Studio di Geologia Applicata

Valutazione di compatibilità Idraulica

DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE 28 LUGLIO 2009, N. 2-11830 ALLEGATO B

Progetto
COSTRUZIONE DI NUOVO CAPANNONE INDUSTRIALE
Comparto **ZC1**

Committente
S.I.L. S.p.a.

Provincia	Novara	
Comune	Novara	
Cap	28100	
Indirizzo	Via del Castello - Corso Vercelli	
Codice Catastale	F952	
Rif. catastali	Fg. 69	Mapp. 75,93, 99, 125, 126, 76, 77
	Fg. 104	Mapp. 1, 29, 30, 32, 33, 35, 36

Data 28 giugno 2022

Il tecnico Dott. Geol. Stefano Salvi

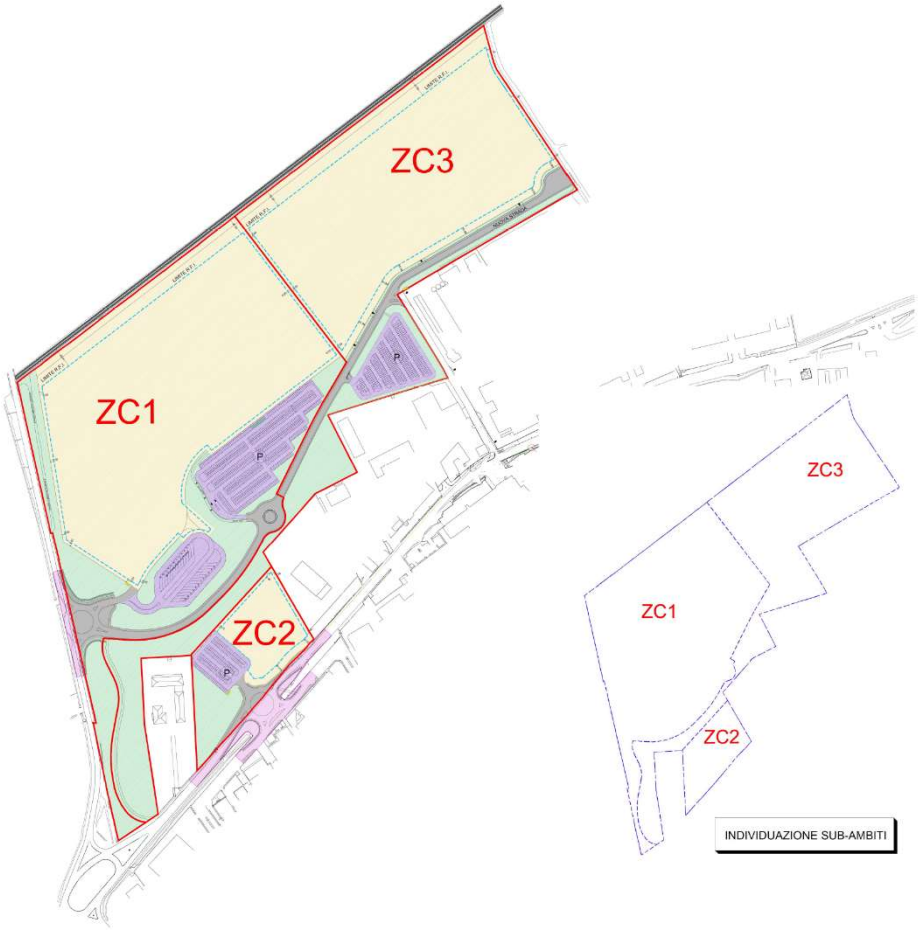


tecno geologia

1. PREMESSA 1
2. MODELLO GEOLOGICO 2
2.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO, IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO 2
2.2. PERMEABILITÀ DEI DEPOSITI PRESENTI IN SITO 4
3. INQUADRAMENTO URBANISTICO DELL'AREA 6
4. CALCOLO DELLE PRECIPITAZIONI METEORICHE DI RIFERIMENTO 8
5. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI 10
5.1 METODO ANALITICO DI DETTAGLIO 10
6. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA E TEMPO DI SVUOTAMENTO 16
7. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI 17

1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la verifica del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e idrologica relativo al progetto sito nel settore centro meridionale del territorio della provincia di Novara, in prossimità del capoluogo, in un lotto ubicato nel comune di **Novara (NO)** presso Via del Castello e Corso Vercelli denominato comparto **ZC1**.



Fonte: Domus

Il concetto di invarianza idraulica presuppone la realizzazione, nelle aree che subiranno una perdita di permeabilità in seguito alle trasformazioni in progetto, di interventi il cui scopo è quello di mantenere invariata la portata superficiale defluente verso l'esterno.
Questo risultato si può ottenere agevolando l'infiltrazione nel terreno dei volumi idrici in eccesso, rispetto alle condizioni pre-trasformazione o laminando le portate. In quest'ultimo caso si opera praticamente realizzando vasche di accumulo temporaneo, la cui funzione è quella di trattenere l'acqua che defluisce in superficie durante gli eventi meteorici, per rilasciarla quindi gradualmente con una portata prestabilita, non superiore a quella caratteristica dell'area prima della trasformazione.
Si è proceduto secondo il seguente schema:

- calcolo delle precipitazioni di riferimento attraverso le curve segnalatrici di possibilità climatica per un tempo di ritorno uguale a 50;
- stima dei coefficienti di afflusso pre e post trasformazione;
- calcolo del volume idrico di afflusso in eccesso;
- dimensionamento del volume di laminazione.

Normativa e delibere di riferimento: Deliberazione della Giunta Regionale 28 luglio 2009, n. 2-11830 – Allegato B.

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

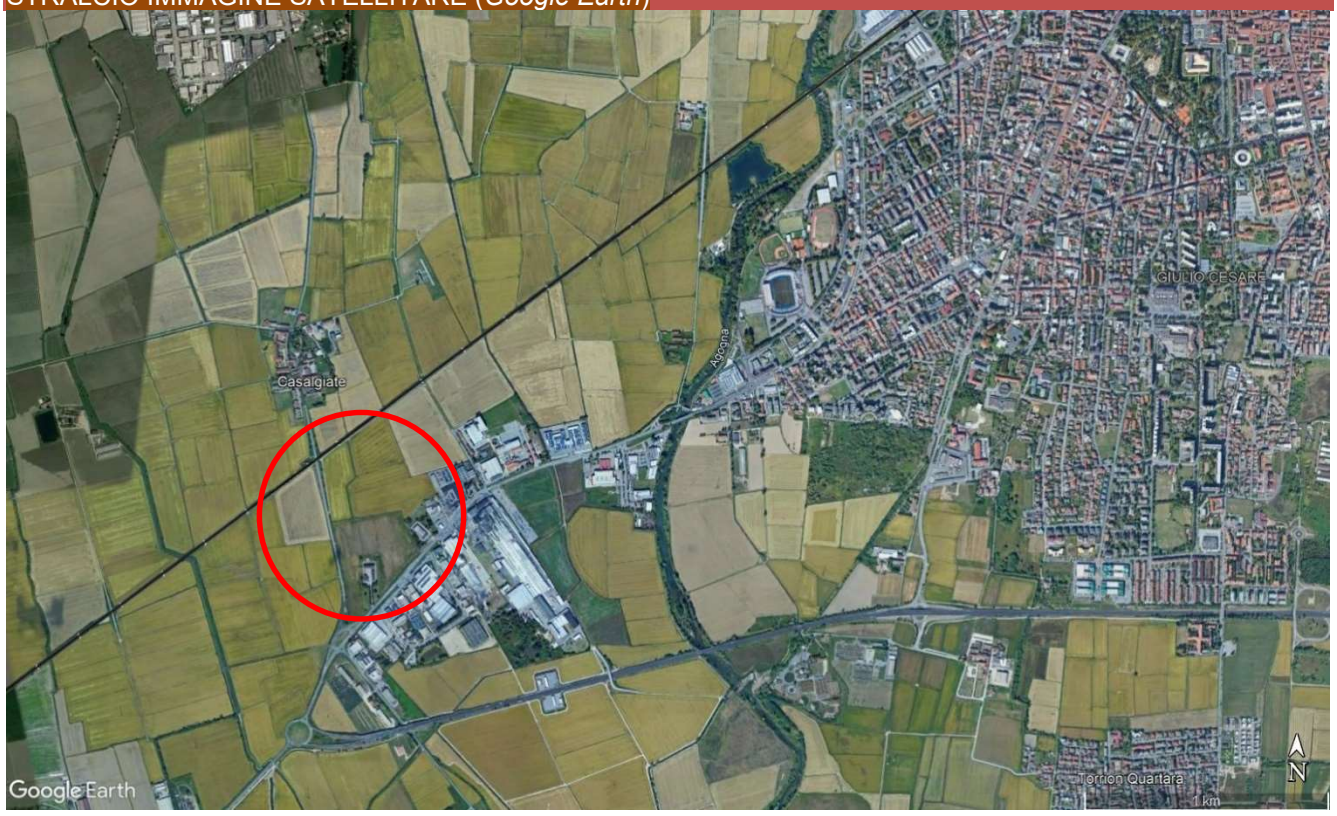
Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

2. MODELLO GEOLOGICO

2.1. Inquadramento geografico, geomorfologico, geologico, idrografico ed idrogeologico

L'area oggetto dello studio si colloca nel settore centro meridionale del territorio della provincia di Novara, in prossimità del capoluogo, in un lotto ubicato nel comune di **Novara (NO)** presso Via del Castello e Corso Vercelli. Nello specifico, il sito è ubicato a sud-ovest del centro abitato di Novara e si trova ad un'altitudine tra i 142 – 143 m s.l.m.; l'area insiste sui **Mappali 75,93, 99, 125, 126, 76, 77 del Foglio 69** e sui **Mappali 1, 29, 32, 33, 35, 36 del Foglio 104** del C.C. del Comune di Novara.

STRALCIO IMMAGINE SATELLITARE (*Google Earth*)



Nello specifico, l'area oggetto di indagine si presenta come una superficie planare posta ad una quota media compresa tra **142** e **143 m s.l.m.** A livello generale l'intera area è caratterizzata da appezzamenti di terreno, di dimensioni variabili tra loro, che si sviluppano su superfici posti a quote differenti l'uno dall'altro e raccordati da piccole scarpate.

Dal punto di vista geologico, la zona in esame, è parte integrante di un vasto ripiano alluvionale di età pleistocenica impostato su depositi alluvionali noti nella letteratura geologica come "Fluvioglaciale Würm" o "Diluvium recente".

In particolare si tratta di depositi riferibili al fluvioglaciale di età Würmiana, costituiti da ghiaie e sabbie in successione alternate.

Tali depositi, che costituiscono il cosiddetto "Livello Fondamentale della Pianura" (L.F.P.), sono contraddistinti da terreni prevalentemente ghiaiosi e sabbioso-ghiaiosi, con progressiva diminuzione della granulometria procedendo verso i settori meridionali.

La **litologia caratteristica** del Diluvium Recente è rappresentata da **ghiaia e sabbia debolmente limosa, scarsamente addensata, inglobante ciottoli di dimensioni variabili e rari trovanti.**

I caratteri sedimentologici specifici sono quelli dei depositi alluvionali: clasti con grado di arrotondamento variabile da sub arrotondato ad arrotondato e alterazione limitata o assente.

