

BRESCIA

POZZOLENGO

provincia
comune

PIANO ATTUATIVO "MONTE DEGLI OLIVI"

titolo progetto

GIOFRA srl

richiedente

Geom. ENNIO ZAMBELLI

progettista

STUDIO DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA (ai sensi del R.R. della Lombardia 7/2017 e ss.mm.ii.)

I TECNICI INCARICATI

DOTT. GEOL. MAURO MANCINI



DOTT. GEOL. MAURO MICHELE GRUZZOLI



SOMMARIO

PREMESSA.....	pag. 3
1. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	pag. 4
2. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA	pag. 7
3. VINCOLI, SICUREZZA IDRAULICA.....	pag. 8
4. APPORTI METEORICI E VOLUMI DA REGIMARE	pag. 9
5. PERMEABILITÀ DEI TERRENI.....	pag. 11
6. DISPONIBILITÀ DELLA RETE IDROGRAFICA	pag. 13
7. QUALITÀ DELLE ACQUE	pag. 14
8. TEMPO DI SVUOTAMENTO	pag. 14
CONCLUSIONI.....	pag. 15

SUPERFICI DI PROGETTO (LOTTI ESCLUSI)	
353,57 m ²	Superficie Permeabile
0,00 m ²	Superficie Semi-Permeabile
1.093,37 m ²	Superficie Impermeabile
1.446,94 m ²	Superficie Totale



PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto dalla Ditta richiedente il permesso edile si è provveduto a produrre il presente STUDIO DI INVARIANZA IDRAULICA relativo ad un nuovo Piano di lottizzazione residenziale previsto in territorio comunale di Pozzolengo (Bs); l'area è censita catastalmente al Foglio 8° e particelle n. 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540.

Il Piano attuativo interessa una superficie complessiva di circa 5 mila metri quadrati, e comprende 6 lotti, una strada interna di lottizzazione con relativi marciapiedi e parcheggi.

Il presente studio consegue ai disposti del R.R. della Lombardia 7/2017 ed alle successive modifiche ed integrazioni cui R.R. 7/2018, R.R. 8/2019 e R.R. 18/2019.

Nel caso in esame si hanno le seguenti condizioni progettuali:

- SUPERFICIE INTERVENTO (IMPERMEABILE): 0,1093 ha (1093,37 m²)
- COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE: 0,80
- CRITICITÀ IDRAULICA: Area B (Pozzolengo)

La Normativa regionale prevede uno screening del sito di intervento e del grado di impermeabilizzazione dello stesso secondo il seguente schema:

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	≤ 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		
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		

Caso in esame

Dalle precedenti condizioni al contorno consegue che per calcolare il volume di invaso si dovrà utilizzare il METODO DELLE SOLE PIOGGE (art. 11 comma 2 – R.R. della Lombardia 7/2017); comunque, l'art. 7 comma 5 del R.R. richiede che "indipendentemente dall'ubicazione territoriale, sono assoggettate ai limiti e alle procedure indicati nel presente regolamento per le aree A di cui al comma 3, anche le aree lombarde inserite nei PGT comunali come ambiti di trasformazione o anche come piani attuativi previsti nel piano delle regole"; inoltre, è richiesto che eventuali scarichi in corpo ricettore siano limitati per consentire nelle aree A portate di 10 l/s per ettaro (art. 8 comma 1 lettera a).

1. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

L'area di intervento è posta al margine settentrionale dell'abitato di Pozzolengo, alle pendici di una dorsalina morenica (Monte degli Olivi) prosecuzione di quella su cui è edificato il centro storico del capoluogo; il territorio si presenta pertanto collinare e sebbene l'appezzamento si mostri in gran parte sub pianeggiante (quota media circa 114 m s.l.m.) è presente un orlo di terrazzo a valle ed uno a monte con dislivelli di ordine metrico.

ESTRATTO DA
TAVOLETTA I.G.M.
(SCALA 1:25.000)

● Area di
intervento

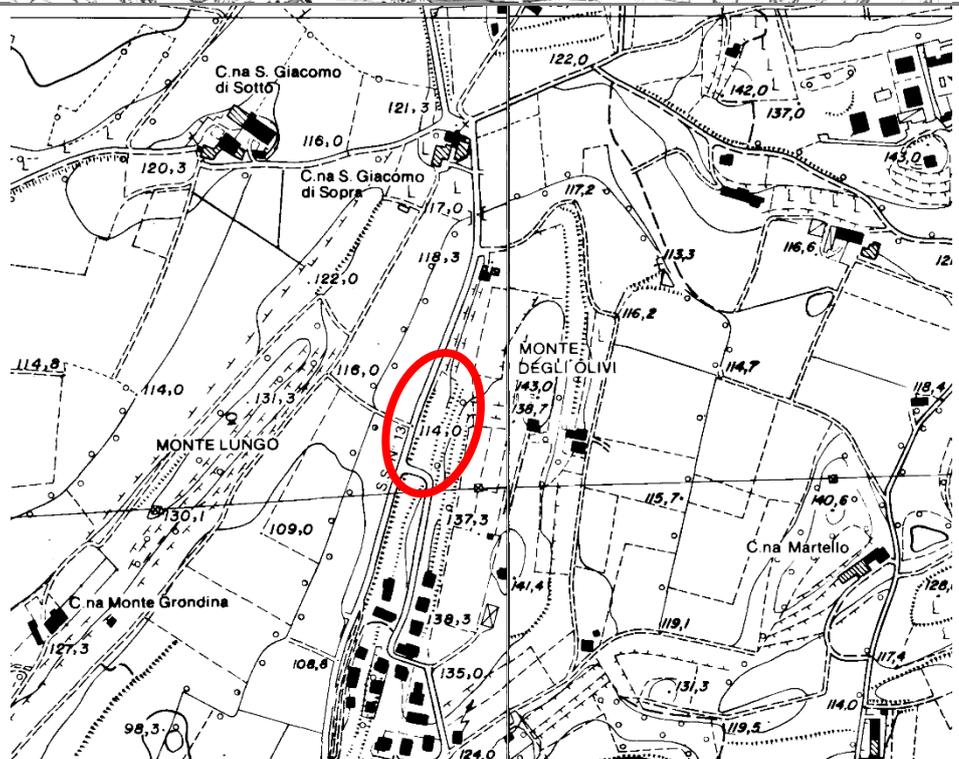
CARATTERISTICHE
TOPOGRAFICHE:
collinare,
digradante



