

**PROVINCIA DI BERGAMO
CITTÀ DI BERGAMO****PIANO ATTUATIVO IN VARIANTE AL PIANO DELLE
REGOLE PGT 2024 AI SENSI ART. 14 L.R. 12/2025
COMPARTO VIA LOCHIS PRESSO AREA PDZ 20****RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

Opere relative a:	OPERE DI URBANIZZAZIONE	
Località:	VIA TARQUINIO MERULA – VIA GUGLIELMO LOCHIS 24129 BERGAMO	
Committente	COOP. EDILIZIA IL GIGLIO SOC. COOP. VIA G. LEOPARDI 4/A 24127 BERGAMO IL PORTALE SPA VIA G. LEOPARDI 4/A 24127 BERGAMO	
Data	18 febbraio 2026	
Riferimenti	Rel_002_2026	Rev. 02
Il Tecnico	DOTT. GEOLOGO PAOLO GRIMALDI	



INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E UBICAZIONE DEL SITO	4
4	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE DEL SITO	5
4.1	GEOLOGIA	5
4.2	ACQUA NEL SOTTOSUOLO	6
4.3	PERMEABILITÀ	6
5	INDIVIDUAZIONE DELL'AMBITO TERRITORIALE DI APPLICAZIONE	6
6	DEFINIZIONE DEI PARAMETRI PER LA VALUTAZIONE DELL'INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA	8
6.1	GENERALITÀ.....	8
6.2	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO MEDIO PONDERALE FINALIZZATO ALLA DEFINIZIONE DELLE MODALITA' DI CALCOLO.....	9
6.3	INDIVIDUAZIONE DELLE MODALITA' DI CALCOLO E DELLA CLASSE DI INTERVENTO.....	9
6.4	SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA – DEFINIZIONE DEGLI INVASI DI LAMINAZIONE MINIMI.....	10
6.5	DEFINIZIONE DELLA PORTATA AL RICETTORE	10
7	VALUTAZIONE DEGLI AFFLUSSI METEORICI	12
8	METODO DELLE SOLE PIOGGE	14
8.1	GENERALITÀ.....	14
8.2	VERIFICA DEL SISTEMA FOGNARIO DI PROGETTO.....	16
9	DIMENSIONAMENTO DELLO SCARICO IN FOGNATURA.....	20
10	MANUTENZIONI	21

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Superfici.....	8
Tabella 2: Parametri pluviometrici.....	12
Tabella 3: Verifica invarianza idraulica.....	17
Tabella 4: Vasca di laminazione – verifica e controllo	21
Tabella 5: Vasca di laminazione – manutenzione	21

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Corografia	4
Figura 2: Permeabilità dei terreni.....	6
Figura 3: Rappresentazione delle aree di criticità	7
Figura 4: Planimetria interventi	8
Figura 5: Suddivisione delle superfici di intervento in relazione alla permeabilità	9
Figura 6: Identificazione delle classi di intervento	10
Figura 7: Calcolo della linea segnalatrice 1-24 ore	13
Figura 8: Individuazione con il metodo delle sole piogge dell'evento critico DW e del corrispondente volume critico $W0$ di laminazione, ovvero quello che massimizza il volume invasato.....	15
Figura 9: Individuazione evento critico – Tr 50 anni	18

1 PREMESSA

La presente relazione si riferisce ad un'area situata nel Comune di Bergamo, in corrispondenza di un comparto territoriale compreso tra Via Lochis e Via Merula, quartiere di Longuelo, in cui è prevista la realizzazione di opere di urbanizzazione nell'ambito del Piano Attuativo in variante al Piano delle Regole PGT 2024 ai sensi art. 14 l.r. 12/2025 – Comparto di Via Lochis presso Area PDZ 20; l'ubicazione di tale zona si può riscontrare nella corografia riportata in figura 1.

Oggetto della presente relazione è:

- la determinazione delle portate di pioggia che si possono manifestare in corrispondenza del sito
- la verifica dei relativi sistemi di smaltimento delle acque meteoriche derivanti suddette precipitazioni, scolanti dalle superfici impermeabili

il tutto in conformità con i disposti del Regolamento Regionale 7/2017, qualora fossero presenti obblighi legislativi derivanti dalla formazione di nuove superfici scolanti impermeabili.

A causa della conformazione geologica e litologica della zona, il sistema di smaltimento delle acque meteoriche dovrà prevedere la realizzazione di adeguati **invasi di laminazione e di scarico in un idoneo ricettore individuabile nella pubblica fognatura**, sistemi che devono essere accuratamente verificati al fine di rispettare le portate di immissione determinate dai regolamenti vigenti in materia e dagli enti gestori del corpo ricettore.

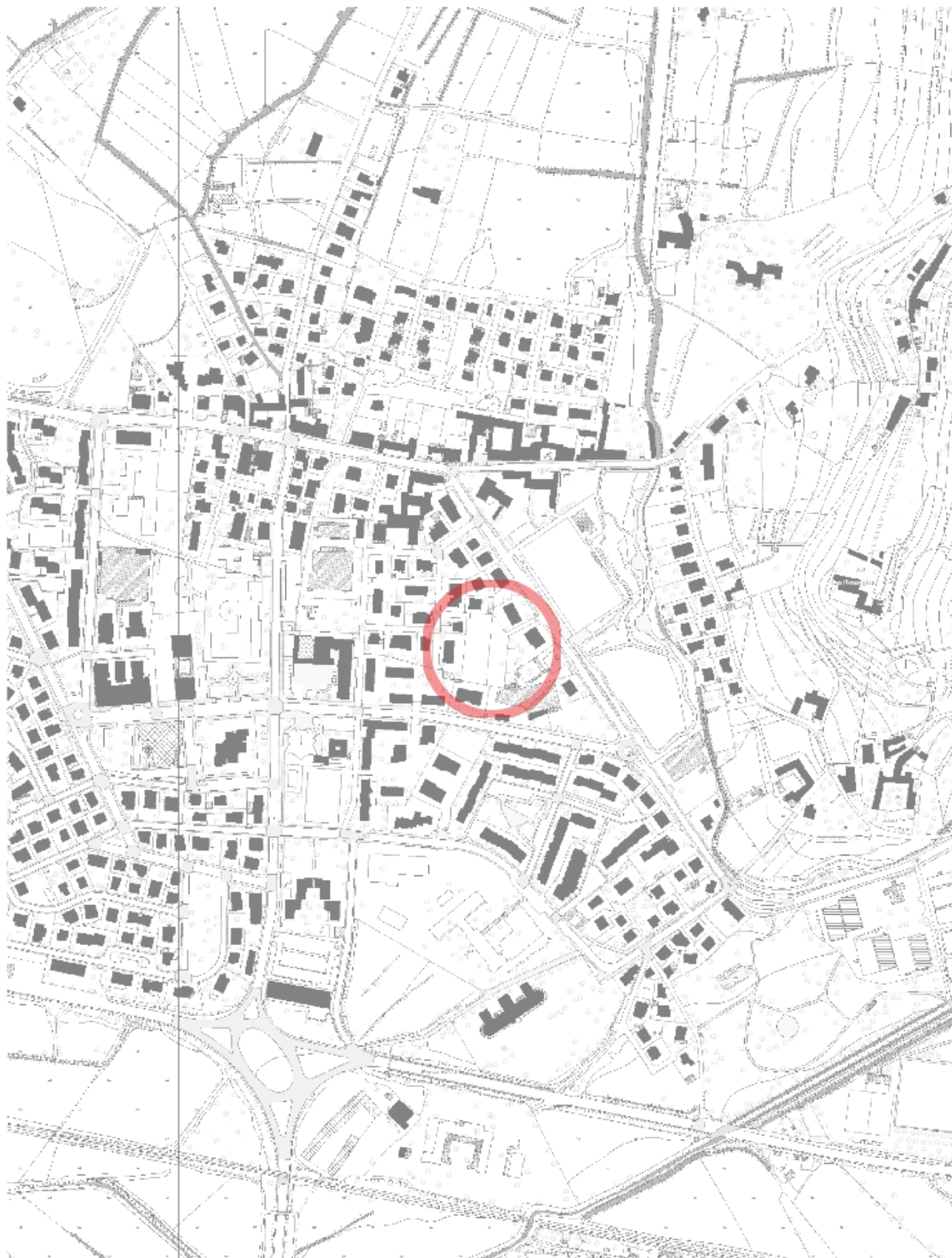
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale"
- Legge regionale 11 marzo 2005 n. 12 "Legge per il governo del territorio"
- Regolamento Regionale 24 marzo 2006 n. 4 "Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a, della legge regionale 12 dicembre 2003 n. 26
- Regolamento Regionale n. 7 del 23 novembre 2017 "Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005 n. 12 (Legge per il governo del territorio), così come aggiornato dal R.R. 8/2019 e dal R.R. 3/2025

