

REGIONE DEL VENETO

PROVINCIA DI VICENZA

COMUNE DI VICENZA

IL DIRETTORE DEL SETTORE URBANISTICA
(Arch. Antonio Bortoli)*"Variante urbanistica ampliamento Cimitero Maggiore"***VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA**

(L. 3 agosto 1998 n. 267)

Il Consulente idraulico

Dott. Ing. Giovanni Crosara



ALLEGATO ALLA DELIB. CONS.

N. 1 DEL 26.1.2011

IL PRESIDENTE
R. POLETTI

Vicenza, maggio 2009

Giovanni Crosara ingegnere civile idraulico

IL SEGRETARIO GENERALE
R. VETRANO**+studi**

Stradella San Pietro, 3

36100 VICENZA

Tel e Fax: +39 - 0444 541 888

E-mail: crosara@piustudi.eu

INDICE

PRIMA PARTE	2
1. Premessa e quadro normativo di riferimento	2
2. Contenuti generali della valutazione di compatibilità	3
3. La Variante in oggetto	6
4. Inquadramento	9
4.1. Inquadramento territoriale	9
4.2. Il Rischio idraulico	10
4.3. Configurazione di Progetto	11
 SECONDA PARTE	 13
1. Variazione di permeabilità tra le superfici scolanti	13
2. I principali parametri idraulici di dimensionamento	14
2.1. Le curve di possibilità pluviometrica	14
2.2. Il tempo di ritorno	17
2.3. Il coefficiente di deflusso	22
2.4. Il tempo di corrivazione	24
2.5. Il calcolo della portata meteorica	25
3. Calcolo dei volumi di invaso	27
3.1. Modello di calcolo analitico	27
3.2. Schema di calcolo semplificato	28
3.3. Manufatti di scarico e limitatori di portata	30
4. Misure da attuare per mitigare l'impatto idraulico	31
4.1. Mitigazione dei volumi in eccesso	31
4.2. Conclusioni	37
 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	 38
 ALLEGATI	 39

PRIMA PARTE

1. PREMESSA E QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Con il presente documento, su incarico del "Settore Lavori Pubblici e grandi opere" del Comune di Vicenza il sottoscritto Crosara Ing. Giovanni, viene redatta la *Valutazione di Compatibilità Idraulica*, ai sensi della Legge 3 agosto 1998, n.267, relativamente all' "*Ampliamento del Cimitero Maggiore* " nel Comune di Vicenza.

A seguito della D.G.R. n. 3637 del 13.12.2002, pubblicata dal B.U.R. n. 18 del 18.02.2003, di recepimento delle disposizioni di cui alla citata L. 267/98, tutti gli strumenti urbanistici adottati dopo il 18.2.2003, o la cui fase di controdeduzioni non sia conclusa entro tale data, devono produrre uno studio di compatibilità idraulica.

In sede di applicazione della D.G.R. si è riscontrata la necessità che siano fornite ulteriori indicazioni per ottimizzare la procedura finalizzata ad assicurare un adeguato livello di sicurezza del territorio.

L'entrata in vigore della L.R. n. 11 del 23.04.2004, nuova disciplina regionale per il governo del territorio, ha sensibilmente modificato l'approccio per la pianificazione urbanistica talché si è evidenziata la necessità che anche la *Valutazione di Compatibilità Idraulica* venga adeguata alle nuove procedure.

Per aggiornare le modalità operative al nuovo assetto intervenuto e per aggiornare i contenuti e le procedure si rende necessario ridefinire le "Modalità operative e indicazioni tecniche" relative alla "*Valutazione di Compatibilità Idraulica* per la redazione degli strumenti urbanistici" riportate in allegato alla D.G.R. n. 1322 del 10.05.2006, di cui costituiscono parte integrante, che sostituiscono la precedente versione allegata alla D.G.R. 3637/2002.

2. CONTENUTI GENERALI DELLA VALUTAZIONE DI COMPATIBILITÀ

Per completezza di trattazione si riportano di seguito, come indicato nel documento allegato alla Legge del 3 agosto 1998 n. 267, le principali indicazioni tecniche per la redazione della "Valutazione di compatibilità idraulica".

Il presente studio ha lo scopo di valutare, per le nuove previsioni urbanistiche, le interferenze che queste hanno con i dissesti idraulici presenti e le possibili alterazioni del regime idraulico che possono causare.

La "valutazione" si rende necessaria solo per gli strumenti urbanistici che comportino una trasformazione territoriale che possa modificare il regime idraulico.

Nella valutazione di compatibilità idraulica si deve assumere come riferimento tutta l'area interessata dallo strumento urbanistico in esame.

Il grado di approfondimento e di dettaglio della valutazione di compatibilità idraulica dovrà essere rapportato all'entità, e soprattutto, alla tipologia delle nuove previsioni urbanistiche.

Lo studio idraulico deve verificare l'ammissibilità delle previsioni contenute nello strumento urbanistico considerando le interferenze che queste hanno con i dissesti idraulici presenti o potenziali e le possibili alterazioni del regime idraulico che le nuove destinazioni o trasformazioni d'uso del suolo possono venire a determinare.

Nella valutazione devono essere verificate le variazioni di permeabilità e della risposta idrologica dell'area interessata conseguenti alle previste mutate caratteristiche territoriali nonché devono essere individuate idonee misure compensative, come nel caso di zone non a rischio di inquinamento della falda, il reperimento di nuovi volumi di invaso, finalizzate a non modificare il grado di permeabilità del suolo e le modalità di risposta del territorio agli eventi meteorici.

Deve essere quindi definita la variazione dei contributi specifici delle singole aree prodotte dalle trasformazioni dell'uso del suolo, e verificata la capacità della rete drenante di sopportare i nuovi apporti. In particolare, in relazione alle caratteristiche della rete idraulica naturale o artificiale che deve accogliere le acque derivanti dagli afflussi meteorici, dovranno essere stimate le portate massime scaricabili e definiti gli accorgimenti tecnici per evitarne il superamento in caso di eventi estremi.

Al riguardo si segnala la possibilità di utilizzare, se opportunamente realizzate, le zone a standard "Fc" a Parco Urbano (verde pubblico) prive di opere, quali aree di laminazione per le piogge aventi maggiori tempi di ritorno.

E' da evitare, ove possibile, la concentrazione degli scarichi delle acque meteoriche, favorendo invece la diffusione sul territorio dei punti di recapito con l'obiettivo di ridurre i colmi di

piena nei canali recipienti e quindi con vantaggi sull'intero sistema di raccolta delle acque superficiali.

Ove le condizioni della natura del sottosuolo e delle qualità delle acque lo consentano, si può valutare la possibilità dell'inserimento di dispositivi che incrementino i processi di infiltrazione nel sottosuolo.

Resta del tutto evidente la necessità che la valutazione di compatibilità idraulica non debba fermarsi ad analizzare aspetti meramente quantitativi, ma debba verificare anche la compatibilità delle acque scaricate con l'effettiva funzione del ricettore.

Per quanto attiene le condizioni di pericolosità derivanti dalla rete idrografica maggiore si dovranno considerare quelle definite dal Piano di Assetto Idrogeologico.

Potranno altresì considerarsi altre condizioni di pericolosità, per la rete minore, derivanti da ulteriori analisi condotte da Enti o soggetti diversi.

Per le zone considerate pericolose la valutazione di compatibilità idraulica dovrà analizzare la coerenza tra le condizioni di pericolosità riscontrate e le nuove previsioni urbanistiche, eventualmente fornendo indicazioni di carattere costruttivo, quali ad esempio la possibilità di realizzare volumi utilizzabili al di sotto del piano campagna o la necessità di prevedere che la nuova edificazione avvenga a quote superiori a quella del piano campagna.

Lo studio di compatibilità idraulica può altresì prevedere la realizzazione di interventi di mitigazione del rischio, indicandone l'efficacia in termini di riduzione del pericolo.

Gli interventi realizzati in conseguenza dello studio di compatibilità idraulica sono ragguagliabili agli oneri di urbanizzazione primaria.

A seguito della D.G.R. 1322/2006 viene inoltre introdotta una classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici.

Tale classificazione consente di definire soglie dimensionali in base alle quali si applicano considerazioni differenziate in base all'effetto atteso dell'intervento.

La classificazione è riportata nella seguente tabella.

CLASSE DI INTERVENTO	DEFINIZIONE
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione inferiore a 0,1 ha
Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione comprese fra 0,1 e 1,0 ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	-intervento su superfici di estensione comprese fra 1,0 e 10 ha; -interventi su superfici di estensione oltre i 10 ha con $Imp < 0,3$
Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione superiori a 10 ha con $Imp > 0,3$

Nelle varie classi andranno adottati i seguenti criteri:

- nel caso di *trascurabile impermeabilizzazione potenziale* è sufficiente adottare buoni criteri costruttivi per ridurre le superfici impermeabili, quali le superfici dei parcheggi;
- nel caso di *modesta impermeabilizzazione potenziale*, oltre al dimensionamento dei volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle piene è opportuno che le luci di scarico non eccedano le dimensioni di un tubo di diametro di 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro;
- nel caso di *significativa impermeabilizzazione potenziale*, andranno dimensionati i tiranti idrici ammessi nell'invaso e le luci di scarico in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area di trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione;
- nel caso di *marcata impermeabilizzazione potenziale* è richiesta la presentazione di uno studio di dettaglio molto approfondito.

Il principio fondamentale che deve essere rispettato rimane quello di **invarianza idraulica** delle trasformazioni del territorio, che viene così definito: *"Per trasformazione del territorio ad invarianza idraulica si intende la trasformazione di un'area che non provochi un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa"*.

3. LA VARIANTE IN OGGETTO

Si riporta in sintesi e per stralci quanto descritto nella RELAZIONE ILLUSTRATIVA che accompagna il progetto di ampliamento redatta dall'ufficio tecnico comunale competente in materia.

1) Iter pregresso

(...)

Al fine di supplire, per le necessità presenti e future, ad una carenza strutturale del Cimitero Maggiore della Città di Vicenza, dovendo predisporre un intervento progettuale, in variante al P.R.G., commisurato, sia pure a stralci, all'intera funzionalità del Cimitero stesso, il Direttore Settore Edilizia Pubblica, in data 15 marzo 2006 richiese apposita decisione alla Giunta Comunale.

La Giunta Comunale con Decisione n. 124 del 15 marzo 2006 autorizzò la predisposizione del progetto preliminare di ampliamento.

Il Dipartimento Prevenzione dell'ULSS n° 6 "Vicenza", con lettera del 14 novembre 2006, esprime il necessario parere preliminare di fattibilità per l'ampliamento del Cimitero Maggiore di Vicenza. (...)

2) Specificazioni delle esigenze funzionali di progetto

Come già indicato sinteticamente nell'iter pregresso, il Cimitero Maggiore di Vicenza presenta una carenza strutturale di cellette ossario e cinerario.

(...)

3) Altre dotazioni all'interno dell'area di ampliamento

L'ampliamento del Cimitero Maggiore di Vicenza consentirà altresì di articolare altre importanti dotazioni funzionali di servizio, in primo luogo nuovo ingresso e nuova sala del commiato, nonché uffici informativi ed amministrativi, servizi igienici, ecc., nell'interesse della Città e della stessa AMCPS incaricata a gestire il servizio.

Ogni cimitero infatti richiede di essere valorizzato come spazio sociale, dotato di adeguati servizi alla cittadinanza e sempre più aperto ad essa.

Tali dotazioni, unitamente alle cellette ossario e cinerario devono essere raggiungibili da un nuovo viale monumentale di accesso e relativo parcheggio dedicato.

4) Localizzazione ed obiettivi del progetto di ampliamento

L'area necessaria per le nuove dotazioni non esiste all'interno del Cimitero Maggiore Giardino dovendosi salvaguardare per legge le aree inedificate ad uso campi d'inumazione.

La disponibilità di 10.600 tra cellette ossario e cinerario non può essere definita in altro cimitero cittadino, perché deve rientrare nella funzionalità del Cimitero Maggiore, in base alla dotazione di loculi e campi d'inumazione.

Nell'attuale fase storica, questa essenziale attrezzatura urbana si presenta consolidata e vincolata negli ambiti afferenti al quadriportico monumentale e ben strutturata nel settore giardino, fino agli ultimi fronti realizzati negli anni '90 (lati nord-est ed est).

Pertanto le cellette ossario e cinerario non possono essere realizzate a scapito delle parti consolidate del Cimitero stesso, perché già oggetto nel decennio scorso di importanti interventi dell'Amministrazione.

Il lato nord-ovest del Cimitero Giardino, a causa degli arretramenti richiesti dalle norme vigenti nei confronti delle abitazioni prospicienti su viale Astichello, risulta fortemente incuneato verso l'interno e presenta totale assenza di prospetto.

Il progetto generale di ampliamento definisce una nuova area di espansione cimiteriale proprio da questo lato, dotandolo di appositi nuovi ingressi.

Da via Ragazzi del '99 è ancora possibile progettare una importante nuova strada monumentale di accesso alle future dotazioni cimiteriali, con il decoro e la funzionalità necessari, nell'intento di definire anche un completamento prospettico di questa parte del Cimitero.

Non è pensabile, infatti, che la nuova zona ossari e cinerari venga raggiunta dalla cittadinanza dopo aver percorso tutti i lotti del Cimitero Maggiore Giardino, od anche solamente attraverso l'attuale accesso pedonale dal parcheggio e dalla pista ciclabile siti nell'opposto lato nord-est del Cimitero.

Il progetto definisce un ampliamento del Cimitero Maggiore di Vicenza, portandone il perimetro in parte del lato nord-ovest fino a m. 50 dal perimetro dell'esistente vincolo cimiteriale, nel rispetto del comma 4 del nuovo articolo 338 del T.U.L.L. SS.

