

COMUNE DI CLUSONE

Provincia di Bergamo

COMMITTENTE: DOSS S.p.A.

PROGRAMMA INTEGRATO DI INTERVENTO VAL FLESH

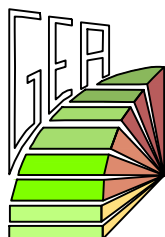
TITOLO ELABORATO

RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA

N. PRATICA	TIPOLOGIA	FASE PROG.	SCALA	ELABORATO
25_080	INV	-	-	B

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE
0	Novembre 2025	Prima emissione
1	-	-
2	-	-
3	-	-

PROGETTISTI



Studio G.E.A.
24020 RANICA (Bergamo)
Via La Patta, 30/d
Telefono e Fax: 035.340112
E - Mail: gea@mediacom.it

Dott. Geol. SERGIO GHILARDI
iscritto all' O.R.G. della Lombardia n° 258



Dott. Ing. FRANCESCO GHILARDI
iscritto Ord. Ing. Prov. BG n. 3057



SOMMARIO

1	PREMESSA.....	2
2	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	3
3	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	7
4	NECESSITA' DI APPLICAZIONE DELLE MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA ALL'INTERVENTO	8
5	INDIVIDUAZIONE DELLE MODALITA' DI CALCOLO PER IL RISPETTO DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA.....	9
	5.1 Individuazione degli ambiti territoriali di applicazione	9
	5.2 Valori ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori	10
	5.3 Superficie interessata dall'intervento e coefficiente di deflusso medio ponderale	11
	5.3.1 Superficie interessata dall'intervento	11
	5.3.2 Coefficiente di deflusso medio ponderale	12
	5.4 Classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica e modalità di calcolo.....	13
	5.5 Requisiti minimi	14
6	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	15
	6.1 Prova di permeabilità in pozzetto	16
	6.2 Calcolo portata uscente	17
	6.2.1 Caratteristiche del sistema di allontanamento delle acque	17
	6.2.2 Permeabilità del mezzo poroso	18
	6.2.3 Calcolo portata d'infiltrazione	18
	6.3 Tempo di svuotamento	20
7	VERIFICA AL TEMPO DI RITORNO CENTENNALE	21
8	ALLEGATO: CALCOLI PER OGNI SINGOLO COMPARTO E/O LOTTO	22



1 PREMESSA

Il presente elaborato consiste nella Relazione tecnica di Invarianza Idraulica ed Idrologica ai sensi del R.R. 23 novembre 2017 n.7 della Regione Lombardia come modificato dal Regolamento 28 marzo 2025 n. 3, in supporto al programma integrato di intervento Val Fless sito in comune di Clusone (BG).



2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'ambito di intervento interessa una superficie di circa 40.000 m² ubicati in sinistra ed in destra alla SS671 all'altezza dell'abitato delle Fiorine, a Clusone. L'area è suddivisibile in due ambiti attraverso la SS671: l'ambito a nord è attualmente un'area prevalentemente prativa di superficie 10.000 m² e risulta compreso tra via Fiorine e la SS671. L'ambito a sud, di estensione 30.000 m² risulta un'area polifunzionale dismessa posta tra la SS671, via Valgo e la pista ciclopeditonale.



Figura 1 – Perimetrazione indicativa dell'area (in rosso) e delle due sotto aree (in blu ed in verde)

Il Programma prevede la suddivisione del comparto nord in due lotti funzionali (lotto 1 e lotto 2) con destinazione ristorativa per una superficie totale di lottizzazione pari a 7.120 m² corrispondente ad un volume di 6.250 m³. È dunque prevista la realizzazione di due fabbricati con relative urbanizzazioni esterne.

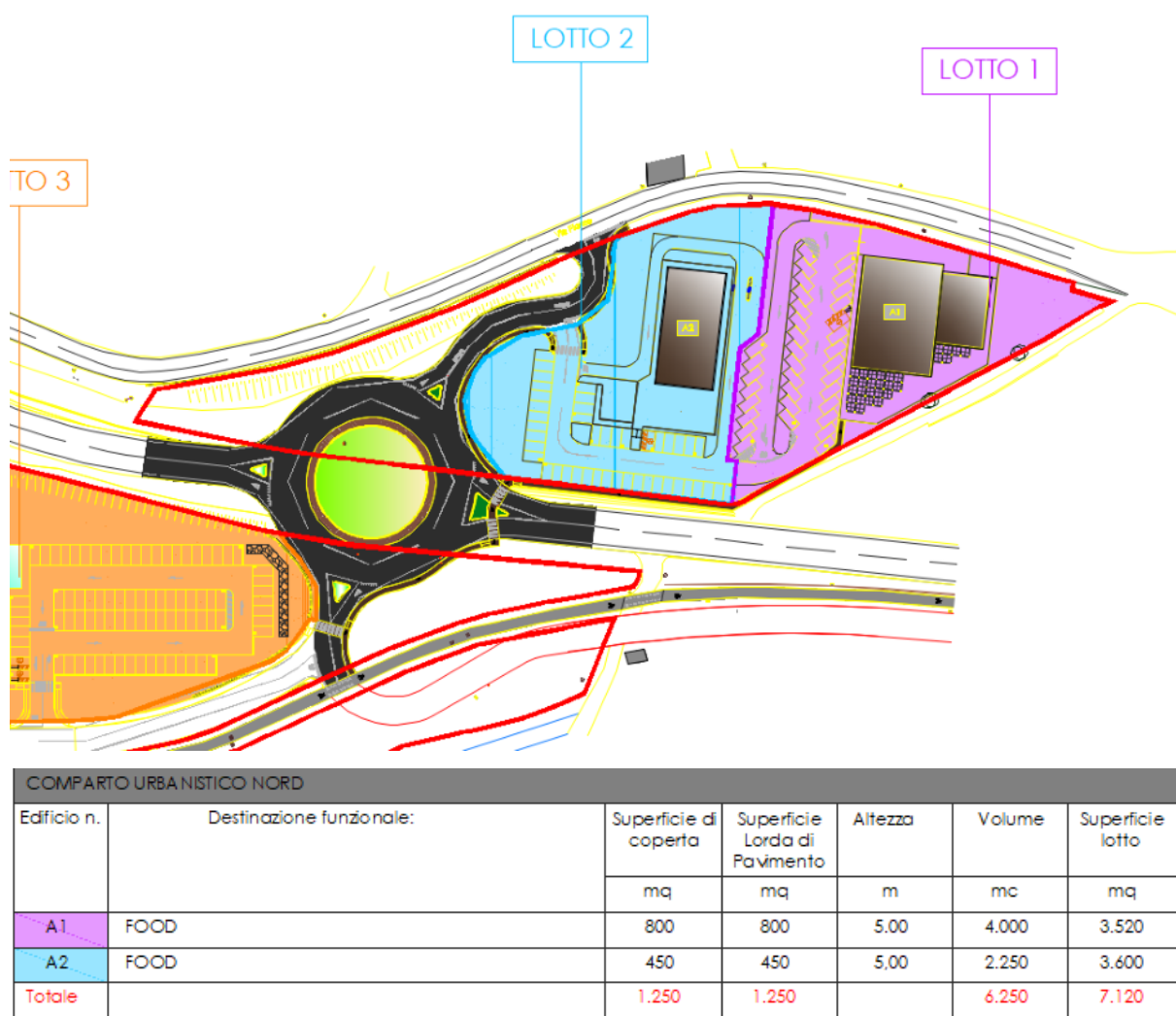
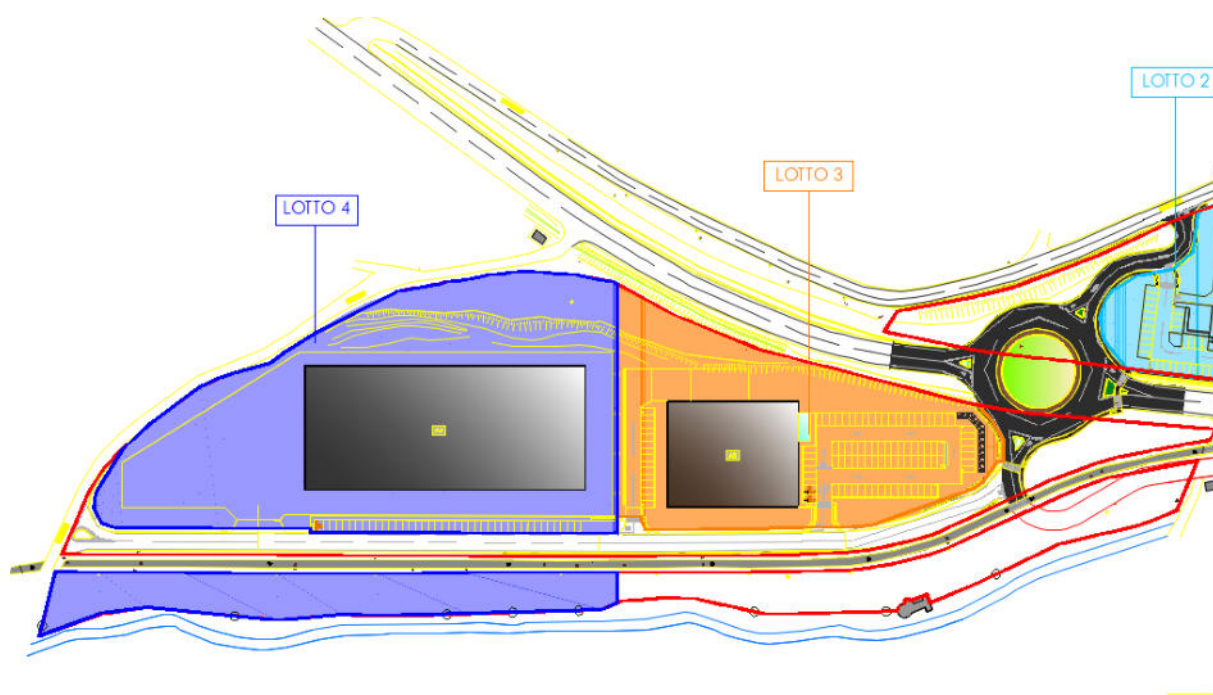


Figura 2 – Planivolumetrico del comparto nord

Il Programma prevede la suddivisione del comparto sud a sua volta in due lotti funzionali (lotto 3 e lotto 4) con destinazione commerciale (lotto 3) e produttivo-commerciale (lotto4) per una superficie totale di lottizzazione pari a 23.680 m² corrispondente ad un volume di 70.000 m³. È dunque prevista la realizzazione di due fabbricati con relative urbanizzazioni esterne.



COMPARTO URBANISTICO SUD						
Edificio n.	Destinazione funzionale:	Superficie di coperta	Superficie Lorda di Pavimento	Altezza	Volume	Superficie lotto
		mq	mq	m	mc	mq
A3	COMMERCIALE	2.000	2.000	5,00	10.000	8.860
A4	PRODUTTIVO	4.850	4.850	12,00	58.200	18.165
	COMMERCIALE	150	150	12,00	1.800	
Totale		7.000	7.000		70.000	23.680

Figura 3 - Planivolumetrico del comparto sud

Il progetto prevede inoltre la realizzazione di una nuova rotatorio sulla SS671 a

connessione dei due comparti (nord – sud).

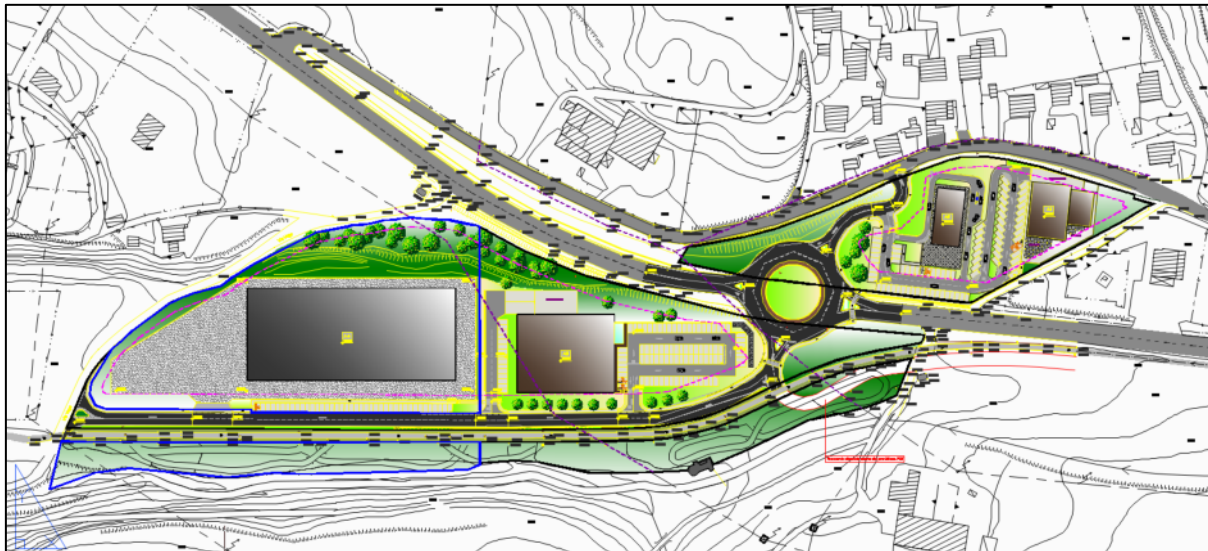


Figura 4 – Stralcio del planivolumetrico generale di progetto

Le aree oggetto di invarianza, date le dimensioni, saranno suddivise in diversi sottobacini che convoglieranno le acque di pioggia entro altrettante batterie di pozzi perdenti, che saranno dimensionate relativamente all'area drenante del bacino di riferimento. Il dimensionamento viene effettuato riferendosi alla normativa di invarianza idraulica.



3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Le normative regionali di riferimento sono:

- **R.R. n. 4/2006** [*Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne...*];
- **L.R. n.4/2016** [*Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua*];
- *Piano di Tutela ed uso delle Acque (PTUA 2016)*, approvato con Delibera n. 6990 del 31 luglio 2017;
- **R.R. n. 7/2017** [*Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'art. 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12*];
- **R.R. n.3 del 25 aprile 2025** [*Disposizioni sull'applicazione dei principi dell'invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7*]



4 NECESSITA' DI APPLICAZIONE DELLE MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA ALL'INTERVENTO

Alla luce delle normative prima citate, l'intervento è tenuto al rispetto del principio di invarianza idraulica ai sensi **dell'Allegato A** del R.R. in quanto trattasi di nuova costruzione.