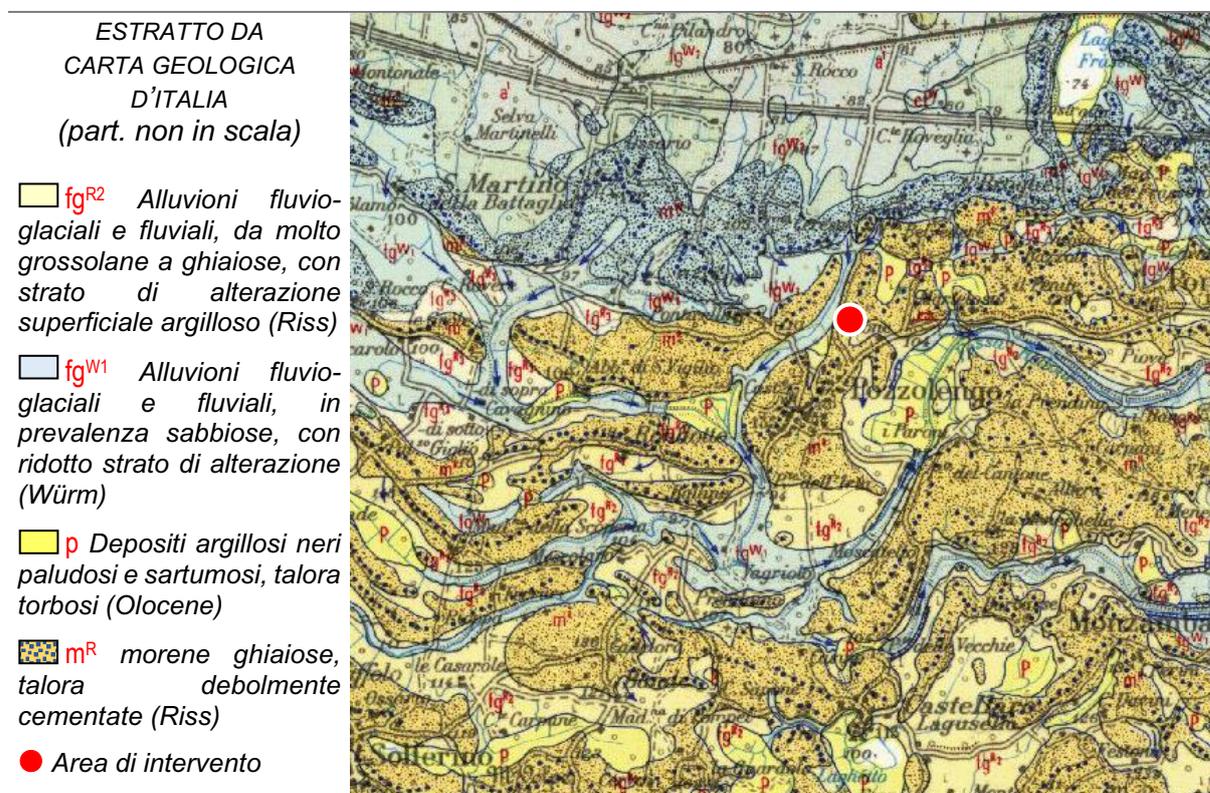
ESTRATTO DA
C.T.R.
(SCALA 1:10.000)

○ Area di
intervento

QUOTA
TOPOGRAFICA:
114 m s.l.m.



Il sito in esame appartiene all'anfiteatro morenico frontale del Garda e tutta la zona è caratterizzata dalla presenza di materiali clastici trasportati, prima, dal grande ghiacciaio gardesano e poi ripresi dai torrenti scaricatori glaciali; ne risulta pertanto una situazione litologica disomogenea ed infatti le colline moreniche sono costituite da una mescolanza caotica di ciottoli, sabbia e ghiaia, ed una matrice limoso argillosa, talora prevalente; gli elementi di maggior dimensione consentono di riconoscere i litotipi da cui hanno avuto origine ovvero il bacino montano del ghiacciaio e sono di natura calcarea / dolomitica o silicea. I sedimenti affioranti in sito sono cartografati nella Carta Geologica d'Italia (Foglio n. 48, Peschiera del Garda - scala 1:100.000) come *depositi alluvionali e fluvioglaciali in prevalenza sabbiosi* di epoca wurmiana, al limite con *sedimenti alluvionali e fluvioglaciali grossolani (ghiaie e ciottoli)* di epoca rissiana; nelle aree intramoreniche maggiormente depresse si possono riscontrare *depositi argillosi paludosi* di età Olocenica.



Il rilevamento di dettaglio proposto nella Carta geologica redatta da S. Venzo (1965), proposta a seguire, consente di osservare come l'area sia posta a settentrione della collina morenica la cui cresta attraversa l'abitato di Pozzolengo con andamento Nord Est-Sud Ovest; i depositi morenici rissiani si presentano talvolta cementati e quando il suolo superficiale è stato dilavato, le ghiaie bianche sottostanti possono essere mal interpretate ed attribuite alle cerchie moreniche di epoca würmiana.



