

COMUNE DI LUINO  
Progetto d'invarianza idraulica ed idrogeologica  
Aprile 2025

RELAZIONE TECNICA IDRAULICA

## INDICE RELAZIONE

### Indice generale

INTRODUZIONE.....	3
Normativa di riferimento.....	4
FOGNATURA ACQUE METEORICHE.....	5
2.1 – Descrizione sistema acque meteoriche.....	5
2.2 – Caratteristiche dell'area.....	5
2.3 – verifica invarianza idrogeologica AREE di COPERTURA.....	6
2.3 – verifica invarianza idrogeologica AREE CARRABILI.....	7

C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681

## **INTRODUZIONE**

La presente relazione, congiuntamente con gli elaborati grafici planimetrici e di dettaglio, illustra il progetto di fognatura a servizio dell'area connesso con il PII7 in Via Turati a Luino



Il progetto di fognatura prevede la realizzazione di differenti reti al servizio di specifiche funzioni:

- Rete fognatura delle acque nere
- Rete fognatura delle acque meteoriche della copertura
- Rete fognatura delle acque meteoriche che dilavano superfici carrabili (carreggiate, parcheggi)

In dettaglio le indicazioni di progetto sono:

### **Rete fognatura delle acque nere**

La rete, acque nere, raccoglie gli scarichi delle zone servizi igienici e delle acque di lavaggio/cucine al servizio dell'attività commerciale.

Le acque vengono raccolte e connesse alla rete di fognatura comunale.  
Prima dell'allacciamento alla rete comunale, tramite il sifone firenze, è presente un pozzetto prelievi per permettere, eventualmente, la verifica della qualità delle acque.

## **Rete fognatura della acque meteoriche coperture**

La rete raccoglie le acque meteoriche raccolte in copertura dell'edificio che, tramite rete distinta, e vengono smaltite, previo pozzetto de-sabbiatore, nei primi strati del sottosuolo mediante la formazione di una trincea drenante.

Prima della trincea drenante è presente un pozzetto prelievi per permettere, eventualmente, la verifica della qualità delle acque.

## **Fognatura delle acque meteoriche aree carrabili**

La rete raccoglie le acque meteoriche sulle superfici carrabili e pertanto che potrebbero raccogliere idrocarburi e/o olii, che, tramite rete distinta, e vengono smaltite, previa laminazione e trattamento de-soleante e de-sabbiatore, nei primi strati del sottosuolo mediante la formazione di una trincea drenante.

Prima della trincea drenante è presente un pozzetto prelievi per permettere, eventualmente, la verifica della qualità delle acque.

Si precisa che la scelta del recapito finale, in presenza di favorevoli condizioni idrogeologiche, il R.R. 07/2017 indichi il sottosuolo come recapito prioritario per le suddette acque di dilavamento.

Nelle relazioni tecniche allegate e negli elaborati grafici sono indicati i dettagli di calcolo e dettagli di esecuzione necessari alla rispondenza alla normativa.

## ***Normativa di riferimento***

- Regolamento di Fognatura Comunale
- 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
- Regolamento Regionale 19 aprile 2019 - n.8 Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7

Il D.lgs 152/06 demanda alle Regioni la regolamentazione dello scarico delle acque di prima pioggia, cioè quelle corrispondenti, nella prima parte di ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante.

L'articolo 3 del Regolamento regionale 24/03/06 – n. 4 “Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'art. 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12/12/03 – n. 26” indica chiaramente i suoi ambiti di applicazione: le aree considerate NON risultano assoggettate all'obbligo di separazione e raccolta delle acque di prima pioggia.

## **FOGNATURA ACQUE METEORICHE**

### **2.1 – Descrizione sistema acque meteoriche**

Per la realizzazione della rete di raccolta delle acque meteoriche si è scelto di effettuare una suddivisione delle aree in base alla tipologia dell'area di raccolta.

Le aree sono state individuate in base al tipo di materiali che potrebbero interagire con le acque meteoriche e pertanto abbiamo distinto la zona di raccolta delle coperture da quelle delle aree carrabili.

Nelle aree carrabili possono essere presenti dispersioni di olii e pertanto le acque raccolte devono passare in un trattamento di raccolta degli olii prima della loro dispersione nel terreno, mentre per le aree delle coperture possono essere presenti delle polveri.

#### **Sistema fognario delle coperture**

La rete di raccolta convoglia le acque dai pluviali ad un pozzo de-sabbiatore per evitare un accumulo di materiale fine nel sistema di infiltrazione.

Inoltre prima del passaggio delle acque meteoriche nella trincea drenante si è previsto un pozzetto prelievi per poter verificare nel tempo la qualità delle acque.

#### **Sistema fognario delle aree carrabili**

Le aree carrabili, zone di transito, posteggi e camminamenti, possono essere aree in cui avvengono dispersioni di olii e pertanto è necessario effettuare una separazione degli stessi dalle acque destinate alla dispersione nel terreno.

Il progetto prevede un pozzo de-solatore che imponendo un passaggio obbligato al flusso in transito permette una separazione della frazione oleosa in sospensione dal rimanente flusso.

Analogamente al sistema di raccolta delle acque di coperture è prevista la posa di un pozzetto de-sabbiatore e di un pozzetto prelievi per permettere la verifica della qualità delle acque destinate alla dispersione nel terreno.

### **2.2 – Caratteristiche dell'area**

Nell'area sono state individuate le seguenti distinzioni funzioni

aree edificio coperta	2.405,81 mq
aree carrabile	5.561,29 mq
aree a verde	1.650,00 mq
aree pedonale	706,90 mq
area complessiva	10.324,00 mq

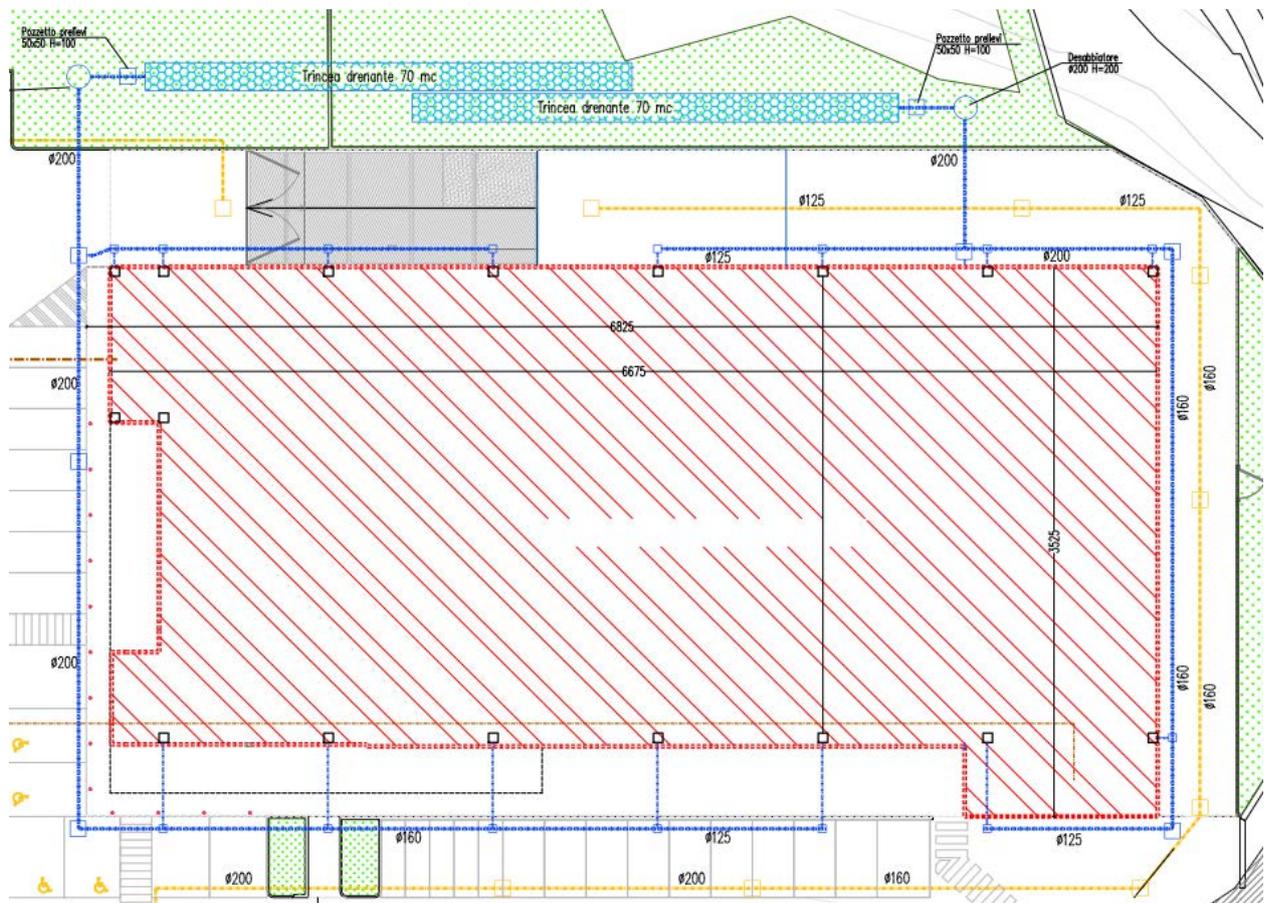
Come indicato in funzione delle destinazioni/funzioni delle aree si sono individuate due distinte tipologie di verifica dell'invarianza

## 2.3 – verifica invarianza idrogeologica AREE di COPERTURA

le caratteristiche della tipologia delle area di copertura sono

- la impermeabilità della tipologia
- l'assenza di materiali oleosi

In funzione di queste caratteristiche si sono svolte le verifiche e dimensionamento dei volume di smaltimento che sono riportati nel documento allegato “AREE DI COPERTURA”



In sintesi l'area valutata è di circa 2,400,00 mq e si è quantificato un volume di trincea drenante di circa 140 mc.