Tali depositi sono generalmente **ricoperti da uno strato di alterazione superficiale di spessore contenuto e composto da sedimenti limoso-sabbiosi localmente associati a ghiaia di varia pezzatura** (prevalentemente medio-fine).

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

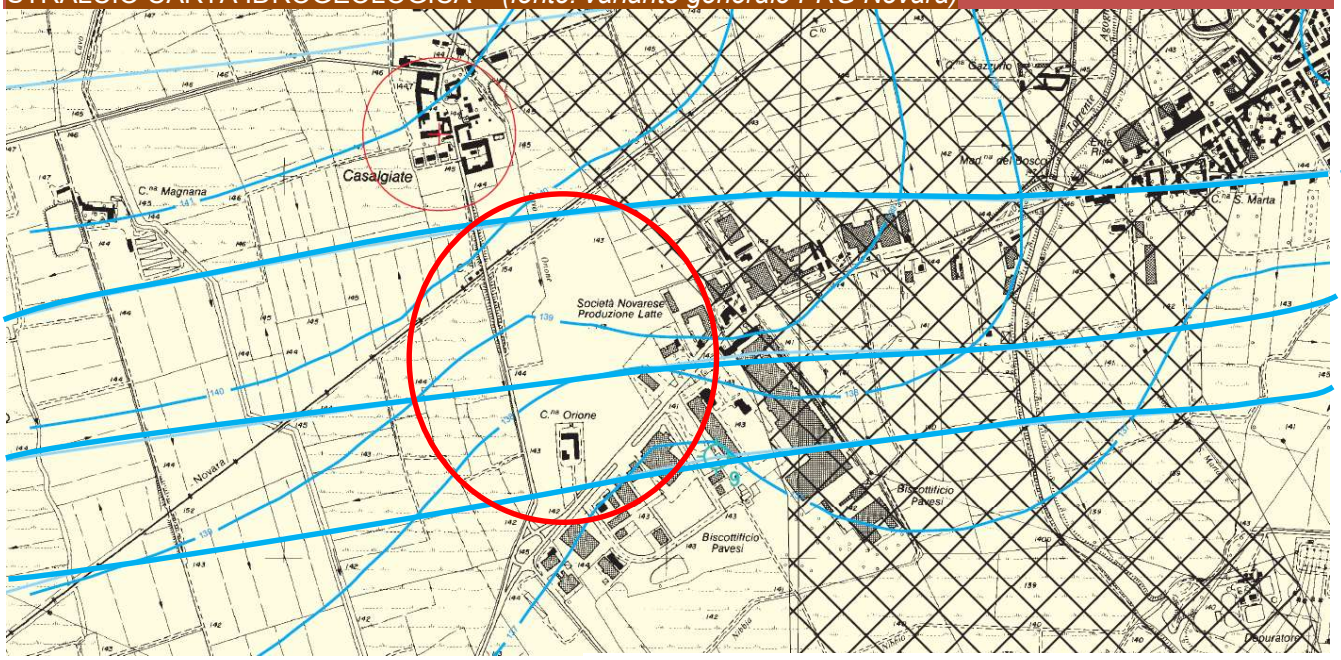
Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

Il territorio comunale di Novara è attraversato da due principali corsi d'acqua: il Torrente Agogna e il Torrente Terdoppio; è inoltre presente il Torrente Arbogna quale corso d'acqua naturale minore. Vi è inoltre una serie di rogge e canali che costituiscono il fitto reticolato minore presente sull'intero territorio comunale, storicamente interessato da un'intensa attività agricola.
Lungo i confini dei differenti appezzamenti si riconoscono tracce di canali irrigui che corrono paralleli ai confini stessi. Infatti nell'intera area di studio si riconoscono diverse serie di canali irrigui in terra.

STRALCIO CARTA GEOLOGICA DA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA – Fg 44 NOVARA



STRALCIO CARTA IDROGEOLOGICA – *(fonte: variante generale PRG Novara)*



ISOPIEZE

160 Isopieze da falda freatica

141 Isopieze da falda in pressione

DIREZIONE DI FLUSSO

Direzione e verso di scorrimento di falda libera

Direzione e verso di scorrimento di falda in pressione

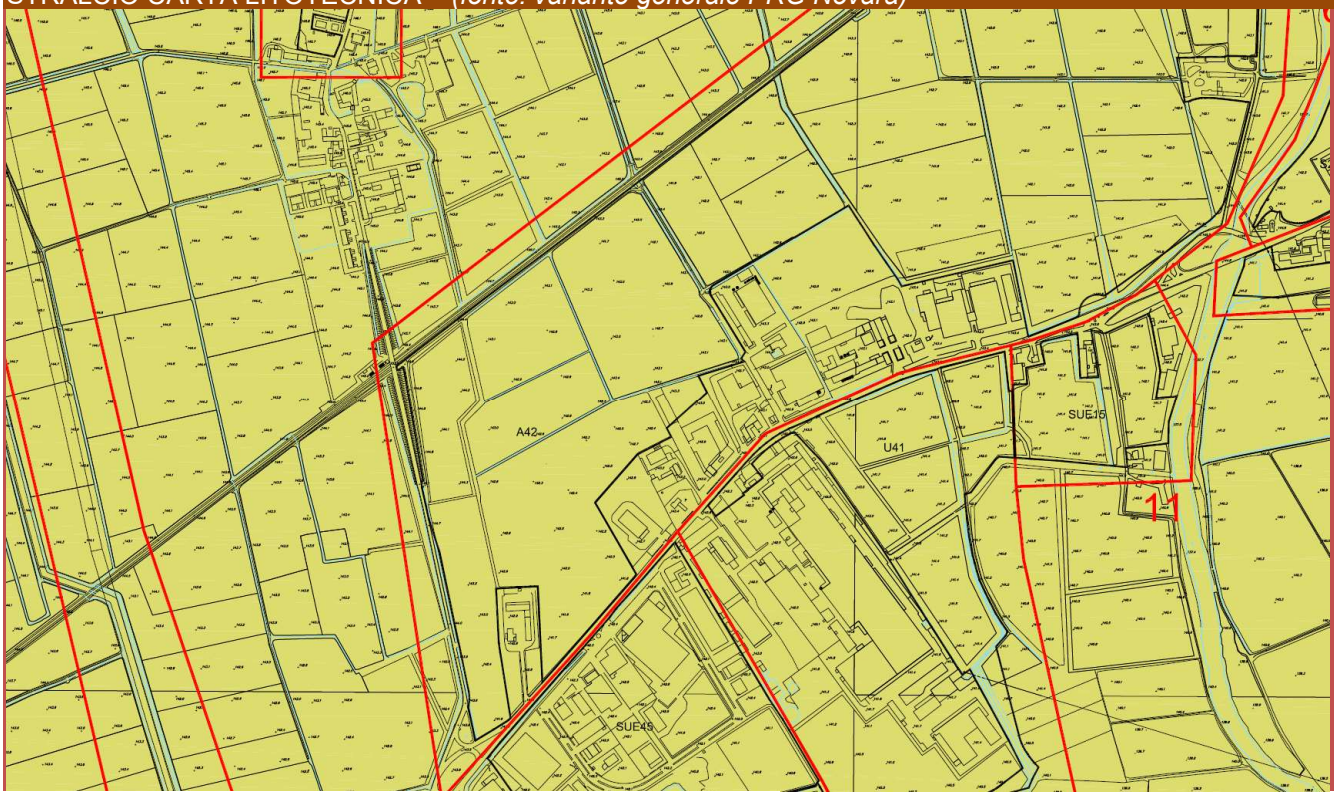
Sabbie ghiaiose con locali lenti limose
Presenza di falda freatica con profondità media variabile tra 2 e 4 m
PARAMETRI GEOTECNICI: angolo di attrito $32° < \phi < 35°$
coesione $c = 0.0$ t/m²
peso specifico $\gamma = 2.0$ t/m³

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

Dal punto di vista **idrogeologico** il territorio comunale presenta due tipologie di falde: l'acquifero monostrato con falda libera e l'acquifero multifalda semiconfinato.
L'acquifero libero è presente nell'unità Ghiaiosa-Sabbiosa, la cui soggiacenza è situata ad una profondità variabile da pochi metri sino a una decina di metri, e risente molto dell'irrigazione degli appezzamenti agricoli, specialmente dalle risaie. La soggiacenza media è di circa 3 m da p.c. e la direzione di deflusso principale è NO-SE, anche se localmente la presenza di corsi d'acqua o dei canali può deviare la direzione di deflusso.
L'indagine preliminare realizzata in data **10 maggio 2021** ha rilevato la presenza di una **falda freatica superficiale** posta ad una **profondità di 0.50 m** (periodo allagamento risaie).
Dalla carta idrogeologica del PRG Comunale si evince una soggiacenza della **falda freatica** con profondità media **variabile tra i 2** ed i **4 m** (periodo di non irrigazione).
Nel corso delle indagini realizzate nel **febbraio 2022**, su 14 scavi, la falda è stata rilevata a profondità variabile tra **1.90 e 2.80 m** di profondità.

STRALCIO CARTA LITOTECNICA – *(fonte: variante generale PRG Novara)*



Sabbie ghiaiose con locali lenti limose
Presenza di falda freatica con profondità media variabile tra 2 e 4 m
PARAMETRI GEOTECNICI: angolo di attrito $32° < f < 35°$
coesione $c = 0.0$ t/m²
peso specifico $\gamma = 2.0$ t/m³

2.2. Permeabilità dei depositi presenti in sito

Al fine di indagare la permeabilità dei terreni in sito si è proceduto all'esecuzione di diversi scavi. I depositi presenti nel sito in studio, dal punto di vista della permeabilità, sono essenzialmente tre:

1. un primo livello (da p.c. a 0.40÷0.50 m da p.c.) costituito **da limo argilloso** poco permeabile;
2. un secondo livello costituito da **sabbie molto sciolte, talora limose e/o ghiaiose** avente una permeabilità media (da 0.40÷0.50 m da p.c. a 2.00÷2.20 m da p.c.)**;**
3. un terzo livello costituito da **sabbie ghiaiose sciolte** contraddistinto da una permeabilità medio-alta (oltre 2.00÷2.20 m da p.c.)

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

Di seguito si riportano, a titolo esemplificativo, alcuni scavi effettuati presso il sito di progetto.





