



**Comune di Monza**  
(MB)

**RELAZIONE TECNICA  
A CORREDO DEL PROGETTO DI  
INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA**

*Progetto di costruzione di un nuovo HUB comunale  
destinato a deposito presso l'area comunale  
sita in Viale delle Industrie, nel Comune di Monza (MB)*

**CIG: ZF23121DA6**

20 dicembre 2021



**Sommario**

1	Introduzione.....	1
2	Normativa e bibliografia di riferimento.....	1
2.1	Normativa.....	1
2.2	Bibliografia.....	1
3	Invarianza idraulica e idrologica .....	2
3.1	Inquadramento dell'area .....	2
3.1.1	Classe di intervento .....	2
3.1.2	Superficie dell'intervento .....	3
3.1.3	Coefficiente di deflusso medio-ponderale .....	3
3.2	Requisiti minimi .....	4
3.2.1	Valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori .....	4
3.2.2	Volume minimo di invaso .....	4
3.3	Dimensionamento e verifica del volume di invaso.....	5
3.3.1	Linee Segnatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) .....	5
3.3.2	Metodo analitico mediante procedura dettagliata.....	5
3.3.2.1	Ietogramma di pioggia di progetto .....	6
3.3.2.2	Ietogramma di pioggia netto.....	7
3.3.2.3	Idrogramma in ingresso all'invaso .....	9
3.3.2.4	Portata in uscita dall'invaso.....	11
3.3.2.5	Calcolo del volume invasato con il metodo mediante procedura dettagliata .....	11
3.3.2.6	Calcolo della portata massima scaricata.....	12
3.3.2.7	Tempo di svuotamento .....	12
3.4	Risultati elaborazione .....	13
4	Stima del coefficiente di permeabilità del terreno.....	14
4.1	Prova di permeabilità di tipo Lefranc a carico variabile.....	14
5	Conclusioni.....	15

**ALLEGATI**

<b>Allegato 1</b>	Relazione di calcolo
<b>Allegato 2</b>	Prova Lefranc

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica è stata redatta, su incarico del Comune di Monza (Determina del Responsabile del Settore Servizio Progettazioni n. 1089 del 12 luglio 2021 – CIG ZF23121DA6), a corredo del Progetto di Invarianza Idraulica e Idrologica dell'area sita nel Comune di Monza in Viale delle Industrie, ove è prevista la realizzazione di un nuovo HUB comunale ad uso deposito/archivio.

## 2 NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

### 2.1 Normativa

- R.R. n. 7 del 23 novembre 2017 – *Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)*
- R.R. n. 8 del 19 aprile 2019 – *Disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017 n. 7 (Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 "Legge per il governo del territorio")*
- *Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Monza (MB), redatto nel marzo 2017, ai sensi della D.G.R. 22 dicembre 2005 n. 8/1566 e della D.G.R. 28 maggio 2008 n. 8/7374, dalla società Idrogea Servizi S.r.l. di Varese (VA)*

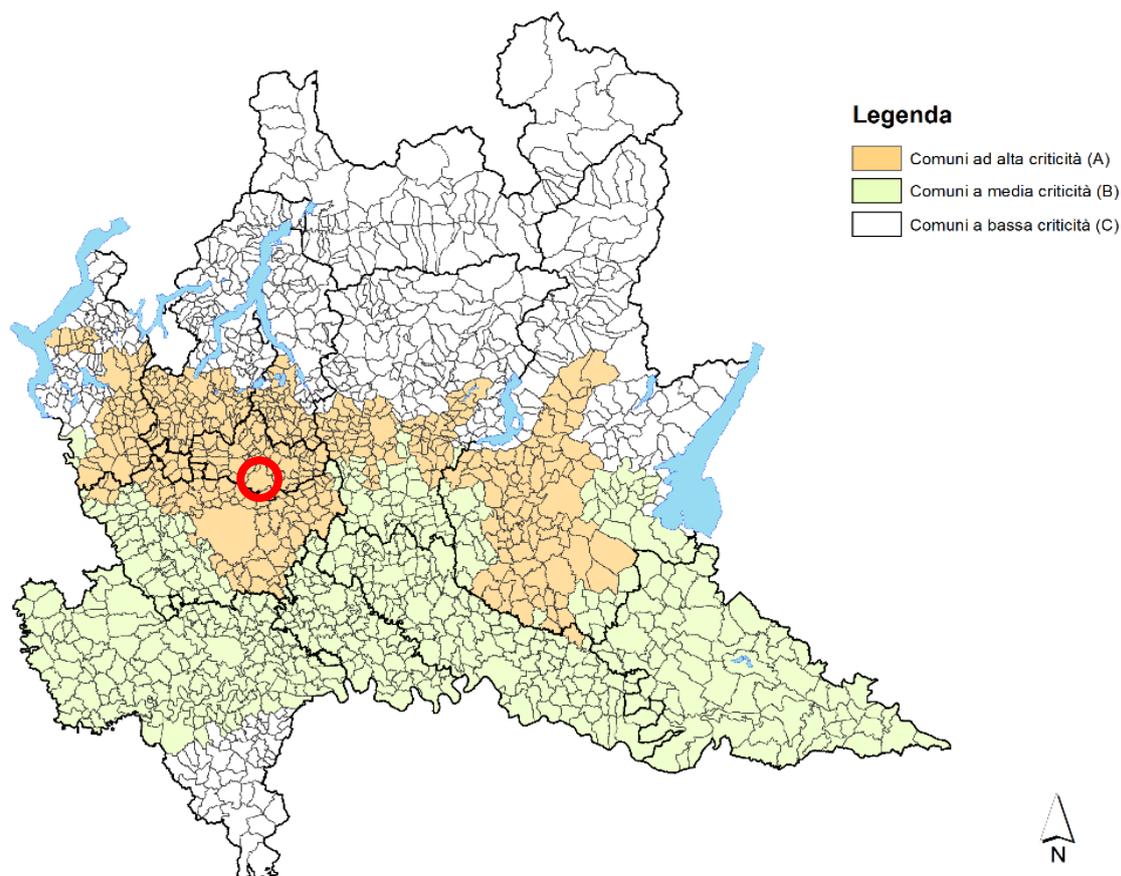
### 2.2 Bibliografia

- A.G.I. (1977), *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*. Associazione Geotecnica Italiana, Roma
- Cestari F. (1990), *Prove geotecniche in sito*. Ed. Geograph snc
- *Manuale sulle buone pratiche di utilizzo dei sistemi di drenaggio urbano sostenibile*, edito da Università di Milano e Gruppo CAP