Si pone nell'ottica:

- della valorizzazione architettonica dei luoghi, perché il nuovo fronte edilizio potrà essere percepito non più come un retro, ma come il prospetto, anche da questo lato, del Cimitero Maggiore della Città di Vicenza,
- della valorizzazione dell'esistente cono visivo preservato dalla nuova strada di accesso da via Ragazzi del '99, dotata di pista ciclabile e marciapiedi, fermata autobus,
- del raggiungimento di una qualità urbana complessiva delle aree interessate dal progetto, eliminando la marginalità dell'area verde oggi esistente e di questo lato del cimitero.

L'obiettivo della realizzazione di una nuova strada di accesso al Cimitero Maggiore da via Ragazzi del '99 resterebbe per sempre precluso qualora dovessero aver seguito proposte edificatorie private, con esso incompatibili, aventi ad oggetto l'area SP4F, alle quali il Settore Urbanistica ha soprasseduto sin dal settembre 2004, stante il citato iter pregresso.

Per perseguire le finalità di preminente interesse pubblico enunciate e consentire la necessaria accessibilità di tutta l'utenza, l'ampliamento cimiteriale riguarda un'area complessiva di circa mq 7.076 entro cui è prioritaria la realizzazione degli edifici per cellette ossario e cinerario.

La realizzazione della nuova strada, della pista ciclabile, del parcheggio dedicato alle nuove dotazioni e delle sistemazioni a verde esterne all'ampiato perimetro cimiteriale impegnano un'area complessiva di circa mq 6.845.

Conseguentemente è necessaria l'acquisizione, nel rispetto del DPR 327/2001 "Testo unico delle espropriazioni" di:

- circa mq 6.576 (ora in area V1 di vincolo cimiteriale a nord-ovest del Cimitero Maggiore Giardino), che la presente variante riclassifica F10F zona cimiteriale,
- circa mq 500 in area F10S, quale area cimiteriale ancora da usufruire,
- circa mq 6.674 a partire da via Ragazzi del '99 (ora in area SP4S verde naturale e attrezzato esistente, ed in area V1 di vincolo cimiteriale), che la presente variante riclassifica in SP6F zone per parcheggi pubblici.

Il progetto architettonico per la realizzazione delle 7.000 cellette ossari e 3.600 cinerari prevede un insieme edilizio a corte con giardino interno del ricordo, ove troveranno posto anche l'ossario e il cinerario comuni. Tale insieme dovrà essere inserito in apposito giardino del ricordo con futura area di dispersione delle ceneri che sarà necessario dettagliare dopo l'emanazione delle prossime nuove evidenze normative.

L'insieme è costituito da 4 edifici su colonne, costituiti da piano terra e primo con relativi corridoi centrali, da cui accedere alle cellette ossario e cinerario, singole o triple uso famiglia, a blocchi prospicienti, ciascuno costituito da 10 file in orizzontale e 6 in verticale.

Tutte le cellette saranno prefabbricate e verranno inserite anno dopo anno ad edificio ultimato.

Verrà pertanto assicurata sin dall'inizio la completezza dell'immagine architettonica e la funzionalità dei collegamenti verticali (scale ed ascensore).

In entrambi i piani il solaio sarà più alto dei blocchi delle cellette per assicurare maggiore luminosità e decoro.

Il solaio di copertura sarà in aggetto su entrambi i fronti per la necessaria protezione delle opere e delle cellette.

Il nuovo edificio di servizio, a nord dell'insieme architettonico ossari e cinerari, è previsto come plurifunzionale, secondo le specifiche sopra riportate, a partire da apposita sala del commiato, ma la sua configurazione architettonica potrà eventualmente essere contratta in base alle primarie esigenze dell'area di dispersione delle ceneri e delle necessarie funzioni d'ingresso della cittadinanza.

(...)

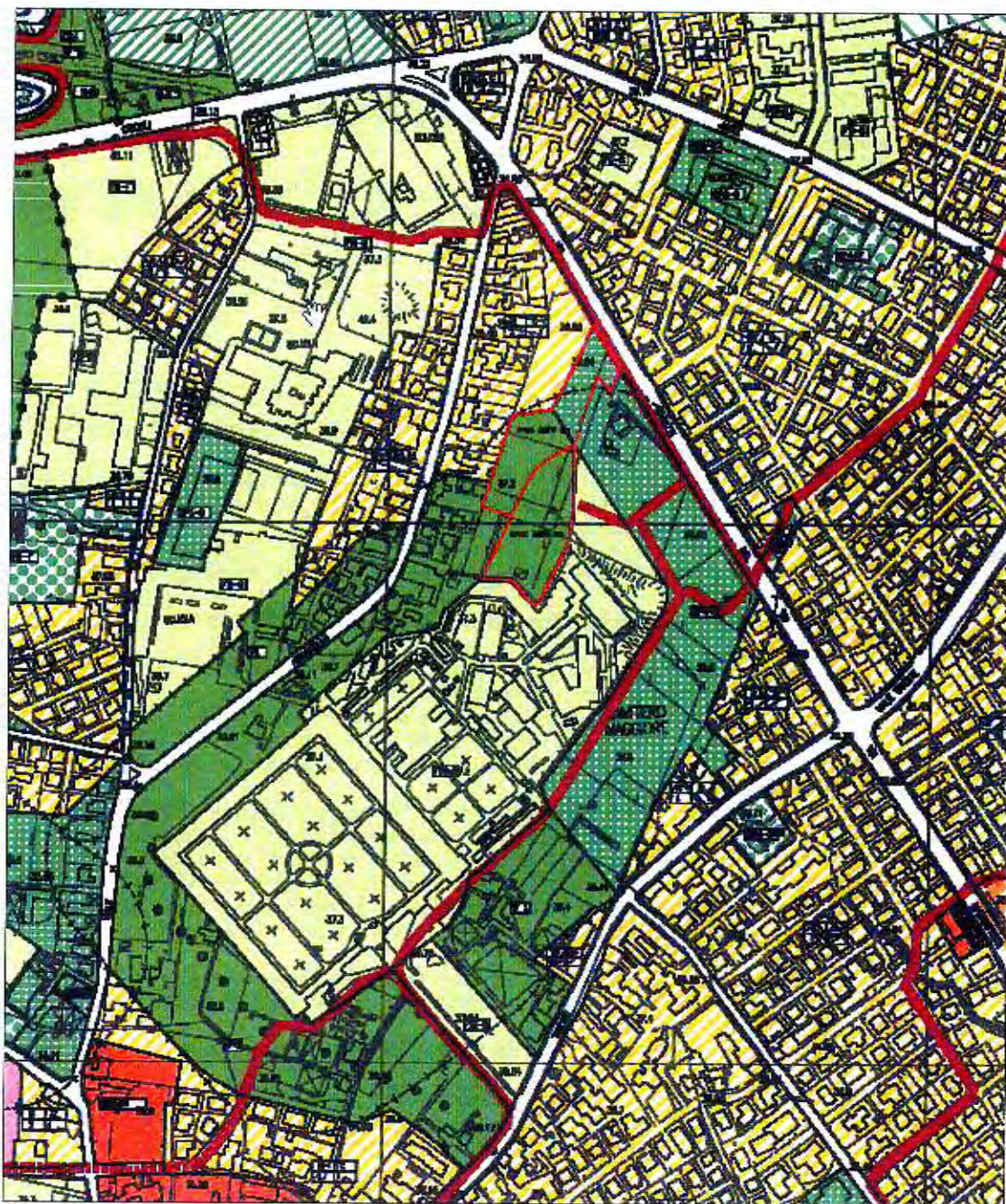


Fig. 1 – Estratto prg vigente

4. INQUADRAMENTO

4.1. Inquadramento territoriale

L'ambito oggetto della proposta di variante è situata nel Comune di Vicenza in corrispondenza di un terreno agricolo che si protende fino alla Via Ragazzi del '99. L'altimetria della zona è pianeggiante ad una quota variabile tra 36.10 e 36.40 m s.l.m. La quota del terreno è all'incirca pari a quella del terreno dove insistono le case situate ad ovest, mentre la quota del terreno cimiteriale è di circa 1,0 metri più alta dei terreni limitrofi. Il corso d'acqua più vicino è l'Astichello che scorre ad ovest dell'area oggetto di variante.



Foto 1 - Ortofoto di inquadramento

4.2. Il Rischio idraulico

Per quanto concerne le criticità idrauliche, si verifica, nelle tavole del Piano di Assetto del Territorio relativo al bacino del Brenta-Bacchiglione, che l'area di intervento risulta esterna a qualsiasi area classificata come pericolosa o a rischio. L'intervento, rientrando nell'ambito di superficie compresa tra 1,0 e 10 ha, è classificato come a significativa impermeabilizzazione potenziale.

4.3. Configurazione di Progetto

La configurazione di progetto prevede l'ampliamento dell'area cimiteriale. Di concerto con i tecnici comunali la prevista estensione, in variante al prg vigente, di 13.250 mq prevede indicativamente che circa 6.674 mq siano adibiti a viale monumentale con pista ciclabile, marciapiedi e verde e circa 6.576 siano adibiti all'ampliamento dell'area cimiteriale.

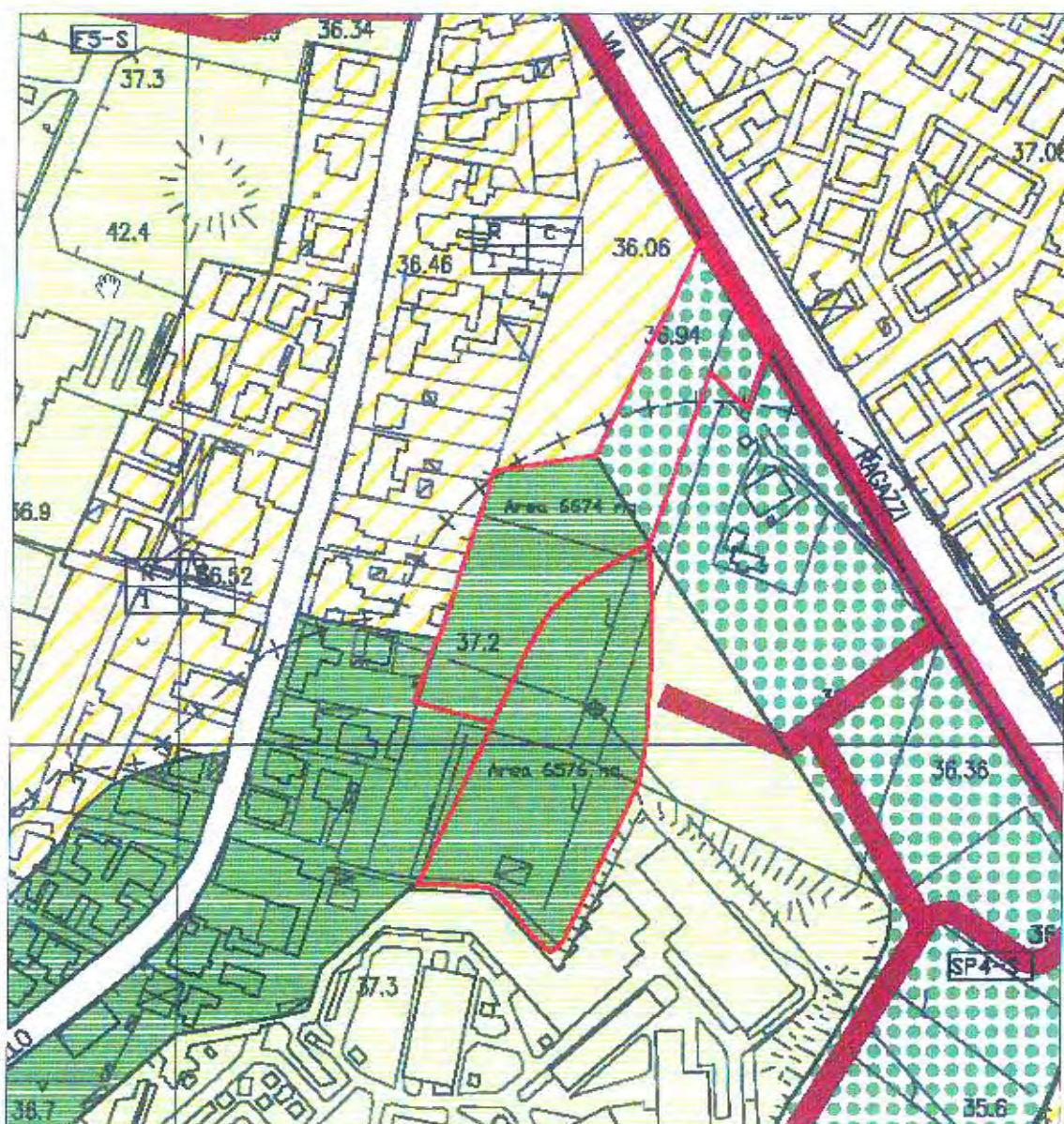


Fig. 3 – stralcio prg. Vigente con evidenziata in rosso l'area di variante

La suddivisione delle diverse superfici scolanti è sintetizzata in tabella, considerando a favore di sicurezza un indice massimo di impermeabilità,

AREA SCOLANTE	S(mq)
<i>Nuovo Viale Monumentale</i>	
Strade	2.000
Pista ciclabile/marciapiedi	450
Parcheggi	1.000
Verde giardino	3.224
	6.674
<i>Ampliamento area cimiteriale</i>	
Superfici coperte	3.000
Percorsi pedonali	600
Verde giardino	2.976
	6576
<i>Totale aree scolanti</i>	<i>13.250</i>

SECONDA PARTE

1. **VARIAZIONE DI PERMEABILITA' TRA LE SUPERFICI SCOLANTI**

L'urbanizzazione, ai fini idraulici, è causa dell'impermeabilizzazione del suolo e ciò si traduce in una riduzione del contributo all'infiltrazione e un incremento della produzione di deflusso superficiale. In accordo con il principio dell'*invarianza idraulica* tali volumi in eccesso dovranno essere opportunamente invasati in idonei sistemi e rilasciati nel lungo periodo, al fine di garantire gli stessi ordini di grandezza di deflusso dello stato attuale. Nella tabella seguente è riportato un confronto delle diverse superfici scolanti nello stato attuale e nella configurazione di progetto.