Dalle osservazioni effettuate in sito e considerate le litologie presenti nel primo sottosuolo è stata stimata, per il primo metro di profondità, una **permeabilità** media cautelativa pari a **6.00 x 10^{-5} m/s.**

k (m/s)	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
GRADO DI PERMEABILITÀ	alto				medio	basso			molto basso		impermeabile	
DRENAGGIO	buono					povero			praticamente impermeabile			
TIPO DI TERRENO	ghiaia pulita			sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita		sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati			terreni impermeabili argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici			

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

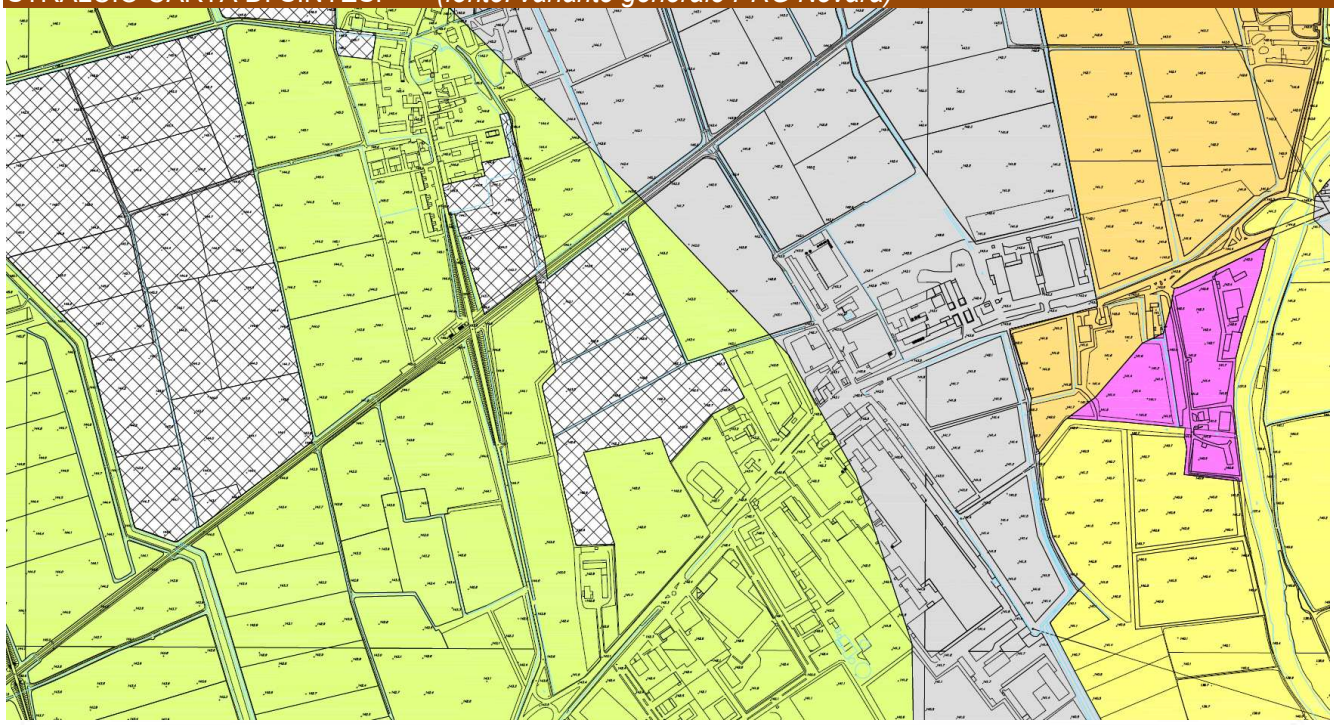
Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

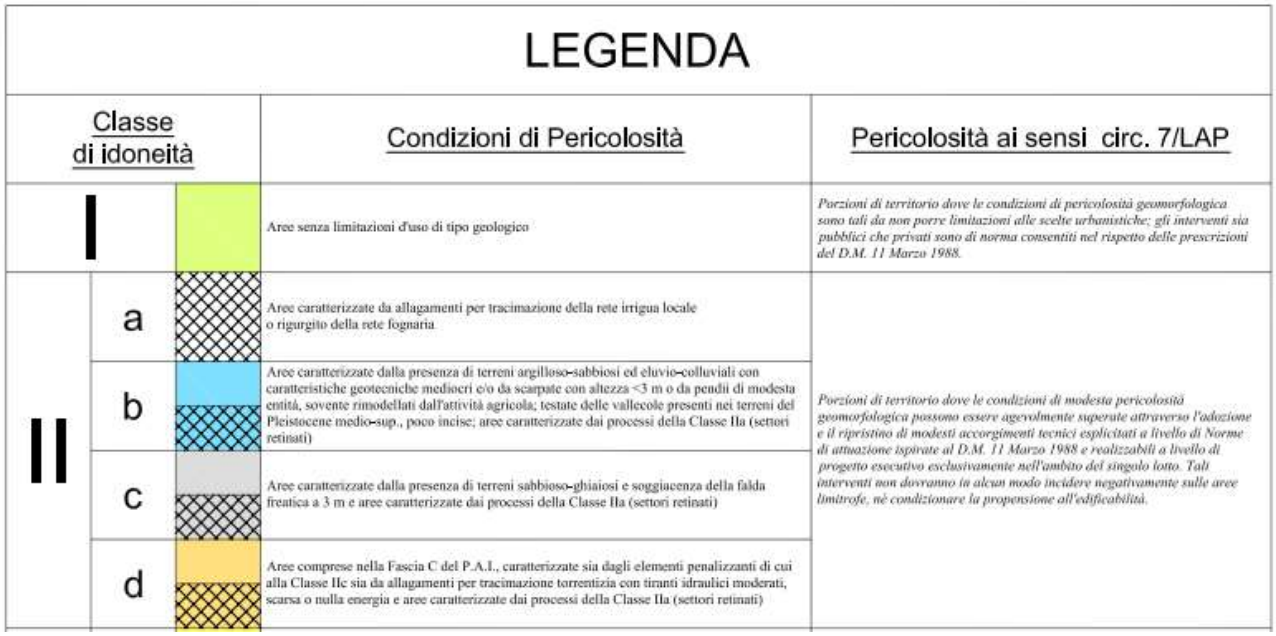
3. INQUADRAMENTO URBANISTICO DELL'AREA

La fase di progettazione preliminare e di valutazione della fattibilità dell'intervento ha previsto l'analisi delle limitazioni d'uso del territorio (vincoli) in particolare modo quelli descritti e presenti nella relazione geologica a corredo del vigente **PRG** comunale e quelli relativi alla normativa sovraordinate.

Dalla visione della **Carta di Sintesi della Pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica** si evince che il sito in esame ricade in *Classe di idoneità* ***I "aree senza limitazioni d'uso di tipo geologico"***, in *Classe di idoneità* ***2a "aree caratterizzate da allagamenti per tracimazione della rete irrigua locale o rigurgito della rete fognaria"*** e in Classe di Idoneità **IIc** ***"Aree caratterizzate dalla presenza di terreni sabbioso-ghiaiosi e soggiacenza della falda freatica a 3 m e aree caratterizzate dai processi della classe IIa".***

STRALCIO CARTA DI SINTESI - – *(fonte: variante generale PRG Novara)*





LEGENDA

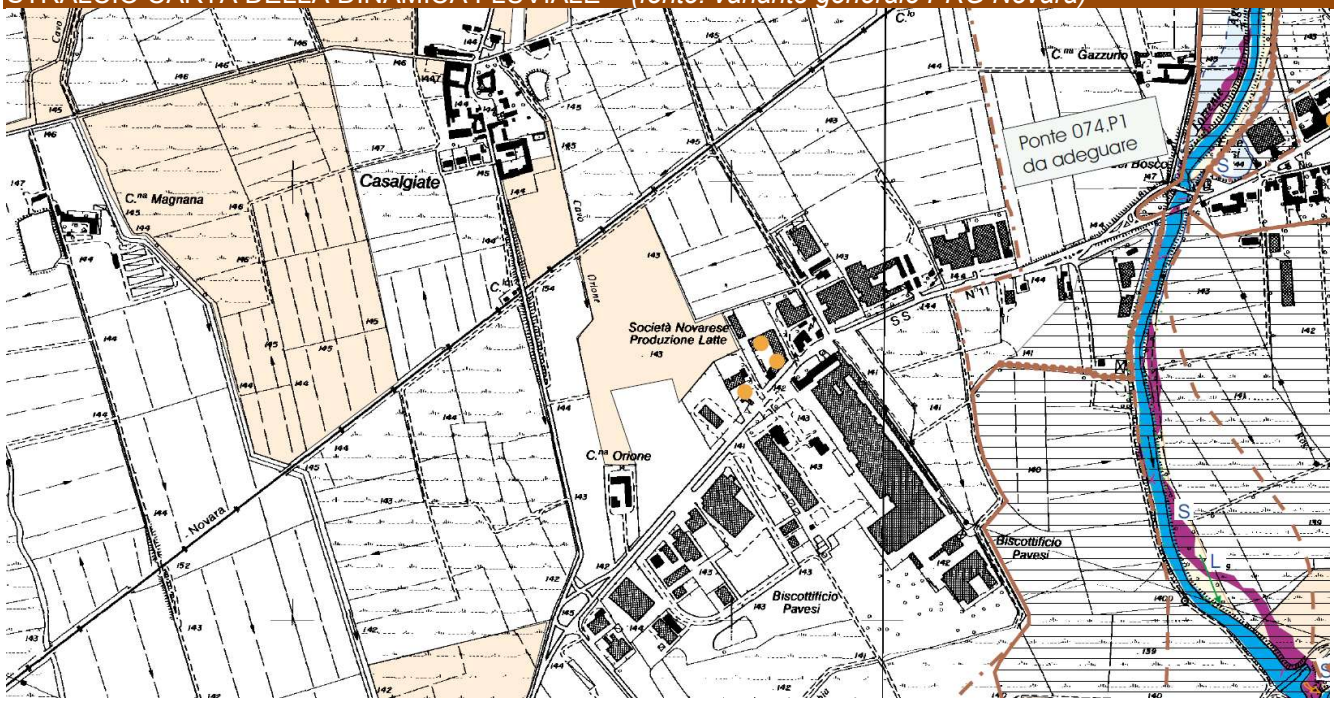
Classe di idoneità		Condizioni di Pericolosità	Pericolosità ai sensi circ. 7/LAP
I		Aree senza limitazioni d'uso di tipo geologico	*Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche; gli interventi sia pubblici che privati sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 11 Marzo 1988.*
II	a	Aree caratterizzate da allagamenti per tracimazione della rete irrigua locale o rigurgito della rete fognaria	*Porzioni di territorio dove le condizioni di modesta pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione e il ripristino di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di Norme di attuazione ispirate al D.M. 11 Marzo 1988 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto. Tali interventi non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree limitrofe, né condizionare la propensione all'edificabilità.*
	b	Aree caratterizzate dalla presenza di terreni argilloso-sabbiosi ed eluvio-colluviali con caratteristiche geotecniche mediocri e/o da scarpate con altezza <3 m o da pendii di modesta entità, sovente rimodellati dall'attività agricola; testate delle vallecole presenti nei terreni del Pleistocene medio-sup., poco incise; aree caratterizzate dai processi della Classe IIa (settori retinati)	
	c	Aree caratterizzate dalla presenza di terreni sabbioso-ghiaiosi e soggiacenza della falda freatica a 3 m e aree caratterizzate dai processi della Classe IIa (settori retinati)	
	d	Aree comprese nella Fascia C del P.A.I., caratterizzate sia dagli elementi penalizzanti di cui alla Classe IIc sia da allagamenti per tracimazione torrentizia con tiranti idraulici moderati, scarsa o nulla energia e aree caratterizzate dai processi della Classe IIa (settori retinati)	

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

Dalla visione della **Carta di Sintesi della Pericolosità geomorfologica** si evince che il sito in esame ricade **esternamente** dalle fasce PAI relative al Torrente Agogna. Una porzione del sito interessato dall'intervento in progetto ricade all'interno di aree che hanno subito l'effetto alluvionale dell'evento del 3 maggio2002 ("**aree agricole allagate**").