Il territorio a cui appartiene il sito è caratterizzato dalla presenza di cerchie collinari generalmente sub parallele alla sponda meridionale del lago e che si spingono per parecchi chilometri più a Sud; le creste testimoniano le posizioni assunte nel passato dalla fronte glaciale ed in queste posizioni per effetto dello scioglimento del ghiaccio, si depositavano in maniera caotica e senza selezione granulometrica, i materiali solidi inclusi nel ghiaccio; le aree pianeggianti presenti fra le cerchie moreniche si sono formate ad opera dei torrenti scaricatori glaciali che hanno ripreso i materiali ghiaioso-sabbiosi depositandoli a formare aree pianeggianti; nelle zone maggiormente depresse ed isolate si depositavano i sedimenti più fini che per le minor caratteristiche di permeabilità facilitavano la formazione di aree paludose. Successivamente all'attività glaciale, arrestata da tempi storici, i corsi d'acqua hanno contribuito a rimodellare il territorio sovrapponendo agli episodi deposizionali quelli erosivi, alternando fasi di alta energia (piene) ad episodi di bassa energia (magre); venendo ad interrompersi questi processi morfogenetici naturali, le forme presenti sono per lo più relitte; a meno dei cordoni morenici, le altre strutture geomorfologiche di tipo alluvionale risultano normalmente poco evidenti a causa dell'intervento antropico di tipo insediativo ed agricolo.

2. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

Nelle vicinanze del sito sono presenti alcuni corsi d'acqua di modesta rilevanza, posti a quote inferiori a valle del cordone morenico su cui è edificato l'abitato di Pozzolengo; di questi, il Fosso Redone Superiore scola le acque dei canali minori circostanti, recapitando infine le acque nel Fiume Mincio.

Nel territorio in esame sono presenti cinque unità con caratteristiche idrogeologiche differenti che a partire dal grado di permeabilità decrescente sono:

- *Unità dei terrazzi fluvioglaciali (permeabilità alta)*, corrisponde ai depositi ghiaiosi grossolani con scarsa matrice fine argillo-limosa;
- *Unità dei cordoni morenici (permeabilità medio-alta)*, corrisponde ai depositi sabbiosi intercalati a ghiaie talora cementate; il PGT inserisce l'area in esame in questo ambito, tuttavia, lo scavo e la prova di permeabilità eseguita in sito hanno rinvenuto in superficie un paio di metri di sedimenti limo-sabbiosi dotati di permeabilità inferiore.
- *Unità di fondovalle (permeabilità media)*, corrisponde ai depositi fluviali e fluvioglaciali a composizione eterogenea ghiaioso-sabbioso-limosa;
- *Unità della pianura di Rovaglia (permeabilità medio-bassa)*, corrisponde ai depositi colluviali, fluvioglaciali e di conoide depositati in aree con pendenze contenute ed è costituita da sedimenti grossolani frammisti a fini;
- *Unità delle Torbe (permeabilità bassa)*, corrisponde ai depositi inframorenici dove prevaleva il ristagno delle acque, i sedimenti sono prevalentemente fini con tenore di sostanza organica talora prevalente;

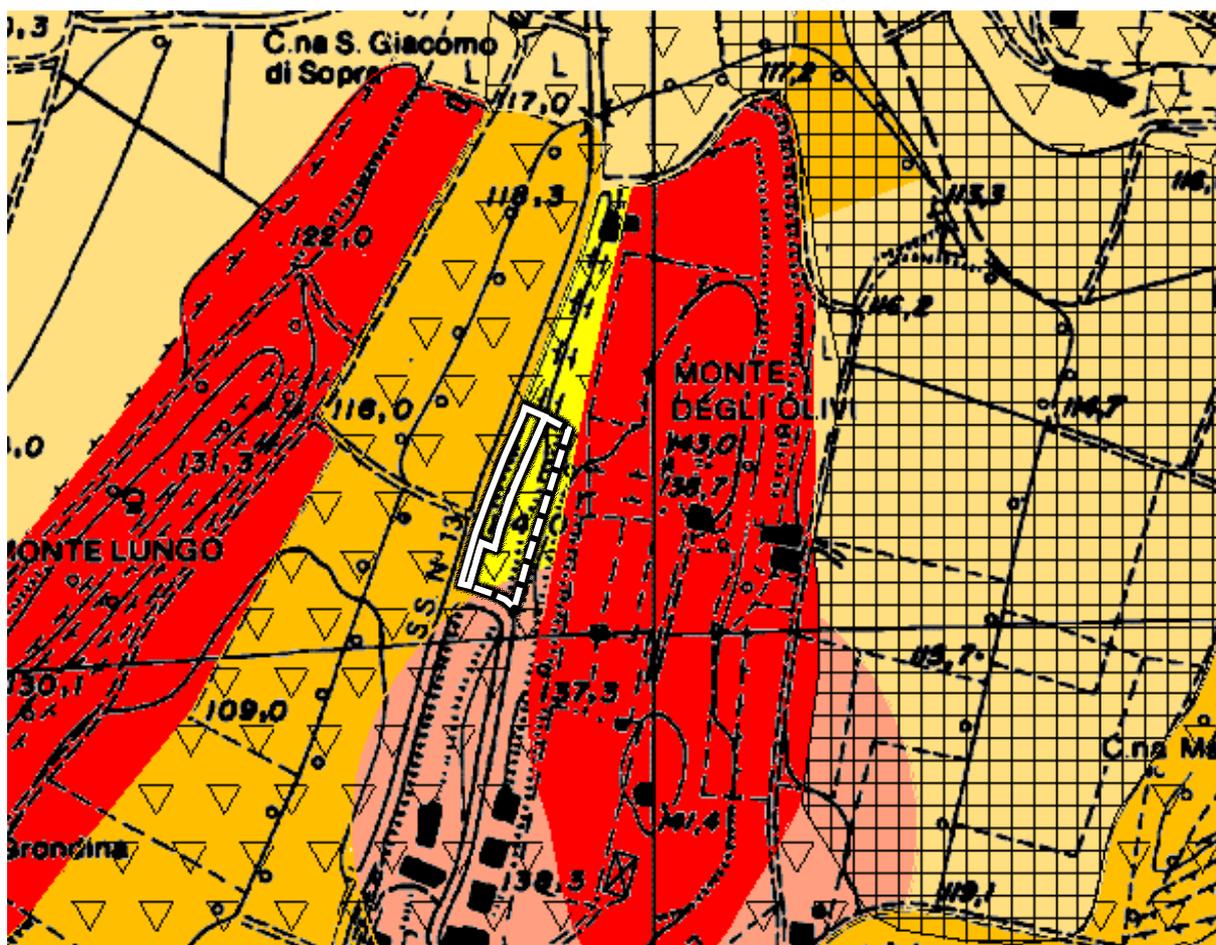
La circolazione idrica della falda principale avviene in corrispondenza dei livelli ghiaiosi-sabbiosi presenti in profondità, intercalati ed alternati a materiali argillo-limosi; i livelli acquiferi risultano tra loro comunicanti ed in pressione in quanto tra i depositi permeabili e quelli meno permeabili vi è soluzione di continuità, legata al particolare tipo di genesi dei depositi; la potenzialità dei livelli acquiferi varia sensibilmente in relazione al loro spessore, alla granulometria dei depositi ed alle modalità di alimentazione.

