



COMUNE DI
COSTA VOLPINO (BG)

Progettazione:



Committente: Kayman Immobiliare S.r.l.
via Risorgimento n.14 - Bergamo

RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA



PIANO DI LOTTIZZAZIONE ATR - B QUALINO
IN COMUNE DI COSTA VOLPINO (BG)

Redazione:

Dott.ssa Geol. Elena Nostrani

via 25 aprile, n. 77

25040 - Artogne (BS)

tel.: +39 - 347.8763909

mail: elenanostrani@tiscali.it

pec: elena.nostrani@pec.epap.it



Elena Nostrani
Geologo

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	QUADRO NORMATIVO	3
2.1	LA LEGGE REGIONALE DEL 15 MARZO 2016, N.4 – ART.7	3
2.2	IL REGOLAMENTO REGIONALE N° 7/2017 (AGGIORNATO DAL R.R. N° 8/2019)	4
2.2.1	ART. 5 – SISTEMI DI CONTROLLO E GESTIONE DELLE ACQUE PLUVIALI	4
2.2.2	ART. 7 – AMBITI TERRITORIALI DI RIFERIMENTO	5
2.2.3	ART. 8 – VALORI MASSIMI AMMISSIBILI DELLA PORTATA METEORICA SCARICABILE NEI RICETTORI	5
2.2.4	ART. 9 – CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI RICHIEDENTI MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA E MODALITÀ DI CALCOLO	6
2.2.5	ART. 11 – METODOLOGIE DI CALCOLO DELLE MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA PER IL RISPETTO DEI LIMITI ALLO SCARICO IN CASO DI INTERVENTI DI IMPERMEABILIZZAZIONE POTENZIALE MEDIA O ALTA RICADENTI NEGLI AMBITI TERRITORIALI DI CRITICITÀ MEDIA O ALTA	7
2.2.6	ART. 12 – REQUISITI MINIMI DELLE MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA	7
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA	8
4	INQUADRAMENTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO	9
5	LITOLOGIA E PERMEABILITÀ DEI DEPOSITI NELL'AREA DI INTERVENTO	9
5.1	PROVA DI PERMEABILITÀ IN POZZETTO	10
6	CALCOLI DELL'INVARIANZA IDRAULICA PER LA PORZIONE RELATIVA AL NUOVO FABBRICATO E ALLE AREE ESTERNE PERTINENZIALI	12
6.1	INDIVIDUAZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO	12
6.2	VERIFICA CON IL METODO DELLE SOLE PIOGGE	14
6.3	VERIFICA CON IL METODO DEI REQUISITI MINIMI	18
6.4	CONFRONTO METODO DELLE SOLE PIOGGE – REQUISITI MINIMI: SCELTA DEL VOLUME DI INVARIANZA IDRAULICA	18
6.5	DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEL SISTEMA DI DISPERSIONE	19
6.6	CALCOLO DEL TEMPO DI SVUOTAMENTO	20
7	CALCOLI DELL'INVARIANZA IDRAULICA PER LA PORZIONE RELATIVA AL NUOVO PARCHEGGIO IN ASFALTO (OPERE DI URBANIZZAZIONE)	21
7.1	INDIVIDUAZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO	21
7.2	VERIFICA CON IL METODO DELLE SOLE PIOGGE	23
7.3	VERIFICA CON IL METODO DEI REQUISITI MINIMI	27
7.4	CONFRONTO METODO DELLE SOLE PIOGGE – REQUISITI MINIMI: SCELTA DEL VOLUME DI INVARIANZA IDRAULICA	28
7.5	DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEL SISTEMA DI DISPERSIONE	28
7.6	CALCOLO DEL TEMPO DI SVUOTAMENTO	30
8	PIANO DI MANUTENZIONE	31

1 PREMESSA

La presente relazione affronta il tema dell'invarianza idraulica ed idrologica relativa al progetto del nuovo "Piano di Lottizzazione ATR – B Qualino in Comune di Costa Volpino (BG)".

La crescente impermeabilizzazione dei suoli impone un controllo quantitativo delle portate che possono essere scaricate nei ricettori superficiali, ed in misura tale per cui ogni nuova tipologia di intervento deve porsi nei confronti del territorio come se lo stesso non alterasse le condizioni di deflusso esistenti verso i ricettori superficiali. Entra quindi in gioco il tema dell'invarianza idraulica ed idrologica, e quindi della necessità di rispettare le condizioni di deflusso con riferimento allo scenario ante-operam.

Ogni nuovo intervento di impermeabilizzazione delle superfici determina infatti un incremento dei coefficienti di deflusso, con una corrispondente riduzione dei processi di infiltrazione nel terreno.

A questo aspetto si associa una contestuale riduzione del tempo di corrivazione, parametro che gioca un ruolo fondamentale nel processo di formazione dell'onda di piena. Ogni intervento che produce una contrazione di questa variabile contribuisce ad innalzare il picco del colmo di piena, a sfavore della capacità di smaltimento del ricettore finale con il rischio di contribuire ad esaltare i fenomeni di piena. Con l'entrata in vigore del Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017, così come confermato dal Regolamento Regionale n. 8 del 24/04/2019 che lo ha modificato e integrato, tutti gli interventi edilizi sul territorio che comportano un aumento delle superfici impermeabili devono quindi garantire il rispetto delle condizioni originarie.

Per raggiungere tale obiettivo, è necessario ricorrere alla laminazione delle portate di natura meteorica ovvero all'accumulo dei volumi di pioggia ed alla restituzione al ricettore finale in modo graduale e commisurato alla criticità idraulica dell'area in cui si interviene.

2 QUADRO NORMATIVO

2.1 LA LEGGE REGIONALE DEL 15 MARZO 2016, N.4 – ART.7

Il tema dell'invarianza idraulica ed idrologica è stato introdotto dall'art. 7 della Legge Regionale 15 marzo 2016 n. 4 recante "Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua".

In particolare il comma 1 di tale articolo recita: *"Al fine di prevenire e mitigare i fenomeni di esondazione e di dissesto idrogeologico provocati dall'incremento dell'impermeabilizzazione dei suoli e, conseguentemente, di contribuire ad assicurare elevati livelli di salvaguardia idraulica ed ambientale, gli strumenti urbanistici ed i regolamenti edilizi comunali recepiscono il principio di invarianza idraulica e idrologica per le trasformazioni di uso del suolo, secondo quanto previsto dal presente articolo."*

Al comma 2 la legge evidenzia come gli obiettivi previsti dal comma 1 hanno condotto ad alcune modifiche alla legge regionale 11 marzo 2015 (Legge per il governo del territorio) ed in particolare si assiste all'introduzione dell'art. 58 bis "Invarianza idraulica, invarianza idrologica e drenaggio urbano sostenibile".

Il comma 1 del suddetto articolo introduce i seguenti principi:

- Invarianza idraulica: principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti l'urbanizzazione;
- Invarianza idrologica: principio in base al quale sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione;

- Drenaggio urbano sostenibile: sistema di gestione delle acque meteoriche urbane, costituito da un insieme di strategie, tecnologie e buone pratiche volte a ridurre i fenomeni di allagamento urbano, a contenere gli apporti di acque meteoriche ai corpi idrici ricettori mediante il controllo alla sorgente delle acque meteoriche e a ridurre il degrado qualitativo delle acque.

Il comma 4 dell'art. 58 bis indica come *"...il regolamento edilizio comunale disciplina le modalità per il conseguimento dell'invarianza idraulica e idrologica secondo i criteri e metodi stabiliti con il regolamento regionale..."* che deve essere recepito entro sei mesi dalla sua pubblicazione.

Il comma 5 dell'art. 58 bis stabilisce in centottanta giorni dall'entrata in vigore della legge regionale, l'approvazione di *"...un regolamento contenente i criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica..."* la cui efficacia diventa effettiva alla data di recepimento dello stesso nel regolamento edilizio comunale.

Gli estratti della legge sopra riportati evidenziano chiaramente come il percorso a cui si devono sottostare tutti gli interventi edilizi che comportano un aumento delle superfici impermeabili sia ormai chiaramente tracciato. In particolare esso è stato reso attuativo dall'entrata in vigore del Regolamento Regionale n° 7/2017, così come confermato dal Regolamento Regionale n. 8 del 24/04/2019 che lo ha modificato e integrato.

2.2 IL REGOLAMENTO REGIONALE N° 7/2017 (AGGIORNATO DAL R.R. N° 8/2019)

Il Regolamento Regionale è strutturato in una serie di articoli che indicano le modalità di attuazione dell'art. 7 della Legge Regionale n. 4 /2016 e la metodologia di esecuzione del progetto di invarianza idraulica.

Ai fini della sua puntuale applicazione appare importante evidenziare i punti essenziali che in esso vengono evidenziati:

- Art. 5 – Sistemi di controllo e gestione delle acque pluviali;
- Art. 7 - Ambiti territoriali di riferimento;
- Art. 8 – Valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori;
- Art. 9 - Classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica idrologica e modalità di calcolo;
- Art. 11 - Metodologie di calcolo delle misure di invarianza idraulica ed idrologica per il rispetto dei limiti allo scarico in caso di interventi di impermeabilizzazione potenziale media o alta ricadenti negli ambiti territoriali di criticità media o alta;
- Art. 12 – Requisiti minimi delle misure di invarianza idraulica e idrologica.

2.2.1 ART. 5 – SISTEMI DI CONTROLLO E GESTIONE DELLE ACQUE PLUVIALI

Il Regolamento Regionale valorizza gli interventi che promuovono l'infiltrazione, l'evapotraspirazione ed il riuso delle acque meteoriche.