### 3 INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

#### 3.1 Inquadramento dell'area

Come definito dal R.R. n. 7 del 23 novembre 2017 *Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)*, il territorio comunale di Monza ricade all'interno della fascia di comuni caratterizzata da alta criticità idraulica (Area A), come indicato nella seguente figura:



##### 3.1.1 Classe di intervento

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 in quattro classi, a seconda della superficie interessata e del coefficiente di deflusso medio ponderale, calcolato ai sensi dell'articolo 11, comma 2, lettera c), numero 7) del regolamento.

L'area in esame, secondo quanto meglio specificato nei seguenti paragrafi §3.1.2 e §3.1.3, è caratterizzata da un intervento in **Classe 2: impermeabilizzazione potenziale media**, pertanto la modalità di calcolo indicata dal regolamento è mediante il "metodo delle sole piogge". Tuttavia lo stesso regolamento (art. 9, comma 3) indica che è facoltà del professionista adottare la procedura di calcolo dettagliata.

### 3.1.2 Superficie dell'intervento

L'intervento in progetto ha una superficie totale di 3.198,0 m<sup>2</sup> (0,3198 ha), di cui 1.636,0 m<sup>2</sup> occupati dagli edifici e dalle superfici impermeabili; la rimanente parte (1.562,0 m<sup>2</sup>) è caratterizzata da superfici permeabili (aree verdi).



### 3.1.3 Coefficiente di deflusso medio-ponderale

Assumendo un coefficiente di deflusso (articolo 11, comma 2, lettera d) del regolamento) pari all'unità per le parti coperte, pari a 0,7 per le pavimentazioni drenanti, o semipermeabili, e 0,3 per le superfici permeabili (aree verdi), il coefficiente di deflusso medio ponderale calcolato per l'area in esame risulta pari a 0,6581.

## 3.2 Requisiti minimi

Lo stesso regolamento definisce per ciascuna area di criticità i valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori ed il volume minimo dell'invaso, o del complesso degli invasi, di laminazione.

### 3.2.1 Valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori

Gli scarichi nel ricettore sono limitati mediante l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore stesso e comunque entro valori massimi ammissibili ( $u_{lim}$ ).

Come indicato all'art. 8 del regolamento, per le Aree A di cui al comma 3 dell'art. 7, tale limite è pari a 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

Pertanto nel caso dell'area in esame, la portata massima scaricabile nei ricettori risulta pari a:

$$0,3198 \text{ ha} \times 0,6581 \times 10 \text{ l/s} = 2,10 \text{ l/s}$$

### 3.2.2 Volume minimo di invaso

Nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale media e ricadenti nell'ambito territoriale di alta 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 (art. 12 del regolamento): 800 m<sup>3</sup> per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

Pertanto nel caso dell'area in esame, il volume minimo di invaso risulta pari a:

$$0,3198 \text{ ha} \times 0,6581 \times 800 \text{ m}^3 = 168,37 \text{ m}^3$$

### 3.3 Dimensionamento e verifica del volume di invaso

#### 3.3.1 Linee Segnatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP)

Dall'analisi dei dati forniti dal servizio Meteo di ARPA Lombardia relativi al territorio comunale di Monza, e considerando un tempo di ritorno  $T_R = 50$  anni (art. 11 del regolamento), sono stati ricavati i seguenti valori dei parametri  $a$  e  $n$ :

$$a = 62,911 \text{ mm/ora}^n$$

$$n = 0,3034 \text{ (per eventi meteorici di durata superiore ad 1 ora)}$$

$$n = 0,5 \text{ (per eventi meteorici di durata inferiore ad 1 ora)}$$

#### 3.3.2 Metodo analitico mediante procedura dettagliata

Come indicato all'art. 11 e nell'Allegato G del regolamento, il metodo analitico mediante procedura dettagliata 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.

La relazione di calcolo relativa al dimensionamento ed alla verifica delle strutture in progetto è riportata per esteso in *Allegato 1*.

### 3.3.2.1 Ietogramma di pioggia di progetto

Per la definizione dell'evento di pioggia di progetto è stato utilizzato 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 così calcolato:

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

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

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

$h$  [mm]: altezza di precipitazione

$a$  [mm/ora<sup>n</sup>]: 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  $t_p r$

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  $\theta$  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 formula:

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

$i$  [mm/ora]: intensità di precipitazione

$\Delta t$  [ore]: passo di calcolo dell'intensità di precipitazione posto pari a 1 minuto

### 3.3.2.2 Ietogramma di pioggia netto

Lo ietogramma di pioggia netto è stato calcolato mediante il metodo di depurazione delle piogge di Horton.

Tale modello prevede che l'infiltrazione delle acque di pioggia nel sottosuolo decresce da un valore massimo iniziale legato al tipo di suolo ed al suo stato di imbibizione all'inizio dell'evento, ad un valore minimo asintotico che eguaglia la conduttività idraulica a saturazione, la quale è legata alle caratteristiche di porosità del terreno, alla stratigrafia del sottosuolo, alla presenza e distanza dalla falda.

La rapidità con cui la curva esponenziale decresce, è anch'essa legata al tipo di suolo.

