

REGIONE LOMBARDIA

PROVINCIA DI BRESCIA

COMUNE DI DELLO



PROGETTO PER L'INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

RELAZIONE



Elaborato

VARIAZIONE URBANISTICA CON REALIZZAZIONE NUOVE STRUTTURE

L.R. 12/2005 – L.R. 04/2016 – R.R. 7/2017 – R.R. 8/2019 – R.R. 3/2025

Committente	 Molino Braga dal 1955 Molino Braga srl	
Estensore	  A. & P. sas A. & P. sas	
Informazioni documento		
Operazione	Soggetto	Data
Redatto	A & P sas – Dr. Aletti Corrado	18.02.2026
Approvato	A & P sas – Dr. Aletti Corrado	24.02.2026
File	relazione invarianza.docx	
Commessa	2024.01.008	

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2026	1	1 di 49
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

INDICE

1. Introduzione	3
2. Inquadramento geografico	5
3. Inquadramento idrologico	7
4. Classificazione intervento	11
5. Inquadramento idrogeologico e piezometrico.....	14
5.1. Distanza da pozzi idropotabili	16
5.2. Calcolo del coefficiente di permeabilità	16
5.2.1. Interpretazione della Prova di permeabilità.....	18
6. Calcolo dei deflussi.....	20
6.1. Calcolo della dispersione	20
7. Descrizione metodo dettagliato.....	21
7.1. Metodo analitico di dettaglio.....	21
7.2. Calcolo del volume invasato con il metodo di dettaglio	26
8. Calcoli bacino impermeabile	28
9. Calcoli bacino semipermeabile	36
10. Riepilogo sistemi di laminazione e scarico	44
10.1. Caratteristiche bacino	44
11. Verifica bacino	45
12. Dimensionamento impianto di raccolta acque	46
13. Manutenzione	48

1. INTRODUZIONE

La nuova Legge regionale sulla difesa del suolo, sulla prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e sulla gestione dei corsi d'acqua (l.r. n. 4 del 15 marzo 2016) ha come scopo principale l'attenuazione del livello di rischio idrogeologico al fine della tutela dei cittadini e delle attività economiche, attraverso iniziative capaci di mettere in sicurezza il territorio. La legge specifica e disciplina le attività di competenza di Regione Lombardia riguardanti la difesa del suolo, la gestione dei corsi d'acqua e del demanio idrico nel territorio regionale. Inoltre, stabilisce gli strumenti utili a realizzare tali attività per raggiungere gli obiettivi legati alla difesa del suolo, alla gestione del demanio idrico fluviale e al riassetto idraulico e idrogeologico. I principali temi che la legge affronta sono:

- gestione coordinata del reticolo idrico minore, di competenza comunale, e dei reticoli principale e consortile
- rispetto dell'invarianza idraulica, dell'invarianza idrogeologica e del drenaggio urbano sostenibile
- attività di polizia idraulica nel demanio idrico fluviale
- manutenzione continuata e diffusa del territorio, dei corsi d'acqua, delle opere di difesa del suolo, delle strutture e dei sistemi agroforestali di difesa del suolo
- ripristino delle condizioni di maggiore naturalità dei corsi d'acqua, recupero delle aree di pertinenza idraulica e riqualificazione fluviale
- riordino delle competenze sulla navigazione interna delle acque
- nuove competenze in tema di difesa del suolo per i Consorzi di bonifica e irrigazione.

Nel caso in studio, il tema d'interesse riguarda l'invarianza idraulica e idrologica che in sintesi consiste nella limitazione dei deflussi delle acque verso il reticolo idrico in caso di realizzazione di nuovi edifici civili e industriali, di parcheggi e strade e di interventi di riqualificazione. Nello specifico l'articolo di riferimento è il n.7 che introduce il concetto ed apporta modifiche al testo della legge regionale n.12/2005 (Legge per il Governo del Territorio). Al comma 5, l'articolo fa riferimento al Regolamento contenete i metodi e i criteri

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2026	1	3 di 49
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

per il rispetto dell'invarianza idraulica ed idrogeologica. Il Regolamento è stato pubblicato sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia il 28 novembre 2017 e quindi pienamente operativo dal 28 maggio 2018. Con la delibera della Giunta Regionale n.IX/128 del 21/05/2018 l'applicazione è stata prorogata di ulteriori 6 mesi per tutti gli interventi ad esclusione delle nuove costruzioni/opere. Questa tematica è infatti dibattuta da diversi anni, ed ha preso forza dopo la direttiva del Parlamento europeo del Consiglio 23 ottobre 2000, n. 2000/60/CE in materia di acque e dal decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 che ne rappresenta l'attuazione. La legge regionale 4/2016 disegna un ulteriore passo nella direzione della riduzione del rischio idraulico. Oltre alla legge sopracitata si è fatto riferimento alla legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26 (Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche), alla legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio), al PTUA 2016.

La recente emanazione della D.G.R. X/1314 del 25/02/2019 recante "DISPOSIZIONI SULL'APPLICAZIONE DEI PRINCIPI DELL'INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA. MODIFICHE AL REGOLAMENTO REGIONALE 23 NOVEMBRE 2017, N. 7 (REGOLAMENTO RECANTE CRITERI E METODI PER IL RISPETTO DEL PRINCIPIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA AI SENSI DELL'ARTICOLO 58 BIS DELLA LEGGE REGIONALE 11 MARZO 2005, N. 12" ha proposto l'introduzione di importanti modifiche al Regolamento Regionale n.7, in particolare per quanto concerne la classificazione dei comuni e le eventuali riduzioni dei requisiti minimi nei casi di dispersione sul suolo o nel sottosuolo. La D.G.R. di cui sopra è stata recepita dal Regolamento Regionale 8 approvato dal Consiglio Regionale il 19.04.2019. Ulteriori modifiche sono state introdotte dalla revisione 03/2025.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2026	1	4 di 49
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in studio è localizzata nel settore settentrionale del territorio comunale di Dello, nell'area industriale posta a nord della Via S. Zenone così come rappresentato in Figura 1. I mappali interessati sono il 191 e il 193 del foglio 4 del NCTR del Comune di Dello (BS). Per il dettaglio completo sulle specifiche del progetto si rimanda agli elaborati redatti dall'Arch. Tomasoni Sara.

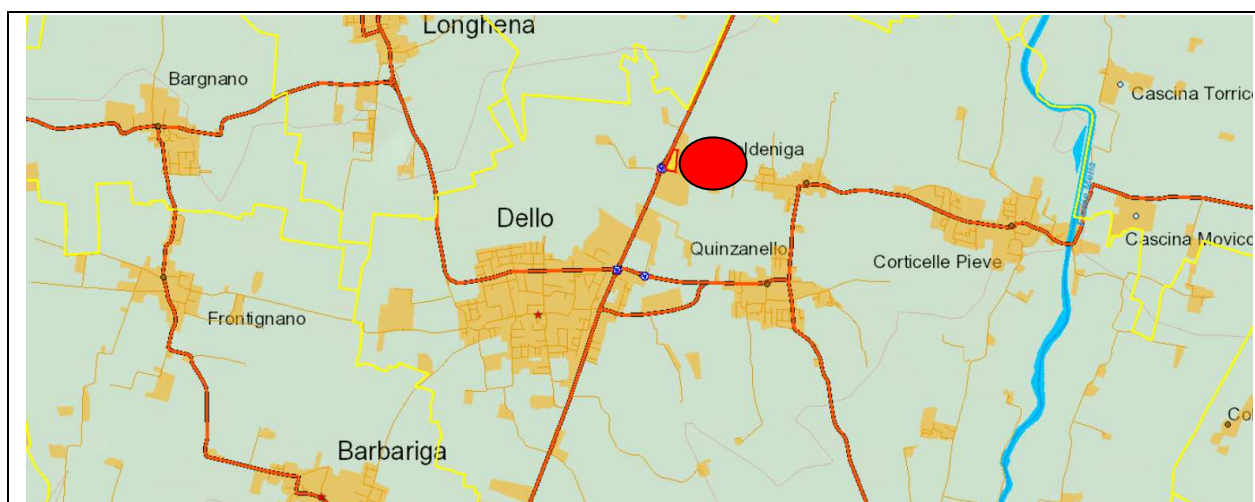


Figura 1 – Ubicazione dell'area in studio

Il progetto prevede la realizzazione di una nuova espansione produttiva con realizzazione di fabbricati e piazzali. Il calcolo delle superfici permeabili, semipermeabili e impermeabili è stato ricavato dalle indicazioni contenute negli elaborati di progetto, ed in particolare dalla planimetria di progetto. Le superfici impermeabili, riferibili alla porzione occupata dai nuovi fabbricati, sono state calcolate pari a 3821 m², mentre le superfici semipermeabili, riferite alla porzione occupata dai piazzali in ghiaia, sono state calcolate pari a 13593 m². La distribuzione dell'indice di permeabilità è riportata in Figura 2 dove in rosso sono identificate le aree impermeabili ed in giallo quelle semipermeabili.

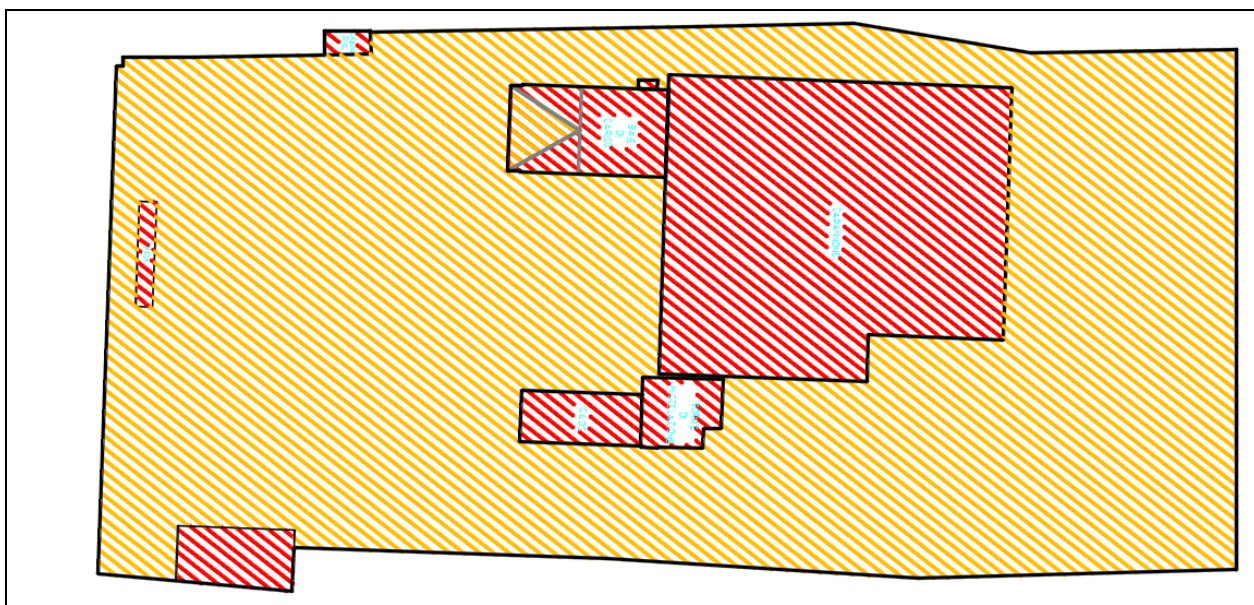


Figura 2 – Distribuzione dell'indice di permeabilità

3. INQUADRAMENTO IDROLOGICO

Per qualsiasi valutazione di tipo idrologico è necessario eseguire una quantificazione degli apporti, ovvero delle precipitazioni ritenute significative. Infatti non tutte le precipitazioni concorrono nel calcolo, in quanto eventi prolungati e di modesta entità, come la maggior parte dei casi, non sviluppano quantitativi significativi da smaltire. Sono infatti le cosiddette "precipitazioni intense" che forniscono la principale sollecitazione idrometeorologica sul territorio; la loro previsione è un requisito essenziale per valutare il rischio idrologico dal punto di vista strettamente alluvionale. Per eseguire queste elaborazioni sono indispensabili serie storiche di osservazioni che attualmente sono condotte da diversi enti sul territorio. I dati raccolti devono poi essere elaborati statisticamente e probabilisticamente per potere individuare la distribuzione spaziale e temporale dei valori delle precipitazioni, e i probabili valori futuri di notevole intensità. I più importanti dati, normalmente raccolti nelle reti pluviometriche dei vari servizi idrologici nazionali, riguardano le precipitazioni giornaliere misurate ogni 24 ore e le registrazioni continue. Da queste registrazioni continue vengono ricavate le precipitazioni di notevole intensità di varia durata. Elaborando probabilisticamente i valori delle precipitazioni di notevole intensità si ricavano le relazioni che permettono di formulare previsioni sui valori particolarmente intensi, in funzione della durata e per un prefissato tempo di ritorno T_r . Va specificato che il tempo di ritorno T_r è l'intervallo massimo di tempo, in anni, che può trascorrere probabilisticamente affinché il valore di una precipitazione o di un'altra grandezza idrologica possa essere uguagliato o superato. Il tempo di ritorno è pertanto un indicatore di rischio e il suo valore è prefissato dal progettista. Le informazioni sulla pluviometria dell'area di interesse, sono riassunte nei parametri "a" ed "n" della curva segnalatrice di possibilità climatica, che relaziona le altezze di pioggia con le durate di pioggia per un dato tempo di ritorno, attraverso la nota formula:

$$h = a t^n$$

dove:

h è l'altezza di pioggia espressa in mm;

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2026	1	7 di 49
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

t é la durata dell'evento in ore;

a (mm/ora) ed n sono i parametri caratteristici della curva.

Per curva di possibilità climatica si intende quella curva che rappresenta l'insieme dei punti con la stessa probabilità di non essere superati. Per la determinazione della *curva segnalatrice di probabilità pluviometrica* relativa all'area d'interesse, si é eseguita un'elaborazione statistica dei dati pluviometrici della stazione più rappresentativa, attraverso i dati del servizio meteorologico di Arpa. Attraverso l'applicativo dell'Agenzia di protezione dell'Ambiente è possibile definire i diversi parametri idrologici necessari all'elaborazione per tutto il territorio lombardo. Per i dettagli teorici e statistici utilizzati nell'applicativo si rimanda alle note informative del sito idro.arpalombardia.it. L'analisi dei dati è stata effettuata mediante la *prima legge asintotica del massimo valore di Gumbel* con la quale, data una serie di valori sufficientemente grande della variabile idrologica considerata (x), si determina la probabilità di non superamento legata al tempo di ritorno:

$$P(x) = e^{-e^{-y}}$$

dove:

$P(x)$: probabilità di non superamento della variabile idrologica x ;

$y = \alpha(x - N)$: variabile ridotta associata alla variabile idrologica x ;

$\alpha = 1.283 / \sigma$: parametro della distribuzione stimato con il metodo dei momenti;

$N = x - 0.450\sigma$: parametro della distribuzione stimato con il metodo dei momenti;

$x = \sum_i x_i / n$: media delle osservazioni x_i , in numero pari a n ;

$\sigma = ((\sum_i x_i^2 / n - 1) - (\sum_i x_i / n(n - 1)))^{1/2}$: scarto quadratico medio del campo osservato.

