



di Sacchi T. & C. Via Molino 54/A 27010 San Zenone Po (Pv)
Tel. 0382 79293 - 3472289493 E-mail. info@studiogeologicogheos.it
C.F. e P:IVA 01753420189. Reg.Imp.7727/1998 Codice Univoco: WY7PJ6K
www.studiogeologicogheos.it

Comune di Villanova del Sillaro
Via della Vittoria, 1
26818 Villanova del Sillaro (LO)

Relazione sul rispetto dell'invarianza idrologica-idraulica
per la realizzazione del progetto "Wellness VP4: Giardino
delle essenze e percorso benessere"

CIG: Z713B8849A

Giugno 2023

• RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.Lgs.n. 152/2006 - *“Testo unico ambientale”*;
- L.R. n. 26/2003 - *“Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche”*;
- R.R. n. 3/2006 - *“Disciplina e regime autorizzatorio degli scarichi di acque reflue domestiche e di reti fognarie”*;
- R.R. n.4/2006 - *“Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne”*;
- R.R. n.7/2017 R.R. n.8/2019 - *“Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica e idrologica”*.

• PREMESSE

Le presente relazione è stata commissionata al fine di perseguire il rispetto del principio d’invarianza idrologica-idraulica, parte integrante della documentazione tecnica di progetto, relativa alla rete di smaltimento delle sole acque meteoriche insistenti su un’area destinata alla realizzazione di un percorso benessere.



IMMAGINE SATELLITARE CON INDICAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO: IN GIALLO È INDICATA LA SUPERFICIE COPERTA, MENTRE IN VIOLA È INDICATA LA SUPERFICIE SEMIPERMEABILE (CAMMINAMENTI)

Il progetto prevede la realizzazione di un sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche di dilavamento tramite infiltrazione negli strati superficiali del sottosuolo.

Le aree verdi presenti nell’intorno dei fabbricati non saranno dotate di specifica rete di drenaggio ma verranno comunque considerate nell’analisi idrologica (trasformazione afflussi-deflussi) così come indicato dalla normativa.

Sulla scorta della relazione geologica redatta a supporto del progetto di nuova edificazione, a cura dello studio geologico GHEOS s.a.s. di Sacchi T. & C., e a firma del Dott. Geol. Sacchi Tommaso, è stato possibile definire le caratteristiche di permeabilità locale del terreno e la soggiacenza minima della falda.

Ai fini della verifica sul rispetto del “**principio di invarianza idraulica e idrologica**” ai sensi del R.R. n.7/2017 R.R. n.8/2019 (approvato con D.G.R. n. X/7372 del 20/11/2017), la presente relazione tecnica conterrà:

- Una descrizione della soluzione progettuale di invarianza idraulica e idrologica e delle corrispondenti opere di raccolta, convogliamento, invaso, infiltrazione e scarico costituenti il sistema di drenaggio delle acque pluviali fino al punto terminale di scarico nel ricettore o di disperdimento nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo;
- Il calcolo delle precipitazioni di progetto;
- Il calcolo del processo di infiltrazione nelle aree e strutture a ciò destinate e relativi dimensionamenti;
- Il calcolo del processo di laminazione negli invasi a ciò destinati e relativi dimensionamenti;
- Il calcolo del tempo di svuotamento degli invasi di laminazione;
- Il calcolo del volume di laminazione;
- I calcoli e relativi dimensionamenti di tutte le componenti del sistema di drenaggio delle acque pluviali fino al punto terminale di scarico;
- Il dimensionamento del sistema di scarico terminale, qualora necessario, nel ricettore, nel rispetto dei requisiti ammissibili dal regolamento.

Inoltre saranno compresi:

- Documentazione progettuale completa di planimetrie e profili in scala adeguata, sezioni, particolari costruttivi;
- Piano di manutenzione ordinaria e straordinaria dell'intero sistema di opere di invarianza idraulica e idrologica e di recapito nei ricettori secondo le disposizioni dell'articolo 13;
- Asseverazione del professionista in merito alla conformità del progetto ai contenuti del presente regolamento, redatta secondo il modello di cui all'allegato E.

• AREA D'INTERVENTO

La superficie interessata dall'intervento (“superficie scolante dell'intervento”) di nuova costruzione di fabbricati residenziali risulta pari a $S_{TOT} = 3437.37 \text{ m}^2$ (0.343737 ha) di cui:

- Superfici impermeabili: = 984.99 m²;
- Camminamenti in calcestre o autobloccanti: = 906.38 m²;
- Verde pubblico: = 1582.37 m²;

• COEFFICIENTE DI DEFLUSSO MEDIO PONDERALE

Per il calcolo del coefficiente di deflusso medio ponderale dell'area interessata dall'intervento, si fa riferimento ai valori standard proposti dall'art.11 c.2 lett. d del R.R. n.7/2017 R.R. n.8/2019:

Tipo di superficie	S [m ²]	ϕ
Superfici impermeabili	984.99	1
Superfici calpestabili in calcestre o autobloccanti	906.38	0.5
Verde pubblico	1582.37	0
TOTALE (ϕ_p)	3473.74	0.41

Il coefficiente di deflusso medio ponderale per l'area è risultato essere pari a $\phi_p = 0.41$; tali coefficienti non saranno impiegati tuttavia nei calcoli successivi per la stima delle perdite idrologiche nel modello di trasformazione afflussi-deflussi (idrogramma di piena), fatto salvo per le aree verdi sulle quali viene applicata la teoria di Horton. Verranno considerate esclusivamente le superfici impermeabili nella loro interezza e con un coefficiente di deflusso medio ponderale pari a 1.