In particolare al comma 3 si specifica come lo smaltimento dei volumi invasati deve avvenire secondo il seguente ordine di priorità:

- mediante il riuso dei volumi stoccati (innaffiamento giardini, acque grigie e lavaggio di pavimenti e auto);
- mediante infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo;
- mediante scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale con i limiti ammessi al ricettore;
- mediante scarico in fognatura con i limiti imposti.

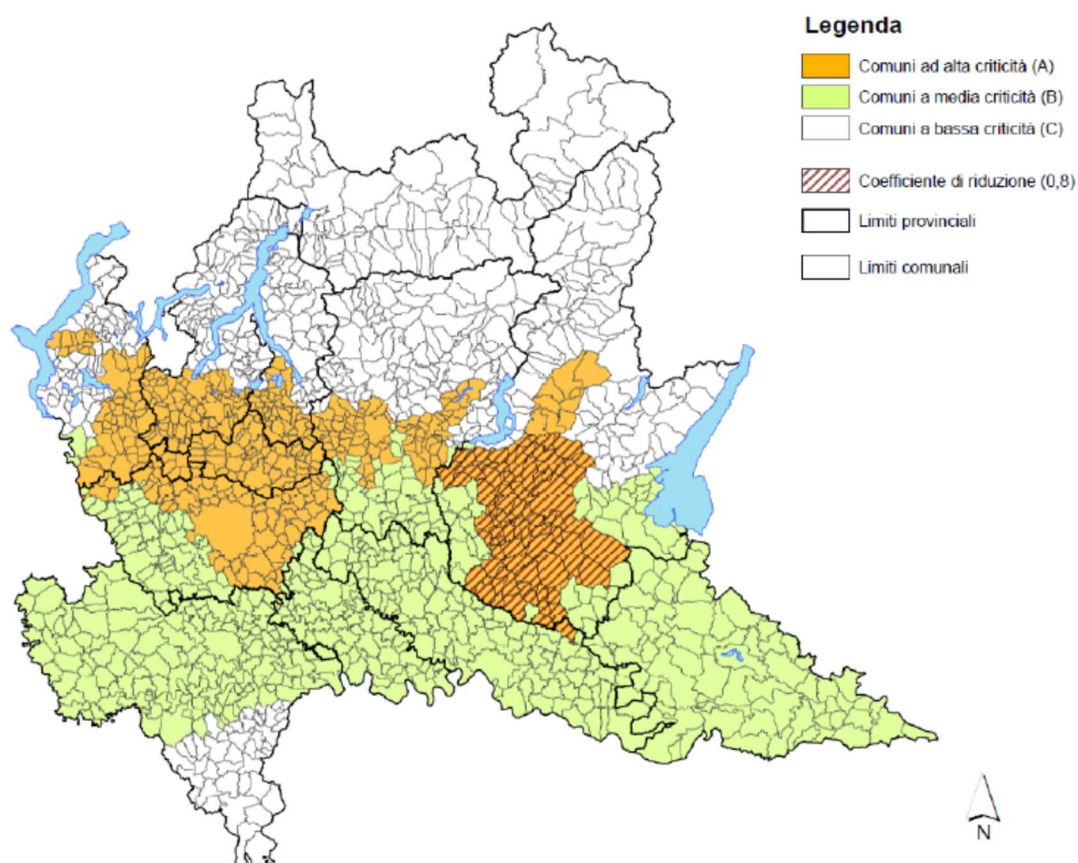
2.2.2 ART. 7 – AMBITI TERRITORIALI DI RIFERIMENTO

Dal momento che gli effetti dell’apporto di nuove acque meteoriche sono differenti nelle aree urbane o extraurbane, di pianura o di collina, e dipendono fortemente dalle caratteristiche del ricettore finale, il territorio regionale è stato suddiviso in tre tipologie di aree, in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d’acqua ricettori:

- Aree A: aree ad alta criticità idraulica: comprendono i territori dei Comuni, elencati nell’Allegato B, ricadenti, anche parzialmente, nei bacini idrografici elencati nell’Allegato C;
- Aree B: aree a media criticità idraulica: comprendono i territori dei Comuni, elencati nell’Allegato B, non rientranti nelle aree A e ricadenti, anche parzialmente, all’interno dei Comprensori di Bonifica e Irrigazione.;
- Aree C: aree a bassa criticità idraulica: comprendono i territori dei Comuni, elencati nell’Allegato B, non rientranti nelle aree A e B.

La rappresentazione della suddivisione del territorio regionale in tali aree è stata rappresentata cartograficamente e riportata nell’Allegato B.

Figura 1. Suddivisione del territorio regionale in ambiti di criticità.



2.2.3 ART. 8 – VALORI MASSIMI AMMISSIBILI DELLA PORTATA METEORICA SCARICABILE NEI RICETTORI

All’interno degli ambiti territoriali individuati in precedenza 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 e comunque entro i valori massimi ammissibili riportati nella tabella successiva.

aree A ad alta criticità idraulica:	$u_{lim} = 10$ l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
aree B a media criticità idraulica:	$u_{lim} = 20$ l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
aree C a bassa criticità idraulica	$u_{lim} = 20$ l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento

Come già anticipato in precedenza, i limiti alle portate di scarico sono ottenuti mediante l'adozione di sistemi finalizzati prioritariamente a favorire l'attenuazione della generazione dei deflussi meteorici a monte del loro scarico nel ricettore, mediante misure locali incentivanti l'evapotraspirazione, il riuso, l'infiltrazione, la laminazione diffusa e/o centralizzata.

Nel caso in cui, nonostante il ricorso ai sistemi precedentemente richiamati, sia comunque necessario realizzare lo scarico delle acque meteoriche nel ricettore, il medesimo scarico deve avvenire a valle di invasi di laminazione dimensionati per rispettare i suddetti limiti alle portate. Per tenere conto di possibili eventi meteorici ravvicinati, lo svuotamento degli invasi deve avvenire in tempo massimo di 48 ore.

2.2.4 ART. 9 – CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI RICHIEDENTI MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA E MODALITÀ DI CALCOLO

Il Regolamento Regionale propone una tabella che individua quattro classi di intervento in funzione dell'impermeabilizzazione potenziale prodotta dall'intervento stesso, dalla superficie interessata dall'intervento e dall'areale di interesse. La medesima tabella indica inoltre le modalità di calcolo da utilizzare in relazione alla classificazione di criticità dell'ambito territoriale ove è ubicato l'intervento.

Se si escludono i soli interventi che interessano una superficie ridotta, le modalità di calcolo hanno livello di complessità crescente in funzione sia della classe di importanza sia della classe di criticità dell'ambito territoriale.

Figura 2. Tabella riportante la classificazione degli interventi.

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO		
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)		
			Aree A, B	Aree C	
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$\leq 0,03$ ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da $> 0,03$ a $\leq 0,1$ ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da $> 0,03$ a $\leq 0,1$ 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)	$\leq 0,4$		
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		

2.2.5 ART. 11 – METODOLOGIE DI CALCOLO DELLE MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA PER IL RISPETTO DEI LIMITI ALLO SCARICO IN CASO DI INTERVENTI DI IMPERMEABILIZZAZIONE POTENZIALE MEDIA O ALTA RICADENTI NEGLI AMBITI TERRITORIALI DI CRITICITÀ MEDIA O ALTA

Il Regolamento Regionale individua innanzitutto un orizzonte temporale di progettazione proiettato verso un tempo di ritorno pari a $T=50$ anni, cioè guarda a quegli eventi che determinano un superamento anche rilevante delle capacità di controllo assicurate dalle strutture fognarie. In aggiunta esso richiede che venga effettuata una verifica dei franchi di sicurezza per un tempo di ritorno pari a $T=100$ anni.

Esso definisce inoltre le modalità di calcolo dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica, rimandando al sito internet di Arpa Lombardia, propone quindi alcune indicazioni per il calcolo del processo di infiltrazione ovvero i coefficienti di deflusso per il calcolo dello ietogramma netto, e da ultimo segnala le metodologie più adeguate al calcolo dei volumi di invaso per la laminazione.

Con particolare riferimento a quest'ultimo aspetto, il regolamento propone due approcci in relazione al tipo di impermeabilizzazione indotta dall'intervento edilizio.

Nello specifico esse sono:

- Procedura semplificata con il "Metodo delle sole piogge";
- Procedura dettagliata, basata sulla scelta di un opportuno ietogramma di progetto, del modello di trasformazione afflussi deflussi.

L'utilizzo delle due metodologie è individuato nella tabella precedentemente richiamata in funzione della classe di intervento e dell'Ambito territoriale di riferimento.

2.2.6 ART. 12 – REQUISITI MINIMI DELLE MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

In ultima analisi il Regolamento Regionale individua in forma parametrica un range di volumi di invaso minimi da rispettare per il rispetto dei principi dell'invarianza idraulica.

La tabella che segue ne è la sintesi.

Criticità dell'area	Volume specifico standard di laminazione
aree A ad alta criticità idraulica	800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
aree B a media criticità idraulica	500 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
aree C a bassa criticità idraulica	400 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento

A fronte dell'applicazione di una procedura di calcolo dettagliata il progettista è tenuto inoltre ad assumere come volume di dimensionamento il più cautelativo tra i valori derivanti dai requisiti minimi ovvero dalla procedura di calcolo.

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA

L'area di intervento è situata in via Fiume nella frazione di Qualino, in Comune di Costa Volpino (BG). L'area è individuabile nella Carta Tecnica Regionale (CTR) al foglio D4 alla scala 1: 50.000 e alla sezione D4a4 alla scala 1: 10.000.

Figura 3. Inquadramento su ortofoto dell'area di intervento.