Mediante la relazione $P_{(x)} = (Tr - 1)/Tr$ si lega il tempo di ritorno con la probabilità di non superamento. Tale legge é stata applicata per le piogge della durata di 10, 15, 20, 30, minuti e 1, 3, 6, 12 e 24 ore, ottenendo le rispettive altezze di pioggia massima con tempi di ritorno pari a 2, 5, 10, 20, 50, 100 e 200 anni, per la stazione pluviografica considerata. Nel campo bilogaritmico la curva segnalatrice di possibilità climatica ha una forma lineare, con coefficiente angolare pari ad "n" ed ordinata corrispondente ad un tempo unitario pari ad "a".

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2026	1	8 di 49
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

E' quindi possibile procedere al calcolo di tali curve, per i diversi tempi di ritorno, stimando i parametri "a" ed "n" tramite regressione lineare con il metodo dei minimi quadrati. I risultati delle interpolazioni e le curve segnalatrici di possibilità climatica per la stazione considerata e per i diversi tempi di ritorno sono di seguito riportati (Figura 3).



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

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 27,97

N - Coefficiente di scala 0,2718

GEV - parametro alpha 0,2778

GEV - parametro kappa -0,039

GEV - parametro epsilon 0,8283

Calcolo della linea segnalatrice 1-24 ore

Località: Dello (BS)

Coordinate:

Linea segnalatrice

Tempo di ritorno (anni) 50

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore]

Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

Bibliografia ARPA Lombardia:
<http://idro.arpalombardia.it/manual/lspg.pdf>
http://idro.arpalombardia.it/manual/STBADA_report.pdf

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

Tr	2	5	10	20	50	100	200	50
wT	0,93085	1,25741	1,48171	1,70311	1,99908	2,22803	2,46243	1,99908233
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 50 anni
1	26,0	35,2	41,4	47,6	55,9	62,3	68,9	55,9143327
2	31,4	42,5	50,0	57,5	67,5	75,2	83,2	67,5061126
3	35,1	47,4	55,9	64,2	75,4	84,0	92,8	75,371074
4	37,9	51,3	60,4	69,4	81,5	90,8	100,4	81,5010215
5	40,3	54,5	64,2	73,8	86,6	96,5	106,7	86,5970692
6	42,4	57,2	67,4	77,5	91,0	101,4	112,1	90,9964933
7	44,2	59,7	70,3	80,8	94,9	105,8	116,9	94,8900759
8	45,8	61,9	72,9	83,8	98,4	109,7	121,2	98,39726
9	47,3	63,9	75,3	86,6	101,6	113,2	125,1	101,598258
10	48,7	65,8	77,5	89,1	104,5	116,5	128,8	104,549786
11	50,0	67,5	79,5	91,4	107,3	119,6	132,2	107,293566
12	51,2	69,1	81,4	93,6	109,9	122,4	135,3	109,861269
13	52,3	70,6	83,2	95,7	112,3	125,1	138,3	112,277556
14	53,3	72,1	84,9	97,6	114,6	127,7	141,1	114,562042
15	54,4	73,4	86,5	99,4	116,7	130,1	143,8	116,730609
16	55,3	74,7	88,1	101,2	118,8	132,4	146,3	118,796312
17	56,2	76,0	89,5	102,9	120,8	134,6	148,8	120,770027
18	57,1	77,2	90,9	104,5	122,7	136,7	151,1	122,660919
19	58,0	78,3	92,3	106,0	124,5	138,7	153,3	124,476789
20	58,8	79,4	93,6	107,5	126,2	140,7	155,5	126,224337
21	59,6	80,5	94,8	109,0	127,9	142,6	157,6	127,909367
22	60,3	81,5	96,0	110,4	129,5	144,4	159,6	129,536939
23	61,1	82,5	97,2	111,7	131,1	146,1	161,5	131,111496
24	61,8	83,4	98,3	113,0	132,6	147,8	163,4	132,636961

Figura 3 - Calcolo della linea segnalatrice

La rappresentazione delle curve è riportata in Figura 4. Considerate le finalità dello studio, il contesto in cui è inserito l'insediamento, le condizioni al contorno e i disposti normativi l'evento meteorico di riferimento ha **tempo di ritorno di 50 anni**.

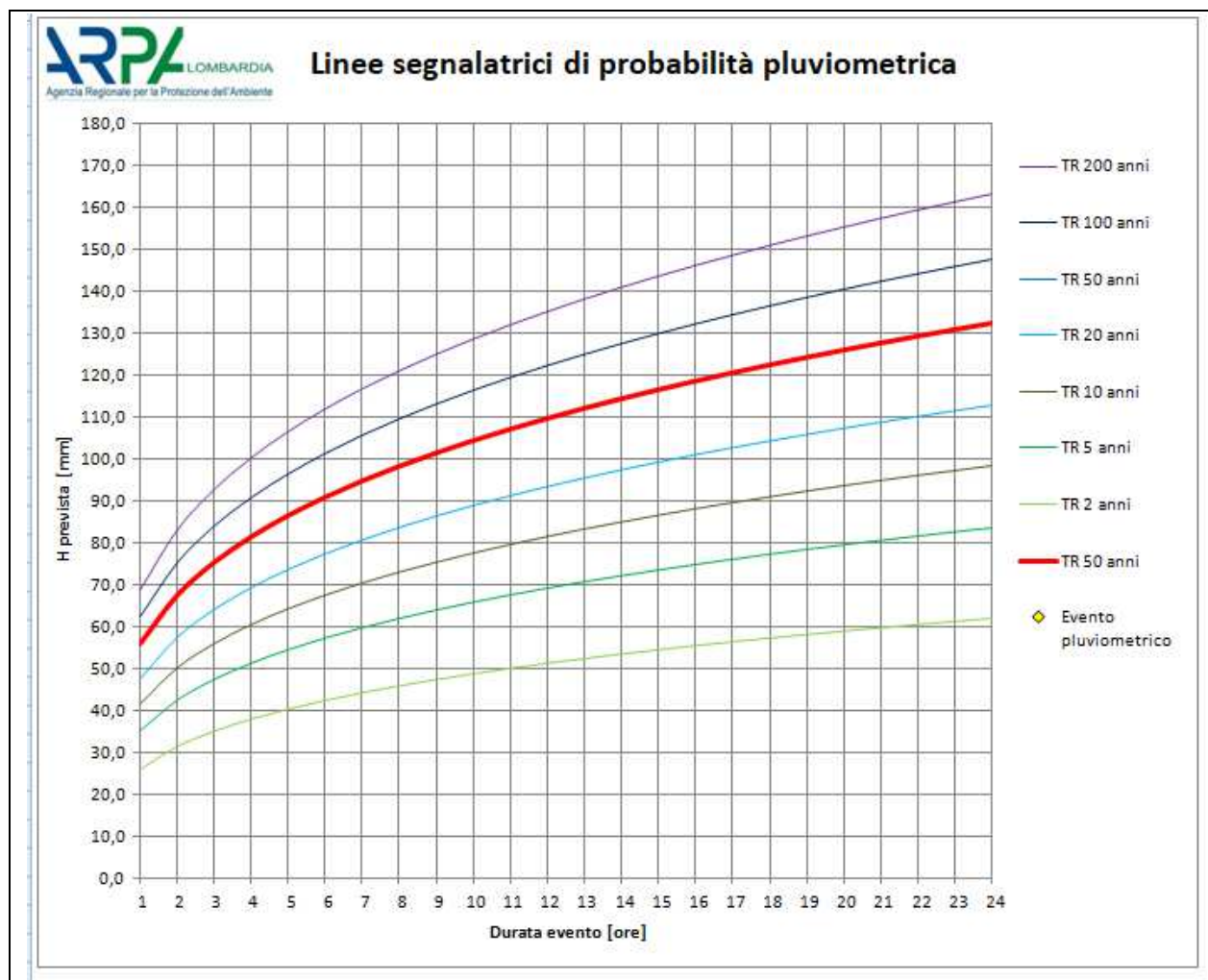


Figura 4 - Rappresentazione della linea segnalatrice

La pioggia di riferimento va poi riferita al bacino in studio, che in questo caso è molto contenuto e corrisponde al nuovo insediamento. Per ottenere i valori di piogge più brevi di un'ora si può ricorrere alle indicazioni riportate nell'allegato G della D.G. R. n.X/6829 che propongono la seguente espressione per il caso in studio:

$$h = 55.91 \times t^{0.5}$$

4. CLASSIFICAZIONE INTERVENTO

Il Regolamento Regionale indica le modalità di calcolo dei volumi da gestire per il rispetto dell'invarianza idraulica e idrologica attraverso i disposti dell'articolo 9. I parametri da valutare riguardano la superficie dell'intervento, il coefficiente di deflusso medio ponderale e l'ambito territoriale in cui si inserisce l'intervento. In riferimento a quest'ultimo aspetto il territorio regionale è stato suddiviso in tre macro aree in funzione del livello di criticità dei bacini dei corsi d'acqua recettori. Le aree sono le seguenti (Figura 5):

- Aree A - alta criticità idraulica
- Aree B - media criticità idraulica
- Aree C - bassa criticità idraulica

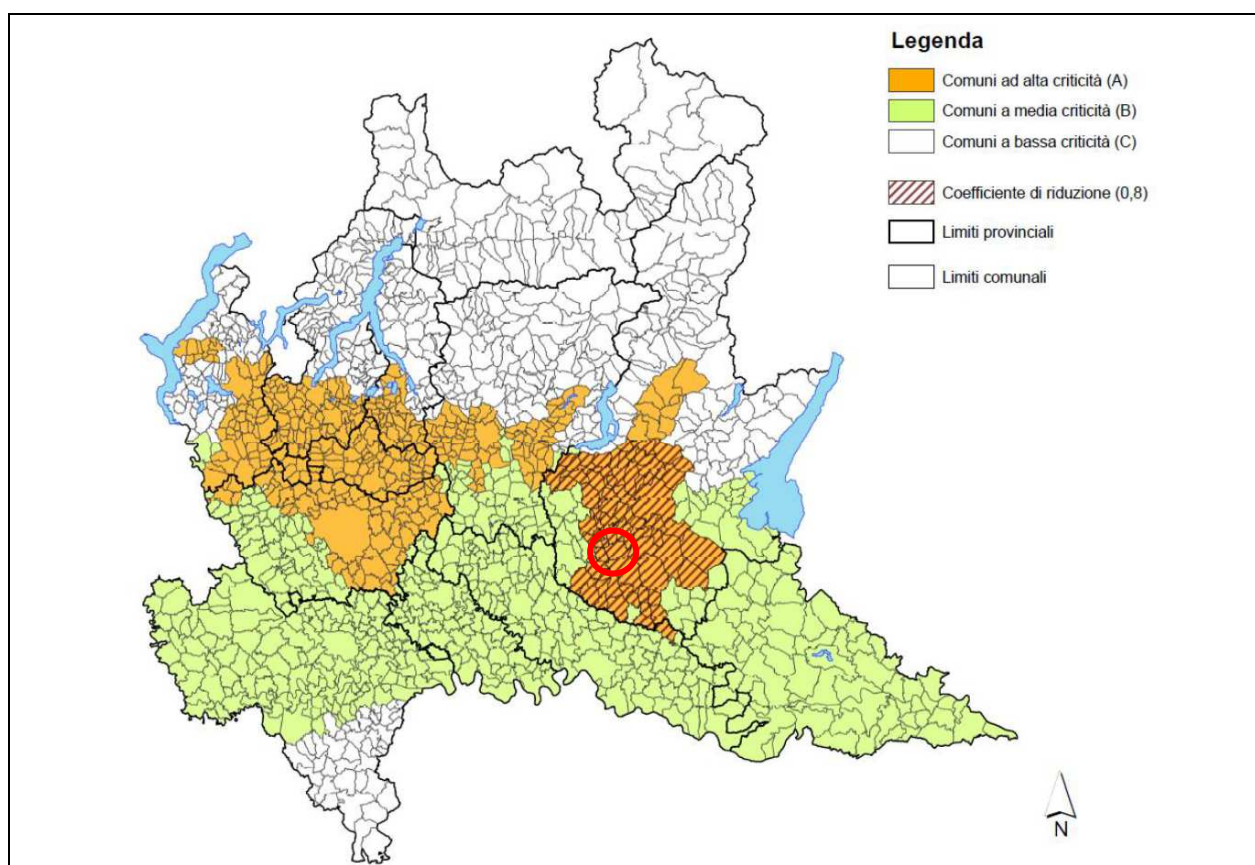
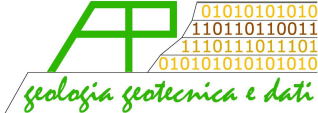


Figura 5 - Classificazione criticità idraulica

Il comune di Dello ricade nella classe A, ovvero ad alta criticità.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2026	1	11 di 49
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

Trattandosi di una nuova espansione urbanistica la riduzione con coefficiente P a 0.8 introdotta con il Regolamento Regionale 8 per alcuni comuni della classe A tra cui quello di Dello non può essere applicata. Altro parametro che entra nella matrice di classificazione è la superficie di intervento, che risulta pari a 17414 m², ovvero la superficie complessiva dell'intervento. Infine è stato calcolato il coefficiente di deflusso medio ponderale che rappresenta il risultato dei diversi apporti per tipologia di superficie (impermeabile, semipermeabile, permeabile) che nel caso in studio sono così suddivisi (Il Regolamento Regionale 8 esclude il permeabile dall'applicazione dell'invarianza):

3821 m² superficie impermeabile (x1)

13593 m² superficie semipermeabile (x0.7)

Il coefficiente di deflusso medio ponderale risultante è pari a 0.8371. Le modalità di calcolo da applicare per ogni intervento sono definite nella Tabella 1 dell'art. 9 (Figura 6).