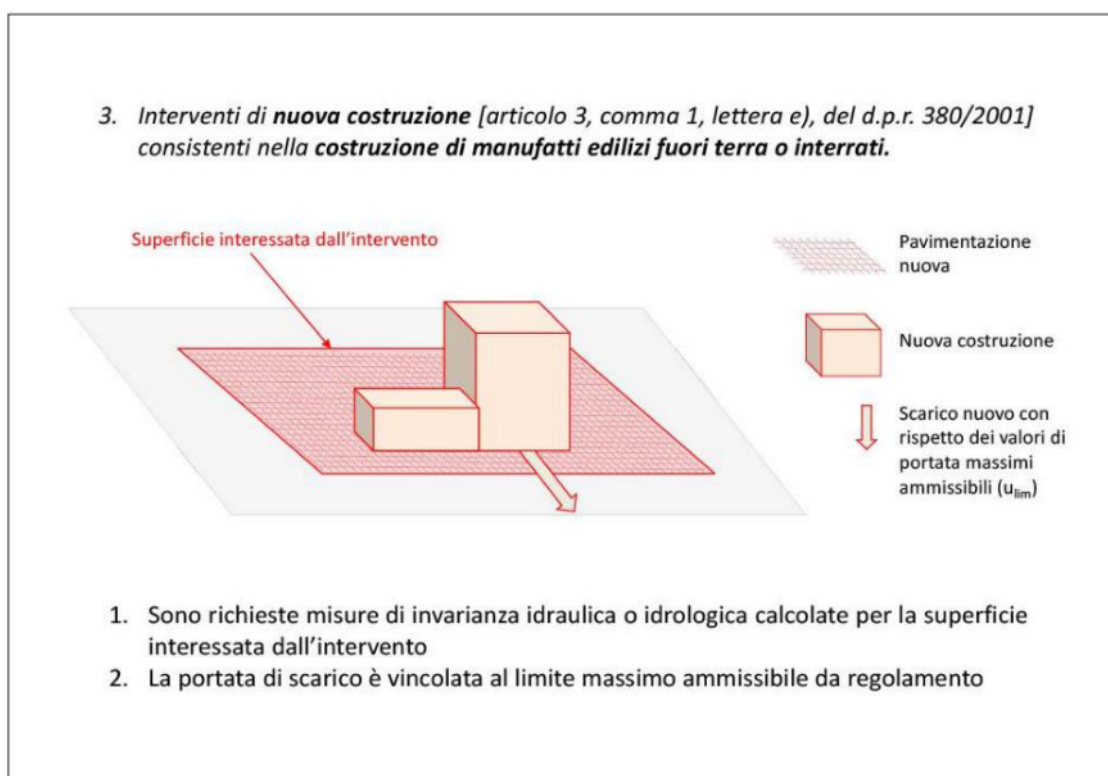


Figura 5 - Stralcio allegato A del R.R.



5 INDIVIDUAZIONE DELLE MODALITA' DI CALCOLO PER IL RISPETTO DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA

Di seguito si riportano le singole valutazioni che consentono, in funzione di ogni singolo requisito, di individuare le modalità di calcolo dei volumi da gestire per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica.

Si rammenta che, ai sensi dell'art. 2 comma 6 e dell'art.9 comma 1, gli interventi soggetti all'applicazione del regolamento devono essere considerati nella loro unitarietà e non possono essere frazionati.

5.1 Individuazione degli ambiti territoriali di applicazione

Ai sensi dell'art.7 del R.R. n.7/2017, tutto il territorio della Regione Lombardia è stato suddiviso in tre diverse aree, in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua recettori (si veda Allegato C del Regolamento).

Il Comune di Clusone è individuato in **Aree C**, ovvero a bassa criticità idraulica.



5.2 Valori ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori

Ai sensi dell'art.8 del R.R. n.7/2017, 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.

Per le **aree C** il valore massimo ammissibile è pari a **20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento**.

Nel nostro caso, disperdendo tutto a suolo, tale valore **non è di riferimento**.



5.3 Superficie interessata dall'intervento e coefficiente di deflusso medio ponderale

Per poter classificare gli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica è necessario conoscere la superficie interessata dall'intervento e il coefficiente di deflusso medio ponderale.

L'analisi è stata effettuata per ogni comparto e per ogni sub-lotto.

5.3.1 Superficie interessata dall'intervento

Come specificato in precedenza l'intervento può essere suddiviso nelle seguenti aree:

Tipologia area	Tipologia superficie	Descrizione	Superficie [m ²]
Scoperta	Impermeabile	Parcheggio ovest	1660
Scoperta	Impermeabile	Parcheggio est	2642
Scoperta	Drenante / specchi d'acqua	Verde non collettato e reticolo idrico	5395
Scoperta	Impermeabile	Superfici pedonali/ciclopedonali di progetto e strade esistenti	2353
TOTALE			12050

Si precisa che, ai sensi dell'art. 3 comma 7bis del R.R. 7/2017, non verranno considerate nei calcoli di invarianza idraulica le aree verdi e lo specchio d'acqua del reticolo idrico interno al lotto d'intervento e ai sensi dell'art 3 comma 3 lettera d neanche le aree adibite a piste pedonali/ciclopedonali.



5.3.2 Coefficiente di deflusso medio ponderale

Ai sensi dell'art.9 comma 3bis del R.R. n.7/2017, per 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 anche in via semplificata adottando i seguenti valori standard del coefficiente di deflusso:

- pari a 1 per tutte le sotto-aree interessate da tetti, coperture e pavimentazioni continue di strade, vialetti, parcheggi;
- pari a 0,7 per i tetti verdi, i giardini pensili e le aree verdi sovrapposti a solette comunque costituite, per le aree destinate all'infiltrazione delle acque gestite ai sensi del presente regolamento e per le pavimentazioni drenanti o semipermeabili di strade, vialetti, parcheggi, ove ne siano certificate la durabilità e la funzionalità nel tempo, nonché per i pannelli di impianti agri-voltaici o fotovoltaici
- pari a 0,3 per le aree permeabili di qualsiasi tipo, comprese le aree verdi munite di sistemi di raccolta e collettamento delle acque ed escludendo dal computo le aree verdi non sovrapposte a nuove solette comunque costituite e prive di sistemi di raccolta e convogliamento delle acque, le superfici incolte e quelle di uso agricolo.

Per ogni ambito è stato stimato un **coefficiente di deflusso medio ponderale**.



5.4 Classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica e modalità di calcolo

Ai sensi dell'art.9 del R.R. n.7/2017, ai fini dell'individuazione delle diverse modalità di calcolo dei volumi da gestire per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica, gli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica sono suddivisi in classi a seconda della superficie interessata dall'intervento e del coefficiente di deflusso medio ponderale.

La modalità di calcolo da applicare per ogni intervento dipende dalla classe di intervento indicata nella stessa tabella e dall'ambito territoriale in cui lo stesso ricade.

Per tutti i comparti risulta una **classe di intervento 2** che corrisponde a **"Impermeabilizzazione potenziale media"**.

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUS- SO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 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)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

Alla luce di tale classe, va redatto un **progetto approfondito** ed è previsto che venga utilizzato il valore riferito ai **requisiti minimi**.



5.5 *Requisiti minimi*

Ai sensi dell'art.12 del R.R. n.7/2017, il requisito minimo da soddisfare consiste nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione, comunque configurati, dimensionati adottando i seguenti valori parametrici del volume minimo dell'invaso, o del complesso degli invasi, di laminazione:

- a) per le aree A ad alta criticità idraulica: 800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento moltiplicato per il 'coefficiente P' di cui alla tabella riportata nell'Allegato C;
- b) per le aree B a media criticità idraulica: 500 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- c) per le aree C a bassa criticità idraulica: 400 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

I volumi di cui sopra sono da adottare anche quando è obbligatorio utilizzare una metodologia di calcolo approfondita (metodo delle sole piogge o procedura dettagliata) qualora il volume risultante dai calcoli di dettaglio fosse minore.

Nel nostro caso abbiamo da soddisfare un requisito minimo riferito alle aree C e quindi pari a **400 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile** dell'intervento. Per quanto attiene al 'coefficiente P' di cui alla tabella riportata nell'Allegato C, nel Comune di Clusone tale valore equivale ad 1, pertanto il limite di 800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile rimane immutato.

Il Volume minimo dell'invaso o della somma dei singoli invasi previsto dai requisiti minimi è stato calcolato per ogni singolo comparto e Sub-lotto.



6 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Ai sensi dell'art. 11 del R.R. n.7/2017, occorre verificare la possibilità di prevedere se l'infiltrazione di una parte dell'afflusso meteorico è possibile o invece è da escludere in funzione di:

- a) soggiacenza della falda
- b) qualità delle acque meteoriche di cui si prevede l'infiltrazione in relazione alla loro compatibilità con la tutela qualitativa delle falde
- c) stabilità dei versanti o del sottosuolo
- d) possibile interferenza con le fondazioni o anche i piani interrati degli edifici esistenti
- e) presenza di aree non adatte o poco adatte all'infiltrazione delle acque pluviali nel suolo e negli strati superficiali del sottosuolo, quali aree caratterizzate da falda subaffiorante, aree con terreni a bassa permeabilità
- f) quanto previsto dagli strumenti di pianificazione regionali e provinciali di settore, nonché nella componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT del comune

Così come riportato nella relazione geologica-geotecnica non si riscontrano tali problematiche.



6.1 Prova di permeabilità in pozzetto

Presso il sito di indagine sono state effettuate delle prove di permeabilità così come riportate nella relazione geologico-geotecnica.

Le prove sono state effettuate in condizioni di terreno insature.

Alla luce di tali prove verrà assunta una **permeabilità K** di pari **$1.00 \cdot 10^{-4}$ m/s**.



6.2 *Calcolo portata uscente*

6.2.1 Caratteristiche del sistema di allontanamento delle acque

In nome dell'art.5 comma 3 del R.R. n.7/2017, una soluzione preferibile al conferimento in reticoli idrici naturali od artificiali delle acque di pioggia consiste nell'infiltrazione nel sottosuolo. Tale soluzione comporta il vantaggio di esulare dal limite normativo imposto, nel nostro caso di 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile da conferire entro i corpi idrici ricettori quali i corsi d'acqua o i collettori fognari. D'altro canto, il limite di questa soluzione consiste nella capacità del sottosuolo di accogliere le portate infiltrate, che dipende dalle sue caratteristiche pedologiche e idrogeologiche.

Il progetto prevede l'installazione di pozzi perdenti del diametro di 2 m.

Ogni pozzo verrà infatti posato entro una trincea con dimensioni in pianta 5.00 m x 5.00 m ed altezza 3.00 m. Tale scavo verrà rivestito internamente da un telo in tessuto-non-tessuto e, una volta posati i pozzi, sarà riempito con materiale lapideo granulare con un indice dei vuoti di circa il 25%. Considerando solo l'anello circolare di ghiaione intorno al pozzo, ogni pozzo ha quindi una capacità di invaso di circa 21.79 mc

Parametro essenziale ai fini del calcolo della portata d'infiltrazione è l'area entro cui avviene il moto. Trascurando i contributi di filtrazione laterale del sistema pozzo-ghiaione, verrà assunta solamente la loro impronta in pianta, al netto, a favore di sicurezza del loro eventuale tappo di fondo del pozzo.

A ciascun pozzo compete un'area d'infiltrazione ad anello in funzione dell'altezza



del battente idrico nel pozzo stesso. In questo caso considerando l'altezza massima del pozzo l'area di infiltrazione per il singolo pozzo è pari a 16.50 mq.

6.2.2 Permeabilità del mezzo poroso

Trascurando, come anticipato, il contributo di filtrazione laterale, vengono presi in considerazione i valori di permeabilità verticale ricavati a seguito di prove in pozzetto effettuate sul sito.

Viene quindi assunto come valore indice di **permeabilità K** quello ottenuto in prova. In definitiva, tale valore equivale a **$1.0 \cdot 10^{-4}$ m/s**.

6.2.3 Calcolo portata d'infiltrazione

Le portate scaricabili dai pozzi perdenti sono state stimate ipotizzando un'area d'infiltrazione A_f data da una superficie quadrata circoscritta attorno alla base di ciascun pozzo, di lato pari alla somma di diametro ed altezza del pozzo stesso. Se posti a sufficiente distanza, tali pozzi non interferiranno fra loro ed infiltreranno con la loro massima efficienza, limitata dalla sola permeabilità verticale del terreno.

Il calcolo delle portate viene effettuato come segue:

$$Q_f = 1000 \cdot \frac{K}{2} \cdot \left(\frac{L+z}{L+z/2} \right) \cdot A_f$$

dove:

- Q_f è la portata di infiltrazione uscente dai pozzi;



- A_f è l'area di infiltrazione;
- K è la permeabilità del terreno alla base dei pozzi;
- L è la profondità della falda rispetto al fondo dei pozzi;
- z è l'altezza utile interna ai pozzi.

Ipotizzando a priori le dimensioni del singolo pozzo, il numero di pozzi da inserire viene valutato in base al raffronto fra il volume interno ad essi e quello richiesto dal regime idrico in ingresso.

Per la valutazione della portata di infiltrazione, in via conservativa, verrà considerato un valore di permeabilità pari alla metà di quanto ricavato in precedenza per considerare il progressivo interrimento dei pori.

Disponendo quindi dell'area filtrante e della permeabilità del mezzo poroso entro cui si intende convogliare le acque, la portata d'infiltrazione sarà data dal prodotto:

$$Q_{inf} = A_{inf} \cdot \frac{K}{2}$$

Ne consegue che la **portata d'infiltrazione** dell'intero complesso di infiltrazione sia uguale a **0.82 l/s**.

Alla luce di tali considerazioni sono stati calcolati il numero dei pozzi per ogni comparto e sub-lotto.



6.3 Tempo di svuotamento

Ai sensi dell'art. 11 del R.R. n.7/2017, deve essere fatta una valutazione del tempo di svuotamento degli invasi.

Lo svuotamento dei volumi calcolati non deve durare più di 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile in vista di possibili eventi meteorici ravvicinati nel tempo. Qualora non si riesca a rispettare il termine di 48 ore, ovvero qualora il volume calcolato sia realizzato all'interno di aree che prevedono anche volumi aventi altre finalità, il volume complessivo deve essere calcolato tenendo conto che dopo 48 ore deve comunque essere disponibile il volume calcolato. Il volume di laminazione calcolato deve quindi essere incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore.

In funzione delle portate uscenti dall'invaso di laminazione (Q_u e/o Q_{inf}), il tempo di svuotamento dopo il termine dell'evento, a partire dal massimo invaso W_{lam} , è pari a:

$$t_{svuot} = \frac{W_{lam}}{Q_u + Q_{inf}}$$

Nel nostro caso il tempo di svuotamento è stato calcolato per ogni singolo comparto e sub-lotto..



7 VERIFICA AL TEMPO DI RITORNO CENTENNALE

Conformemente all'art.11 comma 2.a.2 del R.R. 7/2017, viene eseguita la verifica con tempo di ritorno di 100 anni per le valutazioni in merito alle eventuali misure locali, anche non strutturali, di protezione idraulica dei beni insediati.