Tabella delle superfici scolanti – Confronto Attuale/ Futura		
Natura delle superfici scolanti	Stato Attuale dell'area (mq)	Stato Futuro dell'area (mq)
<u>Area totale</u>	13.250	13.250
<i>Viale Monumentale:</i>		
Strade (*)	-	2.000
Pista ciclabile/ marciapiedi (*)	-	450
Parcheggi (*)	-	1.000
Verde (*)	6.674	3.224
<i>Ampliamento area cimiteriale:</i>		
Superficie coperta (*)	-	3.000
Percorsi pedonali (*)	-	600
Verde (*)	6.576	2.976
(*) Superfici ipotizzate d concerto con l'ufficio tecnico comunale		

Si verifica pertanto un incremento della superficie impermeabile che comporta un aumento dei volumi di deflusso superficiale che dovranno pertanto essere opportunamente mitigati al fine di preservare lo stato di fatto idraulico.

2. I PRINCIPALI PARAMETRI IDRAULICI DI DIMENSIONAMENTO

2.1. Le curve di possibilità pluviometrica

Per la stima della portata meteorica si è fatto riferimento alle precipitazioni di massima intensità registrate nella stazione pluviografica di **Vicenza**.

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

Alle precipitazioni massime di data durata si applica la seguente descrizione statistica, comune a molte serie idrologiche:

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

In cui:

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

X_m il valore medio degli eventi considerati;

F fattore di frequenza;

S_x scarto quadratico medio

Per il caso in esame si è utilizzata la distribuzione doppio-esponenziale di *Gumbel*.

Al fattore F si assegna l'espressione:

$$F = (Y (Tr) - Y_N)/S_N$$

essendo la grandezza $Y (Tr)$, funzione del Tempo di ritorno, la cosiddetta variabile ridotta, e Y_N e S_N rappresentano la media e lo scarto quadratico medio della variabile ridotta: esse sono funzioni del numero N di osservazioni.

I valori di questi parametri sono riportati nella tabella seguente.

Valori dei parametri YN e Sn secondo Gumbel										
MEDIA RIDOTTA YN										
N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5154	0.5177	0.5198	0.5217
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5282	0.5296	0.5309	0.5321	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.5380	0.5388	0.5396	0.5403	0.5411	0.5417	0.5424	0.5430
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5472	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5532	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.5571	0.5573	0.5574	0.5576	0.5578	0.5580	0.5581	0.5583	0.5584
90	0.5586	0.5588	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.5600	0.5602	0.5603	0.5604	0.5605	0.5606	0.5608	0.5609	0.5610	0.5611
DEVIATIONE STANDARD RIDOTTA SN										
N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	1.0010	1.0148	1.0270	1.0378	1.0476	1.0564	1.0644	1.0717	1.0785	1.0847
20	1.0904	1.0958	1.1008	1.1055	1.1098	1.1140	1.1178	1.2115	1.1250	1.1283
30	1.1314	1.1344	1.1372	1.1399	1.1425	1.1449	1.1473	1.1496	1.1518	1.1538
40	1.1559	1.1578	1.1597	1.1614	1.1632	1.1649	1.1665	1.1680	1.1696	1.1710
50	1.1724	1.1738	1.1752	1.1765	1.1777	1.1789	1.1801	1.1813	1.1824	1.1835
60	1.1846	1.1856	1.1866	1.1876	1.1886	1.1895	1.1904	1.1913	1.1922	1.1931
70	1.1939	1.1947	1.1955	1.1963	1.1971	1.1978	1.1986	1.1993	1.2000	1.2007
80	1.2014	1.2020	1.2027	1.2033	1.2039	1.2045	1.2052	1.2057	1.2063	1.2069
90	1.2075	1.2080	1.2086	1.2091	1.2096	1.2101	1.2106	1.2111	1.2116	1.2121
100	1.2126	1.2130	1.2135	1.2139	1.2144	1.2148	1.2153	1.2157	1.2161	1.2165

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

$$Y(T_r) = -\ln(-\ln((T_r-1)/T_r))$$

Con le idonee sostituzioni si ricava l'espressione:

$$X(T_r) = X_m - S_x YN/SN + S_x Y(T_r)/SN$$

in cui $X_m - S_x Y_N / S_N$ è chiamata *moda* e rappresenta il valore con massima frequenza probabile ed il fattore S_x / S_N con il termine *alpha*.

In allegato sono dettagliatamente riportati i risultati dell'elaborazione eseguita.

Per ciascun tempo di ritorno si è provveduto a calcolare l'equazione pluviometrica mediante interpolazione.

I risultati ottenuti forniscono i valori di a e n nell'equazione $h = a t^n$:

Coefficienti dell'equazione pluviometrica PER PRECIPITAZIONI ORARIE (Stazione di Vicenza)		
Tr (anni)	a	n
10	49,198	0,2171
20	57,585	0,2050
50	68,462	0,1931

Coefficienti dell'equazione pluviometrica PER PRECIPITAZIONI BREVI (Stazione di Vicenza)		
Tr (anni)	a	n
10	50,190	0,4394
20	57,962	0,4458
50	68,020	0,4518

Ottenute le curve di possibilità pluviometrica è possibile stabilire per un prefissato tempo di ritorno Tr il valore dell'evento che gli corrisponde.

Assegnato Tr si possono ricavare per ogni durata t i valori di h corrispondenti cioè le altezze di precipitazione che ricorrono mediamente ogni Tr anni.

Il valore del Tr che verrà adottato per il caso in esame è stato determinato nel paragrafo seguente.

2.2. Il tempo di ritorno

L'analisi delle grandezze idrologiche permette di associare al loro valore il concetto di rischio che sta alla base della progettazione idraulica.

Nel nostro caso la grandezza idrologica che consideriamo è l'altezza di precipitazione critica che può essere associata ad un tempo di ritorno, ovvero la durata media del periodo in cui l'evento fissato venga superato una sola volta.

La definizione del tempo di ritorno dell'evento meteorico critico viene fatta mediante un'analisi multicriteriale.

Per la scelta dell'intervallo di rischio di progetto, cioè dei valori massimi e minimi del Tempo di Ritorno, si parte da una matrice di orientamento redatta in base a normative e regolamenti di livello nazionale e internazionale e alla realtà locale dei bacini dell'Alto Adriatico.

Nel caso specifico si ha:

Tipologia di opera idraulica	Tr min (anni)	Tr max (anni)
Invasi di laminazione	10	50

Dedotto tale intervallo di rischio idraulico di riferimento per dimensionare l'opera di progetto si classifica la stessa in base ad una serie di criteri in modo da avere un orientamento più preciso relativamente a quale parte di detto intervallo fare riferimento per il dimensionamento.

I criteri individuati sono riferiti a tre categorie di conoscenze:

- Criteri riferiti alla tipologia delle opere
- criterio della modificazione della probabilità del danno dovuta al tipo di opera
- criterio delle dimensioni caratteristiche che non variano al variare del rischio assunto
- criterio del sito di realizzazione dell'opera, legato al fattore di impatto ecologico
- criterio della capacità residua delle opere di mantenere la funzionalità di progetto

Criteri riferiti alla tipologia del sito dove insiste l'opera

- criterio legato all'impatto paesaggistico-ambientale
- criterio legato ai costi sociali
- Criteri riferiti al valore del bene difeso
- gli edifici
- gli insediamenti produttivi
- l'agricoltura

- la viabilità
- le infrastrutture a rete

Si usa un metodo multicriterio qualitativo che consiste nell'assegnare ai criteri un valore qualitativo che indica se il tempo di ritorno da assumere, per quello specifico criterio, debba essere massimo, medio, minimo.

Tale indice è esprimibile con un valore numerico ordinale 2,1,0.

A) Criteri riferiti alla tipologia delle opere

Criterio della modificazione della probabilità del danno dovuta al tipo di opera

L'inserimento di un'opera idraulica di difesa modifica il naturale deflusso delle acque e modifica conseguentemente la legge di distribuzione di probabilità di verificarsi del danno di evento calamitoso.

Nel caso specifico di un bacino di laminazione il solo parametro di portata massima non è sufficiente, è infatti necessario conoscere la durata e le caratteristiche dell'evento; per tanto non si può individuare una corrispondenza biunivoca tra la portata e la probabilità del danno.

Se si ipotizza che il superamento dell'evento di progetto sia tale da riempire l'invaso prima dell'arrivo della portata massima l'andamento della distribuzione di probabilità del danno è simile a quello che si avrebbe senza intervento; pertanto si assume un tempo di ritorno massimo (indice=2).

Criterio delle dimensioni caratteristiche dell'opera

La variazione delle dimensioni di un'opera in funzione del tempo di ritorno incide sui costi di realizzazione dell'opera stessa. Si sono individuate le dipendenze funzionali delle caratteristiche geometriche delle opere dal tempo di ritorno in modo da evidenziare come varia la curva dei costi al variare dello stesso tempo di ritorno. In questo modo è possibile giudicare la convenienza di adottare tempi di ritorno più o meno alti in funzione dell'incremento di costo che questi comportano.

Per i bacini di laminazione si vede come modeste variazioni di T_r si riflettono in maniera considerevole sulla geometria e sul costo delle opere. Pertanto si assume un tempo di ritorno minimo (indice=0).

Criterio dell'impatto ecologico dell'opera

La realizzazione di un'opera idraulica, per le modificazioni che esse induce, implica sempre un certo impatto sull'ambiente tanto più forte quanto più grande è l'opera. Si valuta l'impatto legato alla variazione che l'opera può indurre nella naturalità del corso d'acqua cambiandone le caratteristiche o legato alle modificazioni del paesaggio.

Il bacino di laminazione e le opere di fognatura in generale non modificano tali equilibri naturali quindi si assume un tempo di ritorno massimo (indice=2).

Criterio della capacità residua dell'opera a mantenere la funzionalità di progetto

Un'opera idraulica qualora venga interessata da un evento di piena maggiore di quello di progetto può essere danneggiata o distrutta dall'evento stesso; in tal caso anche eventi minori di quello di progetto arrecano danno al territorio che affrisce all'opera.

Le opere di fognatura mantengono inalterata la propria funzionalità per cui non è necessario aumentare i tempi di ritorno per avere una maggiore garanzia di sicurezza per gli eventi seguenti all'evento di progetto.

Per il bacino di laminazione si assume pertanto un tempo di ritorno minimo (indice=0).

B) Criteri riferiti alla tipologia del sito dove insiste l'opera

Criterio legato all'impatto ambientale paesaggistico

Per quanto riguarda l'influenza delle opere entro terra, l'impatto si considera limitato e quindi non costituisce vincolo per l'adozione del tempo di ritorno massimo.

Si sceglie pertanto un tempo di ritorno massimo (indice=2).

Criterio dei costi sociali

La realizzazione di un'opera idraulica comporta oltre al puro costo di investimento una serie di costi aggiuntivi, definiti anche come costi sociali, intesi come perdite di tempo per limitazioni al traffico generate dai lavori. Ovviamente i costi aggiuntivi maggiori si hanno quando l'opera viene realizzata in zone di elevata mobilità; maggiore è il tempo di ritorno, minore è la probabilità di riinteressare la zona con i lavori e quindi con i disagi provocati.

Le opere verranno realizzate in una zona con densità limitata. Si assume pertanto un tempo di ritorno medio (indice=1).

C) Criteri riferiti al valore del bene difeso

Gli aspetti economici coinvolti dalla presenza di un'opera di difesa idraulica possono essere individuati analizzando gli effetti negativi che si avrebbero nel caso che l'opera non sia realizzata; si valuta quindi il danno evitato.

Edifici

L'opera viene realizzata in un'area in cui non sono presenti molte edificazioni. Si assume un tempo di ritorno medio (Indice=1).

Insedimenti produttivi

L'opera evita danni in una zona in cui non sono presenti insediamenti produttivi si assume un tempo di ritorno minimo (Indice=0).

Agricoltura

L'area interessata dalla costruzione dell'opera si pone in zona perlopiù urbanizzata; si assume pertanto un tempo di ritorno minimo (Indice=0).

Viabilità

L'opera viene costruita in una zona interessata da viabilità di importanza secondaria; si assume pertanto un tempo di ritorno minimo (Indice=0).

Infrastrutture a rete

Non si riscontra la presenza di infrastrutture a rete (gasdotti, linee di alta tensione, linee di comunicazione telematica, ecc) nell'area interessata dall'opera di progetto; si assume pertanto un tempo di ritorno minimo (Indice=0).

Descrizione della metodologia per l'individuazione del valore orientativo del rischio di progetto

Una volta definiti gli undici attributi da dare ai criteri per l'opera in esame, si tratta di determinare un parametro unico che permetta di entrare nell'intervallo predefinito tra Tr_{min} e Tr_{max} e stabilire quale tempo di ritorno adottare.

Per individuare il Tr si utilizza un'equazione derivata dalla tecnica di analisi multicriteriale denominata Compromise Programming.