• CLASSIFICAZIONE INTERVENTO

Ai sensi del R.R. n.7/2017 R.R. n.8/2019 ai fini dell'individuazione delle diverse modalità di calcolo dei volumi da gestire per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica, gli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica sono suddivisi nelle classi di cui alla tabella sottostante, in funzione di:

- Criticità idraulica del Comune;
- Superficie interessata dall'intervento;
- Coefficiente di deflusso medio ponderale;

Il territorio Lombardo è stato suddiviso in 3 ambiti in cui sono stati inseriti i Comuni in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua dei ricettori; il Comune di Villanova del Sillaro è classificato tra i *Comuni a media criticità (B)*.

Entrando con i dati sopra riportati nella "tabella 1" proposta dal R.R. n.7/2017 R.R. n.8/2019 (successiva Fig.3) si arriva a definire la classe d'intervento che può variare da "impermeabilizzazione potenziale qualsiasi" a "impermeabilizzazione potenziale alta".

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO		
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)		
			Aree A, B	Aree C	
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0,4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0,4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	> 0,4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

TABELLA 1" DEL R.R. n.7/2017 R.R. n.8/2019

La classe di intervento è classificata come "Impermeabilizzazione potenziale **media**"; i limiti allo scarico validi per *Comuni a media criticità (B)* sono 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile, e pertanto si avrà:

$$Q_{u,lim} = 20 \text{ l/s} * 0.098499 \text{ (ha)} * (1) = 1.97 \text{ l/s}$$

Quest'ultima $Q_{u,lim}$ sarà la portata massima su cui dimensionare lo scarico finale.

• METODOLOGIE DI CALCOLO

In funzione della classificazione dell'intervento definito, risulta necessario svolgere i dimensionamenti e verifiche dei sistemi di laminazione e smaltimento per infiltrazione delle acque meteoriche mediante il solo "metodo semplificato delle sole piogge"; i risultati saranno poi confrontati con i requisiti minimi da soddisfare ai sensi dell'Art.12 del R.R. n.7/2017 R.R. n.8/2019

Per la procedura sarà necessario definire:

- Evento meteorico di progetto (pioggia critica);
- Durata dell'evento meteorico di progetto (durata critica);
- Dinamica di infiltrazione nei pozzi perdenti (portata d'infiltrazione);
- Tempo di svuotamento dei pozzi drenanti (deflusso volumi accumulati).

• ANALISI IDROLOGICA

Per l'applicazione del metodo delle sole piogge, è necessario definire preliminarmente la "pioggia di progetto", cioè l'evento meteorico di riferimento sul quale sarà applicata la trasformazione di afflussi in deflussi.

In seguito sarà calcolata la "linea segnalatrice di probabilità pluviometrica" (relazione tra le altezze massime e le durate di pioggia per un assegnato valore del tempo di ritorno) dell'area in oggetto.

• CALCOLO LSPP DI PROGETTO

La definizione di linea segnalatrice di possibilità pluviometrica è stata effettuata secondo la procedura proposta da A.R.P.A. Lombardia e riportata sull'allegato "G" del R.R. n.7/2017 R.R. n.8/2019.

Il sito di A.R.P.A. Lombardia (<http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml>) fornisce i parametri della curva di possibilità pluviometrica valida per ogni località della Lombardia; avendo assunto un tempo di ritorno della pioggia di progetto T= 50 anni ai sensi dell'art.11 c.2 lett. a., sono stati ottenuti i seguenti

parametri:



Calcolo della linea segnalatrice 1-24 ore

Località: Villanova del Sillaro
 Coordinate: 45.236103 N - 9.480438 E

Linea segnalatrice

Tempo di ritorno (anni)

Parametri ricavati da: <http://idro.arpalombardia.it>

- A1 - Coefficiente pluviometrico orario 26.35
- N - Coefficiente di scala 0.2896
- GEV - parametro alpha 0.2799
- GEV - parametro kappa -0.0715
- GEV - parametro epsilon 0.8169

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore]

Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

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

$$h = 54.72 * t^{0.2896}$$

Bibliografia ARPA Lombardia:

<http://idro.arpalombardia.it/manual/lspg.pdf>

http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf

Le equazioni così ottenute sono le seguenti:

$$h = a * t^n = *t^{0.2896} \quad \text{per } t \geq 1 \text{ ora}$$

$$h = a * t^n = *t^{0.5000} \quad \text{per } t < 1 \text{ ora}$$

in cui:

h [mm]: altezza di pioggia

t [ore]: durata della pioggia

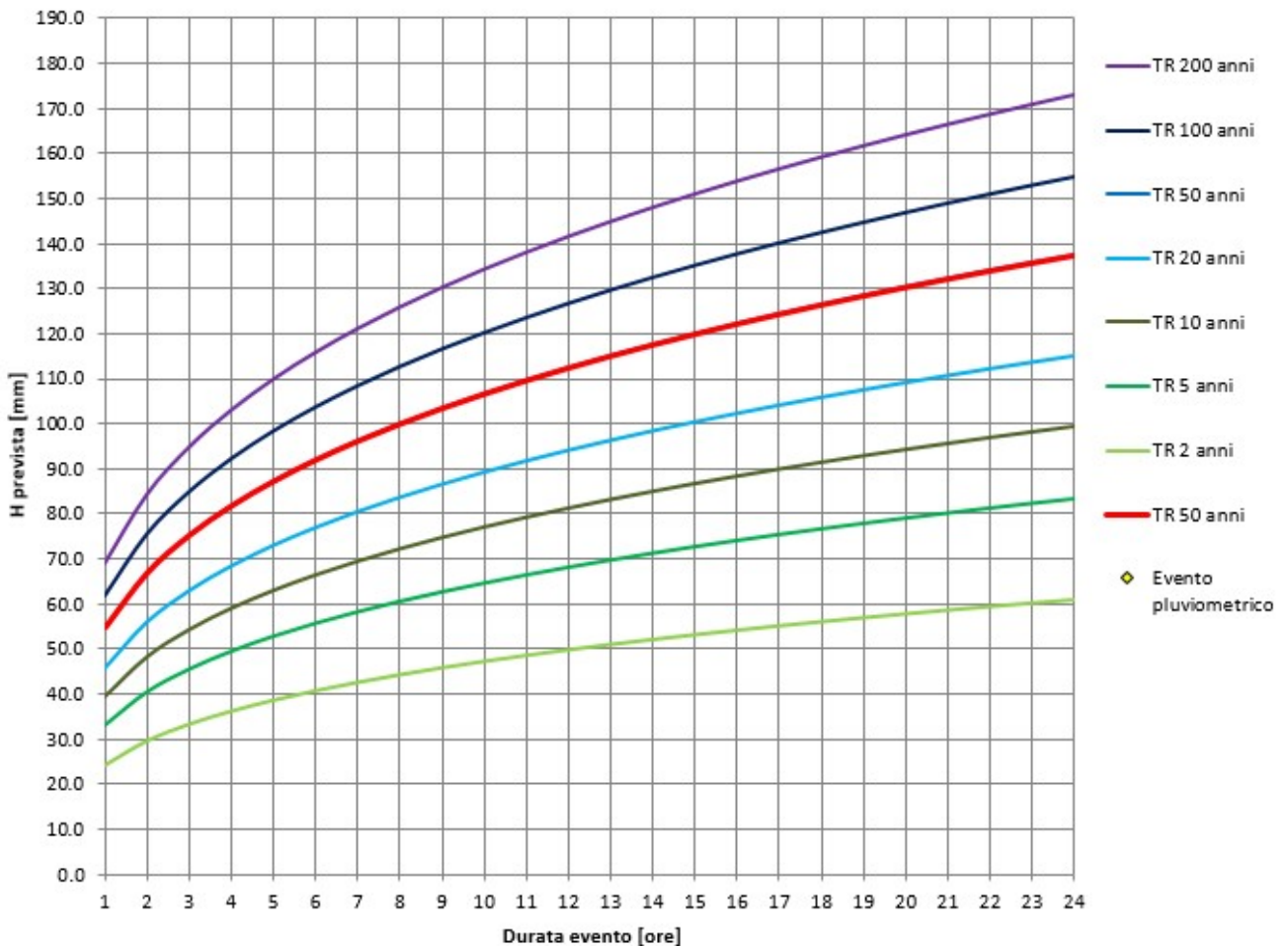
a [mm/oraⁿ]: mm

n [adim]: 0.2896/0.5

T [anni]: 50: tempo di ritorno della precipitazione



Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica



LINEE SEGNALATRICI DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

• STIMA DELL'INFILTRAZIONE

Considerato il sistema di smaltimento ipotizzato, consistente nella dispersione negli strati superficiali del suolo delle acque meteoriche di dilavamento (non soggette a "prima pioggia" ai sensi del R.R. n.4/2006), diventa di notevole importanza la definizione della dinamica d'infiltrazione in quanto fattore limitante alle portate in uscita dal sistema (capacità d'infiltrazione dei terreni naturali molto inferiori alle portate meteoriche critiche), sebbene sia previsto un troppo pieno tarato