Se  $i_0 \geq f_0$ :

$$f(t) = f_c + (f_0 - f_c) \cdot e^{-kt}$$

$f(t)$  [mm/ora]: infiltrazione al tempo  $t$

$f_c$  [mm/ora]: conduttività idraulica a saturazione

$f_0$  [mm/ora]: infiltrazione iniziale (per  $t=0$ )

$k$  [1/ora]: costante di decadimento

Se  $i_0 < f_0$ :

È necessario traslare tale curva di un intervallo di tempo  $t_0$  tale che nel momento in cui si verifica l'intersezione tra la nuova curva d'infiltrazione e lo ietogramma di pioggia lordo ( $i = f'$ ), il volume di pioggia affluito sia uguale a quello infiltrato ( $I = F'$ ), ovvero:

$$\begin{cases} i(t_p) = f'(t_p - t_0) \\ I(t_p) = F'(t_p - t_0) \end{cases}$$

$t_p$  [ora]: tempo di ponding; intersezione tra la curva di infiltrazione traslata e lo ietogramma di pioggia lordo

$t_0$  [ora]: tempo di traslazione della curva d'infiltrazione

$i_p$  [mm/ora]: intensità di pioggia al tempo di ponding

$f'(t_p-t_0)$  [mm/ora]: infiltrazione al tempo  $t=t_p-t_0$

$I(t_p)$  [mm]: volume di pioggia affluito al tempo di ponding

$F'(t_p-t_0)$  [mm]: volume infiltrato al tempo  $t=t_p-t_0$

Il tempo di ponding  $t_p$  ed il tempo di traslazione della curva d'infiltrazione  $t_0$  vengono calcolati risolvendo numericamente il sistema di equazioni sopra riportato.

Il volume di infiltrazione si calcola come:

$$F'(t) = \int_0^t f(\tau) \cdot d\tau = f_c \cdot t + (f_0 - f_c) \cdot \frac{(1 - e^{-kt})}{k}$$

Per quanto riguarda i valori da attribuire ai parametri della legge di Horton si fa riferimento a quanto riportato anche nel regolamento di Regione Lombardia, che suggerisce l'utilizzo dei valori riportati nella Tabella seguente:

Classe suolo	$f_0$ [mm/ora]	$f_c$ [mm/ora]	$k$ [ore <sup>-1</sup> ]
A	250	25,4	2
B	200	12,7	2
C	125	6,3	2
D	76	2,5	2

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.

Lo ietogramma netto  $i_n(t)$  si può calcolare come segue.

Per  $t > t_p$  e  $i(t) > f'(t)$ :

$$i_n(t) = i(t) - f'(t)$$

Altrimenti:

$$i_n(t) = 0$$

$i_n$  [mm/ora]: intensità di pioggia netta

$i$  [mm/ora]: intensità di pioggia lorda

$t_p$  [ore]: tempo di "ponding"

$f'$  [mm/ora]: intensità d'infiltrazione (curva di Horton traslata)

### 3.3.2.3 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 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.

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

$q_k$  [ $m^3/s$ ]: portata all'istante di tempo  $t = k \cdot \Delta t$

$p_j$  [ $m^3/s$ ]: 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  $t = j \cdot \Delta t$

$\Delta t$  [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 Strickler

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 riportati nella tabella seguente:

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  $\theta$  è la durata della precipitazione.

### 3.3.2.4 Portata in uscita dall'invaso

Trattandosi di un sistema di scarico a portata costante si adotta la seguente legge di efflusso.

$$Q_u = cost$$

### 3.3.2.5 Calcolo del volume invasato con il metodo mediante procedura dettagliata

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.

$$W_0 = \max_i(W_i)$$

### 3.3.2.6 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

Per il metodo analitico il battente idrico viene calcolato come il massimo di tutti i tiranti idrici all'interno dell'invaso durante l'evento di piena.

### 3.3.2.7 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 con la seguente.

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

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

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

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.

### 3.4 Risultati elaborazione

Come riportato per esteso nella relazione di calcolo in *Allegato 1*, il volume di invasato calcolato risulta pari a 68,91 m<sup>3</sup>, **inferiore al volume derivante dal parametro di requisito minimo** indicato al precedente §3.2.2 (art. 12 del regolamento), pari a 800 m<sup>3</sup>/ha<sub>imp</sub> per aree di alta criticità.

Pertanto, ai fini del progetto di invarianza idraulica e idrologica, **dovrà essere assunto come volume di invasato il valore derivante dal parametro di requisito minimo**, pari ad almeno 168,37 m<sup>3</sup> per l'area in esame.

La portata massima scaricabile nei recettori risulta pari a 2,10 l/s.

Nel caso in cui si preveda la realizzazione di sole strutture di dispersione e quindi il volume d'acqua calcolato fosse gestito solamente mediante infiltrazione e non mediante scarico in altri recettori, potrà essere applicata una riduzione del volume pari al 30%, come previsto dal "bonus infiltrazione". Di conseguenza il volume di invasato si ridurrebbe a 117,86 m<sup>3</sup>.

## 4 STIMA DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ DEL TERRENO

Il coefficiente di permeabilità del terreno è stato stimato mediante l'elaborazione dei dati ricavati da una prova di permeabilità in foro di tipo Lefranc a carico variabile, realizzata all'interno del sondaggio geognostico S2 effettuato nell'area, nell'intervallo di profondità 3,50÷4,00 m dalla quota di piano campagna.

### 4.1 Prova di permeabilità di tipo Lefranc a carico variabile

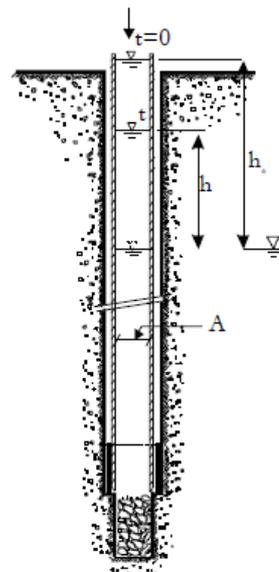
Per effettuare una prova di permeabilità di tipo Lefranc a carico variabile all'interno di un foro di sondaggio, occorre interrompere la perforazione e ripulire accuratamente il foro, manovrando la tibazione di rivestimento in modo da lasciare una "tasca" non rivestita, avente lunghezza predefinita e nota, in corrispondenza del fondo del foro. Tale "tasca" può essere all'occorrenza riempita con ghiaietto per evitare che le pareti del foro collassino, riducendone la sezione.

