

**COMUNE DI
MAROSTICA (VI)**
VIA DELLA LIBERTA'
VIA MARTIRI DELLE
FOIBE

RELAZIONE IDROGEOLOGICA E VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

**Progetto : Piano di recupero area residenziale
tra via Martiri delle Foibe
Via Martiri del Grappa e via Libertà**
Committente: Immobiliare Giemme Srl

Dott.ssa Lilia Viero



INDICE

PREMESSA	2
RELAZIONE IDROGEOLOGICA.....	3
1. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE E MORFOLOGICHE	3
<i>UBICAZIONE AREA D'INTERVENTO.....</i>	<i>4</i>
2. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E STRATIGRAFICHE	5
3. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE ED IDRAULICHE	5
<i>ESTRATTO CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA.....</i>	<i>8</i>
MISURAZIONI DELLA FALDA FREATICA CONDOTTE DALL'ARPAV	7
4. PERMEABILITA' DEL SOTTOSUOLO DELL'AREA D'INTERVENTO	7
VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	9
• LA SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO	10
• ELABORAZIONE DELLE PRECIPITAZIONI	10
• EVENTI DI DURATA INFERIORE ALL'ORA	11
• EVENTI DI DURATA ORARIA	14
• COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ATTUALE E DI PROGETTO	18
• STIMA DELLE PORTATE GENERATE	19
1. INTERVENTO DI MITIGAZIONE PROPOSTO	23
2. CALCOLO DEL VOLUME DI INVASO PER LE AREE RESIDENZIALI	24
<i>TABELLA 13 : DIMENSIONAMENTO DEI VOLUMI D'INVASO.....</i>	<i>25</i>
3. CALCOLO DEL VOLUME DI INVASO PER LE AREE ESTERNE (PARCHEGGIO + PAVIMENTAZIONI)	28
<i>TABELLA 16 : DIMENSIONAMENTO DEI VOLUMI D'INVASO.....</i>	<i>29</i>
4. CALCOLO DEL VOLUME DI INVASO PER LA STRADA DI ACCESSO	31
<i>TABELLA 17 : DIMENSIONAMENTO DEI VOLUMI D'INVASO.....</i>	<i>32</i>
5. INDICAZIONI PER LA REALIZZAZIONE DELLA RETE	33
6. INDICAZIONI PER MANUTENZIONE DELLA RETE	34
CONCLUSIONI.....	36
<i>ALLEGATI.....</i>	<i>37</i>

PREMESSA

La presente indagine idrogeologica e verifica di compatibilità idraulica è stata eseguita in relazione al *piano di recupero* dell'area compresa tra via Libertà e via martiri del Grappa nel centro abitato di Marostica.

La Regione del Veneto norma il proprio territorio con alcuni importanti strumenti tra i quali il Piano Territoriale di Coordinamento e la Legge 11/2004 "Norme per il governo del Territorio", nella quale s'inseriscono le delibere della Regione del Veneto (DGR 3637/02, 1322/06, 1841/07 e 2948/09) che precisano l'obbligatorietà dello studio di compatibilità idraulica e come deve essere redatto.

La delibera n. 2948 del 06 Ottobre 2009 e s.m.i., la Giunta Regionale del Veneto, fornisce le nuove indicazioni per la formazione degli strumenti urbanistici, in particolare nell'Allegato A si definiscono le "Modalità operative e le indicazioni tecniche" delle nuove Valutazioni di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici.

Inoltre con Deliberazione del Consiglio Regionale n. 107 del 05/11/2009 viene approvato il Piano di Tutela delle Acque e le sue Norme Tecniche di Attuazione, ove si normano, tra l'altro, i sistemi di trattamento delle acque reflue urbane ed industriali e le acque meteoriche di dilavamento, di prima pioggia e di lavaggio.

Sulla base di tali normativa di riferimento è stato redatto il presente studio allo scopo di individuare le eventuali criticità idrogeologiche dell'area d'intervento e dimensionare le opere di laminazione necessarie affinché la nuova trasformazione d'uso del suolo non modifichi la propria risposta idrologico - idraulica in termini di portata generata.

RELAZIONE IDROGEOLOGICA

1. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE E MORFOLOGICHE

L'area in esame è ubicata a sud rispetto il centro abitato di Marostica, nell'ampia pianura alluvionale antistante, generata dal vicino fiume Brenta e da tutti i corsi d'acqua pedemontani.

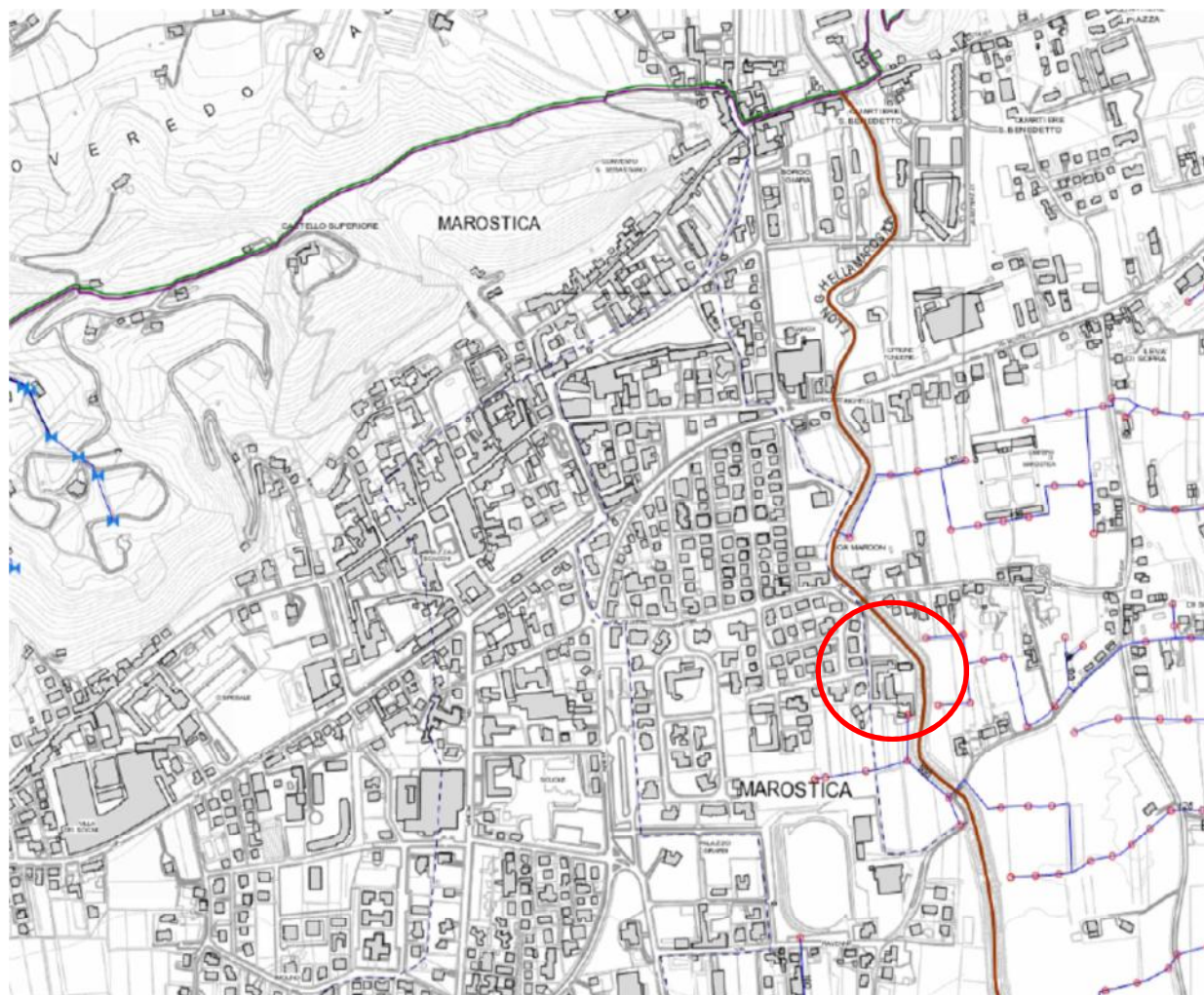
Tra essi di particolare importanza sono i due torrenti *Longhella* e *La Valletta*, quest'ultimo confluyente nel primo, ma entrambi caratterizzati da un bacino idrografico che ha origine intorno agli 800 m s.l.m. e si estende verso sud in tutto il territorio collinare posto a monte del *Castello* di Marostica; qui i due corsi d'acqua si arricchiscono di numerosi affluenti minori che scendono dalle dorsali collinari, portando con se una notevole quantità di depositi alluvionali fino al loro punto di sbocco a valle, che avviene rispettivamente nella zona di Vallonara e quella di Valle San Floriano.

Dopo la loro confluenza in sinistra idrografica, il torrente *Longhella* prosegue per alcuni chilometri nella pianura alluvionale fino a confluire nei pressi dell'abitato di Nove con il fiume *Brenta*; qui il territorio è completamente pianeggiante, con una moderata pendenza dello 0.3%-0.5% verso S-SE e la campagna circostante è attraversata da canali, fossi e rogge ad uso propriamente irriguo, quali derivazioni idrauliche dei due corsi d'acqua sopracitati e gestiti dal *Consorzio Bonifica Brenta*.

Il deflusso idrico sotterraneo è collegato alla fitta rete irrigua, di proprietà consortile, che segue la direzione di scolo dei corsi d'acqua superficiali, i quali condizionano, nelle loro immediate vicinanze, anche le escursioni stagionali della falda freatica sotterranea (cfr. par. 3).

L'intervento edilizio in progetto riguarda un'area dismessa posta sulla sponda destra del torrente *Longhella* e confinante con una zona residenziale a discreta densità abitativa. L'area misura complessivamente 5.600 mq e comprende un fabbricato di interesse storico, ora fatiscante, con le sue pertinenze, un edificio ad uso laboratorio artigianale già sottoposto a demolizione ed un ampio parco verde di oltre 1.500 mq. Si prevede la ristrutturazione ed il recupero conservativo del fabbricato padronale e delle sue pertinenze, nuovo edificio plurifamiliare a sud e la realizzazione di una zona a parcheggio, sia pubblico che privato, nel settore centrale del piano. Sarà invece riservata al comune l'ampia zona verde posta a nord e confinante con la strada comunale.

UBICAZIONE AREA D'INTERVENTO



Cartografia scala 1 : 25.000 – fonte Consorzio Bonifica Brenta



Ortofoto area d'intervento

2. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E STRATIGRAFICHE

Il sottosuolo dell'area in esame è contraddistinto da una successione caotica di depositi alluvionali antichi e recenti, rilasciati dal vicino fiume Brenta e da tutti i corsi d'acqua pedemontani proprio a partire da loro punto di sbocco a valle.

Questo materasso di alluvioni è costituito prevalentemente da sabbie e ghiaie a granulometria medio-grossolana, con locali intercalazioni argilloso-limose più abbondanti soprattutto verso la superficie; nel territorio pedecollinare interno sono state individuate delle coltri detritiche argillose, di spessore variabile da alcuni decimetri a 2–3 metri, che vengono spesso ad imprigionare falde acquifere superficiali prossime al piano campagna (cfr. Piana intravalliva del *tor. Longhella* e del *tor. La Valletta*).

3. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE ED IDRAULICHE

Nel sottosuolo dell'area in esame ha sede una falda idrica alimentata principalmente dagli apporti diretti superficiali e sotterranei che provengono dal territorio collinare posto a monte.

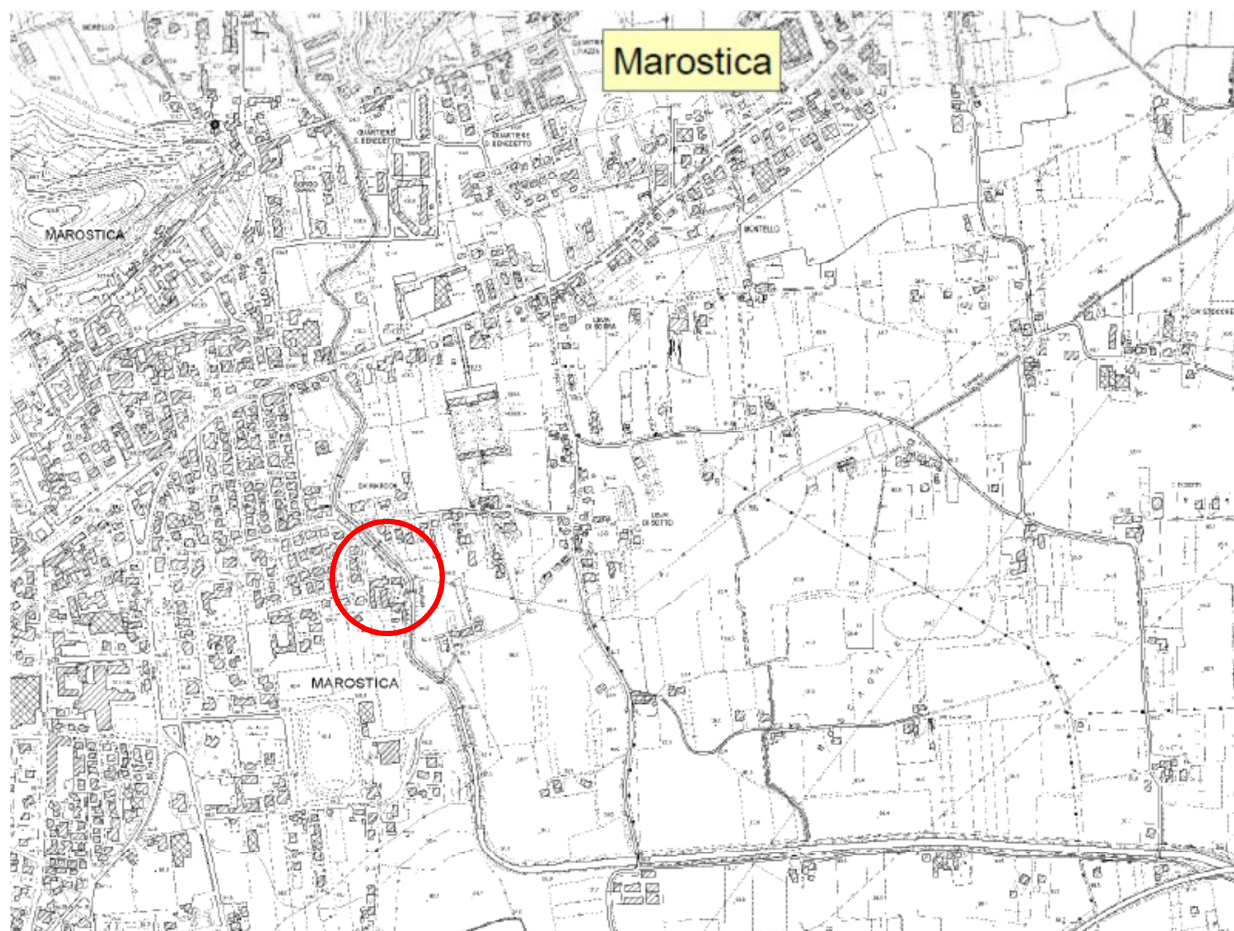
La superficie freatica principale si colloca ad una ventina di metri circa dal p.c. e all'interno dei fori di prova non è stata riscontrata alcuna falda idrica sotterranea così prossima al piano campagna da poter interferire con il piano di fondazione del fabbricato in progetto.