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E UBICAZIONE DEL SITO

La zona oggetto della presente relazione, riscontrabile sulla corografia riportata nella figura seguente alla presente relazione, è ubicata nella zona sud del territorio comunale di Bergamo, al confine con il Comune di Bergamo.

Figura 1: Corografia



4 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE DEL SITO

4.1 GEOLOGIA

Il sito a cui la presente relazione si riferisce è inserito in un ambito pedecollinare, immediatamente a ridosso delle prime propaggini del sistema prealpino orobico, rappresentato nella zona dalle colline della parte alta della Città di Bergamo.

In particolare, a est e a sud della zona in esame sono presenti apprezzabili variazioni della topografia che conferiscono al paesaggio un aspetto alquanto ondulato, contrariamente a quanto accade invece a sud, in direzione sud, verso la S.S. Briantea, in cui la topografia assume un aspetto marcatamente pianeggiante.

Tale assetto geomorfologico ha un diretto riscontro anche dal punto di vista geologico e litologico: le zone più ondulate e dove si osservano apprezzabili gradienti topografici si riscontra la presenza del substrato roccioso cretaceo, subaffiorante, rappresentato nella zona dalla formazione del **Flysch di Bergamo**, che comprende una successione arenaceo-pelitica che, nella porzione medio-bassa, include il megastrato di Missaglia. La formazione è costituita da alternanze di arenarie e peliti in strati piano-paralleli da sottili a spessi talora organizzati in cicli di ispessimento verso l'alto. Esse sono associate a calcari a tessitura fine in strati piano paralleli a base calcarenitica, talora microconglomeratica, e a calcari marnosi in banchi anche di notevole spessore. Le arenarie del Flysch di Bergamo sono costituite sia da una frazione silicoclastica che da una carbonatica (FORNACIARI, 1989), di norma separate, a volte associate. I dati provengono dagli affioramenti del Foglio 97-Vimercate.

Le arenarie silicoclastiche corrispondono a litareniti feldspatiche micacee a cemento calcitico che a volte ingloba completamente i grani dell'ossatura. I litici sono rappresentati da frammenti di rocce sedimentarie e metamorfiche: dolomie, selci, granuli quarzoso-micacei probabilmente derivati da micascisti. Le calcareniti, spesso con frazione silicoclastica, sono costituite da clasti di dolomie, da bioclasti di piattaforma (echinidi, alghe rosse, briozoi, bivalvi) e da foraminiferi bentonici.

Particolarmente significativi sono i ciottoli degli orizzonti conglomeratici, soprattutto di quelli alla base degli strati carbonatici e del megastrato di Missaglia, in cui si segnalano in particolare calcari micritici ascrivibili a Maiolica e Sass de la Luna, selci di diverso colore, dolomie presumibilmente triassiche, calcari oolitici di provenienza controversa, frammenti nettamente subordinati di rocce cristalline. Lo spessore del Flysch di Bergamo, tra Brianza e Bergamasca centrale, è stimato da diversi autori nell'ordine del migliaio di metri. Misurazioni dirette sono state eseguite a Roncarro e Montevecchia. Nella sezione di Roncarro la parte inferiore sottostante il Megastrato di Missaglia raggiunge i 370 m; lo stesso intervallo sul Colle di Bergamo è valutabile in circa 320 m. A Montevecchia la parte superiore sovrastante lo stesso megastrato è di circa 700 m.

I reperti fossili indicati consentono di estendere l'età del Flysch di Bergamo a tutto il Campaniano. I depositi del Flysch di Bergamo possono essere interpretati come depositi marini profondi di origine torbida. Si tratta di torbiditi di grande estensione areale presumibilmente accumulate in un bacino allungato, con indicatori di paleocorrenti suggerenti apporti dei materiali da N in Brianza, da NW in Bergamasca occidentale e centrale. La deposizione del Megastrato di Missaglia sarebbe connessa ad un evento catastrofico legato a grandi processi di instabilità ai margini del bacino (BERNOULLI *et alii* 1981).

In corrispondenza delle aree maggiormente pianeggianti si riscontra la presenza dell'unità del Gruppo della Morla, che rappresentano depositi alluvionali: ghiaie a supporto clastico e matrice sabbiosa, con clasti arrotondati, ben selezionati, calcareo-marnosi prevalenti, subordinati calcari e silicoclasti alterati di provenienza seriana. La morfologia è ben conservata, con più ordini di terrazzi e scarpate di altezza sino a 3 m entro la valle a N di Bergamo, che si attenua verso S e per le superfici più recenti.

Il gruppo riunisce una serie di episodi deposizionali distinti in base alla morfologia, caratterizzata da un'evidente gradonatura, "fossilizzata" dagli interventi edilizi sino agli inizi del secolo scorso; le superfici fra il cimitero di Bergamo e Boccaleone scendono nettamente a W verso un depocentro riconoscibile fra Via del Casalino e via Maglio del Lotto, passando appena a monte della stazione ferroviaria. In corrispondenza di Orio al Serio le morfologie risparmiate dall'aeroporto, confrontate con la cartografia precedente, permettono di riconoscere una superficie più alta, correlabile per quota al sintema di Grassobbio.