Dai calcoli si evince che il volume dei pozzi è superiore a quello dei requisiti minimi e inoltre:

- Non è stato considerato il volume di ghiaione relativo allo scavo completo: lo scavo di ogni pozzo ha pianta quadrata, mentre il calcolo del ghiaione è stato effettuato considerando solo l'anello perimetrale attorno al pozzo
- Non è stato considerato il volume invasabile dalle tubazioni e dai pozzetti

Alla luce di ciò, non si rendono necessarie misure locali, anche non strutturali, di protezione idraulica dei beni insediati e il sistema così dimensionato risulta efficace anche per piogge con tempo di ritorno centennali.



8 ALLEGATO: CALCOLI PER OGNI SINGOLO COMPARTO E/O LOTTO



Regione LOMBARDIA

Provincia di Bergamo

Comune di Clusone

Programma integrato di intervento Val Flesh

RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

Committente

Nome **DOSS SPA**

Indirizzo

Edificio / Area

Descrizio

ne **COMPARTO NORD - LOTTO1**

Indirizzo

Studio tecnico

Nome **GEA SRL - GEOLOGIA INGEGNERIA AMBIENTE**

Indirizzo **VIA PATTA 30/D - 24020 RANICA (BG)**

Progettista

Nome **Ingegnere Ghilardi Francesco**

Ordine di **Ingegneri della provincia di Bergamo - n. 3057**

INDICE

- 1. PREMESSA**
- 2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI**
- 3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA**
- 4. PORTATE MASSIME SCARICABILI**
- 5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO**
- 6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI**
 - 6.1 Requisiti minimi
- 7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA**
- 8. TEMPO DI SVUOTAMENTO**
- 9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI**

1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la verifica del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica relativi al progetto di [Programma integrato di intervento Val Flesch](#), sito in [Comparto Nord](#).

L'area drenata oggetto d'intervento si estende su una superficie di **2588.8** m².

Nello specifico, scopo del presente lavoro è l'individuazione delle modifiche all'assetto idrogeologico dell'area, conseguenti alle trasformazioni in progetto, con l'obiettivo di definire le misure compensative e/o le caratteristiche delle opere necessarie ad evitare l'aggravio delle condizioni idrauliche rispetto alla situazione preesistente o come da richiesta di norma.

Le verifiche del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica vengono condotte conformemente al R.R. 7/2017 di Regione Lombardia come integrato e modificato dal R.R. 3/2025 e normative correlate. Nello specifico verranno adottati i metodi di calcolo in essa richiamati.

Nel presente documento verranno descritte le soluzioni progettuali adottate, i metodi di calcolo utilizzati e verranno riportati i report dei calcoli eseguiti, con relativi grafici, e le verifiche effettuate.

2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI

Individuazione dell'area

Comune di Clusone Provincia Bergamo
Livello di criticità Area C - criticità bassa
Classe dell'intervento 2 - Impermeabilizz. potenziale media

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. deflusso ϕ
Superficie coperta edificio A1	Area impermeabile	800.0	1.00
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	1788.8	1.00

Superficie totale 2588.8 m² Coefficiente di deflusso medio ponderale ϕ_m 1.0000

3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA

La soluzione adottata per il rispetto delle prescrizioni sull'invarianza idraulica e idrologica è la seguente.

[Dispersione a suolo](#)

4. PORTATE MASSIME SCARICABILI

Ai sensi delle normative applicabili non è previsto nessun vincolo sul valore della portata scaricabile o non viene scaricata alcuna portata in corpi idrici ricettori.

5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO

Avendo adottato la metodologia dei requisiti minimi e non essendo necessario eseguire alcun calcolo idrologico non vengono caratterizzate le piogge di progetto.

Al fine di dimensionare e verificare le opere d'invarianza idraulica in progetto devono essere definite preventivamente le precipitazioni di progetto.

A tal fine, per durate di precipitazione superiori ad un'ora, viene applicato il metodo della legge probabilistica GEV (Generalized Extreme Values).

Tale metodo a partire dai parametri di riferimento a_1 ed n della curva di possibilità pluviometrica, definito il tempo di ritorno TR dell'evento critico, ricalcola il parametro a per il caso specifico e calcola l'altezza di pioggia come segue:

$$h = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$

h [mm]: altezza di pioggia

a_1 [mm/oraⁿ]: coefficiente pluviometrico orario

D [ore]: durata di pioggia

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

w_T [-]: coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno TR [anni]

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

ε, α, k [-]: parametri della legge probabilistica GEV

Per durate inferiori a un'ora si utilizzano tutti i parametri adottati per le durate superiori ad un'ora, tranne il parametro n che viene definito in modo specifico per tale durata.

In assenza di dati più precisi spesso, in letteratura tecnica idrologica, viene riportato un valore indicativo pari a $n = 0,5$.

Considerato che l'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica contribuisce in modo fondamentale alle misure di prevenzione dell'esondazione dei corsi d'acqua e delle reti di drenaggio urbano, il Regolamento regionale prevede che siano valutate le condizioni locali di rischio di allagamento residuo per eventi di tempo di ritorno alti, quelli cioè che determinano un superamento anche rilevante delle capacità di controllo assicurate dalle strutture fognarie; gli interventi di contenimento e controllo delle acque meteoriche sono conseguentemente dimensionati in modo da rispettare i valori di portata limite di cui all'articolo 8, assumendo i seguenti valori di tempi di ritorno:

$TR = 50$ [anni]: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere d'invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.

$TR = 100$ [anni]: tempo di ritorno da adottare per valutare qualitativamente che, con le opere come sopra dimensionate, non si determinino esondazioni che arrechino danni a persone o a cose, siano esse le opere stesse o le strutture presenti nell'intorno e per fornire al titolare delle opere indicazioni delle eventuali ulteriori misure locali, anche non strutturali, di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi, da adottare per gestire il rischio residuo.

6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI

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

- metodo dei requisiti minimi

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

6.1 Requisiti minimi

Per gli interventi aventi superficie interessata dall'intervento minore o uguale a 300 m², ovunque ubicati nel territorio regionale, il requisito minimo richiesto consiste, in alternativa:

- nell'adozione di un sistema di scarico sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo e non in un ricettore, salvo il caso in cui questo sia costituito da laghi o dai fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio, Chiese e Mincio. In questo caso non è richiesto il rispetto della portata massima e non è necessario redigere il progetto d'invarianza idraulica;
- nell'adozione del requisito minimo per le aree C a bassa criticità idraulica.

Nel caso d'interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale bassa, indipendentemente dalla criticità dell'ambito territoriale in cui ricadono, e nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti nell'ambito territoriale di bassa criticità, il requisito minimo da soddisfare consiste nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione, comunque configurati, dimensionati adottando i seguenti valori parametrici del volume minimo dell'invaso, o del complesso degli invasi, di laminazione:

- Aree A: $w_{\min} = 800 \cdot [\text{m}^3 \text{ per ettaro di superficie interessata dall'intervento}]$
- Aree B: $w_{\min} = 500 [\text{m}^3 \text{ per ettaro di superficie interessata dall'intervento}]$
- Aree C: $w_{\min} = 400 [\text{m}^3 \text{ per ettaro di superficie interessata dall'intervento}]$

* Il valore va moltiplicato per il coefficiente di riduzione di cui alla tabella riportata nell'Allegato C del Regolamento.

Calcolo portata infiltrata

Per calcolare la portata infiltrata dal sistema di pozzi si adotta la formulazione di Sieker (1984), che non considera, cautelativamente, come superficie infiltrante la base del pozzo, assumendo che a lungo termine, a causa dei depositi delle particelle più fini, si possa intasare.

Per il calcolo dei metodi semplificati (sole piogge, corrivazione, ecc.) si adotta uno schema di calcolo basato sulla stima di una portata infiltrata considerata costante, in corrispondenza del tirante idrico massimo.

Trattandosi di pozzi con ghiaione viene considerata come frontiera filtrante l'interfaccia tra il ghiaione ed il terreno.

$$Q_{inf} = n_p \cdot K_{calc} \cdot \left(\frac{L + H}{L + H/2} \right) \cdot A_f$$

$$A_f = \pi \cdot \left[\left(\frac{D}{2} + \frac{H}{2} \right)^2 - \left(\frac{D}{2} \right)^2 \right]$$

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

n_p [-]: numero dei pozzi

K_{calc} [m/s]: coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine

H [m]: altezza dell'acqua rispetto al fondo del pozzo

D [m]: diametro dei pozzi/o

L [m]: distanza tra il fondo del pozzo e il livello della falda

A_f [m^2]: superficie d'infiltrazione di calcolo

In caso di presenza di più pozzi il funzionamento è calcolato in parallelo.

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

In caso di presenza di più pozzi il funzionamento è calcolato in parallelo.

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

La stima del coefficiente di permeabilità di calcolo viene condotto sulla base della stima del coefficiente di permeabilità in condizioni sature a cui viene applicato un coefficiente correttivo per tenere conto delle condizioni reali in cui avviene il fenomeno dell'infiltrazione. Si applica la seguente relazione.

$$K_{calc} = F_r \cdot K_{sat}$$

K_{calc} [m/s]: coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine

K_{sat} [m/s]: coefficiente di permeabilità in condizioni sature

F_r [-]: fattore correttivo per tenere conto delle condizioni reali di infiltrazione

7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA

Trattandosi di sistema ad infiltrazione non ci sono portate scaricate.

8. TEMPO DI SVUOTAMENTO

Il tempo di svuotamento T_{sv} [s] viene calcolato con la seguente.

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

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

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

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

Nel caso di sistemi di scarico o di infiltrazione a portata variabile si adotta il valore medio della portata infiltrata e/o scaricata durante il periodo di svuotamento.

Il tempo di svuotamento dell'invaso non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile. Qualora non si riesca a rispettare il termine di 48 ore, ovvero qualora il volume calcolato sia realizzato all'interno di aree che prevedono anche volumi aventi altre finalità, il volume complessivo deve essere calcolato tenendo conto che dopo 48 ore deve comunque essere disponibile il volume calcolato. Il volume di laminazione calcolato deve quindi essere incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore. Per considerare l'eventualità che una seconda precipitazione possa avvenire in condizioni di parziale pre-riempimento degli invasi, nonostante si sia rispettato nella progettazione, il progetto valuta il rischio sui beni insediati e prevede misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni stessi in funzione della tipologia degli invasi e della locale situazione morfologica e insediativa.

9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

Si riportano di seguito i risultati del calcolo.

CARATTERISTICHE GENERALI

Comune di Clusone Provincia Bergamo
Livello di criticità Area C - criticità bassa

Metodi di calcolo adottati
Requisiti minimi

Portata massima scaricabile
Ai sensi delle normative applicabili e/o avendo adottato sistemi ad infiltrazione (pozzi disperdenti, trincee drenanti, ecc.) non è previsto nessun vicolo sul valore della portata scaricabile o non viene scaricata alcuna portata in corpi idrici ricettori.

Definizione aree			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Deflusso ϕ
Superficie coperta edificio A1	Area impermeabile	800.0	1.00
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	1788.8	1.00

Sup. totale intervento 2588.8 m² Coeff. deflusso medio ponderale ϕ_m 1.0000

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. deflusso ϕ	T. corriv. t_c [min]
Superficie coperta edificio A1	Area impermeabile	800.0	1.00	-
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	1788.8	1.00	-
Superficie totale intervento: 2588.8 m ²		Valori medi	1.0000	

Parametri metodo del Numero di curva (CN)				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	CN _{II} [-]	CN _{ad} [-]
Superficie coperta edificio A1	Area impermeabile	800.0	0	0
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	1788.8	0	0
Valori medi			0	0

Condizioni di umidità iniziali: AMC II - medie precipitazioni 5 giorni precedenti

Nota: CN_{II} è il numero di curva riferito alla condizione idrologica AMC II.

DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

Metodo dei requisiti minimi			
Volume specifico minimo	w_0	400.00	m ³ /ha
Volume invaso minimo	W_0	103.55	m ³

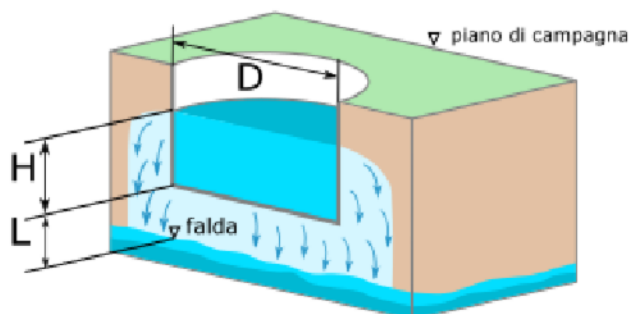
VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A_{inv}	36.32	m ²

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	3.00	$\geq$	2.85	m	Positiva
Volume utile invaso	W	108.97	$\geq$	103.55	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T_{sv}	6.9	$\leq$	48.0	ore	Positiva
Portata massima scaricata	Q	0.00				

Sistema di scarico

Tipologia di svuotamento Pozzo d'infiltrazione (Sieker 1984)



Battente idrico utile massimo	H	3.00	m
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	4.18	l/s
Coeff. permeabilità satura	K_{sat}	10.00	$m/s * 10^{-5}$
Fattore riduttivo permeabilità	F_r	0.50	
Coeff. permeabilità di calcolo	K_{calc}	5.00	$m/s * 10^{-5}$
Numero di pozzi	n	5	
Diametro pozzo	D	2.00	m
Distanza dalla falda	L	100.0	m
Indice dei vuoti	I_v	0.25	

Regione LOMBARDIA

Provincia di Bergamo

Comune di Clusone

Programma integrato di intervento Val Flesh

RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

Committente

Nome **DOSS SPA**

Indirizzo

Edificio / Area

Descrizio

ne **COMPARTO NORD – LOTTO2**

Indirizzo

Studio tecnico

Nome **GEA SRL - GEOLOGIA INGEGNERIA AMBIENTE**

Indirizzo **VIA PATTA 30/D - 24020 RANICA (BG)**

Progettista

Nome **Ingegnere Ghilardi Francesco**

Ordine di **Ingegneri della provincia di Bergamo - n. 3057**

INDICE

- 1. PREMESSA**
- 2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI**
- 3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA**
- 4. PORTATE MASSIME SCARICABILI**
- 5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO**
- 6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI**
 - 6.1 Requisiti minimi
- 7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA**
- 8. TEMPO DI SVUOTAMENTO**
- 9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI**

1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la verifica del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica relativi al progetto di [Programma integrato di intervento Val Flesch](#), sito in [Comparto Nord](#).

L'area drenata oggetto d'intervento si estende su una superficie di **2450.0** m².

Nello specifico, scopo del presente lavoro è l'individuazione delle modifiche all'assetto idrogeologico dell'area, conseguenti alle trasformazioni in progetto, con l'obiettivo di definire le misure compensative e/o le caratteristiche delle opere necessarie ad evitare l'aggravio delle condizioni idrauliche rispetto alla situazione preesistente o come da richiesta di norma.