Elevata è quindi la permeabilità dei depositi alluvionali a granulometria medio-grossolana che consentono un facile scolo delle acque meteoriche in profondità senza generare stagnazioni idriche superficiali. Questa circostanza fa sì che tutta la zona pedecollinare rappresenti un'importante fascia di "rispetto" ai fini idrogeologici ed idraulici in quanto con le sue infiltrazioni contribuisce alla ricarica dell'*acquifero indifferenziato* dell'alta pianura vicentina.

Si fa presente che nel recente Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del territorio del Veneto, pubblicato dall'Autorità di Bacino del fiume Brenta, il comune di Marostica non rientra tra le "zone di attenzione idraulica" ad esclusione delle aree demaniali del torrente Longhella poste subito a ridosso del territorio collinare.

ESTRATTO TAVOLA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA

TAVOLA 14 – AGGIORNAMENTO FEBBRAIO 20 14



LEGENDA



MISURAZIONI DELLA FALDA FREATICA CONDOTTE DALL'ARPAV

Pubblicate negli Annali Freatimetrici dal 2007 - 2011

Tabella II - Osservazioni freatimetriche

Anno 2011

STAZIONE 1111 - NOVE												
(FR)	Bacino: ALTA PIANURA DEL BRENTA											(78,90 m s.l.m.)
Giorno	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
2	<u>70.12</u>	68.87	67.37	67.63	66.93	66.64	67.34	66.67	65.72	64.85	64.72	65.95
5	69.95	68.69	67.16	67.62	66.80	66.57	67.28	66.51	65.60	64.64	64.81	65.91
8	69.80	68.54	66.97	67.61	66.61	66.76	67.19	66.33	65.65	64.44	65.27	65.87
11	69.69	68.38	66.86	67.62	66.49	67.15	67.07	66.26	65.60	64.28	65.89	65.86
14	69.67	68.23	66.71	67.58	66.40	67.37	66.98	66.13	65.47	64.02	66.07	65.55
17	69.58	68.07	66.92	67.50	66.43	67.40	66.90	66.17	65.35	63.74	66.07	65.37
20	69.46	67.97	67.61	67.35	66.53	67.37	66.87	66.08	65.36	63.62	66.06	65.29
23	69.32	67.80	67.69	67.21	66.59	67.37	66.82	66.00	65.44	63.63	66.04	65.19
26	69.18	67.60	67.69	67.12	66.55	67.36	66.87	65.91	65.25	<u>63.52</u>	66.00	65.03
29	69.06		67.63	67.04	66.62	67.35	66.80	65.82	64.99	64.49	65.98	>>
Medie	69.58	68.24	67.26	67.43	66.60	67.13	67.01	66.19	65.44	64.12	65.69	65.56

Tabella III - Escursione, valori medi mensili ed annui dei livelli freatici

Anno 2011

ID	BACINO IDROGEOLOGICO E STAZIONE	Escursione annua (m)	GEN (m)	FEB (m)	MAR (m)	APR (m)	MAG (m)	GIU (m)	LUG (m)	AGO (m)	SET (m)	OTT (m)	NOV (m)	DIC (m)	ANNO (m)
18	ALTA PIANURA DEL BRENTA	2.05	42.61	42.16	41.94	41.67	41.43	41.51	41.52	41.59	41.66	41.35	41.19	40.88	41.62
20	Crosara di Nove	6.50	69.35	67.92	67.06	67.30	66.41	67.20	67.08	66.34	65.65	64.09	66.27	65.66	66.69
44	Casa Reginato	8.70	71.67	69.68	68.33	68.55	67.08	67.71	67.83	66.86	65.85	64.44	66.33	66.48	67.57
54	Scovazzolo	5.80	68.25	67.07	66.11	66.09	65.51	65.80	65.85	65.19	64.50	63.44	64.52	64.62	65.58
232	Bassano del Grappa ⁽¹⁾	2.28	107.87	106.86	106.91	106.90	106.50	106.96	106.65	106.62	106.47	106.29	106.98	106.70	106.81
1111	Nove	6.59	69.58	68.24	67.26	67.43	66.60	67.13	67.01	66.19	65.44	64.12	65.69	65.56	66.69
1112	Scaldaferro	1.41	57.82	57.35	57.32	57.36	57.56	57.67	57.74	57.54	57.37	56.96	57.24	56.98	57.41

Si fa notare che l'anno 2011 è stato particolarmente piovoso con una anomalia stagionale in quanto si sono registrate precipitazioni massime durante la stagione invernale (cfr. gennaio) e minime in quella autunnale (cfr. ottobre), con un'escursione media annua di 6,5 ml.

4. PERMEABILITA' DEL SOTTOSUOLO DELL'AREA D'INTERVENTO

Sulla base dei risultati ottenuti dalle *Prove Penetrometriche Dinamiche DPSH* e dalle misure di percolazione condotte all'interno di uno dei fori di prova, è emersa la presenza di un buon substrato in ghiaia e sabbia mista ad elevata capacità drenante.

Infatti se nei primi 2.0 m di profondità vi è una successione di depositi sabbioso-limosi più o meno argillosi contraddistinti da una moderata permeabilità (K), essa aumenta rapidamente verso il basso per la presenza dei primi livelli in ghiaia e sabbia mista da moderatamente addensata a ben addensata. Qui la

prova di percolazione ha dato risultati ottimali con valori di K medio – elevati , come riportato nella tabella di seguito allegata, dove si evidenzia l'abbassamento del livello d'acqua in foro a trascorrere del tempo di prova.

altezza d'acqua - cm	tempo - minuti	abbassamento - cm
100	0.0	0
70	0.25	30
50	0.5	50
30	0.75	70
20	1	80
12	2	99
0	10	100

Pertanto se terreno ghiaioso posto tra i – 2.0 ed i – 3.0 m l'abbassamento della colonna d'acqua di 100 cm è avvenuto in un arco temporale di 10 minuti significa che la permeabilità di tale deposito granulare vale :

$$K = 100 \text{ cm}/10 \text{ min} = 100/600 \text{ sec} = 1,6 * 10^{-2} \text{ cm/s} = \mathbf{1,6 * 10^{-4} \text{ m/s}}$$

ovvero in linea con i valori normalmente assegnati ai depositi granulari in ghiaia sabbiosa mista.

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}
<i>Drenaggio</i>			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
							terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo					
Classificazione del terreno secondo il valore di k												
<i>Grado di permeabilità</i>										<i>Valore di k (m/s)</i>		
alto										superiore a 10^{-3}		
medio										$10^{-3} \div 10^{-5}$		
basso										$10^{-5} \div 10^{-7}$		
molto basso										$10^{-7} \div 10^{-9}$		
impermeabile										minore di 10^{-9}		

VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

La realizzazione del piano di recupero in progetto comporterà inevitabilmente un riordino della situazione edilizia attuale con un discreto incremento delle *superfici impermeabili* quali i parcheggi ed il nuovo fabbricato a sud, pur mantenendo inalterato quello padronale esistente. Diversamente per le aree esterne "a verde" che saranno mantenute pressochè inalterate, sia quelle ad uso privato sia la zona a parco ad uso pubblico, ubicata nel settore nord del piano.

Attualmente le acque meteoriche provenienti dalle coperture e quelle di dilavamento dell'area esterna vanno a confluire direttamente al suolo per filtrazione naturale o concentrata. Con l'intervento edilizio in progetto si prevede di mantenere la medesima dispersione al suolo a mezzo pozzi perdenti per gli edifici, che saranno dotati di una laminazione mediante invaso sotterraneo (vasca), e sempre per filtrazione attraverso trincea disperdente o invaso superficiale per le altre aree del piano (parcheggi strada e pavimentazioni drenanti).

Come previsto dal PTA della regione Veneto è necessario che l'incremento dei volumi d'acqua derivanti dalla nuova impermeabilizzazione in progetto venga raccolto e mantenuto all'interno del lotto stesso realizzando un sistema di *laminazione* delle portate idriche più critiche; il rilascio poi di tali volumi d'acqua potrà avvenire in tempi più lunghi verso il suolo/sottosuolo che come evidenziato nel paragrafo precedente denota una buona capacità drenante ($K \approx 10^{-4}$ m/s).

Ai ss. del DGR 2948/2009 l'ambito d'intervento rientra tra le aree a *modesta impermeabilizzazione potenziale* (< 1.0 ha) e pertanto nei paragrafi successivi saranno determinati i volumi d'acqua oggetto di *laminazione* e le opere di drenaggio necessarie per un corretto smaltimento delle portate idriche più critiche in ottemperanza al principio dell'*invarianza idraulica* del lotto, vale a dire **"garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione"**.

Classe di Intervento	Definizione
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha
Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con $Imp < 0,3$
Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori a 10 ha con $Imp > 0,3$

Tabella 1 : soglie dimensionali per le diverse classi d'intervento (DGRV 2948/2009)

LA SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO

Dal punto di vista teorico la definizione di un tempo di ritorno di progetto, ovvero del periodo di tempo in cui l'evento di progetto viene in media uguagliato o superato, dovrebbe derivare da un'analisi costi benefici derivante dalla valutazione dei costi di realizzazione di determinate opere di difesa e dalle conseguenti spese evitate. Sulla base delle indicazioni fornite dalla Delibera di Giunta Regionale del Veneto n° 2948 del 06/10/2009 e s.m.i. per le valutazioni di compatibilità idraulica relative alle trasformazioni d'uso del suolo a seguito di nuove urbanizzazioni, bisogna fare riferimento a eventi caratterizzati da un **tempo di ritorno di 200 anni** ed in particolare nel caso di immissione delle acque nel sottosuolo, mediante sistemi disperdenti, il dimensionamento delle opere di laminazione "andranno di norma individuate per almeno il 50% degli aumenti di portata".

ELABORAZIONE DELLE PRECIPITAZIONI

L'elaborazione si svolge sui valori osservati per le piogge brevi ed intense (cioè quelle con durata da pochi minuti fino all'ora) e per le precipitazioni di più ore consecutive.

Alle precipitazioni massime di data durata, intese come eventi estremi che costituiscono una serie di elementi tra loro indipendenti, possono applicarsi la seguente descrizione statistica, comune a molte serie idrologiche:

$$X (Tr) = X_m + F S_x$$

essendo:

- $X (Tr)$ il valore dell'evento caratterizzato da un periodo di ritorno Tr , ossia l'evento che viene eguagliato o superato, mediamente, ogni Tr anni;

- X_m il valore medio degli eventi considerati;
- F fattore di frequenza;
- S_x scarto quadratico medio della variabile in esame.

Una tra le più usate distribuzioni di probabilità dei valori estremi (serie annuale) è la distribuzione doppio esponenziale di Gumbel, la quale assegna ad F l'espressione:

$$F = \frac{Y(Tr) - \bar{Y}_n}{S_n}$$

essendo la grandezza $Y(Tr)$, funzione del tempo di ritorno, la cosiddetta variabile ridotta, mentre $\bar{Y}_n$ ed S_n rappresentano la media e lo scarto quadratico medio della variabile ridotta: esse sono funzione del numero N di osservazioni. Operando la sostituzione di F si ha:

$$X(Tr) = X_m - \frac{S_x}{S_n} \bar{Y}_n + \frac{S_x}{S_n} Y(Tr)$$

La quantità $X_m - \frac{S_x}{S_n} \bar{Y}_n$ è chiamata moda e rappresenta il valore con massima frequenza probabile.

La funzione $Y(Tr)$ è legata al tempo di ritorno Tr dalla relazione:

$$Y(Tr) = -\ln\left(-\ln \frac{Tr-1}{Tr}\right)$$

Per ciascun tempo di ritorno si è provveduto a calcolare l'equazione di possibilità pluviometrica mediante interpolazione, delle quali di seguito si riportano i valori di a_n . Le precipitazioni considerate sono quelle registrate nella stazione pluviografica di Bassano del Grappa. I dati pluviometrici sono forniti dagli Annali Idrologici.

EVENTI DI DURATA INFERIORE ALL'ORA

I dati utilizzati per la presente valutazione, ordinati in ordine cronologico nella Tab. 1 – Precipitazioni di durata inferiore all'ora che segue, provengono dalla stazione pluviometrica di Bassano del Grappa (VI), più prossima alla zona d'intervento.