La complessità idrogeologica del territorio non consente di ricostruire l'andamento della falda su scala di dettaglio, ciò è dimostrato dall'assenza di carte tematiche anche a livello di PGT; gli scavi esplorativi eseguiti nell'area sono stati spinti fino a circa -2,5/3 m, profondità in cui affiorano sedimenti ghiaiosi addensati; alla data di indagine (03.12.2021) a tali quote non si sono intercettate venute d'acqua; la misurazione effettuata nel foro dell'indagine geotecnica, ha escluso la falda almeno fino alla profondità di circa -4 m da p.c. attuale; le informazioni contenute nel PGT comunale, indicanti per questa porzione di territorio una soggiacenza della prima falda di 2-3 m, fanno comprendere la complessità idrogeologica delle aree del contesto morenico che non può essere riassunta in modo univoco.

3. VINCOLI, SICUREZZA IDRAULICA

L'area in tempi storici recenti non ha subito esondazioni od altri episodi di dissesto idrogeologico ed è da ritenersi sicura sotto il profilo idraulico, di fatto anche il P.G.T. comunale di Pozzolengo non evidenzia per il sito vincoli di ordine idraulico; in termini idrogeologici (*Carta di sintesi – tavola 6*) siamo in area a vulnerabilità alta con soggiacenza della falda presunta tra 2 e 3 m e sedimenti caratterizzati da buoni parametri geotecnici.

La *Carta della fattibilità geologica* (tavola 7 PGT) descrive il sito d'intervento nella classe seconda ossia con modeste limitazioni in guisa delle buone caratteristiche geomeccaniche.



 Classe di fattibilità seconda
(fattibilità con modeste limitazioni)

 Classe di fattibilità terza (3a)
(fattibilità con consistenti limitazioni - Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche)

 Classe di fattibilità terza (3b)
(fattibilità con consistenti limitazioni:
- Aree acclivi corrispondenti alle scarpate
- Aree ad elevata vulnerabilità idrogeologica
- Aree a vulnerabilità idraulica)

 Classe di fattibilità terza
Zona di rispetto dei pozzi pubblici
(D.LGS. 258/2000)

 Classe di fattibilità quarta
(fattibilità con gravi limitazioni)

 Classe di fattibilità quarta
Zona di tutela assoluta dei pozzi pubblici
(D.LGS. 258/2000)

 PL Monte degli Ulivi

ESTRATTO DA CARTA FATTIBILITÀ GEOLOGICA (PGT Pozzolengo)