STRALCIO CARTA DELLA DINAMICA FLUVIALE – *(fonte: variante generale PRG Novara)*



LEGENDA FASCE FLUVIALI

FASCE PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL BACINO DEL PC
Tavole di delimitazione delle fasce fluviali (Modifiche e integrazioni al PPSAI)

- Limite tra la Fascia A e la Fascia B
- Limite tra la Fascia B e la Fascia C
- Limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C
- Limite esterno della Fascia C

Tratto da "*Studio idrodinamico di dettaglio e messa a punto del Piano per l'Assetto Idrogeologico a scala provinciale dei torrenti Agogna e Terdoppio*" di Hydrodata 01/ 2000 - scala 1:10.000

- Area di esondazione per QTr 200
- Interventi in progetto (la numerazione si riferisce allo Studio sopra citato)

EFFETTI ALLUVIONALI DELL'EVENTO DEL 3 MAGGIO 2002

Delimitazioni fornite dal Settore OO.PP. di Novara - Regione Piemonte

- Aree inondate per rigurgito della rete fognaria
- Aree inondate per tracimazione del sistema irriguo

Effetti alluvionali desunti dalle richieste di risarcimento danni o da foto della stampa locale

- Aree agricole allagate - non sono state riportate le aree coincidenti con il campo di inondazione rilevato in sito
- Edifici allagati per infiltrazione, rigurgito della rete fognaria o esondazione del reticolo idrografico minore e artificiale

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

4. CALCOLO DELLE PRECIPITAZIONI METEORICHE DI RIFERIMENTO

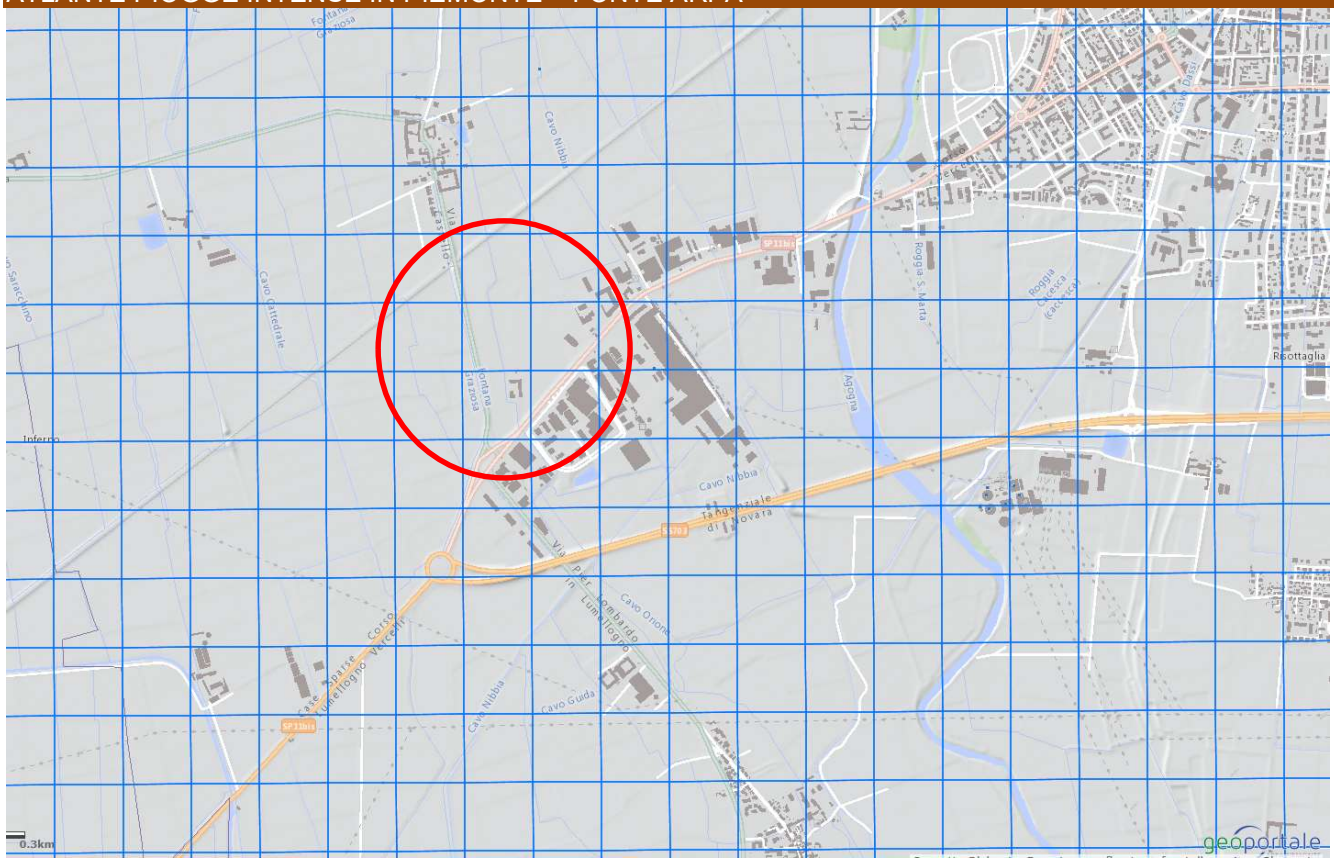
I parametri della curva pluviometrica per l'area in esame, ricadente all'interno del territorio comunale di Novara, sono stati dedotti dall'Atlante delle piogge intense in Piemonte dell'ARPA Regione Piemonte.
Al fine di dimensionare e verificare le opere d'invarianza idraulica in progetto devono essere definite preventivamente le precipitazioni di progetto.
A tal fine viene applicato il metodo delle linee segnalatrici di pioggia a due parametri a e n, in cui i parametri a ed n vengono determinati con riferimento ad un ben preciso valore di tempo di ritorno, TR, dell'evento meteorico.
L'altezza di precipitazione di progetto viene calcolata come segue:

$$h = a \cdot D^n$$

h [mm]: altezza di pioggia
D [ore]: durata di pioggia
n [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia
a [mm/oran]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

Per durate delle precipitazioni superiori ad un'ora si adottano i valori dei parametri a e n valevoli per durate superiori ad un'ora ed inferiori a 24 ore.
Per le durate inferiori a un'ora si utilizza lo stesso parametro a, adottato per eventi di durata superiore all'ora, mentre il parametro n 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 riguarda al tempo di ritorno TR adottato per la stima dei parametri, si fa riferimento a valori idonei a garantire le condizioni di sicurezza dell'opera e rispettare i valori e le indicazioni richiesti da norma, come riportato a seguito nel report dei calcoli.

ATLANTE PIOGGE INTENSE IN PIEMONTE – FONTE ARPA



Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

PIOGGE DI ASSEGNATO TEMPO DI RITORNO CON DISTRIBUZIONE GEV

Atlante piogge intense in Piemonte (GEV)

Comune di **NOVARA** (lat: 5030459.95493 , lon: 466655.454713)

Parametri della curva di probabilità pluviometrica. **a: 30.92 n: 0.28**

CSV Excel

Fattore di crescita KT

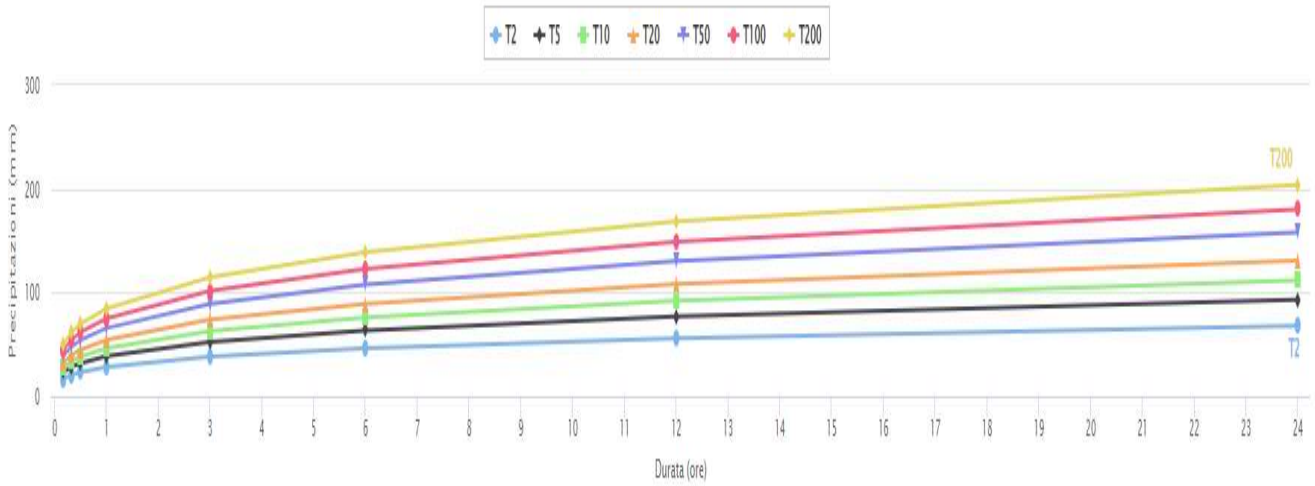
K2	K5	K10	K20	K50	K100	K200
0.9	1.3	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7

Piogge di assegnato tempo di ritorno per durate da 10 minuti a 24 ore (mm)

CSV Excel

Durata	Tempo di ritorno in anni						
	2	5	10	20	50	100	200
10 minuti	16.9	23.2	27.8	32.6	39.4	44.9	50.8
20 minuti	20.7	28.5	34.1	40	48.3	55	62.3
30 minuti	23.3	32	38.3	44.9	54.2	61.7	69.9
1 ora	28.2	38.8	46.5	54.4	65.7	74.9	84.7
3 ore	38.3	52.5	62.9	73.8	89	101.5	114.8
6 ore	46.3	63.6	76.2	89.3	107.8	122.9	139.1
12 ore	56.1	77	92.3	108.2	130.6	148.9	168.4
24 ore	68	93.3	111.9	131.1	158.2	180.3	204

LINEE SEGNALATRICI DI PROBABILITA' PLUVIOMETRICA



Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

5. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI

Al fine di ottemperare alle verifiche di invarianza idraulica e/o idrologica viene adottato il seguente metodo di calcolo:

- **METODO ANALITICO DI DETTAGLIO**

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

5.1 Metodo analitico di dettaglio

Il metodo analitico di dettaglio prevede di calcolare in modo analitico la curva della portata entrante nell'accumulo, minuto per minuto, l'altezza idrica nell'invaso e la contestuale portata uscente o infiltrata, per un evento meteorico di fissata durata e tempo di ritorno.
Noto il volume invasato istante per istante, si calcola il relativo valore massimo, che rappresenta il volume minimo che l'accumulo deve possedere al fine di garantire il vincolo di invarianza ed il rispetto della portata scaricata, per detto evento meteorico di fissata durata e tempo di ritorno.
La durata dell'evento meteorico ritenuto critico viene riportato nel report dei calcoli.
Per quanto attiene alla portata entrante nel serbatoio essa viene calcolata, mediante il modello cinematico, come somma delle portate generate dalle singole aree.
L'applicazione della procedura dettagliata prevede l'implementazione dei seguenti passaggi:

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

IETOGRAMMA DI PIOGGIA DI PROGETTO

Per la definizione dell'evento di pioggia di progetto si può utilizzare lo ietogramma Chicago, sviluppato da Keifer e Chu nel 1957 con riferimento alla fognatura di Chicago.
Tale ietogramma è caratterizzato da un picco d'intensità massima e da una intensità media per ogni durata, anche parziale, uguale a quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica. Analiticamente lo ietogramma Chicago è descritto da due equazioni, rispettivamente riferite al ramo crescente prima del picco e al successivo ramo decrescente dopo il picco. Il calcolo dell'altezza di precipitazione h [mm], in funzione del tempo t [ore], viene calcolato con le seguenti.

$$h(t) = r \cdot a \left[\left(\frac{t_r}{r}\right)^n - \left(\frac{t_r - t}{r}\right)^n \right] \qquad per \;\; t \le t_r$$

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

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

h [mm]: altezza di precipitazione
a [mm/ora^n]: parametro della linea segnalatrice di pioggia
n [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia
r [-]: coefficiente di posizione del picco di precipitazione rispetto alla durata della pioggia
t [ore]: generico istante di calcolo
t_p [ore]: durata della precipitazione
t_r [ore]: tempo del picco di precipitazione pari a t_p * *r*

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 - C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

I parametri *a* ed *n* adottati sono quelli che fanno riferimento alla durata della precipitazione di progetto. Il range di applicazione del coefficiente di posizione risulta $0 \leq r \leq 1$. La sua posizione all'interno della durata complessiva θ dell'evento può essere scelta sulla base di indagini statistiche relative alla zona in esame, oppure in mancanza di informazioni si può porre r=0,4 valore medio che risulta dagli studi in materia riportati in letteratura.
Sulla base di tali formule l'intensità di precipitazione i [mm/h], al generico istante t [ore], viene calcolato con la seguente.