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFF. DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITA' DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (ARTICOLO 7)	
				AREA A - B	AREA C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤0.03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi art.12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	Da > 0.03 a ≤ 0.1 ha (da > 300 a ≤ 1000 mq)	≤ 0.4	Requisiti minimi art.12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	Da > 0.03 a ≤ 0.1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0.4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		Da > 0.1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		Da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0.4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	Da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	> 0.4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	

Figura 6 – Tabella 1 - RR 08/2019

In generale il regolamento prescrive che nel caso di impermeabilizzazione potenziale qualsiasi, in ambiti territoriali a criticità alta, media o bassa, nel caso di interventi che interessano superfici inferiori ai 300 m², oppure in caso di impermeabilizzazione potenziale bassa, in ambiti territoriali a criticità alta, media o bassa, nel caso di interventi che interessano superfici comprese tra 300 e 1000 m², devono essere adottati i requisiti minimi, art. 12. Nel

caso di impermeabilizzazione potenziale media, in ambiti territoriali a criticità alta o media, deve essere adottato il metodo delle sole piogge, ferma restando la facoltà del professionista di adottare la procedura di calcolo dettagliata. Nel caso di impermeabilizzazione potenziale alta, in ambiti territoriali a criticità alta o media, deve essere adottata la procedura di calcolo dettagliata. Il caso in studio ricade nella classe 3 e quindi la procedura da adottare è quella dettagliata.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2026	1	13 di 49
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E PIEZOMETRICO

L'assetto geologico dell'area d'intervento è stato determinato durante il Quaternario continentale dagli intensi eventi deposizionali che hanno portato a colmamento il bacino Padano. In particolare, ci si riferisce al Pleistocene e all'Olocene, in cui la nota climatica dominante fu rappresentata da un ripetuto alternarsi di climi caldi e freddi, con una netta tendenza al progressivo raffreddamento, reso evidente con l'avvento delle glaciazioni. I depositi di quest'area sono legati alle dinamiche caratteristiche dell'ambiente fluvioglaciale e fluviale riferibili come età al Wurm (Alluvioni fluviali Wurm – cfr. Figura 7) e costituenti il "**livello fondamentale della pianura**" (S. Tagliavini e F. Petrucci – Carta Geologica d'Italia Foglio "Brescia").

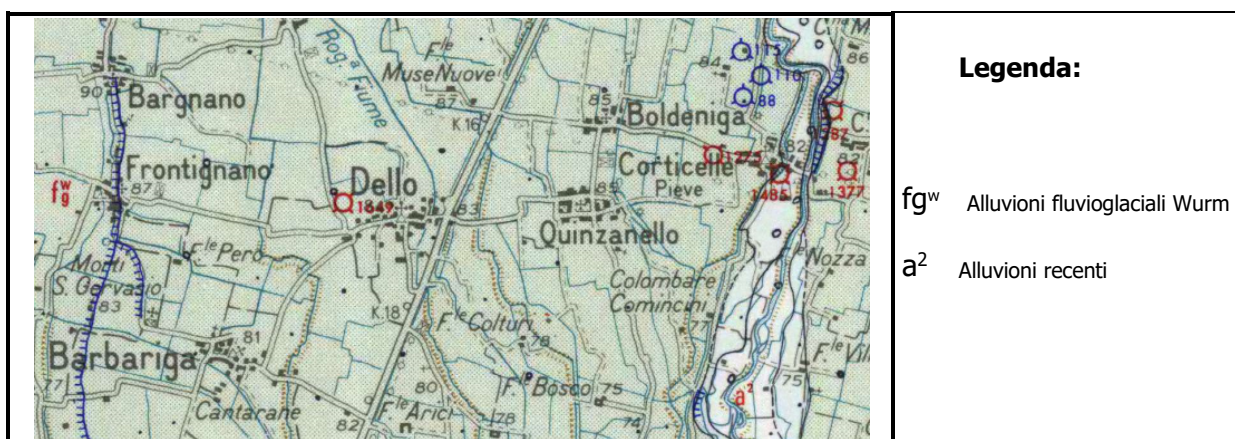


Figura 7 – Stralcio della Carta Geologica d'Italia foglio Brescia

La fase fluviale würmiana ha originato l'ultimo esteso colmamento della pianura nel Pleistocene. La successiva fase erosiva, iniziata nell'Olocene, è responsabile della zona ribassata delimitata da scarpate entro cui oggi scorre il fiume Mella. Dal punto di vista litologico, in superficie dominano le sabbie accompagnate da frazioni fini prevalentemente limose e da ghiaietto spostandosi in profondità. Morfologicamente l'area risulta pianeggiante, posta sul livello fondamentale della pianura alla quota indicativa di 88.00/89.00 m.s.m. con cadente topografica verso S e gradiente nell'ordine dello 0.2 %. L'area si presenta a quote leggermente diverse secondo la suddivisione catastale, resa evidente da un modesto salto

morfologico lungo il canale sud secondo la direzione E – W. La differenza di quota si accentua in direzione ovest. L'idrografia principale è rappresentata dalla rete irrigua e scolante fitta e ben articolata seguendo un percorso corrispondente alle necessità di colo e irrigazione. La roggia più prossima è la Roggia Quinzanella che scorre a circa 110 metri in direzione est. I canali principali sono stati catalogati dallo studio del reticolo idrico minore a cui si rimanda per ogni dettaglio. Dal punto di vista idraulico l'area risulta esterna alle fasce fluviali definite dal Piano PAI, ovvero le aree inondate durante periodi di piena con tempi di ritorno differenti, e alle zone allagabili cartografate dal PGRA della Regione Lombardia. L'assetto stratigrafico si configura conforme all'ambiente ed all'evoluzione deposizionale a cui è andata soggetta l'area, fortemente condizionata dalla dinamica fluvioglaciale e fluviale legata ad ambienti ad alta energia, con significative variazioni d'alveo e ad elevata competenza. Le prove sono correlabili anche se con variazioni locali dovute a passaggi litologici tipici della sedimentazione fluviale (chiusura di barre, riempimenti di canali abbandonati etc). In linea generale si assiste ad una fitta stratificazione dei depositi con granulometrie via via maggiori procedendo in profondità. Trattasi per lo più di sabbie , passanti a ghiaie oltre i 3.00 m da p.c. La superficie freatica è stata individuata a quote variabili tra 3.30 e 3.70 m da p.c. attuale nel Gennaio 2025 in occasione della campagna geognostica. La situazione trova coerenza con i dati contenuti nella cartografia tematica del PGT, dove si indica l'area appartenente alla classe di soggiacenza 2-5 metri (Figura 8).



Figura 8 – Stralcio della carta idrogeologica da PGT

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2026	1	15 di 49
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

5.1. Distanza da pozzi idropotabili

Nell'area sono presenti pozzi della rete acquedottistica come rappresentato in Figura 9. Il raggio della zona di rispetto del pozzo è pari a 200 metri come indicato nella normativa di riferimento: D.P.R. n° 236 del 24 maggio 1988, recepito dalla Regione Lombardia nella deliberazione di Giunta Regionale n° 6/15137 dell'1 agosto 1996 e richiamato dalle disposizioni contenute nel D.LGS. 152/99 e successive modifiche e integrazioni (D.LGS. 258/00). Nella zona di rispetto (200 metri con criterio geometrico) valgono le prescrizioni contenute nel comma 5 art. 5 del D.LGS. 258/00. L'area in studio è esterna alla fascia di rispetto dei pozzi idropotabili, il più prossimo è localizzato a circa 800 m di distanza dal limite E del lotto.

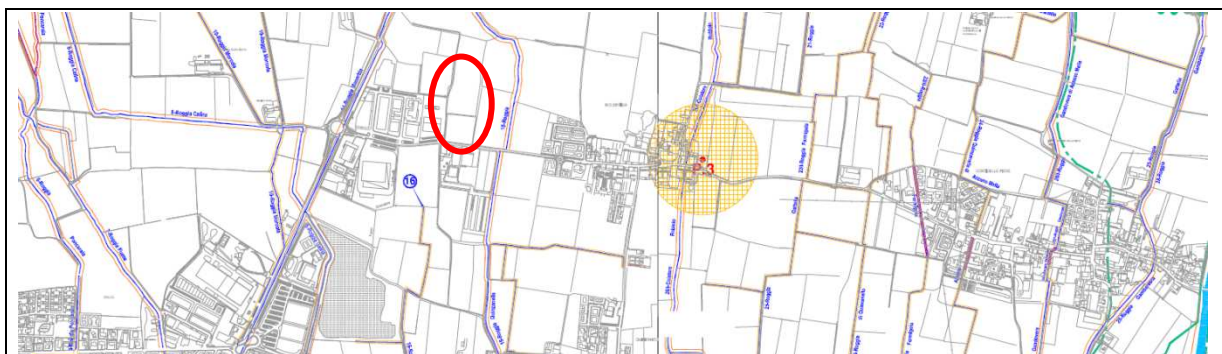


Figura 9 – Stralcio carta dei vincoli da PGT (Dello)

5.2. Calcolo del coefficiente di permeabilità

In sito sono state effettuate n. 2 prove di permeabilità a carico variabile in foro. Le prove in foro/pozzetto consentono di determinare in modo molto semplice la permeabilità di un terreno superficiale al di sopra del livello della falda idrica. Operativamente si realizza uno scavo, lo si riempie d'acqua e si valuta la portata necessaria per mantenere un livello costante (prove a carico costante) o si valuta l'abbassamento dell'acqua all'interno dello scavo (prove a carico variabile). Il foro o pozzetto di prova può essere di forma quadrata o circolare e le dimensioni possono essere scelte basandosi sugli strumenti di scavo disponibili. In linea di principio comunque le dimensioni devono aumentare all'aumentare delle dimensioni dei

 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2026	1	16 di 49
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

granuli del terreno. In particolare il lato del quadrato (nel caso di pozzetti a base quadrata) o il diametro del cerchio (per pozzetti circolari) deve essere superiore a 5/10 volte la dimensione della frazione granulometrica significativa. La profondità del pozzetto è a discrezione dell'operatore. Occorre comunque evitare di avvicinarsi eccessivamente alla superficie di falda perché, secondo le raccomandazioni AGI, deve risultare (Figura 10):

$$H \geq 7 \cdot h$$

Nella prova a carico variabile si porta il livello dell'acqua alla quota h_1 e poi si misura in quanto tempo l'acqua scende al livello h_2 . Nel caso in esame, considerata la natura prevalentemente sabbiosa dei depositi, è stato realizzato un foro, mediante penetrometro, da 50 mm di diametro spinto ad una profondità massima di circa 2.90 metri da p.c.. E' stata scelta questa profondità in modo da caratterizzare gli strati dove avverrà la dispersione. Vista la profondità non è stato possibile realizzare un pozzetto con pareti libere, ma è stato inserito il tubo per di ridurre gli eventuali errori dovuti al franamento delle pareti dello scavo nel corso della prova.

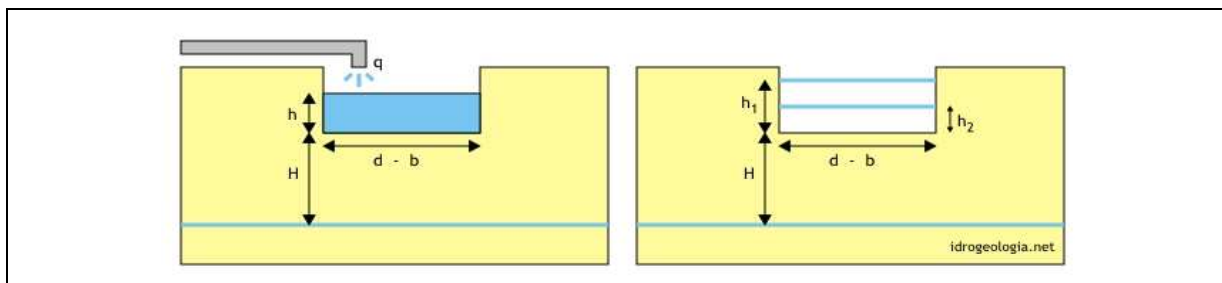


Figura 10 – Schema per prove di permeabilità a carico costante e variabile

Il tubo è stato poi riempito di acqua, avendo cura di effettuare la saturazione dei depositi sottostanti, e in seguito sono stati misurati i tempi di abbassamento del livello all'interno del tubo. La misura è stata eseguita con un sensore di pressione dotato di datalogger della HOBOWARE con precisione pari allo 0.1% su un range di lettura di 13 ft (circa 4.0 metri). La lettura di pressione è di tipo assoluto, comprensiva della pressione atmosferica. Vista la brevità del periodo di misura si ritiene influente la eventuale variazione della pressione atmosferica che comunque viene rilevata a fine ed inizio prova. Sono state eseguite n. 2 prove

prolungate rispettivamente per una durata di 55 secondi e 57 secondi. Il grafico dell'abbassamento rilevato è riportato in Figura 11.

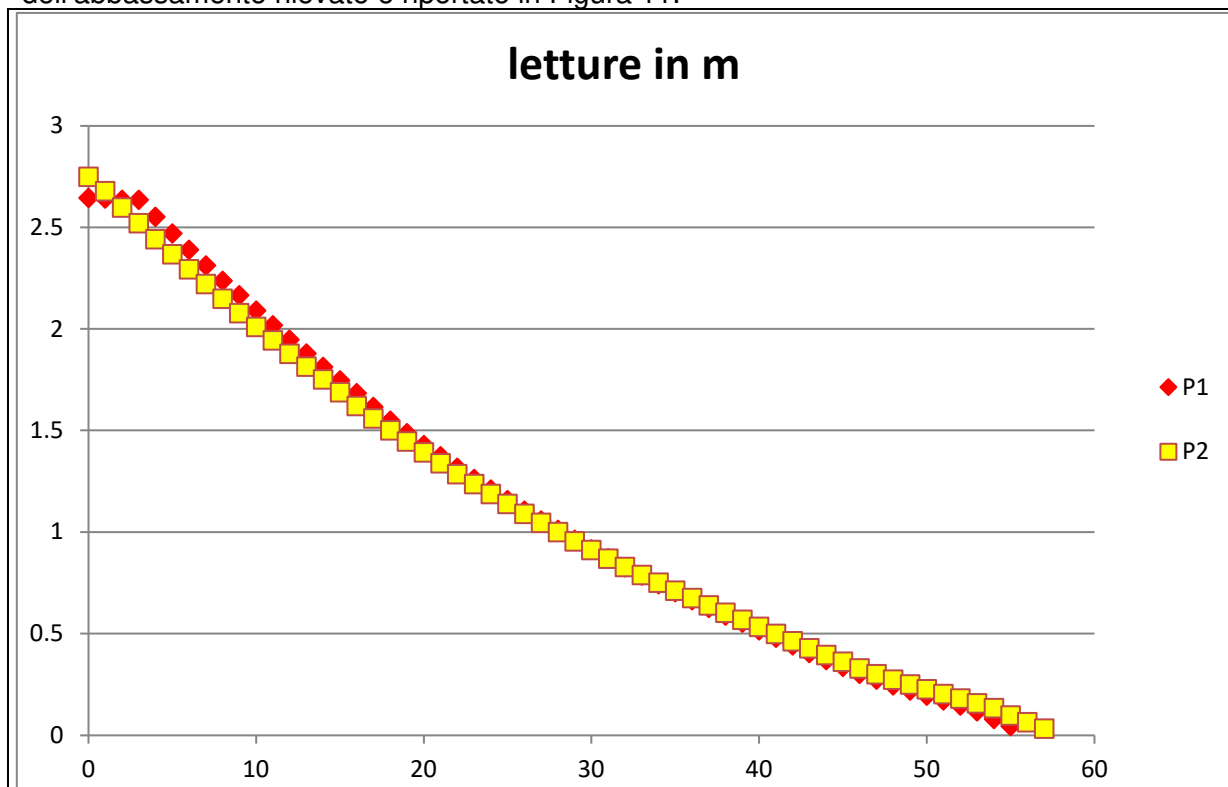


Figura 11 – Andamento abbassamenti

5.2.1. Interpretazione della Prova di permeabilità

La formula tipica riportata nelle raccomandazioni AGI per il calcolo della permeabilità k è la seguente:

$$k = \frac{d}{32} \cdot \frac{h_1 - h_2}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1}{h_m}$$

dove:

h_m = altezza media dell'acqua nel pozzetto ($h_m > d/4$);

$h_1 - h_2$ = abbassamento;

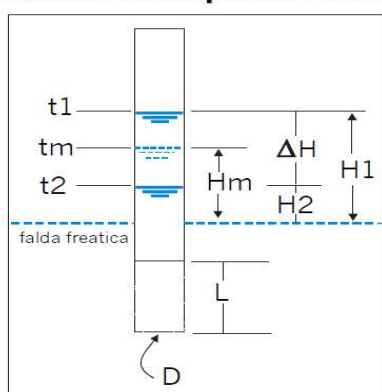
$t_2 - t_1$ = intervallo di tempo;

d diametro pozzetto.