4. APPORTI METEORICI E VOLUMI DA REGIMARE

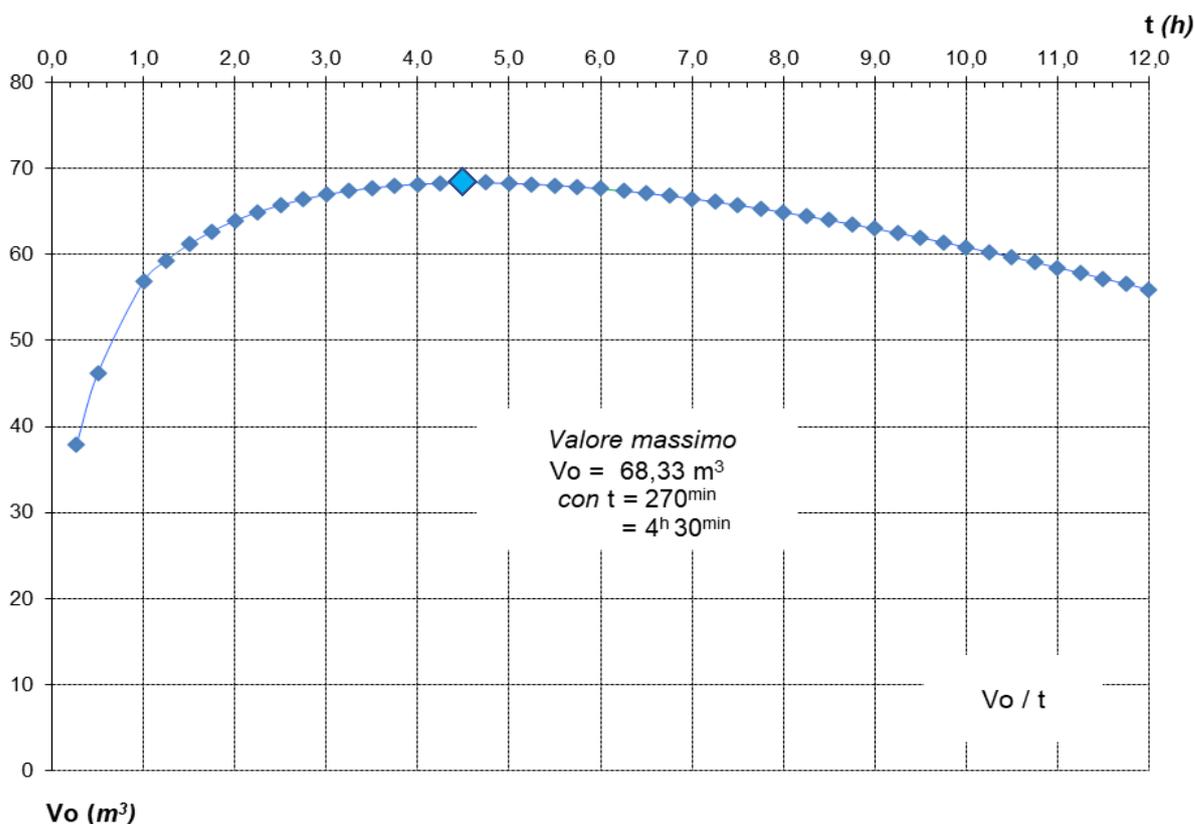
L'applicazione dei coefficienti previsti dall'art. 11 comma 2 lettera d R.R. 7/2017 per le varie superfici di progetto, consente di determinare la superficie di deflusso (S_D) e da questa il coefficiente di deflusso medio (φ) dell'area che esprime il rapporto tra la superficie di deflusso e la superficie di intervento (S_T).

TIPOLOGIA D'USO	Estensione (m ²)		COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	Estensione (m ²)
Sup. permeabile	353,57	→	0,20	70,71
Sup. semi permeabile	--	→	0,70	--
Sup. impermeabili	1.093,37	→	1,00	1.093,37
SUPERFICIE TOTALE (S_T)	1.446,94		SUPERFICIE DI DEFLUSSO (S_D)	1.164,08
COEFF. DI DEFLUSSO φ (= S_D / S_T)				0,80

Il coefficiente di deflusso così ottenuto, assieme ai dati meteorologici reperibili sulla cartografia regionale, ci consente di stimare il volume delle acque piovane da regimare con un opportuno procedimento di regressione di potenza è possibile ottenere la curva di possibilità pluviometrica interpolata:

$$h = a \times t^n \quad \Downarrow \quad h = 53,3 \times t^{0,2597}$$

Di seguito si riporta il calcolo del volume massimo in m³ calcolato con il metodo di Gumbel nel caso di un evento piovoso eccezionale con tempo di ritorno T_c pari a 50 anni considerando un coefficiente udometrico pari a 10 l/sec per ettaro come prescrive la Normativa per le Aree di trasformazione (indifferentemente se anche B o C).



Quantitativo di acqua da regimare
 - in relazione ad eventi di pioggia eccezionale con tempi di ritorno di 50 anni -

Coefficienti delle curve di possibilità pluviometrica	
a =	53,3
n =	0,2597
4/3 n =	0,346
	per t (h) ≥ 1
	per t (h) < 1

Coefficiente udometrico	
U =	10 l/sec/ha

Superficie totale interessata	
S =	0,00145 km ²

Coefficiente di deflusso	
φ =	0,80

t = tempo di corrivazione (ore)