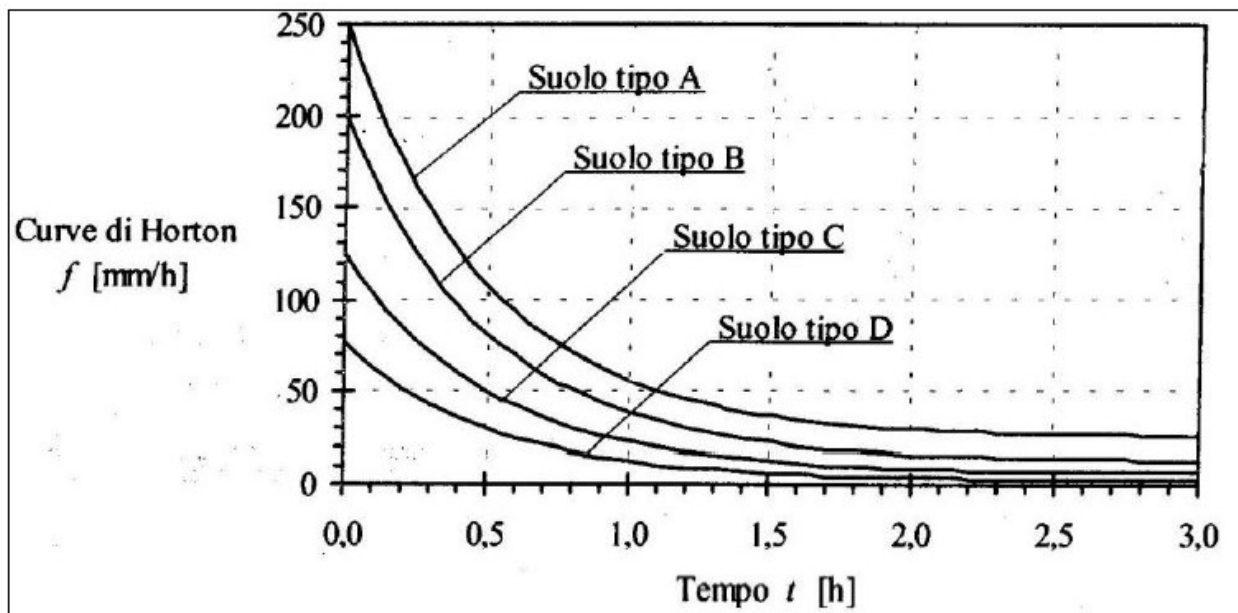
Quale modello descrivente la dinamica d'infiltrazione nel terreno, si adotta la cosiddetta "legge di Horton" che individua una funzione decrescente di tipo esponenziale per rappresentare l'andamento nel tempo dell'infiltrazione $f_p(t)$:

$$f_p(t) = f_c + (f_0 - f_c) * e^{-k*t}$$

Tale legge esponenziale indica che l'infiltrazione decresce da un valore massimo iniziale f_0 , che è legato al tipo di suolo ed al suo stato di imbibizione all'inizio dell'evento, ad un valore minimo asintotico f_c , che eguaglia la conduttività idraulica a saturazione K_s , la quale è legata alle caratteristiche di porosità del terreno, alla stratigrafia del sottosuolo, alla presenza e distanza dalla falda. La rapidità dell'esponenziale, misurata dal parametro k , con cui l'infiltrazione tende al valore asintotico è anch'essa legata al tipo di suolo. L'andamento esponenziale risponde bene all'osservazione sperimentale che mostra come durante il processo d'infiltrazione il suolo sia soggetto ad un progressivo fenomeno di saturazione che limita progressivamente il valore dell'infiltrazione.

Per quanto riguarda i valori da attribuire ai parametri della "legge di Horton", lo statunitense Soil Conservation Service (SCS) [1956], ora Natural Resources Conservation Service, propone le seguenti quattro classi (A, B, C e D) di suoli:

- Classe A: scarsa potenzialità di deflusso; comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
- Classe B: potenzialità di deflusso moderatamente bassa; comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità d'infiltrazione anche a saturazione.
- Classe C: potenzialità di deflusso moderatamente alta; comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D; il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
- Classe D: potenzialità di deflusso molto alta; comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.



CURVE DI HORTON PER LE QUATTRO CLASSI DI SUOLO.

• **LEGGE DI HORTON**

Per definire il tipo di suolo in oggetto, si fa riferimento alla relazione geologica redatta a cura dello studio geologico **GHEOS s.a.s. di Sacchi T. & C.**, a firma del Dott. Geol. Sacchi Tommaso, da cui si evince:

Prova 1

LIVELLO 1 da 0.00 sino a 0.60 m	limo sabbioso	(4 Nspt)
LIVELLO 2 da 0.60 sino a 3.80 m	limo debolmente sabbioso	(3 Nspt)
LIVELLO 3 da 3.80 sino a 4.80 m	sabbia debolmente limosa	(7 Nspt)
LIVELLO 4 da 4.80 sino a 6.60 m	limo sabbioso	(4 Nspt)
LIVELLO 5 da 6.60 sino a 9.40 m	sabbia debolmente limosa	(7 Nspt)
LIVELLO 6 da 9.40 sino a 10.00 m	sabbia ghiaiosa	(18 Nspt)
LIVELLO 7 da 10.00 sino a 12.20 m	sabbia	(10 Nspt)

Suolo di tipo B caratterizzato dai seguenti valori della curva di Horton:

Classe suolo	f_0 [mm/ora]	f_c [mm/ora]	k [ore ⁻¹]
A	250	25.4	2
B	200	12.7	2
C	125	6.3	2
D	76	2.5	2

PARAMETRI DELLE CURVE DI HORTON

La legge che governerà il deflusso dei volumi uscenti dai pozzi perdenti, avrà quindi il seguente andamento:

$$f_p[\text{mm/ora}] = 12.7 + (200 - 12.7) * e^{-2*t}$$

Cambiando unità di misura (1.0 mm/ora= 2.778 l/s*ha_{disp}) e conoscendo la superficie disperdente dei pozzi perdenti derivante dalla geometria di predimensionamento, è possibile calcolare istante per istante la portata uscente (Q_u) dal sistema d'infiltrazione.