Per la realizzazione è stata individuata una zona verde posteriore all'edificio articolata in due trincee del volume di circa 70 mc, ciascuna

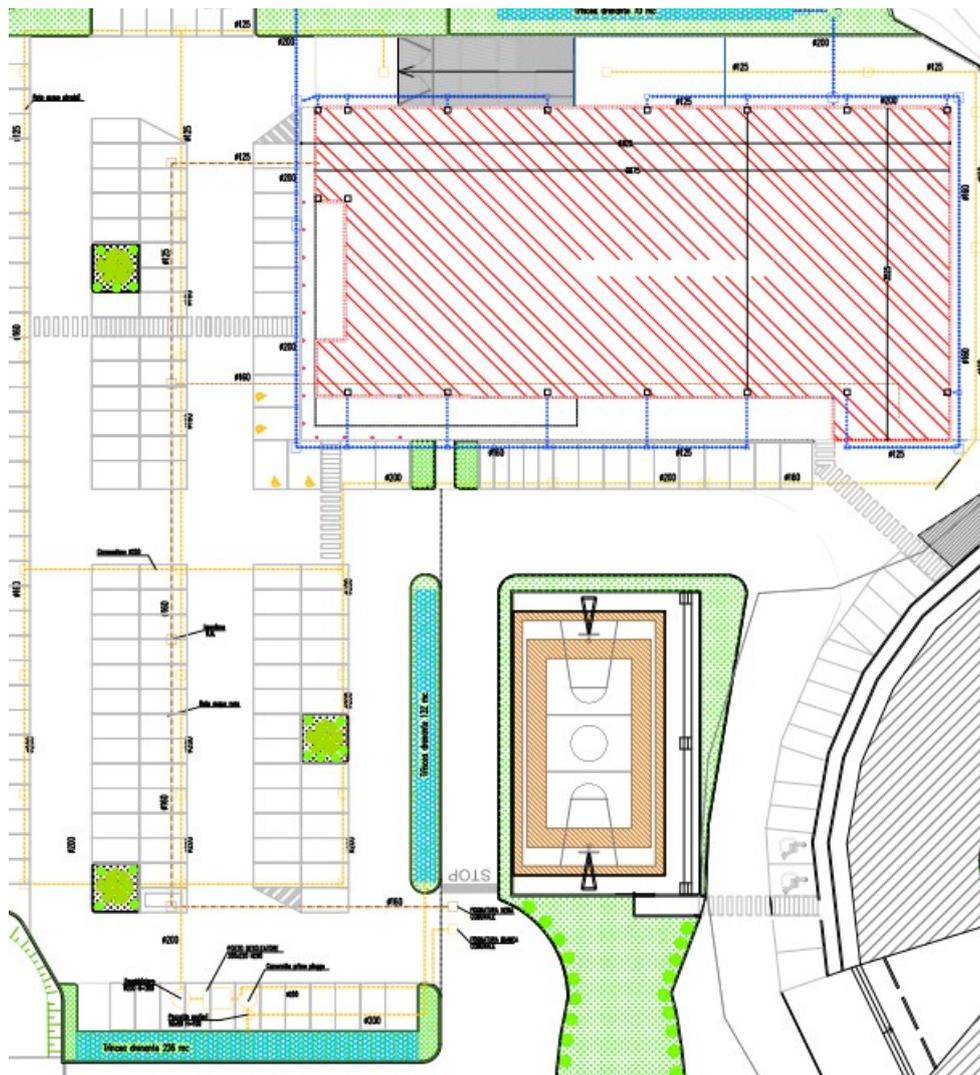
La trincea drenate è stata prevista tramite lo scavo ed il riempimento con ghiaia lavata/ pietrisco di media/grossa pezzatura e l'utilizzo di gabbie in polietilene tipo DRAINFIX con dimensioni di 80x60x33.

## 2.3 – verifica invarianza idrogeologica AREE CARRABILI

Le caratteristiche delle tipologie delle aree carrabili sono

- diverse caratteristiche di permeabilità delle aree
- la possibile presenza di materiali oleosi

In funzione di queste caratteristiche si sono svolte le verifiche e dimensionamento dei volumi di smaltimento che sono riportati nel documento allegato “AREE CARRABILI”



In sintesi le aree sono quantificate

aree carrabile	4.931,00 mq
aree retro edificio	630,00 mq
aree a verde	1.650,00 mq
aree a pedonale	707,00 mq

# Studio PIZZOLATO - PERICOLI

---

area complessiva

7.918,00 mq

e si è quantificato un volume di trincea drenante complessivo di circa 358 mc.

Per la realizzazione sono state individuate due zone con destinazione a verde articolate in due trincee del volume di circa 226 mc. la prima e di circa 132 mc. la seconda.

La trincea drenate è stata prevista tramite lo scavo ed il riempimento con ghiaia lavata di media/grossa pezzatura e l'utilizzo di gabbie in polietilene tipo DRAINFIX conl dimensioni di 80x60x33.

Ing. Paolo Pericoli

Arch. Stefania Pizzolato



Regione LOMBARDIA

Provincia di Varese

Comune di Luino

## **Allacciamento alla fognatura**

### **RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA**

#### **Committente**

Nome **PREALPI GENERALE COSTRUZIONE SRL**

Indirizzo **VIA APPIAI 5 MILANO**

#### **Edificio / Area**

Descrizio

ne **EDIFICIO COMMERCILE      AREE COPERTURE**

Indirizzo **VIA TURATE 106      LUINO**

#### **Studio tecnico**

Nome **S.T.I.P. ST. TECNICO di Pericoli Ing. Paolo**

Indirizzo **VIA C. DELL ACQUA 41 - 20025 LEGNANO (MI)**

#### **Progettista**

Nome **ING PERICOLI PAOLO**

Ordine di **INGEGNERI della provincia di MILANO - n. 11595**

Rif.: INV\_PDC\_02\_luino\_COPERTURA

Software di calcolo: Edilclima - EC737 - versione 2

Data di redazione del documento: 15/03/2025

## **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**

C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681

## 1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la verifica del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica relativi al progetto di [Allacciamento alla fognatura](#), sito in [VIA TURATE 106 LUINO](#).

L'area drenata oggetto d'intervento si estende su una superficie di **2405,0 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 Luino Provincia Varese  
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 $\varphi$
EDIFICIO COMMERCIALE	Area impermeabile	2405,0	1,00

Superficie totale 2405,0 m<sup>2</sup> Coefficiente afflusso medio ponderale  $\varphi_m$  1,0000

### Dati amministrativi

Concessione edilizia n. 001 del 01/08/2022  
Richiesta permesso di costruire \_\_\_\_\_ del 01/08/2022  
Permesso di costruire/DIA/SCIA/CIL o CIA \_\_\_\_\_ del 01/08/2022  
Variante permesso di costruire/DIA/SCIA/CIL o CIA \_\_\_\_\_ del 01/08/2022

C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681

### 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.

Formazioni di **VASCA DI POZZI PERDENTI DEDICATI ALLA RETE DEI PLUVIALI**

### 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

$\varphi_m$  [-]: coefficiente di afflusso medio ponderale

$u_{lim}$  [l/(s · ha<sub>imp</sub>)]: 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  $Q_{umax} = 2,4$  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/ora<sup>n</sup>]: 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]

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \cdot \left( 1 - \exp\left(-\left(\frac{T}{T_0}\right)^k\right) \right)$$

$\varepsilon$ ,  $a$ ,  $\kappa$  [-]: 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.

C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681

## 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 m<sup>2</sup>, 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:  $w_{\min} = 800$ \* [m<sup>3</sup> per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- Aree B:  $w_{\min} = 500$  [m<sup>3</sup> per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- Aree C:  $w_{\min} = 400$  [m<sup>3</sup> 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.

Nota 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.

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

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

Per durate superiori alla durata della precipitazione t<sub>p</sub> 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<sub>p</sub> [ore]: durata della precipitazione

t<sub>r</sub> [ore]: tempo del picco di precipitazione pari a t<sub>p</sub> · r

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

C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681

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.

$$i(t) = \frac{h(t) - h_0 - \Delta t}{\Delta t}$$

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

$\Delta t$  [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 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  $i_0 \geq f_0$ :

$$f(t) = f_c + (i_0 - f_c) \cdot e^{-kt}$$

$f(t)$  [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:

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

$t_p$  [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.

C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681

Il volume di infiltrazione si calcola come:

$$F'_{t_0} = \int_0^t f_{t_0} \cdot d\tau = f_c \cdot t + (f_0 - f_c) \cdot \frac{1 - e^{-kt}}{k}$$

Per quanto riguarda i valori da attribuire ai parametri della legge di Horton si fa riferimento a quanto riportato anche nel Regolamento Regionale n.7 del 23/11/2017 di Regione Lombardia, che suggerisce l'utilizzo dei valori riportati in Tabella seguente:

Valori parametri modello di Horton

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)

### **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.

$$q_k = \sum_{j=1}^k p_j \cdot IUH_{k-j+1} \cdot \Delta t$$

$$p_j = \frac{2,78}{1000} \cdot i_{n,j} \cdot A$$

$$IUH_{k-j+1} = \frac{1}{A} \cdot \frac{A_{k-j+1}}{\Delta t}$$

$q_k [m^3/s]$ : 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:

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

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

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

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

$V_{r,i,j} [m/s]$ : 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:

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

$R [m]$ : 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

C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681

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 <sub>e</sub> [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<sub>b</sub> si calcola come t<sub>b</sub> = θ + t<sub>c</sub>, dove θ è la durata della precipitazione.

**Calcolo portata infiltrata**

La portata infiltrata viene calcolata adottando la formula di Darcy.

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

Q<sub>inf</sub> [m<sup>3</sup>/s]: portata infiltrata

K<sub>calc</sub> [m/s]: coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine

i [m/m]: gradiente idraulico

A<sub>f</sub> [m<sup>2</sup>]: superficie d'infiltrazione di calcolo

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

**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.

$$Q_e - Q_u = \frac{dW}{dt}$$

Q<sub>e</sub> [m<sup>3</sup>/s]: portata in ingresso all'invaso

Q<sub>u</sub> [m<sup>3</sup>/s]: portata in uscita dall'invaso, scaricata o infiltrata

W [m<sup>3</sup>]: volume invasato

t [s]: tempo

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

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

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

A<sub>inv</sub> [m<sup>2</sup>]: area di base dell'invaso

Q<sub>u</sub> è la legge di efflusso dell'invaso che dipende dal battente idrico H, come descritto nel paragrafo precedente.