La deposizione dei sedimenti, data l'impossibilità di ulteriori distinzioni al loro interno, si protrae a comprendere l'Olocene sino al XIV secolo circa (età presunta della disattivazione del corso d'acqua naturale), senza che si possa quivi distinguere i depositi coevi al sintema del Po. Su tale base il supersintema è attribuito ad un intervallo di tempo esteso dal Pleistocene medio sino al XIV secolo.

4.2 ACQUA NEL SOTTOSUOLO

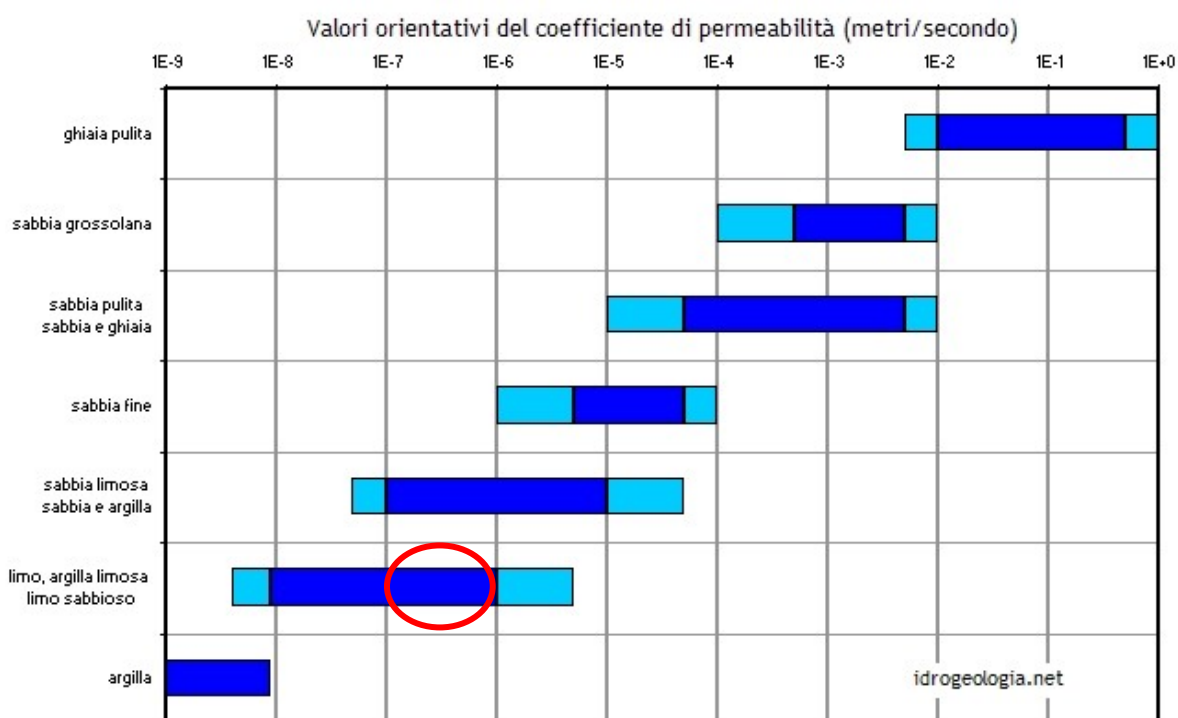
La zona è interessata dalla presenza di una falda freatica ospitata in un orizzonte acquifero costituito di ghiaie e sabbie prevalenti. Dall'esame della carta idrologica facente parte dello studio geologico a supporto della pianificazione del territorio si può evincere una linea isofreatica posta a 205 m.s.l.m., che indica una soggiacenza rispetto al piano di campagna di almeno – 30,00 m.

Anche se le prove geotecniche effettuate non hanno evidenziato la presenza di acqua nel sottosuolo, considerando le caratteristiche geologiche della zona e le litologie presenti, è comunque certa la presenza di falde sospese, alimentate dalle precipitazioni e contenute in orizzonti permeabili inseriti all'interno dei terreni argilloso-limosi impermeabili.

4.3 PERMEABILITÀ

Con riferimento alla granulometria prevalente dei terreni superficiali (fino a -10,00 metri dal p.c.), la permeabilità dei terreni superficiali si può definire scadente (da 10^{-7} a 10^{-6} m/sec).

Figura 2: Permeabilità dei terreni



5 INDIVIDUAZIONE DELL'AMBITO TERRITORIALE DI APPLICAZIONE

Il regolamento regionale 7/2017 ha suddiviso il territorio della Lombardia in diverse tipologie di aree, in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori (art. 7):

- aree A**, ovvero ad **alta criticità idraulica**: aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C, ricadenti, anche parzialmente, nei bacini idrografici elencati nell'allegato B;
- aree B**, ovvero a **media criticità idraulica**: aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C, non rientranti nelle aree A e ricadenti, anche parzialmente, all'interno dei comprensori di bonifica e Irrigazione;
- aree C**, ovvero a **bassa criticità idraulica**: aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C, non rientranti nelle aree A e B.