• **PROVA DI PERMEABILITÀ A CARICO VARIABILE IN POZZETTO QUADRATO**

Immissione

Emungimento

Committente: Comune di Villanova del Sillaro

Cantiere di: Via della Chiesa

Coordinate: 45.236103 N - 9.480438 E

Comune: Villanova del Sillaro

Pozzetto: 1

Prova: 1

Lato pozzetto (cm) = 30

Profondità pozzetto da p.c. (cm) = 30

Livello dell'acqua nel pozzetto all'inizio della prova rispetto a p.c. (cm) = -2

Variazione livello d'acqua

Tempo (sec)	Abbassamento (cm)	Differenza (cm)
0	0	0
60	2	2
120	2.5	0.5
300	3	0.5
600	3.5	0.5
1200	3.8	0.3
3000	4.5	0.7

Tabella riassuntiva dei dati raccolti sul campo. Tempi in secondi, abbassamento e differenza in cm

Determinazione della permeabilità K

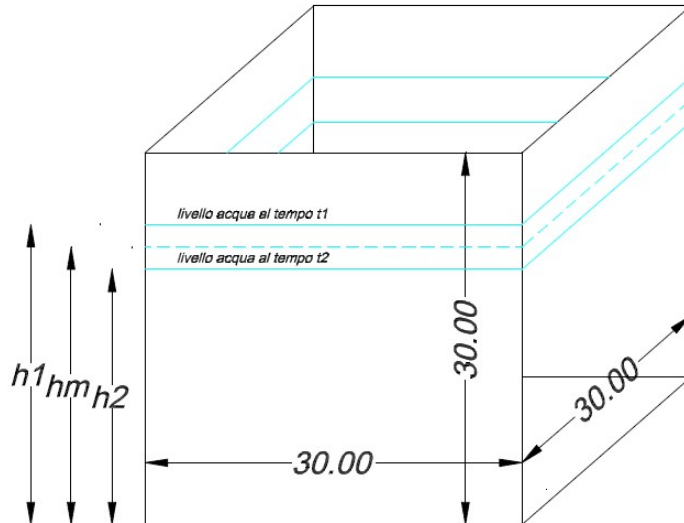
$$K = \frac{dh}{dt} \cdot \frac{1 + \frac{2 \cdot hm}{b}}{\frac{27 \cdot hm}{b} + 3}$$

b = Lato del pozzetto in cm

dt = Tempo complessivo della prova (t2 - t1) in sec

hm = Carico idraulico medio (h1 - h2)/2 in cm

dh = Abbassamento totale (h1 - h2) in cm



Rappresentazione grafica semplificata del pozzetto scavato per eseguire la prova a carico variabile

Risultati ottenuti

Seguendo la formula per prove a carico idraulico variabile otteniamo dei valori puntuali, oppure si può calcolare K utilizzando come unico valore l'intervallo di tempo totale della prova (3000 sec) otteniamo:

$$k = 9.69 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$$

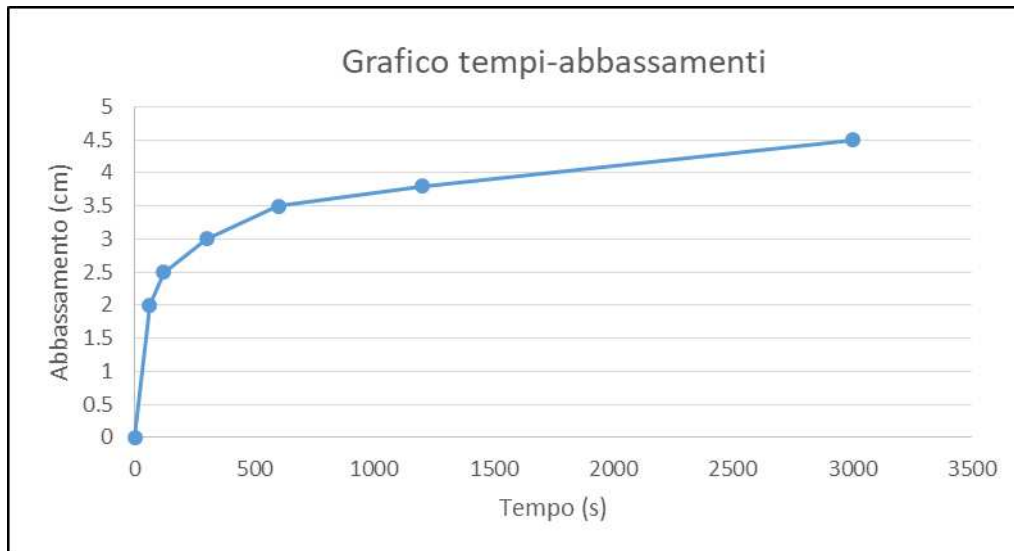
$$k = 9.69 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

Tabella 1 – Permeabilità dei vari terreni

k (m/s)	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
<i>Grado di permeabilità</i>	alto		medio		basso		molto basso		impermeabile			
<i>Drenaggio</i>	buono					povero			praticamente impermeabile			
<i>Tipo di terreno</i>	ghiaia pulita		sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita		sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati		terreni impermeabili argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici					
						terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo						

Tabella classificativa di Casagrande e Fadum.

Utilizzando questa tabella, valevole per terreni incoerenti di origine alluvionale, notiamo che i sedimenti sottoposti ad analisi hanno un K dell'ordine dei 10^{-4} cm/s. Pertanto possiamo stimare la granulometria, definita "miscele di sabbia, limo e argilla, terreni impermeabili modificati dall'azione della vegetazione e del tempo" e il grado di permeabilità, indicato come "basso".



In questo grafico viene costruita la curva di intersezioni tra tempi e abbassamenti. Il match dei punti è concordante con le rappresentazioni teoriche sulla buona esecuzione della prova.