C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681

$$Q_u = Q_u @ t_c$$

$Q_e$  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.

## 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 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.

## 9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

Si riportano di seguito i risultati del calcolo.

### CARATTERISTICHE GENERALI

Comune di Luino 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	$l/(s \cdot ha_{imp})$	
Origine del vincolo di portata: .			

Definizione aree			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Afflusso $\phi$
EDIFICIO COMMERCIALE	Area impermeabile	2405,0	1,00

Sup. totale intervento 2405,0 m<sup>2</sup> Coeff. afflusso medio ponderale  $\phi_m$  1,0000

### LINEE SEGNALETRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

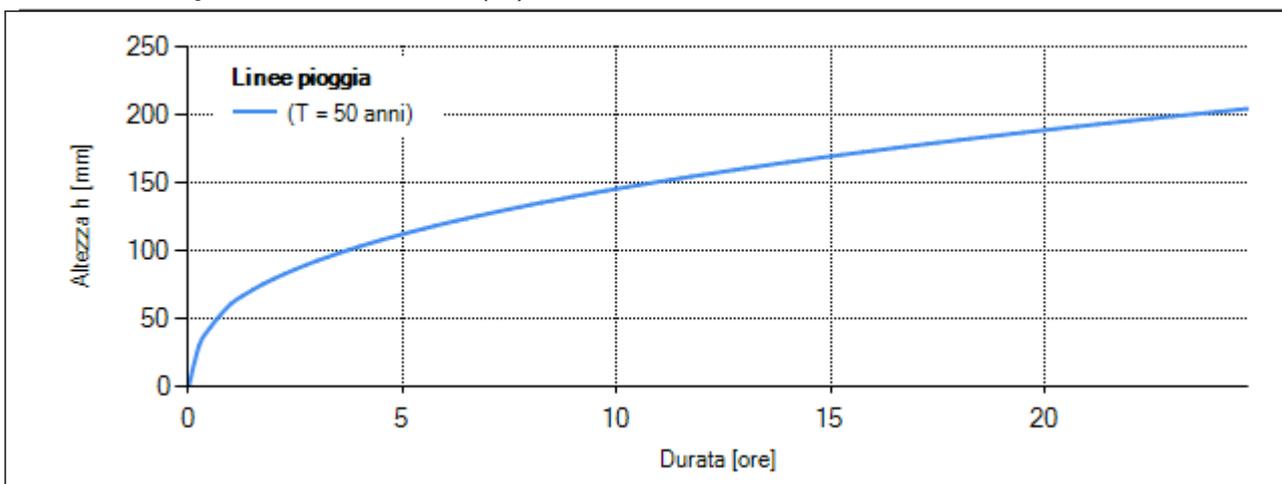
Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica			
Coefficiente pluviometrico orario	$a_1$	31,59	mm/h <sup>n</sup>
Coefficiente di scala	$n$	0,3740	-
GEV - Parametro alfa	$\alpha$	0,2783	-
GEV - Parametro kappa	$k$	-0,0146	-
GEV - Parametro epsilon	$\epsilon$	0,8352	-
Coefficiente di scala (durata < 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

C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681

C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681



**Linee pioggia - Risultati tabellari**

Durata [ore]	(T= 50 anni) h [mm]
0	0,00
1	61,68
2	79,94
3	93,03
4	103,60
5	112,61
6	120,56
7	127,71
8	134,25
9	140,30
10	145,94
11	151,23
12	156,24
13	160,99
14	165,51
15	169,84
16	173,99
17	177,97
18	181,82
19	185,53
20	189,13
21	192,61
22	195,99
23	199,28
24	202,47

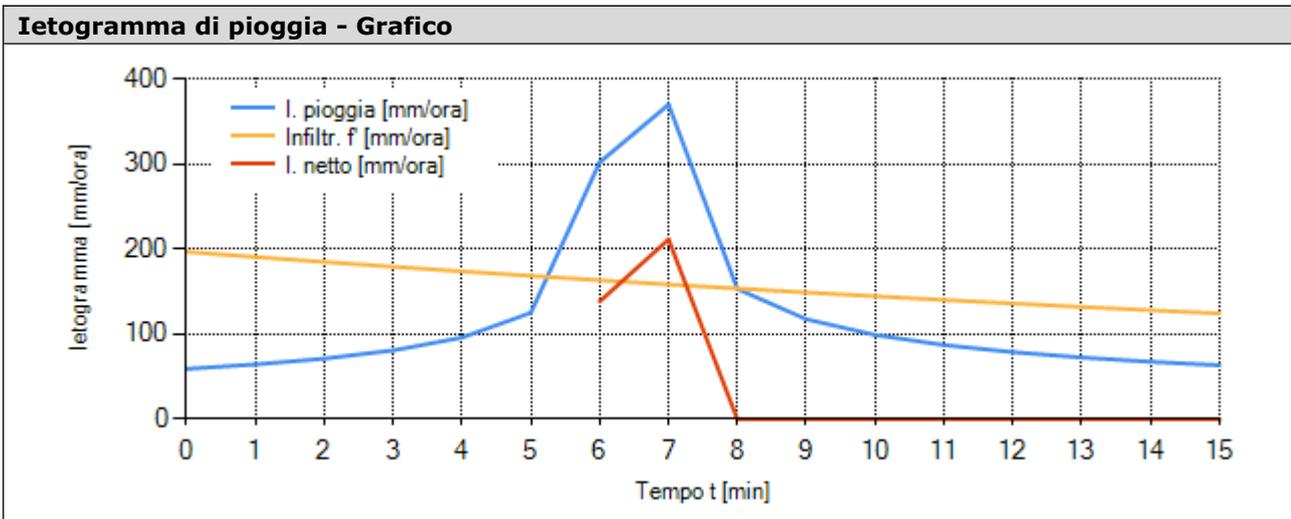
<b>Scelta tempo di ritorno</b>			
<b>Dimensionamento delle opere di invarianza idraulica ed idrologica</b>			
Tempo di ritorno adottato		50	anni
Coefficiente probabilistico	$w_T$	1,953	-
Parametro pioggia	a	61,684	mm/h <sup>n</sup>
<p><i>Nota: Il Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017 definisce i 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**

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Afflusso φ	T. corriv. t <sub>c</sub> [min]
EDIFICIO COMMERCIALE	Area impermeabile	2405,0	1,00	8
Superficie totale intervento: 2405,0 m <sup>2</sup>		Valori medi	1,0000	

**IETOGRAMMA DI PIOGGIA**

Definizione ietogramma di pioggia - EDIFICIO COMMERCIALE		
Durata pioggia di progetto (θ)	0,25	ore
Coefficiente di posizione (r)	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo di Horton	
Classe di suolo	B - moderatamente bassa potenzialità di deflusso	
Parametro f <sub>0</sub>	200	mm/h
Parametro f <sub>c</sub>	12,7	mm/h
Parametro k	2	1/h
<p>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:  <u>Classe A</u> Scarsa potenzialità di afflusso: comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.  <u>Classe B</u> 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.  <u>Classe C</u> 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.  <u>Classe D</u> 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.</p>		



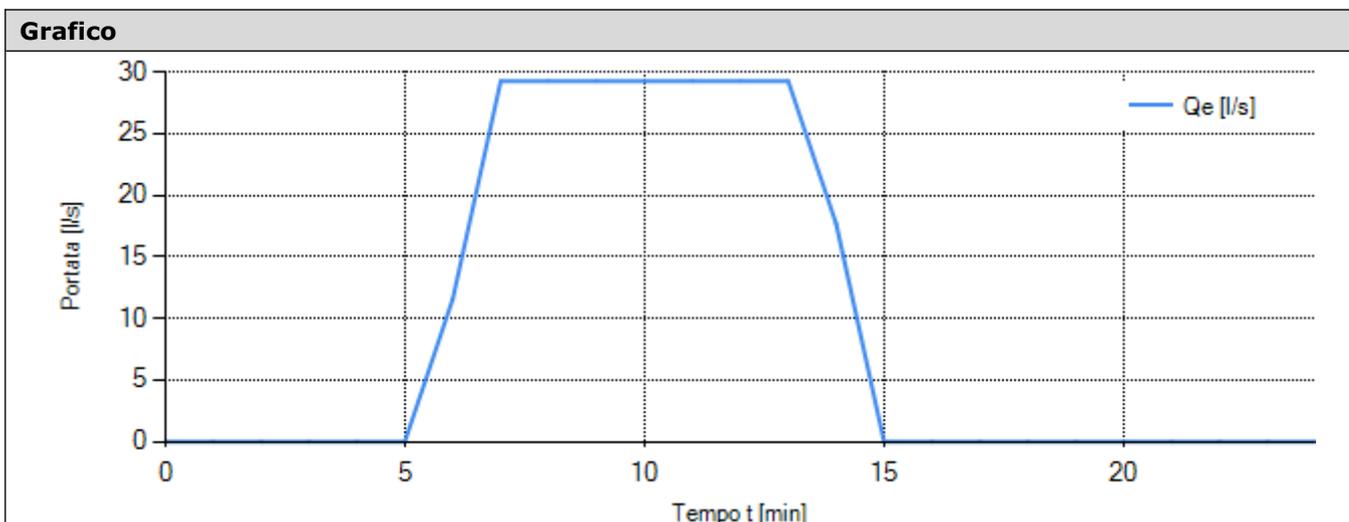
Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari			
Tempo di ponding (tp)		200	min
Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Infiltrazione [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	59,31	196,96	0,00
1	64,49	190,92	0,00
2	71,34	185,08	0,00
3	80,97	179,43	0,00
4	96,05	173,96	0,00