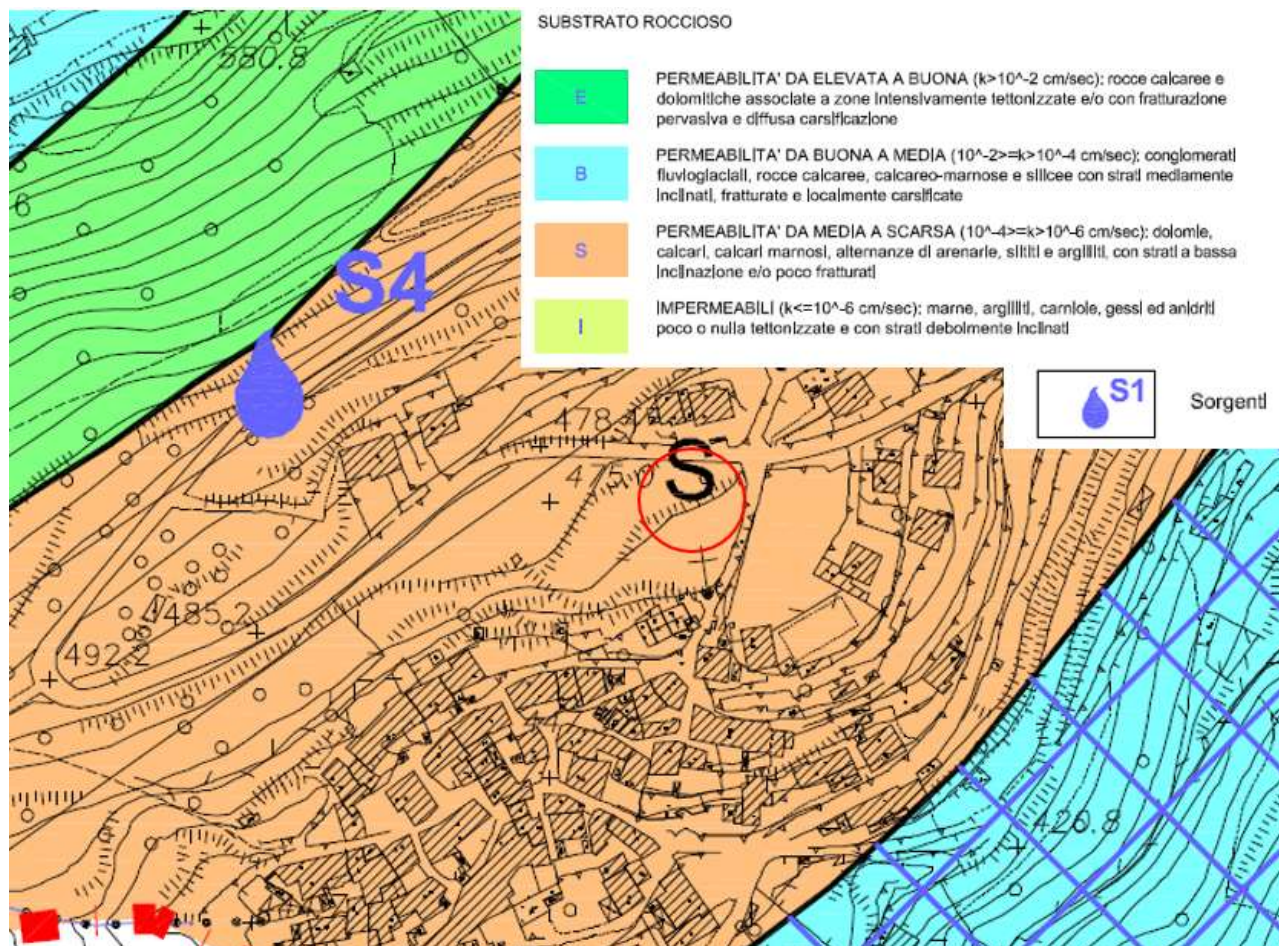
Figura 4. Inquadramento su CTR dell'area di intervento.



4 INQUADRAMENTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Per quanto riguarda il quadro idrologico non si rilevano incisioni vallive nelle immediate vicinanze dell'area di intervento; il reticolo più vicino è costituito dal T. Rescudio, che scorre al confine tra il comune di Lovere e il comune di Costa Volpino, e che dista circa 250 m in linea d'aria; dal punto di vista idrogeologico il PGT Comunale, identifica la permeabilità della Formazione di Wengen (che risulta affiorante dalla Carta Geologica del PGT) come medio – scarsa (da 10^{-4} cm/s a 10^{-6} cm/s).

Figura 5. Stralcio della carta idrogeologica da PGT Comunale.



5 LITOLOGIA E PERMEABILITA' DEI DEPOSITI NELL'AREA DI INTERVENTO

Come è possibile leggere nella Relazione Geologica e Geotecnica redatta dalla Scrivente, nell'area si rinvenivano materiali di deposito eluvio – colluviali frammisti a depositi detritici costituiti da limo sabbioso con ghiaia e ciottoli, a ricoprire il substrato roccioso rinvenuto a profondità comprese tra gli 0,40 m e i 2 m da p.c., appartenente ai calcari della Formazione di Wengen.

Durante le indagini non è stata riscontrata la presenza della falda.

È stata eseguita una prova di permeabilità entro i depositi superficiali al fine di verificare se questi fossero idonei alla dispersione delle acque.

Sebbene l'indagine sia contenuta nella Relazione geologica e geotecnica allegata al progetto, si riporta comunque per completezza documentale anche in questa relazione.

5.1 PROVA DI PERMEABILITA' IN POZZETTO

Per ottenere la permeabilità dei depositi superficiali, necessaria per dimensionare correttamente il sistema disperdente, si è proceduto con una prova in pozzetto superficiale a carico variabile, andando ad immettere all'interno di questo dell'acqua e calcolando l'abbassamento in un lasso di tempo prestabilito.

La prova di permeabilità in pozzetto superficiale è stata eseguita secondo le prescrizioni AGI-Roma 1977 (Raccomandazioni e prescrizioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche), all'interno di una trincea appositamente scavata nelle immediate vicinanze della trincea stratigrafica T1, poiché in quell'intorno i Progettisti hanno preventivato di installare i pozzi perdenti; inoltre, è proprio la porzione nel quale i depositi hanno uno spessore maggiore, e quindi risulta maggiore la probabilità che l'acqua si infiltri rispetto alle posizioni degli altri pozzetti nel quale è stata rinvenuta la roccia molto più superficialmente.

Dopo aver scavato il pozzetto ed averlo riempito di acqua per circa 65 cm, è stata interrotta l'immissione della stessa si è misurato l'abbassamento.

In un pozzetto quadrato, in questo caso di lato $b = 1$ m, la prova a carico variabile viene interpretata utilizzando la seguente formula, tratta dall'Associazione Geotecnica Italiana (1977): Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche. AGI, pp 1-93":

Figura 6. Documentazione fotografica della prova di permeabilità eseguita.



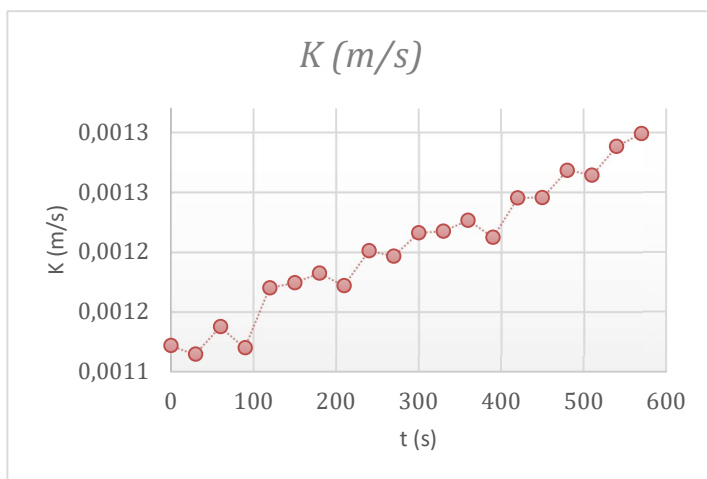
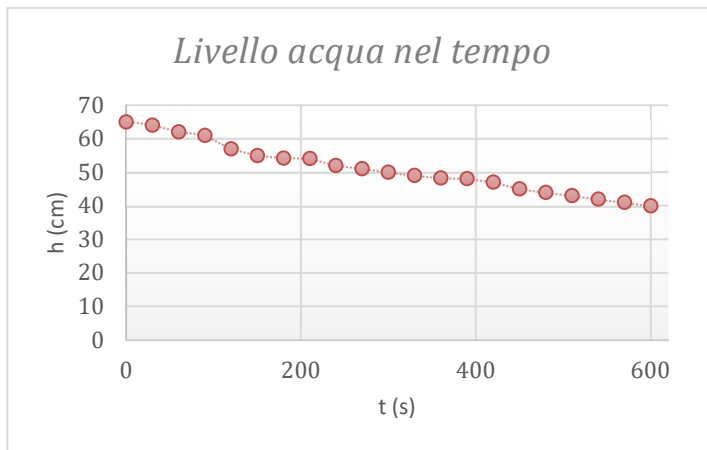
$$k = \frac{h_1 - h_2}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1 + \left(\frac{2 \cdot h_m}{b}\right)}{\left(\frac{27 \cdot h_m}{b}\right) + 3}$$

dove:

- h_1 : altezza del livello ad inizio prova, corrispondente al tempo t_1 ;
- h_2 : altezza del livello a fine prova;
- $t_2 - t_1$: durata della prova a carico variabile;
- h_m : altezza media del livello dell'acqua;
- b : lato del pozzetto a base quadrata.

Successivamente si riporta il report delle indagini eseguite e il risultato del coefficiente di permeabilità.