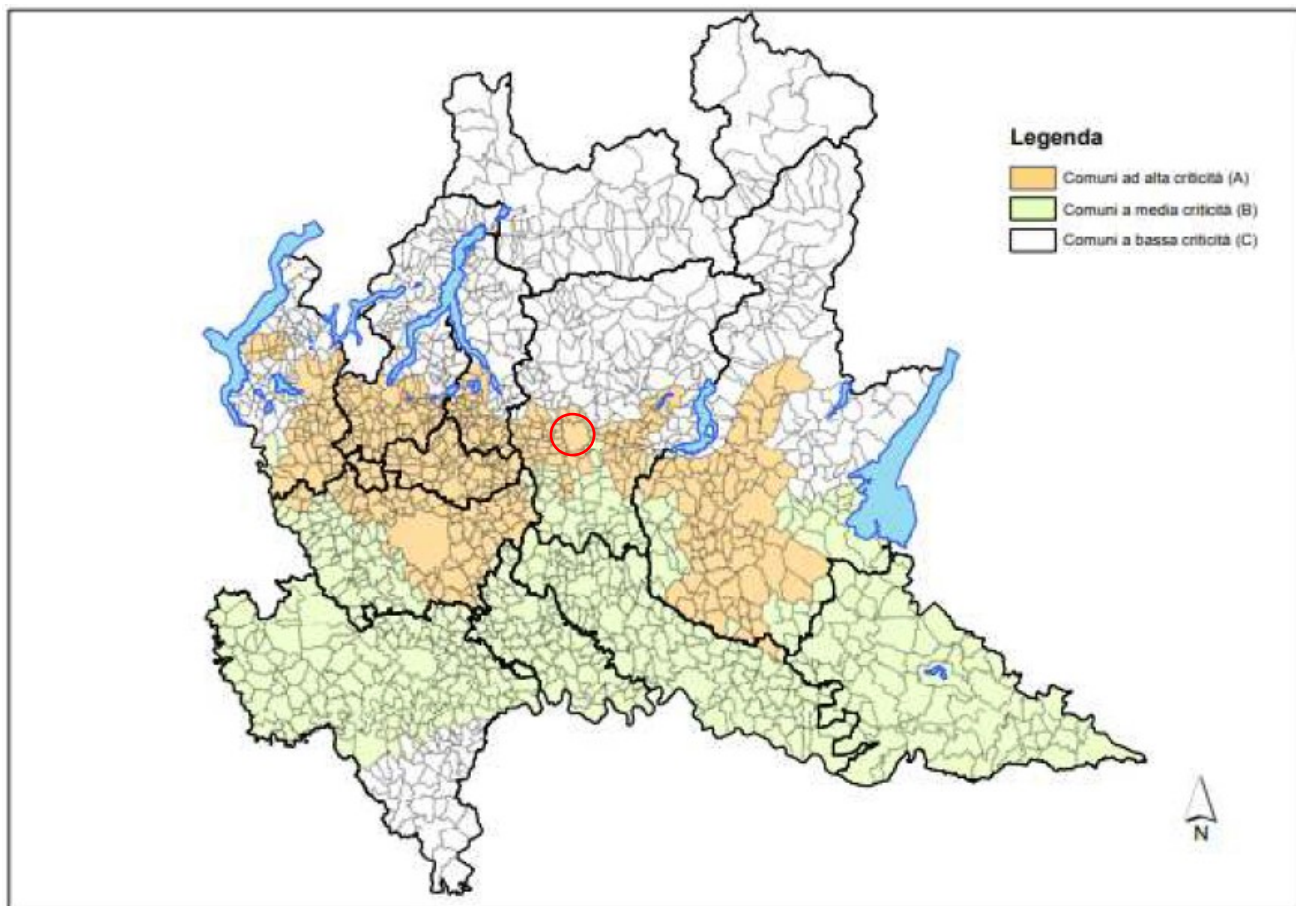
Il Comune di Bergamo, come risulta dalla cartografia su scala regionale e dall'allegato C al R.R. 7/2017 è classificato in:

AREA AD ALTA CRITICITÀ IDRAULICA A

Si evidenzia che il R.R. 7/2017 attribuisce al Comune di Bergamo un coefficiente P pari a 1.0, da utilizzare per il calcolo dei minimi invasi di laminazione e delle portate di scarico nei ricettori.

Nella figura di seguito riportata viene rappresentata la dislocazione delle varie aree di criticità su scala regionale.

Figura 3: Rappresentazione delle aree di criticità



Tale indicazione viene resa al fine di determinare la portata di immissione nel recettore, indicata dal R.R. 7/2027, che nel caso delle aree A ad alta criticità idraulica si determina in 10 l/s/ha di impermeabilizzazione. Si evidenzia inoltre che, ai sensi dell'articolo 8 comma 2-bis del R.R. 7/2027 e s.m.i., il valore massimo ammissibile della portata meteorica scaricabile nei ricettori non può essere inferiore a 1 l/s, salvo limiti più restrittivi ai sensi del comma 2 del regolamento stesso: a tal proposito si evidenzia che la società Uniacque SpA, ente gestore del servizio idrico integrato per la Provincia di Bergamo, ha fissato in 4 l/sec/ha la portata di scarico da adottarsi per la città di Bergamo.

6 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI PER LA VALUTAZIONE DELL'INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

6.1 GENERALITÀ

L'intervento in esame consiste nella realizzazione di opere di urbanizzazione a servizio di una nuova edificazione residenziale da realizzarsi in un comparto territoriale tra Via Lochis e Via Merula

Analizzando gli elaborati progettuali redatti (si veda figura n. 4) si evidenziano le seguenti superfici significative da considerare ai fini della presente progettazione del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e valutazione del rispetto dei criteri di invarianza idraulica e idrologica:

Tabella 1: Superfici

Superficie impermeabilizzata (strada di accesso dipartentesi da Via Lochis)	625,95 m ²
Superfici pavimentate IDRO-DRAIN (marciapiedi e piste ciclopedonali)	277,38 m ²
Superfici a verde (permeabilità naturale)	159,27 m ²

Figura 4: Planimetria interventi



Figura 5: Suddivisione delle superfici di intervento in relazione alla permeabilità

6.2 COEFFICIENTE DI DEFLUSSO MEDIO PONDERALE FINALIZZATO ALLA DEFINIZIONE DELLE MODALITA' DI CALCOLO

In conformità con quanto definito dall'articolo 11 comma 2 lettera d del R.R. 7/2017, la valutazione delle perdite idrologiche per il calcolo dell'idrogramma netto di piena in arrivo nell'opera di laminazione o nell'insieme delle opere di laminazione, può essere effettuata in via semplificata adottando i seguenti valori standard del coefficiente di deflusso:

- pari a 1 per tutte le sotto-aree interessate da tetti, coperture, tetti verdi e giardini pensili sovrapposti a solette comunque costituite e pavimentazioni continue quali strade, vialetti, parcheggi;
- pari a 0,7 per le pavimentazioni drenanti o semipermeabili, quali strade, vialetti, parcheggi in autobloccanti;
- pari a 0,3 per le sotto-aree permeabili di qualsiasi tipo, escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo;

Per le superfici indicate in tabella 1 si considerano i seguenti coefficienti di deflusso:

- Superfici completamente impermeabilizzate: coefficiente = 1
- Superfici pavimentate con idrodrain: coefficiente = 0,7
- Superfici a verde: coefficiente = 0,3

Il coefficiente di deflusso medio ponderale risulta pari a 0,8

6.3 INDIVIDUAZIONE DELLE MODALITA' DI CALCOLO E DELLA CLASSE DI INTERVENTO

Si ritiene opportuno, solamente ai fini di individuare un'idonea modalità di calcolo, procedere in conformità con l'articolo 9 del R.R. 7/2017, ai sensi del quale, a seconda della classe di criticità idraulica del Comune, della superficie interessata dall'impermeabilizzazione, e del coefficiente di deflusso medio ponderale, sono individuate delle classi di intervento per le quali sono indicate le modalità di calcolo dei volumi da gestire ai fini del rispetto de principio dell'invarianza idraulica e idrologica.

Nella figura seguente si riporta uno schema che identifica le classi di intervento e conseguentemente individua la metodologia di calcolo da considerare nel progetto di Invarianza idraulica e idrologica, secondo quanto descritto negli allegati del R.R. 7/2017.