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

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

IETOGRAMMA DI PIOGGIA NETTO

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

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

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

Se $i_0 \geq f_0$:

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

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

f_c [mm/ora]: conduttività idraulica a saturazione

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

k [1/ora]: costante di decadimento

Se $i_0 < f_0$:

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

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

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

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

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

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

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 - C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

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

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

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

Il volume di infiltrazione di calcola come:

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

Per quanto riguarda i valori da attribuire ai parametri della legge di Horton si fa riferimento a quanto riportato anche nel Regolamento 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^{-1}]
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 colloidi, 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

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 - C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

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

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

q_k *[m³/s]*: portata all'istante di tempo $t = k \cdot \Delta t$
p_j *[m³/s]*: volume di pioggia netta all'istante di tempo $t = j \cdot \Delta t$
$i_{n,j}$ *[mm/ora]*: intensità di pioggia netta all'istante di tempo $t = j \cdot \Delta t$
Δt *[ore]*: intervallo di tempo considerato, pari ad 1 minuto
IUH_{k-j+1} *[-]*: idrogramma istantaneo unitario all'istante di tempo $t = (k - j + 1) \cdot \Delta t$
A_{k-j+1} *[ha]*: porzione di bacino alla sezione di chiusura all'istante di tempo $t = (k - j + 1) \cdot \Delta t$
A *[ha]*: area totale dell'intervento

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

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

t_c *[ore]*: tempo di corrivazione

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

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

t_e *[ore]*: tempo di entrata in rete
t_r *[ore]*: tempo di rete del percorso idraulicamente più lungo a monte della sezione di calcolo
1,5: coefficiente di taratura

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

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

j [-]: j-esimo percorso possibile lungo la rete fino alla sezione di calcolo considerata
i [-]: i-esimo ramo lungo il j-esimo percorso
L_{ij} *[m]*: lunghezza dell'i-esimo ramo lungo il j-esimo percorso
V_{rij} *[m/s]*: velocità a pieno riempimento dell'i-esimo ramo lungo il j-esimo percorso

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

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 - C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

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

R [m]: raggio idraulico, che per condotte circolari risulta pari a: *R = D/4*
D [m]: diametro interno della condotta
i [-]: pendenza della condotta
k_s *[$m^{1/3}/s$]*: coefficiente di scabrezza della condotta di Strikler

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

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

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

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

PORTATA IN USCITA INFILTRATA

La portata infiltrata viene calcolata adottando la formula di Darcy.

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

Q_{inf} *[m^3/s]*: portata infiltrata
K_{calc} *[m/s]*: coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine
i [m/m]: gradiente idraulico
A_f *[m^2]*: 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.

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

Q_e *[m^3/s]*: portata in ingresso all'invaso
Q_u *[m^3/s]*: portata in uscita dall'invaso, scaricata o infiltrata
W [m^3]: volume invasato
t [s]: tempo

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

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

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

H [m]: battente idrico all'interno dell'invaso
A_{inv} [m^2]: area di base dell'invaso

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

$$Q_u = Q_u\big(H(t)\big)$$

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.

$$W_0 = max_i(W_i)$$

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

6. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA E TEMPO DI SVUOTAMENTO

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.

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.

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

7. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

SETTORE PRIVATO

CARATTERISTICHE GENERALI

Metodi di calcolo adottati
Metodo analitico di dettaglio

Portata massima scaricabile			
Portata massima scaricabile	95,30	l/s	Gli scarichi nel ricettore sono limitati mediante l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore stesso e comunque entro i seguenti valori massimi ammissibili (u_{lim}): in questo caso è stata considerata **10 l/s per ettaro** di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

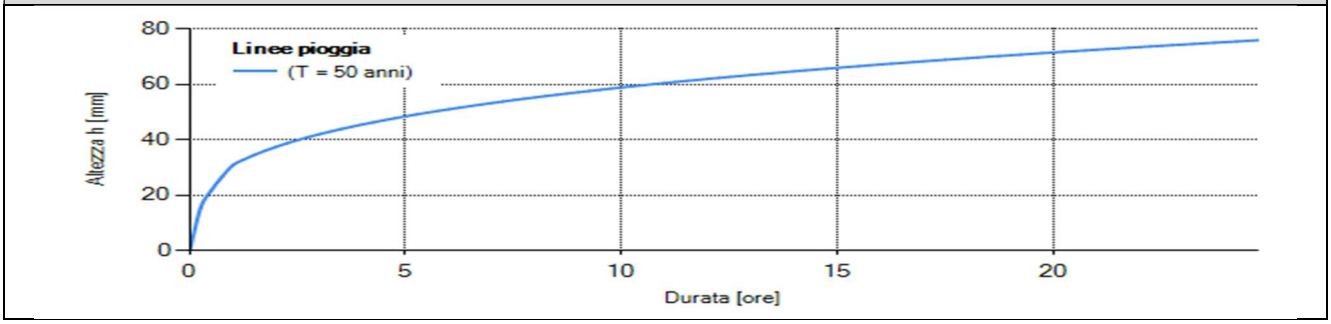
Definizione aree			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m^2]	Coeff. Afflusso φ
SUPERFICIE COPERTA	Area impermeabile	59988,0	0,90
STRADE, PARCHEGGI, PIAZZALI	Area impermeabile	45878,0	0,90
AREE VERDI	Area permeabile	14110,0	0,00

Sup. totale intervento	119976,0	m^2	Coeff. afflusso medio ponderale φ_m		0,7942

LINEE SEGNALATRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica			
Tempo di ritorno	TR	50	anni
Coefficiente pluviometrico orario	a	30,92	mm/h^n
Coefficiente di scala	n	0,2800	-
Coefficiente di scala (durata < 1 ora)	n_1	0,5000	-

Linee pioggia - Grafico



CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m^2]	Coeff. Afflusso φ	T. corriv. t_c [min]
SUP COPERTE + STRADE + PARCHEGGI + PIAZZALI	Area impermeabile	105866,0	0,90	10
VERDE	Area permeabile	14110,0	0,00	10
Superficie totale intervento: 119976,0 m^2		Valori medi	0,7942	

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

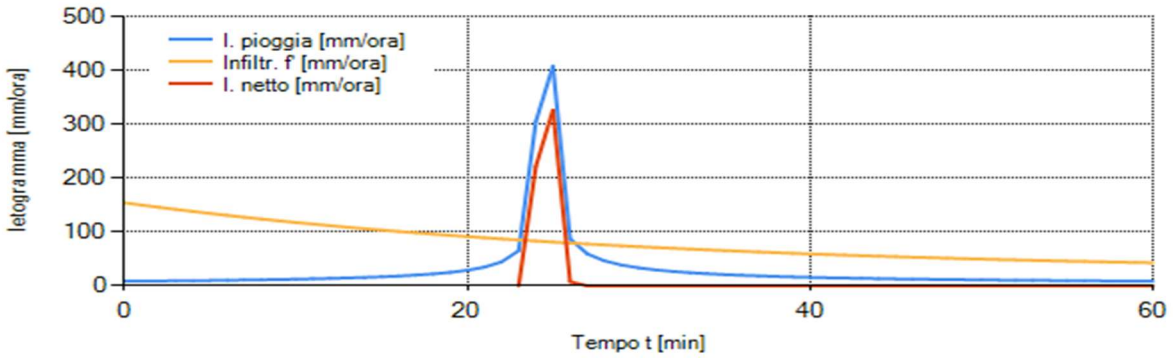
Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

IETOGRAMMA DI PIOGGIA

v

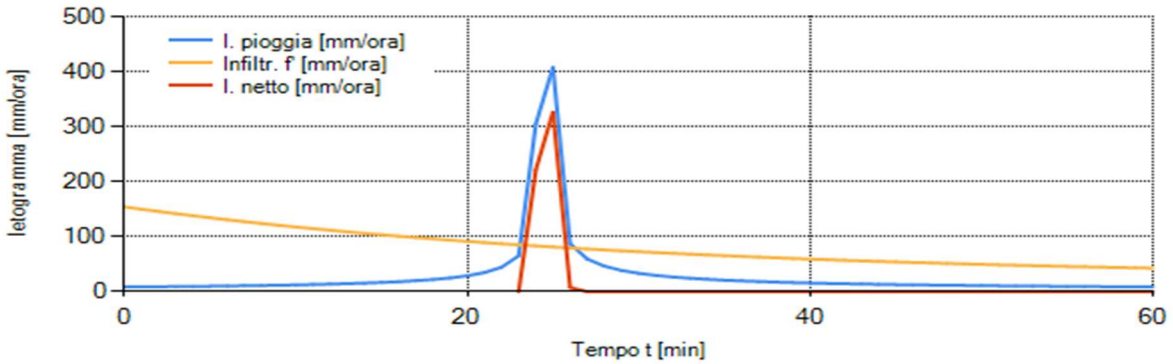
Definizione ietogramma di pioggia - SUP COPERTE + STRADE + PARCHEGGI + PIAZZALI		
Durata pioggia di progetto (θ)	1,00	ore
Coefficiente di posizione (r)	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo di Horton	
Classe di suolo	A - scarsa potenzialità di deflusso	
Parametro f_0	250	mm/h
Parametro f_c	25,4	mm/h
Parametro k	2	1/h

Ietogramma di pioggia - Grafico



Definizione ietogramma di pioggia - VERDE		
Durata pioggia di progetto (θ)	1,00	ore
Coefficiente di posizione (r)	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo di Horton	
Classe di suolo	A - scarsa potenzialità di deflusso	
Parametro f_0	250	mm/h
Parametro f_c	25,4	mm/h
Parametro k	2	1/h