PROVA IN POZZETTO (b = 1 m)				
t (s)	h (cm)	Δ (cm)	K (cm/s)	K (m/s)
0	65	0		
30	64	1	0,1122	0,00112
60	62	3	0,1114	0,00111
90	61	4	0,1137	0,00114
120	57	8	0,1120	0,00112
150	55	10	0,1170	0,00117
180	54,2	10,8	0,1174	0,00117
210	54,1	10,9	0,1182	0,00118
240	52	13	0,1172	0,00117
270	51	14	0,1201	0,00120
300	50	15	0,1196	0,00120
330	49	16	0,1216	0,00122
360	48,3	16,7	0,1217	0,00122
390	48,1	16,9	0,1226	0,00123
420	47	18	0,1212	0,00121
450	45	20	0,1245	0,00125
480	44	21	0,1245	0,00125
510	43	22	0,1268	0,00127
540	42	23	0,1264	0,00126
570	41	24	0,1288	0,00129
600	40	25	0,1299	0,00130
K media (m/s) =			0,00120	



Il valore del coefficiente di permeabilità del terreno, calcolato come media dei valori di permeabilità dei singoli intervalli di 30 s a partire dal valore di altezza paro a 64 cm, risulta pari a $1,2 \times 10^{-3} \text{m/s}$.

Il valore di permeabilità così calcolato si può ritenere medio - alto e ad i terreni si attribuisce un grado di drenaggio buono.

Lo stesso non si può dire - almeno per quanto attiene alle informazioni in nostro possesso - del calcare di Wengen, che invece è solitamente caratterizzato da una permeabilità pressoché bassa.

Figura 7. Tabella di correlazione tra il valore di permeabilità e la capacità di drenaggio.

K (m/s)	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
K (cm/s)	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	
Drenaggio	Buono		Povero				Praticamente impermeabile					
	Ghiaia pulita	Sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita	Sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati				Terreni impermeabili, argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici					

6 CALCOLI DELL'INVARIANZA IDRAULICA PER LA PORZIONE RELATIVA AL NUOVO FABBRICATO E ALLE AREE ESTERNE PERTINENZIALI

6.1 INDIVIDUAZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO

Art. 5 – Sistemi di controllo e gestione delle acque pluviali

Il progetto non prevede il riutilizzo delle acque meteoriche con metodologie che possano garantirne il consumo entro 48 ore e quindi nei tempi previsti dal Regolamento Regionale. Si procederà quindi a valutare prioritariamente l'accumulo e la successiva infiltrazione delle acque nel sottosuolo, stante il fatto che la permeabilità del terreno è buona e la falda si trova convenientemente al di sotto del piano di posa delle opere di infiltrazione.

Art. 7 Ambito di riferimento:

Comune di Costa Volpino - Zona C - Area a bassa criticità idraulica.

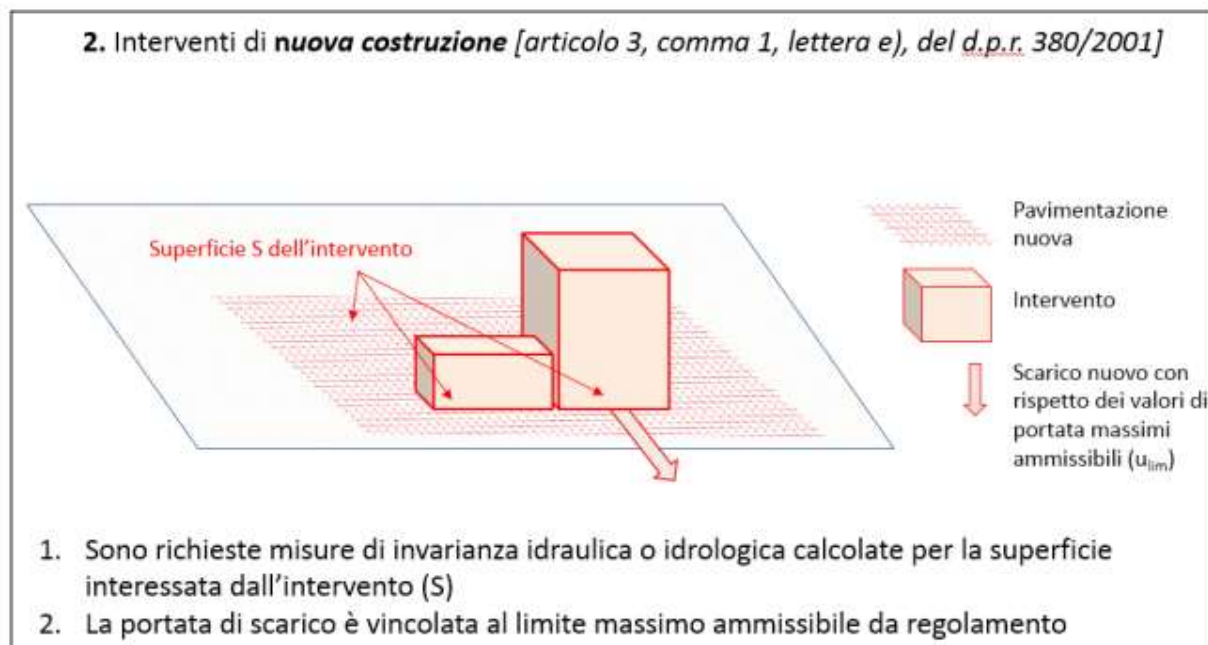
Tuttavia, considerando che l'area di interesse è inquadrabile come "Ambito di trasformazione", si dovranno applicare i limiti e le procedure d'invarianza per le aree a criticità A.

Art. 8 Valori massimi ammissibili allo scarico:

10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

Scelta dello schema esemplificativo degli interventi ai quali applicare o meno le misure di invarianza idraulica e idrologica (All. A della Norma):

Schema n° 2: interventi di nuova costruzione.



Art. 9 Classificazione dell'intervento

Da planimetria CAD consegnata dai Progettisti, risulta una superficie totale degli interventi interni al lotto pari a circa 1'543 mq (esclusa la superficie della piscina alla quale non si applica l'invarianza idraulica), così suddivisi:

SUPERFICI IMPEMEABILI	Coperture impermeabili	660 mq	TOT: 1'263 mq
	Camminamenti esterni al fabbricato	103 mq	
	Piazzale	500 mq	
SUPERFICI SEMI - IMPERMEABILI	Copertura verde	280 mq	TOT: 280 mq
			TOT: 1'543 mq

Il coefficiente di deflusso medio ponderale φ_m , di seguito calcolato, è pari a 0,95; dal che se ne deduce che la classe di intervento è la **classe 2 "Impermeabilizzazione potenziale media"**.

Il calcolo del coefficiente di deflusso medio ponderale è stato effettuato con riferimento ai parametri del coefficiente proposti nel regolamento.

- $\varphi = 1$ per tutte le superfici impermeabili interessate da tetti, coperture, pavimentazioni continue;
- $\varphi = 0,7$ per le superfici semipermeabili (nel caso in esame la copertura verde);
- $\varphi = 0,3$ per le superfici permeabili delle aree verdi;

$$\varphi_m: [(S_{imp} \times 1) + (S_{semi-imp} \times 0,7)] / S_{tot}$$

$$= [(1'263 \text{ mq} \times 1) + (280 \text{ mq} \times 0,7)] / 1'543 \text{ mq}$$

$$= 0,95$$

Art. 11 Metodologie di calcolo:

Metodo delle sole piogge (art. 11 del Regolamento), da confrontare con il Metodo dei requisiti minimi.

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO 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		

Di seguito verrà calcolato il volume con la procedura delle sole piogge e successivamente verrà applicato anche il metodo dei requisiti minimi poiché la normativa prevede che il Progettista sia tenuto ad assumere come volume di dimensionamento il più cautelativo tra i valori derivanti dai due metodi.

Si ricorda che, i limiti minimi (per il volume dell'invaso) e massimi (per la portata scaricabile) prescritti per le Aree A ad alta criticità idraulica (come quella che interessa la presente relazione), nel calcolo dei requisiti minimi sono:

- per quanto riguarda il volume dell'invaso, 800 m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- per quanto riguarda la portata massima scaricata nel ricettore, 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

6.2 VERIFICA CON IL METODO DELLE SOLE PIOGGE

Il metodo delle sole piogge si basa sul confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti, ipotizzando che sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi, considerando costante la portata uscente ed andando a massimizzare il volume accumulato. Nello specifico la portata media entrante viene calcolata come segue:

$$Q_e = 2,78 \cdot a \cdot \varphi_m \cdot D^{n-1} \cdot A$$

dove:

Q_e [l/s]: portata media entrante

φ_m [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale

A [ha]: area totale interessata dall'intervento

n [mm/ora]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

D [ore]: durata della precipitazione

Conseguentemente il volume entrate W_e [m³] è pari a:

$$W_e = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^n \cdot A$$

Il volume uscente W_u [m³], essendo ipotizzata costante la portata uscente pari alla massima Q_{umax} [l/s], ha la seguente formulazione:

$$W_u = 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D$$

Pertanto, il volume invasato ad ogni durata D [ore] è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D$$

Attraverso semplici passaggi matematici, derivando l'equazione sopra, si ottiene il valore della durata critica della precipitazione (D_w) ed il conseguente volume critico dell'invaso (W_0):

$$D_w = \left(\frac{1000 \cdot Q_{umax}}{2,78 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$$

dove:

D_w [ore]: durata critica d'invaso

Q_{umax} [l/s]: portata uscente massima

W_0 [m³]: volume di laminazione

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

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

A [ha]: area totale interessata dall'intervento

φ_m [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale

Si osservi che il parametro n (esponente della curva di possibilità pluviometrica) da utilizzare nelle equazioni precedenti dovrà essere congruente con la durata D_w , tenendo conto che il valore di n è generalmente diverso per le durate inferiori all'ora, per le durate tra 1 e 24 ore e per le durate maggiori di 24 ore.

Adottando valori di n valevoli per durate superiori ad un'ora si deve ottenere un valore di durata D_w superiore all'ora.