In seguito il foro di sondaggio viene completamente riempito con acqua. Le variazioni di livello dell'acqua, dovute ad infiltrazione attraverso la "tasca", vengono misurate ed annotate al fine di stimare il coefficiente di permeabilità.

La determinazione del coefficiente di permeabilità K è stata effettuata in conformità a quanto riportato nelle raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana (AGI, 1977) e nella pubblicazione *Prove Geotecniche in Sito* (CESTARI, 190).

L'elaborazione della prova effettuata ha permesso di ottenere un valore del coefficiente di permeabilità pari a  $6,343 \cdot 10^{-7}$  m/s.

La seguente tabella mostra i valori di permeabilità tipici per diverse tipologie di suolo. Come evidenziato in giallo, i valori calcolati per l'area di intervento sono tipici dei terreni a **permeabilità da bassa a molto bassa, con condizioni di drenaggio non ottimali**.



	$10^{-11}$	$10^{-10}$	$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	1
	m/s											
Coefficient of permeability (log scale)	$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	1	10	100
	cm/s											
	$10^{-10}$	$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	1	
	ft/s											
Permeability:	Practically impermeable			Very low		Low		Medium		High		
Drainage conditions:	Practically impermeable				Poor		Good					
Typical soil groups:	GC → GM →			SM		SW →		GW →				
	CH SC		MH MC-CL		SM-SC		SP →		GP →			
Soil types:	Homogeneous clays below the zone of weathering			Silt, fine sands, silty sands, glacial till, stratified clays				Clean sands, sand and gravel mixtures			Clean gravels	
				Fissured and weathered clays and clays modified by the effects of vegetation								

## 5 CONCLUSIONI

Scopo della presente relazione tecnica, a corredo del Progetto di Invarianza Idraulica e Idrologica, è stata la verifica dei requisiti idrologici relativi all'area sita nel Comune di Monza in Viale delle Industrie, ove è prevista la realizzazione di un nuovo HUB comunale ad uso deposito/archivio.

L'elaborazione dei dati idrologici ha consentito di determinare i seguenti requisiti minimi applicabili al sito:

- **portata massima scaricabile nei recettori** pari a 2,10 l/s
- **volume minimo di invaso** pari a 168,37 m<sup>3</sup> (800 m<sup>3</sup>/ha<sub>imp</sub> per aree di alta criticità), riducibile a 117,86 m<sup>3</sup> (riduzione del 30%) nel caso in cui si preveda la realizzazione di sole strutture di dispersione e quindi il volume d'acqua calcolato fosse gestito solamente mediante infiltrazione e non mediante scarico in altri recettori

Il volume di invaso calcolato mediante procedura dettagliata è risultato pari a 68,91 m<sup>3</sup>.

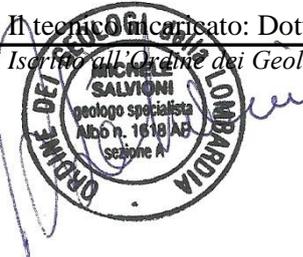
Ai fini del progetto di invarianza idraulica e idrologica, poiché il volume di invaso calcolato è risultato inferiore al volume derivante dal parametro di requisito minimo, **dovrà essere assunto come volume di invaso il valore derivante dal parametro di requisito minimo.**

L'elaborazione della prova di infiltrazione in foro di tipo Lefranc realizzata ha consentito di stimare un coefficiente di permeabilità del terreno pari a  $6,343 \cdot 10^{-7}$  m/s, **non ottimale ai fini della realizzazione di opere di dispersione nel terreno.** Tale valore di permeabilità non consente di gestire l'intero volume d'acqua calcolato considerando la sola dispersione.

Pertanto, al fine di poter dimensionare una struttura in grado di gestire in modo corretto e funzionale l'intero volume d'acqua, **si consiglia di effettuare ulteriori approfondimenti in merito.**

Alternativamente potrà essere valutata la realizzazione, anche in associazione alle strutture di dispersione, di opere di accumulo e laminazione, eventualmente associando anche uno scarico parziale all'interno dei recettori.

Il tecnico incaricato: Dott. Geol. M. Salvioni  
Iscrizione all'Ordine dei Geologi della Lombardia n°1618



## **ALLEGATI**

## **ALLEGATO 1**

Relazione di calcolo



Regione LOMBARDIA

Provincia di Monza e della Brianza

Comune di Monza

## RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

### **Committente**

Nome **Comune di Monza**

### **Edificio / Area**

Descrizione **Nuovo HUB comunale**

Indirizzo **Viale delle Industrie snc, Monza**

Software di calcolo: Edilclima - EC737 - versione 2

Data di redazione del documento: 20/12/2021



**Dott. Geol. Michele Salvioni**  
Geologia•Geotecnica•Ambiente

---

## **INDICE**

- 1. PREMESSA**
- 2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI**
- 3. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI**

## **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 di un nuovo HUB comunale, sito in Monza (MB).

L'area drenata oggetto d'intervento si estende su una superficie di **3198,0** m<sup>2</sup>.

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 Monza Provincia Monza e della Brianza  
Livello di criticità Area A - criticità alta  
Classe dell'intervento 2 - Impermeabilizz. potenziale media

---

### CARATTERISTICHE AREA

Descrizione	Tipo area	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Afflusso $\phi$
Area verde	Area permeabile	1562,0	0,30
Area impermeabile	Area impermeabile	1636,0	1,00

Superficie totale 3198,0 m<sup>2</sup> Coefficiente afflusso medio ponderale  $\phi_m$  0,66

### 3. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

Si riportano di seguito i risultati del calcolo.