N	DURATA (ore)				ANNO
	15	30	45	60	
1	16,0	22,0	29,6	36,4	1924
2					1925
3	19,4	24,2			1926
4					1927
5	19,0				1928
6	40,0				1929
7	18,0	27,4	33,0		1930
8	24,0				1931

9					1932
10	14,4				1933
11					1934
12					1935
13	16,6				1936
14	48,0				1937
15	32,4				1938
16	27,2				1939
17	40,0				1940
18	24,0				1941
19	21,0	50,4			1942
20	48,8				1943
21	22,8	27,6			1944
22	23,4	23,8			1945
23	17,6	22,2			1946
24	24,8	29,4			1947
25	28,0	37,6			1948
26	18,0	18,6			1949
27	22,0	27,8			1950
28	18,0	19,0			1951
29	17,8	21,0			1952
30	31,4	33,8			1953
31	20,8	22,6			1954
32	24,0	19,55			1955
33	25,2	33,8			1956
34	20,0	21,0			1957
35	14,2	19,4	19,4	19,4	1958
36	11,4	36,0			1959
37	27,2				1960
38	14,6	51,2			1961
39	40,2	52,0	53,2		1962
40	14,2	26,0	31,0	42,4	1963
41	23,0	38,2	41,6		1964
42	25,0	29,2	31,2	31,2	1965
43	16,2	20,6	23,2	25,2	1966
44	19,8	24,8	26,4	27,0	1967
45	19,0	24,8	27,0	39,0	1968
46	13,0	17,4	18,6	19,8	1969
47	23,4	27,8	28,2	30,8	1970
48	22,0	38,0	60,0	67,8	1971
49	17,0	20,8	21,0	21,7	1972
50					1973
51	17,2	22,0	25,4	27,4	1974
52	23,0	25,0	26,0	26,4	1975
53	38,6	38,8	39,4	39,6	1976
54	20,0	67,6	78,0	82,6	1977
55	13,0	16,0	19,6	21,0	1978
56	20,0	40,0	42,0	42,6	1979
57					1980
58	20,0	23,0	24,0	24,0	1981
59	16,0	22,0	28,8	30,2	1982
60	16,0	18,8	26,0	37,4	1983
61					1984
62	17,0	19,0	20,0	22,0	1985
63	12,0	14,0	18,8	19,6	1986
64	13,8	30,0	32,6	35,0	1987
65	15,0	21,0	24,0	26,6	1988

66					1989
67	11,0	14,0	27,0	27,4	1990
68	14,0	16,0	17,0	17,2	1991
69	17,0	32,4	35,0	35,0	1992
70	22,0	24,0	25,2	33,0	1993
71	23,0	30,0	35,0	37,4	1994
72	20,0	30,0	38,6	42,6	1995

Tabella 2: *Precipitazione di durata inferiore all'ora*

Per ogni durata considerata, i dati sono stati regolarizzati con il metodo di Gumbel. I risultati sia intermedi che definitivi sono riportati nella Tab. 3 – Risultati dell'elaborazione per eventi di durata inferiore all'ora mentre nella successiva Tab. 4 – Parametri curva di possibilità pluviometrica per eventi di durata inferiore all'ora, si riassumono i risultati ottenuti regolarizzando i dati raccolti.

DURATA	t=15min	t=30min	t=45min	t=60min
	MEDIA E SCARTO QUADRATICO MEDIO DEI VALORI OSSERVATI			
MEDIA	18,16	25,22	30,58	32,17
SSQM	5,03	9,42	12,56	12,33
	MEDIA E SCARTO QUADRATICO MEDIO DELLA VARIABILE RIDOTTA			
YN	0,5424	0,5453	0,5396	0,5524
SN	11,518	11,614	11,425	11,856
	VALORE DEI PARAMETRI DI GUMBEL			
MODA	15,79	20,80	24,65	26,42
ALPHA	4,370	8,110	10,993	10,404
Tr	VALORI ESTREMI PER I PERIODI DI RITORNO CONSIDERATI			
5	22,35	32,96	41,14	42,03
10	25,63	39,05	49,39	49,84
20	28,77	44,88	57,30	57,33
50	32,84	52,44	67,55	67,02
100	35,89	58,10	75,22	74,28
200	38,93	63,74	82,87	81,52

Tabella 3: *Risultati dell'elaborazione per le precipitazioni di massima intensità*

Il diagramma che segue rappresenta le equazioni di possibilità pluviometrica, per eventi di durata inferiore all'ora, con tempi di ritorno pari a 5, 10, 20, 50, 100 e 200 anni, mediante interpolazione su scala bilogaritmica.

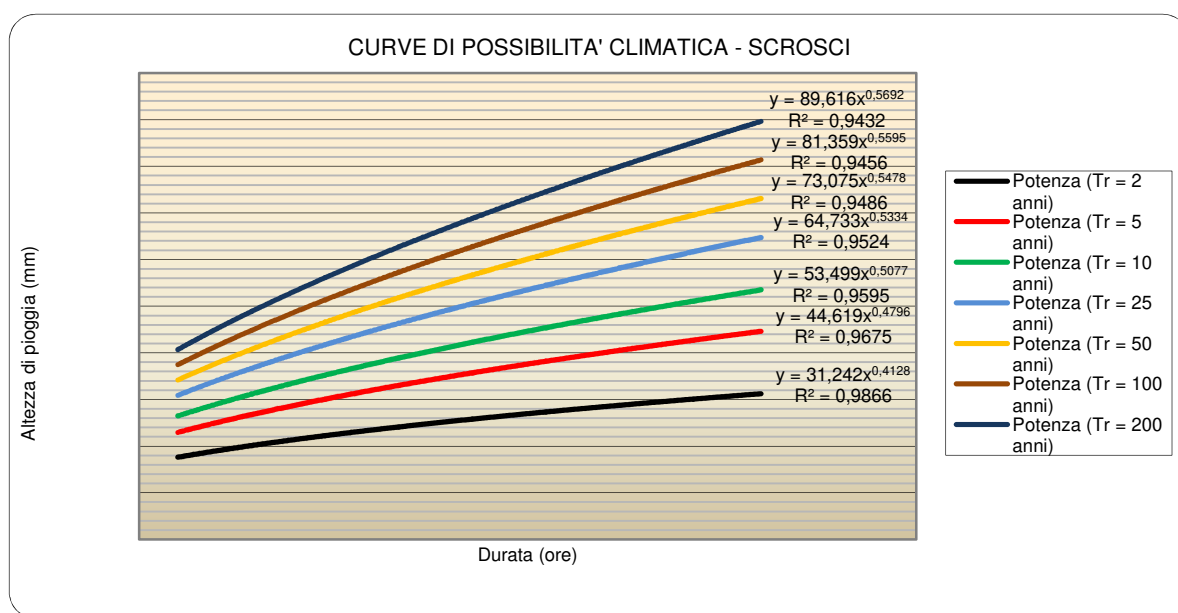


Figura 1: Diagrammi rappresentativi di possibilità pluviometrica per piogge di durata inferiore all'ora

Di seguito si riportano i risultati dei calcoli dei parametri della curva di possibilità pluviometrica secondo il metodo di Gumbel.

Tr (anni)	a	n
5	44,619	0,4796
10	53,499	0,5077
20	62,026	0,5279
50	73,074	0,5478
100	81,358	0,5595
200	89,610	0,5690

Tabella 4: Parametri curva di possibilità pluviometrica per eventi di durata inferiore all'ora

EVENTI DI DURATA ORARIA

N	DURATA (ore)					ANNO
	1	3	6	12	24	
1	36,4	49,6	52,2			1924
2						1925
3						1926
4						1927
5	19,0	22,0	36,0	51,0	92,0	1928
6	40,0	50,2	50,2	55,2	63,2	1929
7	33,0	43,6	64,2	80,8	80,8	1930
8	24,0	37,6	40,8	57,8	65,6	1931
9						1932
10						1933
11						1934
12						1935
13	16,6	20,0	26,6	43,4	58,0	1936
14	48,0	63,6	69,0	86,0	108,0	1937
15	32,4	40,4	40,4	40,4	56,0	1938
16	27,2	30,6	46,0	69,2	73,4	1939
17	40,0	90,0	126,8	160,4	164,4	1940

18	24,0	28,0	47,0	82,0	107,0	1941
19	50,0	57,4	64,4	84,4	99,0	1942
20	48,8	77,8	78,0	91,0	92,8	1943
21	27,6	51,6	53,8	70,4	92,0	1944
22	23,8	43,4	45,0	53,0	82,6	1945
23	22,2	30,2	38,8	45,0	62,8	1946
24	29,4	34,0	44,0	57,0	74,8	1947
25	37,6	48,6	57,0	77,0	85,8	1948
26	18,6	21,4	29,2	51,6	78,6	1949
27	27,8	28,4	33,6	49,8	61,4	1950
28	19,0	36,0	59,0	83,0	95,0	1951
29	21,0	24,0	29,6	54,0	93,8	1952
30	33,8	34,0	38,6	72,2	93,6	1953
31	22,6	34,2	54,8	56,0	56,0	1954
32	24,0	32,6	40,8	69,4	85,6	1955
33	33,8	36,0				1956
34	21,0	29,8	33,4	38,2	54,4	1957
35	19,4	32,4	52,4	73,4	94,2	1958
36	36,0	45,0	68,2	75,2	75,2	1959
37	27,2	27,2	37,6	49,4	63,8	1960
38	51,2	57,4	59,0	59,0	67,6	1961
39	53,2	53,2	53,2	58,6	72,8	1962
40	42,4	48,2	62,4	62,6	89,4	1963
41	41,6	48,0	54,6	87,8	102,0	1964
42	31,2	32,2	46,4	73,0	100,0	1965
43	25,2	37,6	46,0	62,6	112,6	1966
44	27,0	36,0	42,0	55,0	84,0	1967
45	39,0	51,2	62,4	63,0	68,4	1968
46	19,8	27,4	41,0	64,8	76,0	1969
47	30,8	31,2	31,4	31,4	57,0	1970
48	67,8	78,4	78,6	78,6	95,0	1971
49	21,6	32,6	35,8	51,8	62,4	1972
50						1973
51	27,4	42,8	57,2	62,4	96,2	1974
52	26,4	27,6	36,4	44,4	64,4	1975
53	39,6	52,4	52,4	73,6	80,0	1976
54	82,6	87,4	87,4	87,6	93,2	1977
55	21,0	34,0	48,6	58,6	93,0	1978
56	42,6	47,6	54,4	65,6	98,6	1979
57						1980
58	24,0	33,2	45,8	73,0	123,6	1981
59	30,2	34,4	34,8	52,0	87,0	1982
60	37,4	38,2	39,4	54,0	97,0	1983
61						1984
62	22,0	24,4	24,8	34,0	63,8	1985
63	19,6	27,5	40,5	75,0	113,0	1986
64	35,0	47,0	67,8	77,6	90,4	1987
65	26,6	34,2	40,4	75,2	76,2	1988
66						1989
67	27,4	27,6	40,0	67,2	77,8	1990
68	17,2	42,6	42,6	62,8	75,2	1991
69	35,0	42,4	43,4	68,6	104,6	1992
70	33,0	46,8	65,6	66,2	66,4	1993
71	37,4	45,0	78,4	79,0	80,0	1994
72	42,6	62,8	82,6	95,4	100,6	1995

Tabella 5:precipitazione di durata oraria

Per ogni durata considerata, i dati sono stati regolarizzati con il metodo di Gumbel. I risultati sia intermedi che definitivi sono riportati nella Tab. 5 – Risultati dell'elaborazione per eventi di durata oraria, a pagina seguente. Nella successiva Tab. 6 – Parametri curva di possibilità pluviometrica per eventi di durata oraria, si riassumono i risultati ottenuti regolarizzando i dati raccolti.

DURATA	t=1 ora	t=3 ore	t=6 ore	t=12 ore	t=24 ore
MEDIA E SCARTO QUADRATICO MEDIO DEI VALORI OSSERVATI					
MEDIA	32.17	41.49	50.90	66.04	84.37
SSQM	12.34	15.27	17.57	19.29	19.74
MEDIA E SCARTO QUADRATICO MEDIO DELLA VARIABILE RIDOTTA					
YN	0.5524	0.5524	0.5521	0.5518	0.5518
SN	1.1856	1.1856	1.1846	1.1835	1.1835
VALORE DEI PARAMETRI DI GUMBEL					
MODA	26.423	34.381	42.707	57.053	75.166
ALPHA	10.404	12.876	14.832	16.295	16.680
Tr	VALORI ESTREMI PER I PERIODI DI RITORNO CONSIDERATI				
5	42.03	53.69	64.95	81.49	100.18
10	49.84	63.36	76.08	93.72	112.70
20	59.70	75.56	90.15	109.17	128.52
50	67.02	84.62	100.58	120.63	140.25
100	74.28	93.61	110.93	132.01	151.89
200	81.52	102.57	121.25	143.35	163.50

Tabella 6: Risultati dell'elaborazione per le precipitazioni di durata oraria

Il diagramma seguente rappresenta le equazioni di possibilità pluviometrica, per eventi di durata oraria, con tempi di ritorno pari a 5, 10, 20, 50, 100 e 200 anni, mediante interpolazione su scala bilogaritmica.

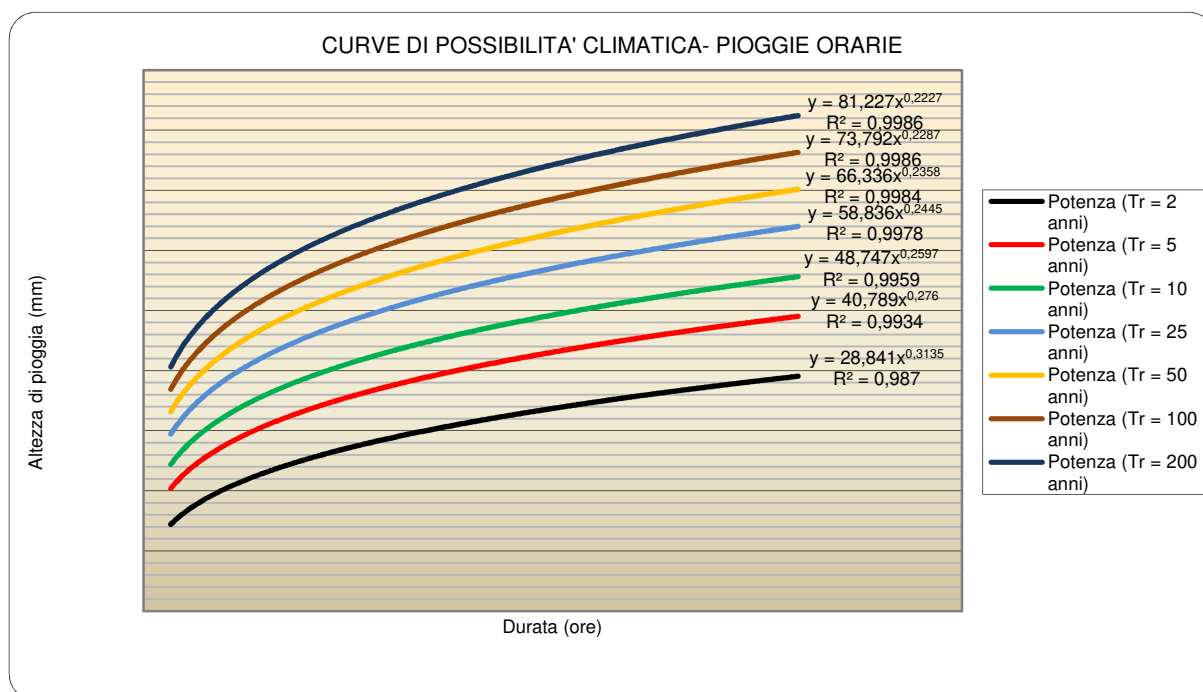


Figura 2: Diagrammi rappresentativi di possibilità pluviometrica per piogge di durata oraria

Di seguito si riportano i risultati dei calcoli dei parametri della curva di possibilità pluviometrica secondo il metodo di Gumbel.