Se così non fosse, si deve adottare un valore di n , valevole per durate inferiori ad un'ora e calcolare la conseguente durata.

Qualora il risultato ottenuto in questa seconda ipotesi, fosse superiore ad un'ora significa che ci si trova nel punto in cui cambiano i valori di n , ovvero un'ora, e si adotta tale valore.

Portata in uscita

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

$$Q_u = \text{cost}$$

Calcolo della portata massima scaricata

La portata massima scaricata viene calcolata in base alle formule precedenti avendo assunto il battente idrico pari al suo massimo valore all'interno dell'invaso.

Nel caso si adottino più metodi di calcolo contemporaneamente si adotterà il valore maggiore di questi.

Per i metodi semplificati il battente idrico massimo H si calcola con la seguente relazione:

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

dove:

W [m³]: volume invasato

A_{inv} [m²]: area in pianta dell'invaso

Tempo di svuotamento

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

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

dove:

W [m³]: volume invasato massimo

Q_{inf} [m³/s]: portata infiltrata

Q_u [m³/s]: portata scaricata

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

Il tempo di svuotamento dell'invaso non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile. Qualora non si riesca a rispettare il termine di 48 ore, ovvero qualora

il volume calcolato sia realizzato all'interno di aree che prevedono anche volumi aventi altre finalità, il volume complessivo deve essere calcolato tenendo conto che dopo 48 ore deve comunque essere disponibile il volume calcolato. Il volume di laminazione calcolato deve quindi essere incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore. Per considerare l'eventualità che una seconda precipitazione possa avvenire in condizioni di parziale pre-riempimento degli invasi, nonostante si sia rispettato nella progettazione, il progetto valuta il rischio sui beni insediati e prevede misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni stessi in funzione della tipologia degli invasi e della locale situazione morfologica e insediativa. Il tempo di svuotamento T_{sv} viene calcolato con la seguente formula:

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

dove:

W [m³]: volume invasato massimo

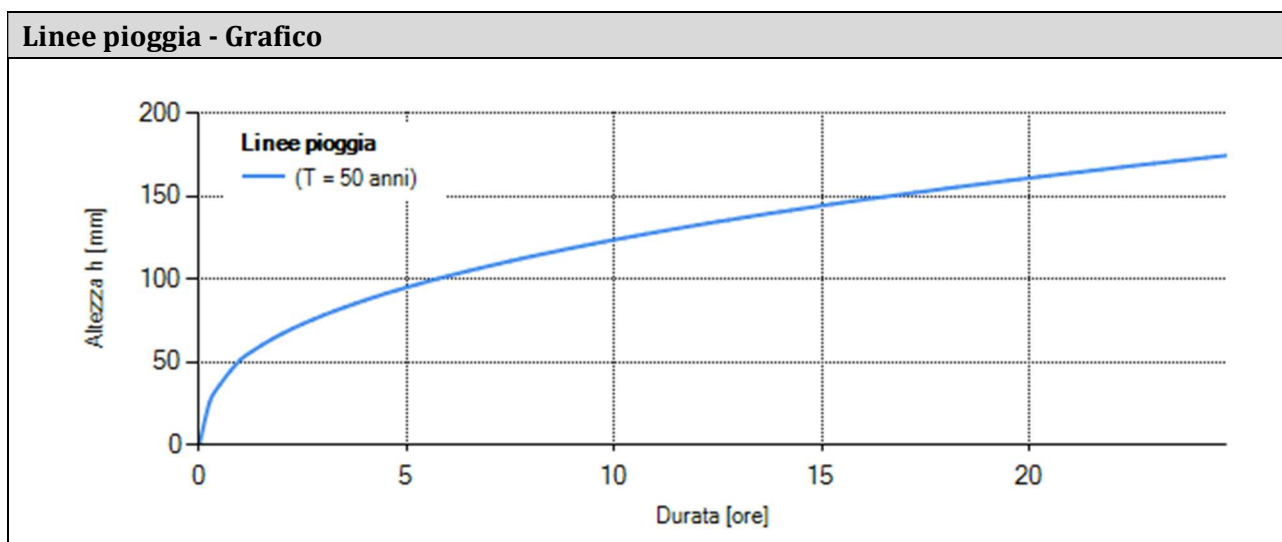
Q_u [m³/s]: portata scaricata

Il calcolo è stato eseguito con il software EC737 della Software - house Edilclima, che ha implementato al suo interno i dati pluviometrici di ARPA Lombardia per il calcolo delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica.

Nel caso specifico si è fatto riferimento a piogge di durata compresa tra 1 e 24 ore ed i parametri della curva di possibilità pluviometrica risultanti sono i seguenti:

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica			
Coefficiente pluviometrico orario	a_1	24,44	mm/h ⁿ
Coefficiente di scala	n	0,3790	-
GEV - Parametro alfa	α	0,3156	-
GEV - Parametro kappa	k	-0,0323	-
GEV - Parametro epsilon	ϵ	0,8053	-
Coefficiente di scala (durata < 1 ora)	n_1	0,5000	-

Nota: A ciascuno dei Comuni della Lombardia sono assegnati cinque parametri per la definizione della pioggia di progetto presi, come indicato dal Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017, dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia (<http://idro.arpalombardia.it/pmapper4.0/map.phtml>). Tali valori corrispondono ai parametri 1-24 ore delle Linee segnalatrici (Progetto Strada).



Linee pioggia - Risultati tabellari	
Durata [ore]	(T= 50 anni) h [mm]
0	0,00
1	51,76
2	67,31
3	78,49
4	87,53
5	95,25
6	102,07
7	108,21
8	113,83
9	119,02
10	123,87
11	128,43
12	132,73
13	136,82
14	140,72
15	144,45
16	148,02
17	151,46
18	154,78
19	157,99
20	161,09
21	164,09
22	167,01
23	169,85
24	172,61

Scelta tempo di ritorno			
Dimensionamento delle opere di invarianza idraulica ed idrologica			
Tempo di ritorno adottato		50	anni
Coefficiente probabilistico	w_T	2,118	-
Parametro pioggia	a	51,757	mm/h ⁿ
<p><i>Nota: Il Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017 definisce i seguenti valori di tempi di ritorno.</i></p> <p><i>T = 50 [anni]: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.</i></p> <p><i>T = 100 [anni]: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche per il dimensionamento e la verifica delle eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi.</i></p>			

Metodo delle sole piogge			
Durata critica	D_w	15,35	ore
Volume invaso minimo	W_0	131,97	m ³
$D_w = \left(\frac{1000 \cdot Q_{umax}}{2,78 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$ $W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$			

A seguito della procedura di calcolo, il volume delle opere di invarianza idraulica con il **METODO DELLE SOLE PIOGGE** risulta pari a **131,97 mc**.

6.3 VERIFICA CON IL METODO DEI REQUISITI MINIMI

Il volume minimo di laminazione calcolato con i requisiti minimi è dato dalla seguente formula:

$$W_{min} = V_{min} \times S_{si}$$

dove:

W_{min} = volume minimo di laminazione

V_{min} = volume di invaso minimo da rispettare (nello specifico caso, trovandoci in area A, esso è pari a 800 m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento)

S_{si} = superficie scolante impermeabile

La Superficie scolante impermeabile (S_{si}) è data dalla superficie totale dell'intervento (S_{tot}) moltiplicata per il coefficiente di afflusso medio ponderale (φ_m) precedentemente calcolato; per cui si ha:

$$S_{si} = S_{tot} \times \varphi_m = 1'543 \text{ mq} \times 0,95 = 1'465,85 \text{ mq} = 0,15 \text{ ha}$$

Ne deriva quindi che il volume minimo di laminazione risulta pari a:

$$W_{min} = V_{min} \times S_{si} = 800 \text{ m}^3/\text{ha}_{imp} \times 0,15 \text{ ha} = 120 \text{ mc}$$

A seguito della procedura di calcolo, il volume delle opere di invarianza idraulica con il **METODO DEI REQUISITI MINIMI** risulta pari a **120 mc**.

6.4 CONFRONTO METODO DELLE SOLE PIOGGE - REQUISITI MINIMI: SCELTA DEL VOLUME DI INVARIANZA IDRAULICA

Come è possibile notare, il metodo delle sole piogge risulta più cautelativo del metodo dei requisiti minimi: il primo indica un volume minimo di circa 132 m³, contro i 120 m³ circa ottenuti con il secondo metodo.

Se ne desume che il Progettista dovrà tenere conto del volume individuato con il metodo delle sole piogge.

Tuttavia, è possibile, in virtù dell'art. 11, comma 2, lettera e.3), ridurre del 30% il volume.

Infatti tale articolo recita: *"il volume di laminazione da adottare per la progettazione degli interventi di invarianza idraulica e idrologica è il maggiore tra quello risultante dai calcoli e quello valutato in termini parametrici come requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 2. Qualora si attui il presente regolamento mediante la realizzazione di sole strutture di infiltrazione, e quindi non siano previsti scarichi verso ricettori, il requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 2, è ridotto del 30 per cento, purché i calcoli di dimensionamento delle strutture di infiltrazione siano basati su prove di permeabilità, allegare al progetto, rispondenti ai requisiti riportati nell'Allegato F.....".*

Per cui ne deriva che il volume che può essere utilizzato per il dimensionamento delle opere di invarianza è: 131,97 m³ x 0,7 = **92,38 m³**

6.5 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEL SISTEMA DI DISPERSIONE

Il progetto prevede di smaltire le acque di invarianza idraulica mediante la realizzazione di pozzi perdenti, ubicati all'estremità est del lotto (quindi esterni al vincolo della fascia di rispetto delle sorgenti segnalata nella Relazione geologica – geotecnica).