Figura 6: Identificazione delle classi di intervento

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITA' DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (Articolo 7)	
				Aree A,B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$\leq 0,03$ ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da $> 0,03$ ha a $\leq 0,1$ ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq))	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da $> 0,03$ ha a $\leq 0,1$ ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	$> 0,4$	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da $> 0,1$ ha a ≤ 1 ha (da > 1.000 mq a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		da > 1 ha a ≤ 10 ha (da > 10.000 mq a ≤ 100.000 mq)	$\leq 0,4$		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 ha a ≤ 10 ha (da > 10.000 mq a ≤ 100.000 mq))	$> 0,4$	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

Per quanto riguarda l'intervento in esame i dati di riferimento sono i seguenti:

- **Classe di intervento:** l'impermeabilizzazione, in relazione agli interventi previsti, è pertanto da ritenersi **POTENZIALMENTE MEDIA** in quanto la superficie interessata risulta essere compresa tra 300 m^2 e 1.000 m^2 e il coefficiente di deflusso medio ponderale risulta essere $> 0,4$; la classe di intervento quindi è la 2.
- **Modalità di calcolo:** per la classe individuata secondo i parametri specificati, e in considerazione dell'inserimento del territorio comunale nella categoria di rischio idraulico A, è prescritto, per le valutazioni e i calcoli, l'utilizzo del metodo delle sole piogge.

6.4 SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA – DEFINIZIONE DEGLI INVASI DI LAMINAZIONE MINIMI

Considerate le caratteristiche geologiche del sito, viene indicato al progettista un sistema di smaltimento delle acque meteoriche che dovrà prevedere il loro convogliamento in un ricettore (pubblica fognatura), previa laminazione per mezzo di un'ideale vasca.

Si evidenzia che la scelta di tali modalità di scarico deriva dall'assenza di possibilità di infiltrazione efficace delle acque meteoriche nel sottosuolo, a causa della relativa permeabilità dei terreni presenti, derivanti dalle caratteristiche geologiche del sito precedentemente commentate. L'impostazione di pozzi perdenti inoltre risulterebbe troppo prossima alle fondazioni delle costruzioni presenti e di quella in progetto.

Per quanto riguarda le modalità di smaltimento delle acque meteoriche scolate dal piazzale, una rete di raccolta intercetterà e raccoglierà le acque piovane mediante apposite griglie di raccolta e pozzetti opportunamente posizionate; le acque raccolte percorreranno apposite tubazioni dotate di idonea pendenza, le quali termineranno in corrispondenza della vasca di laminazione, da cui infine lo scarico nel ricettore.

Per quanto riguarda il caso in esame, l'invaso minimo di laminazione da garantire per il progetto è pari a:

$$800 \text{ m}^3/\text{ha} \times 810 \text{ m}^2/10.000 \times 0,7 = 45,76 \text{ m}^3$$

Si evidenzia che con la modifica introdotta dal R.R. 3/2025 all'articolo 11, comma 2, lettera e, punto 3 del R.R. 7/2017, il volume di laminazione da adottare per la progettazione degli interventi di invarianza idraulica e idrologica è quello risultante dai calcoli, in caso di utilizzo del metodo delle sole piogge e non quello maggiore tra quello risultante dai calcoli e quello valutato in termini parametrici come requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 2.

6.5 DEFINIZIONE DELLA PORTATA AL RICETTORE

Lo scarico in un qualsiasi ricettore (fognatura o corpo idrico superficiale) dovrà avvenire in conformità con quanto descritto dall'articolo 8 comma 1 del 7/2017 di seguito riportato:

1. 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 (ulim):

- a) per le aree A di cui al comma 3 dell'articolo 7: 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- b) per le aree B di cui al comma 3 dell'articolo 7: 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- c) per le aree C di cui al comma 3 dell'articolo 7: 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

Ricordando che il regolamento di fognatura di UNIACQUE SPA stabilisce per la città di BERGAMO una portata di scarico per ettaro di superficie impermeabilizzata pari a 4 l/sec/ha, la portata effettiva di scarico risulta essere pari a:

$$Q_{u,lim} = S \cdot \varphi \cdot u_{lim} = 0,00081 \text{ ha} \times 4 = 0,32 \text{ l/s}$$

In seguito a colloqui intrapresi dai tecnici della committenza con l'Ufficio Tecnico di UNIACQUE SPA, è stato concesso di adottare come portata di scarico $Q = 1 \text{ l/s}$.

7 VALUTAZIONE DEGLI AFFLUSSI METEORICI

Per il calcolo della valutazione degli afflussi meteorici, si è fatto riferimento ai parametri "a" ed "n", della curva di possibilità pluviometrica, desunti dal portale idrologico geografico di ARPA Lombardia. In accordo con quanto richiesto dalla normativa, sono state considerate precipitazioni con tempo di ritorno $Tr = 50$ anni.

Il portale permette, mediante un ambiente GIS, di individuare per ciascun punto della regione i parametri pluviometrici per l'individuazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per precipitazioni di durata compresa tra 1 e 24 ore per diversi tempi di ritorno.

Nella tabella seguente si riportano i parametri individuati per la zona in esame:

Tabella 2: Parametri pluviometrici

A1 - Coefficiente pluviometrico orario	30,05
N - Coefficiente di scala	0,2968 (0,5 per precipitazioni di durata inferiore a 1 h)
GEV - parametro alpha	0,2995
GEV - parametro kappa	-0,012
GEV - parametro epsilon	0,8234

Con tali valori è possibile calcolare l'altezza massima probabile di precipitazione (mm) associata ad un dato tempo di ritorno TR (anni) relativo ad un evento meteorico di durata t (ore):