Tuttavia la formula e le modalità di prova sopra riportate prevedono la realizzazione di uno scavo con pareti permeabili. Nel caso in studio il foro è stato realizzato mediante

penetrometro. È stata poi realizzata una tasca di dispersione nel tratto finale del foro di altezza pari a 500 mm riempita con ghiaietto. In questo caso pertanto la dispersione avviene sia lateralmente, nel tratto filtrante della tasca, che dal fondo del foro. Per questo motivo appare più opportuno utilizzare le classiche formule impiegate per le prove in foro di sondaggio (prova Lefranc) con lunghezza della tasca (L) pari a 500 mm:

Schema della prova Lefranc



Per le prove a carico costante la conducibilità idraulica è:

$$K = Q / CH$$

Q = portata a regime (cm³/sec)

H = carico idraulico a regime (cm)

C = coefficiente di forma (cm), in funzione della tasca inferiore di diametro D e lunghezza L

Per prove a carico idraulico variabile la conducibilità idraulica è:

$$K = AdH / C dt Hm$$

A = area di base della tasca filtrante

dH = H₁ - H₂ = differenza di carico idraulico

dt = t₂ - t₁ = intervallo di tempo corrispondente a dH

Hm = carico idraulico corrispondente al tempo medio (t₁ + t₂) / 2

C = coefficiente di forma

Nel caso di foro aperto inferiore:

$$C = 2.85 D$$

Il coefficiente di forma è stato calcolato mediante gli abachi di riferimento, ed è risultato pari a 1. La permeabilità calcolata con la formula sopra riportata restituisce il seguente valore:

$$Pk1 = 9.2 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$$

$$Pk2 = 8.8 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$$

6. CALCOLO DEI DEFLUSSI

Nel sito in studio si prevede lo scarico attraverso dispersione nel primo sottosuolo mediante pozzi perdenti. Non sono previsti collettamenti alla rete fognaria o al reticolo idrico superficiale. Vista la tipologia d'uso ed il contesto idrogeologico non si ravvisano controindicazioni alla dispersione nel sottosuolo delle acque meteoriche.

6.1. Calcolo della dispersione

La portata di infiltrazione può essere stimata in prima approssimazione attraverso la relazione di Darcy:

$$Q_{inf} = k J A$$

dove

k = coefficiente di permeabilità del substrato [mc/s]

J = cadente piezometrica [m/m]

A = superficie netta infiltrante [mq]

Riguardo la permeabilità k si è fatto riferimento ai valori indicati nei paragrafi precedenti, opportunamente ridotti del 50% come indicato negli esempi del Regolamento Regionale 3/2025. Per i calcoli è stato utilizzato un valore pari a 4.5×10^{-5} m/s. In sito è prevista la realizzazione di un bacino disperdente con una superficie infiltrante di circa 600 m². Nell'equazione sopra riportata l'incognita diventa pertanto la portata (Q), dal momento che tutte le altre variabili sono note. La capacità di dispersione risulta pari a 27 l/s. Un contributo importante allo scarico sarà fornito anche dalla dispersione della massicciata dei piazzali, che interesserà l'intera superficie. La permeabilità è stata ridotta al 10%, ovvero 4.5×10^{-6} m/s. La portata risultante è pari a 60 l/s.

7. DESCRIZIONE METODO DETTAGLIATO

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

- metodo analitico di dettaglio di tipo cinematico o della corrivazione

Per quanto attiene ai metodi analitici verranno calcolati i volumi utilizzando diversi ietogrammi di progetto al fine di confrontare i risultati. Nei paragrafi seguenti verranno descritti tali metodi ed a fine relazione verranno riportati i report dei calcoli.

7.1. 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 di progetto;
- 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.

Per la definizione dell'evento di pioggia di progetto si adottano più ietogrammi a seguito riportati:

- lo ietogramma Chicago, sviluppato da Keifer e Chu nel 1957 con riferimento alla fognatura di Chicago;
- lo ietogramma rettangolare o uniforme che ipotizza l'intensità di pioggia costante;
- lo ietogramma triangolare che ipotizza l'intensità di pioggia con andamento triangolare;

Ietogramma Chicago

Tale ietogramma è caratterizzato da un picco d'intensità massima e da una intensità media per ogni durata, anche parziale, uguale a quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica. Analiticamente lo ietogramma Chicago è descritto da due equazioni, rispettivamente riferite al ramo crescente prima del picco e al successivo ramo decrescente dopo il picco. Il calcolo dell'altezza di precipitazione h [mm], in funzione del tempo t [ore], viene calcolato con le seguenti.

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

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

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

h [mm]: altezza di precipitazione

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

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

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

t [ore]: generico istante di calcolo

t_p [ore]: durata della precipitazione

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

I parametri a ed n adottati sono quelli che fanno riferimento alla durata della precipitazione di progetto. Il range di applicazione del coefficiente di posizione risulta $0 \leq r \leq 1$. La sua posizione all'interno della durata complessiva θ dell'evento può essere scelta sulla

base di indagini statistiche relative alla zona in esame, oppure in mancanza di informazioni si può porre $r=0,4$ valore medio che risulta dagli studi in materia riportati in letteratura. Sulla base di tali formule l'intensità di precipitazione i [mm/h], al generico istante t [ore], viene calcolato con la seguente.

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

i [mm/ora]: intensità di precipitazione

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

Ietogramma rettangolare o uniforme

Tale ietogramma è caratterizzato da un valore costante dell'intensità di precipitazione per tutta la sua durata. Analiticamente è descritto dalla seguente equazione.

$$i(t) = a \cdot t_p^{(n-1)}$$

Per durate superiori alla durata della precipitazione t_p essa è pari a zero.

i [mm/ora]: intensità di precipitazione

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

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

t_p [ore]: durata della precipitazione

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

Ietogramma triangolare

Tale ietogramma è caratterizzato da un andamento crescente linearmente fino al valore massimo di picco, pari a due volte l'intensità media di precipitazione, per poi diminuire ancora linearmente fino ad un valore nullo. Analiticamente è descritto dalle seguenti equazioni.

$$i(t) = 2 \cdot a \cdot t_p^{(n-1)} \cdot \frac{t}{r \cdot t_p} \quad \text{per } t \leq t_r$$

$$i(t) = 2 \cdot a \cdot t_p^{(n-1)} \cdot \frac{(t_p - t)}{(1 - r)t_p} \quad \text{per } t_p \geq t > t_r$$

Per durate superiori alla durata della precipitazione t_p essa è pari a zero.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2026	1	23 di 49
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

i [mm/ora]: intensità di precipitazione
 a [mm/oraⁿ]: parametro della linea segnalatrice di pioggia
 n [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia
 r [-]: coefficiente di posizione del picco di precipitazione rispetto alla durata della pioggia
 t [ore]: generico istante di calcolo
 t_p [ore]: durata della precipitazione
 t_r [ore]: tempo del picco di precipitazione pari a $t_p \cdot r$

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

Ietogramma di pioggia netto

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

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

i_n [mm/ora]: intensità di pioggia netta
 i [mm/ora]: intensità di pioggia lorda
 φ [-]: coefficiente di deflusso

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 o della corrivazione.

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

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

q_k [m³/s]: portata all'istante di tempo $t = k \cdot \Delta t$
 p_j [m³/s]: volume di pioggia netta all'istante di tempo $t = j \cdot \Delta t$
 $i_{n,j}$ [mm/ora]: intensità di pioggia netta all'istante di tempo $t = j \cdot \Delta t$
 Δt [ore]: intervallo di tempo considerato, pari ad 1 minuto

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2026	1	24 di 49
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

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

In cui l'IUH si calcola come a seguito.

Nel caso del modello cinematico adottato si considera una 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:

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

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

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

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

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

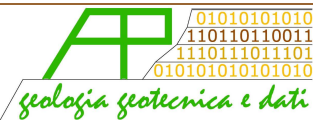
R [m]: raggio idraulico, che per condotte circolari risulta pari a: $R = D/4$

D [m]: diametro interno della condotta

i [-]: pendenza della condotta

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

Per piccole superfici, quali tetti e cortili interni, il tempo di corrivazione è generalmente molto piccolo e può essere assunto pari al tempo di ingresso in rete, per cui in assenza di dati

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2026	1	25 di 49
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

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	$5 \div 7$
Centri commerciali con pendenze modeste e caditoie meno frequenti	$7 \div 10$
Aree residenziali di tipo intensivo con piccole pendenze e caditoie poco frequenti	$10 \div 15$

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.

7.2. Calcolo del volume invasato con il metodo di dettaglio

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

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

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

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

W [m^3]: volume invasato

t [s]: tempo

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

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

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

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

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

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

Q_e è la portata in ingresso all'invaso relativa al tempo di ritorno di progetto ed alla durata critica di progetto. Risolvendo numericamente l'equazione di continuità è possibile definire istante per istante l'altezza del battente idrico, il volume invasato e la portata scaricata o

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

$$W_0 = \max_i(W_i)$$

8. CALCOLI BACINO IMPERMEABILE

CARATTERISTICHE GENERALI

Comune di Dello Provincia Brescia
Livello di criticità Area A - criticità alta

Metodi di calcolo adottati
Metodo analitico di dettaglio cinematico

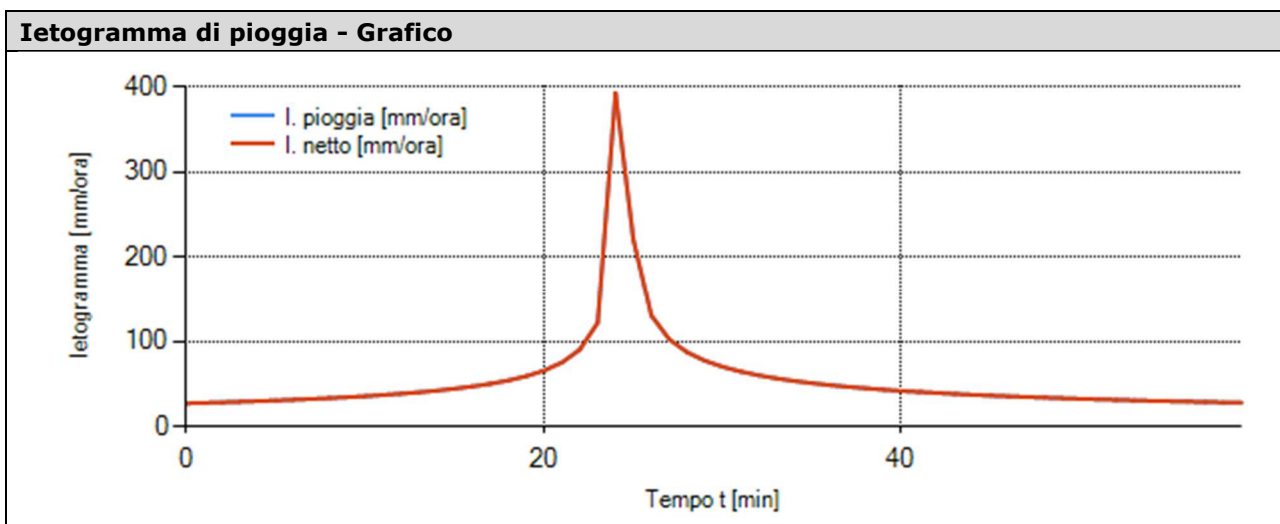
Portata massima scaricabile			
Portata massima scaricata	27	l/(s)	
Origine del vincolo di portata: .			