$$h = a \times t^n$$

$$Qa = (0,278 \times S \times \phi \times h) / t$$

$$Va = Qa \times t \times 3600$$

$$Vu = U \times S \times t \times 3600 / 10$$

$$Vo = Va - Vu$$

t (h:m,s)	t (h)	t (min)	t (sec)	h (mm)	Qa (m ³ /sec)	Va (m ³)	Vu (m ³)	Vo (m ³)
00:16,0	0,27	16	960	33,73	0,041	39	1	37,9
00:30,0	0,50	30	1800	41,93	0,027	49	3	46,2
01:00,0	1,00	60	3600	53,30	0,017	62	5	56,9
01:15,0	1,25	75	4500	56,48	0,015	66	7	59,3
01:30,0	1,50	90	5400	59,22	0,013	69	8	61,2
01:45,0	1,75	105	6300	61,64	0,011	72	9	62,7
02:00,0	2,00	120	7200	63,81	0,010	74	10	63,9
02:15,0	2,25	135	8100	65,79	0,009	77	12	64,9
02:30,0	2,50	150	9000	67,62	0,009	79	13	65,8
02:45,0	2,75	165	9900	69,31	0,008	81	14	66,4
03:00,0	3,00	180	10800	70,90	0,008	83	16	67,0
03:15,0	3,25	195	11700	72,39	0,007	84	17	67,4
03:30,0	3,50	210	12600	73,79	0,007	86	18	67,7
03:45,0	3,75	225	13500	75,13	0,006	88	20	68,0
04:00,0	4,00	240	14400	76,40	0,006	89	21	68,2
04:15,0	4,25	255	15300	77,61	0,006	90	22	68,28
04:30,0	4,50	270	16200	78,77	0,006	92	23	68,33
04:45,0	4,75	285	17100	79,88	0,005	93	25	68,32
05:00,0	5,00	300	18000	80,96	0,005	94	26	68,27
05:15,0	5,25	315	18900	81,99	0,005	96	27	68,2
05:30,0	5,50	330	19800	82,98	0,005	97	29	68,0
05:45,0	5,75	345	20700	83,95	0,005	98	30	67,8
06:00,0	6,00	360	21600	84,88	0,005	99	31	67,6
06:15,0	6,25	375	22500	85,79	0,004	100	33	67,4
06:30,0	6,50	390	23400	86,66	0,004	101	34	67,1
06:45,0	6,75	405	24300	87,52	0,004	102	35	66,8
07:00,0	7,00	420	25200	88,35	0,004	103	36	66,5
07:15,0	7,25	435	26100	89,16	0,004	104	38	66,1
07:30,0	7,50	450	27000	89,95	0,004	105	39	65,7
07:45,0	7,75	465	27900	90,71	0,004	106	40	65,3
08:00,0	8,00	480	28800	91,47	0,004	107	42	64,9
08:15,0	8,25	495	29700	92,20	0,004	107	43	64,4
08:30,0	8,50	510	30600	92,92	0,004	108	44	64,0
08:45,0	8,75	525	31500	93,62	0,003	109	46	63,5
09:00,0	9,00	540	32400	94,31	0,003	110	47	63,0

Dai calcoli eseguiti sulla base di eventi piovosi con tempo di ritorno eccezionale di 50 anni, il volume di acque piovane da regimare è risultato di circa 68,33 m³.

Il minimo regolamentare (art. 12 comma 2 lett. b – R.R. 18/2019) per le Aree B a media criticità non deve essere inferiore al valore di 500 m³/ha di superficie scolante impermeabile ovvero:

500 m ³ /ha x 0,109337 ha = 54,7 m ³
--

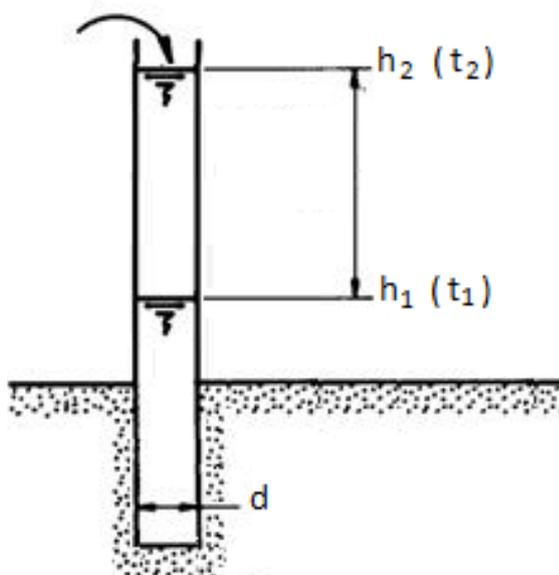
La normativa prevede che si adotti il valore più elevato tra quello calcolato con il metodo delle piogge e quello minimo di legge calcolato sulla superficie scolante impermeabile, pertanto dovranno essere invasati almeno 68,33 m³ (>54,7)

5. PERMEABILITÀ DEI TERRENI

Per la determinazione in loco del coefficiente di permeabilità k , considerate le informazioni generali acquisite dalle prove penetrometriche eseguite in loco per il medesimo intervento, si è ritenuto idoneo l'impiego del metodo a carico variabile; questo approccio è impiegabile su terreni dotati di media bassa permeabilità.

Il sistema prevede la misurazione del tempo impiegato per l'abbassamento della colonna d'acqua immessa in un tubo con fondo aperto, a contatto con il terreno; per facilitare la misura di cronometraggio, nel tubo è stato inserito un freatimetro con sonda a segnale acustico.

I manuali tecnici specificano che il diametro dell'attrezzatura di rilevamento deve essere proporzionale alla granulometria del materiale indagato; considerato che i livelli stratigrafici rilevabili in sito si presentavano come un insieme di materiali medio-fini (limi sabbiosi), si è adottato un diametro idoneo alla granulometria maggiore in coerenza con le indicazioni della stessa bibliografia tecnica (AGI, 1977).



Di seguito si riporta la formula di calcolo.