C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681

5	125,17	168,68	0,00
6	302,19	163,56	138,62
7	370,10	158,62	211,49
8	153,30	153,83	0,00
9	117,63	149,21	0,00
10	99,17	144,73	0,00
11	87,37	140,40	0,00
12	78,99	136,22	0,00
13	72,64	132,17	0,00
14	67,61	128,25	0,00
15	63,50	124,46	0,00

## IDROGRAMMA DI PIENA

Area EDIFICIO COMMERCIALE			
Tipo area		Area impermeabile	
Superficie		2405,0	m <sup>2</sup>
Classe di suolo		B - moderatamente bassa potenzialità di deflusso	
Tempo corrivazione		t <sub>c</sub>	8 min



Risultati tabellari										
Tempo [min]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,58	29,26	29,26	29,26
Tempo [min]	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	29,26	29,26	29,26	29,26	17,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	20	21	22	23	24					
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					

## DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

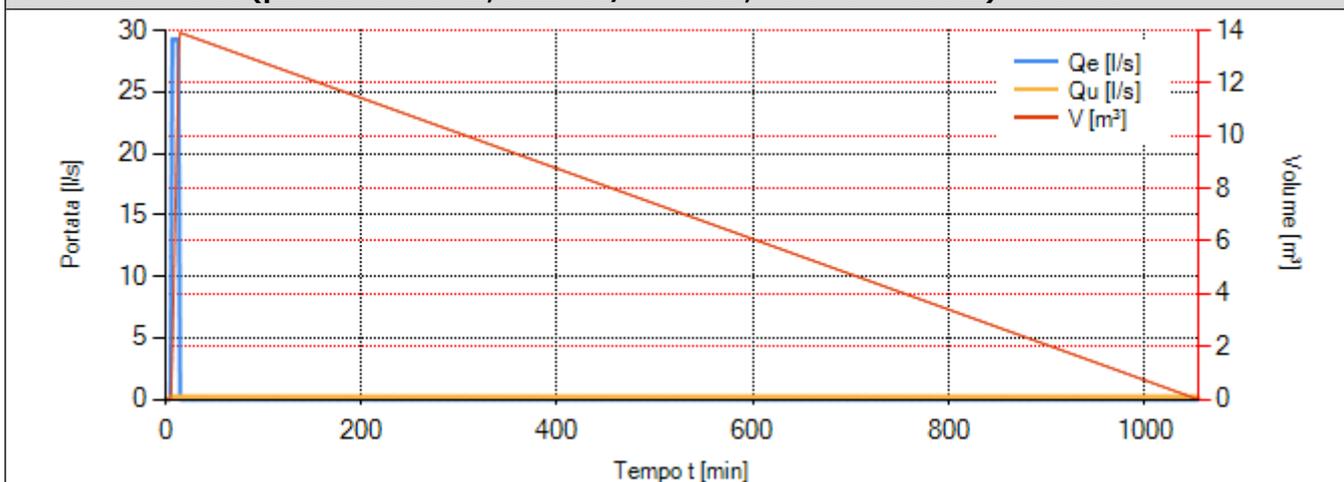
Metodo dei requisiti minimi			
Volume specifico minimo	W <sub>0</sub>	560,00	m <sup>3</sup> /ha <sub>imp</sub>
Volume invaso minimo	W <sub>0</sub>	134,68	m <sup>3</sup>
<i>Nota: Requisito minimo ridotto del 30% in quanto si adottano sole strutture d'infiltrazione e non si prevedono scarichi in corpi idrici ricettori.</i>			

Metodo analitico di dettaglio			
-------------------------------	--	--	--

Durata critica	$D_w$	0,25	ore
Battente idrico massimo	$H_{max}$	1,21	m
Volume invaso minimo	$W$	13,92	$m^3$
<i>Metodologia: Modello cinematico, mediante integrale di convoluzione, con curva area tempi lineare e ietogramma tipo Chicago.</i>			

## 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 $W$ [m <sup>3</sup> ]	Battente idrico $H$ [m]
0	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00
6	11,58	0,22	0,34	0,00
7	29,26	0,22	1,55	0,01
8	29,26	0,22	3,30	0,03
9	29,26	0,22	5,04	0,05
10	29,26	0,22	6,78	0,06
11	29,26	0,22	8,52	0,08
12	29,26	0,22	10,26	0,09
13	29,26	0,22	12,01	0,11
14	17,68	0,22	13,40	0,12
15	0,00	0,22	13,92	0,12
16	0,00	0,22	13,90	0,12
17	0,00	0,22	13,89	0,12
18	0,00	0,22	13,88	0,12
19	0,00	0,22	13,86	0,12
20	0,00	0,22	13,85	0,12
21	0,00	0,22	13,84	0,12
22	0,00	0,22	13,82	0,12
23	0,00	0,22	13,81	0,12
24	0,00	0,22	13,80	0,12
25	0,00	0,22	13,78	0,12
26	0,00	0,22	13,77	0,12
27	0,00	0,22	13,76	0,12
28	0,00	0,22	13,74	0,12
29	0,00	0,22	13,73	0,12
30	0,00	0,22	13,72	0,12
31	0,00	0,22	13,70	0,12
32	0,00	0,22	13,69	0,12
33	0,00	0,22	13,68	0,12
34	0,00	0,22	13,66	0,12
35	0,00	0,22	13,65	0,12
36	0,00	0,22	13,64	0,12

C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681

37	0,00	0,22	13,62	0,12
38	0,00	0,22	13,61	0,12
40	0,00	0,22	13,58	0,12
45	0,00	0,22	13,52	0,12
50	0,00	0,22	13,45	0,12
55	0,00	0,22	13,38	0,12
60	0,00	0,22	13,31	0,12
65	0,00	0,22	13,25	0,12
70	0,00	0,22	13,18	0,12
75	0,00	0,22	13,11	0,12
80	0,00	0,22	13,05	0,12
85	0,00	0,22	12,98	0,12
90	0,00	0,22	12,91	0,12
95	0,00	0,22	12,85	0,12
100	0,00	0,22	12,78	0,11
105	0,00	0,22	12,71	0,11
110	0,00	0,22	12,65	0,11
115	0,00	0,22	12,58	0,11
120	0,00	0,22	12,51	0,11
125	0,00	0,22	12,44	0,11
150	0,00	0,22	12,11	0,11
180	0,00	0,22	11,71	0,10
210	0,00	0,22	11,31	0,10
240	0,00	0,22	10,90	0,10
270	0,00	0,22	10,50	0,09
300	0,00	0,22	10,10	0,09
330	0,00	0,22	9,70	0,09
360	0,00	0,22	9,30	0,08
390	0,00	0,22	8,90	0,08
420	0,00	0,22	8,49	0,08
450	0,00	0,22	8,09	0,07
480	0,00	0,22	7,69	0,07
510	0,00	0,22	7,29	0,07
540	0,00	0,22	6,89	0,06
570	0,00	0,22	6,49	0,06
600	0,00	0,22	6,08	0,05
630	0,00	0,22	5,68	0,05
660	0,00	0,22	5,28	0,05
690	0,00	0,22	4,88	0,04
720	0,00	0,22	4,48	0,04
750	0,00	0,22	4,07	0,04
780	0,00	0,22	3,67	0,03
810	0,00	0,22	3,27	0,03
840	0,00	0,22	2,87	0,03
870	0,00	0,22	2,47	0,02
900	0,00	0,22	2,07	0,02
930	0,00	0,22	1,66	0,01
960	0,00	0,22	1,26	0,01
990	0,00	0,22	0,86	0,01
1020	0,00	0,22	0,46	0,00
1050	0,00	0,22	0,06	0,00
1055	0,00	0,00	0,00	0,00

### VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA

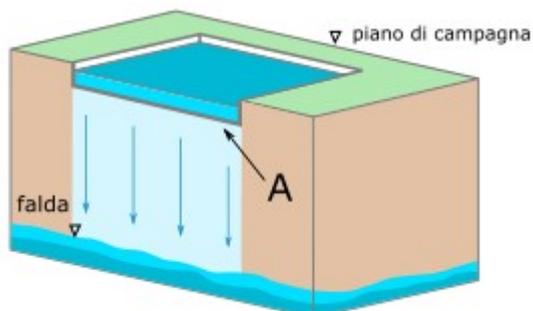
Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	$A_{inv}$	111,60	m <sup>2</sup>

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA

Altezza utile invaso	H	1,26	≠	1,21	m	Positiva
Volume utile invaso	W	140,62	≠	134,68	m <sup>3</sup>	Positiva
Tempo di svuotamento	T <sub>sv</sub>	167,6				
Portata massima scaricata	Q	0,00	≠	2,41	l/s	Positiva

### Sistema di scarico

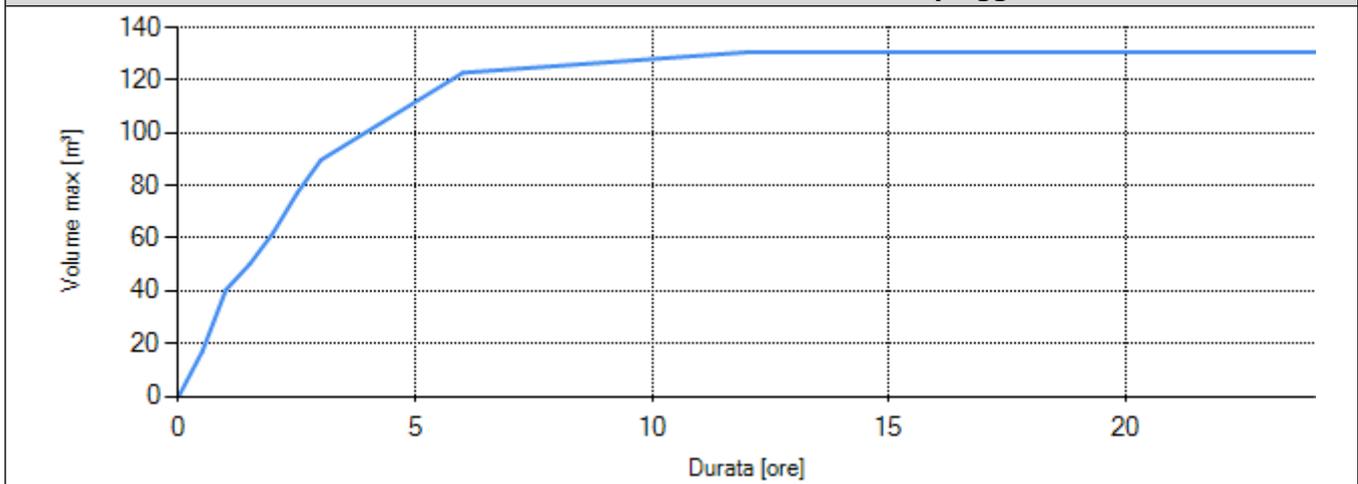
Tipologia di svuotamento      Infiltrazione a portata costante