Definizione aree			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Deflusso ϕ
	Area impermeabile	3821.0	1.00

Sup. totale intervento 3821.0 m² Coeff. deflusso medio ponderale ϕ_m 1.0000

IETOGRAMMA DI PIOGGIA

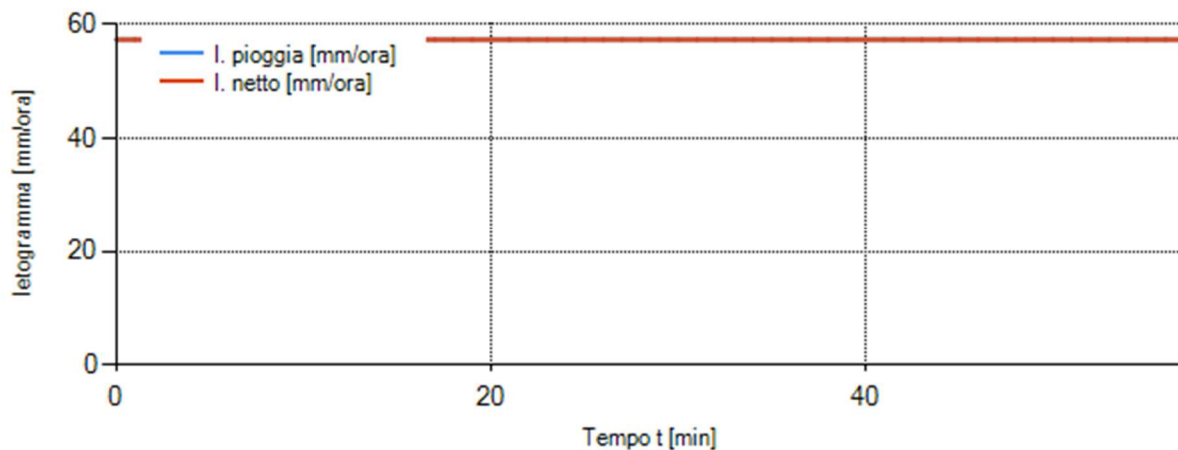
Definizione ietogramma di pioggia - Cinematico Chicago -		
Durata pioggia di progetto (θ)	0.99	ore
Coefficiente di posizione (r)	0.40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	



Definizione ietogramma di pioggia - Cinematico Uniforme -		
Durata pioggia di progetto (θ)	0.95	ore
Coefficiente di posizione (r)	0.40	-

Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale
------------------------------------	--------------------

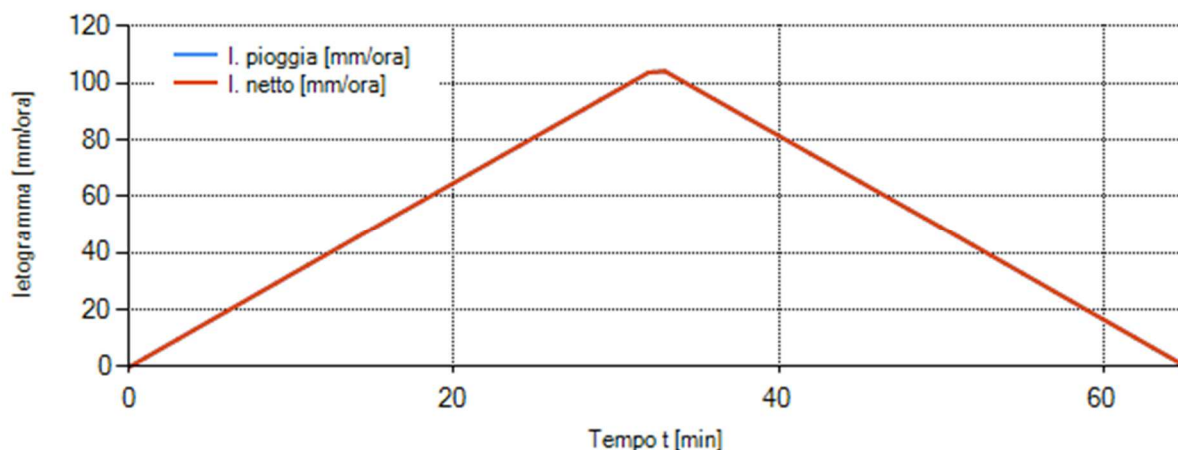
Ietogramma di pioggia - Grafico



Definizione ietogramma di pioggia - Cinematico Triangolare -

Durata pioggia di progetto (θ)	1.09	ore
Coefficiente di posizione (r)	0.40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	

Ietogramma di pioggia - Grafico

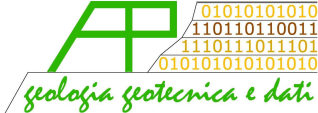


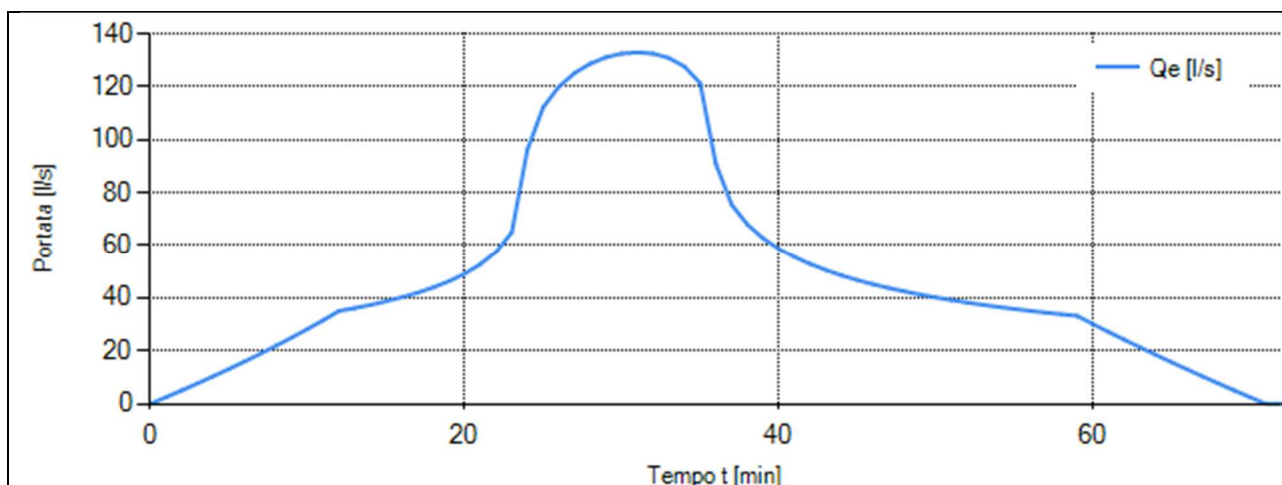
IDROGRAMMA DI PIENA

Area -

Tipo area	Area impermeabile		
Superficie		3821.0	m ²
Coefficiente di deflusso	ϕ	1.00	-
Tempo corrivazione	t_c	12	min

Grafico - Cinematico Chicago

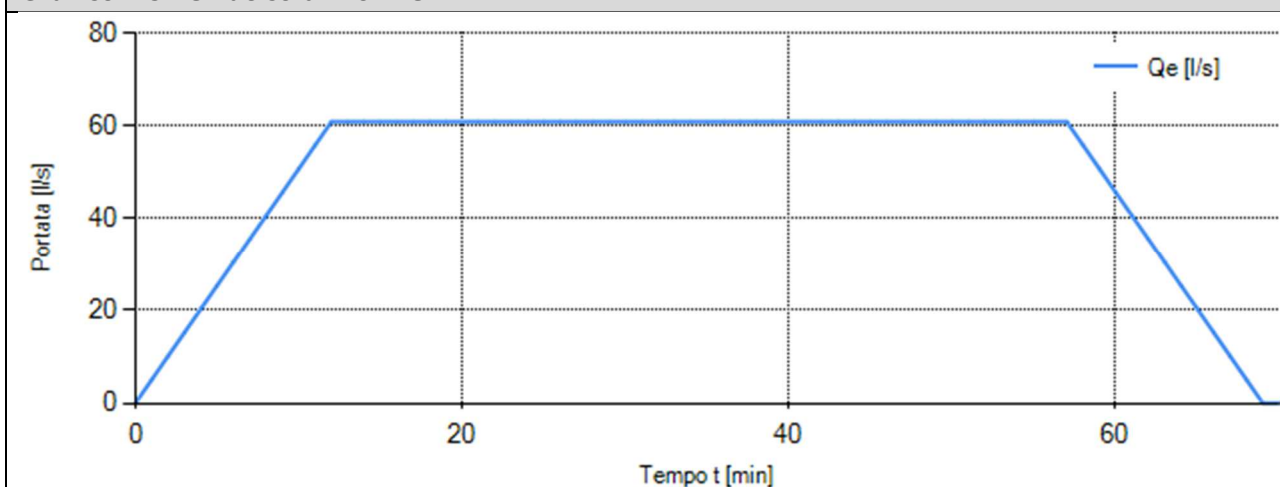
	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2026	1	29 di 49
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



Risultati tabellari

Tempo [min]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Portata Q _e [l/s]	0.00	2.52	5.09	7.72	10.41	13.18	16.02	18.94	21.94	25.05
Tempo [min]	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Portata Q _e [l/s]	28.26	31.59	35.05	36.15	37.36	38.71	40.23	41.96	43.96	46.31
Tempo [min]	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Portata Q _e [l/s]	49.16	52.75	57.57	65.05	96.37	112.29	120.09	125.22	128.77	131.16
Tempo [min]	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Portata Q _e [l/s]	132.57	133.05	132.56	130.91	127.66	121.40	90.98	75.62	68.06	62.83
Tempo [min]	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
Portata Q _e [l/s]	58.82	55.58	52.87	50.56	48.54	46.77	45.18	43.75	42.45	41.27
Tempo [min]	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
Portata Q _e [l/s]	40.19	39.18	38.25	37.39	36.58	35.83	35.12	34.45	33.82	33.22
Tempo [min]	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
Portata Q _e [l/s]	30.16	27.17	24.23	21.35	18.53	15.75	13.02	10.33	7.69	5.09
Tempo [min]	70	71								
Portata Q _e [l/s]	2.53	0.00								

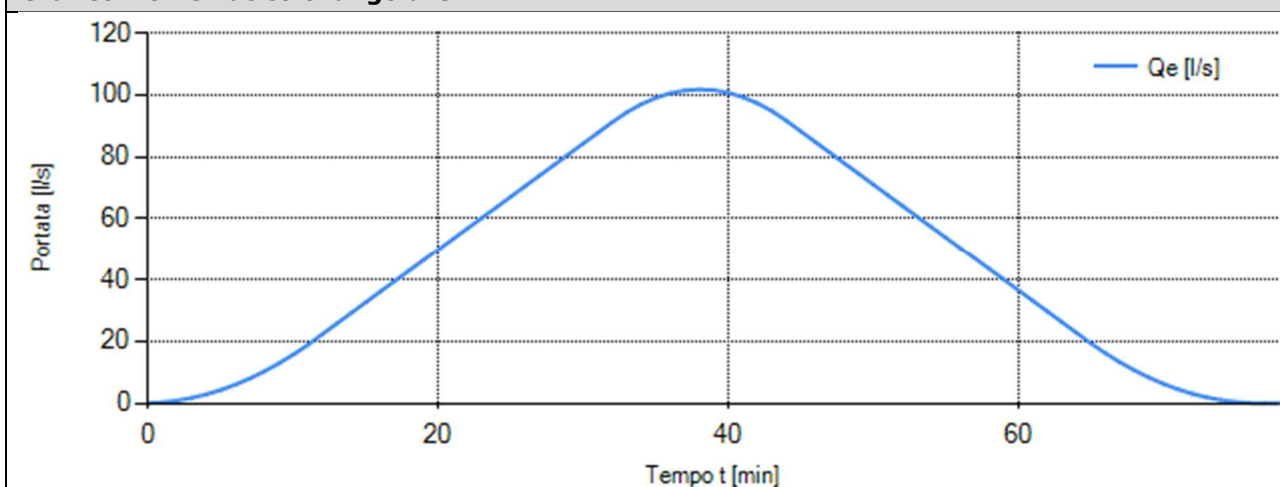
Grafico - Cinematico uniforme



Risultati tabellari

Tempo [min]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Portata Q _e [l/s]	0.00	5.07	10.15	15.22	20.30	25.37	30.45	35.52	40.60	45.67
Tempo [min]	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Portata Q _e [l/s]	50.75	55.82	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90
Tempo [min]	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Portata Q _e [l/s]	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90
Tempo [min]	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Portata Q _e [l/s]	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90
Tempo [min]	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
Portata Q _e [l/s]	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90
Tempo [min]	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
Portata Q _e [l/s]	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90	60.90	55.82	50.75
Tempo [min]	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
Portata Q _e [l/s]	45.67	40.60	35.52	30.45	25.37	20.30	15.22	10.15	5.07	0.00

Grafico - Cinematico triangolare



Risultati tabellari

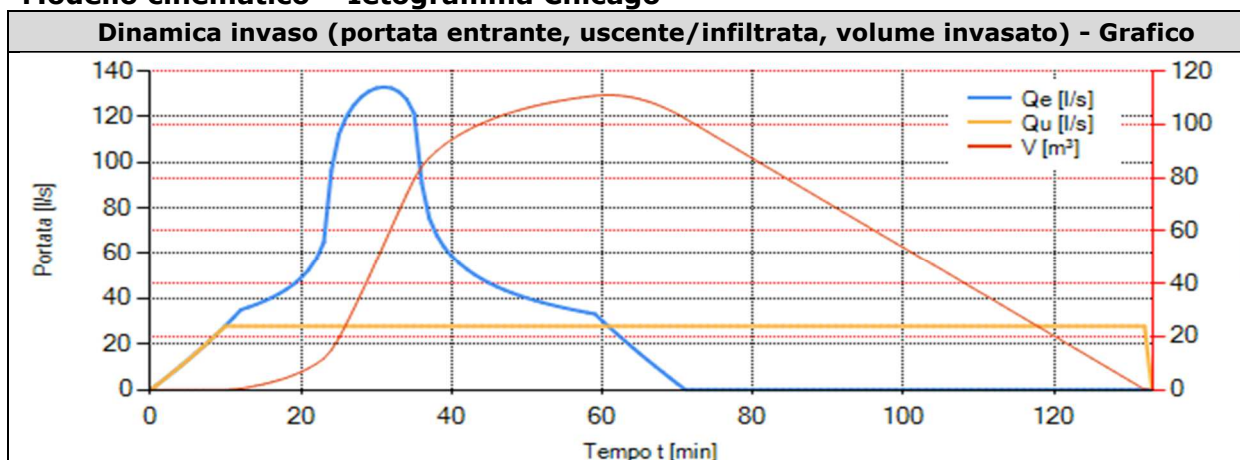
Tempo [min]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Portata Q _e [l/s]	0.00	0.29	0.86	1.72	2.87	4.30	6.02	8.03	10.32	12.91
Tempo [min]	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Portata Q _e [l/s]	15.77	18.93	22.37	25.81	29.26	32.70	36.14	39.58	43.03	46.47
Tempo [min]	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Portata Q _e [l/s]	49.91	53.35	56.80	60.24	63.68	67.12	70.56	74.01	77.45	80.89
Tempo [min]	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Portata Q _e [l/s]	84.33	87.77	91.21	94.41	97.03	99.07	100.54	101.44	101.77	101.52
Tempo [min]	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
Portata Q _e [l/s]	100.70	99.30	97.33	94.79	91.67	88.23	84.79	81.35	77.90	74.46
Tempo [min]	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
Portata Q _e [l/s]	71.02	67.58	64.14	60.70	57.25	53.81	50.37	46.93	43.48	40.04
Tempo [min]	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
Portata Q _e [l/s]	36.60	33.16	29.71	26.27	22.83	19.39	16.19	13.29	10.67	8.34
Tempo [min]	70	71	72	73	74	75	76	77		
Portata Q _e [l/s]	6.29	4.53	3.06	1.87	0.97	0.36	0.04	0.00		

DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

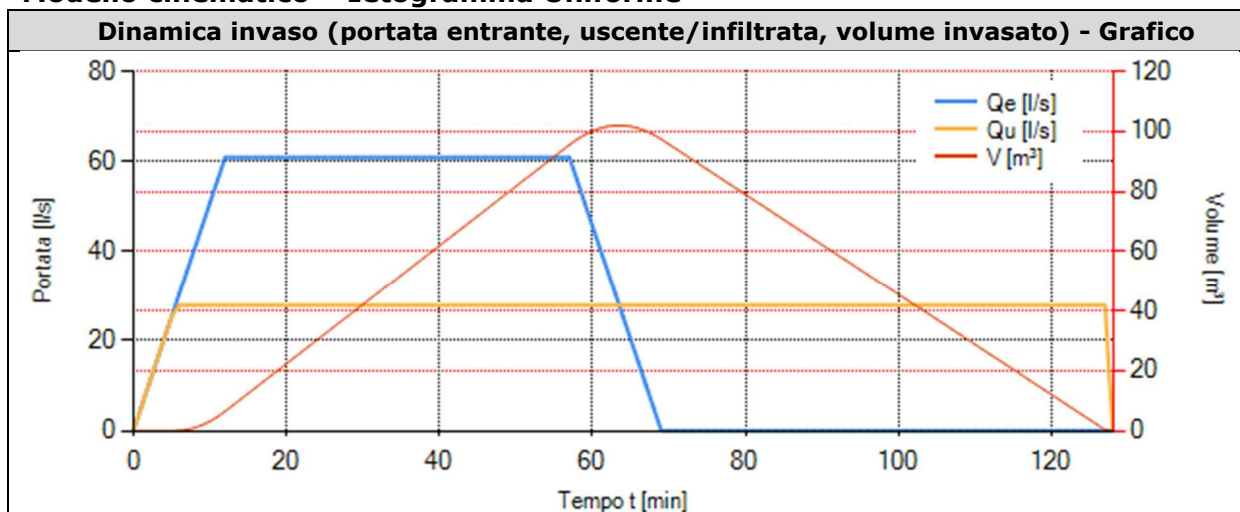
Metodo analitico di dettaglio di tipo cinematico			
Ietogramma		Chicago	
Durata critica	D_w	0.99	ore
Battente idrico massimo	H_{max}	0.20	m
Volume invaso minimo	W	126.18	m ³
Metodologia: Modello cinematico, mediante integrale di convoluzione, con curva area tempi lineare e ietogramma tipo Chicago			
Ietogramma		Uniforme	
Durata critica	D_w	0.95	ore
Battente idrico massimo	H_{max}	0.20	m
Volume invaso minimo	W	101.97	m ³
Metodologia: Modello cinematico, mediante integrale di convoluzione, con curva area tempi lineare e ietogramma tipo Uniforme			
Ietogramma		Triangolare	
Durata critica	D_w	1.09	ore
Battente idrico massimo	H_{max}	0.20	m
Volume invaso minimo	W	121.06	m ³
Metodologia: Modello cinematico, mediante integrale di convoluzione, con curva area tempi lineare e ietogramma tipo Triangolare			

CALCOLO DINAMICA INVASO

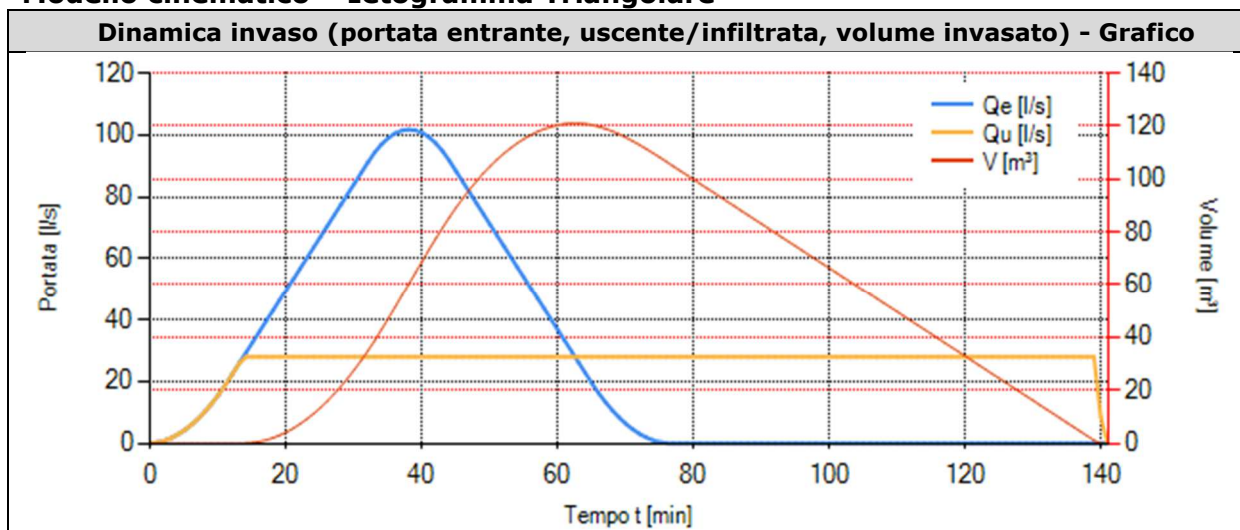
Modello cinematico – Ietogramma Chicago



Modello cinematico – Ietogramma Uniforme



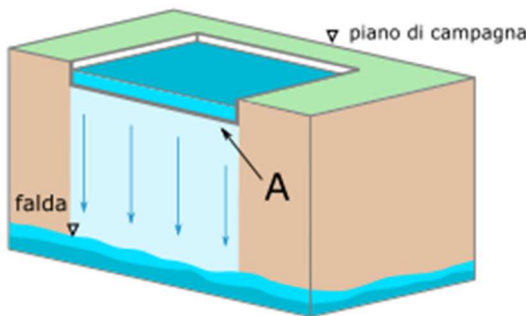
Modello cinematico – Ietogramma Triangolare



VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A _{inv}	620.00	m ²

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	2.00	≥	0.20	m	Positiva
Volume utile invaso	W	1000	≥	126.18	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T _{sv}	1.3	≤	48.0	ore	Positiva

Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento		Infiltrazione a portata costante	
			
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	27.90	l/s
Coeff. permeabilità satura	K_{sat}	9.00	$m/s * 10^{-5}$
Fattore riduttivo permeabilità	F_r	0.50	
Coeff. permeabilità di calcolo	K_{calc}	4.50	$m/s * 10^{-5}$
Gradiente idraulico	i	1.00	m/s
Area di infiltrazione	A_f	620.00	m^2

9. CALCOLI BACINO SEMIPERMEABILE

CARATTERISTICHE GENERALI

Comune di Dello Provincia Brescia
Livello di criticità Area A - criticità alta

Metodi di calcolo adottati
Metodo analitico di dettaglio cinematico

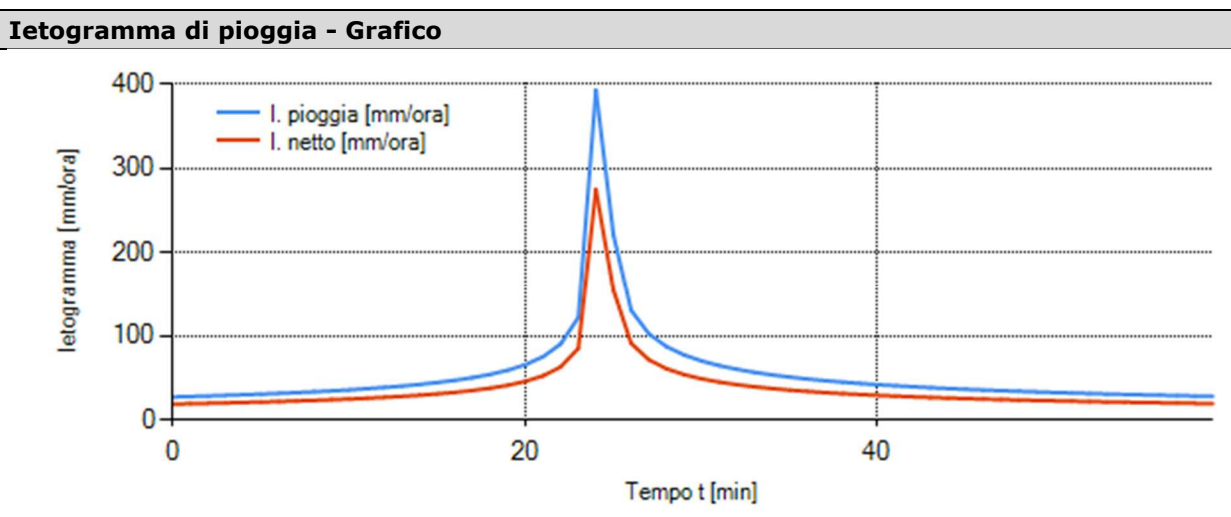
Portata massima scaricabile			
Portata massima scaricabile	10.00	l/(s*ha)	
Origine del vincolo di portata: .			

Definizione aree			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m²]	Coeff. Deflusso φ
	Area semi-impermeabile	13593.0	0.70

Sup. totale intervento 13593.0 m² Coeff. deflusso medio ponderale ϕ_m 0.7000

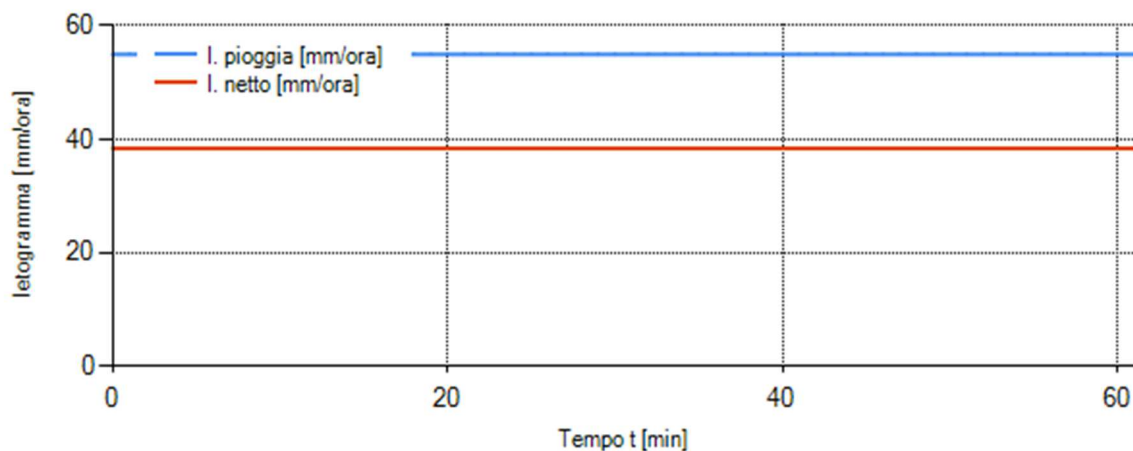
IETOGRAMMA DI PIOGGIA

Definizione ietogramma di pioggia - Cinematico Chicago -		
Durata pioggia di progetto (θ)	0.99	ore
Coefficiente di posizione (r)	0.40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	



Definizione ietogramma di pioggia - Cinematico Uniforme -		
Durata pioggia di progetto (θ)	1.03	ore
Coefficiente di posizione (r)	0.40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	

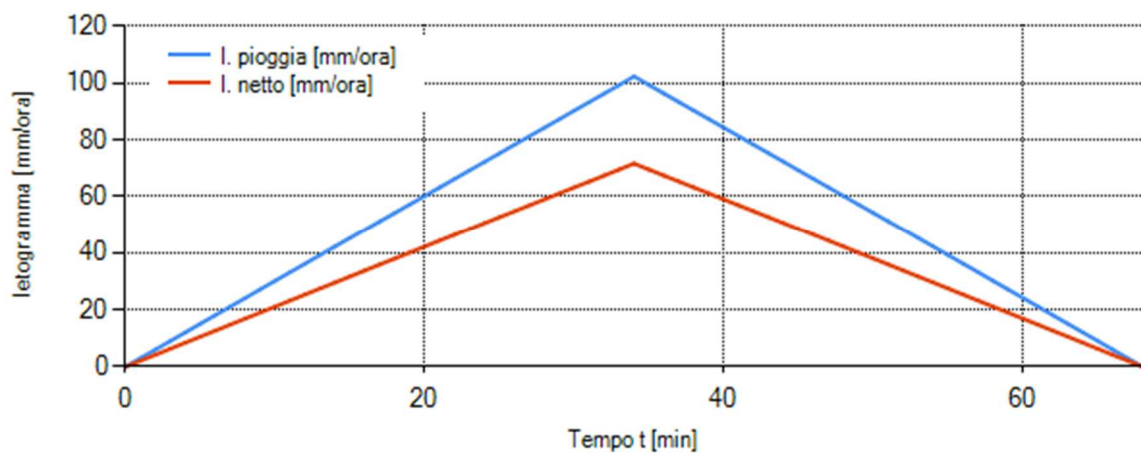
Ietogramma di pioggia - Grafico



Definizione ietogramma di pioggia - Cinematico Triangolare -

Durata pioggia di progetto (θ)	1.13	ore
Coefficiente di posizione (r)	0.40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	

Ietogramma di pioggia - Grafico

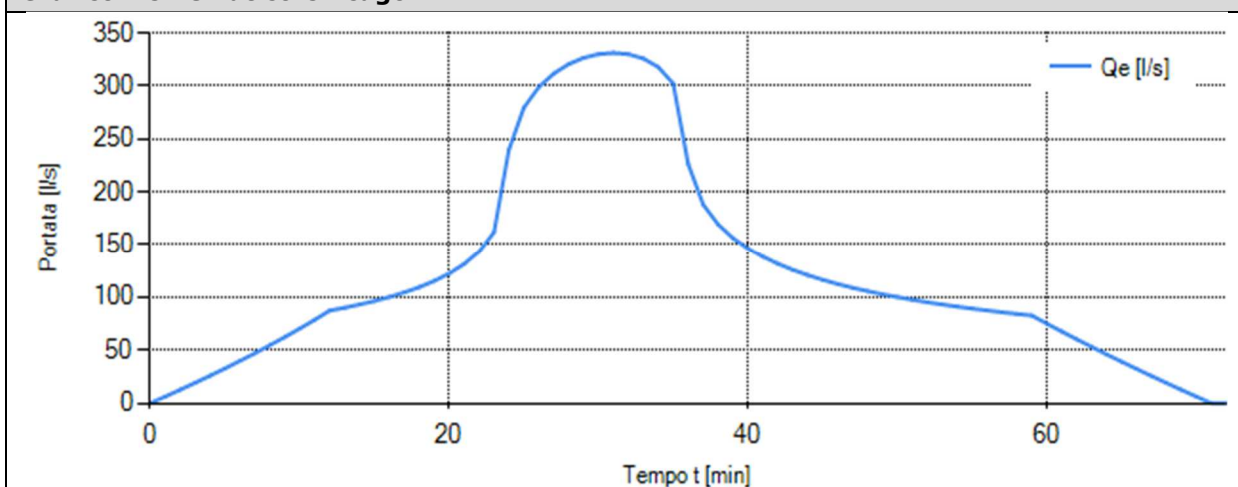


IDROGRAMMA DI PIENA

Area -

Tipo area	Area semi-impermeabile		
Superficie		13593.0	m ²
Coefficiente di deflusso	ϕ	0.70	-
Tempo corrivazione	t_c	12	min

