

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA
BORGHI DOTT. MARCO

Oscuramento della firma
autografa nonché mancata
allegazione del documento di
identità al fine del rispetto
delle vigenti norme in materia
di Privacy.
Origgio, lì 31/07/2025

Il Responsabile dell'Area 3
Tecnica
Arch. Claudio Zerbi

PROGETTO DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA
AI SENSI DEL R.R. n° 7/2017 e n° 8/2019

AMBITO DI PROGETTAZIONE COORDINATA APC 03
VIA SAN PIETRO - ORIGGIO (VA)
STANDARD ST2

Attuatore: **CONSORZIO APC 03 ORIGGIO**

progetto redatto da: **Dott. Geologo Marco Borghi**



Ottobre 2024

INDICE

- 1. PREMESSA**
- 2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI**
- 3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA**
- 4. PORTATE MASSIME SCARICABILI**
- 5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO**
- 6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI**
 - 6.1 Requisiti minimi
 - 6.2 Metodo analitico di dettaglio
- 7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA**
- 8. TEMPO DI SVUOTAMENTO**
- 9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI**
- 10 PIANO MANUTENZIONE ORDINARIA E STRAORDINARIA**

in appendice:

- ***analisi granulometrica laboratorio geotecnico***
- ***Allegato E: Asseverazione del professionista in merito alla conformità del progetto ai contenuti del regolamento regionale n 7/2017***

in allegato:

- ***schema impianto fognario***

1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la verifica del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica relativi al progetto di realizzazione dell'area STANDARD ST2 - APC 03, sito in via San Pietro - Origgio (VA).

L'area dello STANDARD ST2 drenata oggetto d'intervento si estende su una superficie di 1976,0 m².

Nello specifico, scopo del presente lavoro è l'individuazione delle modifiche all'assetto idrogeologico dell'area, conseguenti alle trasformazioni in progetto, con l'obiettivo di definire le misure compensative e/o le caratteristiche delle opere necessarie ad evitare l'aggravio delle condizioni idrauliche rispetto alla situazione preesistente o come da richiesta di norma.

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 normative correlate. Nello specifico verranno adottati i metodi di calcolo in essa richiamati.

Nel presente documento verranno descritte le soluzioni progettuali adottate, i metodi di calcolo utilizzati e verranno riportati i report dei calcoli eseguiti, con relativi grafici, e le verifiche effettuate.

Il Regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 contiene "criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n.12 (Legge per il governo del territorio)".

Invarianza idraulica: principio in base al quale le portate massime di afflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione (articolo 58 bis, comma 1, lettera a) della l.r. 12/2005.

Invarianza idrologica: principio in base al quale sia le portate che i volumi di afflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non devono essere maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione (articolo 58 bis, comma 1, lettera b) della l.r. 12/2005.

In particolare, con tale Regolamento, la Regione Lombardia definisce:

- gli interventi edilizi richiedenti le misure di invarianza idraulica e idrologica;
- gli ambiti territoriali di applicazione differenziati in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori;
- il valore massimo della portata meteorica scaricabile nei ricettori per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica nei diversi ambiti territoriali individuati;
- la classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica e le modalità di calcolo;
- le indicazioni tecniche costruttive e degli esempi di buone pratiche di gestione delle acque meteoriche in ambito urbano;
- la possibilità, per i comuni, di prevedere la monetizzazione come alternativa alla diretta realizzazione per gli interventi previsti in ambiti urbani caratterizzati da particolari condizioni urbanistiche o idrogeologiche.

2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI

Individuazione dell'area

Comune di Origgio - STANDARD ST2 APC 03 Provincia Varese
Livello di criticità Area A - criticità alta
Classe dell'intervento 2 - Impermeabilizz. potenziale media

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ
asfalti	Area impermeabile	1528,3	1,00
verde drenante	Area permeabile	447,7	0,00

Superficie totale 1976,0 m² Coefficiente afflusso medio ponderale ϕ_m 0,7734

3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA

La soluzione adottata per il rispetto delle prescrizioni sull'invarianza idraulica e idrologica è la seguente: infiltrazione nel sottosuolo mediante pozzi perdenti.

4. PORTATE MASSIME SCARICABILI

Per quanto attiene alle portate massime scaricabili la normativa 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 n. 7 del 23/11/2017 per ciascun ambito, sono:

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

Nel caso specifico $Q_{umax} = 1,5$ l/s.

5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO

Al fine di dimensionare e verificare le opere d'invarianza idraulica in progetto devono essere definite preventivamente le precipitazioni di progetto.

A tal fine, per durate di precipitazione superiori ad un'ora, viene applicato il metodo della legge probabilistica GEV (Generalized Extreme Values).

Tale metodo a partire dai parametri di riferimento a_1 ed n della curva di possibilità pluviometrica, definito il tempo di ritorno TR dell'evento critico, ricalcola il parametro a per il caso specifico e calcola l'altezza di pioggia come segue:

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

h [mm]: altezza di pioggia

a_1 [mm/oraⁿ]: coefficiente pluviometrico orario

D [ore]: durata di pioggia

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

w_T [-]: coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno TR [anni]

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

ε, α, k [-]: parametri della legge probabilistica GEV

Per durate inferiori a un'ora si utilizzano tutti i parametri adottati per le durate superiori ad un'ora, tranne il parametro n che viene definito in modo specifico per tale durata.

In assenza di dati più precisi spesso, in letteratura tecnica idrologica, viene riportato un valore indicativo pari a $n = 0,5$.

Per quanto attiene i parametri caratteristici delle linee segnalatrici di pioggia si possono estrarre per il territorio regionale dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia:

<http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml>

In alternativa a tali precipitazioni di progetto, possono essere assunti valori diversi solo nel caso si disponga di dati ufficiali più specifici per la località oggetto dell'intervento, dichiarandone l'origine e la validità.

Considerato che l'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica contribuisce in modo fondamentale alle misure di prevenzione dell'esondazione dei corsi d'acqua e delle reti di drenaggio urbano, il Regolamento regionale prevede che siano valutate le condizioni locali di rischio di allagamento residuo per eventi di tempo di ritorno alti, quelli cioè che determinano un superamento anche rilevante delle capacità di controllo assicurate dalle strutture fognarie; gli interventi di contenimento e controllo delle acque meteoriche sono conseguentemente dimensionati in modo da rispettare i valori di portata limite di cui all'articolo 8, assumendo i seguenti valori di tempi di ritorno:

$TR = 50$ [anni]: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere d'invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.

$TR = 100$ [anni]: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche per il dimensionamento e la verifica delle eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi.

6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI

Al fine di ottemperare alle verifiche di invarianza idraulica e/o idrologica vengono adottati i seguenti metodi di calcolo:

- metodo dei requisiti minimi
- metodo analitico di dettaglio

Nei paragrafi seguenti verranno descritti tali metodi ed a fine relazione verranno riportati i report dei calcoli.

Tra tutti questi metodi adottati si assumerà quale valore del volume minimo di progetto il maggiore tra tutti i valori calcolati.

6.1 Requisiti minimi

Per gli interventi aventi superficie interessata dall'intervento minore o uguale a 300 m², ovunque ubicati nel territorio regionale, il requisito minimo richiesto consiste, in alternativa:

- nell'adozione di un sistema di scarico sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo e non in un ricettore, salvo il caso in cui questo sia costituito da laghi o dai fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio, Chiese e Mincio. In questo caso non è richiesto il rispetto della portata massima e non è necessario redigere il progetto d'invarianza idraulica;
- nell'adozione del requisito minimo.

Nel caso d'interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale bassa, indipendentemente dalla criticità dell'ambito territoriale in cui ricadono, e nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti nell'ambito territoriale di bassa criticità, 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:

- Aree A: $w_{\min} = 800 \cdot [\text{m}^3 \text{ per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento}]$
- Aree B: $w_{\min} = 500 \cdot [\text{m}^3 \text{ per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento}]$
- Aree C: $w_{\min} = 400 \cdot [\text{m}^3 \text{ per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento}]$

* Il valore va moltiplicato per il coefficiente di riduzione di cui alla tabella riportata nell'Allegato C del Regolamento.

Tali volumi sono da adottare anche nel caso d'interventi classificati a impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti negli ambiti territoriali ad alta e media criticità, qualora il volume risultante dai calcoli fosse minore.

Ulteriormente, il progetto prevede di ottemperare ai requisiti di invarianza mediante il solo utilizzo di strutture di infiltrazione, quindi il requisito minimo di cui sopra è ridotto del 30 per cento. I calcoli di dimensionamento delle strutture di infiltrazione saranno basati su prove di permeabilità, allegate al progetto, rispondenti ai requisiti riportati nell'Allegato F di cui al R.R. 7/2017 e s.m.i.