Ietogramma di pioggia - Grafico



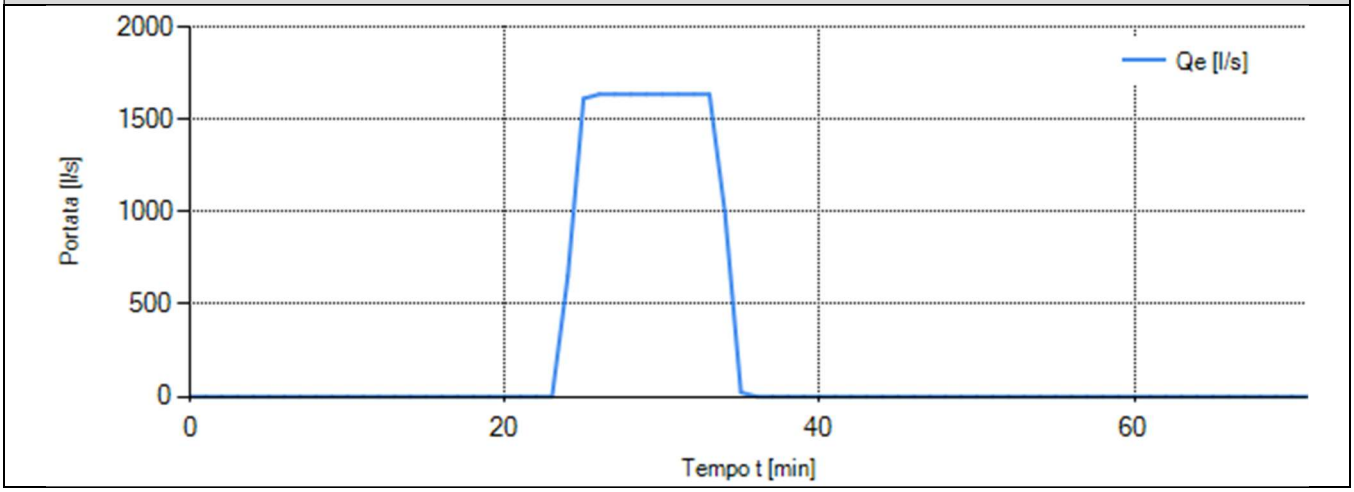
Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

IDROGRAMMA DI PIENA

Area SUP COPERTE + STRADE + PARCHEGGI + PIAZZALI			
Tipo area		Area impermeabile	
Superficie		105866,0	m²
Classe di suolo		A - scarsa potenzialità di deflusso	
Tempo corrivazione	t_c	10	min

Grafico



Risultati tabellari

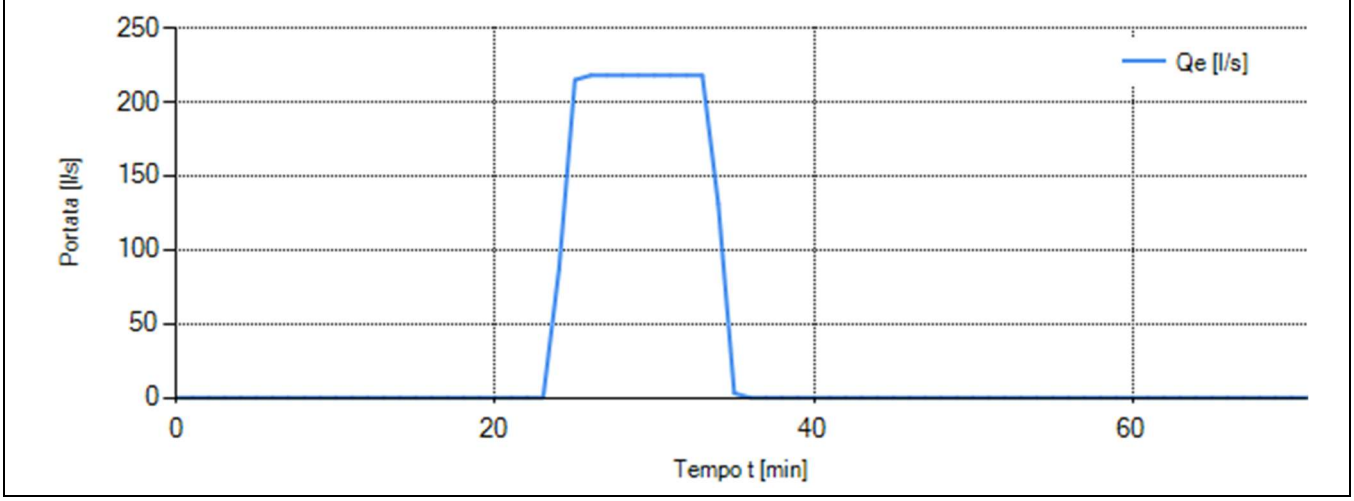
Tempo [min]	0	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	**31**	**32**
Portata Q_e [l/s]	0,00	651,63	1612,95	1635,85	1635,85	1635,85	1635,85	1635,85	1635,85	1635,85
Tempo [min]	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**	**39**	**40**	**41**	**42**
Portata Q_e [l/s]	1635,85	984,22	22,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**	**49**	**50**	**51**	**52**
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**53**	**54**	**55**	**56**	**57**	**58**	**59**	**60**	**61**	**62**
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**63**	**64**	**65**	**70**						
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00						

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

Area VERDE			
Tipo area		Area permeabile	
Superficie		14110,0	m²
Classe di suolo		A - scarsa potenzialità di deflusso	
Tempo corrivazione	t_c	10	min

Grafico



Risultati tabellari

Tempo [min]	0	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	**31**	**32**
Portata Q_e [l/s]	0,00	86,85	214,98	218,03	218,03	218,03	218,03	218,03	218,03	218,03
Tempo [min]	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**	**39**	**40**	**41**	**42**
Portata Q_e [l/s]	218,03	131,18	3,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**	**49**	**50**	**51**	**52**
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**53**	**54**	**55**	**56**	**57**	**58**	**59**	**60**	**61**	**62**
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**63**	**64**	**65**	**70**						
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00						

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

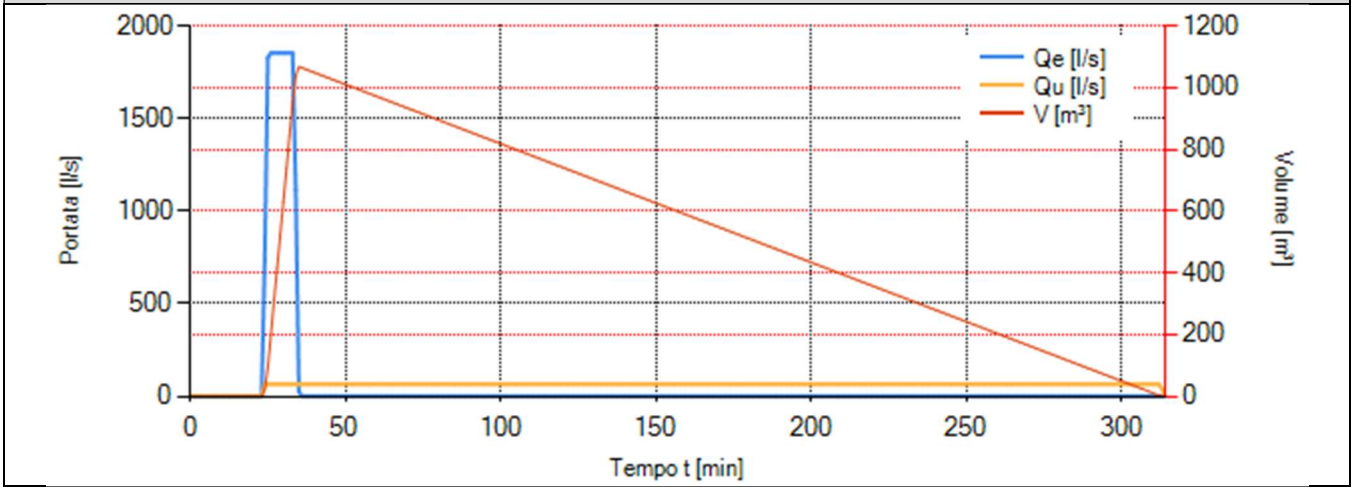
Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

Metodo analitico di dettaglio			
Durata critica	D_W	1,00	ore
Battente idrico massimo	H_{max}	1,00	m
Volume invaso minimo	W	1067,33	m^3
Metodologia: Modello cinematico, mediante integrale di convoluzione, con curva area tempi lineare e ietogramma tipo Chicago.			

CALCOLO DINAMICA INVASO

Dinamica invaso (portata entrante, uscente/infiltrata, volume invasato) - Grafico



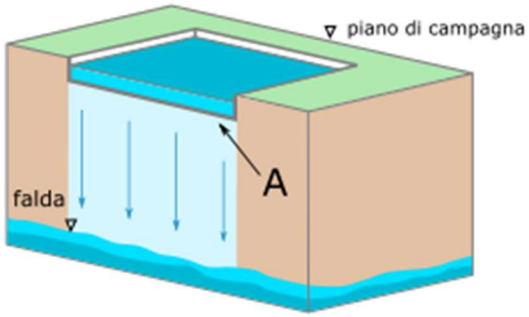
Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A_{inv}	1068,00	m^2

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		**Valore Ammissibile**		**VERIFICA**
Altezza utile invaso	H	1,00	≥	1,00	m	**Positiva**
Volume utile invaso	W	1068,00	≥	1067,33	m^3	**Positiva**
Tempo di svuotamento	T_{sv}	4,6	≤	48,0	ore	**Positiva**
Portata massima scaricata	Q	0,00	≤	95,30	l/s	**Positiva**

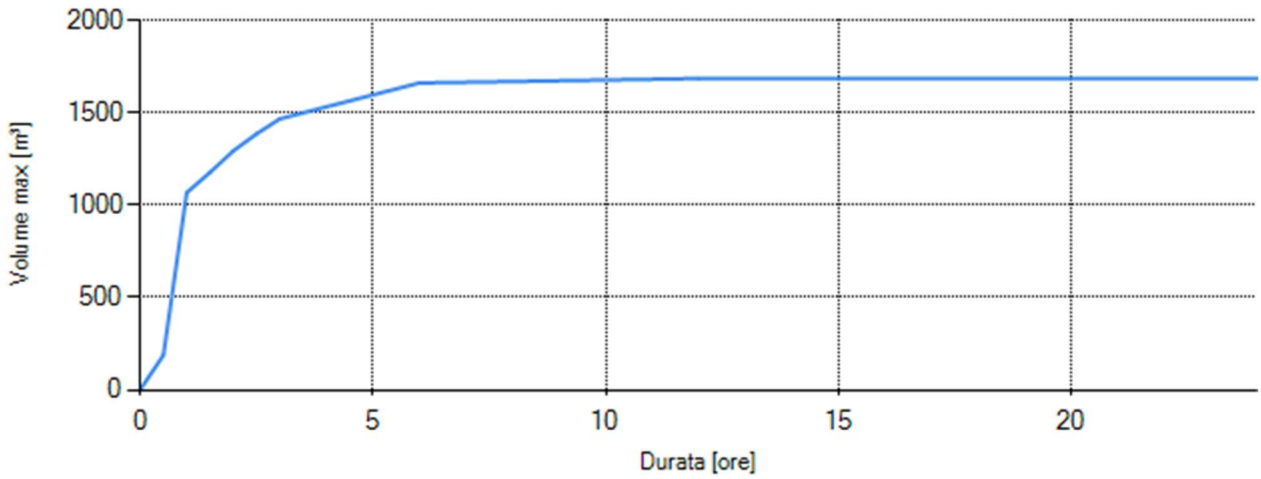
Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento	Infiltrazione a portata costante		
			