Pozzetto circolare

$$k = \frac{d(h_2 - h_1)}{32(t_2 - t_1)h_m}$$

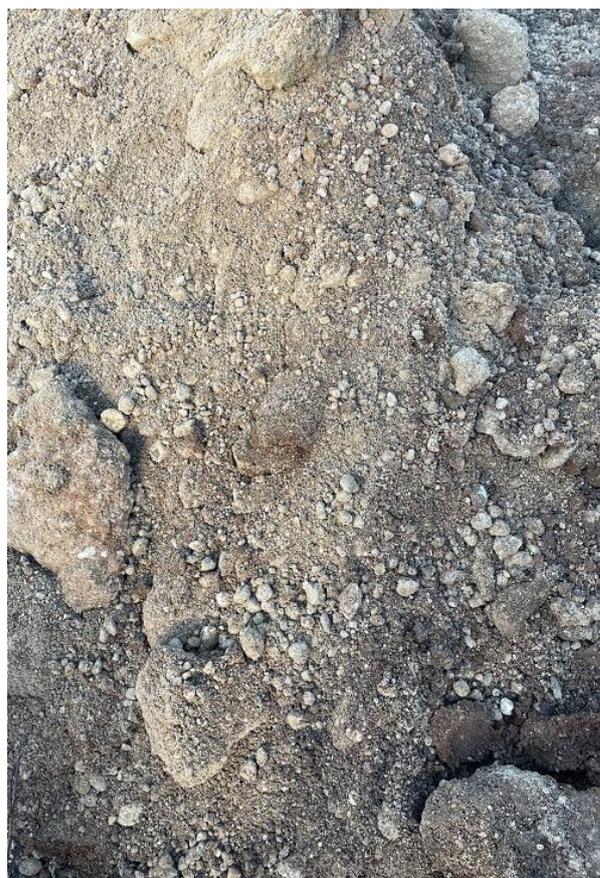
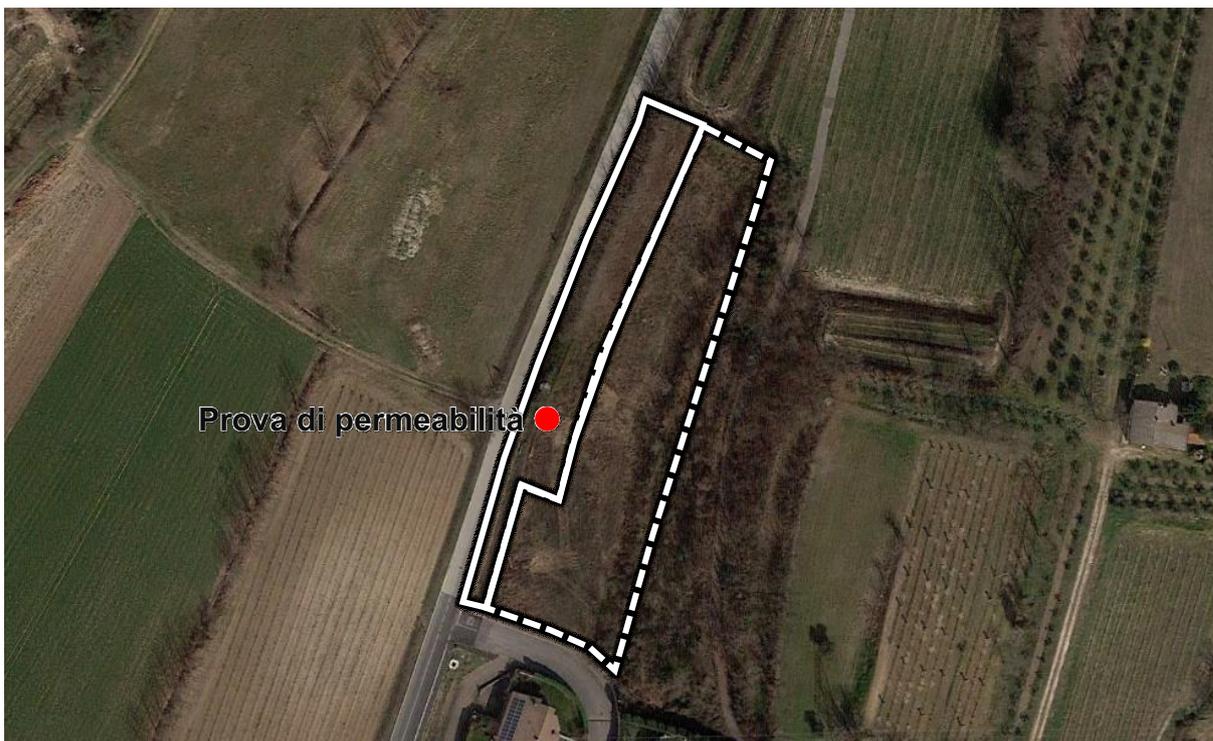
dove:

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

$t_2 - t_1$ = intervallo di tempo;

$h_2 - h_1$ = variazione di livello dell'acqua nell'intervallo $t_2 - t_1$;

d = diametro del pozzetto.



La prova è stata eseguita posizionando il tubo alla profondità di circa 150 cm, in corrispondenza dell'unità litologica potenzialmente interessata dal drenaggio delle acque meteoriche, ripetendo la misurazione più volte per ottenere la saturazione sub strato; lo scavo eseguito a margine ha escluso la presenza della falda almeno fino alla profondità di 3 m e pertanto la prova è stata eseguite in condizioni di terreno anidro, non inficiando i risultati della prova di permeabilità proposti alla pagina successiva.

Punto prova n. 1 <i>sub strato: limo sabbioso con ghiaietto</i> <i>profondità sub strato: -1,50 m da p.c.</i>					
	rilievo	n° 1	n° 2	n° 3	
h₁ (cm)		80	80	80	<i>valore medio</i>
h₂ (cm)		20	20	20	
t₂ - t₁ (sec)		715	779	802	
h_m (cm)		50	50	50	
d (cm)		10	10	10	
K (cm/sec) coefficiente di permeabilità		5,24E-04	4,81E-04	4,68E-04	4,91E-04
K (m/sec) coefficiente di permeabilità		5,24E-06	4,81E-06	4,68E-06	4,91E-06

I dati ottenuti per il sub strato superficiale dell'area consentono di ascriverlo alla classe di permeabilità MEDIO BASSA, di fatto la letteratura idrogeologica ci consente di stimare per tali depositi valori del coefficiente di permeabilità k compreso tra 10^{-5} m/s e 10^{-6} m/s, in accordo con la seguente tabella di permeabilità (da *Elementi di idrogeologia a cura di F. Francavilla*).

k (cm/s)	10 ²	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
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
Classi di permeabilità	EE	Elevata	Buona	Discreta	Bassa		Molto Bassa		Impermeabile			
Tipi di terreno	Ghiaie pulite	Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie		Sabbie fini	Miscele di sabbie e limi	Limi argillosi ed argille limose, fanghi argillosi		Argille omogenee e compatte				

 Campo di appartenenza della permeabilità dei terreni presenti in sito

6. DISPONIBILITÀ DELLA RETE IDROGRAFICA

La rete idrografica di superficie non presenta corsi d'acqua per il recapito finale delle acque meteoriche, pertanto, le acque piovane saranno smaltite interamente sul suolo per tanto non è necessario prevedere il sistema e non è necessario senza ricorrere alla .