6.2 Metodo analitico di dettaglio

Il metodo analitico di dettaglio prevede di calcolare in modo analitico la curva della portata entrante nell'accumulo, minuto per minuto, l'altezza idrica nell'invaso e la contestuale portata uscente o infiltrata, per un evento meteorico di fissata durata e tempo di ritorno.

Noto il volume invasato istante per istante, si calcola il relativo valore massimo, che rappresenta il volume minimo che l'accumulo deve possedere al fine di garantire il vincolo di invarianza ed il rispetto della portata scaricata, per detto evento meteorico di fissata durata e tempo di ritorno.

La durata dell'evento meteorico ritenuto critico viene riportato nel report dei calcoli.

Per quanto attiene alla portata entrante nel serbatoio essa viene calcolata, mediante il modello cinematico, come somma delle portate generate dalle singole aree.

L'applicazione della procedura dettagliata prevede l'implementazione dei seguenti passaggi:

- calcolo ietogramma di pioggia di progetto lorda mediante lo ietogramma Chicago;
- depurazione delle piogge e calcolo dello ietogramma netto;
- calcolo dell'idrogramma in ingresso all'accumulo come somma degli idrogrammi generati dalla singola area;
- calcolo del bilancio del serbatoio e del battente idrico al suo interno minuto per minuto;
- calcolo del volume invasato e dell'idrogramma in uscita dall'invaso;
- calcolo del volume minimo di laminazione come valore massimo del volume invasato.

Ietogramma di pioggia di progetto

Per la definizione dell'evento di pioggia di progetto si può utilizzare lo ietogramma Chicago, sviluppato da Keifer e Chu nel 1957 con riferimento alla fognatura di Chicago. Tale ietogramma è caratterizzato da un picco d'intensità massima e da una intensità media per ogni durata, anche parziale, uguale a quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica. Analiticamente lo ietogramma Chicago è descritto da due equazioni, rispettivamente riferite al ramo crescente prima del picco e al successivo ramo decrescente dopo il picco.

Il calcolo dell'altezza di precipitazione h [mm], in funzione del tempo t [ore], viene calcolato con le seguenti.

$$h(t) = r \cdot a \left[\left(\frac{t_r}{r} \right)^n - \left(\frac{t_r - t}{r} \right)^n \right] \quad \text{per } t \leq t_r$$

$$h(t) = r \cdot a \cdot \left(\frac{t_r}{r} \right)^n + a \cdot (1 - r) \cdot \left(\frac{t - t_r}{1 - r} \right)^n \quad \text{per } t_r < t \leq t_p$$

Per durate superiori alla durata della precipitazione t_p esso rimane costante.

h [mm]: altezza di precipitazione

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

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

r [-]: coefficiente di posizione del picco di precipitazione rispetto alla durata della pioggia

t [ore]: generico istante di calcolo

t_p [ore]: durata della precipitazione

t_r [ore]: tempo del picco di precipitazione pari a $t_p \cdot r$

I parametri a ed n adottati sono quelli che fanno riferimento alla durata della precipitazione di progetto.

Il range di applicazione del coefficiente di posizione risulta $0 \leq r \leq 1$. La sua posizione all'interno della durata complessiva θ dell'evento può essere scelta sulla base di indagini statistiche relative alla zona in esame, oppure in mancanza di informazioni si può porre $r=0,4$ valore medio che risulta dagli studi in materia riportati in letteratura.

Sulla base di tali formule l'intensità di precipitazione i [mm/h], al generico istante t [ore], viene calcolato con la seguente.

$$i(t) = \frac{h(t) - h(t - \Delta t)}{\Delta t}$$

i [mm/ora]: intensità di precipitazione

Δt [ore]: passo di calcolo dell'intensità di precipitazione posto pari a 1 min.

Ietogramma di pioggia netto

Lo ietogramma di pioggia netto viene calcolato mediante il metodo percentuale, esso risulta essere, pertanto, dato dalla seguente formula:

$$i_n(t) = \varphi \cdot i(t)$$

i_n [mm/ora]: intensità di pioggia netta

i [mm/ora]: intensità di pioggia lorda

φ [-]: coefficiente di afflusso

Idrogramma in ingresso all'invaso

L'idrogramma in ingresso all'invaso viene calcolato come somma degli idrogrammi delle singole aree.

Nello specifico si adotta il modello cinematico, ipotizzando una curva area tempi lineare.

Il Regolamento Regionale n.7 del 23/11/2017 suggerisce di utilizzare come modello afflussi-deflussi per il calcolo dell'idrogramma in ingresso all'invaso il metodo della corrivazione.

Le equazioni generali di riferimento sono, in forma discretizzata, le seguenti.

$$\begin{cases} q_k = \sum_{j=1}^k p_j \cdot IUH_{k-j+1} \cdot \Delta t \\ p_j = \frac{2,78}{1000} \cdot i_{n,j} \cdot A \\ IUH_{k-j+1} = \frac{1}{A} \cdot \frac{A_{k-j+1}}{\Delta t} \end{cases}$$

q_k [m³/s]: portata all'istante di tempo $t = k \cdot \Delta t$

p_j [m³/s]: volume di pioggia netta all'istante di tempo $t = j \cdot \Delta t$

$i_{n,j}$ [mm/ora]: intensità di pioggia netta all'istante di tempo $t = j \cdot \Delta t$

Δt [ore]: intervallo di tempo considerato, pari ad 1 minuto

IUH_{k-j+1} [-]: idrogramma istantaneo unitario all'istante di tempo $t = (k - j + 1) \cdot \Delta t$

A_{k-j+1} [ha]: porzione di bacino alla sezione di chiusura all'istante di tempo $t = (k - j + 1) \cdot \Delta t$

A [ha]: area totale dell'intervento

In mancanza d'indicazioni specifiche, si consideri la curva aree-tempi lineare, caso particolare per cui l'idrogramma istantaneo unitario (IUH) risulta costante nel tempo e pari:

$$IUH_{k-j+1} = \frac{1}{t_c}$$

t_c [ore]: tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione t_c , nelle reti di drenaggio urbano può essere calcolato come:

$$t_c = t_e + \frac{t_r}{1,5}$$

t_e [ore]: tempo di entrata in rete

t_r [ore]: tempo di rete del percorso idraulicamente più lungo a monte della sezione di calcolo

1,5: coefficiente di taratura

Il tempo di rete t_r si può calcolare come, il valore massimo di percorrenza di tutti i percorsi possibili:

$$t_r = \max_j \left\{ \sum_l \frac{L_{i,j}}{V_{r,i,j}} \right\}$$

j [-]: j-esimo percorso possibile lungo la rete fino alla sezione di calcolo considerata

i [-]: i-esimo ramo lungo il j-esimo percorso

L_{ij} [m]: lunghezza dell'i-esimo ramo lungo il j-esimo percorso

V_{rij} [m/s]: velocità a pieno riempimento dell'i-esimo ramo lungo il j-esimo percorso

La velocità a pieno riempimento V_r si può calcolare utilizzando l'equazione di Chezy-Strickler:

$$V_r = k_s \cdot R^{2/3} \cdot \sqrt{i}$$

R [m]: raggio idraulico, che per condotte circolari risulta pari a: $R = D/4$

D [m]: diametro interno della condotta

i [-]: pendenza della condotta

k_s [$m^{1/3}/s$]: coefficiente di scabrezza della condotta di Strikler

Per piccole superfici, quali tetti e cortili interni, il tempo di corrivazione è generalmente molto piccolo e può essere assunto pari al tempo di ingresso in rete, per cui in assenza di dati specifici relativi al caso in esame, possono essere presi a riferimento i valori in tabella seguente.

Valori proposti in letteratura per la stima del tempo di entrata in rete

Tipi di bacini	t_e [min]
Centri urbani intensivi con tetti collegati direttamente alle canalizzazioni e con frequenti caditoie stradali	5 ÷ 7
Centri commerciali con pendenze modeste e caditoie meno frequenti	7 ÷ 10
Aree residenziali di tipo intensivo con piccole pendenze e caditoie poco frequenti	10 ÷ 15

Il tempo di base dell'idrogramma di piena t_b si calcola come $t_b = \theta + t_c$, dove θ è la durata della precipitazione.