Le verifiche del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica vengono condotte conformemente al R.R. 7/2017 di Regione Lombardia come integrato e modificato dal R.R. 3/2025 e normative correlate. Nello specifico verranno adottati i metodi di calcolo in essa richiamati.

Nel presente documento verranno descritte le soluzioni progettuali adottate, i metodi di calcolo utilizzati e verranno riportati i report dei calcoli eseguiti, con relativi grafici, e le verifiche effettuate.

2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI

Individuazione dell'area

Comune di Clusone Provincia Bergamo
Livello di criticità Area C - criticità bassa
Classe dell'intervento 2 - Impermeabilizz. potenziale media

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. deflusso ϕ
Superficie coperta edificio A2	Area impermeabile	450.0	1.00
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	2000.0	1.00

Superficie totale 2450.0 m² Coefficiente di deflusso medio ponderale ϕ_m 1.0000

3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA

La soluzione adottata per il rispetto delle prescrizioni sull'invarianza idraulica e idrologica è la seguente.

[Dispersione a suolo](#)

4. PORTATE MASSIME SCARICABILI

Ai sensi delle normative applicabili non è previsto nessun vincolo sul valore della portata scaricabile o non viene scaricata alcuna portata in corpi idrici ricettori.

5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO

Avendo adottato la metodologia dei requisiti minimi e non essendo necessario eseguire alcun calcolo idrologico non vengono caratterizzate le piogge di progetto.

Al fine di dimensionare e verificare le opere d'invarianza idraulica in progetto devono essere definite preventivamente le precipitazioni di progetto.

A tal fine, per durate di precipitazione superiori ad un'ora, viene applicato il metodo della legge probabilistica GEV (Generalized Extreme Values).

Tale metodo a partire dai parametri di riferimento a_1 ed n della curva di possibilità pluviometrica, definito il tempo di ritorno TR dell'evento critico, ricalcola il parametro a per il caso specifico e calcola l'altezza di pioggia come segue:

$$h = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$

h [mm]: altezza di pioggia

a_1 [mm/oraⁿ]: coefficiente pluviometrico orario

D [ore]: durata di pioggia

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

w_T [-]: coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno TR [anni]

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

ε, α, k [-]: parametri della legge probabilistica GEV

Per durate inferiori a un'ora si utilizzano tutti i parametri adottati per le durate superiori ad un'ora, tranne il parametro n che viene definito in modo specifico per tale durata.

In assenza di dati più precisi spesso, in letteratura tecnica idrologica, viene riportato un valore indicativo pari a $n = 0,5$.

Considerato che l'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica contribuisce in modo fondamentale alle misure di prevenzione dell'esondazione dei corsi d'acqua e delle reti di drenaggio urbano, il Regolamento regionale prevede che siano valutate le condizioni locali di rischio di allagamento residuo per eventi di tempo di ritorno alti, quelli cioè che determinano un superamento anche rilevante delle capacità di controllo assicurate dalle strutture fognarie; gli interventi di contenimento e controllo delle acque meteoriche sono conseguentemente dimensionati in modo da rispettare i valori di portata limite di cui all'articolo 8, assumendo i seguenti valori di tempi di ritorno:

$TR = 50$ [anni]: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere d'invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.

$TR = 100$ [anni]: tempo di ritorno da adottare per valutare qualitativamente che, con le opere come sopra dimensionate, non si determinino esondazioni che arrechino danni a persone o a cose, siano esse le opere stesse o le strutture presenti nell'intorno e per fornire al titolare delle opere indicazioni delle eventuali ulteriori misure locali, anche non strutturali, di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi, da adottare per gestire il rischio residuo.

6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI

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

- metodo dei requisiti minimi

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

6.1 Requisiti minimi

Per gli interventi aventi superficie interessata dall'intervento minore o uguale a 300 m², ovunque ubicati nel territorio regionale, il requisito minimo richiesto consiste, in alternativa:

- nell'adozione di un sistema di scarico sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo e non in un ricettore, salvo il caso in cui questo sia costituito da laghi o dai fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio, Chiese e Mincio. In questo caso non è richiesto il rispetto della portata massima e non è necessario redigere il progetto d'invarianza idraulica;
- nell'adozione del requisito minimo per le aree C a bassa criticità idraulica.

Nel caso d'interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale bassa, indipendentemente dalla criticità dell'ambito territoriale in cui ricadono, e nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti nell'ambito territoriale di bassa criticità, il requisito minimo da soddisfare consiste nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione, comunque configurati, dimensionati adottando i seguenti valori parametrici del volume minimo dell'invaso, o del complesso degli invasi, di laminazione:

- Aree A: $w_{\min} = 800 \cdot [\text{m}^3 \text{ per ettaro di superficie interessata dall'intervento}]$
- Aree B: $w_{\min} = 500 [\text{m}^3 \text{ per ettaro di superficie interessata dall'intervento}]$
- Aree C: $w_{\min} = 400 [\text{m}^3 \text{ per ettaro di superficie interessata dall'intervento}]$

* Il valore va moltiplicato per il coefficiente di riduzione di cui alla tabella riportata nell'Allegato C del Regolamento.

Calcolo portata infiltrata

Per calcolare la portata infiltrata dal sistema di pozzi si adotta la formulazione di Sieker (1984), che non considera, cautelativamente, come superficie infiltrante la base del pozzo, assumendo che a lungo termine, a causa dei depositi delle particelle più fini, si possa intasare.

Per il calcolo dei metodi semplificati (sole piogge, corrivazione, ecc.) si adotta uno schema di calcolo basato sulla stima di una portata infiltrata considerata costante, in corrispondenza del tirante idrico massimo.

Trattandosi di pozzi con ghiaione viene considerata come frontiera filtrante l'interfaccia tra il ghiaione ed il terreno.

$$Q_{inf} = n_p \cdot K_{calc} \cdot \left(\frac{L + H}{L + H/2} \right) \cdot A_f$$

$$A_f = \pi \cdot \left[\left(\frac{D}{2} + \frac{H}{2} \right)^2 - \left(\frac{D}{2} \right)^2 \right]$$

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

n_p [-]: numero dei pozzi

K_{calc} [m/s]: coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine

H [m]: altezza dell'acqua rispetto al fondo del pozzo

D [m]: diametro dei pozzi/o

L [m]: distanza tra il fondo del pozzo e il livello della falda

A_f [m^2]: superficie d'infiltrazione di calcolo

In caso di presenza di più pozzi il funzionamento è calcolato in parallelo.

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

In caso di presenza di più pozzi il funzionamento è calcolato in parallelo.

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

La stima del coefficiente di permeabilità di calcolo viene condotto sulla base della stima del coefficiente di permeabilità in condizioni sature a cui viene applicato un coefficiente correttivo per tenere conto delle condizioni reali in cui avviene il fenomeno dell'infiltrazione. Si applica la seguente relazione.

$$K_{calc} = F_r \cdot K_{sat}$$

K_{calc} [m/s]: coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine

K_{sat} [m/s]: coefficiente di permeabilità in condizioni sature

F_r [-]: fattore correttivo per tenere conto delle condizioni reali di infiltrazione

7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA

Trattandosi di sistema ad infiltrazione non ci sono portate scaricate.

8. TEMPO DI SVUOTAMENTO

Il tempo di svuotamento T_{sv} [s] viene calcolato con la seguente.

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

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

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

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

Nel caso di sistemi di scarico o di infiltrazione a portata variabile si adotta il valore medio della portata infiltrata e/o scaricata durante il periodo di svuotamento.

Il tempo di svuotamento dell'invaso non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile. Qualora non si riesca a rispettare il termine di 48 ore, ovvero qualora il volume calcolato sia realizzato all'interno di aree che prevedono anche volumi aventi altre finalità, il volume complessivo deve essere calcolato tenendo conto che dopo 48 ore deve comunque essere disponibile il volume calcolato. Il volume di laminazione calcolato deve quindi essere incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore. Per considerare l'eventualità che una seconda precipitazione possa avvenire in condizioni di parziale pre-riempimento degli invasi, nonostante si sia rispettato nella progettazione, il progetto valuta il rischio sui beni insediati e prevede misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni stessi in funzione della tipologia degli invasi e della locale situazione morfologica e insediativa.

9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

Si riportano di seguito i risultati del calcolo.

CARATTERISTICHE GENERALI

Comune di Clusone Provincia Bergamo
Livello di criticità Area C - criticità bassa

Metodi di calcolo adottati

Requisiti minimi

Portata massima scaricabile

Ai sensi delle normative applicabili e/o avendo adottato sistemi ad infiltrazione (pozzi disperdenti, trincee drenanti, ecc.) non è previsto nessun vicolo sul valore della portata scaricabile o non viene scaricata alcuna portata in corpi idrici ricettori.

Definizione aree

Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Deflusso ϕ
Superficie coperta edificio A2	Area impermeabile	450.0	1.00
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	2000.0	1.00

Sup. totale intervento 2450.0 m² Coeff. deflusso medio ponderale ϕ_m 1.0000

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. deflusso ϕ	T. corriv. t_c [min]
Superficie coperta edificio A2	Area impermeabile	450.0	1.00	-
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	2000.0	1.00	-
Superficie totale intervento: 2450.0 m ²		Valori medi	1.0000	

Parametri metodo del Numero di curva (CN)				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	CN _{II} [-]	CN _{ad} [-]
Superficie coperta edificio A2	Area impermeabile	450.0	0	0
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	2000.0	0	0
Valori medi			0	0

Condizioni di umidità iniziali: AMC II - medie precipitazioni 5 giorni precedenti

Nota: CN_{II} è il numero di curva riferito alla condizione idrologica AMC II.

DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

Metodo dei requisiti minimi			
Volume specifico minimo	w_0	400.00	m ³ /ha
Volume invaso minimo	W_0	98.00	m ³

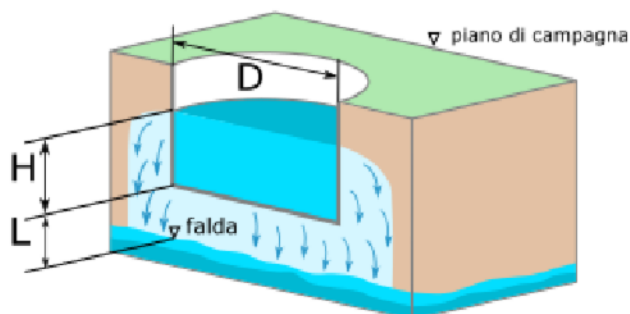
VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A_{inv}	36.32	m ²

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	3.00	$\geq$	2.70	m	Positiva
Volume utile invaso	W	108.97	$\geq$	98.00	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T_{sv}	6.5	$\leq$	48.0	ore	Positiva
Portata massima scaricata	Q	0.00				

Sistema di scarico

Tipologia di svuotamento Pozzo d'infiltrazione (Sieker 1984)



Battente idrico utile massimo	H	3.00	m
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	4.18	l/s
Coeff. permeabilità satura	K_{sat}	10.00	$m/s * 10^{-5}$
Fattore riduttivo permeabilità	F_r	0.50	
Coeff. permeabilità di calcolo	K_{calc}	5.00	$m/s * 10^{-5}$
Numero di pozzi	n	5	
Diametro pozzo	D	2.00	m
Distanza dalla falda	L	100.0	m
Indice dei vuoti	I_v	0.25	

Regione LOMBARDIA

Provincia di Bergamo

Comune di Clusone

Programma integrato di intervento Val Flesh

RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

Committente

Nome **DOSS SPA**

Indirizzo

Edificio / Area

Descrizio

ne **COMPARTO NORD – VIABILITA’**

Indirizzo

Studio tecnico

Nome **GEA SRL - GEOLOGIA INGEGNERIA AMBIENTE**

Indirizzo **VIA PATTA 30/D - 24020 RANICA (BG)**

Progettista

Nome **Ingegnere Ghilardi Francesco**

Ordine di **Ingegneri della provincia di Bergamo - n. 3057**

Rif.: Comparto_NORD_VIABILITA_2

Software di calcolo: Edilclima - EC737 - versione 3

Data di redazione del documento: 13/11/2025

INDICE

- 1. PREMESSA**
- 2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI**
- 3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA**
- 4. PORTATE MASSIME SCARICABILI**
- 5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO**
- 6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI**
 - 6.1 Requisiti minimi
- 7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA**
- 8. TEMPO DI SVUOTAMENTO**
- 9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI**

1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la verifica del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica relativi al progetto di [Programma integrato di intervento Val Flesch](#), sito in [Comparto Nord](#).

L'area drenata oggetto d'intervento si estende su una superficie di [456.1](#) m².

Nello specifico, scopo del presente lavoro è l'individuazione delle modifiche all'assetto idrogeologico dell'area, conseguenti alle trasformazioni in progetto, con l'obiettivo di definire le misure compensative e/o le caratteristiche delle opere necessarie ad evitare l'aggravio delle condizioni idrauliche rispetto alla situazione preesistente o come da richiesta di norma.

Le verifiche del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica vengono condotte conformemente al R.R. 7/2017 di Regione Lombardia come integrato e modificato dal R.R. 3/2025 e normative correlate. Nello specifico verranno adottati i metodi di calcolo in essa richiamati.

Nel presente documento verranno descritte le soluzioni progettuali adottate, i metodi di calcolo utilizzati e verranno riportati i report dei calcoli eseguiti, con relativi grafici, e le verifiche effettuate.

2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI

Individuazione dell'area

Comune di Clusone Provincia Bergamo
Livello di criticità Area C - criticità bassa
Classe dell'intervento 2 - Impermeabilizz. potenziale media

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. deflusso ϕ
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	456.1	1.00

Superficie totale 456.1 m² Coefficiente di deflusso medio ponderale ϕ_m 1.0000

3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA

La soluzione adottata per il rispetto delle prescrizioni sull'invarianza idraulica e idrologica è la seguente.

[Dispersione a suolo](#)

4. PORTATE MASSIME SCARICABILI

Ai sensi delle normative applicabili non è previsto nessun vincolo sul valore della portata scaricabile o non viene scaricata alcuna portata in corpi idrici ricettori.

5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO

Avendo adottato la metodologia dei requisiti minimi e non essendo necessario eseguire alcun calcolo idrologico non vengono caratterizzate le piogge di progetto.

Al fine di dimensionare e verificare le opere d'invarianza idraulica in progetto devono essere definite preventivamente le precipitazioni di progetto.

A tal fine, per durate di precipitazione superiori ad un'ora, viene applicato il metodo della legge probabilistica GEV (Generalized Extreme Values).

Tale metodo a partire dai parametri di riferimento a_1 ed n della curva di possibilità pluviometrica, definito il tempo di ritorno TR dell'evento critico, ricalcola il parametro a per il caso specifico e calcola l'altezza di pioggia come segue:

$$h = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$

h [mm]: altezza di pioggia

a_1 [mm/oraⁿ]: coefficiente pluviometrico orario

D [ore]: durata di pioggia

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

w_T [-]: coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno TR [anni]

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

ε, α, k [-]: parametri della legge probabilistica GEV

Per durate inferiori a un'ora si utilizzano tutti i parametri adottati per le durate superiori ad un'ora, tranne il parametro n che viene definito in modo specifico per tale durata.