Per la valutazione della portata d'infiltrazione del pozzo si considera la Legge di Darcy:

$$Q_f = k \times J \times A_f$$

dove

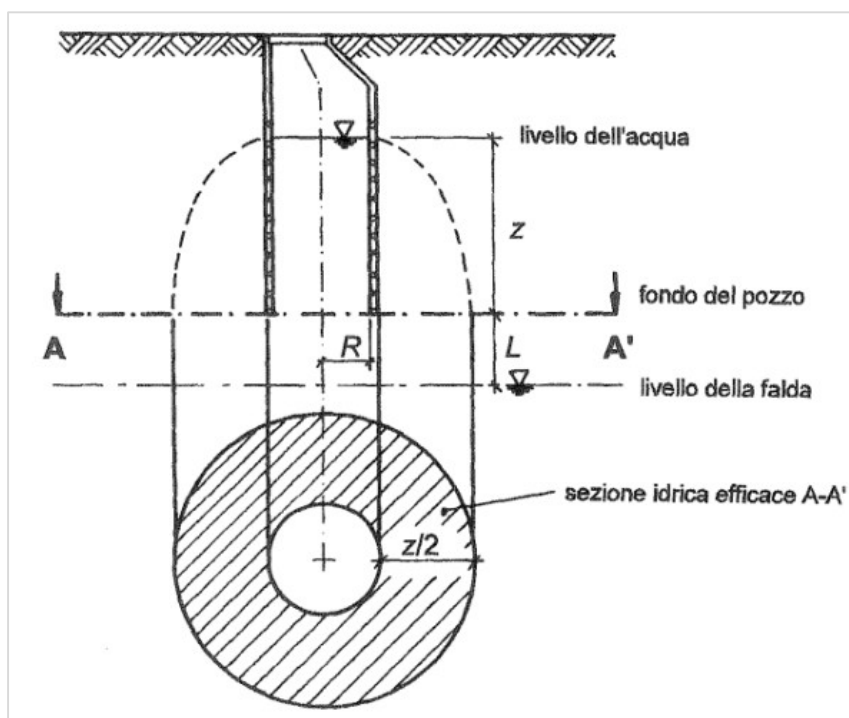
k = coefficiente di permeabilità del terreno [m/s]

J = cadente piezometrica [m/m]

A_f = superficie di filtrazione [mq]

Si rende necessario fare le seguenti ipotesi:

- 1) cadente piezometrica $J = 1$ in quanto durante l'esecuzione delle indagini (e dall'inquadramento idrogeologico della zona) non è stata rinvenuta la falda, quindi si può considerare che essa non interferisca con la profondità di posa del fondo disperdente, garantendo che l'infiltrazione possa avvenire secondo un moto pressoché verticale;
- 2) per il calcolo dell'Area filtrante si considera lo schema seguente:



dove l'area drenante del pozzo corrisponde alla corona circolare di larghezza $z/2$ attorno alla base del pozzo.

Si specifica che il sistema di dispersione del pozzo perdente è applicabile quando il livello massimo di risalita della falda idrica sotterranea è situato sempre, in qualsiasi stagione, ad almeno 2 m al disotto del fondo del pozzo, secondo quanto previsto dall'Allegato 5 della Deliberazione del Comitato Interministeriale per la Tutela delle acque dall'Inquinamento del 4 febbraio 1977", verificando sempre che tra il fondo del pozzo e la falda esiste uno strato di terreno a granulometria fine.

Considerando pozzi perdenti con diametro $D = 2.00$ m, diametro esterno $De = 2.24$ m, altezza dello strato drenante $z = 2$ m (oltre il quale è stata rinvenuta la roccia nella zona di posizionamento dei pozzi), si può determinare A_f considerando un anello di larghezza $z/2$ intorno alla base del pozzo con la seguente formula:

$$A_f = ((De+z/2+z/2)^2 - De^2) \pi/4 = 10,24 \text{ mq}$$

La portata smaltita per filtrazione vale pertanto:

$$Q_f = 0,0012 \times 1 \times 10,24 = 0,012 \text{ mc/sec}$$

Considerando un evento di durata pari a 1 h si ha che il volume infiltrato vale:

$$W_f = 43,2 \text{ mc}$$

Il volume accumulato all'interno del pozzo vale:

$$W_c = \pi \times r^2 \times h = \pi \times 1 \times 2 = 6,28 \text{ mc}$$

Si considera inoltre, ai fini del calcolo, il volume di ghiaione intorno al pozzo avente spessore indicativo di 0.50 m, ottenendo quindi un volume di ghiaia utile per l'invaso di 6,25 mc.

Adottando una porosità del ghiaione pari al 40%, il volume disponibile per l'invaso vale:

$$W_g = 2,5 \text{ mc}$$

$$W_f + W_c + W_g = 43,2 + 6,28 + 2,5 = 51,98 \text{ mc} = \text{volume contenuto in un pozzo}$$

Dal dimensionamento di cui sopra ne deriva che saranno necessari almeno due pozzi perdenti di diametro interno pari a 2 m e altezza pari a 2 m per contenere il volume di invarianza idraulica calcolato.

6.6 CALCOLO DEL TEMPO DI SVUOTAMENTO

Il tempo di svuotamento è determinato dividendo il massimo invaso per la portata l'infiltrazione calcolata:

$$t_{svuot.} = W_{lam} / Q_f = 120 \text{ mc} / 0,012 \text{ mc/sec} = 10'000 \text{ sec} = 2,78 \text{ ore} \ll 48 \text{ ore}$$

7 CALCOLI DELL'INVARIANZA IDRAULICA PER LA PORZIONE RELATIVA AL NUOVO PARCHEGGIO IN ASFALTO (OPERE DI URBANIZZAZIONE)

7.1 INDIVIDUAZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO

Art. 5 – Sistemi di controllo e gestione delle acque pluviali

Il progetto non prevede il riutilizzo delle acque meteoriche con metodologie che possano garantirne il consumo entro 48 ore e quindi nei tempi previsti dal Regolamento Regionale. Si procederà quindi a valutare prioritariamente l'accumulo e la successiva infiltrazione delle acque nel sottosuolo, stante il fatto che la permeabilità del terreno è buona e la falda si trova convenientemente al di sotto del piano di posa delle opere di infiltrazione.

Art. 7 Ambito di riferimento:

Comune di Costa Volpino - Zona C - Area a bassa criticità idraulica.

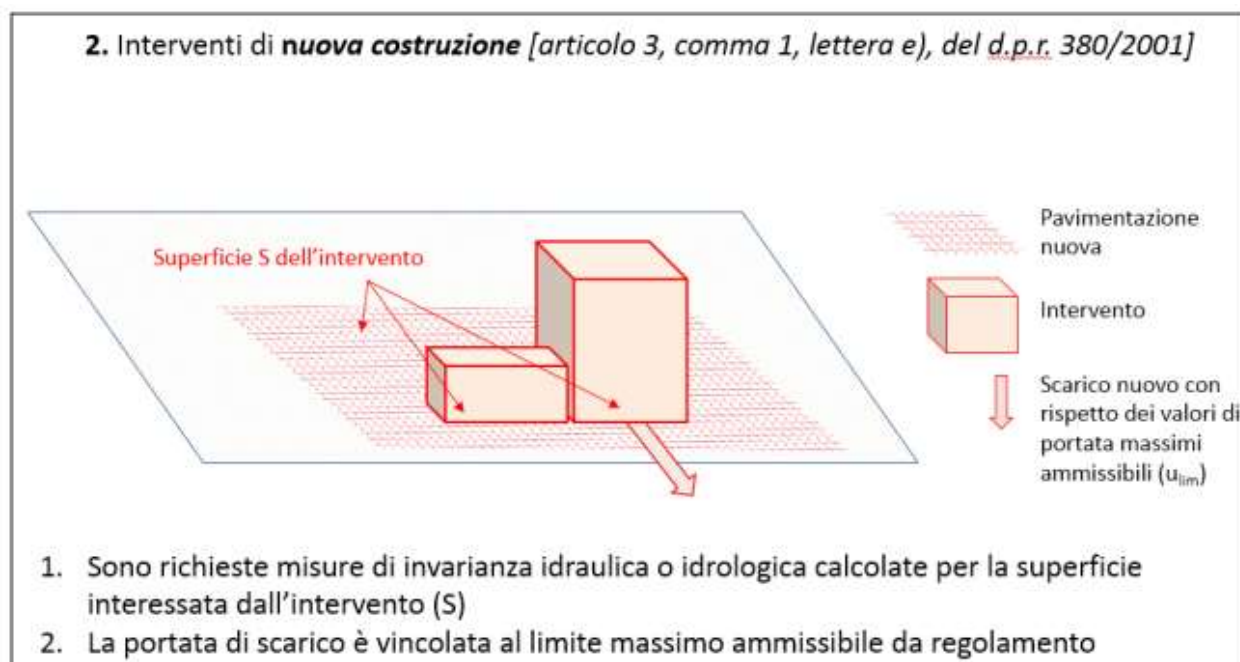
Tuttavia, considerando che l'area di interesse è inquadrabile come "Ambito di trasformazione", si dovranno applicare i limiti e le procedure d'invarianza per le aree a criticità A.

Art. 8 Valori massimi ammissibili allo scarico:

10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

Scelta dello schema esemplificativo degli interventi ai quali applicare o meno le misure di invarianza idraulica e idrologica (All. A della Norma):

Schema n° 2: interventi di nuova costruzione.



Art. 9 Classificazione dell'intervento

Da planimetria CAD consegnata dai Progettisti, risulta una superficie totale degli interventi relativi alle opere di urbanizzazione (parcheggio in asfalto) pari a circa 360 mq, a cui viene applicato – essendo una superficie impermeabile – un coefficiente di deflusso pari a 1.

Il coefficiente di deflusso medio ponderale Φ_m è quindi pari a 1; dal che se ne deduce che la classe di intervento è la **classe 2 "Impermeabilizzazione potenziale media"**.