Portata massima scaricabile	Q <sub>u,max</sub>	0,22	l/s
Coeff. permeabilità di calcolo	K <sub>calc</sub>	0,20	m/s * 10 <sup>-5</sup>
Gradiente idraulico	i	1,00	m/s
Area di infiltrazione	A <sub>f</sub>	111,60	m <sup>2</sup>

## VARIAZIONE VOLUME MASSIMO INVASATO

Variation volume maximum invaded in function of the duration of the rain - Graph



### Risultati tabellari

Durata pioggia [ore]	Volume [m³]
0,0	0,00
0,5	17,07
1,0	40,47
1,5	50,16
2,0	62,17
2,5	77,12
3,0	89,64
6,0	122,82
12,0	130,59
24,0	130,70

C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681

Regione LOMBARDIA

Provincia di Varese

Comune di Luino

## **Allacciamento alla fognatura**

### **RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA**

#### **Committente**

Nome **PREALPI GENERALE COSTRUZIONE SRL**

Indirizzo **VIA APPIAI 5 MILANO**

#### **Edificio / Area**

Descrizio

ne **EDIFICIO COMMERCILE      AREE CARRABILI**

Indirizzo **VIA TURATE 106      LUINO**

#### **Studio tecnico**

Nome **S.T.I.P. ST. TECNICO di Pericoli Ing. Paolo**

Indirizzo **VIA C. DELL ACQUA 41 - 20025 LEGNANO (MI)**

#### **Progettista**

Nome **ING PERICOLI PAOLO**

Ordine di **INGEGNERI della provincia di MILANO - n. 11595**

Rif.: INV\_PDC\_03\_luino\_CARRABILE

Software di calcolo: Edilclima - EC737 - versione 2

Data di redazione del documento: 24/03/2025

## **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**

C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681

## 1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la verifica del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica relativi al progetto di [Allacciamento alla fognatura](#), sito in [VIA TURATE 106 LUINO](#).

L'area drenata oggetto d'intervento si estende su una superficie di **7918,0 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 Luino Provincia Varese  
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 $\phi$
Pavimento e marciapiedi	Area semi-impermeabile	4931,0	0,70
Area retro edificio	Area semi-impermeabile	630,0	0,70
area a verde	Area permeabile	1650,0	0,20
area a verde	Area permeabile	707,0	0,20

Superficie totale 7918,0 m<sup>2</sup> Coefficiente afflusso medio ponderale  $\phi_m$  0,5512

### Dati amministrativi

Concessione edilizia n. 001 del 01/08/2022  
Richiesta permesso di costruire \_\_\_\_\_ del 01/08/2022  
Permesso di costruire/DIA/SCIA/CIL o CIA \_\_\_\_\_ del 01/08/2022  
Variante permesso di costruire/DIA/SCIA/CIL o CIA \_\_\_\_\_ del 01/08/2022

C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681

### 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.

Formazioni di TRINCEA DRENANTE con cameretta di prima pioggia per la separazione delle prime acque

### 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

$\varphi_m$  [-]: coefficiente di afflusso medio ponderale

$u_{lim}$  [l/(s · ha<sub>imp</sub>)]: 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  $Q_{umax} = 4,4$  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/ora<sup>n</sup>]: 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]

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \cdot \left(1 - \exp\left(-\left(\frac{T}{T_0}\right)^k\right)\right)$$

$\varepsilon$ ,  $a$ ,  $\kappa$  [-]: 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.

C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681

## 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 m<sup>2</sup>, 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:  $w_{\min} = 800$ \* [m<sup>3</sup> per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- Aree B:  $w_{\min} = 500$  [m<sup>3</sup> per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- Aree C:  $w_{\min} = 400$  [m<sup>3</sup> 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.

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

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

Per durate superiori alla durata della precipitazione t<sub>p</sub> 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<sub>p</sub> [ore]: durata della precipitazione

t<sub>r</sub> [ore]: tempo del picco di precipitazione pari a t<sub>p</sub> · r

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

C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681

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.

$$i(t) = \frac{h(t) - h_0 - \Delta t}{\Delta t}$$

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

$\Delta t$  [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 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  $i_0 \geq f_0$ :

$$f(t) = f_c + (i_0 - f_c) \cdot e^{-kt}$$

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

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

$i_0$  [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:

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

$t_p$  [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.

C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681

Il volume di infiltrazione si calcola come:

$$F'_{t_0} = \int_0^t f_{t_0} \cdot d\tau = f_c \cdot t + (f_0 - f_c) \cdot \frac{1 - e^{-kt}}{k}$$

Per quanto riguarda i valori da attribuire ai parametri della legge di Horton si fa riferimento a quanto riportato anche nel Regolamento Regionale n.7 del 23/11/2017 di Regione Lombardia, che suggerisce l'utilizzo dei valori riportati in Tabella seguente:

Valori parametri modello di Horton

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)

### **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.

$$q_k = \sum_{j=1}^k p_j \cdot IUH_{k-j+1} \cdot \Delta t$$

$$p_j = \frac{2,78}{1000} \cdot i_{n,j} \cdot A$$

$$IUH_{k-j+1} = \frac{1}{A} \cdot \frac{A_{k-j+1}}{\Delta t}$$

$q_k [m^3/s]$ : 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:

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

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

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

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

$V_{r,i,j} [m/s]$ : 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:

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

$R [m]$ : 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

C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681

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  $\theta$  è la durata della precipitazione.

### Portata in uscita dall'invaso

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

$$Q_u = cost$$

### 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.

$$Q_e - Q_u = \frac{dW}{dt}$$

$Q_e$  [ $m^3/s$ ]: 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.

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

$H$  [ $m$ ]: 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.

$$Q_u = Q_u(H)$$

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

Risolviendo 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

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.

## 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 con la seguente.

$$T_{sv} = \frac{W}{Q_u}$$

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

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

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.

C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681

## 9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

Si riportano di seguito i risultati del calcolo.

### CARATTERISTICHE GENERALI

Comune di Luino 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	$l/(s \cdot ha_{imp})$	
Origine del vincolo di portata: 20/sec./ha.			

Definizione aree			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Afflusso $\phi$
Pavimento e marciapiedi	Area semi-impermeabile	4931,0	0,70
Area retro edificio	Area semi-impermeabile	630,0	0,70
area a verde	Area permeabile	1650,0	0,20
area a verde	Area permeabile	707,0	0,20

Sup. totale intervento 7918,0 m<sup>2</sup> Coeff. afflusso medio ponderale  $\phi_m$  0,5512

### LINEE SEGNALETRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

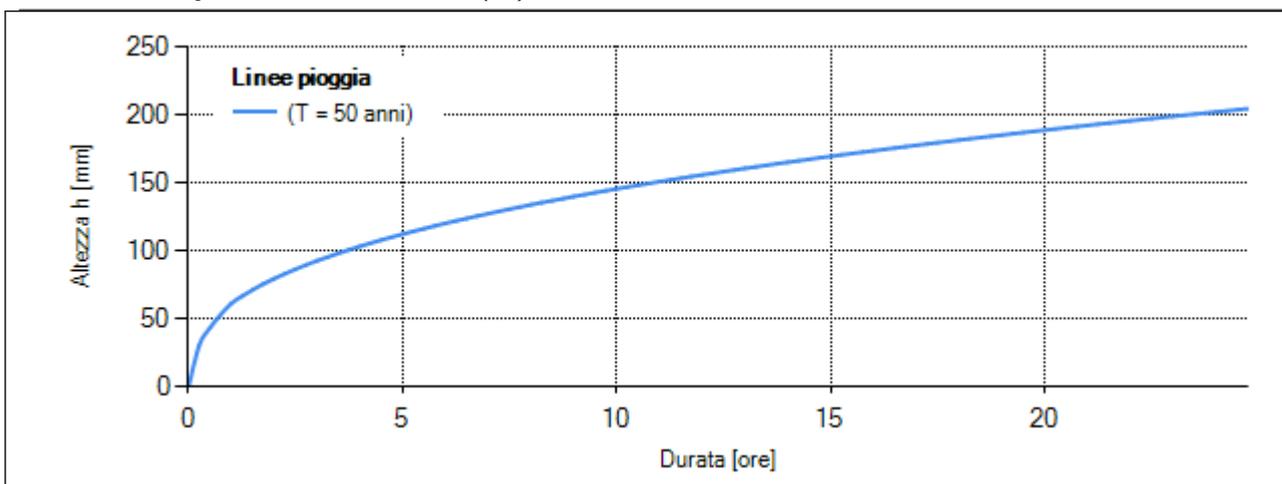
Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica			
Coefficiente pluviometrico orario	$a_1$	31,59	mm/h <sup>n</sup>
Coefficiente di scala	$n$	0,3740	-
GEV - Parametro alfa	$\alpha$	0,2783	-
GEV - Parametro kappa	$k$	-0,0146	-
GEV - Parametro epsilon	$\epsilon$	0,8352	-
Coefficiente di scala (durata < 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