In assenza di dati più precisi spesso, in letteratura tecnica idrologica, viene riportato un valore indicativo pari a $n = 0,5$.

Considerato che l'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica contribuisce in modo fondamentale alle misure di prevenzione dell'esondazione dei corsi d'acqua e delle reti di drenaggio urbano, il Regolamento regionale prevede che siano valutate le condizioni locali di rischio di allagamento residuo per eventi di tempo di ritorno alti, quelli cioè che determinano un superamento anche rilevante delle capacità di controllo assicurate dalle strutture fognarie; gli interventi di contenimento e controllo delle acque meteoriche sono conseguentemente dimensionati in modo da rispettare i valori di portata limite di cui all'articolo 8, assumendo i seguenti valori di tempi di ritorno:

$TR = 50$ [anni]: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere d'invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.

$TR = 100$ [anni]: tempo di ritorno da adottare per valutare qualitativamente che, con le opere come sopra dimensionate, non si determinino esondazioni che arrechino danni a persone o a cose, siano esse le opere stesse o le strutture presenti nell'intorno e per fornire al titolare delle opere indicazioni delle eventuali ulteriori misure locali, anche non strutturali, di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi, da adottare per gestire il rischio residuo.

6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI

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

- metodo dei requisiti minimi

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

6.1 Requisiti minimi

Per gli interventi aventi superficie interessata dall'intervento minore o uguale a 300 m², ovunque ubicati nel territorio regionale, il requisito minimo richiesto consiste, in alternativa:

- nell'adozione di un sistema di scarico sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo e non in un ricettore, salvo il caso in cui questo sia costituito da laghi o dai fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio, Chiese e Mincio. In questo caso non è richiesto il rispetto della portata massima e non è necessario redigere il progetto d'invarianza idraulica;
- nell'adozione del requisito minimo per le aree C a bassa criticità idraulica.

Nel caso d'interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale bassa, indipendentemente dalla criticità dell'ambito territoriale in cui ricadono, e nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti nell'ambito territoriale di bassa criticità, il requisito minimo da soddisfare consiste nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione, comunque configurati, dimensionati adottando i seguenti valori parametrici del volume minimo dell'invaso, o del complesso degli invasi, di laminazione:

- Aree A: $w_{\min} = 800 \cdot [\text{m}^3 \text{ per ettaro di superficie interessata dall'intervento}]$
- Aree B: $w_{\min} = 500 [\text{m}^3 \text{ per ettaro di superficie interessata dall'intervento}]$
- Aree C: $w_{\min} = 400 [\text{m}^3 \text{ per ettaro di superficie interessata dall'intervento}]$

* Il valore va moltiplicato per il coefficiente di riduzione di cui alla tabella riportata nell'Allegato C del Regolamento.

Calcolo portata infiltrata

Per calcolare la portata infiltrata dal sistema di pozzi si adotta la formulazione di Sieker (1984), che non considera, cautelativamente, come superficie infiltrante la base del pozzo, assumendo che a lungo termine, a causa dei depositi delle particelle più fini, si possa intasare.

Per il calcolo dei metodi semplificati (sole piogge, corrivazione, ecc.) si adotta uno schema di calcolo basato sulla stima di una portata infiltrata considerata costante, in corrispondenza del tirante idrico massimo.

Trattandosi di pozzi con ghiaione viene considerata come frontiera filtrante l'interfaccia tra il ghiaione ed il terreno.

$$Q_{inf} = n_p \cdot K_{calc} \cdot \left(\frac{L + H}{L + H/2} \right) \cdot A_f$$

$$A_f = \pi \cdot \left[\left(\frac{D}{2} + \frac{H}{2} \right)^2 - \left(\frac{D}{2} \right)^2 \right]$$

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

n_p [-]: numero dei pozzi

K_{calc} [m/s]: coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine

H [m]: altezza dell'acqua rispetto al fondo del pozzo

D [m]: diametro dei pozzi/o

L [m]: distanza tra il fondo del pozzo e il livello della falda

A_f [m^2]: superficie d'infiltrazione di calcolo

In caso di presenza di più pozzi il funzionamento è calcolato in parallelo.

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

In caso di presenza di più pozzi il funzionamento è calcolato in parallelo.

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

La stima del coefficiente di permeabilità di calcolo viene condotto sulla base della stima del coefficiente di permeabilità in condizioni sature a cui viene applicato un coefficiente correttivo per tenere conto delle condizioni reali in cui avviene il fenomeno dell'infiltrazione. Si applica la seguente relazione.

$$K_{calc} = F_r \cdot K_{sat}$$

K_{calc} [m/s]: coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine

K_{sat} [m/s]: coefficiente di permeabilità in condizioni sature

F_r [-]: fattore correttivo per tenere conto delle condizioni reali di infiltrazione

7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA

Trattandosi di sistema ad infiltrazione non ci sono portate scaricate.

8. TEMPO DI SVUOTAMENTO

Il tempo di svuotamento T_{sv} [s] viene calcolato con la seguente.

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

W [m^3]: volume invasato massimo

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

Q_u [m^3/s]: portata scaricata

Nel caso di sistemi di scarico o di infiltrazione a portata variabile si adotta il valore medio della portata infiltrata e/o scaricata durante il periodo di svuotamento.

Il tempo di svuotamento dell'invaso non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile. Qualora non si riesca a rispettare il termine di 48 ore, ovvero qualora il volume calcolato sia realizzato all'interno di aree che prevedono anche volumi aventi altre finalità, il volume complessivo deve essere calcolato tenendo conto che dopo 48 ore deve comunque essere disponibile il volume calcolato. Il volume di laminazione calcolato deve quindi essere incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore. Per considerare l'eventualità che una seconda precipitazione possa avvenire in condizioni di parziale pre-riempimento degli invasi, nonostante si sia rispettato nella progettazione, il progetto valuta il rischio sui beni insediati e prevede misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni stessi in funzione della tipologia degli invasi e della locale situazione morfologica e insediativa.

9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

Si riportano di seguito i risultati del calcolo.

CARATTERISTICHE GENERALI

Comune di Clusone Provincia Bergamo
Livello di criticità Area C - criticità bassa

Metodi di calcolo adottati
Requisiti minimi

Portata massima scaricabile
Ai sensi delle normative applicabili e/o avendo adottato sistemi ad infiltrazione (pozzi disperdenti, trincee drenanti, ecc.) non è previsto nessun vicolo sul valore della portata scaricabile o non viene scaricata alcuna portata in corpi idrici ricettori.

Definizione aree			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Deflusso ϕ
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	456.1	1.00

Sup. totale intervento 456.1 m² Coeff. deflusso medio ponderale ϕ_m 1.0000

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. deflusso ϕ	T. corriv. t_c [min]
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	456.1	1.00	-

Superficie totale intervento: 456.1 m²

Valori medi

1.0000

Parametri metodo del Numero di curva (CN)				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	CN _{II} [-]	CN _{ad} [-]
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	456.1	0	0
Valori medi			0	0

Condizioni di umidità iniziali: AMC II - medie precipitazioni 5 giorni precedenti

Nota: CN_{II} è il numero di curva riferito alla condizione idrologica AMC II.

DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

Metodo dei requisiti minimi			
Volume specifico minimo	W ₀	400.00	m ³ /ha
Volume invaso minimo	W ₀	18.24	m ³

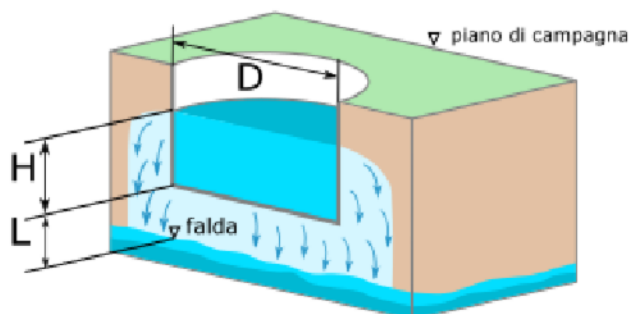
VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A _{inv}	7.26	m ²

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	3.00	≥	2.51	m	Positiva
Volume utile invaso	W	21.79	≥	18.24	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T _{sv}	6.1	≤	48.0	ore	Positiva
Portata massima scaricata	Q	0.00				

Sistema di scarico

Tipologia di svuotamento Pozzo d'infiltrazione (Sieker 1984)



Battente idrico utile massimo	H	3.00	m
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	0.84	l/s
Coeff. permeabilità satura	K_{sat}	10.00	$m/s * 10^{-5}$
Fattore riduttivo permeabilità	F_r	0.50	
Coeff. permeabilità di calcolo	K_{calc}	5.00	$m/s * 10^{-5}$
Numero di pozzi	n	1	
Diametro pozzo	D	2.00	m
Distanza dalla falda	L	100.0	m
Indice dei vuoti	I_v	0.25	

Regione LOMBARDIA

Provincia di Bergamo

Comune di Clusone

Programma integrato di intervento Val Flesh

RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

Committente

Nome **DOSS SPA**

Indirizzo

Edificio / Area

Descrizio

ne **COMPARTO SUD – LOTTO3**

Indirizzo

Studio tecnico

Nome **GEA SRL - GEOLOGIA INGEGNERIA AMBIENTE**

Indirizzo **VIA PATTA 30/D - 24020 RANICA (BG)**

Progettista

Nome **Ingegnere Ghilardi Francesco**

Ordine di **Ingegneri della provincia di Bergamo - n. 3057**

INDICE

- 1. PREMESSA**
- 2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI**
- 3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA**
- 4. PORTATE MASSIME SCARICABILI**
- 5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO**
- 6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI**
 - 6.1 Requisiti minimi
- 7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA**
- 8. TEMPO DI SVUOTAMENTO**
- 9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI**

1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la verifica del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica relativi al progetto di [Programma integrato di intervento Val Flesch](#), sito in [Comparto Nord](#).

L'area drenata oggetto d'intervento si estende su una superficie di [5174.5 m²](#).

Nello specifico, scopo del presente lavoro è l'individuazione delle modifiche all'assetto idrogeologico dell'area, conseguenti alle trasformazioni in progetto, con l'obiettivo di definire le misure compensative e/o le caratteristiche delle opere necessarie ad evitare l'aggravio delle condizioni idrauliche rispetto alla situazione preesistente o come da richiesta di norma.

Le verifiche del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica vengono condotte conformemente al R.R. 7/2017 di Regione Lombardia come integrato e modificato dal R.R. 3/2025 e normative correlate. Nello specifico verranno adottati i metodi di calcolo in essa richiamati.

Nel presente documento verranno descritte le soluzioni progettuali adottate, i metodi di calcolo utilizzati e verranno riportati i report dei calcoli eseguiti, con relativi grafici, e le verifiche effettuate.

2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI

Individuazione dell'area

Comune di Clusone Provincia Bergamo
Livello di criticità Area C - criticità bassa
Classe dell'intervento 2 - Impermeabilizz. potenziale media

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. deflusso ϕ
Superficie coperta edificio A3	Area impermeabile	2000.0	1.00
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	3174.5	1.00

Superficie totale 5174.5 m² Coefficiente di deflusso medio ponderale ϕ_m 1.0000

3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA

La soluzione adottata per il rispetto delle prescrizioni sull'invarianza idraulica e idrologica è la seguente.

[Dispersione a suolo](#)

4. PORTATE MASSIME SCARICABILI

Ai sensi delle normative applicabili non è previsto nessun vincolo sul valore della portata scaricabile o non viene scaricata alcuna portata in corpi idrici ricettori.

5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO

Avendo adottato la metodologia dei requisiti minimi e non essendo necessario eseguire alcun calcolo idrologico non vengono caratterizzate le piogge di progetto.

Al fine di dimensionare e verificare le opere d'invarianza idraulica in progetto devono essere definite preventivamente le precipitazioni di progetto.

A tal fine, per durate di precipitazione superiori ad un'ora, viene applicato il metodo della legge probabilistica GEV (Generalized Extreme Values).

Tale metodo a partire dai parametri di riferimento a_1 ed n della curva di possibilità pluviometrica, definito il tempo di ritorno TR dell'evento critico, ricalcola il parametro a per il caso specifico e calcola l'altezza di pioggia come segue:

$$h = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$

h [mm]: altezza di pioggia

a_1 [mm/oraⁿ]: coefficiente pluviometrico orario

D [ore]: durata di pioggia

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

w_T [-]: coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno TR [anni]

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

ε, α, k [-]: parametri della legge probabilistica GEV

Per durate inferiori a un'ora si utilizzano tutti i parametri adottati per le durate superiori ad un'ora, tranne il parametro n che viene definito in modo specifico per tale durata.

In assenza di dati più precisi spesso, in letteratura tecnica idrologica, viene riportato un valore indicativo pari a $n = 0,5$.

Considerato che l'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica contribuisce in modo fondamentale alle misure di prevenzione dell'esondazione dei corsi d'acqua e delle reti di drenaggio urbano, il Regolamento regionale prevede che siano valutate le condizioni locali di rischio di allagamento residuo per eventi di tempo di ritorno alti, quelli cioè che determinano un superamento anche rilevante delle capacità di controllo assicurate dalle strutture fognarie; gli interventi di contenimento e controllo delle acque meteoriche sono conseguentemente dimensionati in modo da rispettare i valori di portata limite di cui all'articolo 8, assumendo i seguenti valori di tempi di ritorno:

$TR = 50$ [anni]: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere d'invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.

$TR = 100$ [anni]: tempo di ritorno da adottare per valutare qualitativamente che, con le opere come sopra dimensionate, non si determinino esondazioni che arrechino danni a persone o a cose, siano esse le opere stesse o le strutture presenti nell'intorno e per fornire al titolare delle opere indicazioni delle eventuali ulteriori misure locali, anche non strutturali, di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi, da adottare per gestire il rischio residuo.

6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI

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

- metodo dei requisiti minimi

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

6.1 Requisiti minimi

Per gli interventi aventi superficie interessata dall'intervento minore o uguale a 300 m², ovunque ubicati nel territorio regionale, il requisito minimo richiesto consiste, in alternativa:

- nell'adozione di un sistema di scarico sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo e non in un ricettore, salvo il caso in cui questo sia costituito da laghi o dai fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio, Chiese e Mincio. In questo caso non è richiesto il rispetto della portata massima e non è necessario redigere il progetto d'invarianza idraulica;
- nell'adozione del requisito minimo per le aree C a bassa criticità idraulica.