Art. 11 Metodologie di calcolo:

Metodo delle sole piogge (art. 11 del Regolamento), da confrontare con il Metodo dei requisiti minimi.

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

Di seguito verrà calcolato il volume con la procedura delle sole piogge e successivamente verrà applicato anche il metodo dei requisiti minimi poiché la normativa prevede che il Progettista sia tenuto ad assumere come volume di dimensionamento il più cautelativo tra i valori derivanti dai due metodi.

Si ricorda che, i limiti minimi (per il volume dell'invaso) e massimi (per la portata scaricabile) prescritti per le Aree A ad alta criticità idraulica (come quella che interessa la presente relazione), nel calcolo dei requisiti minimi sono:

- per quanto riguarda il volume dell'invaso, 800 m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- per quanto riguarda la portata massima scaricata nel ricettore, 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

Nella figura successiva viene riportato uno stralcio della tavola fornita dai Progettisti nella quale si evince l'area relativa ai nuovi parcheggi.

Figura 8. Stralcio della planimetria dello stato di progetto nella quale si evince l'area dei nuovi parcheggi.



7.2 VERIFICA CON IL METODO DELLE SOLE PIOGGE

Il metodo delle sole piogge si basa sul confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti, ipotizzando che sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi, considerando costante la portata uscente ed andando a massimizzare il volume accumulato.

Nello specifico la portata media entrante viene calcolata come segue:

$$Q_e = 2,78 \cdot a \cdot \varphi_m \cdot D^{n-1} \cdot A$$

dove:

Q_e [l/s]: portata media entrante

φ_m [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale

A [ha]: area totale interessata dall'intervento
 n [mm/ora]: parametro della linea segnalatrice di pioggia
 D [ore]: durata della precipitazione

Conseguentemente il volume entrate W_e [m³] è pari a:

$$W_e = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^n \cdot A$$

Il volume uscente W_u [m³], essendo ipotizzata costante la portata uscente pari alla massima Q_{umax} [l/s], ha la seguente formulazione:

$$W_u = 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D$$

Pertanto, il volume invasato ad ogni durata D [ore] è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D$$

Attraverso semplici passaggi matematici, derivando l'equazione sopra, si ottiene il valore della durata critica della precipitazione (D_w) ed il conseguente volume critico dell'invaso (W_0):

$$D_w = \left(\frac{1000 \cdot Q_{umax}}{2,78 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$$

dove:

D_w [ore]: durata critica d'invaso
 Q_{umax} [l/s]: portata uscente massima
 W_0 [m³]: volume di laminazione
 a [mm/ora]: parametro della linea segnalatrice di pioggia
 n [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia
 A [ha]: area totale interessata dall'intervento
 φ_m [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale

Si osservi che il parametro n (esponente della curva di possibilità pluviometrica) da utilizzare nelle equazioni precedenti dovrà essere congruente con la durata D_w , tenendo conto che il valore di n è generalmente diverso per le durate inferiori all'ora, per le durate tra 1 e 24 ore e per le durate maggiori di 24 ore.

Adottando valori di n valevoli per durate superiori ad un'ora si deve ottenere un valore di durata D_w superiore all'ora.

Se così non fosse, si deve adottare un valore di n, valevole per durate inferiori ad un'ora e calcolare la conseguente durata.

Qualora il risultato ottenuto in questa seconda ipotesi, fosse superiore ad un'ora significa che ci si trova nel punto in cui cambiano i valori di n, ovvero un'ora, e si adotta tale valore.

Portata in uscita

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

$$Q_u = cost$$

Calcolo della portata massima scaricata

La portata massima scaricata viene calcolata in base alle formule precedenti avendo assunto il battente idrico pari al suo massimo valore all'interno dell'invaso.

Nel caso si adottino più metodi di calcolo contemporaneamente si adotterà il valore maggiore di questi.

Per i metodi semplificati il battente idrico massimo H si calcola con la seguente relazione:

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

dove:

W [m³]: volume invasato

A_{inv} [m²]: area in pianta dell'invaso

Tempo di svuotamento

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

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

dove:

W [m³]: volume invasato massimo

Q_{inf} [m³/s]: portata infiltrata

Q_u [m³/s]: portata scaricata

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

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

Il tempo di svuotamento T_{sv} viene calcolato con la seguente formula:

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

dove:

W [m³]: volume invasato massimo

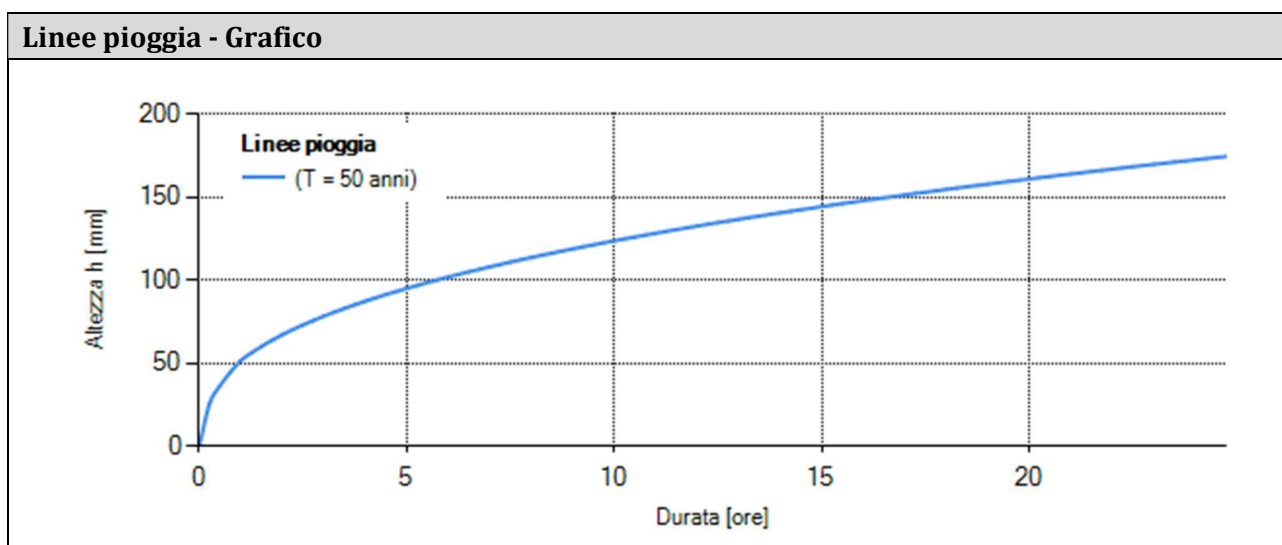
Q_u [m³/s]: portata scaricata

Il calcolo è stato eseguito con il software EC737 della Software – house Edilclima, che ha implementato al suo interno i dati pluviometrici di ARPA Lombardia per il calcolo delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica.

Nel caso specifico si è fatto riferimento a piogge di durata compresa tra 1 e 24 ore ed i parametri della curva di possibilità pluviometrica risultanti sono i seguenti:

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica			
Coefficiente pluviometrico orario	a_1	24,44	mm/h ⁿ
Coefficiente di scala	n	0,3790	-
GEV - Parametro alfa	α	0,3156	-
GEV - Parametro kappa	k	-0,0323	-
GEV - Parametro epsilon	ϵ	0,8053	-
Coefficiente di scala (durata < 1 ora)	n_1	0,5000	-

Nota: A ciascuno dei Comuni della Lombardia sono assegnati cinque parametri per la definizione della pioggia di progetto presi, come indicato dal Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017, dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia (<http://idro.arpalombardia.it/pmapper4.0/map.phtml>). Tali valori corrispondono ai parametri 1-24 ore delle Linee segnalatrici (Progetto Strada).



Linee pioggia - Risultati tabellari	
Durata [ore]	(T= 50 anni) h [mm]
0	0,00
1	51,76
2	67,31
3	78,49
4	87,53
5	95,25
6	102,07
7	108,21
8	113,83
9	119,02
10	123,87
11	128,43
12	132,73
13	136,82

14	140,72
15	144,45
16	148,02
17	151,46
18	154,78
19	157,99
20	161,09
21	164,09
22	167,01
23	169,85
24	172,61

Scelta tempo di ritorno			
Dimensionamento delle opere di invarianza idraulica ed idrologica			
Tempo di ritorno adottato		50	anni
Coefficiente probabilistico	w_T	2,118	-
Parametro pioggia	a	51,757	mm/h ⁿ
<p><i>Nota: Il Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017 definisce i seguenti valori di tempi di ritorno.</i></p> <p><i>T = 50 [anni]: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.</i></p> <p><i>T = 100 [anni]: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche per il dimensionamento e la verifica delle eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi.</i></p>			

Metodo delle sole piogge			
Durata critica	D_w	15,35	ore
Volume invaso minimo	W_0	32,56	m ³
$D_w = \left(\frac{1000 \cdot Q_{umax}}{2,78 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$ $W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$			

A seguito della procedura di calcolo, il volume delle opere di invarianza idraulica con il **METODO DELLE SOLE PIOGGE** risulta pari a **32,56 mc**.

7.3 VERIFICA CON IL METODO DEI REQUISITI MINIMI

Il volume minimo di laminazione calcolato con i requisiti minimi è dato dalla seguente formula:

$$W_{min} = V_{min} \times S_{si}$$

dove:

W_{min} = volume minimo di laminazione

V_{min} = volume di invaso minimo da rispettare (nello specifico caso, trovandoci in area A, esso è pari a 800 m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento)

S_{si} = superficie scolante impermeabile

La Superficie scolante impermeabile (S_{si}) è data dalla superficie totale dell'intervento (S_{tot}) moltiplicata per il coefficiente di afflusso medio ponderale (φ_m) precedentemente calcolato; per cui si ha:

$$S_{si} = S_{tot} \times \varphi_m = 360 \text{ mq} \times 1 = 360 \text{ mq} = 0,036 \text{ ha}$$

Ne deriva quindi che il volume minimo di laminazione risulta pari a:

$$W_{min} = V_{min} \times S_{si} = 800 \text{ m}^3/\text{ha}_{imp} \times 0,036\text{ha} = 28,80 \text{ mc}$$

A seguito della procedura di calcolo, il volume delle opere di invarianza idraulica con il **METODO DEI REQUISITI MINIMI** risulta pari a **28,80 mc**.