#### CARATTERISTICHE GENERALI

Comune di Monza Provincia Monza e della Brianza  
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	$l/(s \cdot h_{imp})$	
Origine del vincolo di portata: .			

Definizione aree			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Afflusso $\phi$
Area verde	Area permeabile	1562,0	0,30
Area impermeabile	Area impermeabile	1636,0	1,00

Sup. totale intervento 3198,0 m<sup>2</sup> Coeff. afflusso medio ponderale  $\phi_m$  0,66

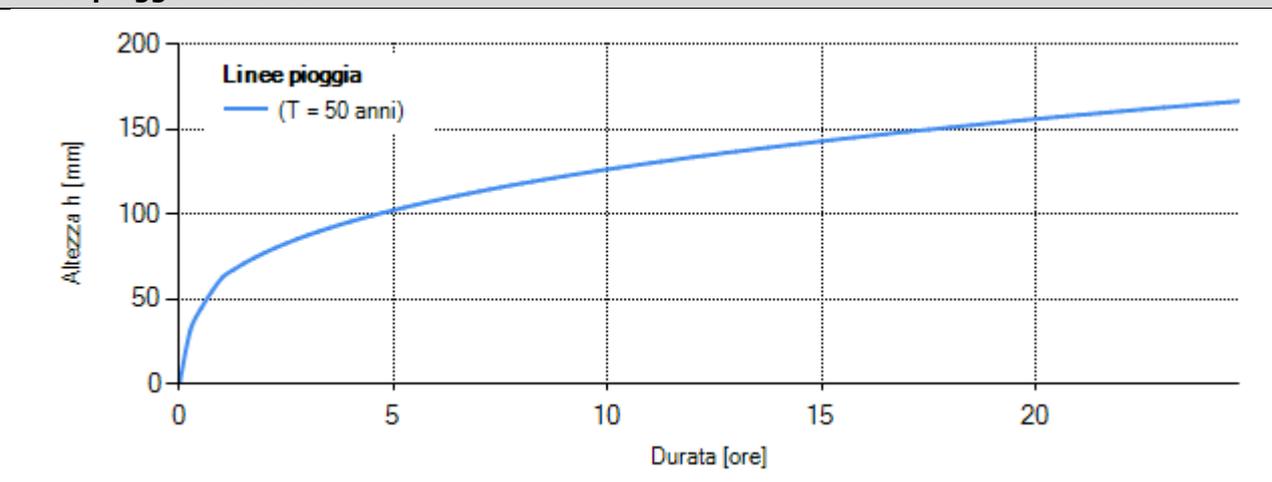
## LINEE SEGNALETRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

### Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

Coefficiente pluviometrico orario	$a_1$	31,06	mm/h <sup>n</sup>
Coefficiente di scala	$n$	0,3034	-
GEV - Parametro alfa	$\alpha$	0,2953	-
GEV - Parametro kappa	$k$	-0,0218	-
GEV - Parametro epsilon	$\epsilon$	0,8228	-
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= 50 anni) h [mm]
0	0,00
1	62,91
2	77,64
3	87,80
4	95,81
5	102,52
6	108,35
7	113,53
8	118,23
9	122,53
10	126,51
11	130,22
12	133,71
13	136,99

14	140,11
15	143,07
16	145,90
17	148,61
18	151,21
19	153,71
20	156,12
21	158,45
22	160,70
23	162,88
24	165,00

<b>Scelta tempo di ritorno</b>			
<b>Dimensionamento delle opere di invarianza idraulica ed idrologica</b>			
Tempo di ritorno adottato		50	anni
Coefficiente probabilistico	$w_T$	2,025	-
Parametro pioggia	a	62,911	mm/h <sup>n</sup>
<p><i>Nota: Il Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017 definisce i seguenti valori di tempi di ritorno.</i></p> <p><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></p> <p><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></p>			

## CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE

<b>Caratteristiche idrologiche</b>				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Afflusso $\phi$	T. corriv. $t_c$ [min]
Area verde	Area permeabile	1562,0	0,30	8
Area impermeabile	Area impermeabile	1636,0	1,00	8
Superficie totale intervento: 3198,0 m <sup>2</sup>		Valori medi	0,66	

## IETOGRAMMA DI PIOGGIA

Definizione ietogramma di pioggia - Area verde		
Durata pioggia di progetto ( $\theta$ )	1,00	ore
Coefficiente di posizione ( $r$ )	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo di Horton	
Classe di suolo	C - moderatamente alta potenzialità di deflusso	
Parametro $f_0$	125	mm/h
Parametro $f_c$	6,3	mm/h
Parametro $k$	2	1/h

*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:*

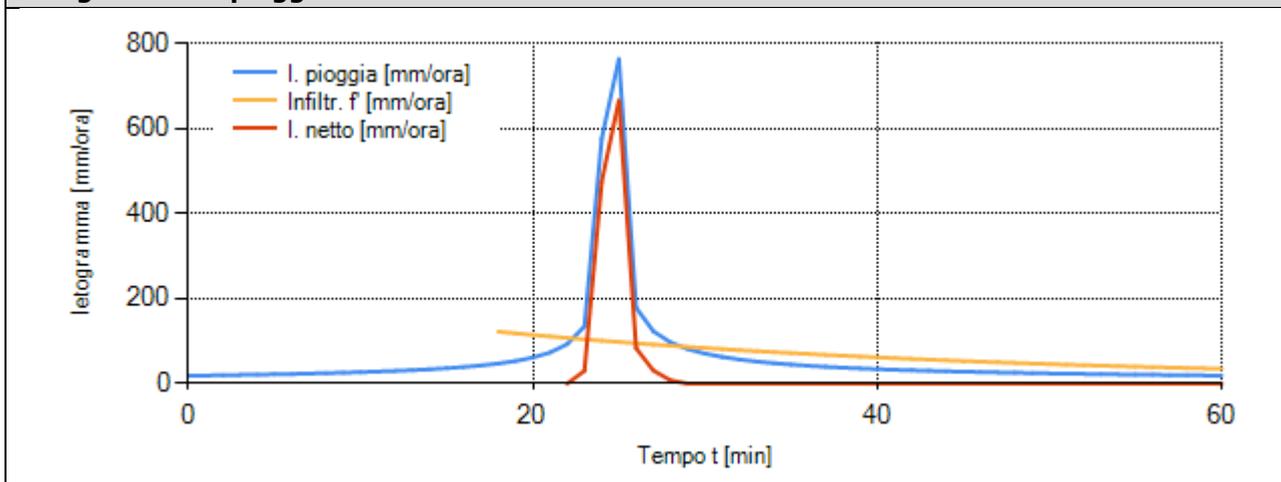
*Classe A* Scarsa potenzialità di afflusso: comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.