Nel caso d'interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale bassa, indipendentemente dalla criticità dell'ambito territoriale in cui ricadono, e nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti nell'ambito territoriale di bassa criticità, il requisito minimo da soddisfare consiste nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione, comunque configurati, dimensionati adottando i seguenti valori parametrici del volume minimo dell'invaso, o del complesso degli invasi, di laminazione:

- Aree A: $w_{\min} = 800 \cdot [\text{m}^3 \text{ per ettaro di superficie interessata dall'intervento}]$
- Aree B: $w_{\min} = 500 [\text{m}^3 \text{ per ettaro di superficie interessata dall'intervento}]$
- Aree C: $w_{\min} = 400 [\text{m}^3 \text{ per ettaro di superficie interessata dall'intervento}]$

* Il valore va moltiplicato per il coefficiente di riduzione di cui alla tabella riportata nell'Allegato C del Regolamento.

Calcolo portata infiltrata

Per calcolare la portata infiltrata dal sistema di pozzi si adotta la formulazione di Sieker (1984), che non considera, cautelativamente, come superficie infiltrante la base del pozzo, assumendo che a lungo termine, a causa dei depositi delle particelle più fini, si possa intasare.

Per il calcolo dei metodi semplificati (sole piogge, corrivazione, ecc.) si adotta uno schema di calcolo basato sulla stima di una portata infiltrata considerata costante, in corrispondenza del tirante idrico massimo.

Trattandosi di pozzi con ghiaione viene considerata come frontiera filtrante l'interfaccia tra il ghiaione ed il terreno.

$$Q_{inf} = n_p \cdot K_{calc} \cdot \left(\frac{L + H}{L + H/2} \right) \cdot A_f$$

$$A_f = \pi \cdot \left[\left(\frac{D}{2} + \frac{H}{2} \right)^2 - \left(\frac{D}{2} \right)^2 \right]$$

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

n_p [-]: numero dei pozzi

K_{calc} [m/s]: coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine

H [m]: altezza dell'acqua rispetto al fondo del pozzo

D [m]: diametro dei pozzi/o

L [m]: distanza tra il fondo del pozzo e il livello della falda

A_f [m^2]: superficie d'infiltrazione di calcolo

In caso di presenza di più pozzi il funzionamento è calcolato in parallelo.

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

In caso di presenza di più pozzi il funzionamento è calcolato in parallelo.

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

La stima del coefficiente di permeabilità di calcolo viene condotto sulla base della stima del coefficiente di permeabilità in condizioni sature a cui viene applicato un coefficiente correttivo per tenere conto delle condizioni reali in cui avviene il fenomeno dell'infiltrazione. Si applica la seguente relazione.

$$K_{calc} = F_r \cdot K_{sat}$$

K_{calc} [m/s]: coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine

K_{sat} [m/s]: coefficiente di permeabilità in condizioni sature

F_r [-]: fattore correttivo per tenere conto delle condizioni reali di infiltrazione

7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA

Trattandosi di sistema ad infiltrazione non ci sono portate scaricate.

8. TEMPO DI SVUOTAMENTO

Il tempo di svuotamento T_{sv} [s] viene calcolato con la seguente.

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

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

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

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

Nel caso di sistemi di scarico o di infiltrazione a portata variabile si adotta il valore medio della portata infiltrata e/o scaricata durante il periodo di svuotamento.

Il tempo di svuotamento dell'invaso non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile. Qualora non si riesca a rispettare il termine di 48 ore, ovvero qualora il volume calcolato sia realizzato all'interno di aree che prevedono anche volumi aventi altre finalità, il volume complessivo deve essere calcolato tenendo conto che dopo 48 ore deve comunque essere disponibile il volume calcolato. Il volume di laminazione calcolato deve quindi essere incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore. Per considerare l'eventualità che una seconda precipitazione possa avvenire in condizioni di parziale pre-riempimento degli invasi, nonostante si sia rispettato nella progettazione, il progetto valuta il rischio sui beni insediati e prevede misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni stessi in funzione della tipologia degli invasi e della locale situazione morfologica e insediativa.

9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

Si riportano di seguito i risultati del calcolo.

CARATTERISTICHE GENERALI

Comune di Clusone Provincia Bergamo
Livello di criticità Area C - criticità bassa

Metodi di calcolo adottati
Requisiti minimi

Portata massima scaricabile
Ai sensi delle normative applicabili e/o avendo adottato sistemi ad infiltrazione (pozzi disperdenti, trincee drenanti, ecc.) non è previsto nessun vicolo sul valore della portata scaricabile o non viene scaricata alcuna portata in corpi idrici ricettori.

Definizione aree			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Deflusso ϕ
Superficie coperta edificio A3	Area impermeabile	2000.0	1.00
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	3174.5	1.00

Sup. totale intervento 5174.5 m² Coeff. deflusso medio ponderale ϕ_m 1.0000

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. deflusso ϕ	T. corriv. t_c [min]
Superficie coperta edificio A3	Area impermeabile	2000.0	1.00	-
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	3174.5	1.00	-
Superficie totale intervento: 5174.5 m ²		Valori medi	1.0000	

Parametri metodo del Numero di curva (CN)				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	CN _{II} [-]	CN _{ad} [-]
Superficie coperta edificio A3	Area impermeabile	2000.0	0	0
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	3174.5	0	0
Valori medi			0	0

Condizioni di umidità iniziali: AMC II - medie precipitazioni 5 giorni precedenti

Nota: CN_{II} è il numero di curva riferito alla condizione idrologica AMC II.

DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

Metodo dei requisiti minimi			
Volume specifico minimo	w_0	400.00	m ³ /ha
Volume invaso minimo	W_0	206.98	m ³

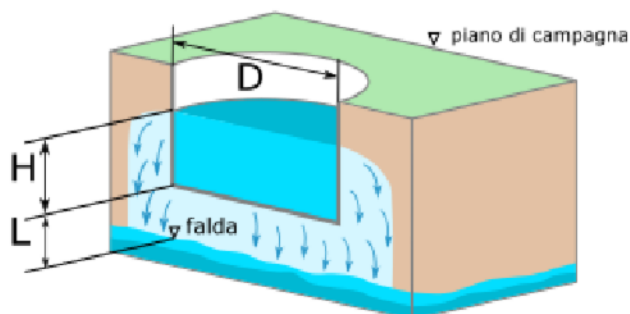
VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A_{inv}	72.65	m ²

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	3.00	$\geq$	2.85	m	Positiva
Volume utile invaso	W	217.95	$\geq$	206.98	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T_{sv}	6.9	$\leq$	48.0	ore	Positiva
Portata massima scaricata	Q	0.00				

Sistema di scarico

Tipologia di svuotamento Pozzo d'infiltrazione (Sieker 1984)



Battente idrico utile massimo	H	3.00	m
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	8.37	l/s
Coeff. permeabilità satura	K_{sat}	10.00	$m/s * 10^{-5}$
Fattore riduttivo permeabilità	F_r	0.50	
Coeff. permeabilità di calcolo	K_{calc}	5.00	$m/s * 10^{-5}$
Numero di pozzi	n	10	
Diametro pozzo	D	2.00	m
Distanza dalla falda	L	100.0	m
Indice dei vuoti	I_v	0.25	

Regione LOMBARDIA

Provincia di Bergamo

Comune di Clusone

Programma integrato di intervento Val Flesh

RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

Committente

Nome **DOSS SPA**

Indirizzo

Edificio / Area

Descrizione

ne **COMPARTO SUD – LOTTO4**

Indirizzo

Studio tecnico

Nome **GEA SRL - GEOLOGIA INGEGNERIA AMBIENTE**

Indirizzo **VIA PATTA 30/D - 24020 RANICA (BG)**

Progettista

Nome **Ingegnere Ghilardi Francesco**

Ordine di **Ingegneri della provincia di Bergamo - n. 3057**

INDICE

- 1. PREMESSA**
- 2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI**
- 3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA**
- 4. PORTATE MASSIME SCARICABILI**
- 5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO**
- 6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI**
 - 6.1 Requisiti minimi
- 7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA**
- 8. TEMPO DI SVUOTAMENTO**
- 9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI**

1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la verifica del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica relativi al progetto di [Programma integrato di intervento Val Flesch](#), sito in [Comparto Nord](#).

L'area drenata oggetto d'intervento si estende su una superficie di **10818.5 m²**.

Nello specifico, scopo del presente lavoro è l'individuazione delle modifiche all'assetto idrogeologico dell'area, conseguenti alle trasformazioni in progetto, con l'obiettivo di definire le misure compensative e/o le caratteristiche delle opere necessarie ad evitare l'aggravio delle condizioni idrauliche rispetto alla situazione preesistente o come da richiesta di norma.

Le verifiche del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica vengono condotte conformemente al R.R. 7/2017 di Regione Lombardia come integrato e modificato dal R.R. 3/2025 e normative correlate. Nello specifico verranno adottati i metodi di calcolo in essa richiamati.

Nel presente documento verranno descritte le soluzioni progettuali adottate, i metodi di calcolo utilizzati e verranno riportati i report dei calcoli eseguiti, con relativi grafici, e le verifiche effettuate.

2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI

Individuazione dell'area

Comune di Clusone Provincia Bergamo
Livello di criticità Area C - criticità bassa
Classe dell'intervento 3 - Impermeabilizz. potenziale alta

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. deflusso ϕ
Superficie coperta edificio A4	Area impermeabile	5000.0	1.00
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	5818.5	1.00

Superficie totale 10818.5 m² Coefficiente di deflusso medio ponderale ϕ_m 1.0000

3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA

La soluzione adottata per il rispetto delle prescrizioni sull'invarianza idraulica e idrologica è la seguente.

[Dispersione a suolo](#)

4. PORTATE MASSIME SCARICABILI

Ai sensi delle normative applicabili non è previsto nessun vincolo sul valore della portata scaricabile o non viene scaricata alcuna portata in corpi idrici ricettori.

5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO

Avendo adottato la metodologia dei requisiti minimi e non essendo necessario eseguire alcun calcolo idrologico non vengono caratterizzate le piogge di progetto.

Al fine di dimensionare e verificare le opere d'invarianza idraulica in progetto devono essere definite preventivamente le precipitazioni di progetto.

A tal fine, per durate di precipitazione superiori ad un'ora, viene applicato il metodo della legge probabilistica GEV (Generalized Extreme Values).

Tale metodo a partire dai parametri di riferimento a_1 ed n della curva di possibilità pluviometrica, definito il tempo di ritorno TR dell'evento critico, ricalcola il parametro a per il caso specifico e calcola l'altezza di pioggia come segue:

$$h = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$

h [mm]: altezza di pioggia

a_1 [mm/oraⁿ]: coefficiente pluviometrico orario

D [ore]: durata di pioggia

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

w_T [-]: coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno TR [anni]

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

ε, α, k [-]: parametri della legge probabilistica GEV

Per durate inferiori a un'ora si utilizzano tutti i parametri adottati per le durate superiori ad un'ora, tranne il parametro n che viene definito in modo specifico per tale durata.

In assenza di dati più precisi spesso, in letteratura tecnica idrologica, viene riportato un valore indicativo pari a $n = 0,5$.

Considerato che l'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica contribuisce in modo fondamentale alle misure di prevenzione dell'esondazione dei corsi d'acqua e delle reti di drenaggio urbano, il Regolamento regionale prevede che siano valutate le condizioni locali di rischio di allagamento residuo per eventi di tempo di ritorno alti, quelli cioè che determinano un superamento anche rilevante delle capacità di controllo assicurate dalle strutture fognarie; gli interventi di contenimento e controllo delle acque meteoriche sono conseguentemente dimensionati in modo da rispettare i valori di portata limite di cui all'articolo 8, assumendo i seguenti valori di tempi di ritorno:

$TR = 50$ [anni]: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere d'invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.

$TR = 100$ [anni]: tempo di ritorno da adottare per valutare qualitativamente che, con le opere come sopra dimensionate, non si determinino esondazioni che arrechino danni a persone o a cose, siano esse le opere stesse o le strutture presenti nell'intorno e per fornire al titolare delle opere indicazioni delle eventuali ulteriori misure locali, anche non strutturali, di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi, da adottare per gestire il rischio residuo.

6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI

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

- metodo dei requisiti minimi

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

6.1 Requisiti minimi

Per gli interventi aventi superficie interessata dall'intervento minore o uguale a 300 m², ovunque ubicati nel territorio regionale, il requisito minimo richiesto consiste, in alternativa:

- nell'adozione di un sistema di scarico sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo e non in un ricettore, salvo il caso in cui questo sia costituito da laghi o dai fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio, Chiese e Mincio. In questo caso non è richiesto il rispetto della portata massima e non è necessario redigere il progetto d'invarianza idraulica;
- nell'adozione del requisito minimo per le aree C a bassa criticità idraulica.

Nel caso d'interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale bassa, indipendentemente dalla criticità dell'ambito territoriale in cui ricadono, e nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti nell'ambito territoriale di bassa criticità, il requisito minimo da soddisfare consiste nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione, comunque configurati, dimensionati adottando i seguenti valori parametrici del volume minimo dell'invaso, o del complesso degli invasi, di laminazione:

- Aree A: $w_{\min} = 800 \cdot [\text{m}^3 \text{ per ettaro di superficie interessata dall'intervento}]$
- Aree B: $w_{\min} = 500 [\text{m}^3 \text{ per ettaro di superficie interessata dall'intervento}]$
- Aree C: $w_{\min} = 400 [\text{m}^3 \text{ per ettaro di superficie interessata dall'intervento}]$

* Il valore va moltiplicato per il coefficiente di riduzione di cui alla tabella riportata nell'Allegato C del Regolamento.

Calcolo portata infiltrata

Per calcolare la portata infiltrata dal sistema di pozzi si adotta la formulazione di Sieker (1984), che non considera, cautelativamente, come superficie infiltrante la base del pozzo, assumendo che a lungo termine, a causa dei depositi delle particelle più fini, si possa intasare.

Per il calcolo dei metodi semplificati (sole piogge, corrivazione, ecc.) si adotta uno schema di calcolo basato sulla stima di una portata infiltrata considerata costante, in corrispondenza del tirante idrico massimo.

Trattandosi di pozzi con ghiaione viene considerata come frontiera filtrante l'interfaccia tra il ghiaione ed il terreno.

$$Q_{inf} = n_p \cdot K_{calc} \cdot \left(\frac{L + H}{L + H/2} \right) \cdot A_f$$

$$A_f = \pi \cdot \left[\left(\frac{D}{2} + \frac{H}{2} \right)^2 - \left(\frac{D}{2} \right)^2 \right]$$

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

n_p [-]: numero dei pozzi

K_{calc} [m/s]: coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine

H [m]: altezza dell'acqua rispetto al fondo del pozzo

D [m]: diametro dei pozzi/o

L [m]: distanza tra il fondo del pozzo e il livello della falda

A_f [m^2]: superficie d'infiltrazione di calcolo

In caso di presenza di più pozzi il funzionamento è calcolato in parallelo.

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

In caso di presenza di più pozzi il funzionamento è calcolato in parallelo.