Per prima cosa si associa al valore di Tr_{max} un punto ideale nello spazio a 11 dimensioni (tanti sono i criteri individuati) rappresentato dal vettore che assume, per tutti i criteri, i valori massimi che si possono attribuire all'indice:

$$\text{Punto Ideale} = P = (x_{1max}, x_{2max}, \dots, x_{imax}, \dots, x_{11max})$$

con $x_{1max}, \dots, x_{imax} = 2$

Si associa poi al valore V che identifica l'opera in esame il punto rappresentato dagli 11 valori attribuiti ai criteri:

$$V = V(x_1, \dots, x_i, \dots, x_{11})$$

e si calcola la distanza geometrica D del Punto Ideale dal punto V

$$D = \sqrt{\sum_i (x_{imax} - x_i)^2}$$

dove x identifica il giudizio attribuito al criterio i per l'opera in esame;

Si associa al valore di Tr_{min} un punto identificato dal vettore che assume, per tutti i criteri, i valori minimi che si possono attribuire all'indice:

$$\text{Punto } Tr_{min} = O = (x_{1min}, x_{2min}, \dots, x_{imin}, \dots, x_{11min})$$

$$\text{con } x_{1max} = \dots, x_{imax} = 0$$

Si calcola quindi la distanza massima D_{max} tra il punto ideale che rappresenta Tr_{max} ed il punto O che rappresenta Tr_{min} :

$$D_{max} = \sqrt{\sum_i (x_{imax} - x_{imin})^2}$$

Il tempo di ritorno di riferimento per l'opera in esame può essere espresso in relazione alla proporzionalità delle due distanze individuate:

$$Tr = Tr_{max} - (Tr_{max} - Tr_{min}) D / D_{max}$$

Determinato in questo modo $Tr_{calcolo}$ si adotta, per le valutazioni di portata e precipitazione di progetto, il tempo di ritorno della classe nella quale esso ricade e che può assumersi come segue:

classe 1	$Tr = 10$ anni	per $Tr_{calcolo} < 15$
classe 2	$Tr = 20$ anni	per $15 \leq Tr_{calcolo} < 25$
classe 3	$Tr = 30$ anni	per $25 \leq Tr_{calcolo} < 40$
classe 4	$Tr = 50$ anni	per $40 \leq Tr_{calcolo} < 60$
classe 5	$Tr = 100$ anni	$Tr_{calcolo} \geq 60$

Nelle elaborazioni di seguito riportate si determina un valore del Tempo di Ritorno pari a 19,25 anni, ricadente in classe 2.

In base alle "Modalità operative ed indicazioni tecniche" contenute nella D.G.R. 1322/2006 il tempo di ritorno cui fare riferimento viene definito pari a 50 anni.

Il tempo di ritorno per il caso in esame è pertanto assunto pari a 50 anni.

2.3. Il coefficiente di deflusso

Il coefficiente di deflusso ϕ è il parametro che determina la trasformazione degli afflussi in deflussi. Il coefficiente di deflusso è determinato infatti come il rapporto tra il volume defluito attraverso una assegnata sezione in un definito intervallo di tempo e il volume meteorico precipitato nell'intervallo stesso.

Il coefficiente di deflusso viene valutato considerando le caratteristiche di permeabilità delle diverse superfici presenti nell'intero bacino scolante.

Si riportano nella tabella seguente i valori del coefficiente di deflusso desunti dalla letteratura e utilizzati nella pratica progettuale.

<i>Valori del coefficiente di deflusso relativi a una pioggia avente durata oraria</i>	
Tipi di superficie	ϕ
Tetti metallici	0,95
Tetti a tegole	0,90
Tetti piani con rivestimento in calcestruzzo	0,7÷0,8
Tetti piani ricoperti di terra	0,3÷0,4
Pavimentazioni asfaltate	0,9
Pavimentazioni in pietra	0,8
Massicciata in strade ordinarie	0,4÷0,8
Strade in terra	0,4÷0,6
Zone con ghiaia non compressa	0,15÷0,25
Giardini	0÷0,25
Boschi	0,1÷0,3
Parti centrali di città completamente edificate	0,70÷0,90
Quartieri con pochi spazi liberi	0,50÷0,70
Quartieri con fabbricati radi	0,25÷0,50
Tratti scoperti	0,10÷0,30
Terreni coltivati	0,20÷0,60

(Fonte: Luigi Da Deppo e Claudio Datei dal volume "Fognature")

La recente pubblicazione "Ciclo delle acque in ambiente costruito" riporta valori del coefficiente di deflusso tratti da un lavoro del Prof. Liesecke, I.G.G., Università di Hannover.

Permeabilità dei vari tipi di rivestimento	
<i>Tipo superficie raccolta</i>	ϕ
Tetti a falde	1,00
Lastricature con fughe ermetiche	1,00
Rivestimenti bituminosi	0,90
Coperture piane con ghiaietto	0,80
Lastricature miste, clinker, piastrelle	0,70
Lastricature medio/grandi con fughe aperte	0,60
Asfalto poroso	0,50÷0,40
Rivestimenti drenanti, superfici a ghiaietto	0,50÷0,40
Griglie in calcestruzzo	0,30÷0,20
Coperture piane seminate a erba	0,30÷0,20
Prati	0,25
Prati di campi sportivi	0,20÷0,00
Superfici coperte di vegetazione	0,20÷0,00

(Fonte: Prof. Liesecke, I.G.G., Università di Hannover)
(Da "Ciclo delle acque in ambiente costruito" Prof. E.R. Trevisiol)

Per il caso di studio in esame, in ragione di quanto sopra indicato esposto e tratto dalla bibliografia, si sono assunti nei calcoli idraulici di verifica i seguenti coefficienti di deflusso (i parametri indicati valgono per entrambe le aree prese in considerazione):

- $\phi_1 = 0,90$ per le superfici asfaltate (aree di manovra, viabilità, marciapiedi, etc);
- $\phi_2 = 0,90$ per le superfici impermeabili coperte;
- $\phi_3 = 0,20$ per le superfici permeabili a giardino.
- $\phi_4 = 0,10$ per le superfici a verde inalterate, aree agricole.

Dalla relazione seguente si ricava il valore del coefficiente di deflusso medio ϕ_{m} :

$$\phi_m = \sum(S_i \times \phi_i) / S$$

ϕ_m = coefficiente di deflusso medio relativo alla superficie scolante totale

S = superficie scolante totale (mq)

S_i = Superfici scolanti omogenee (mq)

ϕ_i = coefficiente di deflusso relativo alla S_i

In allegato alla presente relazione è riportato in dettaglio il calcolo del tempo di corrivazione con il metodo di cui sopra.

2.4. Il tempo di corrivazione

2.4.1. Calcolo del tempo di corrivazione

Recenti studi svolti presso il Politecnico di Milano (Mambretti e Paoletti, 1996) determinano una stima del tempo di accesso a mezzo del modello del *condotto equivalente*, sviluppato partendo dalla considerazione che il deflusso è in realtà un deflusso in una rete di piccole canalizzazioni incognite (grondale, cunette, canalette, piccoli condotti) che raccolgono le acque scolanti lungo le singole falde dei tetti e delle strade.

Per determinare il tempo di corrivazione t_c nello stato di progetto, area urbanizzata, si deve fare riferimento alla somma:

$$t_c = t_a + t_r$$

in cui t_a è il tempo d'accesso alla rete, sempre di incerta determinazione, variando con la pendenza dell'area, la natura della stessa e il livello di realizzazione dei drenaggi minori, nonché alla altezza della pioggia precedente l'evento critico di progetto.

Tali studi hanno condotto, per sottobacini sino a 10 ettari, all'equazione:

$$t_{ai} = ((3600^{(n-1)/4} \cdot 0,5 \cdot l_i) / (s_i^{0,375} (a \cdot \phi_i \cdot S_i)^{6,25}))^{4/(n-3)}$$

essendo:

t_{ai} = tempo d'accesso dell' i -esimo sottobacino [s]

l_i = massima lunghezza del deflusso dell' i -esimo sottobacino [m]

s_i = pendenza media dell' i -esimo sottobacino [m/m]

ϕ_i = coefficiente di deflusso dell' i -esimo sottobacino [m/m]

S_i = superficie di deflusso dell' i -esimo sottobacino [ha]

a, n = coefficienti dell'equazione di possibilità pluviometrica

Per la determinazione di li viene proposta l'equazione:

$$li = 19,1 (100 Si)^{0,546}$$

nella quale Si è in ettari e la lunghezza li in metri.

Nel caso in esame il sottobacino considerato, per la determinazione del tempo di accesso alla rete, è il sottobacino posto all'estremità di monte del percorso idraulico più lungo.

Il tempo di rete tr , è dato dalla somma dei tempi di percorrenza di ogni singola canalizzazione seguendo il percorso più lungo della rete fognaria; tr è quindi determinato dal rapporto la lunghezza della rete e la velocità della corrente

$$tr = \sum Li/Vi$$

nella quale la sommatoria va estesa a tutti i rami che costituiscono il percorso più lungo.

In allegato alla presente relazione è riportato in dettaglio il calcolo del tempo di corrivazione con il metodo di cui sopra.

2.5. Il calcolo della portata meteorica

Il calcolo della portata, conseguente alla precipitazione assegnata, è stato condotto utilizzando il **metodo razionale**, noto in Italia come **metodo cinematico** o del **ritardo di corrivazione**; il metodo si presta ad essere utilizzato in molti casi e generalmente applicato a bacini scolanti di relativamente limitata estensione.

L'ipotesi di base del metodo cinematico prevede l'assunzione di un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione: in tal modo tutto il bacino scolante contribuisce alla formazione della portata massima.

La portata massima nella sezione terminale si ha assumendo un tempo di pioggia (durata della precipitazione) pari al tempo di corrivazione calcolato.

La condizione *tempo di pioggia (t) = tempo di corrivazione (tc)* porta ad un idrogramma di piena avente forma di triangolo isoscele, caratterizzato da un valore massimo della portata doppio di quello medio; in tale ipotesi tutto il bacino scolante considerato contribuisce alla formazione della portata massima.

Con le ipotesi di cui sopra e dalla relazione seguente proposta dal **metodo cinematico** si ricava il valore della portata meteorica massima relativa al bacino scolante considerato:

$$Q_{max} = \phi_{medio} S h / t$$

in cui:

Q_{max} = portata massima (l/s)

ϕ_{medio} = coefficiente di deflusso medio;

S = superficie scolante totale;

h = altezza di pioggia valutata con l'espressione relativa alla curva di possibilità climatica;

t = tempo di pioggia assunto pari al tempo di corrivazione t_c ;

Considerando un Tempo di Ritorno di 10 anni nella configurazione attuale dell'area si stima una portata massima pari a 14 l/s. Sempre per un Tempo di Ritorno di 10 anni ma nella configurazione di progetto si stima una portata massima pari a 323 l/s.

Si verifica pertanto un incremento della portata scolante sulla superficie rispetto allo stato attuale. Dovranno pertanto essere previste delle misure compensative per mitigare l'impatto idraulico delle nuove opere.

3. CALCOLO DEI VOLUMI DI INVASO

Per ottenere un quadro più completo, nel calcolo dei volumi efficaci di laminazione sono stati adottati due diversi approcci, di seguito descritti.

In particolare sono stati utilizzati:

- un modello di calcolo analitico che simula la variabilità dei volumi di invaso al variare del tempo di pioggia, imponendo un valore limite di portata allo scarico;
- uno schema di calcolo semplificato che determina la differenza tra il volume smaltito nello stato attuale e a seguito dell'intervento urbanistico. La differenza ottenuta rappresenterà il volume che dovrà essere invasato.

A favore di sicurezza verrà assunto come volume efficace di invaso il risultato maggiore tra i due ottenuti.

Si precisa che per l'applicazione del modello di calcolo analitico si dovrà fare riferimento ad una superficie di calcolo ridotta corrispondente all'effettiva area trasformata nella sua destinazione d'uso. Di contro nello schema di calcolo semplificando, entrando in gioco differenze di volumi, si considera la superficie complessiva, dando così un quadro più completo.

I dettagli sono riportati nei paragrafi seguenti.

3.1. Modello di calcolo analitico

3.1.1. Superficie di calcolo per l'applicazione del modello analitico.

Nell'applicazione del modello di calcolo analitico, dovendosi fissare un valore di portata allo scarico, la superficie da prendere a riferimento è quella che subisce una effettiva trasformazione territoriale. Il coefficiente udometrico infatti terrebbe conto anche delle aree già impermeabili e assumerebbe per tale motivo valori troppo elevati per poter applicare il modello in maniera realistica (il tempo di pioggia critica sarebbe dell'ordine dei minuti).

Per un'area scoperta a verde è sostanzialmente associato (sia dalla letteratura, sia dall'esperienza) un valore della portata di deflusso superficiale di circa 10 l/s ha.

3.1.2. Applicazione del modello

Il calcolo dei volumi efficaci di invaso viene condotto imponendo un valore limite di portata scaricata, considerando che la normativa impone che il regime idraulico non venga modificato a seguito degli interventi di urbanizzazione.

Il calcolo sarà condotto considerando la superficie scolante ridotta e assumendo un limite allo scarico di 10 l/s ha.

Calcolando per il tempo di precipitazione, il valore del volume affluito alla sezione di chiusura, il volume scaricato nella rete di scolo ricetrice e, per differenza tra i due, il volume che è necessario invasare, è possibile determinare il valore necessario alla laminazione dell'evento considerato, ricercando il massimo della curva dei volumi di invaso al variare del tempo di precipitazione.

A tale scopo è stato predisposto un modello che simula il comportamento dei volumi di invaso al variare del tempo di pioggia, nell'ipotesi di concentrarli in corrispondenza della sezione di uscita del bacino considerato. Il modello determina, in funzione di una serie di eventi critici considerati (scansione temporale considerata tra le piogge orarie) e della portata di deflusso (assegnata costante per semplicità):

- l'altezza della precipitazione;
- la portata di pioggia alla sezione di chiusura valutata con l'espressione del metodo cinematico;
- la portata da invasare a monte della sezione di chiusura, data dalla differenza tra la portata di pioggia e la portata di deflusso;
- Il volume di invaso superficiale (diffuso sulla superficie scolante) è costituito dalle capacità riempite dalle acque (grondaie, cunette, avvallamenti del terreno, pozzetti, caditoie) e dal velo idrico che scorre sulla superficie stradale (0,5-2 mm) e assunto pari a 30 mc/ha;
- il volume di pioggia defluito nella rete idrografica ($Q_{defluito} \times \text{tempo di pioggia}$);
- il volume di pioggia da invasarsi ($V_{invaso} = V_{pioggia} - V_{defluito} - V_{invaso \text{ superficiale}}$).

Il modello di calcolo analitico fornisce un valore del volume efficace di invaso pari a circa 664 mc.

3.2. Schema di calcolo semplificato

Come secondo approccio è stato utilizzato uno schema semplificato di calcolo, proposto dal Genio Civile di Vicenza, per la determinazione dei massimi volumi di invaso.