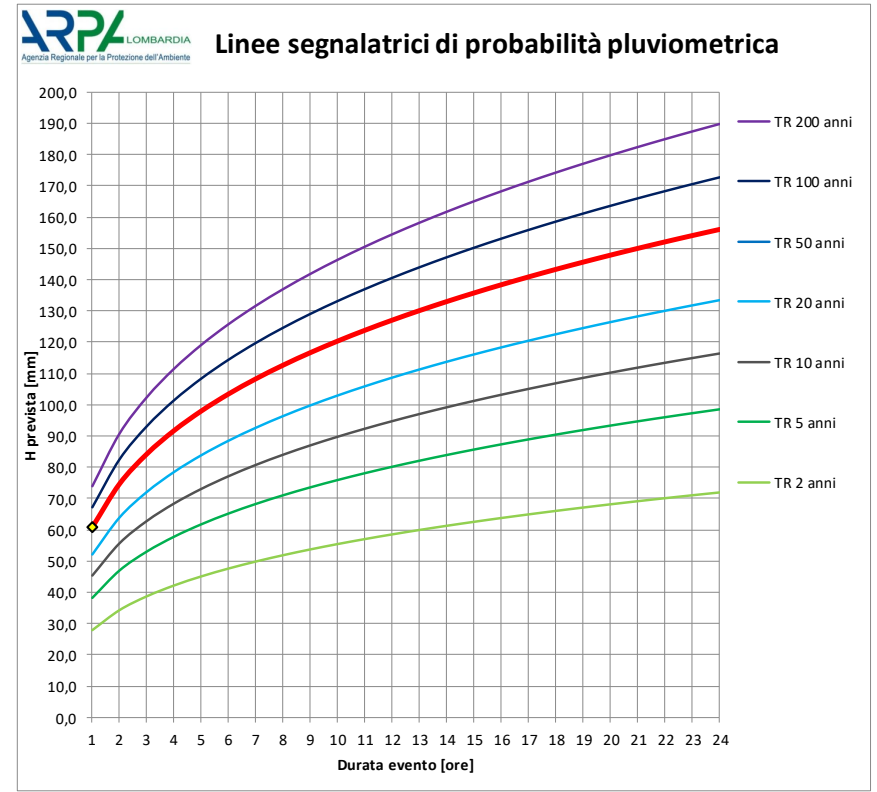
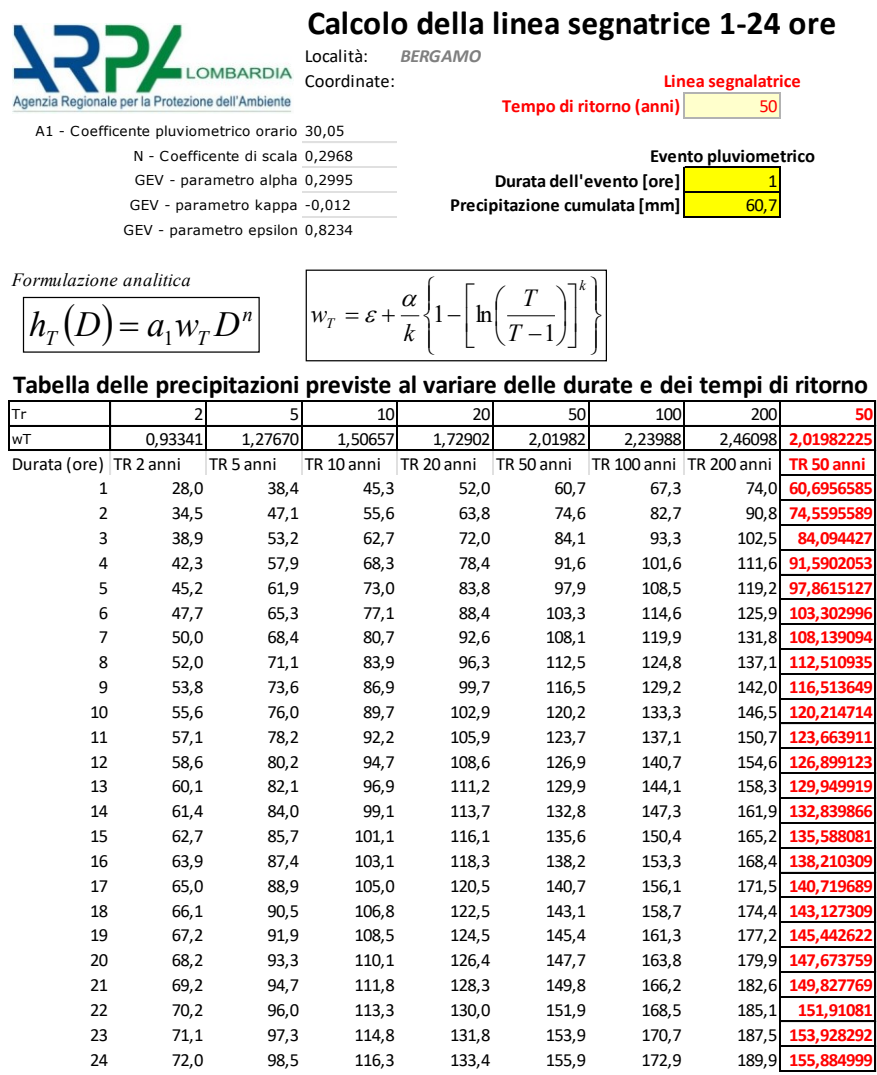
$$h (Tr) = a (Tr) * tn(Tr)$$

Nel caso in esame considerando l'evento meteorico intenso minimo ricavabile dal metodo di calcolo di ARPA Lombardia per precipitazioni intense, pari a 60 minuti (1 ore) si ottiene:

$$Tr \text{ 50 anni} \rightarrow h = 60,7 \text{ mm}$$

Di seguito si riportano la tabella di calcolo della linea segnalatrice 1-24 ore e il diagramma delle Linee Segnalatrici di probabilità pluviometrica tratto dal foglio di calcolo idrologico di ARPA Lombardia

Figura 7: Calcolo della linea segnalatrice 1-24 ore



8 METODO DELLE SOLE PIOGGE

8.1 GENERALITÀ

Il “Metodo delle sole piogge” si basa sulle seguenti assunzioni:

- l'onda entrante dovuta alla precipitazione piovosa $Q_e(t)$ nell'invaso di laminazione è un'onda rettangolare avente durata D e portata costante Q_e pari al prodotto dell'intensità media di pioggia, dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica valida per l'area oggetto di calcolo in funzione della durata di pioggia, per la superficie scolante impermeabile dell'intervento afferente all'invaso; con questa assunzione si ammette che, data la limitata estensione del bacino scolante, sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante afferente all'invaso. Conseguentemente l'onda entrante nell'invaso coincide con la precipitazione piovosa sulla superficie scolante impermeabile dell'intervento. La portata costante entrante è quindi pari a:

$$Q_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^{n-1}$$

e il volume di pioggia complessivamente entrante è pari a:

$$W_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n$$

in cui S è la superficie scolante del bacino complessivamente afferente all'invaso, φ è il coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino medesimo calcolabile con i valori standard esposti nell'articolo 11, comma 2, lettera d) del regolamento (quindi $S \cdot \varphi$ è la superficie scolante impermeabile dell'intervento), D è la durata di pioggia, $a = a_{1W_T}$ e n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica (desunti da ARPA Lombardia) espressa nella forma:

$$h = a \cdot D^n = a_1 \cdot w_t \cdot D^n$$

- l'onda uscente $Q_u(t)$ è anch'essa un'onda rettangolare caratterizzata da una portata costante $Q_{u,lim}$ (laminazione ottimale) e commisurata al limite prefissato in aderenza alle indicazioni sulle portate massime ammissibili di cui all'articolo 8 del regolamento. La portata costante uscente è quindi pari a:

$$Q_{u,lim} = S \cdot u_{lim}$$

e il volume complessivamente uscito nel corso della durata D dell'evento è pari a:

$$W_{u,lim} = S \cdot u_{lim} \cdot D$$

in cui u_{lim} è la portata specifica limite ammissibile allo scarico, di cui all'articolo 8 comma 1 del regolamento.