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	64,08	l/s
Coeff. permeabilità di calcolo	K_{calc}	6,00	m/s * 10^{-5}
Gradiente idraulico	i	1,00	m/s
Area di infiltrazione	Af	1068,00	m2

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

VARIAZIONE VOLUME MASSIMO INVASATO

Variazione volume massimo invasato in funzione della durata della pioggia - Grafico



Risultati tabellari	
Durata pioggia [ore]	Volume [m³]
0,0	0,00
0,5	188,04
1,0	1067,33
1,5	1176,57
2,0	1293,17
2,5	1385,15
3,0	1466,67
6,0	1660,66
12,0	1684,74
24,0	1684,89

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

SETTORE PUBBLICO

CARATTERISTICHE GENERALI

Metodi di calcolo adottati
Metodo analitico di dettaglio

Portata massima scaricabile			
Portata massima scaricabile	25,65	l/s	Gli scarichi nel ricettore sono limitati mediante l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore stesso e comunque entro i seguenti valori massimi ammissibili (u_{lim}): in questo caso è stata considerata **10 l/s per ettaro** di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

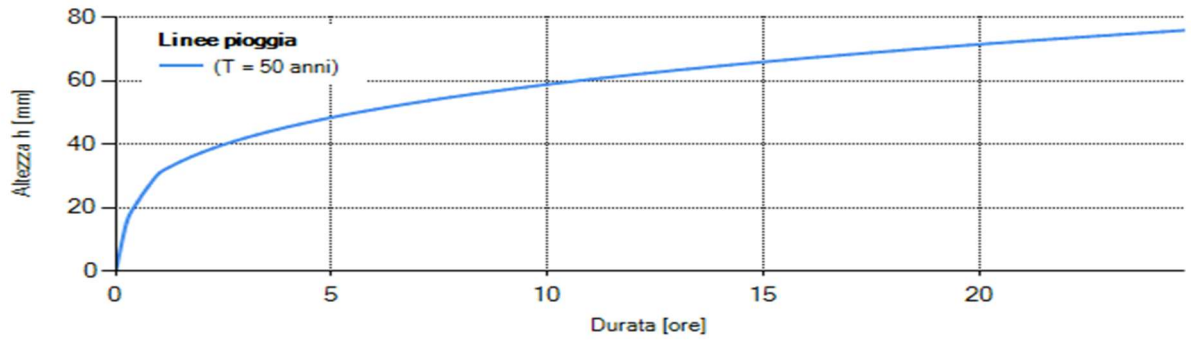
Definizione aree			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m^2]	Coeff. Afflusso φ
SUPERFICIE COPERTA	Area impermeabile	16,90	0,90
STRADE, PARCHEGGI, PIAZZALI	Area impermeabile	28481,6	0,90
AREE VERDI	Area permeabile	36604,3	0,00

Sup. totale intervento	65102,8	m^2	Coeff. afflusso medio ponderale φ_m		0,3940

LINEE SEGNALATRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica			
Tempo di ritorno	TR	50	anni
Coefficiente pluviometrico orario	a	30,92	mm/h^n
Coefficiente di scala	n	0,2800	-
Coefficiente di scala (durata < 1 ora)	n_1	0,5000	-

Linee pioggia - Grafico



CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m^2]	Coeff. Afflusso φ	T. corriv. t_c [min]
SUP COPERTE + STRADE + PARCHEGGI + PIAZZALI	Area impermeabile	28498,5	0,90	10

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

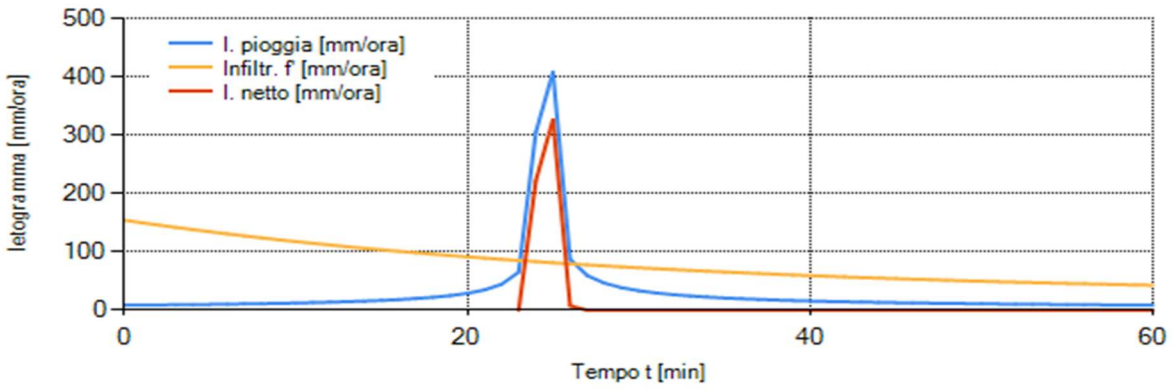
VERDE	Area permeabile	36604,3	0,00	10

Superficie totale intervento: 65102,8 m² Valori medi 0,3940

IETOGRAMMA DI PIOGGIA

Definizione ietogramma di pioggia - SUP COPERTE + STRADE + PARCHEGGI + PIAZZALI		
Durata pioggia di progetto (θ)	1,00	ore
Coefficiente di posizione (r)	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo di Horton	
Classe di suolo	A - scarsa potenzialità di deflusso	
Parametro f_0	250	mm/h
Parametro f_c	25,4	mm/h
Parametro k	2	1/h

Ietogramma di pioggia - Grafico

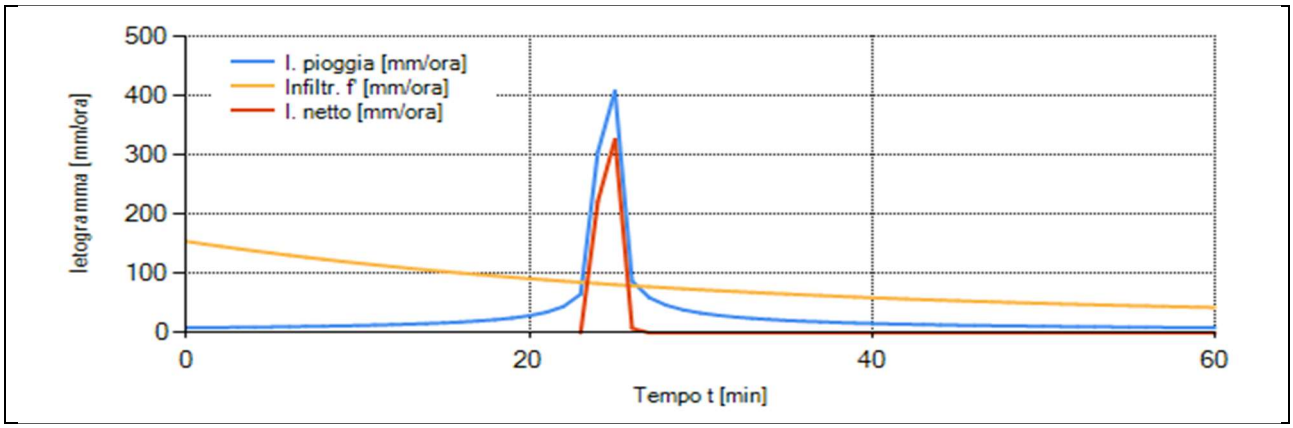


Definizione ietogramma di pioggia - VERDE		
Durata pioggia di progetto (θ)	1,00	ore
Coefficiente di posizione (r)	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo di Horton	
Classe di suolo	A - scarsa potenzialità di deflusso	
Parametro f_0	250	mm/h
Parametro f_c	25,4	mm/h
Parametro k	2	1/h

Ietogramma di pioggia - Grafico

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

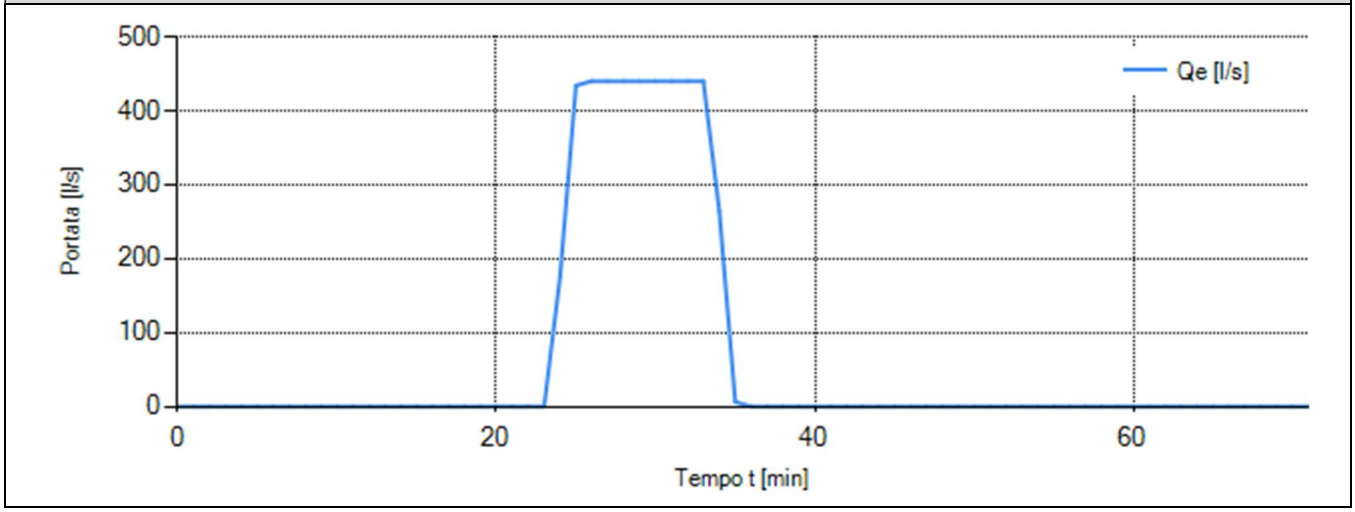
Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C



IDROGRAMMA DI PIENA

Area SUP COPERTE + STRADE + PARCHEGGI + PIAZZALI			
Tipo area		Area impermeabile	
Superficie		28498,5	m²
Classe di suolo		A - scarsa potenzialità di deflusso	
Tempo corrivazione	t_c	10	min

Grafico



Risultati tabellari

Tempo [min]	**0**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	**31**	**32**
Portata Q_e [l/s]	0,00	175,41	434,20	440,36	440,36	440,36	440,36	440,36	440,36	440,36
Tempo [min]	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**	**39**	**40**	**41**	**42**
Portata Q_e [l/s]	440,36	264,95	6,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**	**49**	**50**	**51**	**52**