Tale schematizzazione considera una precipitazione pari a 100 mm (valore di pioggia oraria superiore alla intensità critica oraria per Tr cinquantennale e prescritto dal consorzio di bonifica competente) distribuita in modo uniforme sull'intera superficie scolante: risulta così noto il volume di precipitazione che investe l'area.

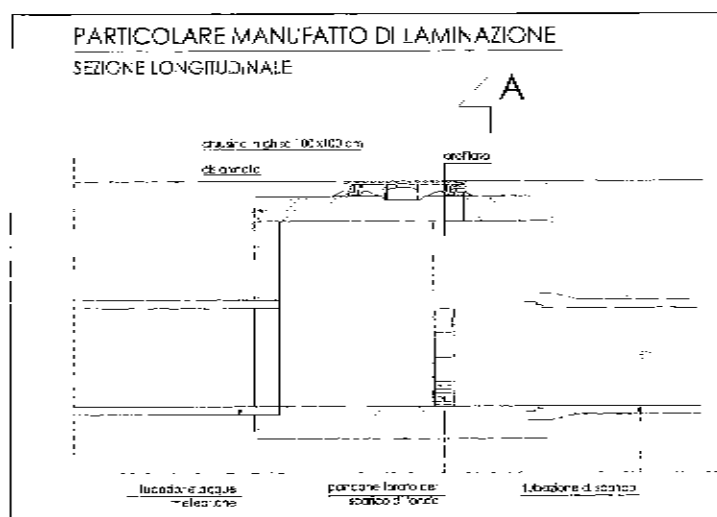
Per ogni tipologia di superficie, in funzione del coefficiente di deflusso, si determina il volume infiltrato e quello che di contro defluisce superficialmente.

Tale calcolo viene effettuato sia per la situazione in essere che per quella di progetto: la differenza tra i volumi complessivi di invaso relativi rispettivamente alla configurazione di progetto e allo stato attuale, fornisce il volume efficace che deve essere mitigato, conseguentemente all'incremento della superficie impermeabile, dovuta alla variante.

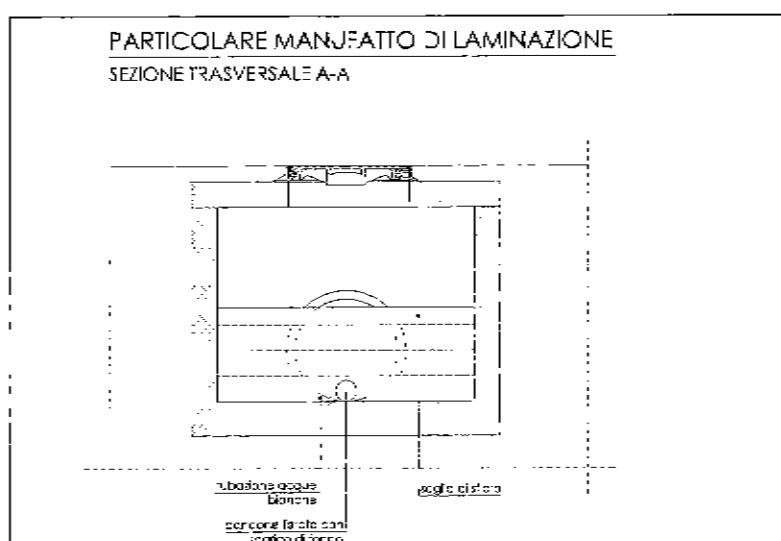
Il modello di calcolo analitico fornisce un valore del volume efficace di invaso pari a circa 626 mc.

3.3. Manufatti di scarico e limitatori di portata

La limitazione di portata nella sezione terminale, prima dello scarico, dovrà essere garantita da un manufatto di laminazione che funzioni preferibilmente in modo automatico e che limiti l'afflusso di portata ai valori corrispondenti alla situazione prima dell'intervento urbanistico. Tale manufatto idraulico per la laminazione delle acque meteoriche presenterà nel fondo una apertura di dimensioni ridotte, tarata sul valore massimo di portata ammissibile, al fine di limitare la portata in uscita ai valori richiesti.



Schema tipo manufatto di laminazione- sezione longitudinale



Schema tipo manufatto di laminazione- sezione trasversale

4. MISURE DA ATTUARE PER MITIGARE L'IMPATTO IDRAULICO

4.1. Mitigazione dei volumi in eccesso

Secondo la normativa vigente, al fine di ridurre l'impatto idraulico delle nuove urbanizzazioni è necessario ricavare dei volumi efficaci di invaso da realizzarsi nelle posizioni e con i sistemi più idonei.

Tali fattori dovranno essere valutati in sede di progettazione, pertanto in questo paragrafo verranno presentati i possibili sistemi, ormai collaudati dall'uso e dalla pratica, che possono essere presi in considerazione.

La rosa entro cui scegliere appare relativamente ampia ed in particolare si sottolinea che i sistemi indicati possono essere usati in maniera combinata e complementare oppure singolarmente, in funzione dei volumi in gioco e delle peculiarità delle aree.

Non è precluso ovviamente l'utilizzo di altri tipi di dispositivi, fermo restando il fatto che dovranno in ogni caso essere inseriti all'interno del contesto e il loro dimensionamento dovrà rispettare i valori di volume efficace richiesto.

Tra i sistemi maggiormente utilizzati nella pratica possono essere indicati:

- aree verdi depresse per l'invaso superficiale;
- accumulo in volumi interrati realizzati mediante vespai ad alta capacità di accumulo;
- accumulo in volumi interrati realizzati mediante celle assemblabili;
- accumulo in volumi interrati realizzati mediante la posa di condotte di grande diametro;
- sovradimensionamento della rete acque meteoriche.

Tra le misure, non definibili di accumulo, ma che comunque contribuiscono alla laminazione della portata di piena si può suggerire, ove possibile, la realizzazione di parcheggi inerbiti drenanti.

Tale sistema contribuisce alla diminuzione del coefficiente di deflusso superficiale e all'aumento del tempo di corrivazione limitando così il valore di picco della piena.

Generalmente l'inerbimento delle aree a parcheggio (sole aree di stallo) dovrà comunque essere integrato da altri dispositivi di mitigazione del rischio idraulico.

Si sottolinea infine che la natura del terreno (gli strati superficiali sono caratterizzati da elementi fini e a natura coesiva) e la quota della falda, tendenzialmente piuttosto superficiale, non consentono di ipotizzare la realizzazione di sistemi a dispersione nel sottosuolo.

Sono pertanto da escludere sistemi che prevedano la realizzazione di pozzi o trincee disperdenti. Nei paragrafi seguenti vengono descritti più dettagliatamente i sistemi sopra indicati.

4.1.1. Aree verdi depresse per l'invaso superficiale

Nelle situazioni in cui si rendono disponibili delle aree a verde non frazionate e con una certa estensione superficiale può essere considerata l'ipotesi di realizzare delle aree depresse, collegate alla rete meteorica principale, che in sostanza fungono da cassa di espansione della portata di piena. I volumi in eccesso, che si vengono a creare a seguito dell'impermeabilizzazione del suolo, verranno recapitati temporaneamente nelle aree di accumulo.

Con il calare dell'onda di piena i bacini andranno a svuotarsi lentamente. L'allontanamento delle acque può essere facilitato garantendo una pendenza minima del fondo in direzione della reimmissione nella rete meteorica principale, che le colleterà poi verso il recapito finale.

Lo svuotamento avverrà in funzione del manufatto terminale di scarico che come detto dovrà essere dimensionato secondo il valore limite pari all'ordine di grandezza della portata defluita nelle condizioni precedenti alla urbanizzazione.

Le sponde del bacino dovranno essere opportunamente sagomate e dovrà essere assegnata una pendenza della scarpa in funzione delle caratteristiche geologiche del terreno, onde garantire la stabilità delle sponde stesse.

Il nuovo vaso di progetto, dovrà garantire l'accumulo dei volumi sopra richiesti, fermo restando che l'eventuale chiusura o tombinamento della rete di scolo esistente posta all'interno dell'area considerata dovrà essere supportata da un adeguato ripristino dei corrispondenti volumi di vaso superficiale.



Esempio area verde depressa realizzata nella Provincia di Vicenza

In funzione del tirante all'interno delle condotte (comandato dall'altezza della soglia di sfioro del manufatto di laminazione) sarà stabilita l'altezza massima del pelo libero all'interno del bacino di invaso. Si sottolinea che deve essere comunque garantito un franco di sicurezza tra il pelo libero del bacino e la quota superiore della sponda (che coinciderà nell'ipotesi più sfavorevole alla quota di progetto).

4.1.2. Vespai interrati ad alta capacità di accumulo

Tra i sistemi che permettono l'invaso interrato dei maggiori volumi d'acqua che si vengono a creare a seguito dell'urbanizzazione del territorio, sono i cosiddetti vespai ad alta capacità di accumulo.

I vespai, le cui caratteristiche sono desunte da sistemi esistenti in commercio, sono realizzati in Pead e possono essere disposti al di sotto delle aree adibite a stalli o delle aree verdi.

Anche in questo caso viene realizzato un sistema a doppia direzione di flusso (carico e scarico) collegato alla rete meteorica principale. Lo scarico avviene con le medesime modalità descritte nel paragrafo precedente.

Per tali strutture a serbatoio la capacità di invaso viene realizzata sfruttando il vuoto di ogni singolo elemento, ed in particolare il volume V_{invaso} può stimarsi con l'espressione:

$$V_{\text{invaso}} = A \times C$$

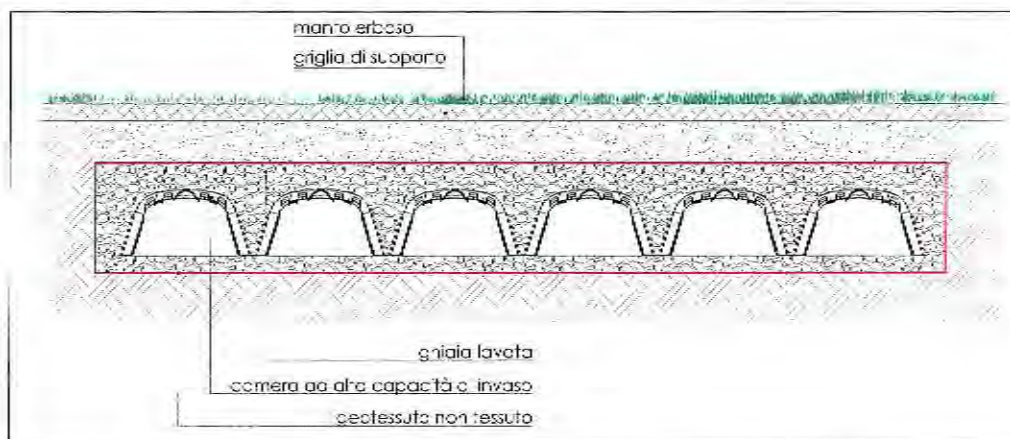
dove:

A (mq): superficie occupata dai vespai

C (mc/mq): capacità specifica di invaso dei vespai

La capacità di invaso, una volta definito il coefficiente C, è pertanto funzione dell'estensione assegnata ai vespai. In particolare per sistemi di questo tipo è possibile ipotizzare capacità specifiche di invaso dell'ordine di 0,3 - 0,4 mc/mq.

Nella figura seguente è rappresentata una sezione trasversale tipo del sistema con vespai ad alta capacità, realizzati al di sotto di un'area a verde.



Sezione trasversale tipo per vespai ad alta capacità

Gli elementi di accumulo verranno appoggiati su un letto di ghiaia lavata di spessore pari a circa 10 cm ed infine rinfiancato e ricoperto con altra ghiaia per uno spessore dell'ordine dei 15-20 cm. Il "pacchetto" così formato verrà avvolto da uno strato di geotessile.

Nel caso in cui risulti ragionevole l'ipotesi di sfruttare anche il letto ghiaioso per l'accumulo delle acque è possibile assumere il valore più alto del range prima indicato pari quindi a 0,4. In caso contrario si assumerà il valore 0,3. Si sottolinea che questo tipo di sistema ha carattere essenzialmente bidimensionale, pertanto sarà usato preferibilmente in ambiti in cui non è possibile realizzare scavi oltre determinate profondità (ad es. a causa della presenza della falda, dei vincoli relativi allo scorrimento delle condotte meteoriche, etc.).

4.1.3. Vespai interrati realizzati con sistema a celle assemblabili

Oltre ai vespai descritti in precedenza esistono in commercio dei sistemi basati sull'assemblamento di celle in polipropilene che permettono di realizzare dei bacini di accumulo interrati. Forma e dimensioni delle celle sono variabili in funzione del produttore mentre la capacità di accumulo specifica per singola cella è dell'ordine, mediamente di 0,4 mc/cella (pari al 95% del volume della singola cella).

Alla facilità di installazione delle celle (elementi leggeri sovrapponibili e fissati mediante perni e clips) si associa il vantaggio di sfruttare la verticalità del sistema (a differenza della bidimensionalità del sistema descritto in precedenza) che a fronte di una maggiore profondità di scavo permette di contenere l'estensione della superficie occupata dal bacino di accumulo.

Per creare il volume di accumulo gli elementi in polipropilene vengono rivestiti con strati sovrapposti di geotessile e membrane impermeabili in PVC o PEAD. Sarà poi predisposto un pozzetto di intercettazione e ispezione collegato alla rete principale e al sistema di accumulo mediante condotte in PVC.



Assemblaggio tipo di celle interrate in polipropilene

4.1.4. Accumulo in sistema di tubazioni di grande diametro affiancate

In particolari condizioni o esigenze, che rendano difficoltoso l'utilizzo dei vespai interrati o delle celle assemblabili, è possibile ipotizzare la realizzazione i volumi di invaso mediante la disposizione, in opportuna posizione, di tubazioni di grande diametro (a partire da Φ 80 cm e superiori) tra loro affiancate e collegate, in modo da permettere la ripartizione del carico idraulico. Tali sistemi vengono generalmente posti fuori linea rispetto alla rete principale, e sono collegati alla stessa mediante delle condotte di derivazione che permetteranno l'invaso e il successivo svuotamento delle tubazioni stesse.