Calcolo portata infiltrata

Per calcolare la portata infiltrata dal sistema di pozzi si adotta la formulazione di Sieker (1984), che non considera, cautelativamente, come superficie infiltrante la base del pozzo, assumendo che a lungo termine, a causa dei depositi delle particelle più fini, si possa intasare.

$$Q_{inf} = n_p \cdot K_{calc} \cdot \left(\frac{L+H}{L+H/2} \right) \cdot A_f$$

$$A_f = \pi \cdot \left[\left(\frac{D}{2} + \frac{H}{2} \right)^2 - \left(\frac{D}{2} \right)^2 \right]$$

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

n_p [-]: numero dei pozzi

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

H [m]: altezza dell'acqua rispetto al fondo del pozzo

D [m]: diametro dei pozzi/o

L [m]: distanza tra il fondo del pozzo e il livello della falda

A_f [m^2]: superficie d'infiltrazione di calcolo

In caso di presenza di più pozzi il funzionamento è calcolato in parallelo.

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

Calcolo del volume invasato con il metodo di dettaglio

Il calcolo del volume invasato dal sistema di laminazione e della portata scaricata viene descritto dall'equazioni di continuità seguente.

$$Q_e(t) - Q_u(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

Q_e [m^3/s]: portata in ingresso all'invaso

Q_u [m^3/s]: portata in uscita dall'invaso, scaricata o infiltrata

W [m^3]: volume invasato

t [s]: tempo

Dove il volume invasato W , in ipotesi di forma prismatica, è dato dalla seguente relazione.

$$W = W[H(t)] = A_{inv} \cdot H(t)$$

H [m]: battente idrico all'interno dell'invaso

A_{inv} [m^2]: area di base dell'invaso

Q_u è la legge di efflusso dell'invaso che dipende dal battente idrico H , come descritto nel paragrafo precedente.

$$Q_u = Q_u(H(t))$$

Q_e è la portata in ingresso all'invaso relativa al tempo di ritorno di progetto ed alla durata critica di progetto.

Risolvendo numericamente l'equazione di continuità è possibile definire istante per istante l'altezza del battente idrico, il volume invasato e la portata scaricata o infiltrata.

Il volume minimo che deve avere l'invaso W_0 è dato dal massimo valore di tutti i volumi d'acqua invasati in tutti gli intervalli di tempo i -esimi.

$$W_0 = \max_i(W_i)$$

7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA

Trattandosi di sistema ad infiltrazione non ci sono portate scaricate in fognatura.

Per la misura della permeabilità naturale del terreno è stata eseguita in data 26/01/2024 una prova di permeabilità con infiltrometro ad anello, alla profondità di circa 1,50 metri da piano campagna.

La prova è stata effettuata a carico variabile.

Dal trattamento statistico dei dati della prova, si ottiene un valore di permeabilità pari a **7,2E-04 m/sec**, valore buono e che riflette la stratigrafia incontrata: dopo un orizzonte di alterazione pedologica di spessore inferiore al metro, si passa a ghiaie e sabbie pulite. Il numero ottenuto viene ridotto di 1/3 per tener conto dell'invecchiamento del sistema disperdente, ottenendo così un valore di **k = 2,4E-04 m/sec** da utilizzare nei calcoli (tab.2). Tale valore è confermato anche dalla stima del valore di permeabilità ricavato dalla curva granulometrica (vedi analisi del laboratorio geotecnico in appendice) mediante la formula di Hazen.

8. 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.

Il tempo di svuotamento T_{sv} viene calcolato mediante la simulazione dinamica dell'invaso, come tempo intercorrente tra il termine dell'evento meteorico ed il tempo di completo svuotamento dell'invaso.

9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

Si riportano di seguito i risultati del calcolo.

CARATTERISTICHE GENERALI

Comune di Origgio Provincia Varese
 Livello di criticità Area A - criticità alta

Metodi di calcolo adottati
Requisiti minimi Metodo analitico di dettaglio

Portata massima scaricabile
Portata massima scaricabile 10,00 l/(s*ha_{imp}) Origine del vincolo di portata: .

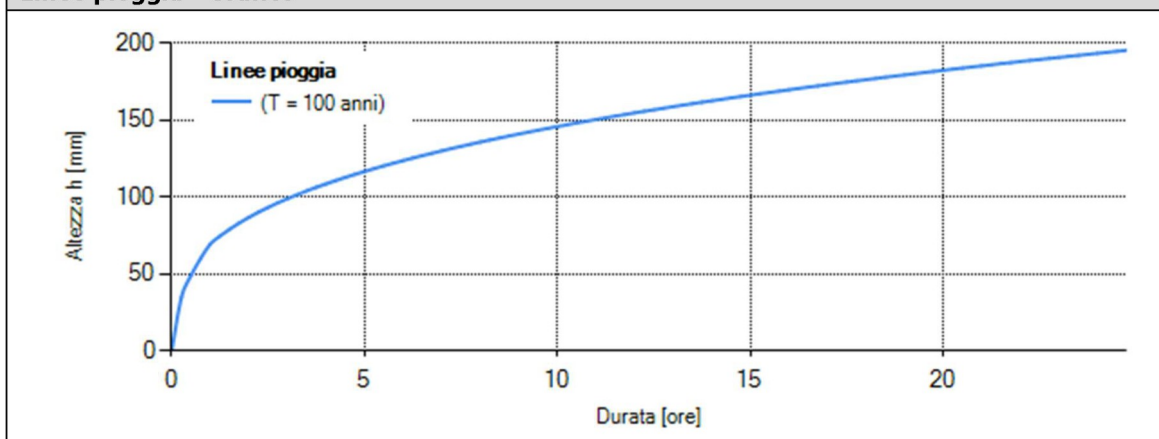
Definizione aree			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ
asfalti	Area impermeabile	1528,3	1,00
verde drenante	Area permeabile	447,7	0,00

Sup. totale intervento 1976,0 m² Coeff. afflusso medio ponderale ϕ_m 0,7734

LINEE SEGNALETTRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica			
Coefficiente pluviometrico orario	a_1	31,60	mm/h ⁿ
Coefficiente di scala	n	0,3219	-
GEV - Parametro alfa	α	0,2903	-
GEV - Parametro kappa	k	-0,0118	-
GEV - Parametro epsilon	ϵ	0,8287	-
Coefficiente di scala (durata < 1 ora)	n_1	0,5000	-

Nota: A ciascuno dei Comuni della Lombardia sono assegnati cinque parametri per la definizione della pioggia di progetto presi, come indicato dal Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017, dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia (<http://idro.arpalombardia.it/pmapper4.0/map.phtml>). Tali valori corrispondono ai parametri 1-24 ore delle Linee segnalatrici (Progetto Strada).

Linee pioggia - Grafico**Linee pioggia - Risultati tabellari**

Durata [ore]	(T= 100 anni) h [mm]
0	0,00
1	69,55
2	86,94
3	99,06
4	108,67
5	116,76
6	123,82
7	130,12
8	135,84
9	141,09
10	145,95
11	150,50
12	154,78
13	158,82
14	162,65
15	166,30
16	169,79
17	173,14
18	176,35
19	179,45
20	182,44
21	185,33
22	188,12
23	190,83
24	193,47

Scelta tempo di ritorno			
Personalizzato			
Tempo di ritorno adottato		100	anni
Coefficiente probabilistico	W_T	2,201	-
Parametro pioggia	a	69,553	mm/h ⁿ
<i>Nota: Il Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017 definisce i seguenti valori di tempi di ritorno.</i> <i>T = 50 [anni]: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.</i> <i>T = 100 [anni]: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche per il dimensionamento e la verifica delle eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi.</i>			

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ	T. corriv. t_c [min]
asfalti	Area impermeabile	1528,3	1,00	8
verde drenante	Area permeabile	447,7	0,00	8
Superficie totale intervento: 1976,0 m ²		Valori medi	0,7734	

IETOGRAMMA DI PIOGGIA

Definizione ietogramma di pioggia - asfalti

Durata pioggia di progetto (θ)	1,00	ore
Coefficiente di posizione (r)	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	

Nota: Il Regolamento Regionale n.7 del 23/11/2017, suggerisce l'utilizzo della seguente tabella:

In cui le classi d'uso del suolo sono quelle proposte dal Natural Resources Conservation Service:

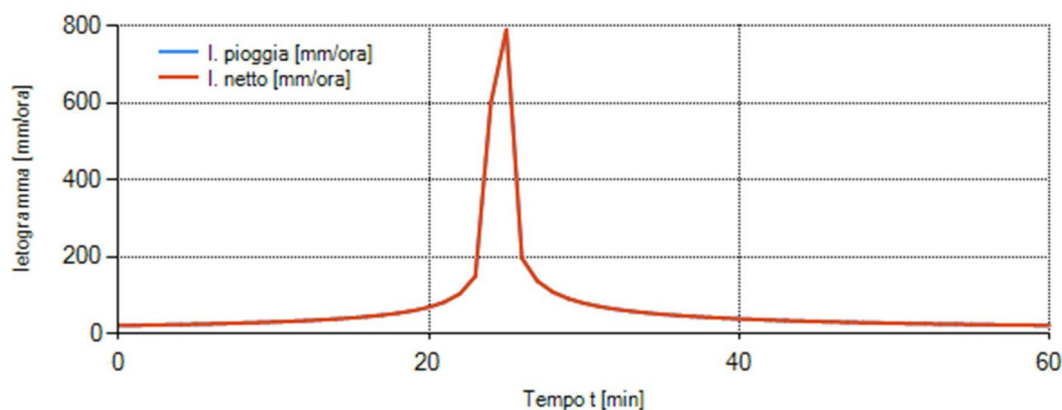
Classe A Scarsa potenzialità di afflusso: comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.