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

La stima del coefficiente di permeabilità di calcolo viene condotto sulla base della stima del coefficiente di permeabilità in condizioni sature a cui viene applicato un coefficiente correttivo per tenere conto delle condizioni reali in cui avviene il fenomeno dell'infiltrazione. Si applica la seguente relazione.

$$K_{calc} = F_r \cdot K_{sat}$$

K_{calc} [m/s]: coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine

K_{sat} [m/s]: coefficiente di permeabilità in condizioni sature

F_r [-]: fattore correttivo per tenere conto delle condizioni reali di infiltrazione

7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA

Trattandosi di sistema ad infiltrazione non ci sono portate scaricate.

8. TEMPO DI SVUOTAMENTO

Il tempo di svuotamento T_{sv} [s] viene calcolato con la seguente.

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

W [m^3]: volume invasato massimo

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

Q_u [m^3/s]: portata scaricata

Nel caso di sistemi di scarico o di infiltrazione a portata variabile si adotta il valore medio della portata infiltrata e/o scaricata durante il periodo di svuotamento.

Il tempo di svuotamento dell'invaso non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile. Qualora non si riesca a rispettare il termine di 48 ore, ovvero qualora il volume calcolato sia realizzato all'interno di aree che prevedono anche volumi aventi altre finalità, il volume complessivo deve essere calcolato tenendo conto che dopo 48 ore deve comunque essere disponibile il volume calcolato. Il volume di laminazione calcolato deve quindi essere incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore. Per considerare l'eventualità che una seconda precipitazione possa avvenire in condizioni di parziale pre-riempimento degli invasi, nonostante si sia rispettato nella progettazione, il progetto valuta il rischio sui beni insediati e prevede misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni stessi in funzione della tipologia degli invasi e della locale situazione morfologica e insediativa.

9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

Si riportano di seguito i risultati del calcolo.

CARATTERISTICHE GENERALI

Comune di Clusone Provincia Bergamo
Livello di criticità Area C - criticità bassa

Metodi di calcolo adottati

Requisiti minimi

Portata massima scaricabile

Ai sensi delle normative applicabili e/o avendo adottato sistemi ad infiltrazione (pozzi disperdenti, trincee drenanti, ecc.) non è previsto nessun vicolo sul valore della portata scaricabile o non viene scaricata alcuna portata in corpi idrici ricettori.

Definizione aree

Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Deflusso ϕ
Superficie coperta edificio A4	Area impermeabile	5000.0	1.00
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	5818.5	1.00

Sup. totale intervento 10818.5 m² Coeff. deflusso medio ponderale ϕ_m 1.0000

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. deflusso ϕ	T. corriv. t_c [min]
Superficie coperta edificio A4	Area impermeabile	5000.0	1.00	-
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	5818.5	1.00	-
Superficie totale intervento: 10818.5 m ²		Valori medi	1.0000	

Parametri metodo del Numero di curva (CN)				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	CN _{II} [-]	CN _{ad} [-]
Superficie coperta edificio A4	Area impermeabile	5000.0	0	0
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	5818.5	0	0
Valori medi			0	0

Condizioni di umidità iniziali: AMC II - medie precipitazioni 5 giorni precedenti

Nota: CN_{II} è il numero di curva riferito alla condizione idrologica AMC II.

DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

Metodo dei requisiti minimi			
Volume specifico minimo	w_0	400.00	m ³ /ha
Volume invaso minimo	W_0	432.74	m ³

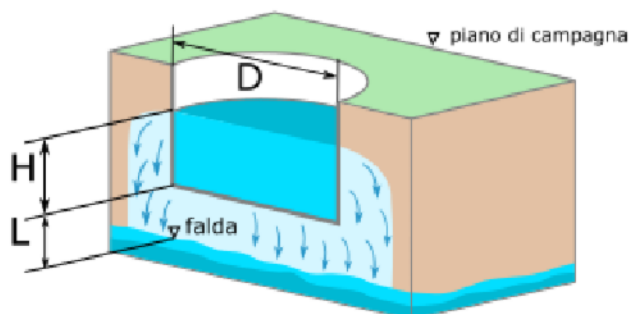
VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A_{inv}	152.56	m ²

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	3.00	≥	2.84	m	Positiva
Volume utile invaso	W	457.69	≥	432.74	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T_{sv}	6.8	≤	48.0	ore	Positiva
Portata massima scaricata	Q	0.00				

Sistema di scarico

Tipologia di svuotamento Pozzo d'infiltrazione (Sieker 1984)



Battente idrico utile massimo	H	3.00	m
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	17.57	l/s
Coeff. permeabilità satura	K_{sat}	10.00	$m/s * 10^{-5}$
Fattore riduttivo permeabilità	F_r	0.50	
Coeff. permeabilità di calcolo	K_{calc}	5.00	$m/s * 10^{-5}$
Numero di pozzi	n	21	
Diametro pozzo	D	2.00	m
Distanza dalla falda	L	100.0	m
Indice dei vuoti	I_v	0.25	

Regione LOMBARDIA

Provincia di Bergamo

Comune di Clusone

Programma integrato di intervento Val Flesh

RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

Committente

Nome **DOSS SPA**

Indirizzo

Edificio / Area

Descrizio

ne **COMPARTO SUD – VIABILITA'**

Indirizzo

Studio tecnico

Nome **GEA SRL - GEOLOGIA INGEGNERIA AMBIENTE**

Indirizzo **VIA PATTA 30/D - 24020 RANICA (BG)**

Progettista

Nome **Ingegnere Ghilardi Francesco**

Ordine di **Ingegneri della provincia di Bergamo - n. 3057**

INDICE

- 1. PREMESSA**
- 2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI**
- 3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA**
- 4. PORTATE MASSIME SCARICABILI**
- 5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO**
- 6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI**
 - 6.1 Requisiti minimi
- 7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA**
- 8. TEMPO DI SVUOTAMENTO**
- 9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI**

1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la verifica del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica relativi al progetto di [Programma integrato di intervento Val Flesch](#), sito in [Comparto Nord](#).

L'area drenata oggetto d'intervento si estende su una superficie di **3858.7** m².

Nello specifico, scopo del presente lavoro è l'individuazione delle modifiche all'assetto idrogeologico dell'area, conseguenti alle trasformazioni in progetto, con l'obiettivo di definire le misure compensative e/o le caratteristiche delle opere necessarie ad evitare l'aggravio delle condizioni idrauliche rispetto alla situazione preesistente o come da richiesta di norma.

Le verifiche del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica vengono condotte conformemente al R.R. 7/2017 di Regione Lombardia come integrato e modificato dal R.R. 3/2025 e normative correlate. Nello specifico verranno adottati i metodi di calcolo in essa richiamati.

Nel presente documento verranno descritte le soluzioni progettuali adottate, i metodi di calcolo utilizzati e verranno riportati i report dei calcoli eseguiti, con relativi grafici, e le verifiche effettuate.

2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI

Individuazione dell'area

Comune di Clusone Provincia Bergamo
Livello di criticità Area C - criticità bassa
Classe dell'intervento 2 - Impermeabilizz. potenziale media

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. deflusso ϕ
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	3858.7	1.00

Superficie totale 3858.7 m² Coefficiente di deflusso medio ponderale ϕ_m 1.0000

3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA

La soluzione adottata per il rispetto delle prescrizioni sull'invarianza idraulica e idrologica è la seguente.

[Dispersione a suolo](#)

4. PORTATE MASSIME SCARICABILI

Ai sensi delle normative applicabili non è previsto nessun vincolo sul valore della portata scaricabile o non viene scaricata alcuna portata in corpi idrici ricettori.

5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO

Avendo adottato la metodologia dei requisiti minimi e non essendo necessario eseguire alcun calcolo idrologico non vengono caratterizzate le piogge di progetto.

Al fine di dimensionare e verificare le opere d'invarianza idraulica in progetto devono essere definite preventivamente le precipitazioni di progetto.

A tal fine, per durate di precipitazione superiori ad un'ora, viene applicato il metodo della legge probabilistica GEV (Generalized Extreme Values).

Tale metodo a partire dai parametri di riferimento a_1 ed n della curva di possibilità pluviometrica, definito il tempo di ritorno TR dell'evento critico, ricalcola il parametro a per il caso specifico e calcola l'altezza di pioggia come segue:

$$h = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$

h [mm]: altezza di pioggia

a_1 [mm/oraⁿ]: coefficiente pluviometrico orario

D [ore]: durata di pioggia

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

w_T [-]: coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno TR [anni]

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

ε, α, k [-]: parametri della legge probabilistica GEV

Per durate inferiori a un'ora si utilizzano tutti i parametri adottati per le durate superiori ad un'ora, tranne il parametro n che viene definito in modo specifico per tale durata.

In assenza di dati più precisi spesso, in letteratura tecnica idrologica, viene riportato un valore indicativo pari a $n = 0,5$.

Considerato che l'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica contribuisce in modo fondamentale alle misure di prevenzione dell'esondazione dei corsi d'acqua e delle reti di drenaggio urbano, il Regolamento regionale prevede che siano valutate le condizioni locali di rischio di allagamento residuo per eventi di tempo di ritorno alti, quelli cioè che determinano un superamento anche rilevante delle capacità di controllo assicurate dalle strutture fognarie; gli interventi di contenimento e controllo delle acque meteoriche sono conseguentemente dimensionati in modo da rispettare i valori di portata limite di cui all'articolo 8, assumendo i seguenti valori di tempi di ritorno:

$TR = 50$ [anni]: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere d'invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.

$TR = 100$ [anni]: tempo di ritorno da adottare per valutare qualitativamente che, con le opere come sopra dimensionate, non si determinino esondazioni che arrechino danni a persone o a cose, siano esse le opere stesse o le strutture presenti nell'intorno e per fornire al titolare delle opere indicazioni delle eventuali ulteriori misure locali, anche non strutturali, di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi, da adottare per gestire il rischio residuo.

6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI

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

- metodo dei requisiti minimi

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

6.1 Requisiti minimi

Per gli interventi aventi superficie interessata dall'intervento minore o uguale a 300 m², ovunque ubicati nel territorio regionale, il requisito minimo richiesto consiste, in alternativa:

- nell'adozione di un sistema di scarico sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo e non in un ricettore, salvo il caso in cui questo sia costituito da laghi o dai fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio, Chiese e Mincio. In questo caso non è richiesto il rispetto della portata massima e non è necessario redigere il progetto d'invarianza idraulica;
- nell'adozione del requisito minimo per le aree C a bassa criticità idraulica.

Nel caso d'interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale bassa, indipendentemente dalla criticità dell'ambito territoriale in cui ricadono, e nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti nell'ambito territoriale di bassa criticità, il requisito minimo da soddisfare consiste nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione, comunque configurati, dimensionati adottando i seguenti valori parametrici del volume minimo dell'invaso, o del complesso degli invasi, di laminazione:

- Aree A: $w_{\min} = 800 \cdot [\text{m}^3 \text{ per ettaro di superficie interessata dall'intervento}]$
- Aree B: $w_{\min} = 500 [\text{m}^3 \text{ per ettaro di superficie interessata dall'intervento}]$
- Aree C: $w_{\min} = 400 [\text{m}^3 \text{ per ettaro di superficie interessata dall'intervento}]$

* Il valore va moltiplicato per il coefficiente di riduzione di cui alla tabella riportata nell'Allegato C del Regolamento.

Calcolo portata infiltrata

Per calcolare la portata infiltrata dal sistema di pozzi si adotta la formulazione di Sieker (1984), che non considera, cautelativamente, come superficie infiltrante la base del pozzo, assumendo che a lungo termine, a causa dei depositi delle particelle più fini, si possa intasare.

Per il calcolo dei metodi semplificati (sole piogge, corrivazione, ecc.) si adotta uno schema di calcolo basato sulla stima di una portata infiltrata considerata costante, in corrispondenza del tirante idrico massimo.

Trattandosi di pozzi con ghiaione viene considerata come frontiera filtrante l'interfaccia tra il ghiaione ed il terreno.

$$Q_{inf} = n_p \cdot K_{calc} \cdot \left(\frac{L + H}{L + H/2} \right) \cdot A_f$$

$$A_f = \pi \cdot \left[\left(\frac{D}{2} + \frac{H}{2} \right)^2 - \left(\frac{D}{2} \right)^2 \right]$$

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

n_p [-]: numero dei pozzi

K_{calc} [m/s]: coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine

H [m]: altezza dell'acqua rispetto al fondo del pozzo

D [m]: diametro dei pozzi/o

L [m]: distanza tra il fondo del pozzo e il livello della falda

A_f [m^2]: superficie d'infiltrazione di calcolo

In caso di presenza di più pozzi il funzionamento è calcolato in parallelo.

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

In caso di presenza di più pozzi il funzionamento è calcolato in parallelo.

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

La stima del coefficiente di permeabilità di calcolo viene condotto sulla base della stima del coefficiente di permeabilità in condizioni sature a cui viene applicato un coefficiente correttivo per tenere conto delle condizioni reali in cui avviene il fenomeno dell'infiltrazione. Si applica la seguente relazione.

$$K_{calc} = F_r \cdot K_{sat}$$

K_{calc} [m/s]: coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine

K_{sat} [m/s]: coefficiente di permeabilità in condizioni sature

F_r [-]: fattore correttivo per tenere conto delle condizioni reali di infiltrazione

7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA

Trattandosi di sistema ad infiltrazione non ci sono portate scaricate.

8. TEMPO DI SVUOTAMENTO

Il tempo di svuotamento T_{sv} [s] viene calcolato con la seguente.

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

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

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

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

Nel caso di sistemi di scarico o di infiltrazione a portata variabile si adotta il valore medio della portata infiltrata e/o scaricata durante il periodo di svuotamento.

Il tempo di svuotamento dell'invaso non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile. Qualora non si riesca a rispettare il termine di 48 ore, ovvero qualora il volume calcolato sia realizzato all'interno di aree che prevedono anche volumi aventi altre finalità, il volume complessivo deve essere calcolato tenendo conto che dopo 48 ore deve comunque essere disponibile il volume calcolato. Il volume di laminazione calcolato deve quindi essere incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore. Per considerare l'eventualità che una seconda precipitazione possa avvenire in condizioni di parziale pre-riempimento degli invasi, nonostante si sia rispettato nella progettazione, il progetto valuta il rischio sui beni insediati e prevede misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni stessi in funzione della tipologia degli invasi e della locale situazione morfologica e insediativa.

9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

Si riportano di seguito i risultati del calcolo.

CARATTERISTICHE GENERALI

Comune di Clusone Provincia Bergamo
Livello di criticità Area C - criticità bassa

Metodi di calcolo adottati

Requisiti minimi

Portata massima scaricabile

Ai sensi delle normative applicabili e/o avendo adottato sistemi ad infiltrazione (pozzi disperdenti, trincee drenanti, ecc.) non è previsto nessun vicolo sul valore della portata scaricabile o non viene scaricata alcuna portata in corpi idrici ricettori.