4.1.5. Parcheggi inerbiti – aree semi-permeabili

Come ulteriore misura di mitigazione dell'impatto idraulico, di carattere complementare a quelle già proposte, si suggerisce, quando possibile, la realizzazione di superfici permeabili o semi-permeabili.

In particolare, di uso piuttosto comune risulta l'inerbimento delle superfici adibite alla sosta degli autoveicoli.

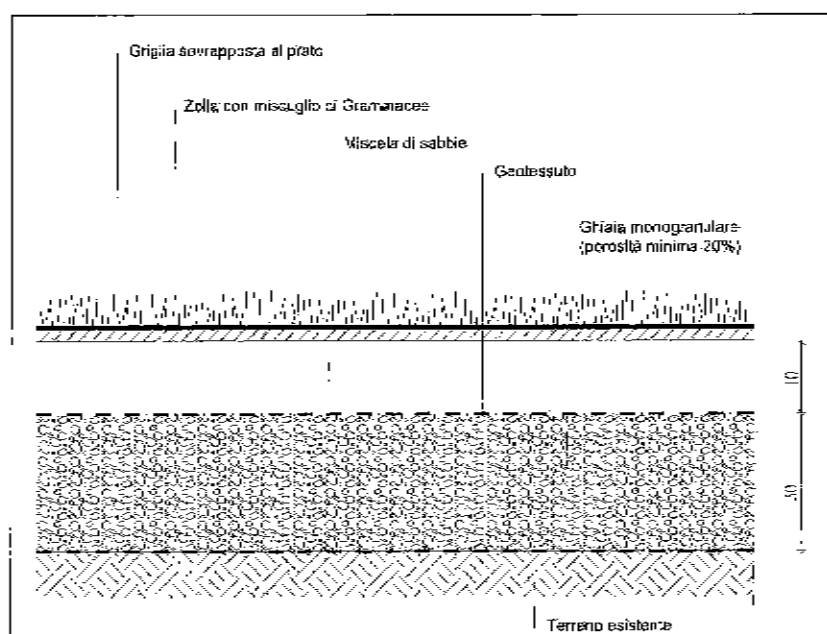
La scelta di utilizzare pavimentazioni permeabili inerbite per gli spazi destinati alla sosta ha il duplice obiettivo di:

- aumentare il tempo di corrivazione, cioè il tempo in cui l'acqua meteorica affluisce ai sistemi di raccolta e allontanamento (sezione di chiusura);
- di limitare, attraverso la diminuzione del coefficiente di deflusso superficiale, gli incrementi del volume d'acqua da allontanare "in fognatura" e quindi nel corpo idrico ricettore.

Le superfici destinate alla sosta dei veicoli possono essere inerbite e realizzate con uno strato sottostante in materiale granulometrico poroso in grado di trattenere la portata meteorica al fine di creare una "struttura serbatoio".

L'utilizzo di appropriate selezioni di graminacee e di speciali tecniche costruttive, che prevedono l'impiego di un materasso in ghiaia di opportuna granulometria e di griglie autobloccanti, garantiscono oggi un'elevata resistenza sia alle sollecitazioni meccaniche sia alle condizioni climatiche più rigide.

L'utilizzo di un manto erboso ha un vantaggio non indifferente rappresentato peraltro dai bassi costi di manutenzione e dalla resistenza agli agenti atmosferici.



Struttura serbatoio da realizzare nelle superfici destinate a parcheggio inerbite

4.1.6. Sovradimensionamento della rete acque meteoriche

Nei casi in cui la quota di posa delle condotte sia sufficientemente profonda rispetto al piano campagna, è possibile ricavare una porzione del volume efficace di invaso, mediante la messa in opera di una rete di collettamento delle acque meteoriche con tubazioni sovradimensionate.

Il "vincolo" riguardante la quota di posa dipende dal fatto che deve essere comunque garantito un adeguato ricoprimento delle condotte, non inferiore a 50 cm rispetto all'estradosso del tubo. L'adozione di tale tecnica privilegia principalmente le situazioni nelle quali gli spazi per le opere di fognatura bianca risultino limitati.

4.2. Conclusioni

Lo scarico nella rete idrografica esistente dovrà avvenire previa laminazione dei volumi di precipitazione mediante l'accumulo di 664 mc di acqua di pioggia con portata allo scarico laminata a 13 l/s.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1 – Vista dall'alto di porzione dell'area oggetto di variante



Foto 2 – Via Ragazzi del '99

ALLEGATI

Allegati di calcolo

- Elaborazione delle curve di possibilità pluviometrica;
- Determinazione del Tempo di Ritorno;
- Verifica idraulica Stato Attuale;
- Verifica idraulica Configurazione di Progetto;
- Calcolo dei volumi da invasare al variare del tempo di pioggia;
- Verifica massimi volumi di invaso - schema semplificato del Genio Civile di Vicenza.

Allegati grafici

- Allegato Tavola 1.0

TABELLA 1 - REGISTRAZIONI PIOGGE BREVI ED INTENSE (SCROSCI)
STAZIONE PLUVIOMETRICA DI:
VICENZA

QUOTA:
FONTE DEI DATI:
DATI DISPONIBILI:

Off. Idr. Mag. Acque VENEZIA
Serie storica 1938-1972 e 1973-1990

N.	INTERVALLO IN MINUTI 15			INTERVALLO IN MINUTI 30			INTERVALLO IN MINUTI 60			Anno
	h(mm)	X ² =(h·M) ²	Anno	h(mm)	X ² =(h·M) ²	Anno	h(mm)	X ² =(h·M) ²	Anno	
1				15.3	72.15	1938	21.0	112.27	1938	
2				13.0	63.85	1939	16.0	24.322	1939	
3				23.0	1.34	1940	29.0	6.74	1940	
4				29.1	24.43	1941	59.0	751.00	1941	
5				30.0	34.14	1942	43.6	144.10	1942	
6				23.4	0.57	1943	39.8	67.31	1943	
7				45.0	434.12	1945	24.4	51.78	1946	
8				27.0	8.08	1947	63.6	1024.28	1947	
9				25.0	0.71	1948	30.8	0.63	1948	
10				12.0	147.80	1949	33.0	1.97	1949	
11				18.2	35.49	1950	16.6	224.87	1950	
12				20.2	15.68	1951	21.0	112.27	1951	
13				17.6	43.00	1952	27.4	17.60	1952	
14			1953	22.8	1.81	1953	29.6	3.98	1953	
15	15.8	3.96	1954	29.0	23.45	1954	27.8	14.41	1954	
16	20.0	7.79	1955	25.0	0.71	1955	58.0	697.19	1955	
17	12.0	33.53	1956	20.0	17.28	1956	29.8	3.22	1956	
18	15.0	7.79	1957	19.0	28.80	1957	31.6	0.00	1957	
19	71.5	39.56	1958	15.4	76.69	1958	23.0	73.89	1958	
20	28.0	67.39	1959				22.0	92.08	1959	
21	38.0	331.57	1960	36.0	140.25	1960	31.6	0.00	1960	
22	18.0	0.04	1961				36.0	19.40	1961	
23	10.0	60.70	1962				25.6	38.35	1962	
24	17.8	0.00	1963				17.0	213.03	1963	
25	18.2	0.17	1964	28.8	21.56	1964	31.0	0.35	1964	
26	10.6	51.71	1965	11.8	152.70	1965	34.2	6.78	1965	
27	14.4	11.50	1966	17.2	48.40	1966	20.4	125.34	1966	
28	30.0	149.06	1967	50.0	667.85	1967	23.0	73.89	1967	
29	25.4	57.90	1968	37.0	184.94	1968	80.0	2343.88	1968	
30	11.2	43.44	1969	20.0	17.28	1969	51.0	375.53	1969	
31	14.0	14.37	1970	20.8	11.27	1970	30.0	2.56	1970	
32	21.6	14.51	1971	21.6	6.54	1971	22.2	88.28	1971	
33	19.0	1.46	1972	29.2	26.43	1972	21.6	98.91	1972	
34	17.6	0.04	1973	22.0	4.65	1973	30.6	0.99	1973	
35	27.6	96.22	1974	35.6	130.94	1974	32.6	1.01	1974	
36	14.6	10.16	1975	14.6	81.34	1975	37.2	31.41	1975	
37	13.0	22.95	1976	22.0	4.65	1976	14.6	288.85	1976	
38	16.6	1.42	1977	19.6	20.77	1977	29.0	6.74	1977	
39	24.0	38.55	1978	31.4	52.46	1978	22.6	40.92	1978	
40	15.8	3.96	1979	30.0	34.14	1979	32.0	0.16	1979	
41	16.8	0.98	1980	24.2	0.00	1980	36.2	21.20	1980	
42	27.0	84.81	1981	28.0	14.77	1981	29.4	4.62	1981	
43	14.4	11.50	1982	19.2	24.57	1982	28.0	12.83	1982	
44	14.0	14.37	1983	26.0	3.40	1983	26.0	31.31	1983	
45	18.0	0.04	1984	28.6	19.74	1984	32.8	11.40	1984	
46	6.2	134.35	1985	9.0	239.74	1985	31.8	0.04	1985	
Anni			33			42			46	

TABELLA 2 - ELABORAZIONI STATISTICHE (METODO DI GUMBEL) PER PIOGGE BREVI E INTENSE - SCROSCI

ORA	0.25	0.50	1.00
N	33	42	46
$X_M = MEDIA$	17.79	24.16	31.60
SOMMA X^2	1320.7	2941.9	7509.6
SSQM	6.42	8.47	12.92
Inserire da tabella S_n	1.1369	1.1687	1.1665
Inserire da tabella Y_n	0.5380	0.5448	0.5468
α	0.1774	0.1369	0.0903
moda	14.76	20.18	25.54

TABELLA 3 - VALORI ESTREMI PER I PERIODO DI RITORNO CONSIDERATI (mm)

TEMPI DI RITORNO (anni)	ORE		
	0.25	0.50	1.00
10 hmax (mm) =	27.44	36.62	50.46
20 hmax (mm) =	31.50	41.87	58.43
50 hmax (mm) =	36.75	48.68	68.75

TABELLA 4 - VALORI DI a ED n AL VARIARE DI TR PER PIOGGE BREVI E INTENSE (SCROSCI)

TEMPI DI RITORNO	a (mm ore ⁿ)	n
10 anni	50.190	0.430
20 anni	57.960	0.440
50 anni	68.020	0.450

Equazioni di possibilità pluviometrica per piogge brevi e intense a Vicenza

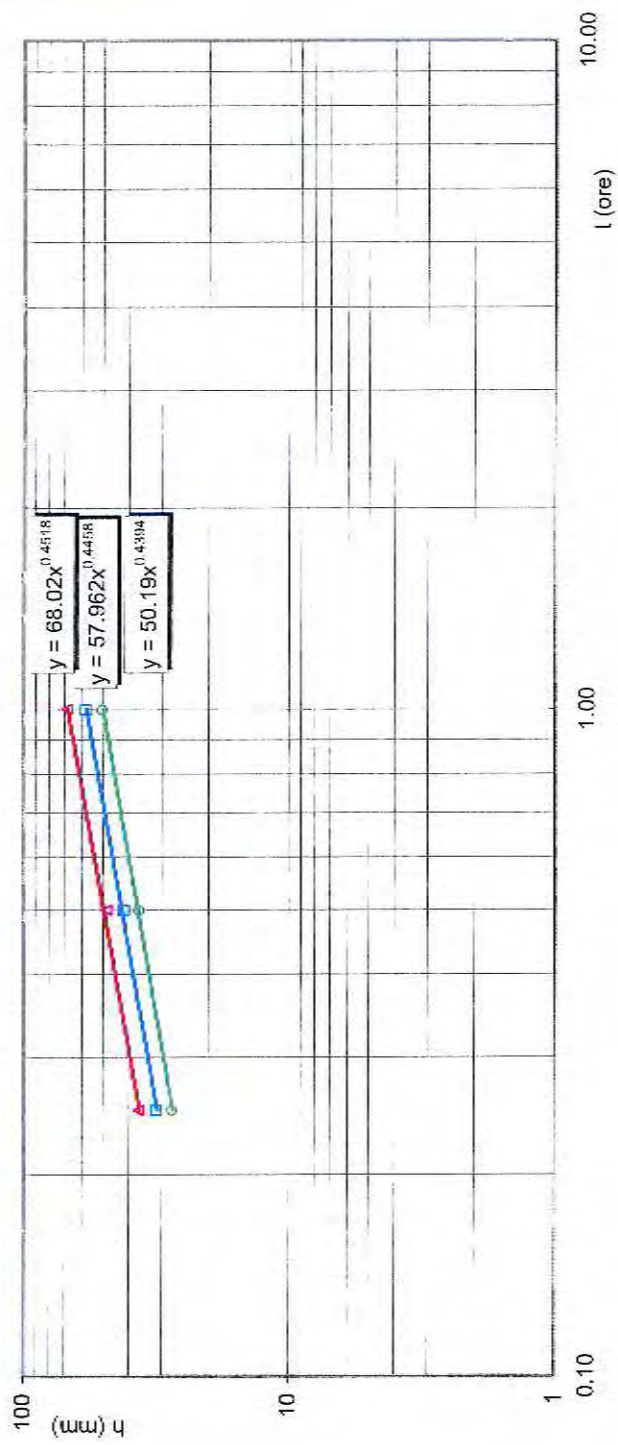


TABELLA 1

STAZIONE PLUVIOMETRICA DI:

VICENZA

BACINO :

QUOTA:

FONTE DEI DATI:

DATI DISPONIBILI :