Tr (anni)	a	n
5	40,78	0,276
10	48,74	0,259
20	58,83	0,244
50	66,33	0,235
100	73,79	0,228
200	81,22	0,222

Tabella 7: Parametri curva di possibilità pluviometrica per eventi di durata oraria

Nel calcolo delle portate generate dalla nostra superficie si utilizzerà dunque l'equazione di possibilità pluviometrica per eventi di durata inferiore all'ora, in quanto porta a risultati leggermente sovradimensionati e pertanto a favore di sicurezza.

COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ATTUALE E DI PROGETTO

La stima della frazione di afflusso meteorico efficace ai fini del deflusso attraverso una rete di collettori si realizza mediante il coefficiente di deflusso φ , inteso come rapporto tra il volume defluito attraverso un'assegnata sezione in un definito intervallo di tempo ed il volume di pioggia precipitato nell'intervallo stesso.

Per le reti destinate alla raccolta delle acque meteoriche vengono convenzionalmente assunti i coefficienti relativi a piogge di durata oraria (φ) riportati nella tabella seguente:

Tipo di superficie	Coefficiente di deflusso
Coperture	0.9
Pavimentazioni asfaltate	0.9
Pavimentazioni drenanti	0.6
Aree verdi	0.2
Aree agricole	0.1

Tabella 8: valori tipici dei coefficienti di deflusso

Nel caso in cui superfici scolanti di diversa natura (caratterizzate da diversi valori del coefficiente di deflusso φ), siano afferenti al medesimo tratto di tubazione, così come per determinare il coefficiente di deflusso medio dell'area in esame, è necessario calcolare la media ponderale di φ ; detto φ_i il coefficiente di deflusso relativo alla superficie S_i , sarà:

$$\bar{\varphi} = \frac{\sum \varphi_i S_i}{\sum S_i}$$

Per l'ambito di intervento è stato determinato il coefficiente di deflusso medio relativo sia allo *stato di fatto* che allo *stato di progetto* in modo da poter già intuire come l'intervento possa modificare l'assetto idraulico dell'area oggetto d'intervento.

DESTINAZIONE D'USO STATO DI FATTO	S (mq)	φ	$\varphi \cdot S$
Copertura fabbricati	1.000	0.90	900
Area esterna semi-permeabile	1.000	0.60	600
Area verde permeabile	3.600	0.20	720
TOTALE	5.600		2.100
φ medio		0.40	

Tabella 9: coefficiente di deflusso medio dello stato di fatto

DESTINAZIONE D'USO STATO DI PROGETTO	S (mq)	ϕ	$\phi \cdot S$
Copertura fabbricati	1310	0.90	1179
Area esterna (strada e parcheggi)	1450	0.90	1305
Pavimentazione semi-permeabile	1380	0.60	828
Area verde permeabile	1460	0.20	292
TOTALE	5.600		3.604
ϕ medio		0.5	

Tabella 10: *coefficiente di deflusso medio dello stato di progetto*

L'incremento di impermeabilizzazione del lotto in esame, tra lo stato attuale e quello di progetto, è comunque ridotto ovvero pari all'10% ed è essenzialmente da attribuire all'inserimento della zona a parcheggio e del relativo scivolo di accesso.

STIMA DELLE PORTATE GENERATE

Il parametro di riferimento che descrive la risposta idrologica di un terreno in termini di trasformazione degli afflussi (piogge) in deflussi (portate) è detto "coefficiente udometrico" o "contributo specifico di piena" e si esprime usualmente in l/s ha (litri al secondo per ettaro). L'ordine di grandezza del coefficiente udometrico (nel seguito indicato con "u") dipende dall'estensione del bacino o comprensorio in esame. La stima di u può essere eseguita con il metodo cinematico, di seguito brevemente descritto. La portata defluente attraverso una sezione di un corso d'acqua, naturale o artificiale, dipende dalle caratteristiche del bacino tributario sotteso alla sezione stessa (lunghezze, estensione, natura del terreno, pendenze, ecc.) e da quelle d'evento pluviometrico, poiché la portata generata è legata alla durata delle precipitazioni. Ipotizzando che nella sezione terminale vi sia un incremento lineare della portata con il tempo, che la superficie scolante sia piana e di forma rettangolare, investita da una pioggia uniforme e di intensità costante, il valore massimo (Q_{max}) si ottiene quando alla sezione considerata giungono insieme i contributi di tutte le parti che formano il bacino stesso. Il tempo necessario affinché ciò avvenga è definito "ritardo" o "tempo di corrivazione" ed è assunto come elemento caratteristico del bacino.

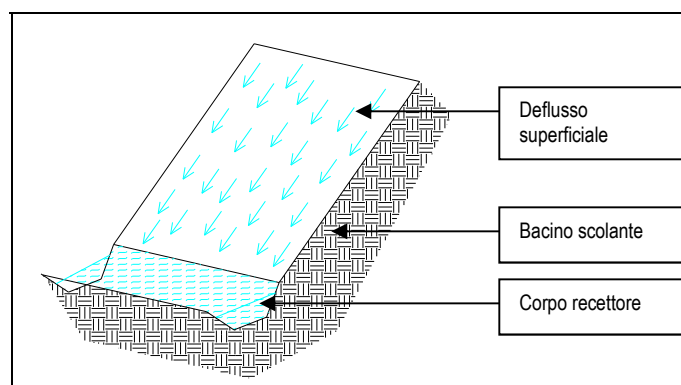


Figura 3: schema concettuale del metodo cinematico

Se consideriamo un bacino scolante di superficie S e coefficiente di deflusso ϕ , sul quale cade una pioggia di durata τ , di altezza h , e se τ_c è il tempo di corrivazione, la portata massima generata sarà:

$$Q_{\max} = \frac{\phi S h}{\tau_c}$$

$$u = \frac{Q_{\max}}{S} = \frac{\phi h}{\tau_c}$$

Come evidenziato nelle formule, la stima dei tempi di corrivazione del bacino si rivela essenziale per la determinazione della portata generata. Varie formule empiriche sono state proposte per il calcolo di τ_c : un'espressione consigliata per cunette e fossi di guardia, al servizio quindi di superfici scolanti di modesta estensione, è quella suggerita dal *Civil Engineering Department* dell'Università del Maryland (nel 1971):

$$\tau = 26.3 \frac{(L / Ks)^{0.6}}{j^{0.4} i^{0.3}}$$

Le grandezze hanno i significati:

- L (m) lunghezza della superficie scolante
- Ks ($m^{1/3} s^{-1}$) coefficiente di Gauckler-Strickler
- J (m/ora) l'intensità della precipitazione
- i pendenza media della superficie scolante.

Per calcolare il tempo di corrivazione si è fatto riferimento alla somma:

$$t_c = t_a + t_r$$

in cui si tiene in considerazione sia il tempo di accesso alla rete sia il tempo di rete t_a , sia il tempo di

ritenzione in rete t_r ; t_a risulta sempre di incerta determinazione, variando con la pendenza dell'area, la natura della stessa ed il livello dei drenaggi minori, nonché all'altezza della pioggia precedente l'evento critico.

Come tempo di corrivazione si è scelto di adottare il valore di 12 minuti quale tempo minimo necessario per l'entrata a regime delle canalizzazioni idrauliche presenti in zona.

AREA TOTALE DI INTERVENTO- STATO DI FATTO	
a (mm)	81,22
n	0,222
superficie (mq)	5.600
ϕ	0,4
$\phi*S$ (mq)	2.100
Tempo di pioggia (ore)	0,167
Altezza di precipitazione (mm)	56,8
Q (l/s)	176,8
u (l/s ha)	315,6

Tabella 11: valore portata e coefficiente udometrico generato dalle superfici drenate – STATO DI FATTO

AREA TOTALE DI INTERVENTO- PROGETTO	
a (mm)	81,22
n	0,222
superficie (mq)	5.600
ϕ	0,5
$\phi*S$ (mq)	3.604
Tempo di pioggia (ore)	0,167
Altezza di precipitazione (mm)	56,8
Q (l/s)	221,0
u (l/s ha)	394,57

Tabella 12: valore portata e coefficiente udometrico generato dalle superfici drenate – PROGETTO

Pertanto si evince che l'intervento in progetto comporterà **un moderato incremento del regime idraulico rispetto allo stato in essere**, dove non è presente alcuna opera di laminazione degli afflussi più critici; **si provvederà pertanto all'inserimento di opere di mitigazione affinché venga rispettato il principio dell'invarianza idraulica nelle aree oggetto di trasformazione urbanistica.**



LEGENDA	
	AREA D'INTERVENTO 5606,40 m ²
	VERDE PUBBLICO 655,78 m ²
	VERDE PRIVATO 800,41 m ²
	STRADA (compreso parcheggio e spazi manovra) 1455,44 m ²
	SUPERFICIE PERMEABILE 1383,92 m ²
	AREA LOTTI NON PERMEABILE 1220,17 m ²
	MARCIAPIEDE E CORDOLI 90,68 m ²

Figura 4: planimetria generale area d'intervento

1. INTERVENTO DI MITIGAZIONE PROPOSTO

In ottemperanza a quanto stabilito dalla normativa vigente in materia urbanistica, è necessario conoscere il volume d'acqua "scolante" dalle nuove superfici pavimentate in progetto per dimensionare correttamente le misure compensative e le opere di drenaggio necessarie onde evitare un aggravio sulla rete idrica interna ed esterna al piano .

Per quanto riguarda l'area residenziale composta dai tre edifici e dalle relative aree verdi pertinenziali si propone di canalizzare le condotte pluviali in :

- Vasche di laminazione interrate, che potranno essere utilizzate ai fini irrigui dei giardini stessi, con scarico terminale (troppo pieno) in *pozzi perdenti* di dimensioni da definire;

Per quanto riguarda l'area a parcheggio interrato e la pavimentazione esterna di tipo drenante ovvero semi-permeabile prevista per le pertinenze esterne si propone di canalizzare le acque di dilavamento in :

- Tubazioni interrate diametro 60/80 cm sotto tali pavimentazioni con recapito nelle aree di lottizzazione poste ad est e a sud dell'ambito d'intervento, dove verrà realizzato un *bacini di laminazione a cielo aperto* mediante un abbassamento del piano campagna

Le acque di dilavamento (prima pioggia) provenienti dal parcheggio subiranno un trattamento preliminare per disoleazione/desabbiatura prima di entrare con il volume restante nella zona di decantazione e filtrazione al suolo.

Infine anche le acque di dilavamento della strada di accesso Via Libertà saranno incanalate mediante una condotta di allontanamento, avente un diametro di almeno 60 cm, disposta centralmente al piano viabile ed in posizione interrata con recapito terminale in *pozzo perdente*.

Come evidenziato nel paragrafo 6 della relazione idrogeologica, il sottosuolo dell'area d'intervento è costituito nei primi 2.0 m di profondità da sabbie-ghiaiose e più sotto da ghiaia a buona capacità drenante tale da garantire un facile drenaggio delle acque d'infiltrazione. Il sistema di laminazione proposto sarà quindi in grado di stoccare, temporaneamente, il volume d'acqua in eccesso durante l'evento critico e disperderlo poi nel sottosuolo, in tempi più lunghi.

2. CALCOLO DEL VOLUME DI INVASO PER LE AREE RESIDENZIALI

La valutazione del volume di invaso si basa sulla curva di possibilità pluviometrica, sulle caratteristiche di permeabilità della superficie drenante e sulla portata massima, supposta costante, imposta in uscita dal sistema. La risposta idrologica del sistema è quindi estremamente semplificata, trascurando tutti i processi di trasformazione afflussi-deflussi (Routing): permane unicamente la determinazione della precipitazione efficace (separazione dei deflussi) ottenuta con il metodo del coefficiente di afflusso.

Tale ipotesi semplicistica implica che le portate in ingresso al sistema di invaso siano sovrastimate e di conseguenza, nel caso si riesca a garantire la costanza della portata massima allo scarico, anche i volumi di laminazione risulteranno sovrastimanti e cautelativi.

Il massimo volume di invaso, per una data durata t , viene calcolato come differenza fra il volume entrato nella vasca V_{in} ed il volume uscito V_{out} dalla stessa nel periodo della durata della precipitazione.

$$V_{inv} = V_{in} - V_{out}$$

Il volume entrante per effetto di una precipitazione di durata t è dato dalla:

$$V_{in} = S \cdot \varphi \cdot h(t)$$

dove:

- φ è il coefficiente di afflusso medio, imposto costante, del bacino drenato a monte della vasca;
- S è la superficie del bacino drenato a monte della vasca;
- h è l'altezza di pioggia, funzione della durata secondo le curve di possibilità pluviometrica.