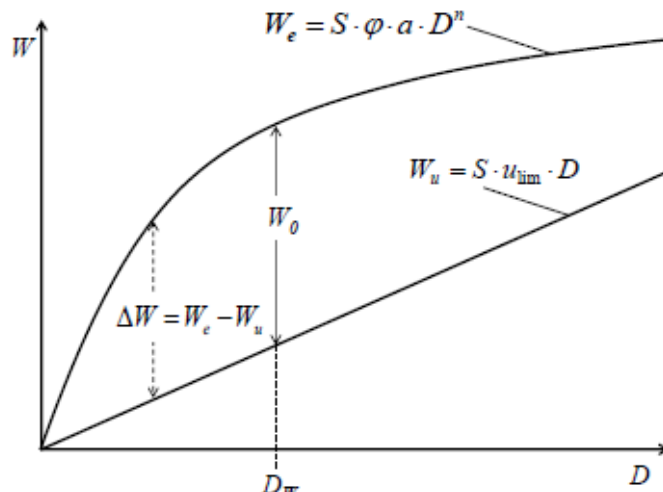
Sulla base di tali ipotesi semplificative il volume di laminazione è dato, per ogni durata di pioggia considerata, dalla differenza tra i volumi dell'onda entrante e dell'onda uscente calcolati al termine della durata di pioggia.

Conseguentemente, il volume di dimensionamento della vasca è pari al volume critico di laminazione, cioè quello calcolato per l'evento di durata critica che rende massimo il volume di laminazione. Quindi, il volume massimo ΔW che deve essere trattenuto nell'invaso di laminazione al termine dell'evento di durata generica D (invaso di laminazione) è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n - S \cdot u_{lim} \cdot D$$

La figura seguente mostra graficamente la curva $W_e(D)$, concava verso l'asse delle ascisse, in aderenza alla curva di possibilità pluviometrica, e la retta $W_u(D)$ e indica come la distanza verticale ΔW tra tali due curve ammetta una condizione di massimo che individua così l'evento di durata D_w critica per la laminazione.

Figura 8: Individuazione con il metodo delle sole piogge dell'evento critico D_w e del corrispondente volume critico W_0 di laminazione, ovvero quello che massimizza il volume invasato.



Esprimendo matematicamente la condizione di massimo, ossia derivando rispetto alla durata D la differenza $\Delta W = W_e - W_u$, si ricava la durata critica D_w per l'invaso di laminazione e di conseguenza il volume di laminazione W_0 :

$$D_w = \left(\frac{Q_{u,lim}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - Q_{u,lim} \cdot D_w$$

Se si considerano per le varie grandezze le unità di misura solitamente utilizzate nella pratica:

W_0 in [m³]

S in [ha]

a in [mm/oraⁿ]

θ in [ore]

D_w in [ore]

$Q_{u,lim}$ in [l/s]

Le precedenti equazioni diventano:

$$D_w = \left(\frac{Q_{u,lim}}{2.78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot Q_{u,lim} \cdot D_w$$

Introducendo in esse la portata specifica di scarico $u_{lim} = Q_{u,lim}/S$ (in l/s per ettaro) e il volume specifico di invasore $w_0 = W_0/S$ (in m³/ha) si ha:

$$D_w = \left(\frac{u_{lim}}{2.78 \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

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

Si osservi che il parametro n (esponente della curva di possibilità pluviometrica) da utilizzare nelle equazioni precedenti deve essere congruente con la durata D_w risultante dal calcolo, tenendo conto che il valore di n è generalmente diverso per le durate inferiori all'ora, per le durate tra 1 e 24 ore e per le durate maggiori di 24 ore. Tale parametro viene assunto pari a 0,5 per eventi meteorici di durata inferiore all'ora.

Il volume di laminazione ottenuto dal calcolo deve essere confrontato con i volumi minimi definiti dall'articolo 12 del R.R. 7/2017 (800 m³/ha per le aree A, 600 m³/ha per le aree B, 400 m³/ha per le aree C).

8.2 VERIFICA DEL SISTEMA FOGNARIO DI PROGETTO

Si riassumono di seguito i parametri di progetto precedentemente descritti finalizzati alla verifica dell'invarianza idraulica e idrologica relativa al progetto in esame:

- Tr di progetto: 50 anni
- Ricettore scarico: Rete fognaria
- Portata di scarico di progetto: 1 l/s in conformità con i disposti del R.R. 7/2017
- Coefficiente di deflusso medio ponderale: 0,7

Con riferimento ai dati sopra evidenziati e al metodo di calcolo descritto, si rimanda alle tabelle di calcolo successive per l'analisi della verifica.

Tabella 3: Verifica invarianza idraulica

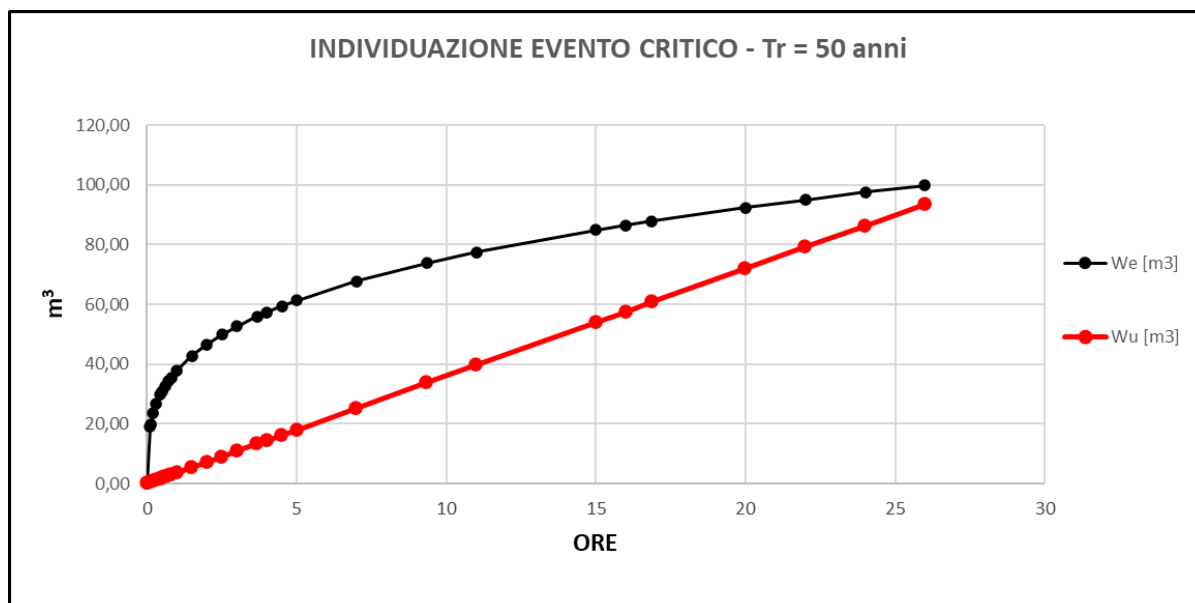
METODO DELLE SOLE PIOGGE - R.R. 7/2017			
<i>Tr = 50 anni Tr = 100 anni</i>			
S_{imp} - superficie scolante impermeabile dell'intervento	[ha]	0,062595	
φ - coefficiente di deflusso medio ponderale	[mm h⁻¹]	1,0	
a₁ - coefficiente pluviometrico orario	[-]	30,05	
n - coefficiente di scala - D>1 h	[-]	0,2968	
n - coefficiente di scala - D<1 h	[-]	0,5	
GEV - parametro α	[-]	0,2995	
GEV - parametro k	[-]	-0,012	
GEV - parametro ε	[-]	0,8234	
w_t - coefficiente probabilistico	[-]	2,01982	2,23988
Q_f = Portata di scarico in fognatura - R.R. 7/2017	[l/s]	1,0	
D_w - Durata evento critico	[ore]	5,08	5,88
We - Volume in ingresso nel tempo Dw	[m³]	61,54	68,24
Wu - Volume in uscita nel tempo Dw	[m³]	18,28	21,17
ΔW - Volume di invaso necessario	[m³]	43,26	47,07
Volume di n. 1 pozzo perdente	[m³]	0,00	
Volume complessivo dei pozzi perdenti [m³]	[m³]	0,00	
Volume compensativo da aggiungere alla laminazione per svuotamento in 48 ore	[m³]	0,00	0,00
Volume complessivo di laminazione necessario	[m³]	43,26	47,07
Volume di laminazione ex regolamento	[m³]	0,00	0,00
VOLUME DELLA VASCA DI LAMINAZIONE	[m³]	43,26	47,07
TEMPO DI SVUOTAMENTO	[ore]	12,02	13,07
Verifica conformità vasca di laminazione	[m³]	SI	SI