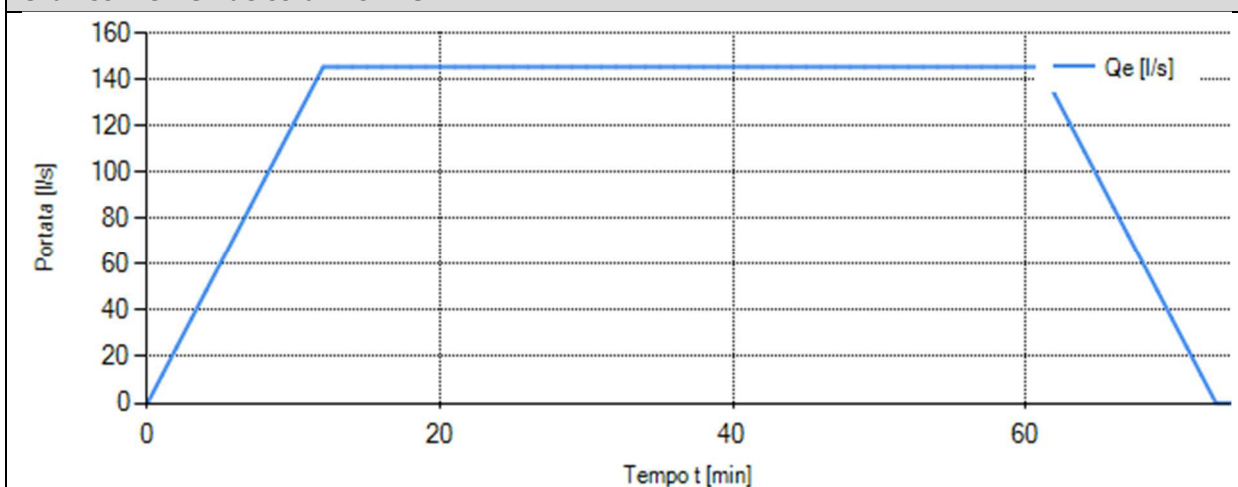
Grafico - Cinematico Chicago



Risultati tabellari

Tempo [min]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Portata Q_e [l/s]	0.00	6.26	12.67	19.22	25.93	32.81	39.88	47.15	54.64	62.37
Tempo [min]	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Portata Q_e [l/s]	70.37	78.66	87.28	90.01	93.03	96.39	100.18	104.49	109.46	115.33
Tempo [min]	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Portata Q_e [l/s]	122.43	131.37	143.38	162.00	239.98	279.64	299.06	311.84	320.68	326.63
Tempo [min]	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Portata Q_e [l/s]	330.12	331.32	330.10	326.01	317.91	302.33	226.56	188.31	169.48	156.45
Tempo [min]	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
Portata Q_e [l/s]	146.47	138.41	131.67	125.90	120.88	116.45	112.50	108.94	105.72	102.77
Tempo [min]	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
Portata Q_e [l/s]	100.07	97.57	95.26	93.10	91.10	89.21	87.45	85.78	84.21	82.72
Tempo [min]	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
Portata Q_e [l/s]	75.11	67.65	60.34	53.17	46.13	39.22	32.42	25.73	19.15	12.67
Tempo [min]	70	71								
Portata Q_e [l/s]	6.29	0.00								

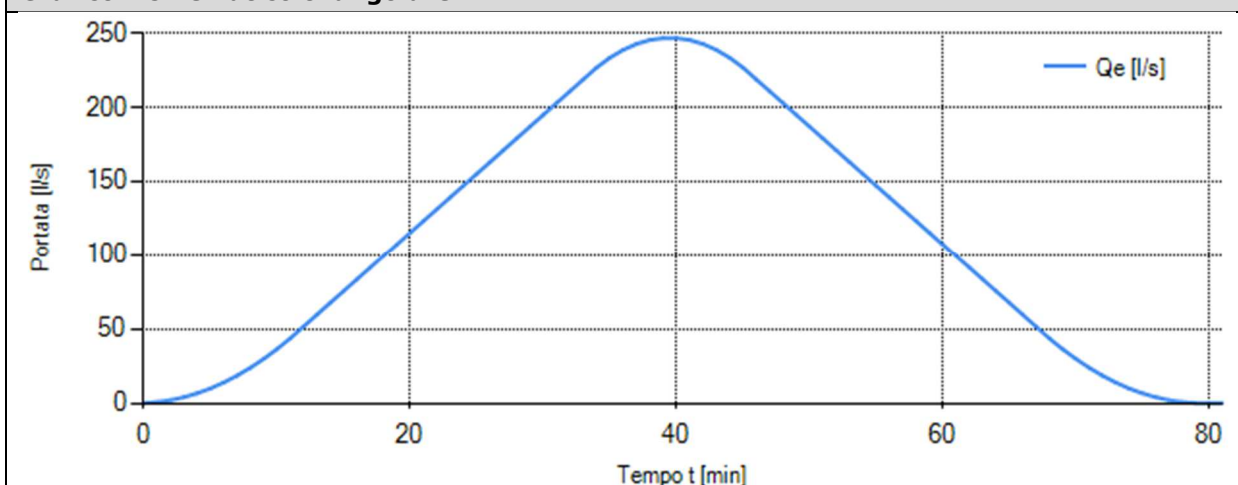
Grafico - Cinematico uniforme



Risultati tabellari

Tempo [min]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Portata Q_e [l/s]	0.00	12.11	24.23	36.34	48.46	60.57	72.69	84.80	96.92	109.03
Tempo [min]	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Portata Q_e [l/s]	121.14	133.26	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37
Tempo [min]	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Portata Q_e [l/s]	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37
Tempo [min]	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Portata Q_e [l/s]	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37
Tempo [min]	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
Portata Q_e [l/s]	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37
Tempo [min]	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
Portata Q_e [l/s]	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37	145.37
Tempo [min]	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
Portata Q_e [l/s]	145.37	145.37	133.26	121.14	109.03	96.92	84.80	72.69	60.57	48.46
Tempo [min]	70	71	72	73						
Portata Q_e [l/s]	36.34	24.23	12.11	0.00						

Grafico - Cinematico triangolare



Risultati tabellari

Tempo [min]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Portata Q _e [l/s]	0.00	0.66	1.99	3.98	6.63	9.95	13.93	18.57	23.87	29.84
Tempo [min]	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Portata Q _e [l/s]	36.47	43.76	51.71	59.67	67.62	75.58	83.53	91.49	99.44	107.40
Tempo [min]	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Portata Q _e [l/s]	115.35	123.30	131.26	139.21	147.17	155.13	163.08	171.04	178.99	186.95
Tempo [min]	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Portata Q _e [l/s]	194.91	202.86	210.82	218.77	226.73	233.36	238.67	242.65	245.30	246.63
Tempo [min]	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
Portata Q _e [l/s]	246.64	245.31	242.67	238.69	233.39	226.77	218.81	210.86	202.91	194.95
Tempo [min]	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
Portata Q _e [l/s]	187.00	179.04	171.09	163.13	155.18	147.22	139.27	131.32	123.36	115.40
Tempo [min]	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
Portata Q _e [l/s]	107.45	99.49	91.53	83.58	75.62	67.67	59.71	51.75	43.80	36.50
Tempo [min]	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
Portata Q _e [l/s]	29.87	23.90	18.59	13.95	9.97	6.65	3.99	2.00	0.67	0.00
Tempo [min]	80									
Portata Q _e [l/s]	0.00									

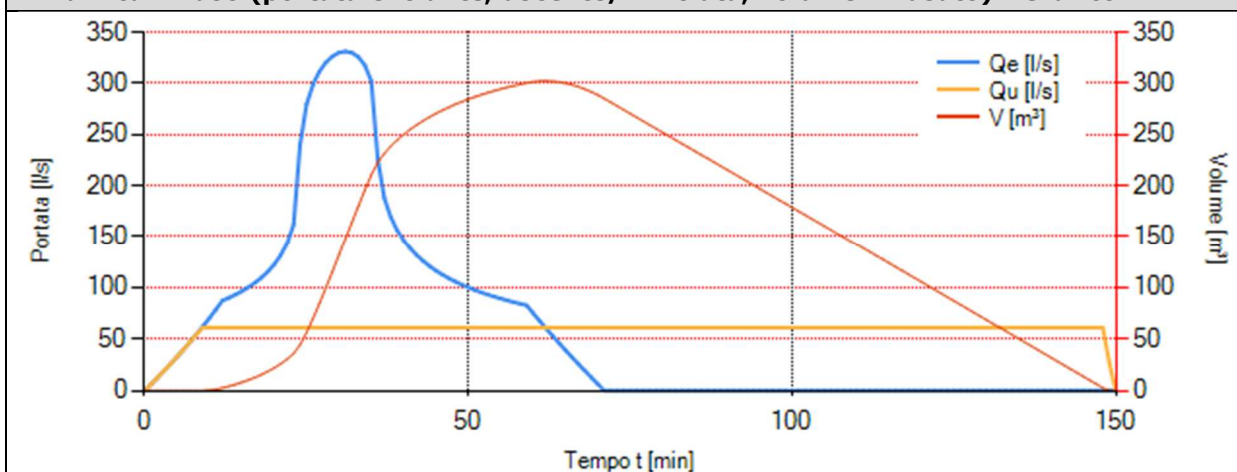
DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

Metodo analitico di dettaglio di tipo cinematico			
Ietogramma		Chicago	
Durata critica	D_w	0.99	ore
Battente idrico massimo	H_{max}	0.02	m
Volume invaso minimo	W	330.33	m ³
Metodologia: Modello cinematico, mediante integrale di convoluzione, con curva area tempi lineare e ietogramma tipo Chicago			
Ietogramma		Uniforme	
Durata critica	D_w	1.03	ore
Battente idrico massimo	H_{max}	0.02	m
Volume invaso minimo	W	282.69	m ³
Metodologia: Modello cinematico, mediante integrale di convoluzione, con curva area tempi lineare e ietogramma tipo Uniforme			
Ietogramma		Triangolare	
Durata critica	D_w	1.13	ore
Battente idrico massimo	H_{max}	0.02	m
Volume invaso minimo	W	324.85	m ³
Metodologia: Modello cinematico, mediante integrale di convoluzione, con curva area tempi lineare e ietogramma tipo Triangolare			

CALCOLO DINAMICA INVASO

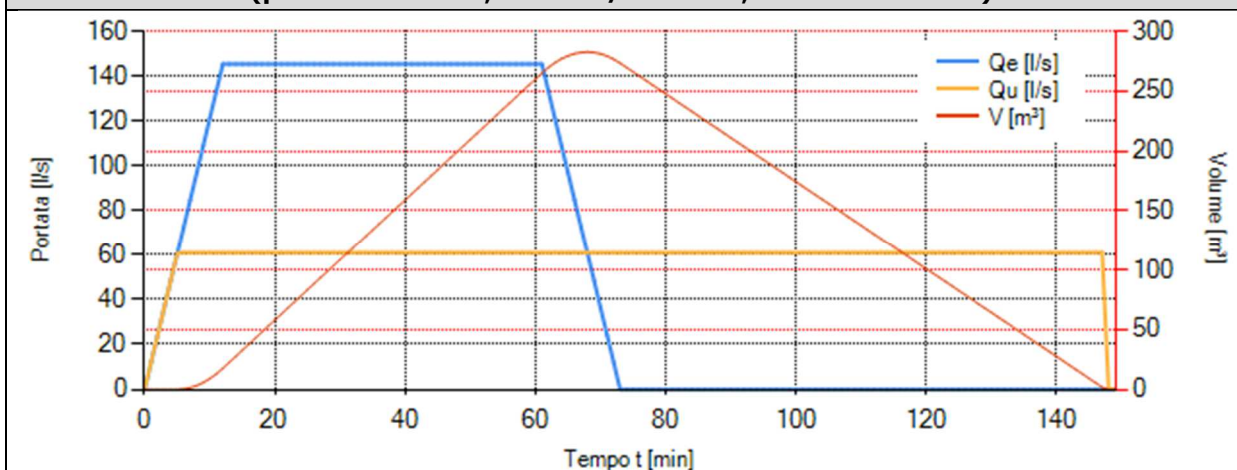
Modello cinematico – Ietogramma Chicago

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



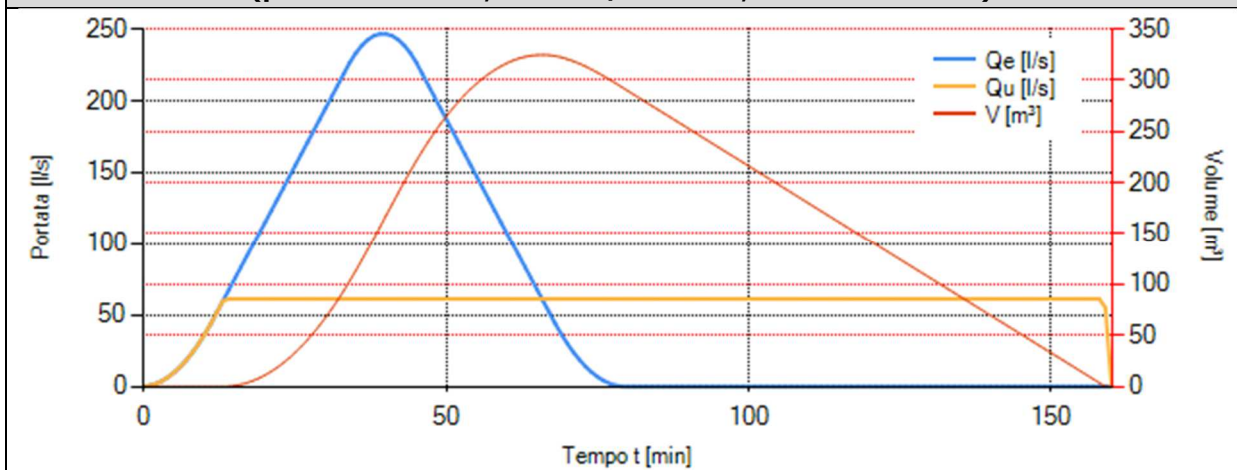
Modello cinematico – Ietogramma Uniforme

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



Modello cinematico – Ietogramma Triangolare

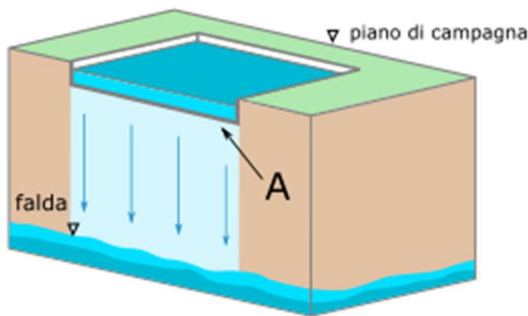
Dinamica invaso (portata entrante, uscente/infiltrata, volume invasato) - Grafico



VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A_{inv}	13593.00	m ²

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	0.40	≥	0.02	m	Positiva
Volume utile invaso (Por 20%)	W	1087	≥	330.33	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T_{sv}	1.5	≤	48.0	ore	Positiva

Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento		Infiltrazione a portata costante	
			
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	61.17	l/s
Coeff. permeabilità satura	K_{sat}	0.90	m/s * 10 ⁻⁵
Fattore riduttivo permeabilità	F_r	0.50	
Coeff. permeabilità di calcolo	K_{calc}	0.45	m/s * 10 ⁻⁵
Gradiente idraulico	i	1.00	m/s
Area di infiltrazione	A_f	13593.00	m ²

10. RIEPILOGO SISTEMI DI LAMINAZIONE E SCARICO

I volumi di laminazione previsti per le porzioni impermeabili saranno ricavati all'interno di un bacino che avrà anche funzioni disperdenti. Le caratteristiche del bacino sono riportate di seguito.