*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 di ponding (tp)		125	min
Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Infiltrazione [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	18,82	0,00	0,00
5	22,06	0,00	0,00
8	24,78	0,00	0,00
9	25,89	0,00	0,00



Dott. Geol. Michele Salvioni

Geologia•Geotecnica•Ambiente

---

10	27,12	0,00	0,00
11	28,51	0,00	0,00
12	30,08	0,00	0,00
13	31,88	0,00	0,00
14	33,96	0,00	0,00
15	36,42	0,00	0,00
16	39,36	0,00	0,00
17	42,95	0,00	0,00
18	47,47	122,24	0,00
19	53,35	118,44	0,00
20	61,41	114,77	0,00
21	73,28	111,21	0,00
22	93,00	107,77	0,00
23	134,74	104,44	30,29
24	575,68	101,23	474,45
25	763,57	98,11	665,45
26	178,71	95,10	83,61
27	123,35	92,19	31,16
28	97,19	89,38	7,81
29	81,45	86,65	0,00
30	70,77	84,02	0,00
31	62,96	81,47	0,00
32	56,97	79,01	0,00
33	52,21	76,62	0,00
34	48,31	74,32	0,00
35	45,05	72,09	0,00
36	42,28	69,93	0,00
37	39,89	67,85	0,00
38	37,81	65,83	0,00
39	35,97	63,88	0,00
40	34,34	61,99	0,00
41	32,87	60,16	0,00
42	31,55	58,40	0,00
43	30,35	56,69	0,00
44	29,26	55,04	0,00
45	28,26	53,44	0,00
46	27,34	51,89	0,00
47	26,48	50,40	0,00
48	25,69	48,95	0,00
49	24,96	47,55	0,00
50	24,27	46,20	0,00
51	23,63	44,89	0,00
52	23,03	43,63	0,00
53	22,46	42,41	0,00
54	21,93	41,22	0,00
55	21,43	40,08	0,00
56	20,95	38,97	0,00
60	19,27	34,89	0,00

---

*Iscritto all'Ordine dei Geologi della Lombardia n°1618*

*Via San Mauro 36/A – 20838 Renate (MB)*

*P.IVA 08174620966 - Riferimento: cell. 333 2682137*

### Definizione ietogramma di pioggia - Area impermeabile

Durata pioggia di progetto ( $\theta$ )	1,00	ore
Coefficiente di posizione (r)	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo di Horton	
Classe di suolo	C - moderatamente alta potenzialità di deflusso	
Parametro $f_0$	125	mm/h
Parametro $f_c$	6,3	mm/h
Parametro k	2	1/h

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:

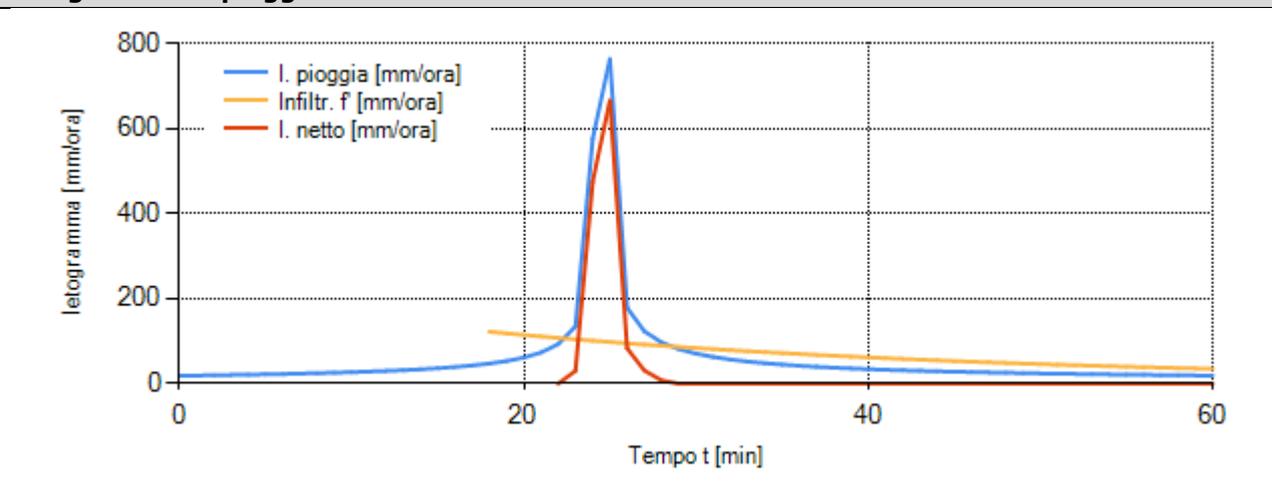
Classe A Scarsa potenzialità di afflusso: comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.