Classe B Potenzialità di afflusso moderatamente bassa: comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.

Classe C Potenzialità di afflusso moderatamente alta: comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloid, anche se meno che nel gruppo D; il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.

Classe D Potenzialità di afflusso 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.

Ietogramma di pioggia - Grafico



Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari

Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	22,08	22,08
5	25,78	25,78
8	28,87	28,87
9	30,12	30,12
10	31,52	31,52
11	33,08	33,08
12	34,86	34,86
13	36,89	36,89
14	39,24	39,24
15	41,99	41,99
16	45,29	45,29
17	49,31	49,31
18	54,35	54,35
19	60,90	60,90
20	69,83	69,83
21	82,93	82,93
22	104,58	104,58
23	150,01	150,01
24	600,12	600,12
25	790,03	790,03
26	197,49	197,49
27	137,68	137,68

28	109,18	109,18
29	91,93	91,93
30	80,17	80,17
31	71,55	71,55
32	64,92	64,92
33	59,62	59,62
34	55,28	55,28
35	51,65	51,65
36	48,56	48,56
37	45,89	45,89
38	43,55	43,55
39	41,49	41,49
40	39,65	39,65
41	38,01	38,01
42	36,52	36,52
43	35,17	35,17
44	33,93	33,93
45	32,80	32,80
46	31,76	31,76
47	30,80	30,80
48	29,90	29,90
49	29,07	29,07
50	28,29	28,29
51	27,56	27,56
52	26,88	26,88
53	26,23	26,23
54	25,63	25,63
55	25,05	25,05
56	24,51	24,51
60	22,60	22,60

Definizione ietogramma di pioggia - verde drenante

Durata pioggia di progetto (θ)	1,00	ore
Coefficiente di posizione (r)	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	

Nota: Il Regolamento Regionale n.7 del 23/11/2017, suggerisce l'utilizzo della seguente tabella:

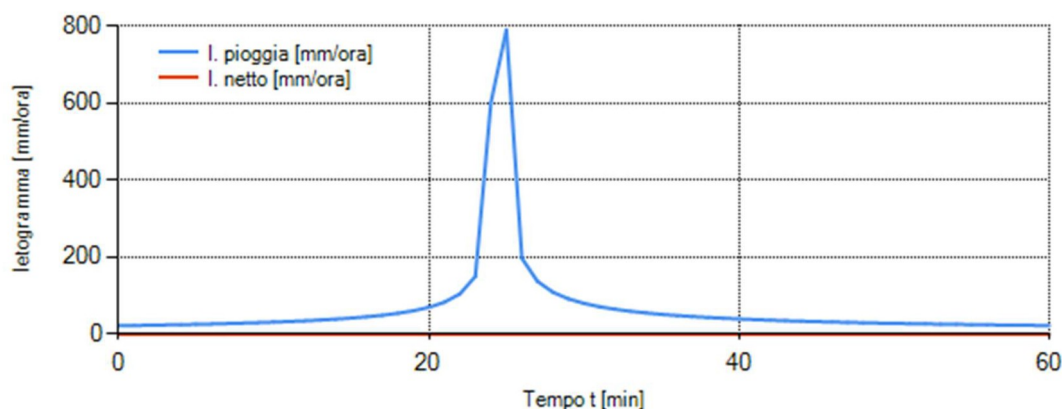
In cui le classi d'uso del suolo sono quelle proposte dal Natural Resources Conservation Service:

Classe A Scarsa potenzialità di afflusso: comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.

Classe B Potenzialità di afflusso moderatamente bassa: comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.

Classe C Potenzialità di afflusso 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 afflusso 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.

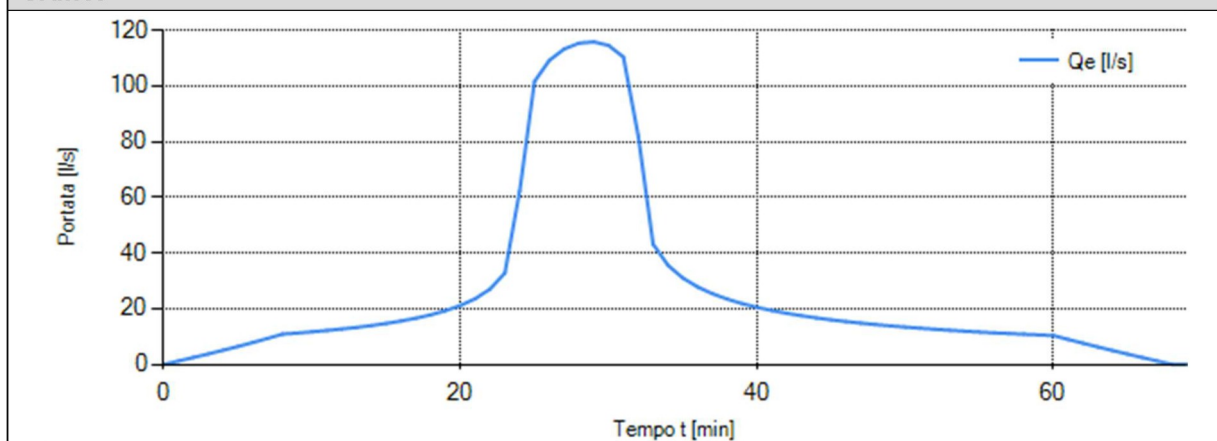
Ietogramma di pioggia - Grafico**Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari**

Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	22,08	0,00
5	25,78	0,00
8	28,87	0,00
9	30,12	0,00
10	31,52	0,00
11	33,08	0,00
12	34,86	0,00
13	36,89	0,00
14	39,24	0,00
15	41,99	0,00
16	45,29	0,00
17	49,31	0,00
18	54,35	0,00
19	60,90	0,00
20	69,83	0,00
21	82,93	0,00
22	104,58	0,00
23	150,01	0,00
24	600,12	0,00
25	790,03	0,00
26	197,49	0,00
27	137,68	0,00

28	109,18	0,00
29	91,93	0,00
30	80,17	0,00
31	71,55	0,00
32	64,92	0,00
33	59,62	0,00
34	55,28	0,00
35	51,65	0,00
36	48,56	0,00
37	45,89	0,00
38	43,55	0,00
39	41,49	0,00
40	39,65	0,00
41	38,01	0,00
42	36,52	0,00
43	35,17	0,00
44	33,93	0,00
45	32,80	0,00
46	31,76	0,00
47	30,80	0,00
48	29,90	0,00
49	29,07	0,00
50	28,29	0,00
51	27,56	0,00
52	26,88	0,00
53	26,23	0,00
54	25,63	0,00
55	25,05	0,00
56	24,51	0,00
60	22,60	0,00

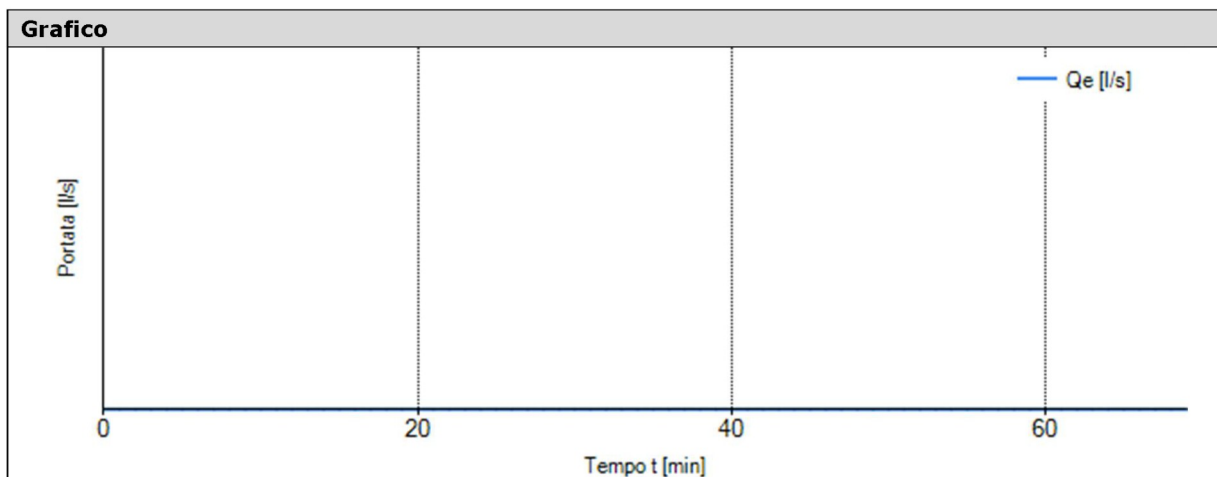
IDROGRAMMA DI PIENA

Area asfalti			
Tipo area		Area impermeabile	
Superficie		1528,3	m ²
Coefficiente di afflusso ϕ		1,00	-
Tempo corrivazione t_c		8	min