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

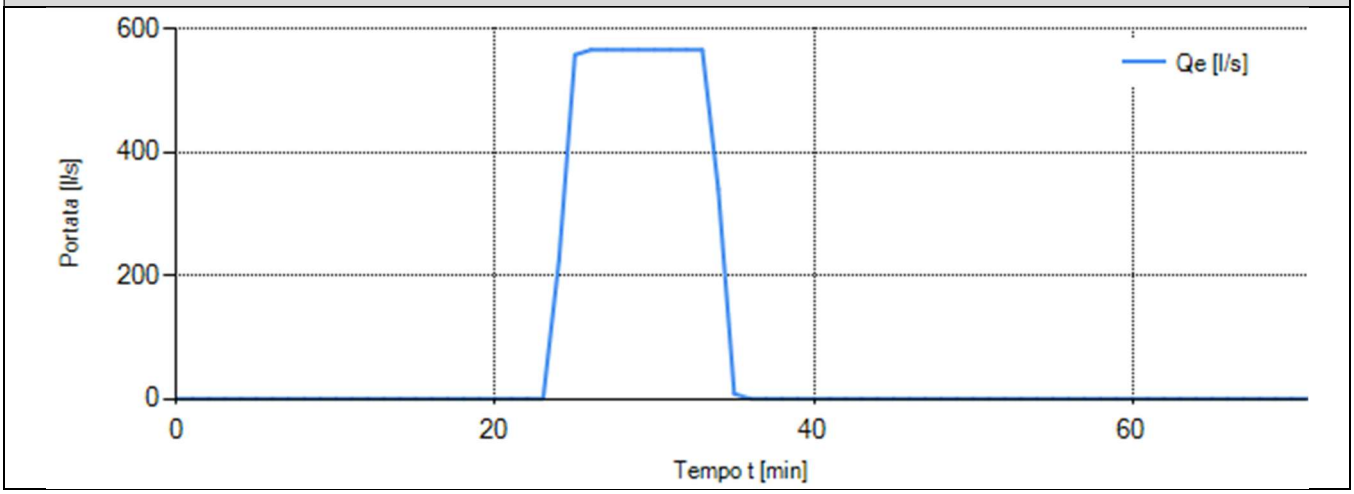
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**53**	**54**	**55**	**56**	**57**	**58**	**59**	**60**	**61**	**62**
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**63**	**64**	**65**	**70**						
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00						

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

Area VERDE			
Tipo area		Area permeabile	
Superficie		36604,3	m²
Classe di suolo		A - scarsa potenzialità di deflusso	
Tempo corrivazione	t_c	10	min

Grafico



Risultati tabellari

Tempo [min]	0	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	**31**	**32**
Portata Q_e [l/s]	0,00	225,31	557,70	565,61	565,61	565,61	565,61	565,61	565,61	565,61
Tempo [min]	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**	**39**	**40**	**41**	**42**
Portata Q_e [l/s]	565,61	340,31	7,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**	**49**	**50**	**51**	**52**
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**53**	**54**	**55**	**56**	**57**	**58**	**59**	**60**	**61**	**62**
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo [min]	**63**	**64**	**65**	**70**						
Portata Q_e [l/s]	0,00	0,00	0,00	0,00						

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

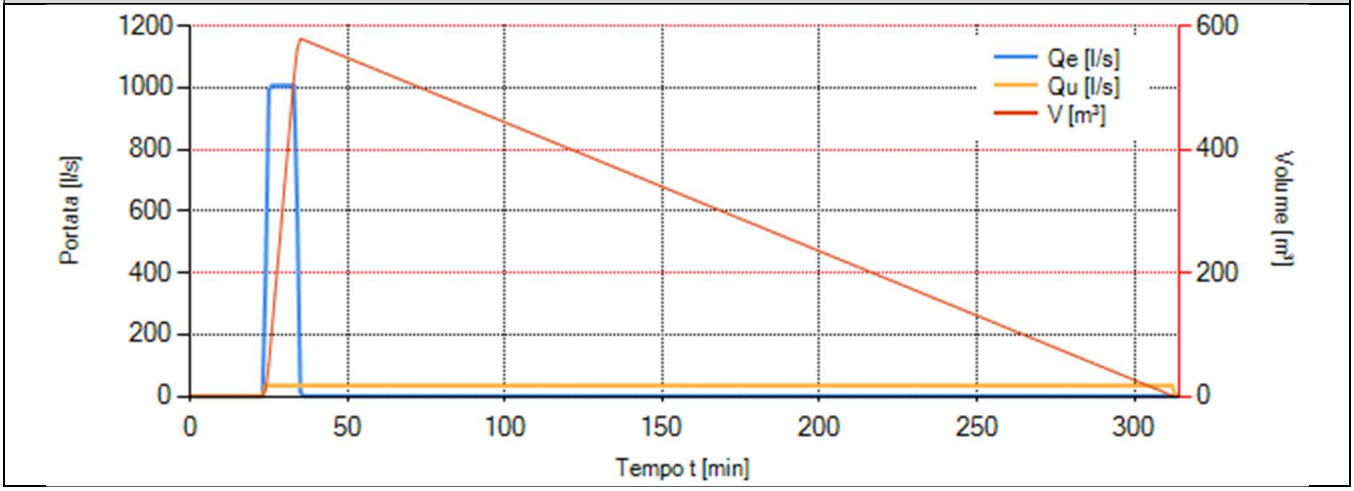
Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

Metodo analitico di dettaglio			
Durata critica	D_W	1,00	ore
Battente idrico massimo	H_{max}	1,00	m
Volume invaso minimo	W	579,15	m^3
Metodologia: Modello cinematico, mediante integrale di convoluzione, con curva area tempi lineare e ietogramma tipo Chicago.			

CALCOLO DINAMICA INVASO

Dinamica invaso (portata entrante, uscente/infiltrata, volume invasato) - Grafico



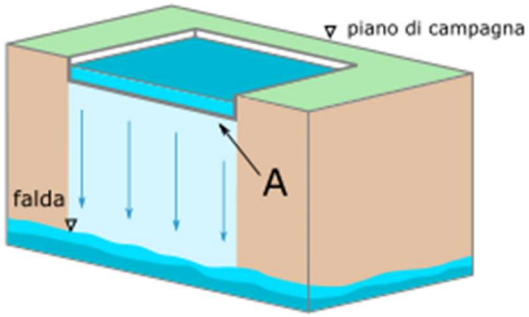
Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A_{inv}	580,00	m^2

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		**Valore Ammissibile**		**VERIFICA**
Altezza utile invaso	H	1,00	≥	1,00	m	**Positiva**
Volume utile invaso	W	580,00	≥	579,15	m^3	**Positiva**
Tempo di svuotamento	T_{sv}	4,6	≤	48,0	ore	**Positiva**
Portata massima scaricata	Q	0,00	≤	25,65	l/s	**Positiva**

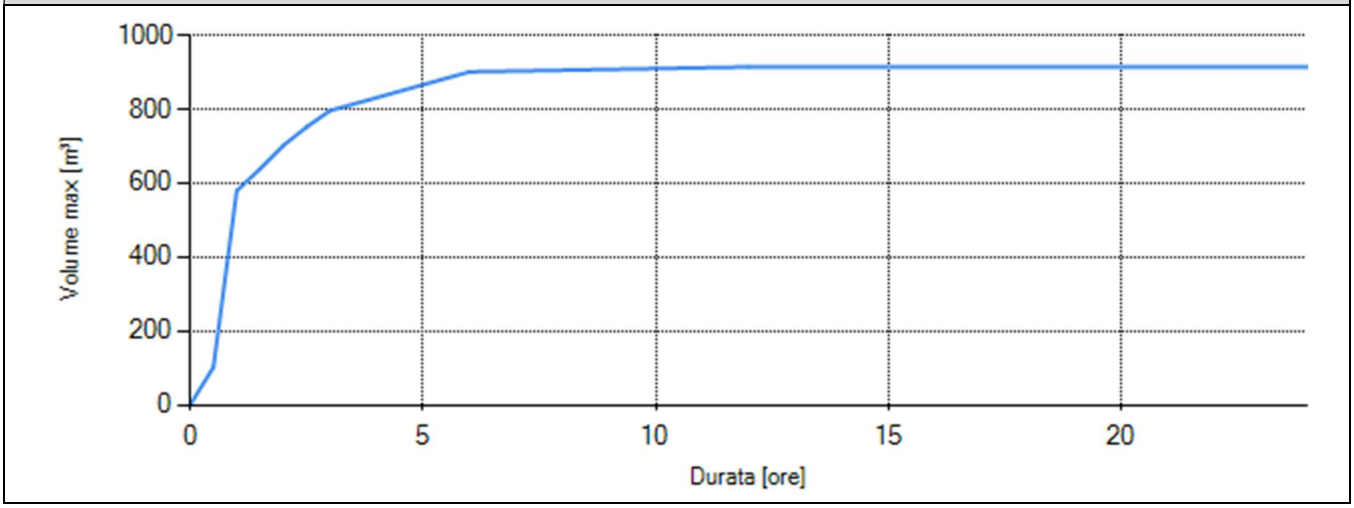
Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento	Infiltrazione a portata costante		
			
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	34,80	l/s
Coeff. permeabilità di calcolo	K_{calc}	6,00	m/s * 10^{-5}
Gradiente idraulico	i	1,00	m/s
Area di infiltrazione	Af	580,00	m2

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

VARIAZIONE VOLUME MASSIMO INVASATO

Variazione volume massimo invasato in funzione della durata della pioggia - Grafico



Risultati tabellari	
Durata pioggia [ore]	Volume [m³]
0,0	0,00
0,5	102,02
1,0	579,15
1,5	638,43
2,0	701,70
2,5	751,60
3,0	795,84
6,0	901,10
12,0	914,16
24,0	914,24

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C

TABELLA RIASSUNTIVA

SETTORE PRIVATO			
Volume invaso minimo	W	1067,33	m^3

SETTORE PUBBLICO			
Volume invaso minimo	W	579,15	m^3

SETTORE PUBBLICO + PRIVATO			
Volume invaso minimo	W	1646,48	m^3

DIMENSIONI INVASO PUBBLICO + PRIVATO			
Superficie pianta invaso	A_{inv}	1646,48	m^2
Altezza utile invaso	H	1,00	m

Si suggerisce la realizzazione di un unico invaso di laminazione per la dispersione delle acque di entrambi i settori, che potrà essere realizzato con interventi verdi (immagine a fianco), modellando opportunamente le superfici a verde e realizzando così stagni asciutti, detti anche "stagni di detenzione", in sostanza bacini di accumulo dove tutta l'acqua invasata verrà dispersa per infiltrazione entro le 48 ore, come da tabella riportata precedentemente. Inoltre si prevede anche la realizzazione di un troppo pieno, collegato alla rete fognaria.



Si consiglia, infine, laddove non sia presente sul fondo dell'invaso artificiale la presenza di materiale drenante, la sostituzione di quest'ultimo con ghiaia in modo da garantire una permeabilità più o meno omogenea di **$6{,}00*10^{-5}$ m/s**.

Moniga del Garda (BS), 28/06/2022

IL TECNICO
DOTT. GEOL. STEFANO SALVI

Tecno Geologia
Studio di Geologia Applicata
Dott. Geologo Stefano Salvi
www.tecnogeologia.it

Moniga del Garda (BS), Via Pergola 51 A
Cell: 348 8856130 - e-mail: info@tecnogeologia.it
P. IVA: 02846750988 – C.F.: SLV SFN 63L23 D612C