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 di ponding (tp)		125	min
Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Infiltrazione [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	18,82	0,00	0,00
5	22,06	0,00	0,00
8	24,78	0,00	0,00
9	25,89	0,00	0,00
10	27,12	0,00	0,00



Dott. Geol. Michele Salvioni

Geologia•Geotecnica•Ambiente

---

11	28,51	0,00	0,00
12	30,08	0,00	0,00
13	31,88	0,00	0,00
14	33,96	0,00	0,00
15	36,42	0,00	0,00
16	39,36	0,00	0,00
17	42,95	0,00	0,00
18	47,47	122,24	0,00
19	53,35	118,44	0,00
20	61,41	114,77	0,00
21	73,28	111,21	0,00
22	93,00	107,77	0,00
23	134,74	104,44	30,29
24	575,68	101,23	474,45
25	763,57	98,11	665,45
26	178,71	95,10	83,61
27	123,35	92,19	31,16
28	97,19	89,38	7,81
29	81,45	86,65	0,00
30	70,77	84,02	0,00
31	62,96	81,47	0,00
32	56,97	79,01	0,00
33	52,21	76,62	0,00
34	48,31	74,32	0,00
35	45,05	72,09	0,00
36	42,28	69,93	0,00
37	39,89	67,85	0,00
38	37,81	65,83	0,00
39	35,97	63,88	0,00
40	34,34	61,99	0,00
41	32,87	60,16	0,00
42	31,55	58,40	0,00
43	30,35	56,69	0,00
44	29,26	55,04	0,00
45	28,26	53,44	0,00
46	27,34	51,89	0,00
47	26,48	50,40	0,00
48	25,69	48,95	0,00
49	24,96	47,55	0,00
50	24,27	46,20	0,00
51	23,63	44,89	0,00
52	23,03	43,63	0,00
53	22,46	42,41	0,00
54	21,93	41,22	0,00
55	21,43	40,08	0,00
56	20,95	38,97	0,00
60	19,27	34,89	0,00

---

*Iscritto all'Ordine dei Geologi della Lombardia n°1618*

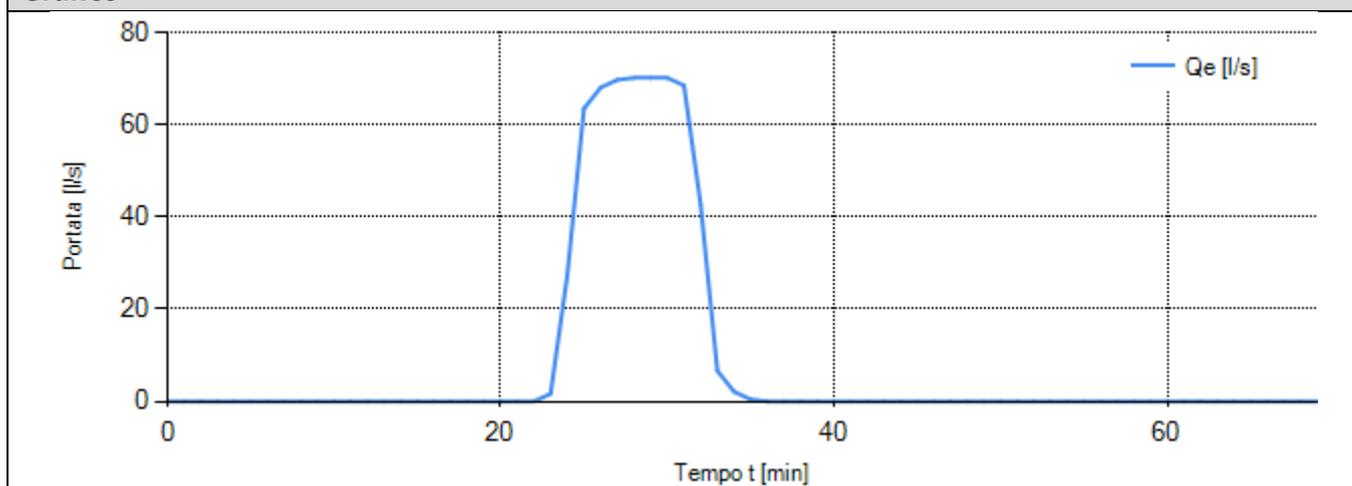
*Via San Mauro 36/A – 20838 Renate (MB)*

*P.IVA 08174620966 - Riferimento: cell. 333 2682137*

## IDROGRAMMA DI PIENA

Area verde	
Tipo area	Area permeabile
Superficie	1562,0 m <sup>2</sup>
Classe di suolo	C - moderatamente alta potenzialità di deflusso
Tempo corrvazione	t <sub>c</sub> 8 min

### Grafico



### Risultati tabellari

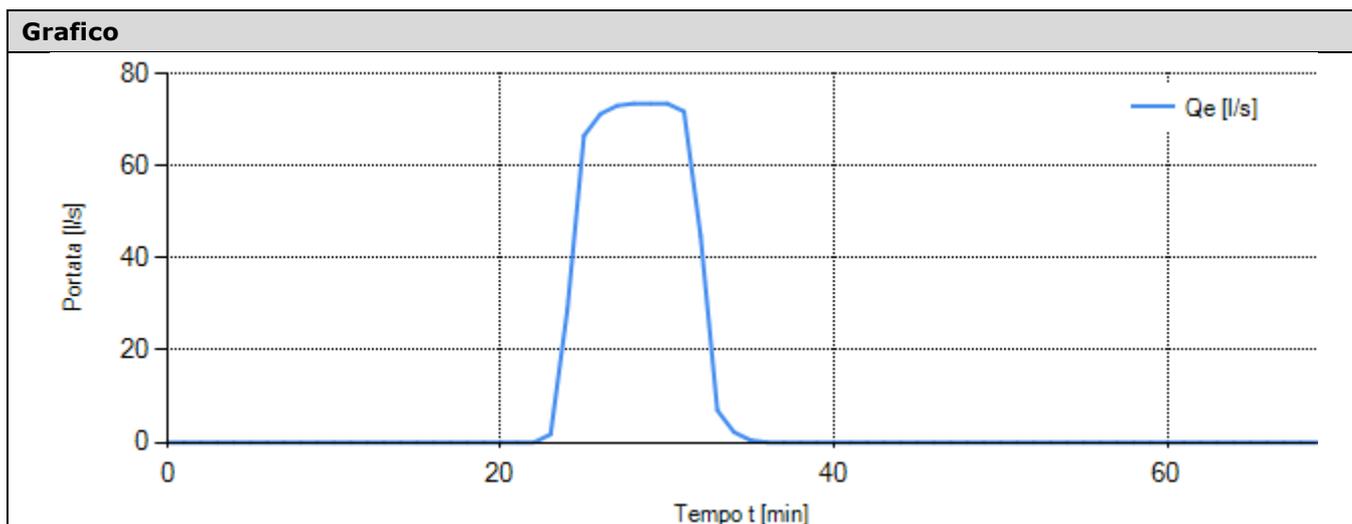
Tempo [min]	0	5	8	9	10	11	12	13	14	15
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,64	27,40	63,52
Tempo [min]	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	68,06	69,75	70,17	70,17	70,17	68,53	42,77	6,65	2,12	0,42
Tempo [min]	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Portata Q <sub>e</sub> [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 <sub>e</sub> [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 <sub>e</sub> [l/s]	0,00	0,00	0,00							