Grafico**Risultati tabellari**

Tempo [min]	0	5	8	9	10	11	12	13	14	15
Portata Q_e [l/s]	0,00	6,42	10,85	11,24	11,67	12,15	12,68	13,27	13,93	14,69
Tempo [min]	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Portata Q_e [l/s]	15,56	16,58	17,79	19,27	21,13	23,57	27,04	32,78	62,24	101,58
Tempo [min]	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Portata Q_e [l/s]	109,19	113,26	115,35	115,83	114,53	110,37	81,94	43,15	35,60	31,03
Tempo [min]	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Portata Q_e [l/s]	27,81	25,37	23,42	21,83	20,48	19,34	18,34	17,46	16,69	15,99
Tempo [min]	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
Portata Q_e [l/s]	15,37	14,80	14,28	13,81	13,37	12,96	12,59	12,24	11,92	11,61
Tempo [min]	56	60	65							
Portata Q_e [l/s]	11,32	10,33	3,67							

Area verde drenante			
Tipo area	Area permeabile		
Superficie		447,7	m ²
Coefficiente di afflusso	ϕ	0,00	-
Tempo corrivazione	t_c	8	min

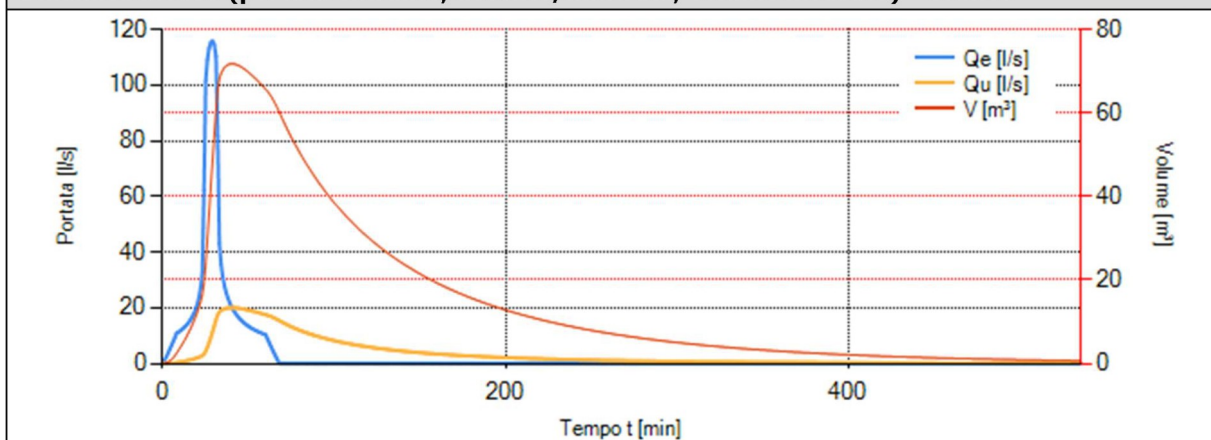


Risultati tabellari										
Tempo [min]	0	5	8	9	10	11	12	13	14	15
Portata Q _e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Portata Q _e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Portata Q _e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Portata Q _e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
Portata Q _e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	56	60	65							
Portata Q _e [l/s]	0,00	0,00	0,00							

DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

Metodo dei requisiti minimi			
Volume specifico minimo	W_0	560,00	m^3/ha_{imp}
Volume invaso minimo	W_0	85,58	m^3
Nota: Requisito minimo ridotto del 30% in quanto si adottano sole strutture d'infiltrazione e non si prevedono scarichi in corpi idrici ricettori.			

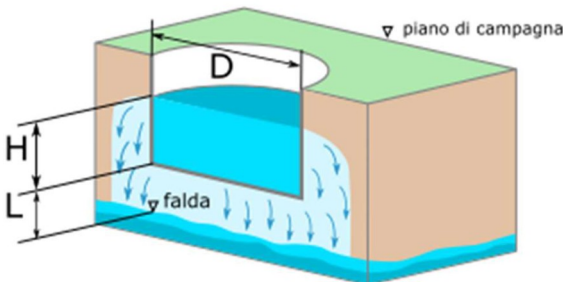
Metodo analitico di dettaglio			
Durata critica	D_W	1,00	ore
Battente idrico massimo	H_{max}	4,00	m
Volume invaso minimo	W	71,75	m^3
Metodologia: Modello cinematico, mediante integrale di convoluzione, con curva area tempi lineare e ietogramma tipo Chicago.			

CALCOLO DINAMICA INVASO**Dinamica invaso (portata entrante, uscente/infiltrata, volume invasato) - Grafico****Risultati tabellari**

Tempo [min]	Portata entrante Q_e [l/s]	Portata scaricata/infiltrata Q_u [l/s]	Vol. utile invasato W [m³]	Battente idrico H [m]
0	0,00	0,00	0,00	0,00
5	6,42	0,13	0,92	0,04
8	10,85	0,35	2,43	0,11
9	11,24	0,45	3,07	0,14
10	11,67	0,55	3,73	0,17
11	12,15	0,66	4,40	0,21
12	12,68	0,77	5,11	0,24
13	13,27	0,88	5,83	0,27
14	13,93	1,01	6,59	0,31
15	14,69	1,14	7,39	0,35
16	15,56	1,28	8,22	0,38
17	16,58	1,43	9,11	0,43
18	17,79	1,60	10,05	0,47
19	19,27	1,78	11,06	0,52
20	21,13	1,98	12,15	0,57
21	23,57	2,21	13,37	0,62
22	27,04	2,48	14,75	0,69
23	32,78	2,80	16,38	0,77
24	62,24	3,35	19,05	0,89
25	101,58	4,39	23,73	1,11
26	109,19	5,84	29,75	1,39
27	113,26	7,50	36,02	1,68
28	115,35	9,35	42,37	1,98
29	115,83	11,34	48,69	2,28
30	114,53	13,45	54,86	2,56
31	110,37	15,60	60,73	2,84
32	81,94	17,46	65,51	3,06
33	43,15	18,54	68,18	3,19
34	35,60	19,05	69,42	3,24
35	31,03	19,40	70,26	3,28
36	27,81	19,65	70,86	3,31
37	25,37	19,82	71,27	3,33
38	23,42	19,94	71,54	3,34
39	21,83	20,00	71,70	3,35
40	20,48	20,02	71,73	3,35
41	19,34	20,02	71,75	3,35
42	18,34	20,00	71,69	3,35
43	17,46	19,95	71,56	3,34

44	16,69	19,87	71,39	3,34
45	15,99	19,79	71,18	3,33
46	15,37	19,68	70,94	3,31
47	14,80	19,57	70,67	3,30
48	14,28	19,44	70,37	3,29
49	13,81	19,31	70,05	3,27
50	13,37	19,17	69,71	3,26
51	12,96	19,02	69,36	3,24
52	12,59	18,87	68,99	3,22
53	12,24	18,71	68,60	3,21
54	11,92	18,55	68,21	3,19
55	11,61	18,38	67,81	3,17
56	11,32	18,22	67,40	3,15
60	10,33	17,53	65,70	3,07
65	3,67	16,35	62,69	2,93
70	0,00	14,71	58,35	2,73
75	0,00	13,21	54,17	2,53
80	0,00	11,91	50,41	2,36
85	0,00	10,80	47,00	2,20
90	0,00	9,82	43,91	2,05
95	0,00	8,97	41,10	1,92
100	0,00	8,21	38,52	1,80
105	0,00	7,54	36,16	1,69
110	0,00	6,95	33,99	1,59
115	0,00	6,42	31,99	1,49
120	0,00	5,94	30,13	1,41
125	0,00	5,51	28,42	1,33
130	0,00	5,12	26,83	1,25
135	0,00	4,76	25,34	1,18
140	0,00	4,44	23,96	1,12
150	0,00	3,88	21,47	1,00
180	0,00	2,66	15,68	0,73
210	0,00	1,89	11,63	0,54
240	0,00	1,37	8,73	0,41
270	0,00	1,01	6,61	0,31
300	0,00	0,76	5,03	0,24
330	0,00	0,57	3,85	0,18
360	0,00	0,43	2,95	0,14
390	0,00	0,33	2,27	0,11
420	0,00	0,25	1,75	0,08
450	0,00	0,19	1,34	0,06
480	0,00	0,15	1,04	0,05
510	0,00	0,11	0,80	0,04
536	0,00	0,09	0,64	0,03

VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA

Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento		Pozzo d'infiltrazione (Sieker 1984)	
			
Battente idrico utile massimo	H	4,00	m
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	26,32	l/s
Numero di pozzi	n	4	
Diametro pozzo	D	2,00	m
Distanza dalla falda	L	20,0	m
Coeff. permeabilità di calcolo	K_{calc}	24,00	$m/s * 10^{-5}$

Per rispettare quanto analizzato il progetto prevede quindi la realizzazione di almeno n° 4 pozzi perdenti diametro interno 2,00 metri e altezza utile 4,0 metri, disposti a coppia (n° 2 coppie) e distanziati fra i loro bordi di un paio di metri, con volume di laminazione di ciascuna coppia pari a 47,82 mc (comprensivo dei vuoti contenuti nel dreno al loro intorno), per un totale quindi di 95,64 mc > 85,58 mc (volume di laminazione minimo Art. 12 del R.R. 7/2017) > 71,75 mc (volume di laminazione occorrente con $Tr = 100$ anni calcolato attraverso metodo analitico di dettaglio), per cui la verifica può dirsi soddisfatta. La medesima verifica risulta ovviamente essere soddisfatta anche nel caso di $Tr = 50$ anni.

Nella tabella seguente compaiono le caratteristiche dei perdenti in progetto:

a: diametro interno pozzo:	2,00	m
b: spessore anello prefabbricato	0,08	m
c: altezza utile pozzo perdente:	4,00	m
c1: n° anelli h 0,50 m:	8,00	n°
c2: ingombro coperchio perdente + pozzetto + chiusino:	0,80	m
c3: profondità perdente da piano campagna::	4,80	m
d: franco. Da intradosso coperchio perdente (al fine del calcolo del volume di immagazzinamento):	0,00	m
e: spessore dreno esterno e inferiore:	0,50	m
f: indice dei vuoti dreno esterno:	30%	
n: profondità da piano campagna del primo strato poco permeabile e quindi non considerato nel drenaggio laterale:	1,00	m
g: profondità da intradosso coperchio perdente del primo strato poco permeabile e quindi non considerato nel drenaggio laterale:	1,00	m
k: permeabilità media terreno:	2,40E-04	m/sec
in 1 ora drena:		
lateralmente = $((a/2)+b+e)^2 \cdot 3,14 \cdot (c-g) \cdot k \cdot 3600 \text{sec} =$	30,01 mc	pari a: 8,33 lt/sec
verticalmente = $((a/2)+b+e)^2 \cdot 3,14 \cdot k \cdot 3600 \text{sec} =$	6,77 mc	pari a: 1,88 lt/sec
volumi drenati sommano:	36,78 mc	pari a: 10,22 lt/sec
e immagazzina:		
al suo interno = $((a/2)^2) \cdot 3,14 \cdot (c-d) =$	12,56 mc	
fra i vuoti del dreno esterno e sottostante = (volume pozzo compreso dreno - volume pozzo) * indice dei vuoti f =	6,19 mc	
volumi immagazzinati singolo pozzo sommano:	18,75 mc	
volumi immagazzinati in 2 pozzi distanziati fra i loro bordi di 2 metri: 47,82 mc		

**nei calcoli dei volumi di laminazione viene considerato, cautelativamente, solamente il valore del drenaggio laterale*

10 PIANO MANUTENZIONE ORDINARIA E STRAORDINARIA

La manutenzione è fondamentale per garantire il mantenimento in efficienza delle strutture e degli elementi realizzati per le funzioni di drenaggio delle acque meteoriche; serve ad assicurare alle strutture stesse un periodo di vita più lungo, permettendo di intervenire periodicamente nell'individuazione di eventuali malfunzionamenti che, se trascurati, ne potrebbero pregiudicare irrimediabilmente le funzioni.

A seconda delle tipologie di elementi di drenaggio si presentano ovviamente livelli differenti di complessità nella manutenzione.

La prima e più semplice distinzione riguarda sicuramente gli **interventi ordinari**, da svolgersi periodicamente seguendo un calendario prestabilito, dagli **interventi straordinari**, necessari al ripristino delle funzioni in caso di malfunzionamento, guasto o successivamente ad eventi meteorici o di altra natura (per esempio sversamenti abusivi, incidenti rilevanti) che interessino direttamente o indirettamente le strutture.

Gli interventi di **manutenzione ordinaria** a seguito anche di un semplice controllo visivo dello stato di efficienza degli elementi drenanti a eseguito di ogni evento meteorico che li vede coinvolti dovranno essere:

- pulizia rifiuti;
- rimozione detriti;
- eliminazione di problemi di scorrimento e/o intasamento;
- ispezione e controllo dell'efficienza e manutenzione di eventuali componenti meccaniche ed elettriche (impianti di sollevamento, captazione, rilascio, ecc.).

Gli interventi di **manutenzione straordinaria** da svolgersi successivamente al riscontro di malfunzionamenti e sempre successivamente al verificarsi di eventi straordinari che abbiano danneggiato in tutto o in parte gli impianti in progetto e comunque con cadenza almeno semestrale dovranno essere:

- pulizia rifiuti;
- rimozione detriti;
- ripristino dei substrati filtranti danneggiati dal trasporto solido o da altre cause;
- risoluzione di problemi di intasamento;
- ispezione, controllo dell'efficienza e manutenzione di eventuali componenti meccanici (impianti di sollevamento, captazione, rilascio, ecc.);

Rispetto a quanto descritto, risulta evidente che a seconda del livello e complessità degli interventi di manutenzione gli stessi potranno essere svolti da operai generici (rimozione detriti), da tecnici esperti (ripristino di impianti di sollevamento) o comunque formati a svolgere mansioni specifiche.

Origgio, lì 7 Ottobre 2024

Dr. Geol. Marco Borghi



ANALISI GRANULOMETRICA LABORATORIO GEOTECNICO

**ALLEGATO E: ASSEVERAZIONE DEL PROFESSIONISTA IN MERITO ALLA CONFORMITÀ DEL
PROGETTO AI CONTENUTI DEL REGOLAMENTO REGIONALE N 7/2017**

Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: *Origgio*
Coordinate: *via Saronnino*

Linea segnatrice

Tempo di ritorno (anni) **50**

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

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 31,6
N - Coefficiente di scala 0,3219
GEV - parametro alpha 0,2903
GEV - parametro kappa -0,0118
GEV - parametro epsilon 0,8287

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore]

Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

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

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

Bibliografia ARPA Lombardia:

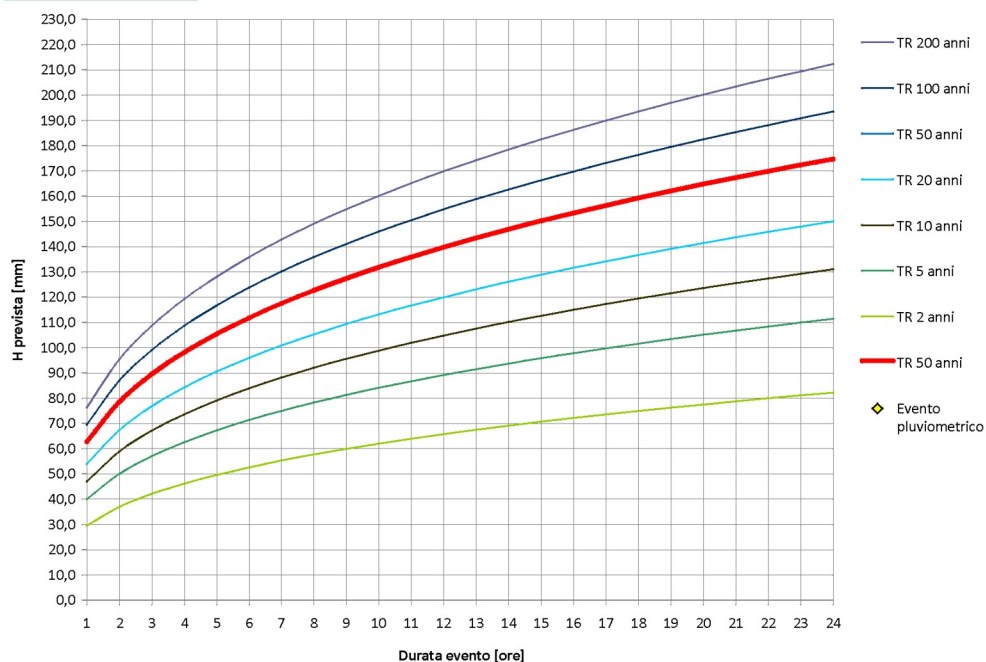
<http://idro.arpalombardia.it/manual/isp.pdf>