Il coefficiente di permeabilità così ottenuto è pari a $9.69 \cdot 10^{-6}$ m/s, e secondo la classificazione di Casagrande e Fadum determina una permeabilità *bassa*.

Al momento delle indagini è stato individuato il livello della falda freatica posto a -1.00 m da piano campagna. Questo livello risente fortemente dei periodi di forte piovosità e potrebbe portarsi più prossimo a piano campagna.

Confrontando questo risultato con il valore f_c della curva di Horton; cautelativamente ci riferiremo alla teoria di Horton con classe di suolo B con coefficiente f_c pari a 12,7 mm/h.

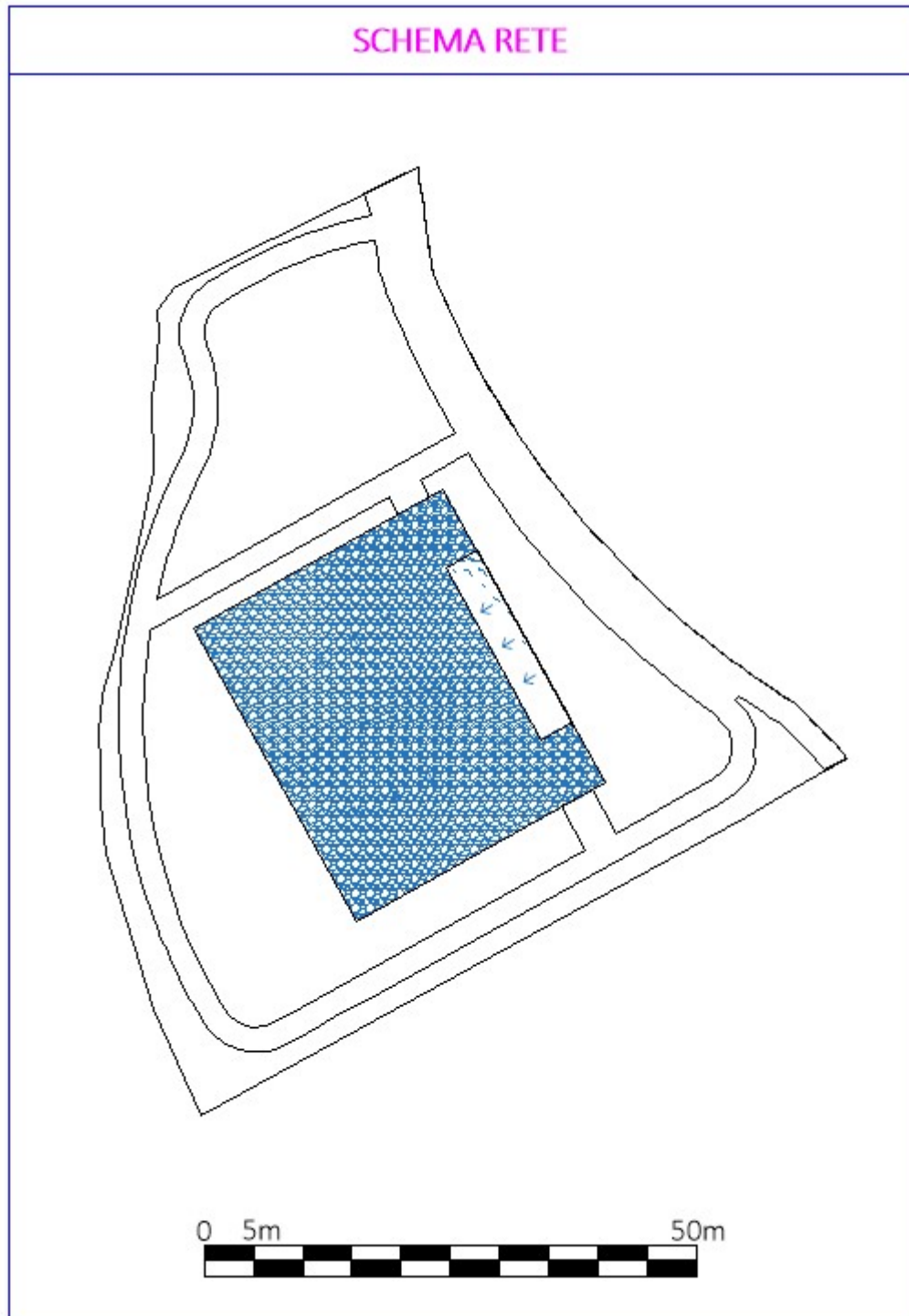
• DESCRIZIONE RETE DI SMALTIMENTO IN PROGETTO

La rete di smaltimento in progetto prevede che le acque meteoriche siano gestite internamente nell'area mediante dispersione sul suolo e nel sottosuolo delle acque meteoriche, sfruttando la pendenza di progetto dell' "area polifunzionale" e tramite la realizzazione di un sottofondo ghiaioso permeabile di volume utile necessario, in cui le acque potranno infiltrarsi e poi disperdersi nel sottosuolo.

Come già accennato, le superfici servite da rete di drenaggio interna sono quelle relative alle superfici impermeabili (mediante caditoie e tombini). I camminamenti e il verde dell'area non saranno interessati.

Dal punto di vista qualitativo le acque di dilavamento in oggetto risultano prive di "prima pioggia" ai sensi del R.R. n.4/2006 quindi non soggette a separazione e trattamento.