Definizione aree

Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Deflusso ϕ
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	3858.7	1.00

Sup. totale intervento 3858.7 m² Coeff. deflusso medio ponderale ϕ_m 1.0000

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. deflusso ϕ	T. corriv. t_c [min]
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	3858.7	1.00	-

Superficie totale intervento: 3858.7 m²

Valori medi

1.0000

Parametri metodo del Numero di curva (CN)				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	CN _{II} [-]	CN _{ad} [-]
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	3858.7	0	0

Valori medi

0

0

Condizioni di umidità iniziali: AMC II - medie precipitazioni 5 giorni precedenti

Nota: CN_{II} è il numero di curva riferito alla condizione idrologica AMC II.

DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

Metodo dei requisiti minimi			
Volume specifico minimo	W ₀	400.00	m ³ /ha
Volume invaso minimo	W ₀	154.35	m ³

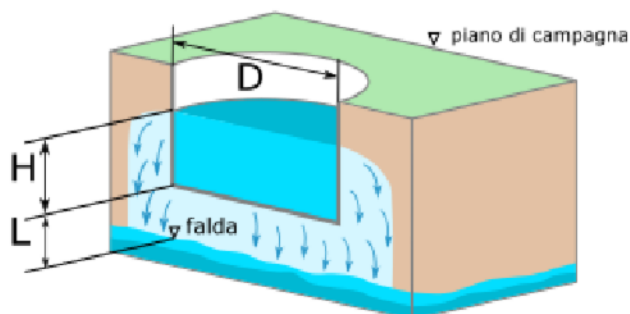
VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A _{inv}	58.12	m ²

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	3.00	≥	2.66	m	Positiva
Volume utile invaso	W	174.36	≥	154.35	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T _{sv}	6.4	≤	48.0	ore	Positiva
Portata massima scaricata	Q	0.00				

Sistema di scarico

Tipologia di svuotamento Pozzo d'infiltrazione (Sieker 1984)



Battente idrico utile massimo	H	3.00	m
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	6.69	l/s
Coeff. permeabilità satura	K_{sat}	10.00	$m/s * 10^{-5}$
Fattore riduttivo permeabilità	F_r	0.50	
Coeff. permeabilità di calcolo	K_{calc}	5.00	$m/s * 10^{-5}$
Numero di pozzi	n	8	
Diametro pozzo	D	2.00	m
Distanza dalla falda	L	100.0	m
Indice dei vuoti	I_v	0.25	

Regione LOMBARDIA

Provincia di Bergamo

Comune di Clusone

Programma integrato di intervento Val Flesh

RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

Committente

Nome **DOSS SPA**

Indirizzo

Edificio / Area

Descrizio

ne **ROTATORIA**

Indirizzo

Studio tecnico

Nome **GEA SRL - GEOLOGIA INGEGNERIA AMBIENTE**

Indirizzo **VIA PATTA 30/D - 24020 RANICA (BG)**

Progettista

Nome **Ingegnere Ghilardi Francesco**

Ordine di **Ingegneri della provincia di Bergamo - n. 3057**

INDICE

- 1. PREMESSA**
- 2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI**
- 3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA**
- 4. PORTATE MASSIME SCARICABILI**
- 5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO**
- 6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI**
 - 6.1 Requisiti minimi
- 7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA**
- 8. TEMPO DI SVUOTAMENTO**
- 9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI**

1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la verifica del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica relativi al progetto di [Programma integrato di intervento Val Flesch](#), sito in [Comparto Nord](#).

L'area drenata oggetto d'intervento si estende su una superficie di [2509.2](#) m².

Nello specifico, scopo del presente lavoro è l'individuazione delle modifiche all'assetto idrogeologico dell'area, conseguenti alle trasformazioni in progetto, con l'obiettivo di definire le misure compensative e/o le caratteristiche delle opere necessarie ad evitare l'aggravio delle condizioni idrauliche rispetto alla situazione preesistente o come da richiesta di norma.

Le verifiche del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica vengono condotte conformemente al R.R. 7/2017 di Regione Lombardia come integrato e modificato dal R.R. 3/2025 e normative correlate. Nello specifico verranno adottati i metodi di calcolo in essa richiamati.

Nel presente documento verranno descritte le soluzioni progettuali adottate, i metodi di calcolo utilizzati e verranno riportati i report dei calcoli eseguiti, con relativi grafici, e le verifiche effettuate.

2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI

Individuazione dell'area

Comune di Clusone Provincia Bergamo
Livello di criticità Area C - criticità bassa
Classe dell'intervento 2 - Impermeabilizz. potenziale media

CARATTERISTICHE AREA

Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. deflusso ϕ
<u>Altre aree impermeabili</u>	<u>Area impermeabile</u>	<u>2509.2</u>	<u>1.00</u>

Superficie totale 2509.2 m² Coefficiente di deflusso medio ponderale ϕ_m 1.0000

3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA

La soluzione adottata per il rispetto delle prescrizioni sull'invarianza idraulica e idrologica è la seguente.

[Dispersione a suolo](#)

4. PORTATE MASSIME SCARICABILI

Ai sensi delle normative applicabili non è previsto nessun vincolo sul valore della portata scaricabile o non viene scaricata alcuna portata in corpi idrici ricettori.

5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO

Avendo adottato la metodologia dei requisiti minimi e non essendo necessario eseguire alcun calcolo idrologico non vengono caratterizzate le piogge di progetto.

Al fine di dimensionare e verificare le opere d'invarianza idraulica in progetto devono essere definite preventivamente le precipitazioni di progetto.

A tal fine, per durate di precipitazione superiori ad un'ora, viene applicato il metodo della legge probabilistica GEV (Generalized Extreme Values).

Tale metodo a partire dai parametri di riferimento a_1 ed n della curva di possibilità pluviometrica, definito il tempo di ritorno TR dell'evento critico, ricalcola il parametro a per il caso specifico e calcola l'altezza di pioggia come segue:

$$h = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$

h [mm]: altezza di pioggia

a_1 [mm/oraⁿ]: coefficiente pluviometrico orario

D [ore]: durata di pioggia

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

w_T [-]: coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno TR [anni]

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

ε, α, k [-]: parametri della legge probabilistica GEV

Per durate inferiori a un'ora si utilizzano tutti i parametri adottati per le durate superiori ad un'ora, tranne il parametro n che viene definito in modo specifico per tale durata.

In assenza di dati più precisi spesso, in letteratura tecnica idrologica, viene riportato un valore indicativo pari a $n = 0,5$.

Considerato che l'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica contribuisce in modo fondamentale alle misure di prevenzione dell'esondazione dei corsi d'acqua e delle reti di drenaggio urbano, il Regolamento regionale prevede che siano valutate le condizioni locali di rischio di allagamento residuo per eventi di tempo di ritorno alti, quelli cioè che determinano un superamento anche rilevante delle capacità di controllo assicurate dalle strutture fognarie; gli interventi di contenimento e controllo delle acque meteoriche sono conseguentemente dimensionati in modo da rispettare i valori di portata limite di cui all'articolo 8, assumendo i seguenti valori di tempi di ritorno:

$TR = 50$ [anni]: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere d'invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.

$TR = 100$ [anni]: tempo di ritorno da adottare per valutare qualitativamente che, con le opere come sopra dimensionate, non si determinino esondazioni che arrechino danni a persone o a cose, siano esse le opere stesse o le strutture presenti nell'intorno e per fornire al titolare delle opere indicazioni delle eventuali ulteriori misure locali, anche non strutturali, di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi, da adottare per gestire il rischio residuo.

6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI

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

- metodo dei requisiti minimi

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

6.1 Requisiti minimi

Per gli interventi aventi superficie interessata dall'intervento minore o uguale a 300 m², ovunque ubicati nel territorio regionale, il requisito minimo richiesto consiste, in alternativa:

- nell'adozione di un sistema di scarico sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo e non in un ricettore, salvo il caso in cui questo sia costituito da laghi o dai fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio, Chiese e Mincio. In questo caso non è richiesto il rispetto della portata massima e non è necessario redigere il progetto d'invarianza idraulica;
- nell'adozione del requisito minimo per le aree C a bassa criticità idraulica.

Nel caso d'interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale bassa, indipendentemente dalla criticità dell'ambito territoriale in cui ricadono, e nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti nell'ambito territoriale di bassa criticità, il requisito minimo da soddisfare consiste nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione, comunque configurati, dimensionati adottando i seguenti valori parametrici del volume minimo dell'invaso, o del complesso degli invasi, di laminazione:

- Aree A: $w_{\min} = 800 \cdot [\text{m}^3 \text{ per ettaro di superficie interessata dall'intervento}]$
- Aree B: $w_{\min} = 500 [\text{m}^3 \text{ per ettaro di superficie interessata dall'intervento}]$
- Aree C: $w_{\min} = 400 [\text{m}^3 \text{ per ettaro di superficie interessata dall'intervento}]$

* Il valore va moltiplicato per il coefficiente di riduzione di cui alla tabella riportata nell'Allegato C del Regolamento.

Calcolo portata infiltrata

Per calcolare la portata infiltrata dal sistema di pozzi si adotta la formulazione di Sieker (1984), che non considera, cautelativamente, come superficie infiltrante la base del pozzo, assumendo che a lungo termine, a causa dei depositi delle particelle più fini, si possa intasare.

Per il calcolo dei metodi semplificati (sole piogge, corrivazione, ecc.) si adotta uno schema di calcolo basato sulla stima di una portata infiltrata considerata costante, in corrispondenza del tirante idrico massimo.

Trattandosi di pozzi con ghiaione viene considerata come frontiera filtrante l'interfaccia tra il ghiaione ed il terreno.

$$Q_{inf} = n_p \cdot K_{calc} \cdot \left(\frac{L + H}{L + H/2} \right) \cdot A_f$$

$$A_f = \pi \cdot \left[\left(\frac{D}{2} + \frac{H}{2} \right)^2 - \left(\frac{D}{2} \right)^2 \right]$$

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

n_p [-]: numero dei pozzi

K_{calc} [m/s]: coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine

H [m]: altezza dell'acqua rispetto al fondo del pozzo

D [m]: diametro dei pozzi/o

L [m]: distanza tra il fondo del pozzo e il livello della falda

A_f [m^2]: superficie d'infiltrazione di calcolo

In caso di presenza di più pozzi il funzionamento è calcolato in parallelo.

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

In caso di presenza di più pozzi il funzionamento è calcolato in parallelo.

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

La stima del coefficiente di permeabilità di calcolo viene condotto sulla base della stima del coefficiente di permeabilità in condizioni sature a cui viene applicato un coefficiente correttivo per tenere conto delle condizioni reali in cui avviene il fenomeno dell'infiltrazione. Si applica la seguente relazione.

$$K_{calc} = F_r \cdot K_{sat}$$

K_{calc} [m/s]: coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine

K_{sat} [m/s]: coefficiente di permeabilità in condizioni sature

F_r [-]: fattore correttivo per tenere conto delle condizioni reali di infiltrazione

7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA

Trattandosi di sistema ad infiltrazione non ci sono portate scaricate.

8. TEMPO DI SVUOTAMENTO

Il tempo di svuotamento T_{sv} [s] viene calcolato con la seguente.

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

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

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

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

Nel caso di sistemi di scarico o di infiltrazione a portata variabile si adotta il valore medio della portata infiltrata e/o scaricata durante il periodo di svuotamento.

Il tempo di svuotamento dell'invaso non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile. Qualora non si riesca a rispettare il termine di 48 ore, ovvero qualora il volume calcolato sia realizzato all'interno di aree che prevedono anche volumi aventi altre finalità, il volume complessivo deve essere calcolato tenendo conto che dopo 48 ore deve comunque essere disponibile il volume calcolato. Il volume di laminazione calcolato deve quindi essere incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore. Per considerare l'eventualità che una seconda precipitazione possa avvenire in condizioni di parziale pre-riempimento degli invasi, nonostante si sia rispettato nella progettazione, il progetto valuta il rischio sui beni insediati e prevede misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni stessi in funzione della tipologia degli invasi e della locale situazione morfologica e insediativa.

9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

Si riportano di seguito i risultati del calcolo.

CARATTERISTICHE GENERALI

Comune di Clusone Provincia Bergamo
Livello di criticità Area C - criticità bassa

Metodi di calcolo adottati
Requisiti minimi

Portata massima scaricabile
Ai sensi delle normative applicabili e/o avendo adottato sistemi ad infiltrazione (pozzi disperdenti, trincee drenanti, ecc.) non è previsto nessun vicolo sul valore della portata scaricabile o non viene scaricata alcuna portata in corpi idrici ricettori.

Definizione aree			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Deflusso ϕ
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	2509.2	1.00

Sup. totale intervento 2509.2 m² Coeff. deflusso medio ponderale ϕ_m 1.0000

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. deflusso ϕ	T. corriv. t_c [min]
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	2509.2	1.00	-

Superficie totale intervento: 2509.2 m²

Valori medi

1.0000

Parametri metodo del Numero di curva (CN)				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	CN _{II} [-]	CN _{ad} [-]
Altre aree impermeabili	Area impermeabile	2509.2	0	0
Valori medi			0	0

Condizioni di umidità iniziali: AMC II - medie precipitazioni 5 giorni precedenti

Nota: CN_{II} è il numero di curva riferito alla condizione idrologica AMC II.

DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

Metodo dei requisiti minimi			
Volume specifico minimo	W ₀	400.00	m ³ /ha
Volume invaso minimo	W ₀	100.37	m ³

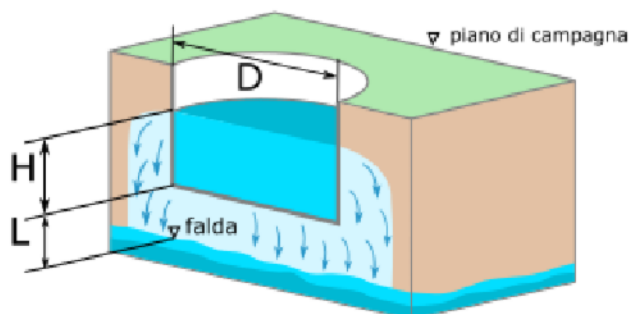
VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A _{inv}	36.32	m ²

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	3.00	≥	2.76	m	Positiva
Volume utile invaso	W	108.97	≥	100.37	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T _{sv}	6.7	≤	48.0	ore	Positiva
Portata massima scaricata	Q	0.00				

Sistema di scarico

Tipologia di svuotamento Pozzo d'infiltrazione (Sieker 1984)



Battente idrico utile massimo	H	3.00	m
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	4.18	l/s
Coeff. permeabilità satura	K_{sat}	10.00	$m/s * 10^{-5}$
Fattore riduttivo permeabilità	F_r	0.50	
Coeff. permeabilità di calcolo	K_{calc}	5.00	$m/s * 10^{-5}$
Numero di pozzi	n	5	
Diametro pozzo	D	2.00	m
Distanza dalla falda	L	100.0	m
Indice dei vuoti	I_v	0.25	