C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681

C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681



**Linee pioggia - Risultati tabellari**

Durata [ore]	(T= 50 anni) h [mm]
0	0,00
1	61,68
2	79,94
3	93,03
4	103,60
5	112,61
6	120,56
7	127,71
8	134,25
9	140,30
10	145,94
11	151,23
12	156,24
13	160,99
14	165,51
15	169,84
16	173,99
17	177,97
18	181,82
19	185,53
20	189,13
21	192,61
22	195,99
23	199,28
24	202,47

<b>Scelta tempo di ritorno</b>			
<b>Dimensionamento delle opere di invarianza idraulica ed idrologica</b>			
Tempo di ritorno adottato		50	anni
Coefficiente probabilistico	$w_T$	1,953	-
Parametro pioggia	a	61,684	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

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Afflusso $\phi$	T. corriv. $t_c$ [min]
Pavimento e marciapiedi	Area semi-impermeabile	4931,0	0,70	8
Area retro edificio	Area semi-impermeabile	630,0	0,70	0
area a verde	Area permeabile	1650,0	0,20	0
area a verde	Area permeabile	707,0	0,20	0
Superficie totale intervento: 7918,0 m <sup>2</sup>		Valori medi	0,5512	

## IETOGRAMMA DI PIOGGIA

Definizione ietogramma di pioggia - Pavimento e marciapiedi		
Durata pioggia di progetto ( $\theta$ )	0,25	ore
Coefficiente di posizione (r)	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo di Horton	
Classe di suolo	B - moderatamente bassa potenzialità di deflusso	
Parametro $f_0$	200	mm/h
Parametro $f_c$	12,7	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:*

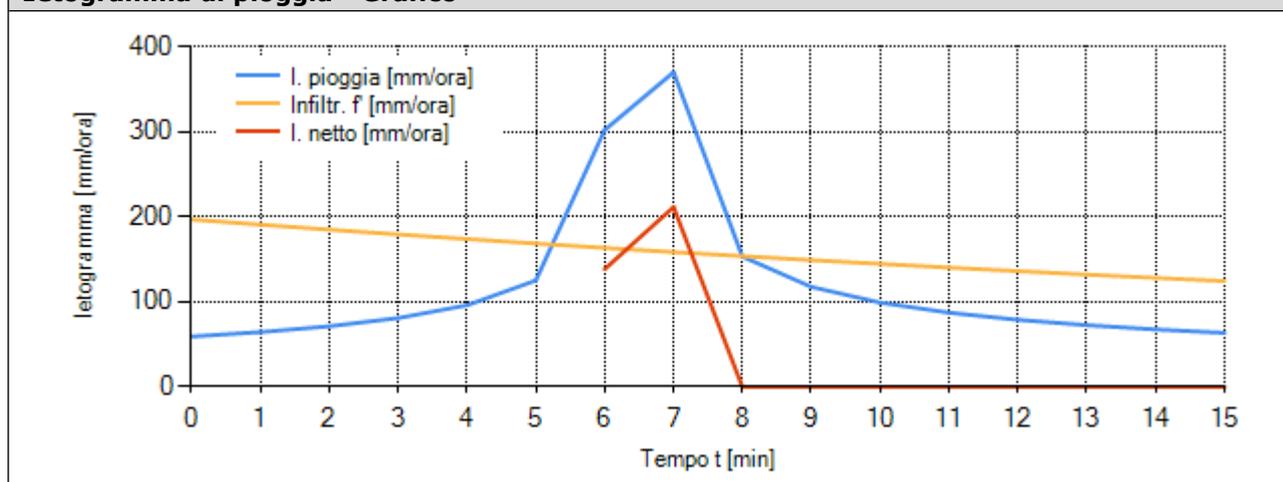
*Classe A* Scarsa potenzialità di afflusso: comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.

*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)		200	min
Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Infiltrazione [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]

0	59,31	196,96	0,00
1	64,49	190,92	0,00
2	71,34	185,08	0,00
3	80,97	179,43	0,00
4	96,05	173,96	0,00
5	125,17	168,68	0,00
6	302,19	163,56	138,62
7	370,10	158,62	211,49
8	153,30	153,83	0,00
9	117,63	149,21	0,00
10	99,17	144,73	0,00
11	87,37	140,40	0,00
12	78,99	136,22	0,00
13	72,64	132,17	0,00
14	67,61	128,25	0,00
15	63,50	124,46	0,00

### Definizione ietogramma di pioggia - Area retro edificio

Durata pioggia di progetto ( $\theta$ )	0,25	ore
Coefficiente di posizione (r)	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo di Horton	
Classe di suolo	B - moderatamente bassa potenzialità di deflusso	
Parametro $f_0$	200	mm/h
Parametro $f_c$	12,7	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:

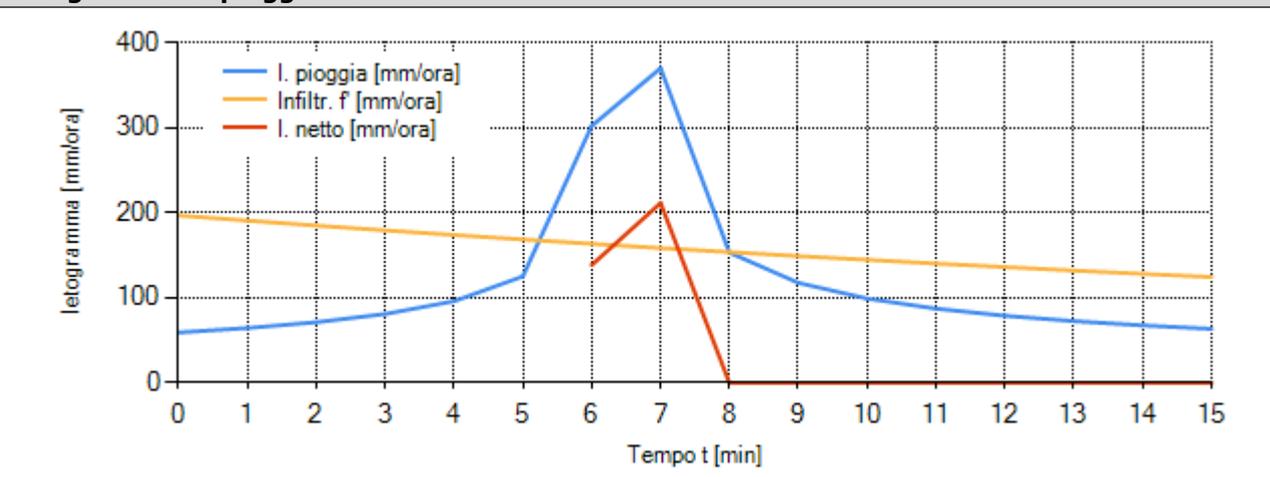
Classe A Scarsa potenzialità di afflusso: comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.

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 ( $t_p$ )	200 min		
Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Infiltrazione [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]

0	59,31	196,96	0,00
6	302,19	163,56	138,62

#### Definizione ietogramma di pioggia - area a verde

Durata pioggia di progetto ( $\theta$ )	0,25	ore
Coefficiente di posizione (r)	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo di Horton	
Classe di suolo	B - moderatamente bassa potenzialità di deflusso	
Parametro $f_0$	200	mm/h
Parametro $f_c$	12,7	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:

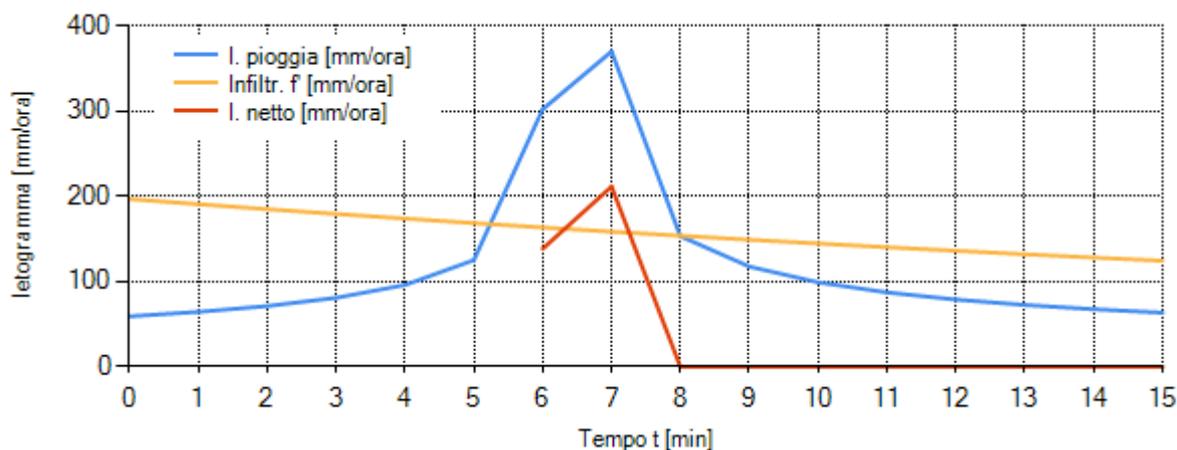
Classe A Scarsa potenzialità di afflusso: comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.