Uff. Idr. Mag. Acque VENEZIA

Serie storica 1930-1972 e 1973-1990

N.	INTERVALLO DI ORE 1			INTERVALLO DI ORE 3			INTERVALLO DI ORE 6			INTERVALLO DI ORE 12			INTERVALLO DI ORE 24		
	h(mm)	X ² =(h-M) ²	Anno	h(mm)	X ² =(h-M) ²	Anno	h(mm)	X ² =(h-M) ²	Anno	h(mm)	X ² =(h-M) ²	Anno	h(mm)	X ² =(h-M) ²	Anno
1	21.0	91.68	1936	24.4	201.96	1938	38.8	50.30	1938	39.4	244.05	1938	44.8	779.62	1938
2	16.0	212.40	1939	23.2	231.80	1940	32.0	183.40	1940	46.4	74.34	1939	51.8	480.36	1939
3	29.0	2.40	1940	36.4	4.99	1940	40.0	34.89	1940	55.6	0.33	1940	59.9	202.97	1940
4	43.6	185.68	1941	46.0	64.80	1941	59.0	171.44	1941	70.0	224.33	1941	77.4	7.41	1941
5	39.8	85.12	1942	42.4	14.36	1942	48.6	7.25	1942	48.6	41.26	1942	77.4	21.89	1942
6	24.4	38.12	1943	27.5	123.46	1943	40.0	34.89	1943	43.2	139.76	1943	58.6	189.42	1943
7	63.6	1080.72	1946	74.0	1252.37	1946	75.2	808.10	1946	89.0	1154.49	1946	94.8	487.45	1946
8	30.8	0.06	1947	38.0	0.37	1947	38.4	58.35	1947	47.0	169.58	1947	44.4	802.12	1947
9	33.0	5.89	1948	35.6	9.07	1948	36.8	82.93	1948	48.0	48.31	1948	66.4	38.96	1948
10	16.6	195.27	1949	37.6	1.02	1949	40.6	20.16	1949	48.0	141.53	1949	70.8	3.69	1949
11	21.0	91.68	1950	25.6	169.28	1950	39.0	47.70	1950	48.8	67.80	1950	55.6	284.15	1950
12	27.4	10.07	1951	35.0	13.04	1951	36.0	98.14	1951	48.0	49.31	1951	81.6	78.82	1951
13	29.6	0.95	1952	45.2	57.59	1952	57.6	136.73	1952	85.4	922.81	1952	95.8	532.61	1952
14	27.6	7.69	1953	36.0	8.82	1953	38.8	37.20	1953	45.2	98.48	1953	64.8	62.75	1953
15	58.0	762.19	1954	75.4	1353.42	1954	78.6	1135.24	1954	80.6	654.22	1954	80.6	62.75	1954
16	29.8	1.06	1955	31.0	57.93	1955	38.8	50.30	1955	50.4	21.36	1955	56.0	48.18	1955
17	31.6	57.36	1956	32.2	41.70	1956	32.2	187.87	1956	42.0	169.58	1956	59.4	2.19	1956
18	22.0	73.51	1957	27.0	134.82	1957	43.0	8.45	1957	45.8	88.76	1957	59.4	177.47	1957
19	31.6	1.05	1958	37.8	1.02	1958	39.4	42.34	1958	48.0	81.40	1958	56.0	271.62	1958
20	31.6	1.05	1959	39.0	0.15	1959	43.6	5.32	1959	48.0	91.73	1959	82.6	97.38	1959
21	25.6	28.44	1960	36.0	6.82	1960	46.4	0.24	1960	54.8	0.05	1960	63.8	79.60	1960
22	17.0	184.25	1961	27.4	126.69	1961	27.4	342.50	1961	36.6	309.38	1961	53.2	381.10	1961
23	31.0	0.18	1962	29.6	81.20	1962	47.0	1.20	1962	60.2	26.81	1962	62.8	98.44	1962
24	34.2	13.15	1963	38.0	0.37	1963	50.4	47.70	1963	51.2	14.81	1963	55.2	307.01	1963
25	20.4	101.61	1964	40.0	1.93	1964	36.2	94.22	1964	55.8	0.80	1964	79.4	44.60	1964
26	23.0	57.36	1965	31.8	48.39	1965	38.6	53.39	1965	47.2	61.19	1965	53.4	373.33	1965
27	23.0	57.36	1966	38.6	0.00	1966	137.0	8290.00	1966	38.4	139.76	1966	78.8	36.96	1966
28	80.0	2442.94	1967	120.0	6824.15	1967	90.8	2015.41	1967	81.4	276.30	1967	143.8	5032.12	1967
29	51.0	417.23	1968	71.2	1062.04	1968	46.2	0.09	1968	48.2	46.54	1968	95.2	505.27	1968
30	30.0	0.33	1969	39.8	1.41	1969	48.2	0.09	1969	48.2	46.54	1969	60.0	161.84	1969
31	22.2	70.12	1970	26.6	144.27	1970	28.6	372.75	1970	36.6	309.38	1970	48.0	611.16	1970
32	21.6	60.53	1971	21.6	208.38	1971	30.8	234.28	1971	38.8	263.16	1971	58.0	279.62	1971
33	30.6	0.00	1972	35.4	10.31	1972	41.2	22.15	1972	44.2	117.12	1972	63.4	86.89	1972
34	32.8	4.11	1973	33.2	29.28	1973	33.2	161.46	1973	57.0	3.91	1973	81.0	68.53	1973
35	37.2	43.91	1974	42.0	11.40	1974	42.4	12.40	1974	41.2	181.05	1974	60.0	161.84	1974
36	14.6	255.17	1977	23.8	219.37	1977	37.2	75.81	1977	41.2	181.05	1977	55.2	307.01	1977
37	29.0	2.40	1978	33.0	31.48	1978	35.8	102.14	1978	48.0	49.31	1978	73.4	0.40	1978
38	22.6	63.58	1981	25.0	181.26	1981	35.8	102.14	1981	71.4	208.23	1981	104.0	970.33	1981
39	32.0	2.03	1982	44.0	21.04	1982	39.0	47.70	1982	92.0	9.13	1982	104.0	970.33	1982
40	38.2	31.65	1983	37.8	0.60	1983	52.6	44.80	1983	52.6	5.07	1983	55.8	638.99	1983
41	29.4	1.38	1984	30.2	70.75	1984	40.2	32.17	1984	63.0	63.64	1984	55.8	293.15	1984
42	28.0	6.83	1986	39.0	0.15	1986	64.8	356.96	1986	97.4	170.31	1986	107.8	1230.48	1986
43	26.0	20.92	1987	33.8	23.15	1987	42.8	9.65	1987	76.8	474.27	1987	83.8	122.73	1987
44	32.8	4.96	1988	49.6	120.76	1988	55.0	82.68	1988	72.8	308.88	1988	102.6	862.71	1988
45	31.8	1.50	1989	20.0	346.37	1989	31.2	216.39	1989	46.2	77.83	1989	69.6	9.75	1989
46	12.0	344.99	1990	20.0	346.37	1990	31.2	216.39	1990	46.2	77.83	1990	69.6	9.75	1990
Anni			45			45			45			45			45

TABELLA 2 - ELABORAZIONI STATISTICHE - METODO DI GUMBEL

ORE	1	3	6	12	24
N	46	45	45	45	46
XM = MEDIA	30.57	38.61	45.91	55.02	72.72
SOMMA X ²	7091.6	13196.5	16014.1	10949.9	18582.9
SSQM	12.56	17.32	19.08	15.78	20.32
Inserire da tabella Sn	1.1665	1.1649	1.1649	1.1649	1.1665
Inserire da tabella Yn	0.5468	0.5463	0.5463	0.5463	0.5468
alfa	0.0929	0.0673	0.0611	0.0738	0.0574
moda	24.69	30.49	36.96	47.62	63.20

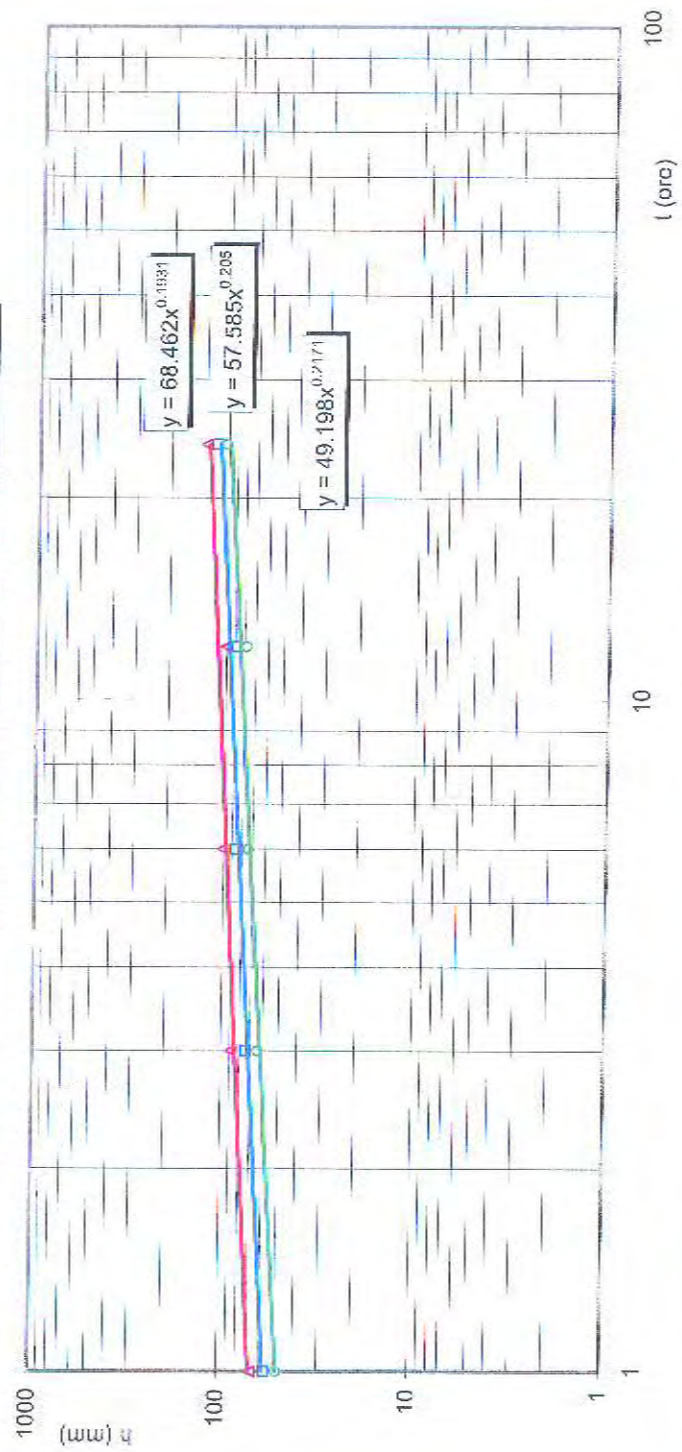
TABELLA 3 - VALORI ESTREMI PER I PERIODO DI RITORNO CONSIDERATI (mm)

TEMPI DI RITORNO (anni)	ORE				
	1	3	6	12	24
10 hmax (mm) =	48.91	63.94	73.81	78.10	102.40
20 hmax (mm) =	56.66	74.65	85.60	87.85	114.94
50 hmax (mm) =	66.69	88.50	100.86	100.46	131.17

TABELLA 4 - VALORI DI a ED n AL VARIARE DI TR PER EVENTI DI DURATA ORARIA

TEMPI DI RITORNO	a (mm ore ⁻¹)	n
10 anni	49.198	0.217
20 anni	57.585	0.205
50 anni	68.462	0.193

Equazioni di possibilità pluviometrica per piogge orarie a Vicenza



DETERMINAZIONE DEL TEMPO DI RITORNO

OPERA IDRAULICA DA DIMENSIONARE

TIPOLOGIA DI OPERA	Opere di laminazione
AMBITO	Comune di Vicenza

TABELLA - Tempi di ritorno (Tr) in funzione della tipologia di opera

TIPOLOGIA DI OPERA IDRAULICA	Tr (min)	Tr (max)
<i>Fognature</i>	(anni)	(anni)
a. Collettori acque bianche o miste	10	30
b. Collettori principali di trasferimento	10	50
c. Sollevamenti e condotte prementi	10	50
d. Vasche di laminazione	10	50

CRITERIO PER IL DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE IDRAULICHE

Le opere idrauliche vengono classificate in relazione ad una serie di criteri che possano fornire un orientamento preciso sui tempi di ritorno per il dimensionamento all'interno dell'intervallo evidenziato nella tabella sopra riportata.

A) criteri riferiti alla tipologia delle opere

1. criterio della modificazione della probabilità del danno dovuta al tipo di opera
2. criterio delle dimensioni caratteristiche che non variano al variare del rischio assunto
3. criterio di sito di realizzazione dell'opera, legato al fattore di impatto ecologico
4. criterio della capacità residua delle opere di mantenere la funzionalità di progetto

B) criteri riferiti alla tipologia del sito dove insiste l'opera

5. criterio legato all'impatto paesaggistico
6. criterio legato ai costi sociali

C) criteri riferiti al valore del bene difeso.