7.4 CONFRONTO METODO DELLE SOLE PIOGGIE – REQUISITI MINIMI: SCELTA DEL VOLUME DI INVARIANZA IDRAULICA

Come è possibile notare, il metodo delle sole piogge risulta più cautelativo del metodo dei requisiti minimi: il primo indica un volume minimo di circa 33 m³, contro i 28,80 m³ circa ottenuti con il secondo metodo.

Se ne desume che il Progettista dovrà tenere conto del volume individuato con il metodo delle sole piogge.

Tuttavia, è possibile, in virtù dell'art. 11, comma 2, lettera e.3), ridurre del 30% il volume.

Infatti tale articolo recita: *“il volume di laminazione da adottare per la progettazione degli interventi di invarianza idraulica e idrologica è il maggiore tra quello risultante dai calcoli e quello valutato in termini parametrici come requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 2. Qualora si attui il presente regolamento mediante la realizzazione di sole strutture di infiltrazione, e quindi non siano previsti scarichi verso ricettori, il requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 2, è ridotto del 30 per cento, purché i calcoli di dimensionamento delle strutture di infiltrazione siano basati su prove di permeabilità, allegare al progetto, rispondenti ai requisiti riportati nell'Allegato F.....”.*

Per cui ne deriva che il volume che può essere utilizzato per il dimensionamento delle opere di invarianza è: 32,56 m³ x 0,7 = **22,80 m³**

7.5 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEL SISTEMA DI DISPERSIONE

Il progetto prevede di smaltire le acque di invarianza idraulica mediante la realizzazione di pozzi perdenti, ubicati all'estremità est del lotto (quindi esterni al vincolo della fascia di rispetto delle sorgenti segnalata nella Relazione geologica – geotecnica).

Per la valutazione della portata d'infiltrazione del pozzo si considera la Legge di Darcy:

$$Q_f = k \times J \times A_f$$

dove

k = coefficiente di permeabilità del terreno [m/s]

J = cadente piezometrica [m/m]

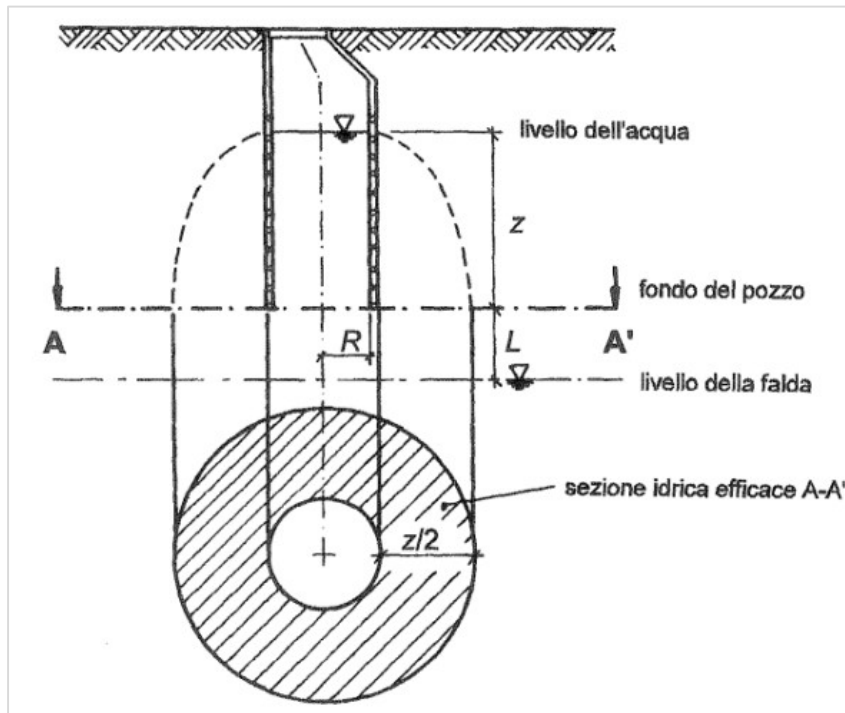
A_f = superficie di filtrazione [mq]

Si rende necessario fare le seguenti ipotesi:

1) cadente piezometrica J = 1 in quanto durante l'esecuzione delle indagini (e dall'inquadramento idrogeologico della zona) non è stata rinvenuta la falda, quindi si può considerare che essa non

interferisca con la profondità di posa del fondo disperdente, garantendo che l'infiltrazione possa avvenire secondo un moto pressoché verticale;

2) per il calcolo dell'Area filtrante si considera lo schema seguente:



dove l'area drenante del pozzo corrisponde alla corona circolare di larghezza $z/2$ attorno alla base del pozzo.

Si specifica che il sistema di dispersione del pozzo perdente è applicabile quando il livello massimo di risalita della falda idrica sotterranea è situato sempre, in qualsiasi stagione, ad almeno 2 m al disotto del fondo del pozzo, secondo quanto previsto dall'Allegato 5 della Deliberazione del Comitato Interministeriale per la Tutela delle acque dall'Inquinamento del 4 febbraio 1977", verificando sempre che tra il fondo del pozzo e la falda esiste uno strato di terreno a granulometria fine.

Considerando pozzi perdenti con diametro $D = 1.00$ m, diametro esterno $De = 1.12$ m, altezza dello strato drenante $z = 2$ m (oltre il quale è stata rinvenuta la roccia nella zona di posizionamento dei pozzi), si può determinare A_f considerando un anello di larghezza $z/2$ intorno alla base del pozzo con la seguente formula:

$$A_f = ((De + z/2 + z/2)^2 - De^2) \pi / 4 = 6,66 \text{ mq}$$

La portata smaltita per filtrazione vale pertanto:

$$Q_f = 0,0012 \times 1 \times 6,66 = 0,008 \text{ mc/sec}$$

Considerando un evento di durata pari a 1 h si ha che il volume infiltrato vale:

$$W_f = 28,77 \text{ mc}$$

Il volume accumulato all'interno del pozzo vale:

$$W_c = \pi \times r^2 \times h = \pi \times 0,5^2 \times 2 = 1,57 \text{ mc}$$

Si considera inoltre, ai fini del calcolo, il volume di ghiaione intorno al pozzo avente spessore indicativo di 0.50 m, ottenendo quindi un volume di ghiaia utile per l'invaso di 1,57 mc. Adottando una porosità del ghiaione pari al 40%, il volume disponibile per l'invaso vale:

$$W_c = 0,63 \text{ mc}$$

$$W_f + W_c + W_g = 28,77 + 1,57 + 0,63 = 30,97 \text{ mc} = \text{volume contenuto in un pozzo}$$

Dal dimensionamento di cui sopra ne deriva che basta un solo pozzo perdente di diametro interno pari a 1 m e altezza pari a 2 m per contenere il volume di invarianza idraulica calcolato.

7.6 CALCOLO DEL TEMPO DI SVUOTAMENTO

Il tempo di svuotamento è determinato dividendo il massimo invaso per la portata l'infiltrazione calcolata:

$$t_{\text{svuot.}} = W_{\text{lam}} / Q_f = 22,80 \text{ mc} / 0,008 \text{ mc/sec} = 2850 \text{ sec} = 0,80 \text{ ore} \ll 48 \text{ ore}$$

8 PIANO DI MANUTENZIONE

MANUTENZIONE ORDINARIA E STRAORDINARIA

1) Pluviali:

- Inserire nelle grondaie filtri per foglie e altri detriti in modo da evitare l'occlusione delle tubazioni.
- Ispezionare le grondaie almeno ogni 6 mesi e procedere alla pulizia delle stesse all'occorrenza.

2) Tubazioni interrato in PVC

Le tubazioni dell'impianto di smaltimento delle acque provvedono allo sversamento dell'acqua nei pozzi perdenti.

Si possono riscontrare le seguenti anomalie:

- Accumulo di grasso che si deposita sulle pareti dei condotti.
- Perdite del fluido in prossimità di raccordi dovute a errori o sconnessioni delle giunzioni.
- Accumulo di depositi minerali sulle pareti dei condotti.
- Odori sgradevoli
- Penetrazione all'interno dei condotti di radici vegetali che provocano intasamento del sistema.
- Accumulo di depositi minerali sul fondo dei condotti che può causare l'ostruzione delle condotte.

Ogni 12 mesi verificare l'integrità delle tubazioni con particolare attenzione ai raccordi tra tronchi di tubo; inoltre ogni 12 mesi eseguire una pulizia dei sedimenti formati e che provocano ostruzioni diminuendo la capacità di trasporto dei fluidi

3) Pozzetti e caditoie

- Verificare lo stato generale e l'integrità della griglia e della piastra di copertura dei pozzetti, della base di appoggio e delle pareti laterali ogni 12 mesi.
- Eseguire una pulizia dei pozzetti mediante asportazione dei fanghi di deposito e lavaggio con acqua a pressione ogni 12 mesi.
- Sostituire i chiusini e i pozzetti danneggiati quando occorre.

4) Pozzi perdenti

Periodicamente (generalmente ogni sei mesi) si dovrà controllare e rimuovere eventuali accumuli di sedimenti o fanghi dal fondo.

Rogno, lì ottobre 2024

Dott. ssa Geol. Elena Nostrani