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

Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

Tr	2	5	10	20	50	100	200	50
wT	0,93533	1,26801	1,49073	1,70624	1,98791	2,20103	2,41513	1,9879148
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 50 anni
1	29,6	40,1	47,1	53,9	62,8	69,6	76,3	62,8181077
2	36,9	50,1	58,9	67,4	78,5	86,9	95,4	78,5211056
3	42,1	57,1	67,1	76,8	89,5	99,1	108,7	89,4685053
4	46,2	62,6	73,6	84,2	98,1	108,7	119,2	98,1494706
5	49,6	67,3	79,1	90,5	105,5	116,8	128,1	105,458914
6	52,6	71,3	83,9	96,0	111,8	123,8	135,9	111,833454
7	55,3	75,0	88,1	100,9	117,5	130,1	142,8	117,52274
8	57,7	78,3	92,0	105,3	122,7	135,8	149,0	122,684449
9	60,0	81,3	95,6	109,4	127,4	141,1	154,8	127,425256
10	62,0	84,1	98,9	113,1	131,8	146,0	160,2	131,821075
11	64,0	86,7	101,9	116,7	135,9	150,5	165,1	135,928072
12	65,8	89,2	104,8	120,0	139,8	154,8	169,8	139,789095
13	67,5	91,5	107,6	123,1	143,4	158,8	174,3	143,437668
14	69,1	93,7	110,2	126,1	146,9	162,6	178,5	146,900565
15	70,7	95,8	112,6	128,9	150,2	166,3	182,5	150,199548
16	72,2	97,8	115,0	131,6	153,4	169,8	186,3	153,352575
17	73,6	99,7	117,3	134,2	156,4	173,1	190,0	156,374653
18	74,9	101,6	119,4	136,7	159,3	176,4	193,5	159,278468
19	76,3	103,4	121,5	139,1	162,1	179,5	196,9	162,074852
20	77,5	105,1	123,6	141,4	164,8	182,4	200,2	164,773135
21	78,8	106,8	125,5	143,7	167,4	185,3	203,4	167,381417
22	79,9	108,4	127,4	145,8	169,9	188,1	206,4	169,906781
23	81,1	109,9	129,2	147,9	172,4	190,8	209,4	172,355458
24	82,2	111,5	131,0	150,0	174,7	193,5	212,3	174,732966

Linee segnatrici di probabilità pluviometrica



PROVA DI PERMEABILITA' CON INFILTROMETRO AD ANELLO

Luogo: Origgio - via San Pietro
data: 26/01/2024

Formula US Navy Bureau (1972)
$$K = \frac{(\pi \cdot r^2)}{f \cdot (t_2 - t_1)} \cdot \ln\left(\frac{H}{h}\right)$$

raggio infiltrometro	m	0,14			
diametro infiltrometro	m	0,28			
Area infiltrometro	mq	0,0615752			
f fattore di forma	m	0,77			
H iniziale	m	0,15	0,15	0,15	0,15
h finale	m	0,11	0,08	0,05	0,02
t1 iniziale	sec	0	0	0	0
t2 finale	sec	50	87	120	150
K permeabilità	m/sec	4,96E-04	5,78E-04	7,32E-04	1,07E-03
valore medio:	m/sec	7,20E-04			

VALORE RIDOTTO DI 1/3 DA USARE NEI CALCOLI: m/sec **2,40E-04**



TAB. 2

Dott. Marco Borghi
via P. Gobetti, 102 – Olgiate C. (CO)

Prove di laboratorio
Analisi granulometriche

Origgio (VA)
Via San Pietro

Ambito di progettazione
coordinata APC 03 – Lotto 1

Il giorno 14 febbraio 2024 ci è stato consegnati, presso il ns. laboratorio, n° 1 vasetto contenente materiale da sottoporre alle seguenti analisi:

- *Analisi granulometrica*

La prova iniziata il giorno 14 febbraio 2024 è stata terminata il giorno 19 febbraio 2024.

Di seguito sono riportati i certificati delle prove eseguite.

Mariano Comense, 19 febbraio 2024

Dott. F. Croce
LABORATORIO GEOTECNICO
Via San Primo, 2 - Mariano Comense CO

L3907.f1/24.cc

INDICE

TABELLE RIASSUNTIVE

Riepilogo risultati prove scavo S1 tab. n° A

PROVE DI LABORATORIO

Scheda Campioni

SONDAGGIO S1

Campione A

Apertura campione tab. n° 01

Analisi granulometrica tab. n° 02

L3907.f1/24.cc

SCHEMA CAMPIONI

Scavo	Campione Profondità	Tipologia campione	Tipologia prove	Normativa
S1	A 1,50	Rimaneggiato	Apertura campione Analisi Granulometrica	Raccomandazioni AGI ASTM D 422-92

NOTE

I campioni sono stati prelevati dai Vs. tecnici.

Le analisi granulometriche sono state eseguite per via umida.

I risultati delle analisi si riferiscono al campione sottoposto a prova.

L3907.f1/24.cc

TABELLE RIASSUNTIVE

L3907.f1/24.cc

Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 – 22066 Mariano C.se (CO)
Contatti : fisso 031750824 mobile 3356876801 – email : crocelab@live.it

SCAVO 1

CAMPIONE N°		A				
PROFONDITA' da z. r.						
da m						
a m		1.50				
ANALISI GRANULOMETRICA						
d > 76.200 %		0.00				
76.200 > d > 4.760 %		42.66				
4.760 > d > 0.074 %		50.98				
0.074 > d %		6.36				

N. B. : Le profondità sono riferite al piano campagna (z. r.)

	Operatore <i>Dott.  Croce</i>	Lavoro n° L3907.f1/24 tab. A
--	--	------------------------------

Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 – 22066 Mariano C.se (CO)
 Contatti : fisso 031750824 mobile 3356876801 – email : crocelab@live.it

PROVE DI LABORATORIO

L3907.f1/24.cc

Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 – 22066 Mariano C.se (CO)
Contatti : fisso 031750824 mobile 3356876801 – email : crocelab@live.it

SCAVO S1

L3907.f1/24.cc

Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 – 22066 Mariano C.se (CO)
Contatti : fisso 031750824 mobile 3356876801 – email : crocelab@live.it

APERTURA CAMPIONE RIMANEGGIATO

Raccomandazioni AGI

Scavo S1	Campione A	Profondità 1.50	Zero di rif. p. c.
Data prelievo 08.02.2024	Data arrivo laboratorio 14.02.2024	Data inizio prove 14.02.2024	Data fine prove. 19.02.2024

Descrizione litologica del campione Colori : Soil color chart MUNSELL
Sabbia con ghiaia limo-argillosa. Colore 10 YR – 4 / 4 nocciola scuro.