7. QUALITÀ DELLE ACQUE

È importante sottolineare, oltre all'importanza delle valutazioni di carattere idraulico, anche la fondamentale necessità della salvaguardia ambientale ovvero della qualità delle acque meteoriche regimate; le caratteristiche qualitative delle stesse non dovranno subire alterazioni o contaminazioni ad opera di agenti esterni (oli, idrocarburi, detersivi, contaminanti di altro genere, ecc.) prima di confluire nelle falde e/o nell'idrografia di superficie.

8. TEMPO DI SVUOTAMENTO

Il R.R.18/2019 all'art. 11 comma 2 lettera f, prevede che "il tempo di svuotamento dei volumi calcolati secondo quanto indicato alla lettera e) non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile".

Considerando i volumi di invaso ottenuti (69 mc) e ipotizzando la realizzazione di un invaso di altezza pari a 0,60 m, il tempo di svuotamento si può calcolare partendo dall'espressione derivata dalla teoria di Darcy per i mezzi porosi sottoposti a filtrazione con carico variabile:

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

dove

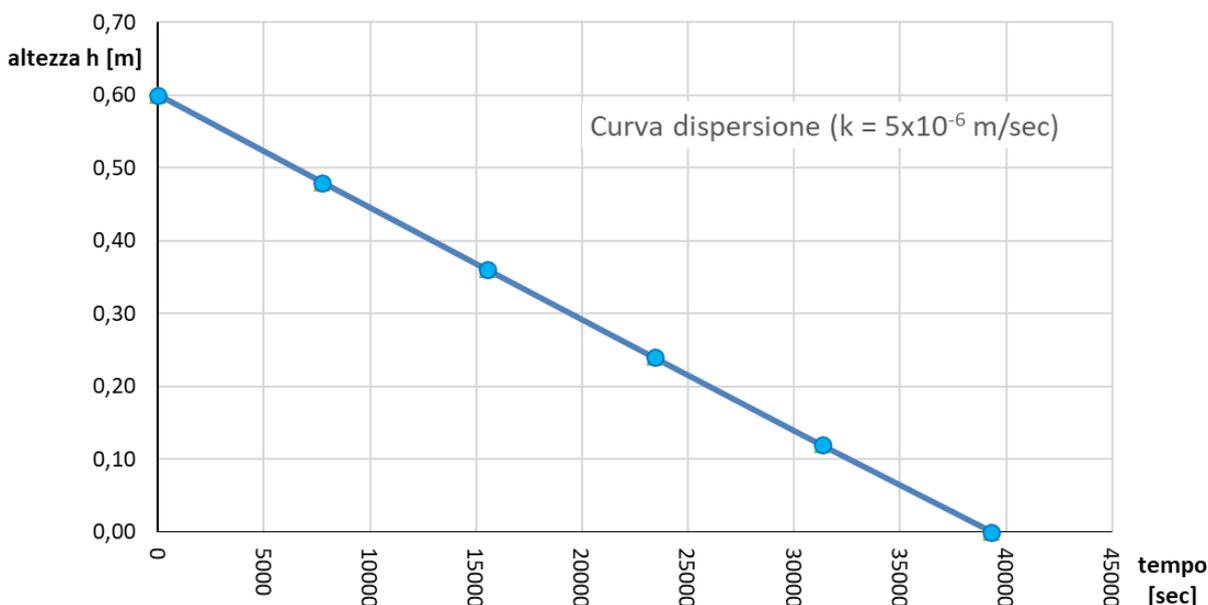
k: permeabilità del terreno

h_1 e h_2 : altezze nell'invaso al tempo t_1 e t_2

h_m : $(h_1 + h_2)/2$

b: lato del quadrato di superficie equivalente

Applicando il valore ottenuto del coefficiente k pari a 5×10^{-6} m/sec si è ottenuto un tempo di svuotamento di 39.298 sec ossia circa 11 ore (<48 ore, max regolamentare).



CONCLUSIONI

I volumi calcolati per l'evento eccezionale considerato ($T_c = 50$ anni) sono risultati superiori rispetto al minimo di $500 \text{ m}^3/\text{ha}$ richiesti dalla vigente normativa regionale (R.R. 18/2019 – art. 12 comma 2 lett. b) per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e pertanto è necessario predisporre un volume di invaso di circa 69 m^3 .

Considerate le geometrie di progetto e la morfologia dei luoghi, il sistema disperdente potrebbe venire realizzato al di sotto della viabilità di lottizzazione e/o dei parcheggi con sistemi di drenaggio carrabili autoportanti tipo igloo.



Il tempo di svuotamento del sistema disperdente è stato calcolato considerando che il fondo dell'invaso intercetti i terreni limosi sabbiosi superficiali, e non i sedimenti francamente ghiaiosi molto permeabili presenti a profondità di $2/3 \text{ m}$; con tale assunto il tempo è risultato di circa 11 ore e quindi inferiore al massimo previsto dalla normativa regionale (48 ore).

Viste le caratteristiche geologiche, idrogeologiche ed idrauliche dell'area, l'adozione di dispositivi di regimazione con le caratteristiche volumetriche sopra indicate rendono l'intervento idraulicamente ammissibile e tale da non determinare l'aumento del rischio idraulico dell'area.