Dott. Geol. Michele Salvioni

Geologia•Geotecnica•Ambiente

Area impermeabile	
Tipo area	Area impermeabile
Superficie	1636,0 m <sup>2</sup>
Classe di suolo	C - moderatamente alta potenzialità di deflusso
Tempo corrvazione	t <sub>c</sub> 8 min



Risultati tabellari										
<b>Tempo [min]</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Tempo [min]</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,72	28,69	66,53
<b>Tempo [min]</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	71,28	73,05	73,50	73,50	73,50	71,77	44,80	6,97	2,22	0,44
<b>Tempo [min]</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Tempo [min]</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>50</b>	<b>51</b>	<b>52</b>	<b>53</b>	<b>54</b>	<b>55</b>
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Tempo [min]</b>	<b>56</b>	<b>60</b>	<b>65</b>							
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	0,00	0,00	0,00							



## DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

Metodo dei requisiti minimi			
Volume invaso minimo	$W_0$	168,37	$m^3/ha_{imp}$

Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento	Portata costante		
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	2,10	l/s

## **ALLEGATO 2**

Prova Lefranc

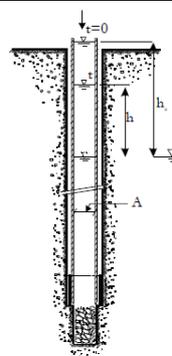
## PROVA LEFRANC

Prova a carico variabile - Terreno insaturo

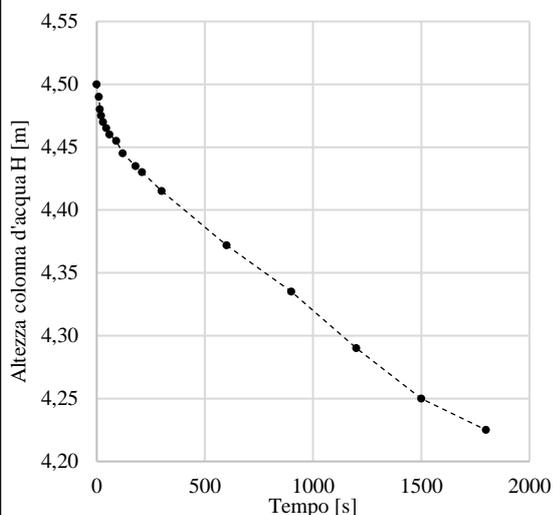
Committente: Comune di Monza  
Area di indagine: Ex area CEM - Viale delle Industrie snc, Monza

Sondaggio: S2 Data: 14/10/21  
Prova: P1 Effettuata da: Dott. Geol. Michele Salvioni

PROFONDITA' TRATTO IN PROVA 3,50÷4,00 m  
DURATA PROVA 1800 s  
PROFONDITA' SONDAGGIO 4,00 m  
LUNGHEZZA RIVESTIMENTO 4,00 m  
ALTEZZA RIVESTIMENTO FUORI TERRA 0,50 m da p.c.  
PROFONDITA' FALDA 19,00 m da p.c.  
LUNGHEZZA TRATTO IN PROVA L 0,50 m  
DIAMETRO TRATTO IN PROVA D 0,127 m  
COEFFICIENTE DI FORMA F 1,90 m  
AREA TRATTO IN PROVA A 0,013 m<sup>2</sup>



Tempo [s]	Abbassamenti [m da b.p.]	H [m]	h <sub>1</sub> /h <sub>2</sub>	t <sub>2</sub> -t <sub>1</sub>	K [m/s]
0	0	4,50	0,00	0	
10	0,01	4,49	1,00	10,00	1,48E-06
15	0,02	4,48	1,00	5,00	2,97E-06
20	0,025	4,48	1,00	5,00	1,49E-06
30	0,03	4,47	1,00	10,00	7,44E-07
45	0,035	4,47	1,00	15,00	4,97E-07
60	0,04	4,46	1,00	15,00	4,97E-07
90	0,045	4,46	1,00	30,00	2,49E-07
120	0,055	4,45	1,00	30,00	4,99E-07
180	0,065	4,44	1,00	60,00	2,50E-07
210	0,07	4,43	1,00	30,00	2,50E-07
300	0,085	4,42	1,00	90,00	2,51E-07
600	0,128	4,37	1,01	300,00	2,17E-07
900	0,165	4,34	1,01	300,00	1,89E-07
1200	0,21	4,29	1,01	300,00	2,32E-07
1500	0,25	4,25	1,01	300,00	2,08E-07
1800	0,275	4,23	1,01	300,00	1,31E-07



$$K = \frac{A}{F(t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

$$\text{se } \frac{L}{D} > 1,2 \quad K \approx K_H$$

$$\text{se } 0 < \frac{L}{D} < 1,2 \quad K \approx K_m$$

$$\text{se } L = 0 \quad K \approx K_V$$

DESCRIZIONE STRATIGRAFICA STRATO IN PROVA: ghiaia sabbiosa in matrice limosa

**COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' ORIZZONTALE MEDI**  $K_H = 6,343E-07$  m/s