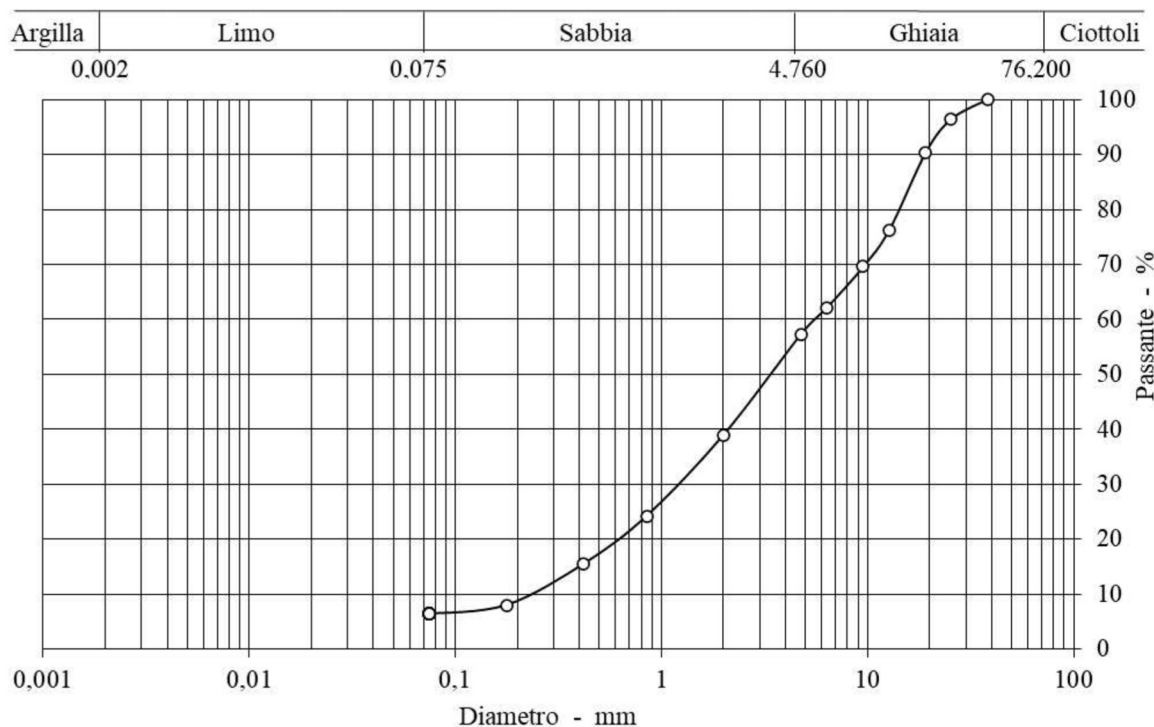
	Operatore 	Lavoro n° L3907.f1/24 tab. 01
--	--	---

Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 – 22066 Mariano C.se (CO)
Contatti : fisso 031750824 mobile 3356876801 – email : crocelab@live.it

ANALISI GRANULOMETRICA

Norma ASTM D422 - 92

Scavo	Campione	Profondità	Zero di rif.
S1	A	1.50	p. c.



Setacciatura		Aerometria	
diametro mm	passante %	diametro mm	passante %
101,600			
88,900			
76,200			
63,500			
50,800			
38,100	100,00		
25,400	96,45		
19,050	90,28		
12,700	76,25		
9,520	69,59		
6,350	62,15		
4,760	57,34	Classi granulometriche	
2,000	38,96	Ciottoli	0,00
0,850	24,24	Ghiaia	42,66
0,420	15,49	Sabbia	50,98
0,177	7,95	Limo e Arg.	6,36
0,075	6,36		

Diametri		
Passante 60%	D60	5,6290
Passante 50%	D50	3,4080
Passante 30%	D30	1,2350
Passante 10%	D10	0,2380
Coefficienti		
Uniformità	U	2,37E+01
Curvatura	C	1,14E+00
Permeabilità (cm/sec)	k	6,45E-02

Peso specifico (valore assunto)	n. d.
---------------------------------	-------

Descrizione
Sabbia con ghiaia debolmente limo-argillosa.
Note - Osservazioni
Il coefficiente di permeabilità "k" è stato calcolato con la formula di Hazen. Il valore così calcolato è indicativo.

Certificato n°	Operatore	Lavoro n°
3907.f1-01		L3907.f1/23 tab. 02

Laboratorio Geotecnico Croce - Via S. Primo, 2 - 22066 Mariano C.se (CO)
 Contatti : fisso 031750824 mobile 3356876801 - email : crocelab@live.it

All. E- Asseverazione del professionista in merito alla conformità del progetto ai contenuti del regolamento

DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETA'

(Articolo 47 D.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445)

Il sottoscritto **BORGHI MARCO EDOARDO** nato a TRADATE il 26/01/1965, residente a **OLGIATE COMASCO** in via **PIERO GOBETTI n. 102** iscritto all'Ordine dei **geologi** della Regione **LOMBARDIA** al n **750** incaricato da **CONSORZIO APC 03 ORIGGIO** di redigere il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* per l'intervento di **AMBITO DI PROGETTAZIONE COORDINATA APC 03 - LOTTO 1A - VIA SAN PIETRO - ORIGGIO (VA) – AREA A STANDARD ST1-ST2-ST3-VIA SAN PIETRO**

In qualità di tecnico abilitato, qualificato e di esperienza nell'esecuzione di stime idrologiche e calcoli idraulici

Consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'articolo 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadrà dai benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (articolo 75 D.P.R. 445/2000);

DICHIARA

☒ che il comune di **ORIGGIO**, in cui è sito l'intervento, ricade all'interno dell'area:

☒ A: ad alta criticità idraulica

☐ B: a media criticità idraulica

☐ C: a bassa criticità idraulica

oppure:

☐ che l'intervento ricade in un'area inserita nel PGT comunale come ambito di trasformazione e/o come piano attuativo previsto nel piano delle regole e pertanto di applicano i limiti delle aree A ad alta criticità

☐ che la superficie interessata dall'intervento è minore o uguale a 300 m² e che si è adottato un sistema di scarico sul suolo, purché non pavimentato, o negli strati superficiali del sottosuolo e non in un ricettore, salvo il caso in cui questo sia costituito da laghi o dai fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio, Chiese e Mincio (art. 12, comma 1, lettera a)

☒ che per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica è stata considerata la portata massima ammissibile per l'area (A/B/C/ambito di trasformazione/piano attuativo) pari a:

☐ 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento

☐ 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento

☐ l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento, derivante da limite imposto dall'Ente gestore del ricettore

☒ che l'intervento prevede l'infiltrazione come mezzo per gestire le acque pluviali (in alternativa o in aggiunta all'allontanamento delle acque verso un ricettore), e che la portata massima infiltrata dai sistemi di infiltrazione realizzati è pari a 458,53 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento

☒ che in relazione all'effetto potenziale dell'intervento e alla criticità dell'ambito territoriale (rif. Articolo 9 del regolamento), l'intervento ricade nella classe di intervento:

- ☐ Classe "0"
- ☐ Classe "1" Impermeabilizzazione potenziale bassa
- ☐ Classe "2" Impermeabilizzazione potenziale media
- ☒ Classe "3" Impermeabilizzazione potenziale alta

☐ che l'intervento ricade nelle tipologie di applicazione dei requisiti minimi di cui:

- ☐ all'articolo 12, comma 1 del regolamento
- ☐ all'articolo 12, comma 2 del regolamento

☒ di aver redatto il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* con i contenuti di cui:

- ☒ all'articolo 10, comma 1 del regolamento (casi in cui non si applicano i requisiti minimi)
- ☐ all'articolo 10, comma 2 e comma 3, lettera a) del regolamento (casi in cui si applicano i requisiti minimi)

☒ di aver redatto il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* conformemente ai contenuti del regolamento, con particolare riferimento alle metodologie di calcolo di cui all'articolo 11 del regolamento

ASSEVERA

☒ che il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* previsto dal regolamento (articoli 6 e 10 del regolamento) è stato redatto nel rispetto dei principi di invarianza idraulica e idrologica, secondo quanto disposto dal piano di governo del territorio, dal regolamento edilizio e dal regolamento;

☐ che le opere di invarianza idraulica e idrologica progettate garantiscono il rispetto della portata massima ammissibile nel ricettore prevista per l'area in cui ricade il Comune ove è ubicato l'intervento.

☒ che la portata massima scaricata su suolo dalle opere realizzate è compatibile con le condizioni idrogeologiche locali;

☐ che l'intervento ricade nell'ambito di applicazione dell'art. 12, comma 1, lettera a) del regolamento;

☐ che l'intervento ricade nell'ambito di applicazione della monetizzazione (art. 16 del regolamento), e che pertanto è stata redatta la dichiarazione motivata di impossibilità di cui all'art. 6 comma 1, lettera d) del regolamento, ed è stato versato al comune l'importo di Euro

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'articolo 13 del Dlgs 196 del 30 giugno 2003, che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

Origgio, 25/10/2024

Il Dichiarante

Dr. Geol. Marco Borghi



Ai sensi dell'articolo 38, D.P.R. 445 del 28 dicembre 2000, così come modificato dall'articolo 47 del d. lgs. 235 del 2010, la dichiarazione è sottoscritta dall'interessato in presenza del dipendente addetto ovvero sottoscritta e presentata unitamente a copia fotostatica non autenticata di un documento di identità del sottoscrittore. La copia fotostatica del documento è inserita nel fascicolo. La copia dell'istanza sottoscritta dall'interessato e la copia del documento di identità possono essere inviate per via telematica.

La mancata accettazione della presente dichiarazione costituisce violazione dei doveri d'ufficio (articolo 74 comma D.P.R. 445/2000). Esente da imposta di bollo ai sensi dell'articolo 37 D.P.R. 445/2000.