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 ( $t_p$ )	200 min		
Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Infiltrazione [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	59,31	196,96	0,00
6	302,19	163,56	138,62

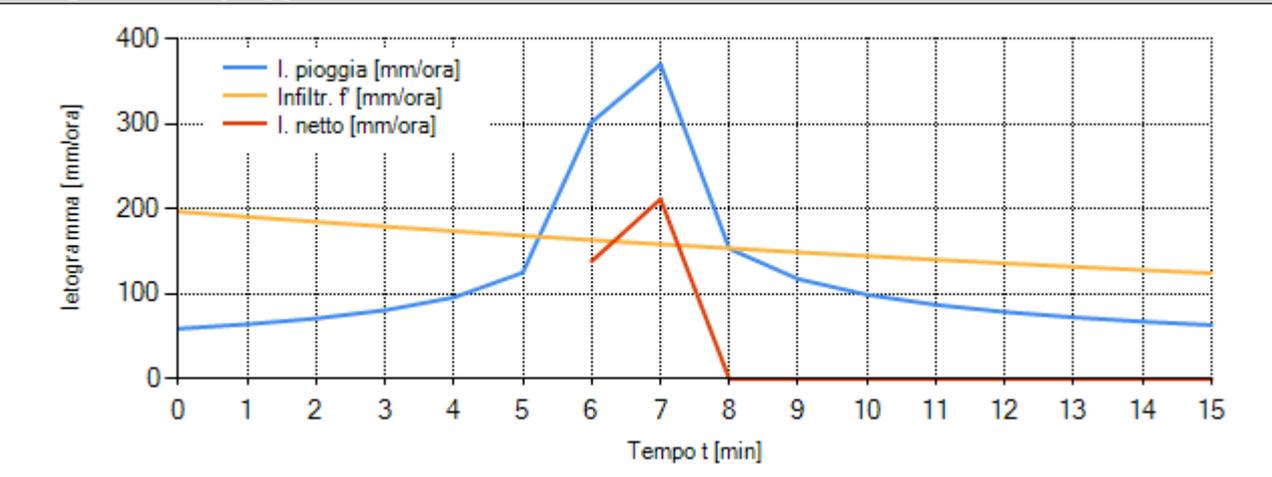
#### Definizione ietogramma di pioggia - area a verde

Durata pioggia di progetto ( $\theta$ )	0,25	ore
Coefficiente di posizione (r)	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo di Horton	
Classe di suolo	B - moderatamente bassa potenzialità di deflusso	
Parametro $f_0$	200	mm/h
Parametro $f_c$	12,7	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)		200 min	
Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Infiltrazione [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	59,31	196,96	0,00
6	302,19	163,56	138,62

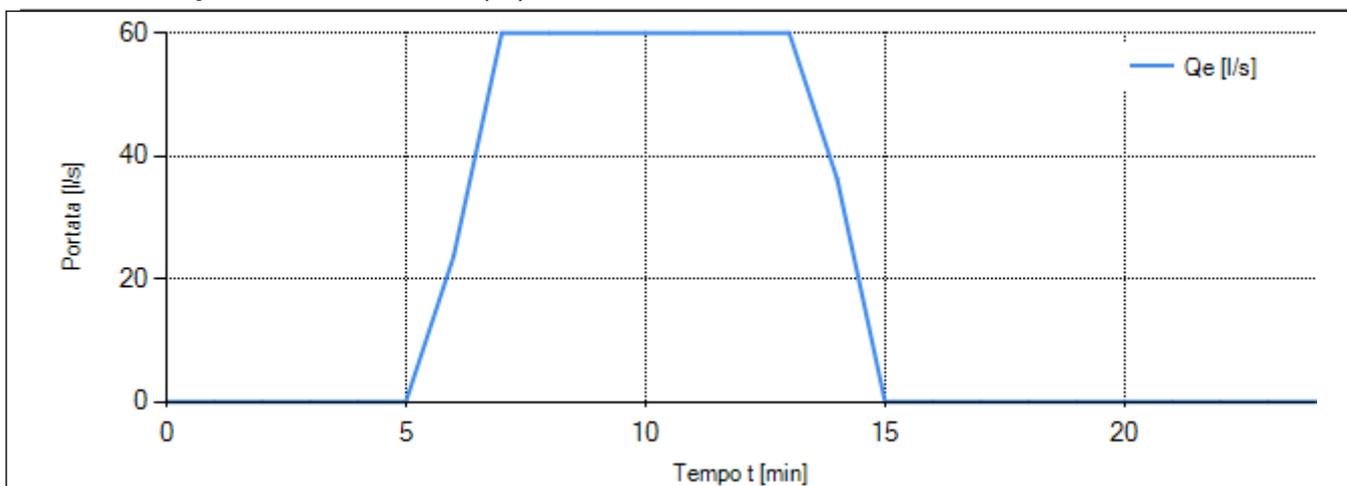
**IDROGRAMMA DI PIENA**

Area Pavimento e marciapiedi			
Tipo area	Area semi-impermeabile		
Superficie	4931,0		m <sup>2</sup>
Classe di suolo	B - moderatamente bassa potenzialità di deflusso		
Tempo corrivazione	t <sub>c</sub>	8	min

**Grafico**

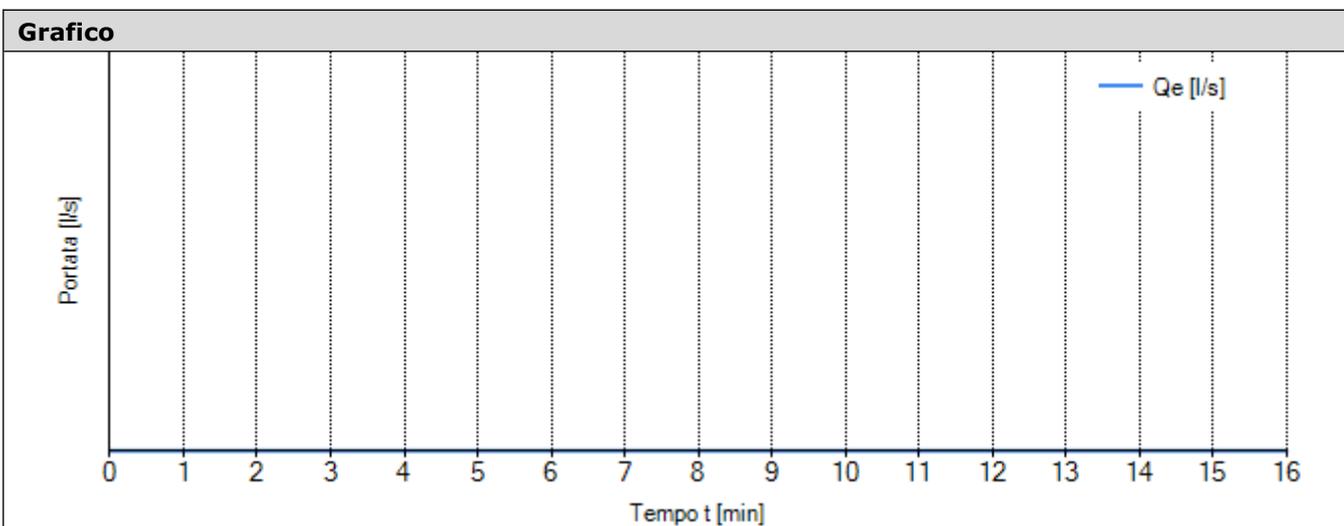
C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681

C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681



Risultati tabellari										
Tempo [min]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,75	59,99	59,99	59,99
Tempo [min]	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	59,99	59,99	59,99	59,99	36,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	20	21	22	23	24					
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					

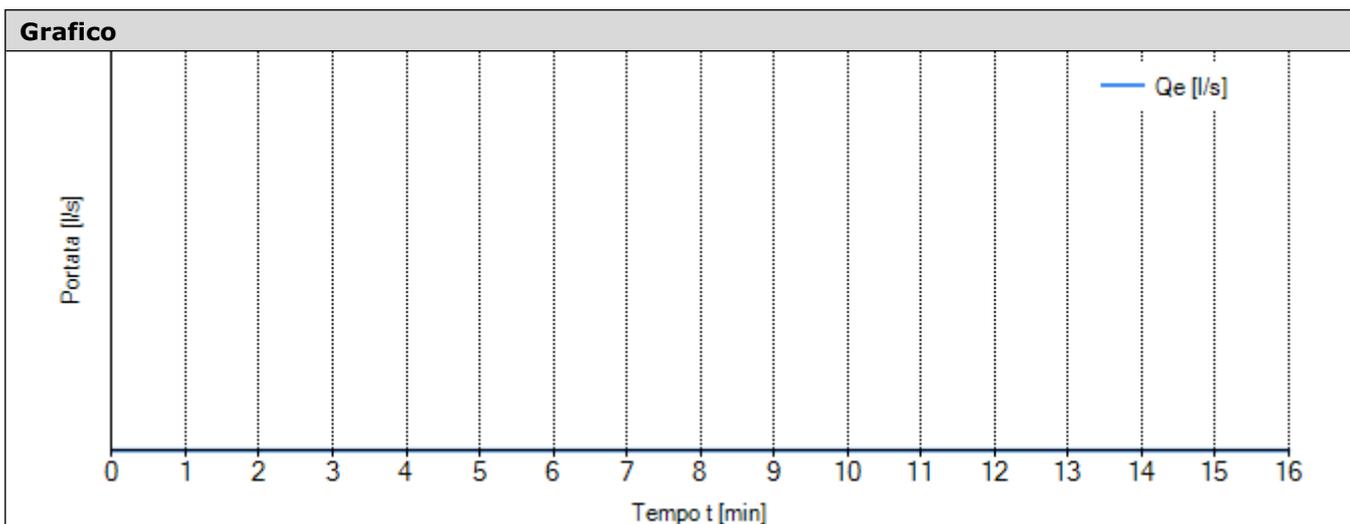
Area Area retro edificio	
Tipo area	Area semi-impermeabile
Superficie	630,0 m <sup>2</sup>
Classe di suolo	B - moderatamente bassa potenzialità di deflusso
Tempo corrvazione t <sub>c</sub>	0 min



Risultati tabellari										
Tempo [min]	0	6								
Portata Q <sub>e</sub> [l/s]	0,00	0,00								

Area area a verde	
Tipo area	Area permeabile
Superficie	1650,0 m <sup>2</sup>

Classe di suolo	B - moderatamente bassa potenzialità di deflusso		
Tempo corrivazione	$t_c$	0	min