Il volume che nello stesso tempo esce dalla vasca è dato dalla:

$$V_{out} = Q_{out} \cdot t$$

Utilizzando le *curve di possibilità pluviometrica* a due parametri per eventi di durata oraria (cfr. tabella 7), fissata la durata t della precipitazione, il massimo volume invasato nel serbatoio è dato dalla:

$$V_{inv} = S \cdot \varphi \cdot a \cdot t^n - Q_{out} \cdot t$$

Assumendo i valori dei coefficienti di deflusso calcolati, di a , n ragguagliati spazialmente, e come portata allo scarico $Q = 15$ l/s valore minimo cautelativo calcolato per lo scarico al suolo dai pozzi perdenti :

il volume necessario alla mitigazione idraulica delle sole aree residenziali è risultato essere pari a :

$$V_{max} = 77 \text{ mc} \rightarrow V_{specifico} = 366 \text{ mc/ha}$$

a [mm/min^n]	32,728
n [-]	0,222
coeff. deflusso	0,50
portata uscente [l/s]*	15,00
tempo di corrivazione [min]	12
Superficie [m^2]	2111

	volumi di invaso [mc]	volumi di invaso specifico [mc/ha]
MODELLO INVASO	77,20	365,70
PRIMA PIOGGIA	5,2775	
SECONDA PIOGGIA	71,92	340,70
TOTALE	77	366

DURATA MAX INVASO 802,4588181 min
PARI AD ORE 13,37431364 h

tempi di pioggia [minuti]	altezza di pioggia [mm]	intensità di pioggia [mm/ora]	intensità di pioggia efficace [mm/ora]	Portata entrante l/s	volume entrante [mc]	volume uscente [mc]	volume di invaso [mc]	volume di invaso spec [mc/ha]
tp	h	i	jeff	Qd	Vin	Vout	Vinv	v inv spec
12	56,8	284,1	142,0	83,3	60,0	2,28	57,69	273,29
15	59,7	238,8	119,4	70,0	63,0	2,85	60,17	285,02
20	63,6	190,9	95,5	56,0	67,2	3,80	63,37	300,21
25	66,9	160,5	80,2	47,1	70,6	4,75	65,84	311,87
30	69,6	139,3	69,6	40,8	73,5	5,70	67,80	321,18
35	72,1	123,5	61,8	36,2	76,1	6,65	69,41	328,80
40	74,2	111,3	55,7	32,6	78,3	7,60	70,75	335,14
45	76,2	101,6	50,8	29,8	80,4	8,55	71,87	340,48
50	78,0	93,6	46,8	27,4	82,3	9,50	72,83	344,99
55	79,7	86,9	43,5	25,5	84,1	10,45	73,64	348,83
60	81,2	81,2	40,6	23,8	85,7	11,40	74,33	352,10
65	82,7	76,3	38,2	22,4	87,3	12,35	74,92	354,88
70	84,0	72,0	36,0	21,1	88,7	13,30	75,41	357,24
75	85,3	68,3	34,1	20,0	90,1	14,25	75,83	359,22
80	86,6	64,9	32,5	19,0	91,4	15,20	76,18	360,88
85	87,7	61,9	31,0	18,2	92,6	16,15	76,47	362,25
90	88,9	59,2	29,6	17,4	93,8	17,10	76,70	363,35
95	89,9	56,8	28,4	16,7	94,9	18,05	76,89	364,22
100	91,0	54,6	27,3	16,0	96,0	19,00	77,02	364,87
105	92,0	52,6	26,3	15,4	97,1	19,95	77,12	365,32
110	92,9	50,7	25,3	14,9	98,1	20,90	77,18	365,59
115	93,8	49,0	24,5	14,4	99,0	21,85	77,20	365,70
120	94,7	47,4	23,7	13,9	100,0	22,80	77,19	365,65
125	95,6	45,9	22,9	13,5	100,9	23,75	77,15	365,47
130	96,4	44,5	22,3	13,0	101,8	24,70	77,08	365,15
135	97,2	43,2	21,6	12,7	102,6	25,65	76,99	364,70
140	98,0	42,0	21,0	12,3	103,5	26,60	76,87	364,14
145	98,8	40,9	20,4	12,0	104,3	27,55	76,73	363,48
150	99,5	39,8	19,9	11,7	105,1	28,50	76,57	362,71
155	100,3	38,8	19,4	11,4	105,8	29,45	76,39	361,85
160	101,0	37,9	18,9	11,1	106,6	30,40	76,18	360,89
165	101,7	37,0	18,5	10,8	107,3	31,35	75,96	359,85
170	102,3	36,1	18,1	10,6	108,0	32,30	75,73	358,73
175	103,0	35,3	17,7	10,4	108,7	33,25	75,48	357,54
180	103,7	34,6	17,3	10,1	109,4	34,20	75,21	356,27
185	104,3	33,8	16,9	9,9	110,1	35,15	74,93	354,93
190	104,9	33,1	16,6	9,7	110,7	36,10	74,63	353,53
195	105,5	32,5	16,2	9,5	111,4	37,05	74,32	352,06
200	106,1	31,8	15,9	9,3	112,0	38,00	74,00	350,53
205	106,7	31,2	15,6	9,2	112,6	38,95	73,66	348,95
210	107,3	30,6	15,3	9,0	113,2	39,90	73,32	347,31
215	107,8	30,1	15,0	8,8	113,8	40,85	72,96	345,62
220	108,4	29,6	14,8	8,7	114,4	41,80	72,59	343,88
225	108,9	29,0	14,5	8,5	115,0	42,75	72,21	342,09
230	109,5	28,6	14,3	8,4	115,5	43,70	71,83	340,25
235	110,0	28,1	14,0	8,2	116,1	44,65	71,43	338,37
240	110,5	27,6	13,8	8,1	116,6	45,60	71,02	336,45
245	111,0	27,2	13,6	8,0	117,2	46,55	70,61	334,48
250	111,5	26,8	13,4	7,8	117,7	47,50	70,19	332,48
255	112,0	26,3	13,2	7,7	118,2	48,45	69,75	330,43
260	112,5	26,0	13,0	7,6	118,7	49,40	69,31	328,35
265	112,9	25,6	12,8	7,5	119,2	50,35	68,87	326,23
270	113,4	25,2	12,6	7,4	119,7	51,30	68,41	324,08
275	113,9	24,8	12,4	7,3	120,2	52,25	67,95	321,90
280	114,3	24,5	12,3	7,2	120,7	53,20	67,48	319,68
285	114,8	24,2	12,1	7,1	121,2	54,15	67,01	317,43
290	115,2	23,8	11,9	7,0	121,6	55,10	66,53	315,15
295	115,7	23,5	11,8	6,9	122,1	56,05	66,04	312,84
300	116,1	23,2	11,6	6,8	122,5	57,00	65,55	310,50
305	116,5	22,9	11,5	6,7	123,0	57,95	65,05	308,14
310	116,9	22,6	11,3	6,6	123,4	58,90	64,54	305,74
315	117,4	22,4	11,2	6,6	123,9	59,85	64,03	303,32
320	117,8	22,1	11,0	6,5	124,3	60,80	63,52	300,88
325	118,2	21,8	10,9	6,4	124,7	61,75	62,99	298,41
330	118,6	21,6	10,8	6,3	125,2	62,70	62,47	295,92
335	119,0	21,3	10,7	6,2	125,6	63,65	61,94	293,40
340	119,4	21,1	10,5	6,2	126,0	64,60	61,40	290,86
345	119,8	20,8	10,4	6,1	126,4	65,55	60,86	288,30
350	120,1	20,6	10,3	6,0	126,8	66,50	60,31	285,71
355	120,5	20,4	10,2	6,0	127,2	67,45	59,76	283,11
360	120,9	20,1	10,1	5,9	127,6	68,40	59,21	280,48
365	121,3	19,9	10,0	5,8	128,0	69,35	58,65	277,83
370	121,6	19,7	9,9	5,8	128,4	70,30	58,09	275,17
375	122,0	19,5	9,8	5,7	128,8	71,25	57,52	272,48
380	122,4	19,3	9,7	5,7	129,1	72,20	56,95	269,78
385	122,7	19,1	9,6	5,6	129,5	73,15	56,38	267,06
390	123,1	18,9	9,5	5,6	129,9	74,10	55,80	264,32
395	123,4	18,7	9,4	5,5	130,3	75,05	55,22	261,56
400	123,8	18,6	9,3	5,4	130,6	76,00	54,63	258,79
405	124,1	18,4	9,2	5,4	131,0	76,95	54,04	256,00
410	124,4	18,2	9,1	5,3	131,3	77,90	53,45	253,19
415	124,8	18,0	9,0	5,3	131,7	78,85	52,85	250,36
420	125,1	17,9	8,9	5,2	132,0	79,80	52,25	247,53
425	125,4	17,7	8,9	5,2	132,4	80,75	51,65	244,67
430	125,8	17,5	8,8	5,1	132,7	81,70	51,04	241,80
435	126,1	17,4	8,7	5,1	133,1	82,65	50,44	238,92
440	126,4	17,2	8,6	5,1	133,4	83,60	49,82	236,02
445	126,7	17,1	8,5	5,0	133,8	84,55	49,21	233,11
450	127,0	16,9	8,5	5,0	134,1	85,50	48,59	230,18
455	127,3	16,8	8,4	4,9	134,4	86,45	47,97	227,24
460	127,7	16,7	8,3	4,9	134,7	87,40	47,35	224,29
465	128,0	16,5	8,3	4,8	135,1	88,35	46,72	221,32
470	128,3	16,4	8,2	4,8	135,4	89,30	46,09	218,34
475	128,6	16,2	8,1	4,8	135,7	90,25	45,46	215,35
480	128,9	16,1	8,1	4,7	136,0	91,20	44,83	212,35
485	129,2	16,0	8,0	4,7	136,3	92,15	44,19	209,33
490	129,5	15,9	7,9	4,6	136,6	93,10	43,55	206,30
495	129,8	15,7	7,9	4,6	137,0	94,05	42,91	203,26
500	130,0	15,6	7,8	4,6	137,3	95,00	42,26	200,21

Il volume sopra dimensionato potrà essere ripartito in 4 o più vasche di laminazione da 10 mc ciascuna per un totale $V_{vasche} = 40$ mc ed in 6 *pozzi perdenti* di dimensioni $r = 2$ m ed $H = 5.0$ m.

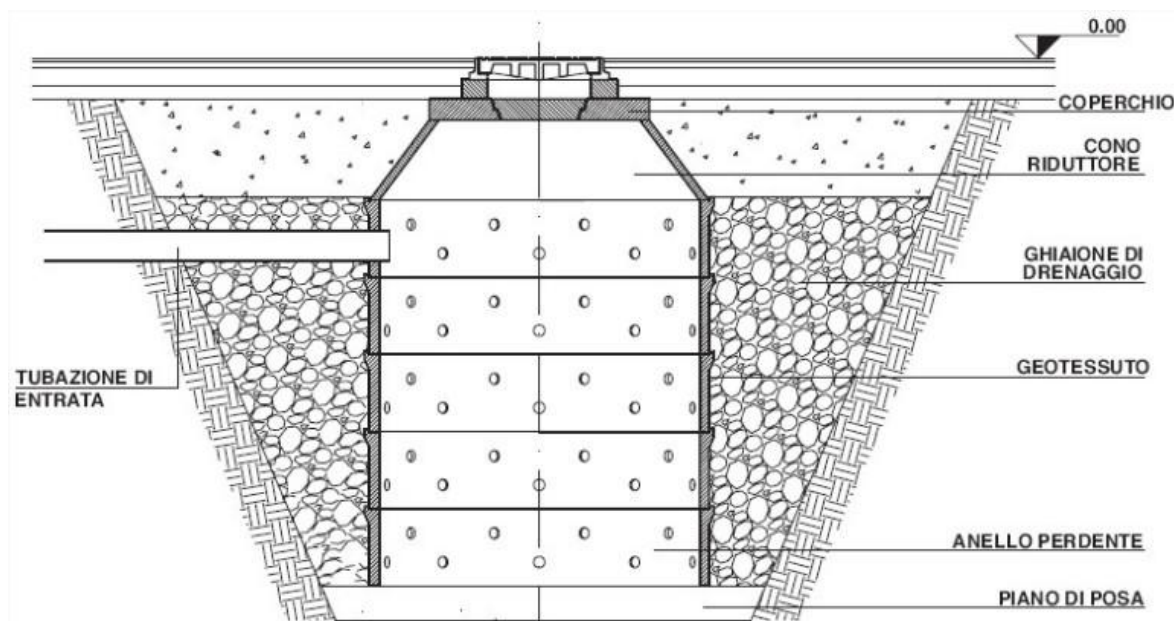


Figura 4: schema esecutivo di un pozzo perdente

Indicata con H l'altezza dell'acqua all'interno del sistema disperdente ad asse verticale (pozzo) di raggio r , la portata dispersa può essere calcolata con la relazione:

$$Q = C_u K r H$$

nella quale K indica la permeabilità del terreno mentre C_u è un coefficiente adimensionale che dipenda dal rapporto diametro altezza del pozzo secondo la seguente formula di Stephens e Neuman (1982):

$$C_u = 2 \cdot \pi \cdot \frac{\left(\frac{H_w}{r_p}\right)}{\ln\left(\frac{H_w}{r_p}\right)}$$

Si specifica che la portata indicata è il 70% di quella di calcolo, avendo considerato che, per parziale intasamento dovuto ad infiltrazione di materiali fini, il sistema drenante possa nel tempo perdere il 30% di capacità di infiltrazione. Viene riportato lo schema riassuntivo relativo a dimensionamento dei pozzi perdenti assumendo un coefficiente di permeabilità K pari a 10^{-4} m/s (valore cautelativo):

K (m/s)	0,0001
r (m)	1,00
H (m)	5,0
Cu	19,5

Tabella 14: Tabella riassuntiva dimensionamento pozzi

Con le ipotesi avanzate la portata allontanata da ogni singolo pozzo con moto prettamente verticale è :

$$Q_{out} = C_u \cdot K \cdot r_p \cdot H_w = 19,5 \cdot 10^{-4} \cdot 1,0 \cdot 5,0 = 0,009755 \text{ m}^3/\text{s} = 9,75 \text{ l/s}$$