La presente relazione tecnica, comprensiva delle tavole grafiche e dei calcoli di dimensionamento, hanno ad oggetto la sola rete di drenaggio meteorico.



PLANIMETRIA RETE DI SMALTIMENTO IN PROGETTO

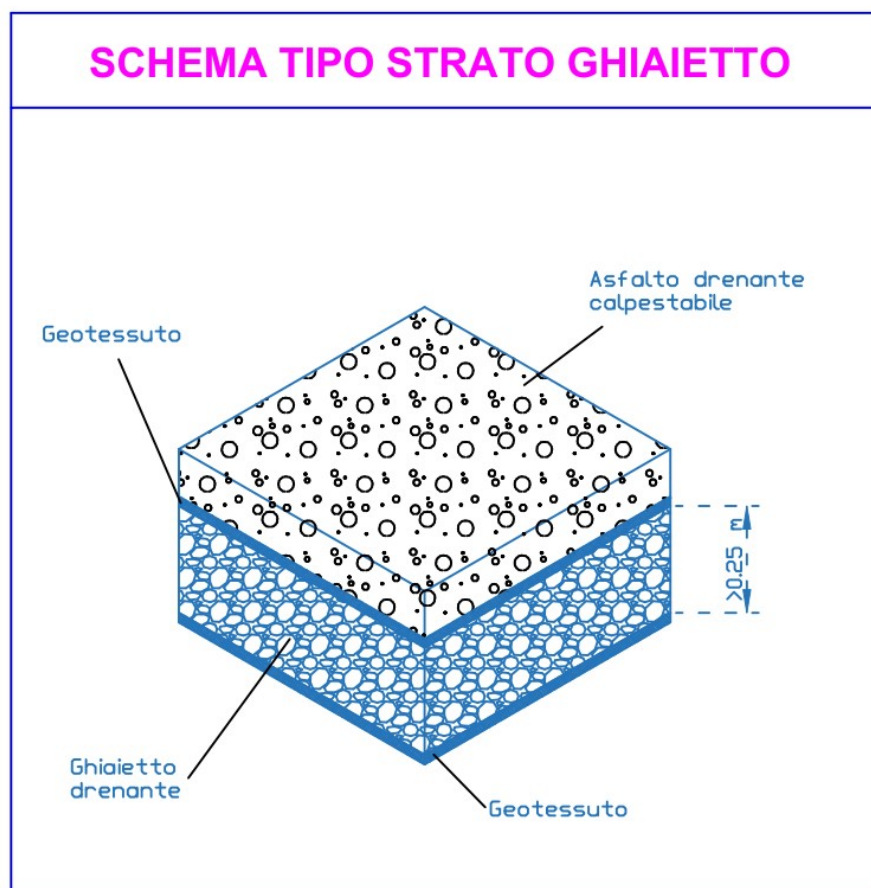
In fase preliminare non si prevede l'utilizzo di alcun tipo di tubazione.

- **SUPERFICI PERMEABILI**

Le pavimentazioni permeabili hanno lo scopo di rallentare e ridurre lo scorrimento superficiale delle acque meteoriche e di conseguenza ridurre l'apporto nelle reti fognarie bianche e/o miste, aumentando l'infiltrazione e la ricarica della falda. Lo strato superficiale della pavimentazione può essere realizzata sia con asfalti o conglomerati porosi oppure utilizzando elementi prefabbricati di forma alveolare in materiale lapideo o sintetico (autobloccanti).

Da analisi e colloqui preliminari, risulta che la superficie dedicata ai camminamenti sarà di natura permeabile, mentre l'area polifunzionale verrebbe già realizzata con un tipo di "asfalto drenante". Vista la natura dell'area polifunzionale non si renderebbe necessario un pretrattamento delle acque di "prima pioggia". Al di sotto della superficie dell'area polifunzionale andrebbe comunque previsto un sistema di raccolta delle acque meteoriche.

Vista la natura limosa dei terreni superficiali, caratterizzati da una bassa permeabilità, prevedere una superficie permeabile con infiltrazione delle acque nel suolo sottostante sarebbe parzialmente efficace. Per questo motivo, si consiglia di sovradimensionare quanto qui sotto riportato.



Visto l'intervento in progetto, si propone che la superficie permeabile di progetto relativa all'area polifunzionale (asfalto drenante) possa servire a mitigare gli effetti di eventuali eventi meteorologici intensi, e si potrebbe realizzare al di sotto della superficie di asfalto drenante uno strato di ghiaietto con larghezza e lunghezza pari all'area polifunzionale stessa e spessore minimo indicato nella tabella seguente.

Larghezza area polifunzionale	Lunghezza area polifunzionale	Porosità ghiaietto	Volume acque piovane da smaltire	Spessore minimo strato ghiaietto	Volume di accumulo e infiltrazione assicurato
34 m	29 m	20%	49.2 m ³	0.25 m	49.3 m ³
		25%		0.2 m	49.3 m ³
		30%		0.18 m	53.24 m ³
		35%		0.15 m	51.77 m ³
		40%		0.13 m	51.27 m ³

Si consiglia perciò, ai fini del rispetto del principio d'invarianza idraulica e idrologica, la realizzazione di uno strato di ghiaietto permeabile a porosità 40% con spessore di 0.3 m, al fine di poter assicurare un volume di accumulo e infiltrazione pari a 118.32 m³. Si consiglia anche l'intervento di protezione dello stesso strato con la messa in posa di uno strato di geotessuto al fine di prevenire fenomeni di intasamento che potrebbero diminuire l'efficacia del sistema di smaltimento.