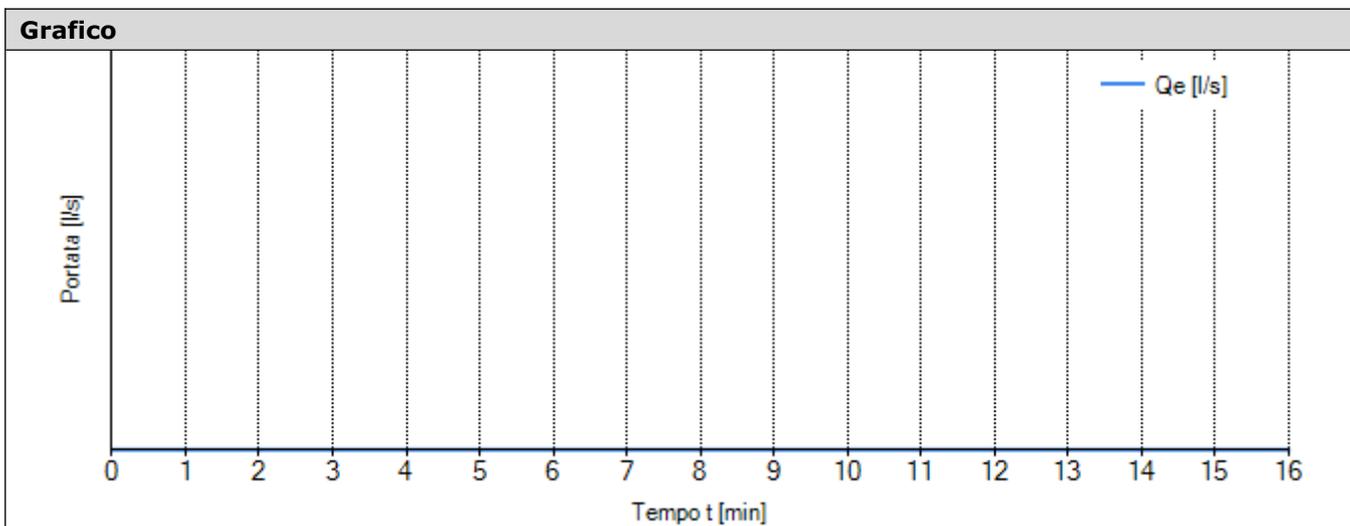


**Risultati tabellari**

Tempo [min]	0	6							
Portata $Q_e$ [l/s]	0,00	0,00							

**Area area a verde**

Tipo area	Area permeabile		
Superficie	707,0		m <sup>2</sup>
Classe di suolo	B - moderatamente bassa potenzialità di deflusso		
Tempo corrivazione	$t_c$	0	min



**Risultati tabellari**

Tempo [min]	0	6							
Portata $Q_e$ [l/s]	0,00	0,00							

### DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

**Metodo dei requisiti minimi**

Volume specifico minimo	$W_0$	800,00	m <sup>3</sup> /ha <sub>imp</sub>
-------------------------	-------	--------	-----------------------------------

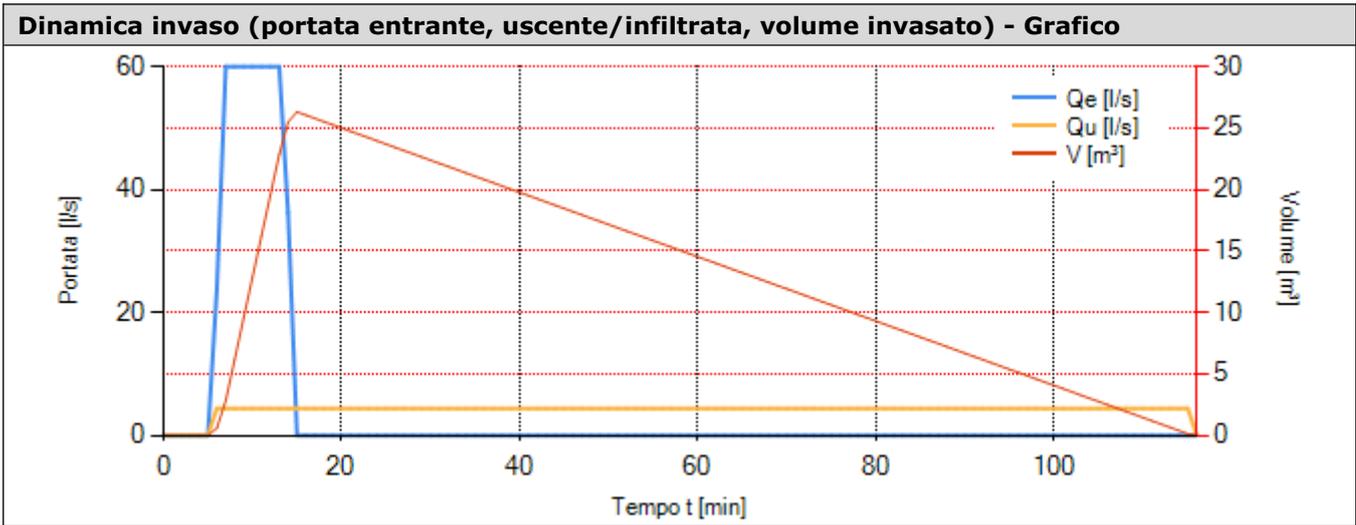
C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681

Volume invaso minimo	$W_0$	349,13	$m^3$
----------------------	-------	--------	-------

<b>Metodo analitico di dettaglio</b>			
Durata critica	$D_w$	0,25	ore
Battente idrico massimo	$H_{max}$	2,09	m
Volume invaso minimo	$W$	26,31	$m^3$
<i>Metodologia: Modello cinematico, mediante integrale di convoluzione, con curva area tempi lineare e ietogramma tipo Chicago.</i>			

C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681

### CALCOLO DINAMICA INVASO



**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
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00
6	23,75	4,36	0,58	0,00
7	59,99	4,36	2,83	0,02
8	59,99	4,36	6,17	0,04
9	59,99	4,36	9,51	0,06
10	59,99	4,36	12,85	0,08
11	59,99	4,36	16,18	0,10
12	59,99	4,36	19,52	0,12
13	59,99	4,36	22,86	0,14
14	36,24	4,36	25,48	0,15
15	0,00	4,36	26,31	0,16
16	0,00	4,36	26,05	0,16
17	0,00	4,36	25,78	0,15
18	0,00	4,36	25,52	0,15
19	0,00	4,36	25,26	0,15
20	0,00	4,36	25,00	0,15
21	0,00	4,36	24,74	0,15
22	0,00	4,36	24,48	0,15
23	0,00	4,36	24,21	0,14
24	0,00	4,36	23,95	0,14
25	0,00	4,36	23,69	0,14
30	0,00	4,36	22,38	0,13
35	0,00	4,36	21,07	0,13
40	0,00	4,36	19,76	0,12
45	0,00	4,36	18,45	0,11
50	0,00	4,36	17,14	0,10
55	0,00	4,36	15,83	0,09
60	0,00	4,36	14,53	0,09
65	0,00	4,36	13,22	0,08
70	0,00	4,36	11,91	0,07
75	0,00	4,36	10,60	0,06
80	0,00	4,36	9,29	0,06

C\_E734 - A878F93 - 1 - 2025-05-28 - 0016681

90	0,00	4,36	6,67	0,04
116	0,00	0,00	0,00	0,00

## VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA

### Dimensioni invaso

Superficie pianta invaso	$A_{inv}$	167,40	$m^2$
--------------------------	-----------	--------	-------

### Verifiche invaso

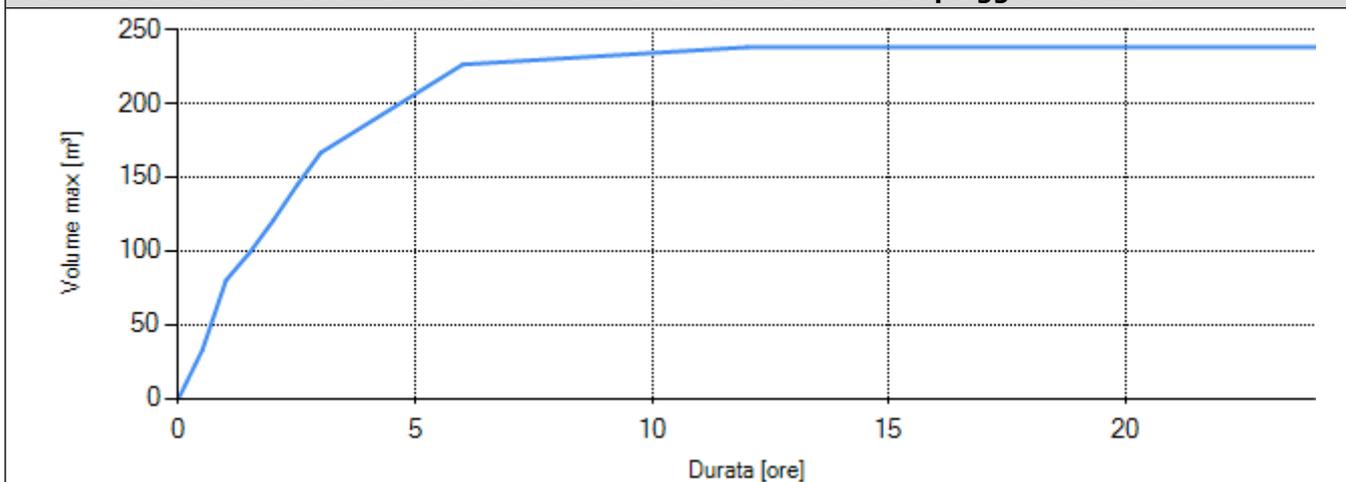
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	2,10	≠	2,09	m	Positiva
Volume utile invaso	W	351,54	≠	349,13	$m^3$	Positiva
Tempo di svuotamento	$T_{sv}$	22,2	≠	48,0	ore	Positiva
Portata massima scaricata	Q	4,36	≠	4,36	l/s	Positiva

### Sistema di scarico

Tipologia di svuotamento	Portata costante		
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	4,36	l/s

## VARIAZIONE VOLUME MASSIMO INVASATO

Variation volume maximum invaded as a function of the duration of the rain - Graph



### Risultati tabellari

Durata pioggia [ore]	Volume [m³]
0,0	0,00
0,5	32,67
1,0	79,98
1,5	98,80
2,0	120,70
2,5	144,53
3,0	166,46
6,0	226,33
12,0	237,95
24,0	238,07