Il volume di accumulo di ogni pozzo è:

$$V_p = \pi \cdot r_p^2 \cdot H_w = 15,7 \text{ mc}$$

Si è considerato inoltre ai fini del calcolo, il volume di ghiaione attorno al pozzo, avente spessore indicativo di 0,5 metri, ottenendo quindi un volume di ghiaia utile per l'invaso di circa 17,27 m³. Il volume disponibile per l'invaso, adottando una porosità del ghiaione dell'ordine del 30% :

$$V_{ghiaia} = 5,18 \text{ mc}$$

Se si considera l'intero ambito d'intervento, inserendo i volumi raccolti dalla rete di *laminazione* riportata il tabella 15, saranno necessari **n° 6 pozzi perdenti** delle dimensioni sopra elencate per poter smaltire il volume idrico proveniente delle **coperture dei fabbricati esistenti e di progetto**. In tal caso la portata di infiltrazione ed il volume d'invaso complessivo sarà pari a

$$Q_{tot} = 9,75 \text{ l/s} \cdot 6 = 58,5 \text{ l/s}$$

$$V_{tot} = (15,7 + 5,18 \text{ m}^3) \cdot 6 = 94,2 \text{ m}^3$$

Quindi analizzando i volumi relativi a varie durate di pioggia (T), sia in entrata (Vp) che in uscita (Vs) si verifica che il sistema proposto (Vi) sarà in grado di invasare e successivamente smaltire il volume critico relativo a precipitazioni con Tr = 200 anni . Si riporta qui di seguito i risultati di tale verifica ($\Delta V < 0$) condotta sulle aree residenziali del piano (S = 2.111 mq):

T [min]	H [mm]	J [mm/h]	Qd [l/s]	Qs [l/s]	Vp [mc]	Vs [mc]	Vi [mc]	ΔV [mc]
10	54,6	327,4	96,0	58,5	57,59	1,90	94,20	-38,51
15	59,7	238,8	70,0	58,5	63,02	2,85	94,20	-34,03
20	63,6	190,9	56,0	58,5	67,17	3,80	94,20	-30,83
25	66,9	160,5	47,1	58,5	70,59	4,75	94,20	-28,36
30	69,6	139,3	40,8	58,5	73,50	5,70	94,20	-26,40
35	72,1	123,5	36,2	58,5	76,06	6,65	94,20	-24,79
40	74,2	111,3	32,6	58,5	78,35	7,60	94,20	-23,45
45	76,2	101,6	29,8	58,5	80,42	8,55	94,20	-22,33
50	78,0	93,6	27,4	58,5	82,33	9,50	94,20	-21,37
55	79,7	86,9	25,5	58,5	84,09	10,45	94,20	-20,56
60	81,2	81,2	23,8	58,5	85,73	11,40	94,20	-19,87

T[h]	Tempo di pioggia	Vp [mc]	Volume di progetto
H [mm]	Altezza di pioggia	Vs [mc]	Volume smaltito per infiltrazione
J [mm/h]	Intensità di pioggia	Vi [mc]	Volume invasato dai pozzi
Qd [l/s]	Portata di progetto	Qs [l/s]	Portata smaltita per infiltrazione

Tabella 15: dimensionamento pozzi per $\Delta V < 0$

Nella tabella non è stato inserito il volume d'invaso delle vasche di laminazione Vv che contribuisce a ridurre il carico idraulico verso i pozzi perdenti favorendo così un processo di *filtrazione controllata* al suolo delle condotte pluviali.

3. CALCOLO DEL VOLUME DI INVASO PER LE AREE ESTERNE (PARCHEGGIO + PAVIMENTAZIONI)

Come nel precedente paragrafo, partendo dalla superficie complessiva delle aree esterne pavimentate che misura $S = 2380$ mq ed utilizzando i dati di pioggia critica per l'area d'intervento ($T_r = 200$ anni), il coefficiente di deflusso medio di tale porzione d'ambito ($\phi = 0.73$), ed un tempo di corrivazione $t = 12$ min, con il *metodo cinematico* si ottiene il volume di massimo invaso necessario per una corretta laminazione delle acque di dilavamento di tali aree pavimentate.

Assumendo i valori dei coefficienti di deflusso calcolati, di a ,n ragguagliati spazialmente, e come portata allo scarico $Q = 10$ l/s valore minimo consentito dall'ente gestore, oltre che il collettamento verso la roggia nella misura massima dei 9.3 l/s, si ottiene che:

il volume necessario alla mitigazione idraulica dell'ambito in esame è risultato essere pari a :

$$V_{\max} = 130 \text{ mc} \rightarrow V_{\text{specifico}} = 544 \text{ mc/ha}$$

Decisamente più elevato rispetto alle aree residenziali in quanto si tratta di zone poco o per nulla permeabili che richiedono una maggior controllo della portata affluente.

La tabella di seguito riportata completa l'esposizione dei risultati ottenuti:

a [mm/min^n]	32,728
n [-]	0,222
coeff. deflusso	0,73
portata uscente [l/s]*	20,00
tempo di corrivazione [min]	12
Superficie [m^2]	2380

	volumi di invaso [mc]	volumi di invaso specifico [mc/ha]
MODELLO INVASO	129,50	544,13
PRIMA PIOGGIA	8,64	
SECONDA PIOGGIA	120,86	507,82
TOTALE	130	544

DURATA MAX INVASO 895,4785681 min
PARI AD ORE 14,9246428 h

tempi di pioggia [minuti]	altezza di pioggia [mm]	intensità di pioggia [mm/ora]	intensità di pioggia efficace [mm/ora]	Portata entrante l/s	volume entrante [mc]	volume uscente [mc]	volume di invaso [mc]	volume di invaso spec [mc/ha]
tp	h	i	jeff	Qd	Vin	Vout	Vinv	v inv spec
10	54,6	327,4	237,7	157,1	94,3	2,86	91,43	384,17
15	59,7	238,8	173,4	114,6	103,2	4,28	98,89	415,48
20	63,6	190,9	138,6	91,6	110,0	5,71	104,26	438,07
25	66,9	160,5	116,5	77,0	115,6	7,14	108,42	455,54
30	69,6	139,3	101,1	66,9	120,3	8,57	111,76	469,59
35	72,1	123,5	89,7	59,3	124,5	10,00	114,52	481,19
40	74,2	111,3	80,8	53,4	128,3	11,42	116,84	490,94
45	76,2	101,6	73,8	48,8	131,7	12,85	118,81	499,21
50	78,0	93,6	68,0	44,9	134,8	14,28	120,50	506,31
55	79,7	86,9	63,1	41,7	137,7	15,71	121,96	512,42
60	81,2	81,2	59,0	39,0	140,3	17,14	123,21	517,70
65	82,7	76,3	55,4	36,6	142,9	18,56	124,30	522,27
70	84,0	72,0	52,3	34,6	145,2	19,99	125,24	526,23
75	85,3	68,3	49,6	32,8	147,5	21,42	126,06	529,65
80	86,6	64,9	47,1	31,2	149,6	22,85	126,76	532,59
85	87,7	61,9	45,0	29,7	151,6	24,28	127,36	535,11
90	88,9	59,2	43,0	28,4	153,6	25,70	127,86	537,24
95	89,9	56,8	41,2	27,3	155,4	27,13	128,29	539,03
100	91,0	54,6	39,6	26,2	157,2	28,56	128,64	540,51
105	92,0	52,6	38,2	25,2	158,9	29,99	128,93	541,70
110	92,9	50,7	36,8	24,3	160,6	31,42	129,15	542,64
115	93,8	49,0	35,5	23,5	162,2	32,84	129,31	543,33
120	94,7	47,4	34,4	22,7	163,7	34,27	129,42	543,79
125	95,6	45,9	33,3	22,0	165,2	35,70	129,49	544,06
130	96,4	44,5	32,3	21,4	166,6	37,13	129,50	544,13
135	97,2	43,2	31,4	20,7	168,0	38,56	129,48	544,02
140	98,0	42,0	30,5	20,2	169,4	39,98	129,41	543,74
145	98,8	40,9	29,7	19,6	170,7	41,41	129,31	543,31
150	99,5	39,8	28,9	19,1	172,0	42,84	129,17	542,72
155	100,3	38,8	28,2	18,6	173,3	44,27	129,00	542,00
160	101,0	37,9	27,5	18,2	174,5	45,70	128,79	541,15
165	101,7	37,0	26,8	17,7	175,7	47,12	128,56	540,18
170	102,3	36,1	26,2	17,3	176,9	48,55	128,30	539,09
175	103,0	35,3	25,6	17,0	178,0	49,98	128,02	537,88
180	103,7	34,6	25,1	16,6	179,1	51,41	127,71	536,58
185	104,3	33,8	24,6	16,2	180,2	52,84	127,37	535,17
190	104,9	33,1	24,1	15,9	181,3	54,26	127,01	533,66
195	105,5	32,5	23,6	15,6	182,3	55,69	126,63	532,07
200	106,1	31,8	23,1	15,3	183,4	57,12	126,23	530,39
205	106,7	31,2	22,7	15,0	184,4	58,55	125,81	528,62
210	107,3	30,6	22,3	14,7	185,3	59,98	125,37	526,78
215	107,8	30,1	21,8	14,4	186,3	61,40	124,92	524,86
220	108,4	29,6	21,5	14,2	187,3	62,83	124,44	522,86
225	108,9	29,0	21,1	13,9	188,2	64,26	123,95	520,80
230	109,5	28,6	20,7	13,7	189,1	65,69	123,44	518,66
235	110,0	28,1	20,4	13,5	190,0	67,12	122,92	516,47
240	110,5	27,6	20,1	13,3	190,9	68,54	122,38	514,21
245	111,0	27,2	19,7	13,0	191,8	69,97	121,83	511,89
250	111,5	26,8	19,4	12,8	192,7	71,40	121,26	509,51
255	112,0	26,3	19,1	12,6	193,5	72,83	120,68	507,08
260	112,5	26,0	18,8	12,5	194,3	74,26	120,09	504,59
265	112,9	25,6	18,6	12,3	195,2	75,68	119,49	502,05
270	113,4	25,2	18,3	12,1	196,0	77,11	118,87	499,46
275	113,9	24,8	18,0	11,9	196,8	78,54	118,24	496,82
280	114,3	24,5	17,8	11,8	197,6	79,97	117,60	494,14
285	114,8	24,2	17,5	11,6	198,4	81,40	116,95	491,40
290	115,2	23,8	17,3	11,4	199,1	82,82	116,29	488,63
295	115,7	23,5	17,1	11,3	199,9	84,25	115,62	485,81
300	116,1	23,2	16,9	11,1	200,6	85,68	114,94	482,95
305	116,5	22,9	16,6	11,0	201,4	87,11	114,25	480,05
310	116,9	22,6	16,4	10,9	202,1	88,54	113,55	477,11
315	117,4	22,4	16,2	10,7	202,8	89,96	112,84	474,13
320	117,8	22,1	16,0	10,6	203,5	91,39	112,12	471,11
325	118,2	21,8	15,8	10,5	204,2	92,82	111,40	468,06
330	118,6	21,6	15,7	10,3	204,9	94,25	110,66	464,97
335	119,0	21,3	15,5	10,2	205,6	95,68	109,92	461,85
340	119,4	21,1	15,3	10,1	206,3	97,10	109,17	458,70
345	119,8	20,8	15,1	10,0	206,9	98,53	108,41	455,51
350	120,1	20,6	15,0	9,9	207,6	99,96	107,65	452,29
355	120,5	20,4	14,8	9,8	208,3	101,39	106,87	449,05
360	120,9	20,1	14,6	9,7	208,9	102,82	106,09	445,77
365	121,3	19,9	14,5	9,6	209,5	104,24	105,31	442,46
370	121,6	19,7	14,3	9,5	210,2	105,67	104,51	439,12
375	122,0	19,5	14,2	9,4	210,8	107,10	103,71	435,76
380	122,4	19,3	14,0	9,3	211,4	108,53	102,90	432,37
385	122,7	19,1	13,9	9,2	212,0	109,96	102,09	428,95
390	123,1	18,9	13,7	9,1	212,7	111,38	101,27	425,50
395	123,4	18,7	13,6	9,0	213,3	112,81	100,44	422,03
400	123,8	18,6	13,5	8,9	213,9	114,24	99,61	418,54
405	124,1	18,4	13,3	8,8	214,4	115,67	98,78	415,02
410	124,4	18,2	13,2	8,7	215,0	117,10	97,93	411,48
415	124,8	18,0	13,1	8,7	215,6	118,52	97,08	407,91
420	125,1	17,9	13,0	8,6	216,2	119,95	96,23	404,33
425	125,4	17,7	12,9	8,5	216,8	121,38	95,37	400,72
430	125,8	17,5	12,7	8,4	217,3	122,81	94,51	397,08
435	126,1	17,4	12,6	8,3	217,9	124,24	93,64	393,43
440	126,4	17,2	12,5	8,3	218,4	125,66	92,76	389,75
445	126,7	17,1	12,4	8,2	219,0	127,09	91,88	386,06
450	127,0	16,9	12,3	8,1	219,5	128,52	91,00	382,34
455	127,3	16,8	12,2	8,1	220,1	129,95	90,11	378,61
460	127,7	16,7	12,1	8,0	220,6	131,38	89,22	374,86
465	128,0	16,5	12,0	7,9	221,1	132,80	88,32	371,08
470	128,3	16,4	11,9	7,9	221,6	134,23	87,42	367,29
475	128,6	16,2	11,8	7,8	222,2	135,66	86,51	363,48
480	128,9	16,1	11,7	7,7	222,7	137,09	85,60	359,66
485	129,2	16,0	11,6	7,7	223,2	138,52	84,68	355,81
490	129,5	15,9	11,5	7,6	223,7	139,94	83,76	351,95
495	129,8	15,7	11,4	7,5	224,2	141,37	82,84	348,07
500	130,0	15,6	11,3	7,5	224,7	142,80	81,91	344,17

Il volume d'invaso sopra dimensionato verrà raccolto all'interno di tubazioni interrato di medio diametro ($\varphi = 40/60$ cm) da posizionare sotto i piazzali e all'esterno del parcheggio, con recapito terminale nelle due aree verdi poste ad est e a sud del lotto dove sarà realizzato un sistema tipo *vassoio assorbente* mediante riporto di terreno granulare e tubazioni interrate forate.