Si consideri inoltre la bassa soggiacenza della falda freatica, che al momento dell'esecuzione delle indagini è stata individuata a -1.0 m da piano campagna. Purtroppo, le limitazioni geometriche consentono solamente due tipi di intervento: o quello presentato nella presente relazione, oppure lo scarico in corpo idrico superficiale (Sillaretto Villanova), tramite un sistema di accumulo e laminazione in vasche impermeabili e successivo scarico regolato con portata limite 1.97 l/s.

• TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI (METODO SOLE PIOGGE)

Il "Metodo delle sole piogge" si basa sulle seguenti assunzioni:

- L'onda entrante dovuta alla precipitazione piovosa $Q_e(t)$ nell'invaso di laminazione è un'onda rettangolare avente durata D e portata costante Q_e pari al prodotto dell'intensità media di pioggia, dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica valida per l'area oggetto di calcolo in funzione della durata di pioggia, per la superficie scolante impermeabile dell'intervento afferente all'invaso; con questa assunzione si ammette che, data la limitata estensione del bacino scolante, sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante afferente all'invaso. Conseguentemente l'onda entrante nell'invaso coincide con la precipitazione piovosa sulla superficie scolante impermeabile dell'intervento. La portata costante entrante è quindi pari a:

$$Q_e = S_{TOT} * \varphi_p * a * D^{n-1}$$

- L'onda uscente $Q_u(t)$ è anch'essa un'onda rettangolare caratterizzata da una portata costante $Q_{u,lim}$ (laminazione ottimale), che nel nostro caso è funzione della legge d'infiltrazione di Horton e stimata come il prodotto tra la superficie disponibile all'infiltrazione e il valore f_c della curva adottata.

Sulla base di tali ipotesi semplificative il volume di laminazione è dato, per ogni durata di pioggia considerata, dalla differenza tra i volumi dell'onda entrante e dell'onda uscente calcolati al termine della durata di pioggia.

Quindi, il volume massimo ΔW che deve essere trattenuto nell'invaso di laminazione al termine dell'evento di durata generica D (invaso di laminazione) è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = S_{TOT} * \varphi_p * a * D^n - Q'_{u,lim}$$

Esprimendo matematicamente la condizione di massimo, ossia derivando rispetto alla durata D la differenza $\Delta W = W_e - W_u$, si ricava la durata critica D_W per l'invaso di laminazione:

$$D_W = (Q'_{u,lim} / S_{TOT} * \varphi_p * a * n)^{1/n-1}$$

Essendo $D_c > 1$ h (2.24 h), viene impiegata la monomia $h = 54.72 * t^{0.2896}$ come descrittore dell'evento meteorico di progetto.

Il volume accumulato può anch'esso essere stimato con la seguente relazione:

$$W_0 = S_{TOT} * \varphi_p * a * D^n - Q'_{u,lim} * D_c$$

Da cui si ottiene un volume minimo di laminazione necessario pari a $W_0 = 48.3 \text{ m}^3$.

• REQUISITI MINIMI

L'art.12 c.2 del R.R. n.7/2017 R.R. n.8/2019 riporta che "il requisito minimo da soddisfare consiste nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione, comunque configurati, dimensionati adottando i seguenti valori parametrici del volume minimo dell'invaso, o del complesso degli invasi, di laminazione: per le aree B a media criticità idraulica di cui all'articolo 7:500 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento".

Nel caso specifico risulterebbe:

$$W_{min} = 500 \text{ m}^3/\text{ha} * 0.098499 \text{ ha} * 1 = 49.2 \text{ m}^3$$

• VOLUMI ACCUMULATI

$$\text{Sole piogge } 48.3 \text{ m}^3 < \text{Requisiti minimi } 49.2 \text{ m}^3$$

Pertanto il W da soddisfare per il principio di invarianza idraulica è quello calcolato con i requisiti minimi

• VERIFICHE DI SVUOTAMENTO

La verifica del tempo di svuotamento, che dovrà risultare sempre minore di 48 h, viene svolta considerando una portata media (costante) di scarico pari a $Q_{u,lim} = 1.97$ l/s, ottenendo così un tempo necessario pari a **5.59 h** < 48 h, verificato.

• CONCLUSIONI

In conclusione si prevede, ai fini del rispetto del principio di invarianza idrologica e idraulica, la realizzazione della rete meteorica in progetto con le seguenti caratteristiche:

- a) Area di accumulo e infiltrazione nel sottosuolo tramite realizzazione di uno strato/sottofondo di ghiaietto permeabile, a porosità 40% e spessore minimo 0.25 m.

La soluzione illustrata soddisfa, oltre al metodo delle sole piogge, anche il principio di ricarica della falda, rispettando a pieno il principio di invarianza idraulica e idrologica di cui R.R. n.7/2017 R.R. n.8/2019.

San Zenone al Po, 22/06/2023



ALLEGATI

- All.1) Elaborati grafici di progetto- Planimetria generale di progetto, sezioni e particolari;
- All.2) Piano di manutenzione vasche di laminazione pozzetti e tubazioni;
- All.3) Prova di permeabilità.
- All.4) Asseverazione in merito alla conformità dei contenuti del R.R. n.7/2017 R.R. n.8/2019 (allegato E);