I volumi di laminazione della porzione dei piazzali semipermeabili saranno ricavati all'interno della massicciata spessa del piazzale che dovrà avere una porosità non inferiore al 20%. La massicciata permetterà anche la dispersione per infiltrazione nel sottosuolo.

10.1. Caratteristiche bacino

Il bacino sarà realizzato in terra attraverso uno scavo con profondità nell'ordine dei 2 metri con sponde a pendenza di circa 70° realizzate con massi ciclopici di sostegno. La superficie sarà di circa 620 m² per un volume massimo di circa 1000 m³. Il dimensionamento è stato effettuato tenendo conto di possibili futuri sviluppi delle superfici impermeabili.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2026	1	44 di 49
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

11. VERIFICA BACINO

L'art. 11 del Regolamento Regionale prevede la verifica dei franchi di sicurezza delle opere realizzate con un tempo di ritorno pari a 100 anni. Al fine di verificare la rispondenza alla normativa vigente è stata valutata la curva delle differenze positive tra afflussi e deflussi. Il volume di laminazione necessario è stato calcolato sulla base della formulazione proposta dal Regolamento Regionale n.8 per il metodo delle sole piogge:

$$w_0 = 10 \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot u_{\text{lim}} \cdot D_w$$

BACINO	VOLUME TR100	VOLUME DISPONIBILE
IMPERMEABILE	130	1000
SEMIPERMEABILE	380	1087

il volume di laminazione necessario in entrambe i casi è inferiore al massimo invaso previsto. **Il bacino è verificato ai fini del regolamento Regionale.**

12. DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI RACCOLTA ACQUE

Il sistema di raccolta acque è molto semplice e prevede la messa in opera di gronde, pluviali e tubazioni per raggiungere i bacini di laminazione. Come è noto la durata della pioggia di riferimento corrisponde al tempo di corrivazione, che in caso di bacini urbani generalmente è molto ridotto. Il tempo di corrivazione si definisce come il tempo necessario alla particella d'acqua di percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura dove viene eseguito il calcolo della portata seguendo il percorso idraulicamente più lungo. Nei sistemi di drenaggio urbano il tempo di corrivazione T_c viene generalmente definito come la somma di due contributi: il tempo di ingresso in rete T_i e il tempo di percorrenza della rete T_r : $T_c = T_i + T_r$

Il tempo di ingresso in rete è il tempo che la particella d'acqua piovuta in un generico punto impiega per entrare nel sistema di drenaggio mentre il tempo di rete indica l'intervallo di tempo che la particella ormai entrata in rete impiega per raggiungere la sezione di chiusura, sulla base della velocità che la particella si suppone avere all'interno dell'impluvio. Per il progetto in questione, vista la dimensione modesta dell'edificio può essere convenzionalmente preso un tempo di corrivazione pari a 10 minuti. Per ottenere l'altezza di pioggia di un evento intenso di 10 minuti con tempo di ritorno di 50 anni si può ricorrere alla formula di Bell rappresentata dalla seguente espressione:

$$h_{dt}/h_{60t} = 0.54 \times d^{0.25} - 0.5$$

Utilizzando l'altezza di pioggia riferita a 10 minuti si ottiene il seguente valore di portata massima in uscita dall'intero bacino impermeabile: **$Q = 145$ l/s (tempo di ritorno 50 anni).** L'altezza di pioggia attesa in 10 minuti è stata calcolata pari a 22.83 mm. Il dimensionamento delle tubazioni a pelo libero è stato eseguito facendo riferimento alla scala di deflusso di moto uniforme per le correnti a pelo libero.

Tale ipotesi di lavoro è sufficientemente attendibile in quanto, per tratti omogenei di condotta, si ha uniformità di portata smaltita, diametro, pendenza del fondo, scabrezza,

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2026	1	46 di 49
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

sempreché, come accade nel caso presente, le condizioni al contorno di valle non siano tali da generare significativi rigurgiti e la portata in ingresso da monte non determini la saturazione dell'imbocco. La formula di moto uniforme impiegata è quella di Chézy: $V = \chi \cdot \sqrt{R \cdot i}$

dove:

V= velocità media (m/s)

R = A/P= raggio idraulico (m)

A= area bagnata, ovvero l'area della sezione trasversale della corrente (m²)

P= perimetro bagnato (m)

i= pendenza del fondo del canale

χ = coefficiente di scabrezza

il coefficiente di scabrezza è stato valutato secondo la formula di Gauckler-Strickler ovvero: $\chi = K_s R^{1/6}$

dove K_s rappresenta il parametro di scabrezza di Gauckler-Strickler. Si ottiene pertanto:

$$Q = c * A * R^{2/3} * i^{1/2}$$

Per il coefficiente di scabrezza c della tubazione in PVC si utilizza il valore di 90/100, valido per tubazioni di PVC, PE o plastica. Le tubazioni dovranno essere verificate per riempimenti non superiori al 70%. La rete di raccolta verrà dettagliata in fase di progettazione esecutiva.

13. MANUTENZIONE

In riferimento all'art.13 del Regolamento Regionale, la manutenzione è fondamentale per garantire il mantenimento in efficienza delle strutture e degli elementi realizzati per le funzioni di drenaggio delle acque meteoriche; serve ad assicurare alle strutture stesse un periodo di vita più lungo, permettendo di intervenire periodicamente nell'individuazione di eventuali malfunzionamenti che, se trascurati, ne potrebbero pregiudicare irrimediabilmente le funzioni. Si ricorda che i costi di gestione e manutenzione, sia ordinaria che straordinaria, ricadono interamente ed esclusivamente sul proprietario dell'opera.

A seconda delle tipologie di elementi di drenaggio si presentano ovviamente livelli differenti di complessità nella manutenzione. La prima e più semplice distinzione riguarda sicuramente gli **interventi ordinari**, da svolgersi periodicamente seguendo un calendario prestabilito, dagli **interventi straordinari**, necessari al ripristino delle funzioni in caso di malfunzionamento, guasto o successivamente ad eventi meteorici o di altra natura (per esempio terremoti, sversamenti abusivi, incidenti rilevanti) che interessino direttamente o indirettamente le strutture. Si possono inoltre distinguere, per alcune tipologie di soluzioni quali le aree di ritenzione vegetate e le fitodepurazioni, gli **interventi di supporto** necessari all'attecchimento delle essenze vegetate nelle primissime fasi della vita degli impianti, non più necessari quando gli invasi avranno raggiunto la fase in esercizio con il completo equilibrio delle componenti ecologiche presenti.

Per quanto riguarda gli interventi che prevedono la rimozione dei sedimenti occorrerà prevedere adeguate operazioni di pulizia *ad-hoc* in relazione alle caratteristiche fisico-chimiche del sedimento e alla sua potenzialità inquinante. Rispetto a quanto descritto, risulta evidente che a seconda del livello e complessità degli interventi di manutenzione gli stessi potranno essere svolti da personale con formazione adeguata. Tutto ciò dovrà essere realizzato seguendo un programma di manutenzione periodico strutturato secondo un piano nel quale siano individuate le diverse attività da svolgere e i relativi soggetti incaricati. Per

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Febbraio 2026	1	48 di 49
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

quanto concerne il progetto specifico le attività di verifica e controllo possono essere riassunte nei seguenti punti:

- Verifica del corretto afflusso delle acque
- Verifica dell'integrità degli elementi strutturali
- Pulizia scorrimento
- Piccola manutenzione edile

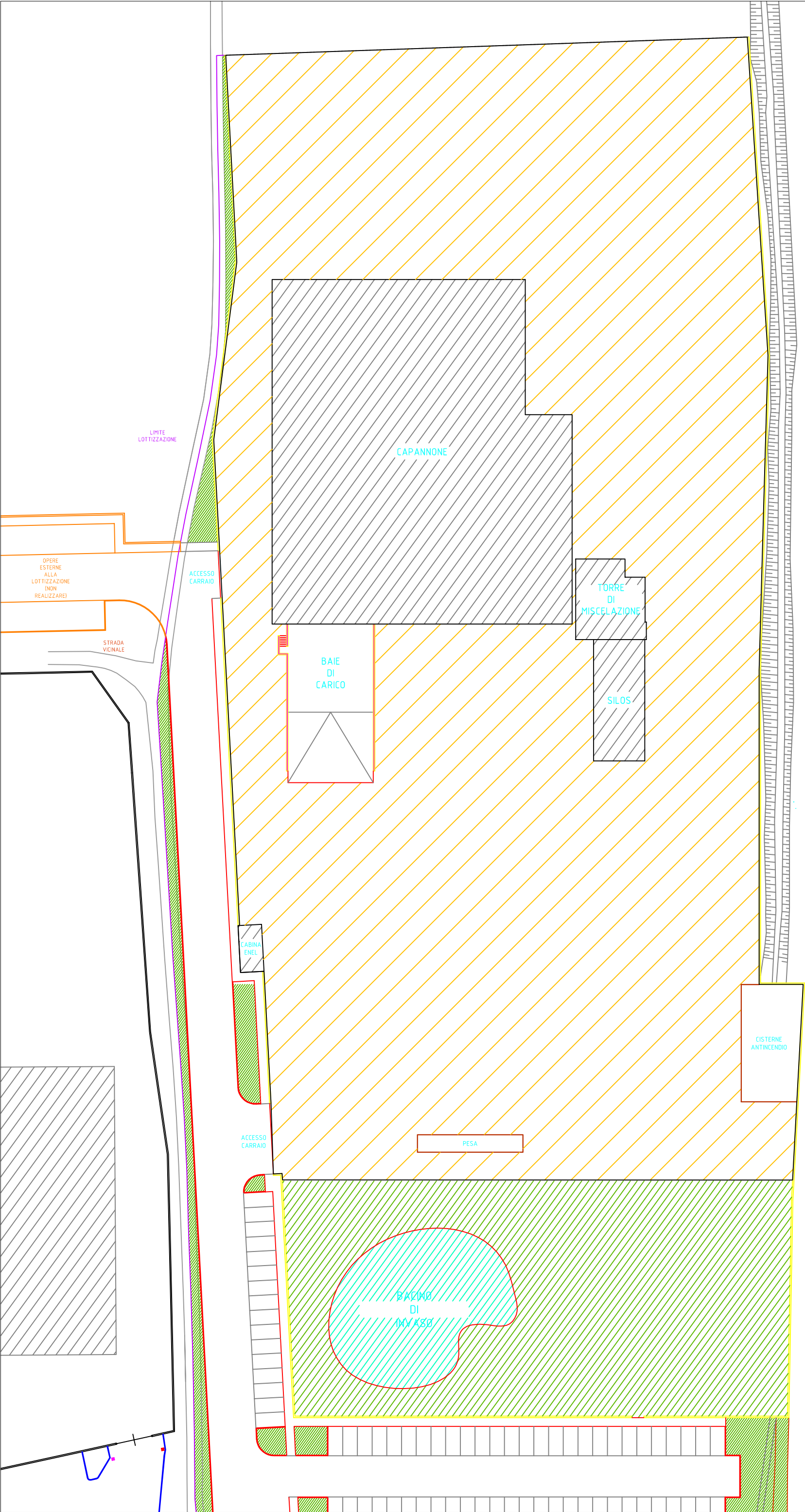
Di seguito è riportata la matrice del piano di manutenzione.

attività	cadenza	Esecutore	Osservazioni
Verifica corretto afflusso al bacino perdente	Semestrale	Titolare	Verifica visiva
Verifica integrità strutturale bacino perdente	Quinquennale	Titolare	Verifica visiva
Verifica integrità strutturale pozzetti	Quinquennale	Titolare	Verifica visiva
Rimozione detriti grossolani dai pozzetti	Annuale o su segnalazione	Titolare	
Rimozione detriti grossolani da bacino	Annuale o su segnalazione	Titolare	
Rimozione detriti fini e pulizia fondo bacino	Triennale o su segnalazione	Personale specializzato	
Sostituzione elementi ammalorati	Su segnalazione	Personale specializzato	

Dr. Geol. Corrado Aletti

(documento firmato digitalmente)

Seniga 09.03.2026



Comune di Dello

Provincia di Brescia

Regolamento Regionale n.7 del 27.11.17 - RL n.4 del 15.03.16 - Regolamento Regionale n.8 del 19/04/19

PROGETTO PER L'INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

VARIAZIONE URBANISTICA
CON REALIZZAZIONE
NUOVE STRUTTURE

Committente: Molino Braga srl

Tavola 1 scala 1:625

PLANIMETRIA DI
PROGETTO

Legenda:

Bacino di laminazione e dispersione

Massicciata semipermeabile

Il Geologo:
Dr. Corrado Aletti

codice file: tavola		
03		
02		
01	09.03.2026	emissione - Revisione 00
N	data	descrizione