Tale rete di collettamento avrà uno sviluppo lineare di circa $L = 400$ m tra la zona nord e sud del piano, ottenendo così un volume d'invaso complessivo di :

$$V_{\text{tubazioni}} = \pi * r^2 * L * 0.9 = 32 \text{ mc}$$

Esse andranno a recapitare le acque in **due zone a dispersione** in corrispondenza delle aree verdi del piano, l'una di dimensioni $S_1 = 80$ mq e l'altra $S_2 = 100$ mq, approfondendo l'invaso fino a - 1.5 m dal p.c., all'interno delle quali verranno alloggiare

→ **Tue file di tubazioni forate di diametro 60 cm e lunghezza complessiva di circa 60 m ***

*somma totale dei due vassoi

Il volume disponibile al suo interno dipende sia dal materiale "ghiaioso" di riempimento sia dall'ingombro dei tubi posizionati al suo interno. Infatti se come riempimento viene utilizzato del ghiaione secco, il volume disponibile all'interno della trincea deve essere ridotto al 30% del volume totale, in quanto esso è dovuto alla sola porosità della ghiaia quale mezzo inglobante; inoltre anche le tubazioni occupano spazio all'interno della trincea e quindi vanno prima detratte dal volume inglobante (ghiaia) e poi aggiunte come volume disponibile per l'acqua, secondo la formula qui di seguito riportata:

$$V1_{\text{vassoio}} = 0.3 * (80 * 1.5 - 3 * 0.28 * 25) + 3 * 0.28 * 25 = 50,83 \text{ mc}$$

$$V2_{\text{vassoio}} = 0.3 * (100 * 1.5 - 3 * 0.28 * 35) + 3 * 0.28 * 30 = 65,77 \text{ mc}$$

$$V1_{\text{vassoio}} + V2_{\text{vassoio}} = 116,60 \text{ mc}$$

a monte del punto di recapito verso il *vassoio assorbente* prossimo alla zona parcheggio sarà posizionato un *disoleatore/dessabbiatore* di adeguate dimensioni in grado di depurare le acque del piazzale pavimentato a parcheggio prima che esse confluiscano nel sistema di filtrazione al suolo; **il volume d'acqua necessario al trattamento preliminare non dovrà essere inferiore a 4 mc.**

4. CALCOLO DEL VOLUME DI INVASO PER LA STRADA DI ACCESSO

Anche per questo caso come per i due precedenti si utilizzano gli stessi dati di input per dimensionare il volume d'invaso delle acque di dilavamento della strada di accesso denominata Via Libertà, che avrà una larghezza di 6.0 ml ed un lunghezza di 83 ml complessivi (≈ 500 mq).

Con il *metodo cinematico* si ottiene il volume di massimo invaso necessario per una corretta laminazione di tali acque di dilavamento che dovranno poi essere smaltite in modo autonomo all'esterno delle aree edificabili, utilizzando dei pozzi perdenti al suolo. **Il volume necessario alla mitigazione idraulica dell'area sola strada di accesso è risultato essere pari a :**

$$V_{\max} = 39 \text{ mc} \rightarrow V_{\text{specifico}} = 778 \text{ mc/ha}$$

Si prevede di posizionare sotto la strada di accesso una tubazione interata di grande diametro ($\varnothing = 80$ cm) con recapito terminale in pozzo perdente di dimensioni standard ($\varnothing = 1.0 - h = 3.0$ m).

La tubazione potrà alternare tratti forati a tratti non forati purchè a monte del punto d'innesto venga posizionato un pozzetto disoleatore/desabbiatore in grado di garantire un controllo qualitativo delle acque d'infiltrazione al suolo che dovranno rispettare i parametri previsti dalla tabella 4 Allegato 5 del D.lgs. 152/06 (scarichi acque superficiali nel suolo).

Si allega tabella di calcolo del volume di laminazione:

a [mm/min^n]	32,728
n [-]	0,222
coeff. deflusso	0,90
portata uscente [l/s]*	15,00
tempo di corrivazione [min]	12
Superficie [m^2]	500

	volumi di invaso [mc]	volumi di invaso specifico [mc/ha]
MODELLO INVASO	38,92	778,47
PRIMA PIOGGIA	2,25	
SECONDA PIOGGIA	36,67	733,47
TOTALE	39	778

DURATA MAX INVASO 1708,191331 min
PARI AD ORE 28,46985552 h

tempi di pioggia [minuti]	altezza di pioggia [mm]	intensità di pioggia [mm/ora]	intensità di pioggia efficace [mm/ora]	Portata entrante l/s	volume entrante [mc]	volume uscente [mc]	volume di invaso [mc]	volume di invaso spec [mc/ha]
to	h	i	ieff	Od	Vin	Vout	Vinv	v inv spec
10	54,6	327,4	294,7	40,9	24,6	0,45	24,10	482,08
15	59,7	238,8	214,9	29,9	26,9	0,68	26,19	523,84
20	63,6	190,9	171,8	23,9	28,6	0,90	27,74	554,78
25	66,9	160,5	144,4	20,1	30,1	1,13	28,97	579,36
30	69,6	139,3	125,3	17,4	31,3	1,35	29,99	599,72
35	72,1	123,5	111,2	15,4	32,4	1,58	30,85	617,04
40	74,2	111,3	100,2	13,9	33,4	1,80	31,60	632,06
45	76,2	101,6	91,4	12,7	34,3	2,03	32,26	645,26
50	78,0	93,6	84,2	11,7	35,1	2,25	32,85	656,98
55	79,7	86,9	78,2	10,9	35,8	2,48	33,37	667,50
60	81,2	81,2	73,1	10,2	36,5	2,70	33,85	676,98
65	82,7	76,3	68,7	9,5	37,2	2,93	34,28	685,59
70	84,0	72,0	64,8	9,0	37,8	3,15	34,67	693,43
75	85,3	68,3	61,4	8,5	38,4	3,38	35,03	700,60
80	86,6	64,9	58,4	8,1	39,0	3,60	35,36	707,19
85	87,7	61,9	55,7	7,7	39,5	3,83	35,66	713,25
90	88,9	59,2	53,3	7,4	40,0	4,05	35,94	718,83
95	89,9	56,8	51,1	7,1	40,5	4,28	36,20	723,99
100	91,0	54,6	49,1	6,8	40,9	4,50	36,44	728,76
105	92,0	52,6	47,3	6,6	41,4	4,73	36,66	733,18
110	92,9	50,7	45,6	6,3	41,8	4,95	36,86	737,27
115	93,8	49,0	44,1	6,1	42,2	5,18	37,05	741,06
120	94,7	47,4	42,6	5,9	42,6	5,40	37,23	744,58
125	95,6	45,9	41,3	5,7	43,0	5,63	37,39	747,84
130	96,4	44,5	40,1	5,6	43,4	5,85	37,54	750,86
135	97,2	43,2	38,9	5,4	43,8	6,08	37,68	753,67
140	98,0	42,0	37,8	5,3	44,1	6,30	37,81	756,26
145	98,8	40,9	36,8	5,1	44,5	6,53	37,93	758,66
150	99,5	39,8	35,8	5,0	44,8	6,75	38,04	760,88
155	100,3	38,8	34,9	4,9	45,1	6,98	38,15	762,92
160	101,0	37,9	34,1	4,7	45,4	7,20	38,24	764,80
165	101,7	37,0	33,3	4,6	45,8	7,43	38,33	766,53
170	102,3	36,1	32,5	4,5	46,1	7,65	38,41	768,12
175	103,0	35,3	31,8	4,4	46,4	7,88	38,48	769,57
180	103,7	34,6	31,1	4,3	46,6	8,10	38,54	770,88
185	104,3	33,8	30,4	4,2	46,9	8,33	38,60	772,07
190	104,9	33,1	29,8	4,1	47,2	8,55	38,66	773,15
195	105,5	32,5	29,2	4,1	47,5	8,78	38,71	774,11
200	106,1	31,8	28,6	4,0	47,7	9,00	38,75	774,96
205	106,7	31,2	28,1	3,9	48,0	9,23	38,79	775,71
210	107,3	30,6	27,6	3,8	48,3	9,45	38,82	776,36
215	107,8	30,1	27,1	3,8	48,5	9,68	38,85	776,91
220	108,4	29,6	26,6	3,7	48,8	9,90	38,87	777,38
225	108,9	29,0	26,1	3,6	49,0	10,13	38,89	777,76
230	109,5	28,6	25,7	3,6	49,3	10,35	38,90	778,05
235	110,0	28,1	25,3	3,5	49,5	10,58	38,91	778,27
240	110,5	27,6	24,9	3,5	49,7	10,80	38,92	778,40
245	111,0	27,2	24,5	3,4	49,9	11,03	38,92	778,47
250	111,5	26,8	24,1	3,3	50,2	11,25	38,92	778,46
255	112,0	26,3	23,7	3,3	50,4	11,48	38,92	778,38
260	112,5	26,0	23,4	3,2	50,6	11,70	38,91	778,23
265	112,9	25,6	23,0	3,2	50,8	11,93	38,90	778,02
270	113,4	25,2	22,7	3,2	51,0	12,15	38,89	777,75
275	113,9	24,8	22,4	3,1	51,2	12,38	38,87	777,41
280	114,3	24,5	22,1	3,1	51,5	12,60	38,85	777,02
285	114,8	24,2	21,7	3,0	51,7	12,83	38,83	776,57
290	115,2	23,8	21,5	3,0	51,9	13,05	38,80	776,07
295	115,7	23,5	21,2	2,9	52,1	13,28	38,78	775,51
300	116,1	23,2	20,9	2,9	52,2	13,50	38,75	774,91
305	116,5	22,9	20,6	2,9	52,4	13,73	38,71	774,25
310	116,9	22,6	20,4	2,8	52,6	13,95	38,68	773,54
315	117,4	22,4	20,1	2,8	52,8	14,18	38,64	772,78
320	117,8	22,1	19,9	2,8	53,0	14,40	38,60	771,98
325	118,2	21,8	19,6	2,7	53,2	14,63	38,56	771,14
330	118,6	21,6	19,4	2,7	53,4	14,85	38,51	770,25
335	119,0	21,3	19,2	2,7	53,5	15,08	38,47	769,32
340	119,4	21,1	19,0	2,6	53,7	15,30	38,42	768,35
345	119,8	20,8	18,7	2,6	53,9	15,53	38,37	767,33
350	120,1	20,6	18,5	2,6	54,1	15,75	38,31	766,28
355	120,5	20,4	18,3	2,5	54,2	15,98	38,26	765,19
360	120,9	20,1	18,1	2,5	54,4	16,20	38,20	764,07
365	121,3	19,9	17,9	2,5	54,6	16,43	38,15	762,90
370	121,6	19,7	17,8	2,5	54,7	16,65	38,09	761,70
375	122,0	19,5	17,6	2,4	54,9	16,88	38,02	760,47
380	122,4	19,3	17,4	2,4	55,1	17,10	37,96	759,20
385	122,7	19,1	17,2	2,4	55,2	17,33	37,90	757,90
390	123,1	18,9	17,0	2,4	55,4	17,55	37,83	756,57
395	123,4	18,7	16,9	2,3	55,5	17,78	37,76	755,21
400	123,8	18,6	16,7	2,3	55,7	18,00	37,69	753,82
405	124,1	18,4	16,5	2,3	55,8	18,23	37,62	752,39
410	124,4	18,2	16,4	2,3	56,0	18,45	37,55	750,94
415	124,8	18,0	16,2	2,3	56,1	18,68	37,47	749,46
420	125,1	17,9	16,1	2,2	56,3	18,90	37,40	747,95
425	125,4	17,7	15,9	2,2	56,4	19,13	37,32	746,41
430	125,8	17,5	15,8	2,2	56,6	19,35	37,24	744,84
435	126,1	17,4	15,7	2,2	56,7	19,58	37,16	743,25
440	126,4	17,2	15,5	2,2	56,9	19,80	37,08	741,63
445	126,7	17,1	15,4	2,1	57,0	20,03	37,00	739,99
450	127,0	16,9	15,2	2,1	57,2	20,25	36,92	738,32
455	127,3	16,8	15,1	2,1	57,3	20,48	36,83	736,63
460	127,7	16,7	15,0	2,1	57,4	20,70	36,75	734,92
465	128,0	16,5	14,9	2,1	57,6	20,93	36,66	733,18
470	128,3	16,4	14,7	2,0	57,7	21,15	36,57	731,41
475	128,6	16,2	14,6	2,0	57,9	21,38	36,48	729,63
480	128,9	16,1	14,5	2,0	58,0	21,60	36,39	727,82
485	129,2	16,0	14,4	2,0	58,1	21,83	36,30	725,99
490	129,5	15,9	14,3	2,0	58,3	22,05	36,21	724,14
495	129,8	15,7	14,2	2,0	58,4	22,28	36,11	722,27
500	130,0	15,6	14,0	2,0	58,5	22,50	36,02	720,38

5. INDICAZIONI PER LA REALIZZAZIONE DELLA RETE

La rete di smaltimento delle acque meteoriche a servizio dell'intervento urbanistico verrà realizzata con condotte a diametro variabile e compreso tra i 12 e i 31,5 cm, per i collettori secondari, e tra i 60 e gli 80 cm per i collettori principali, che saranno leggermente sovradimensionati rispetto alla effettiva necessità, ai fini della sicurezza idraulica in caso di precipitazioni inaspettatamente sovrabbondanti.

Tutte le condotte dovranno essere poste in opera con una pendenza del 0,1% e posate su di un letto di sabbia ben costipata da 15 cm di spessore; dopo la posa della condotta e la relativa sistemazione dei giunti, lo scavo sarà riempito di sabbia fino ad una quota di almeno 20 cm rispetto il filo superiore del tubo, in seguito poi si provvederà al riempimento con terreno naturale proveniente dallo scavo della trincea. Il filo superiore delle stesse verrà sempre posto ad una profondità che non pregiudichi la resistenza meccanica allo schiacciamento dei collettori (almeno 30 cm).

In tutti i collettori è prevista la posa in opera di manufatti che garantiscono l'adeguato deflusso idraulico, facilitino l'ispezione e l'eventuale manutenzione delle tubazioni.