In base ad un semplice foglio di calcolo in grado di esplicitare le precedenti espressioni a passi temporali si ottiene la seguente tabella, riferibile all'individuazione dell'evento critico in seguito all'evento meteorico avente $Tr = 50$ anni :

ORE	We [m ³]	Wu [m ³]	W [m ³]
0	0,00	0,00	0,00
0,1	19,18	0,36	18,82
0,11	19,73	0,40	19,34
0,2	23,56	0,72	22,84
0,3	26,58	1,08	25,50
0,44	29,78	1,58	28,19
0,5	30,93	1,80	29,13
0,6	32,65	2,16	30,49
0,7	34,18	2,52	31,66
0,8	35,56	2,88	32,68
1	37,99	3,60	34,39
1,5	42,85	5,40	37,45
2	46,67	7,20	39,47
2,5	49,87	9,00	40,87
3	52,64	10,80	41,84
3,68	55,93	13,25	42,68
4	57,33	14,40	42,93
4,5	59,37	16,20	43,17
5	61,26	18,00	43,26
7	67,69	25,20	42,49
9,35	73,76	33,66	40,10
11	77,41	39,60	37,81
15	84,87	54,00	30,87
16	86,51	57,60	28,91
17	87,88	60,73	27,15
20	92,44	72,00	20,44
22	95,09	79,20	15,89
24	97,58	86,40	11,18
26	99,92	93,60	6,32

Nella figura seguente viene rappresentato l'evento critico, raffrontando i volumi in ingresso e i volumi scaricati nei vari intervalli di tempo.

Figura 9: Individuazione evento critico – Tr 50 anni



Il sistema di scarico delle acque meteoriche di progetto, in corrispondenza dell'evento avente tempo di ritorno pari a 50 anni:

- una durata dell'evento critico viene fissata a 5,08 ore
- il volume di laminazione richiesto è pari a 43,26 m³. Il **tempo di svuotamento** dell'invaso di laminazione viene calcolato suddividendo il volume di invaso per la portata di scarico, quest'ultima pari a 1 lit/secondo. **Il tempo di svuotamento dell'invaso risulta essere pari a 12,02 ore > 48 ore**

Il sistema di scarico delle acque meteoriche di progetto, in corrispondenza dell'evento avente tempo di ritorno pari a 100 anni:

- una durata dell'evento critico viene fissata a 5,88 ore
- il volume di laminazione richiesto è pari a 47,07 m³, volume che viene consigliato. Il **tempo di svuotamento** dell'invaso di laminazione viene calcolato suddividendo il volume di invaso per la portata di scarico, quest'ultima pari a 1 lit/secondo. **Il tempo di svuotamento dell'invaso risulta essere pari a 13,07 ore > 48 ore**

A parere dello scrivente è consigliabile l'utilizzo di un invaso di laminazione avente un volume cautelativo di 50,00 m³, al fine di ricomprendere eventuali deflussi provenienti dalle aree pavimentate in idrodrain, qualora questi vengano saturati.

9 DIMENSIONAMENTO DELLO SCARICO IN FOGNATURA

Come evidenziato nei paragrafi precedenti, lo scarico delle acque meteoriche è destinato in fognatura, presumibilmente su via Lochis mediante pompaggio con una portata di 1,00 l/s.

Questo potrà essere effettuato secondo il dimensionamento di massima di seguito riportato, il quale considera per lo scarico l'adozione di tubi in PVC da 100 mm e adozione di un sistema di pompaggio che immetta nella tubazione le acque reflue con la portata di progetto, che presenterebbe una percentuale di riempimento del 18,5%:

Dati di calcolo

D m = Diametro interno del canale
w % = Livello percentuale riempimento del canale
i m/m = Pendenza del canale
k = Coefficiente di scabrezza

Q m³/s = Portata della condotta

$$v = k R^{2/3} i^{1/2}$$

Coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler:

120 Tubi Pe, PVC, PRFV
100 Tubi nuovi gres o ghisa rivestita
80 Tubi con lievi incrostazioni, cemento ord.
60 Tubi con incrostazioni e depositi
40 Canali con ciottoli e ghiaia sul fondo

10 MANUTENZIONI

Il sistema di scarico precedentemente descritto e calcolato deve essere sottoposto a periodiche verifiche e operazioni di manutenzione, al fine di garantire l'efficacia nella sua funzione di allontanamento delle acque meteoriche.

Di seguito si riassumono comunque le operazioni che periodicamente dovranno essere effettuate, in conformità con il disposto del R.R. 7/2017

Tabella 4: Vasca di laminazione – verifica e controllo

Attività	Indispensabile		Cadenza	Soggetto esecutore	Attrezzi necessari	Osservazioni
Verifica corretto afflusso delle acque	X		Ogni 12 mesi	Proprietari mediante tecnico incaricato	Nessuno in particolare	Verifica visiva
Verifica dell'integrità degli elementi strutturali	X		Ogni 5 anni	Proprietari mediante tecnico incaricato	Nessuno in particolare	Nessuna

Tabella 5: Vasca di laminazione – manutenzione

Attività	Indispensabile		Cadenza	Soggetto esecutore	Attrezzi necessari	Osservazioni
Pulizia, scorrimento e infiltrazione	X		Su segnalazione e comunque ogni 6 mesi	Proprietari mediante tecnico incaricato	Autospurghi	Nessuna
Sostituzione elementi ammalorati	X		Su segnalazione	Proprietari mediante tecnico incaricato	Macchine edili, attrezzi manuali	Nessuna