frac{H}{4}$$

$$A_f = b_{inf} \cdot L + b \cdot \frac{H}{2}$$

b_{inf} [m]: larghezza infiltrazione di calcolo

b [m]: larghezza del manufatto

H [m]: altezza del manufatto

L [m]: lunghezza del manufatto

Nel calcolo del processo di infiltrazione vengono adottati valori cautelativi dei coefficienti di permeabilità del terreno idonei a rappresentare le reali condizioni di permeabilità a lungo termine.

La stima del coefficiente di permeabilità di calcolo viene condotto sulla base della stima del coefficiente di permeabilità in condizioni sature a cui viene applicato un coefficiente correttivo per tenere conto delle condizioni reali in cui avviene il fenomeno dell'infiltrazione. Si applica la seguente relazione.

$$K_{calc} = F_r \cdot K_{sat}$$

K_{calc} [m/s]: coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine

K_{sat} [m/s]: coefficiente di permeabilità in condizioni sature

F_r [-]: fattore correttivo per tenere conto delle condizioni reali di infiltrazione

$$W_0 = \max_i(W_i)$$

4.5 CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA

La portata massima scaricata viene calcolata in base alle formule precedenti avendo assunto il battente idrico pari al suo massimo valore all'interno dell'invaso.

Nel caso si adottino più metodi di calcolo contemporaneamente si adotterà il valore maggiore di questi.

Per i metodi semplificati il battente idrico massimo H si calcola con la seguente relazione:

$$H = \frac{W}{A_{inv}}$$

$W [m^3]$: volume invasato

$A_{inv} [m^2]$: area in pianta dell'invaso

4.6 TEMPO DI SVUOTAMENTO

Il tempo di svuotamento $T_{sv} [s]$ viene calcolato con la seguente.

$$T_{sv} = \frac{W}{Q_{inf} + Q_u}$$

$W [m^3]$: volume invasato massimo

$Q_{inf} [m^3/s]$: portata infiltrata

$Q_u [m^3/s]$: portata scaricata

Nel caso di sistemi di scarico o di infiltrazione a portata variabile si adotta il valore medio della portata infiltrata e/o scaricata durante il periodo di svuotamento.

Il tempo di svuotamento dell'invaso non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile. Qualora non si riesca a rispettare il termine di 48 ore, ovvero qualora il volume calcolato sia realizzato all'interno di aree che prevedono anche volumi aventi altre finalità, il volume complessivo deve essere calcolato tenendo conto che dopo 48 ore deve comunque essere disponibile il volume calcolato. Il volume di laminazione calcolato deve quindi essere incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore. Per considerare l'eventualità che una seconda precipitazione possa avvenire in condizioni di parziale pre-riempimento degli invasi, nonostante si sia rispettato nella progettazione, il progetto valuta il rischio sui beni insediati e prevede misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni stessi in funzione della tipologia degli invasi e della locale situazione morfologica e insediativa.

4.7 DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI INVARIANZA

CARATTERISTICHE GENERALI

Comune di Lodi Provincia Lodi
 Livello di criticità Area B - criticità media

Metodi di calcolo adottati
Metodo delle sole piogge

Portata massima scaricabile
Portata massima scaricabile 20,00 l/(s*ha)
Origine del vincolo di portata: .

Definizione aree			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Deflusso ϕ
Area 1 pista ciclabile	Area impermeabile	297,0	1,00
Area 2 verde	Area permeabile	467,0	0,30
Area 3 trincea	Area infiltrazione	68,0	0,70

Sup. totale intervento 832,0 m² Coeff. deflusso medio ponderale ϕ_m 0,5826

Metodo delle sole piogge			
Durata critica	D_w	1,43	ore
Volume invaso minimo	W_0	21,22	m ³
$D_w = \left(\frac{1000 \cdot Q_{umax}}{2,78 \cdot \phi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$ $W_0 = 10 \cdot \phi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$			

4.8 VERIFICA DEL SISTEMA DI INVARIANZA

DIMENSIONI TRINCEA DRENANTE	
DIAMETRO TUBO TRINCEA (m)	0,25
n° tubi forati	1,00
Permeabilità k (m/s)	4,01E-07
grad idraulico i (m/m)	1
sezione	rettangolare
porosità	0,40
Largh. Base inf. B [m]	0,75
Lungh. [m]	85,0
Altezza utile h [m]	1,45
Superficie infiltrazione (m ²)	63,8
Volume max invasabile (m ³)	39

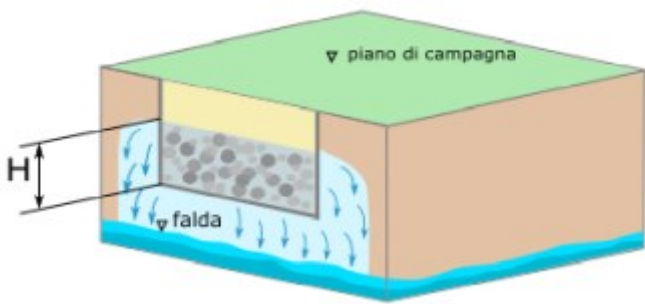
Volume utile progetto	W_N	39	m³
Volume di calcolo Metodo dettagliato	W.calc	22	m³

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Volume utile invaso	W	39	≥	22	m ³	Positiva

La volumetria utile di progetto risulta cautelativamente sovradimensionata rispetto al volume di calcolo per tener conto del progressivo intasamento degli interstizi della trincea di infiltrazione.

Il valore di permeabilità del terreno assunto nei calcoli è pari a 4,01E-7 m/s valore desunto dalla relazione geologica del gennaio 2024 a firma del Dott. Geol. Marco Belloni n.355 Ordine dei Geologi della Lombardia.

Ai fini di calcolo la portata infiltrata è stata stimata tramite la legge di Darcy riportata in precedenza.

Sistema di scarico equivalente			
Tipologia di svuotamento		Trincea di infiltrazione	
			
Coeff. permeabilità satura	K_{sat}	0,04	$m/s * 10^{-5}$
Fattore riduttivo permeabilità	F_r	1,00	
Coeff. permeabilità di calcolo	K_{calc}	0,04	$m/s * 10^{-5}$
Area di infiltrazione	A_f	68,00	m^2
Indice dei vuoti	I_v	0,40	
Portata infiltrata	Q_{inf}	0,03	l/s
Portata limite scaricata	Q_{scar}	2,3	l/s
Portata totale	Q	2,4	l/s

La portata di infiltrazione viene considerata costante, potendo trascurare l'effetto della sua variazione in funzione del tirante idrico.

VERIFICA DEL GRADO DI SICUREZZA TR100			
Superficie impermeabile totale intervento	S	0,08	ha
Volume di invaso (metodo sole piogge) TR50	W_{TR50}	22	m^3
Volume di invaso (metodo sole piogge) TR100	W_{TR100}	25	m^3
Volume di progetto	Wp	39	m^3

Ai fini della verifica del grado di sicurezza, come risulta dalla tabella sopra riportata, il volume di invaso associato ad un tempo di ritorno di 100 anni, risulta essere di $25 m^3$. Tale volume risulta essere inferiore al volume di progetto

Pertanto la verifica a Tr100 anni risulta soddisfatta.

* * *