Si prevede di posare dei pozzetti realizzati in calcestruzzo vibrato delle dimensioni idonee per l'accoppiamento con le condotte, formati da elementi sovrapposti quali l'elemento di base e gli elementi di prolunga, di due fori di linea e fori ulteriori per gli eventuali altri innesti. L'altezza dei pozzetti varia in relazione alla pendenza delle condotte e alla quota della superficie stradale, mentre l'interasse è variabile a seconda dello sviluppo planimetrico della rete, comunque inferiore a 50 m. A garantire il drenaggio delle superfici sono previste delle caditoie in ghisa ad interasse regolare, disposte su pozzetti in cls 40 x 40 cm sifonati e collegati alla rete da condotte in PVC diametro netto interno 160 mm, con pendenza dell'1%.

Nel punto di uscita verso la canalizzazione consortile "Roggia Marosticana" è previsto un **pozzettone di scarico ispezionabile** munito di un sistema di controllo della portata in uscita e di una valvola di non ritorno che chiuderà ermeticamente il punto di immissione nel caso in cui il livello idrico all'interno della roggia superi il limite di guardia previsto dal Consorzio. Pertanto l'immissione nel collettore consortile avverrà in quota alta ad un'altezza da concordare con il Consorzio Bonifica Brenta in qualità di gestore della rete locale.

6. INDICAZIONI PER MANUTENZIONE DELLA RETE

Nei paragrafi precedenti sono stati indicati i criteri teorici che hanno guidato la progettazione e sono state descritte compiutamente le procedure di calcolo del sistema di smaltimento delle acque meteoriche: tutto ciò potrebbe essere vanificato nel caso in cui non venisse fatta un'adeguata manutenzione.

Per un corretto funzionamento della rete è necessario pertanto procedere alla pulizia periodica delle tubazioni (canaljet) in particolar modo prima dell'inizio delle piogge autunnali, quando cioè i sedimenti che si sono accumulati nella stagione estiva sono facilmente asportabili, non essendosi ancora compattati.

E' opportuno inoltre procedere alla pulizia sistematica dei pozzetti disoleatori/desabbiatori, mediante la **rimozione dei depositi del materiale sedimentato nonché all'ispezione periodica almeno visiva** del corretto funzionamento del sistema di depurazione.

Si dovrà inoltre provvedere allo svuotamento periodico delle *vasche di laminazione* in proprietà privata dopo ciascun evento di pioggia critico, rendendo così disponibile il volume di accumulo per l'evento pluviometrico successivo.

CONCLUSIONI

L'intervento edilizio in progetto riguarda un'area dismessa posta sulla sponda destra del torrente *Longhella* e confinante con una zona residenziale a discreta densità abitativa. L'ambito di nostro interesse misura complessivamente 5.600 mq e comprende un fabbricato di interesse storico, ora fatiscante, con le sue pertinenze, un edificio ad uso laboratorio artigianale già sottoposto a demolizione ed un ampio parco verde di oltre 1.500 mq.

Il *piano di recupero* si propone di mantenere le volumetrie degli edifici attuali inserendo una nuova area a parcheggio privato nel settore centrale del lotto, accessibile dalla strada comunale adiacente riservando ampie zone verdi, ad uso sia pubblico e che privato, nelle circostanze delle abitazioni; la zona più a nord posta a confine con le due strade comunali sarà invece destinata al comune quale ampio parco pubblico. Premesso che la falda freatica si posiziona a profondità superiori ai 10 ml e che nel sottosuolo dell'area d'intervento è stato intercettato un substrato in ghiaia e sabbia mista, già a partire dai - 2.5 m di profondità, a buona capacità drenante ($K = 1.6 \cdot 10^{-4}$ m/s), **è possibile adottare sistemi di filtrazione controllata al suolo delle acque meteoriche e di dilavamento superficiale.**

Tali sistemi saranno preceduti da una laminazione dei volumi d'acqua generati da eventi meteorici di rilevante intensità quali sono quelli aventi un tempo di ritorno di 200 anni, che sono stati desunti da uno studio pluviometrico sui dati di pioggia massimi annuali misurati presso la stazione di misura di Bassano del Grappa (cfr. tabelle 1 – 5).

Definiti quindi i dati di input necessari per il dimensionamento delle opere di laminazione, quali tempi di corrivazione, curva di possibilità pluviometrica e coefficiente di deflusso medio del lotto, l'ambito d'intervento è stato diviso in tre porzioni : **zona residenziale** con relativi giardini pertinenziali, **zona a parcheggio e pavimentazione esterna** semi-permeabile e **strada di accesso**; per ciascuna di tali aree contraddistinte da coefficienti di deflusso variabili da un minimo di 0.5 (aree residenziali) ad un massimo di 0.9 (strada) sono stati dimensionati i volumi d'invaso ed i sistemi di drenaggio nel sottosuolo delle acque pluviali.

Dai risultati ottenuti per queste tre macro aree è stato possibile reperire un volume d'invaso complessivo di **246 mc** pari ad un **volume specifico di 492 mc/ha calcolati per una superficie d'ambito di circa 5.000 mq che esclude la zona a parco pubblico e le aree verdi esterne.**

Si prevede di inserire delle vasche di laminazione (40 mc circa) nelle aree verdi residenziali e dei pozzi perdenti (n°6 pozzi) in grado di smaltire la portata massima affluente dalle coperture dei fabbricati. Nella zona esterna semi-permeabile e sotto i parcheggi verrà realizzata una rete di collettamento con tubi di

diametro medio ($\varnothing = 60$ cm) che convoglieranno le acque verso due zone a dispersione al suolo mediante *vassoio assorbente* o eventualmente come *bacino a cielo aperto*. Infine le acque di dilavamento della strada saranno raccolte con un tubazione di grande diametro ($\varnothing = 80$ cm) in parte forata in parte intera, in grado di incamerare il volume d'acqua necessario e smaltirlo poi nella sua parte terminale dove sarà alloggiato un pozzo perdente per le acque in esubero..

A monte dei punti di recapito al suolo delle acque di dilavamento del parcheggio e della strada, ovvero dove è previsto stazionamento di veicoli, saranno posizionati dei pozzetti *disoleatori/desabbiatori* oltre che dei pozzetti di controllo della portata in uscita dal sistema di collettamento verso gli strati superficiali di terreno.

Bassano del Grappa, 05 agosto 2020

Dr. Geol. Lilia Viero



ALLEGATI: SCHEDE TIPO INTERVENTI PROPOSTI
(da "Linee Guida della Protezione Civile – anno 2009)

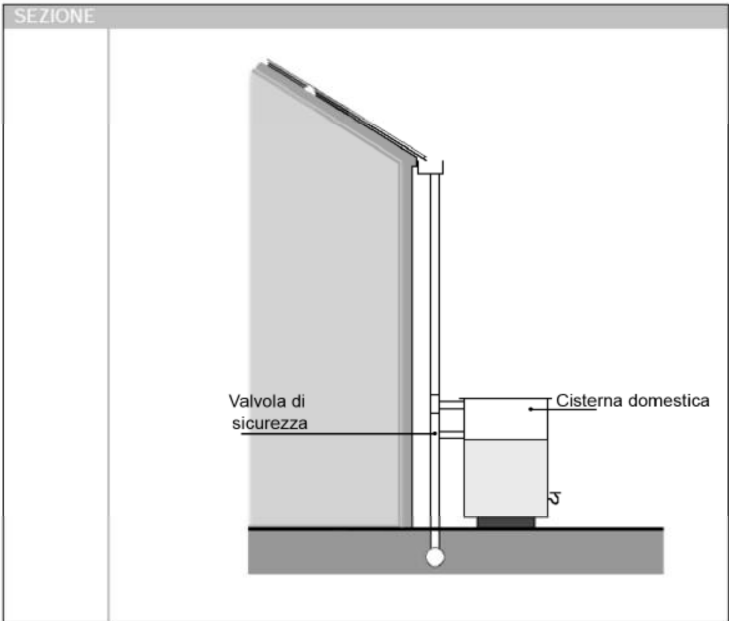
D3

Cisterne domestiche



Sono i più comuni ed economici sistemi per la raccolta dell'acqua piovana, normalmente di caduta delle grondaie dei tetti. Sono di piccole dimensioni e sono pensati per raccogliere e conservare l'acqua piovana un uso non potabile limitato.

PROCESSO		GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	NO	Controllo locale	SI	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/ attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	NO	Residenziale ad alta densità	SI
Trasporto	NO	Controllo territoriale	NO	Strade	NO
Riutilizzo	SI			Commerciale	SI
				Industriale	NO
				di Riqualifica	SI
				Contaminata	SI
SPAZIO DISPONIBILE			TIPO DI TERRENO		
Basso	n/c	Impermeabile	SI		
Alto	n/c	Permeabile	SI		
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico		Riduzione dei Picchi di deflusso			BASSO
		Riduzione del Volume di deflusso			BASSO
Inquinamento		Corpi sospesi			BASSO
		Nutrienti			BASSO
		Metalli pesanti			BASSO
VALORE ECOLOGICO			VALORE ESTETICO		
BASSO			BASSO		



VANTAGGI	SVANTAGGI
- Facili da installare. - Facili da inserire nella ricostruzione. - Risparmio sul consumo dell'acqua. - Bassi costi di installazione e manutenzione.	- Poca capacità. - Rischi di bloccaggio dei sistemi di connessione. - Necessitano di continue ispezioni per assicurare un effettivo funzionamento.



D4

Superfici permeabili



Sono marciapiedi o parcheggi che permettono alla pioggia di infiltrarsi attraverso la superficie pavimentata in uno strato di raccolta inferiore, dove l'acqua è contenuta prima di essere infiltrata nel terreno, riutilizzata, o rilasciata ad altri dispositivi drenanti.

PROCESSO		GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	SI	Controllo locale	SI	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/ attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	NO	Residenziale ad alta densità	SI
Trasporto	NO	Controllo territoriale	NO	Strade	NO
Riutilizzo	SI			Commerciale	SI
				Industriale	SI
				di Riqualifica	SI
		Contaminata	SI		
SPAZIO DISPONIBILE			TIPO DI TERRENO		
Basso	SI	Impermeabile		SI	
Alto	SI	Permeabile		SI	
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso				BUONO
	Riduzione del Volume di deflusso				BUONO
Inquinamento	Corpi sospesi				ALTO
	Nutrienti				ALTO
	Metalli pesanti				ALTO
VALORE ECOLOGICO			VALORE ESTETICO		
BASSE			MEDIO		

tipologia A	SEZIONE
L'acqua passa attraverso la superficie permeabile (dove può essere detenuta temporaneamente) per poi essere rilasciata e filtrata negli strati inferiori del terreno. Per evitare che il dispositivo si saturi, e diventi meno efficiente, un sistema di troppo pieno deve provvedere a trattare e trasferire l'acqua in eccesso durante eventi particolarmente critici;	
tipologia B	SEZIONE
Concettualmente simile alla tipologia A, vede l'inserimento di una serie di tubi forati che aiutano a trasferire ad altri sistemi di drenaggio parte dell'acqua piovana che il dispositivo non è in grado di infiltrare nel terreno;	
tipologia C	SEZIONE
Non permette l'infiltrazione. Viene posta una membrana impermeabile alla base del dispositivo che impedisce all'acqua filtrata attraverso i vari strati superiori della struttura di infiltrarsi nel terreno. Viene e trasferita attraverso un sistema di tubazioni forate simile a quella della tipologia B. Viene spesso usata dove il terreno ha una bassa permeabilità, quando l'acqua deve essere conservata e riutilizzata o quando ci sono seri rischi di inquinamento delle falde acquifere.	

VANTAGGI	SVANTAGGI
- o Rimozione dell'inquinamento urbano. - o Significativa riduzione dei deflussi di scorrimento dell'acqua piovana. - o Ottimi per aree ad alta densità. - o Buon utilizzo nella ristrutturazione. - o Bassi costi di manutenzione. - o Rimozione dei canali di scolo e tombini.	- o Non consigliato per aree con abbondanti formazioni di sedimenti. - o Accumulo di detriti e sporcizia se la pulizia non viene garantita.



D11

Vassoi



Sono formati da zone depresse lineari di vegetazioni che raccolgono flussi d'acqua da zone impermeabili. Dove possibile, possono essere progettati in modo da consentire infiltrazioni. Possono sostituire i sistemi convenzionali di drenaggio dell'acqua.

PROCESSO		GESTIONE		DESTINAZIONE D'USO	
Infiltrazione	SI	Controllo locale	SI	Residenziale a bassa densità	SI
Detenzione/ attenuazione	SI	Controllo nell'intorno	SI	Residenziale ad alta densità	NO
Trasporto	SI	Controllo territoriale	NO	Strade	SI
Riutilizzo	NO			Commerciale	SI
				Industriale	SI
				di Riqualifica	SI
				Contaminata	SI
SPAZIO DISPONIBILE			TIPO DI TERRENO		
Basso	NO	Impermeabile	SI		
Alto	SI	Permeabile	SI		
RIDUZIONE DEL RISCHIO					
Idraulico	Riduzione dei Picchi di deflusso				MEDIO
	Riduzione del Volume di deflusso				MEDIO
Inquinamento	Corpi sospesi				ALTO
	Nutrienti				BASSO
	Metalli pesanti				MEDIO
VALORE ECOLOGICO			VALORE ESTETICO		
MEDIO			MEDIO		

PIANTA

Vassoi a trasporto normale sono ampi canali di vegetazioni depresse per indirizzare e trasferire i deflussi dell'acqua piovana da vicine superfici impermeabili ad altri dispositivi.

Vassoi a secco sono canali di vegetazione depresse, alla cui base viene previsto un elemento di filtrazione aggiuntivo ricoperto da uno strato di terra che aumenta la capacità di invaso e i benefici del trattamento.

Vassoi umidi hanno una tipologia simile ai vassoi a trasporto normale, ma vengono progettati per incoraggiare la detenzione dell'acqua cercando di mantenere condizioni umide. L'uso di guaine impermeabili ne permettono l'uso anche in zone dove il terreno è fortemente permeabile..

VANTAGGI	SVANTAGGI
- Facili da introdurre in spazi aperti. - Buona riduzione velocità del deflusso d'acqua piovana. - Buona rimozione dell'inquinamento. - Bassi costi.	- Non consigliati per aree scoscese. - Non consigliabili in aree il cui margine è usato a parcheggio. - Rischi di intasamenti nei sistemi di connessione.