7. gli edifici
8. gli insediamenti produttivi
9. l'agricoltura
10. la viabilità
11. le infrastrutture

Ad ogni criterio è possibile attribuire un valore qualitativo che indica se il Tr debba essere massimo, medio, minimo; tale indice è anche esprimibile attraverso un valore numerico ordinale 2,1,0:

TEMPO DI RITORNO	INDICE
massimo	2
medio	1
minimo	0

VALORI PROPOSTI PER GLI INDICI TR

A) criteri riferiti alla tipologia delle opere (A1, A2, A3, A4)				
TIPOLOGIA DI OPERA IDRAULICA				
<u>Fognature</u>	A1	A2	A3	A4
a. Collettori acque bianche o miste	1	1	2	0
b. Collettori principali di trasferimento	2	1	2	0
c. Sollevamenti e condotte prementi	1	0	2	0
d. Vasche di laminazione	2	0	2	0
B) criteri riferiti alla tipologia del sito dove insiste l'opera (B5, B6)				
<u>OPERE ENTRO TERRA (Fognature)</u>	B5			
	2			
<u>CONDIZIONI AMBIENTALI DEL SITO DI REALIZZAZIONE</u>	B6			
Città, zone industriali, aree interessate dalla grande viabilità	2			
Aree con forme insediative limitate, aree prevalentemente rurali	1			
Aree non antropizzate	0			
C) criteri riferiti al valore del bene difeso (C7, C8, C9, C10, C11)				
<u>TIPOLOGIA DEL BENE DIFESO</u>				
<u>Danno evitato agli edifici</u>	C7			
case sparse e nuclei	0			
frazioni	1			
centri	2			
<u>Insediamenti produttivi</u>	C8			
locali	0			
regionali	1			
nazionali	2			
<u>Agricoltura</u>	C9			
non di pregio	0			
di pregio	1			
di pregio con serre	2			
<u>Viabilità</u>	C10			
secondaria	0			
secondaria con ponti	1			
principale	2			
<u>Infrastrutture a rete</u>	C11			
acquedotti e fognature	0			
linee AT e gasdotti	1			
sistemi idrici, linee di telecomunicazione	2			

VALORI ASSEGNATI AGLI INDICI TR PER IL CASO IN ESAME

	CRITERI ASSUNTI	INDICE	X
A1	modificazione della probabilità del danno dovuta al tipo di opera	2	X1
A2	dimensioni caratteristiche che non variano al variare del rischio	0	X2
A3	sito di realizzazione dell'opera legato all'impatto ecologico	2	X3
A4	capacità residua delle opere di mantenere la funzionalità	0	X4
B5	impatto paesaggistico	2	X5
B6	costi indotti nella fase di costruzione	1	X6
C7	edifici	1	X7
C8	insediamenti produttivi	0	X8
C9	agricoltura	0	X9
C10	viabilità	0	X10
C11	infrastrutture a rete	0	X11

CALCOLO DEL TEMPO DI RITORNO PER L'OPERA IN PROGETTO

DATI DI INPUT

TR max tempo di ritorno massimo **50** (anni)
 TR min tempo di ritorno minimo **10** (anni)

x_i	$x_{i_{max}}$	$(x_{i_{max}} - x_i)^2$	$(x_{i_{max}} - x_{i_{min}})^2$
2	2	0	4
0	2	4	4
2	2	0	4
0	2	4	4
2	2	0	4
1	2	1	4
1	2	1	4
0	2	4	4
0	2	4	4
0	2	4	4
0	2	4	4
0	2	4	4
		26	44

RISULTATI

D $(\sum (x_{i_{max}} - x_i)^2)^{0.5}$ **5,10**

Dmax $(\sum (x_{i_{max}} - x_{i_{min}})^2)^{0.5}$ **6,63**

Tr calcolato **19,25** (anni)

Posto Tr calcolato come tempo di ritorno desunto dal calcolo, sarà adottato per le valutazioni di portata e precipitazione di progetto, il tempo di ritorno Tr della classe nella quale esso ricade e indicato in tabella seguente

classe 1	Tr=10 anni	$Tr_{calcolato} < 15$
classe 2	Tr=20 anni	$15 \leq Tr_{calcolato} < 25$
classe 3	Tr=30 anni	$25 \leq Tr_{calcolato} < 40$
classe 4	Tr=50 anni	$40 \leq Tr_{calcolato} < 60$
classe 5	Tr=100 anni	$Tr_{calcolato} \geq 60$

TR di calcolo **20** (anni)

TR assunto (D.G.R. 1322/2006) **50** (anni)

VERIFICA IDRAULICA CONFIGURAZIONE ATTUALE

DATI GENERALI

Comune	Vicenza		
Ambito	Via Ragazzi del '99		
S 1 (mq)	6.674	Superficie destinata all'ampliamento spazi circolatori	
S 2 (mq)	6.576	Superficie destinata al viale monumentale	
S tot (mq)	13.250	Superficie totale intervento	
S (ha)	1,325	S (km²)	132,5
PARAMETRI DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA T>1 ORA (Vicenza)			
Tr (anni)	10	20	50
a	49,198	57,58	68,46
r	0,217	0,205	0,193
PARAMETRI DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA T<1 ORA (Vicenza)			
Tr (anni)	10	20	50
a	50,19	57,96	68,02
r	0,43	0,44	0,45

CALCOLO COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Superfici	Sr	ϕ	Sr x ϕ
Destinazione			
Superficie a verde attuale	13.250	0,10	1.325
Totali	13.250	0,10	1.325
Valore assunto per il coefficiente di deflusso medio	0,10		

CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Formulazione suggerita nel 1971 dal Civil Engineering Department dell'Università del Maryland								
Tratto	a	n	L*	Ks1	i	t	tc	tc
			(m)	(m ^{1/3} s ⁻¹)	(pendenza)	(sec)	(min)	(ore)
	50,19	0,43	14*	5	0,00%	569*	95	1,6
						5691	95	1,6

(I valori di Ks1 da assumere sono dell'ordine di 70 per le conoidi, 20-50 per le canalette, 2-5 per superfici sabbiose)

CALCOLO DELLA PORTATA CON IL METODO CINEMATICO - DATI DI PROGETTO - TR = 10 ANNI

Tr	ϕ	a	n	t	L	h	jc	S
				(min)	(ore)	(mm)	(mm/ora)	(mq)
10	0,10	50,19	0,43	95	1,58	61,10	38,67	13.250

CALCOLO DELLA PORTATA CON IL METODO CINEMATICO - RISULTATI

Tr	Q	u	V pioggia
(anni)	(l/s)	(l/s ha)	(mc)
10	14	11	80

VERIFICA IDRAULICA CONFIGURAZIONE DI PROGETTO

DATI GENERALI

Comune	Vigenza		
Ambito	V.a Ragazzi del '99		
S 1 (mq)	6.674	Superficie destinata all'ampliamento spazi cimiteriali	
S 2 (mq)	6.576	Superficie destinata al viale monumentale	
S tot (mq)	13.250	Superficie totale intervento	
S (ha)	1,325	S (kmc)	132,5
PARAMETRI DELLA CURVA DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA T>1 ORA (Vigenza)			
Tr (anni)	10	20	50
a	49,198	57,58	68,46
n	0,217	0,205	0,193
PARAMETRI DELLA CURVA DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA T<1 ORA (Vigenza)			
Tr (anni)	10	20	50
a	50,19	57,96	68,02
n	0,43	0,44	0,45

CALCOLO COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Superfici	S _i	φ	S _i x φ
<u>Nuovo viale Monumentale</u>			
Viaçilità	2.000	0,90	1.800
Pista ciclabile/tranciapiedi	450	0,90	405
Parcheggi	1.000	0,90	900
Verde a giardino	3.224	0,20	645
<u>Ampliamento area cimiteriale</u>			
Superfici coperte	3.000	0,90	2.700
Percorsi pedonali	600	0,90	540
Verde a giardino	2.976	0,90	2.678
Totale	13.250	0,72	9.568
Valore assunto per il coefficiente di deflusso medio	0,72		

CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE (Politecnico di Milano)

Formulazione suggerita nel 1997 dal Politecnico di Milano (Mancinelli e Paolotti)

Tempo di corrvazione = tempo di accesso alla rete + tempo di rete

S _i	li	l*	φ	si	a	n	tu	tai
(mq)	(m)	(m)					(s)	(min)
13.250	277	277	0,72	0,001	68,02	0,45	495	8
tai = tempo di accesso all'ultimo sottobacino li = massima lunghezza della rete calcolata in base a sez. di esatific l* = massima lunghezza della rete misurata sulla base di progetto tai = tempo di accesso all'ultimo sottobacino si = permeabilità del sottobacino si = superficie dell'esmo								

CALCOLO DEL TEMPO DI RETE

Tratto	V _{0i}	Li	li	ti
	(m/s)	(m)	(s)	(min)
1 Condotta fittizia	0,8	277	346	5
Totale			346	5

CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

t _a	t _r	t _c	t _c
(min)	(min)	(min)	(ore)
8	5	13	0,21

CALCOLO DELLA PORTATA CON IL METODO CINEMATICO - DATI DI PROGETTO - TR = 10 ANNI

Tr	φ	a	n	i	i	h	h ₀	S
				(min)	(ore)	(mm)	(mm/ora)	(mq)
10	0,72	50,19	0,43	13	0,21	25,65	122,17	13.250

CALCOLO DELLA PORTATA CON IL METODO CINEMATICO - RISULTATI

Tr	Q	u	V pioggia
(anni)	(l/s)	(l/s ha)	(mq)
10	323	244	244

CALCOLO DEI VOLUMI DA INVASARE AL VARIARE DEL TEMPO DI PIOGGIA

CALCOLO SUPERFICIE TRASFORMATA

S ¹ (mq)	6.574	(s. peride via Monumentale)
S ² (mq)	8.575	(superficie ampliamento area commerciale)
S trasformata (mq)	13.250	(superficie considerata nel calcolo dei volumi efficaci di invaso)
S (ha)	1,325	S (kmq): 132,5

DATI DI INPUT DEL MODELLO

Q defluita	13	(l/s)
Q defluito/ettaro	10	(l/s/ha)
Coef. deflusso area	0,72	
Volume superficiale/ettaro	0	(m ³ /ha)
Volume superficiale	0	(m ³)

CALCOLO VOLUME MINIMO DA INVASARE

PARAMETRI DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ FLLUVIOMETRICA

						t < 1 ora	t > 1 ora		
Tr (anni)		50				a	68,020	68,462	
						n	0,450	0,193	
tempo	h	J	Q	Q	V	V	V	V	
(ore)	(mm)	(mm/h)	(l/s)	(l/s)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
			pioggia	defluito	pioggia	defluito	superficiale	invaso	
0,25	56,45	145,80	386	13	348	12	0	336	
0,5	49,79	99,59	264	13	475	24	0	451	
0,75	55,76	79,36	211	13	570	38	0	534	
1	68,48	38,46	181	13	653	48	0	605	
2	78,26	39,13	104	13	747	35	0	651	
3	84,63	28,21	75	13	807	143	0	664	
4	99,46	22,37	59	13	852	191	0	663	
5	93,40	18,38	50	13	891	239	0	653	
6	95,75	15,12	43	13	925	286	0	637	
7	89,67	14,24	38	13	951	334	0	617	
8	102,27	12,76	34	13	976	382	0	594	
9	104,62	11,52	31	13	998	429	0	569	
10	103,77	10,69	28	13	1019	477	0	542	
11	108,75	9,89	25	13	1037	525	0	513	
12	110,59	9,22	24	13	1055	572	0	483	
13	112,32	8,64	23	13	1071	620	0	451	
14	113,93	8,14	22	13	1087	668	0	419	
15	115,48	7,70	20	13	1101	716	0	386	
16	116,91	7,31	19	13	1115	762	0	352	
17	118,28	6,96	18	13	1128	811	0	318	
18	119,60	6,64	18	13	1141	859	0	282	
19	120,85	6,36	17	13	1153	906	0	247	
20	122,05	6,10	16	13	1164	954	0	210	
V di massimo invaso (m ³)								664	
V specifico di massimo invaso (m ³ /ha)								501	

VALUTAZIONE DI MASSIMO INVASO IDRICO - ANALISI SEMPLIFICATA PER PIOGGIA DI DURATA ORARIA
Variante espansione cimitero Maggiore di Vicenza

Area di variante		SITUAZIONE ATTUALE		SITUAZIONE PROGETTO		DIFFERENZE		
Tipo di superficie e % capacità Invaso	Ploggia (mm)	Ploggia (mm)	Area (mq)	Volume pioggia (mc)	Area (mq)	Volume pioggia (mc)	Area (mq)	Volume pioggia (mc)
(Tr = 50 anni)	100,00		13.250	1.325	13.250	1.325	13.250	1.325
		% altezza invaso (mm)	Area (mq)	Volume Invaso (mc)	Area (mq)	Volume Invaso (mc)	Area (mq)	Volume Invaso (mc)
Strade	10	10	0	0	2.000	20	2.000	20
Pista ciclabile /marciapiede	10	10	0	0	450	5	450	5
Parcheggi	10	10	0	0	1.000	10	1.000	10
Superficie coperta	10	10	0	0	3.000	30	3.000	30
Percorsi pedonali	10	10	0	0	600	6	600	6
Verde a giardino	80	80	0	0	6.200	496	6.200	496
Superficie a verde attuale	90	90	13.250	1193	0	0	-13.250	-1193
tot			13.250		13.250	0		
TOTALI VOLUMI INVASATI mc			ATTUALI	1193	FUTURI	567	DIFFERENZA	-626
							(mc/ha)	472

Interventi di mitigazione idraulica previsti all'interno della zona considerata

- Situazione attuale di deflusso
- Volumi di invaso superficiale
- Volumi di invaso interrati
- Aree scoperte con sottofondi tipo vespalo
- Superfici drenanti e Pozzi Perdenti
- Norme Regolamentari Edilizie

Mitigazione idraulica da realizzarsi per invasare 664 mc di acqua (501 mc/ha)

Interventi possibili in altre zone con future programmazioni di mitigazione idraulica

- Bacini idraulici ed aree esondabili
- Risizionamenti corsi d'acqua
- Modifiche ai sistemi fognari
- Trasformazioni Territoriali e Culturali



Planimetria interventi di mitigazione idraulica - Scala 1:1.000



Planimetria di inquadramento - Scala 1:5.000

LEGENDA OPERE DI MITIGAZIONE IDRAULICA E PUNTO DI SCARICO

- Ambito di variante
- Rete di recapito esistente
- Punto di recapito acque meteoriche - manufatto di laminazione
- Area da adibire ad invaso temporaneo acque meteoriche (posizione indicativa da definire in sede esecutiva)
Volume di laminazione richiesto: V=664 mc

Giovanni Crosara ingegnere civile idraulico
a Vicenza in Stradella San Pietro, 3 - tel. e fax 0444-541888
crosara@piustudi.eu

LUOGO	COMUNE DI VICENZA	
TITOLO	Varante urbanistica ampliamento Cimitero Maggiore	
TAVOLA	VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA PLANIMETRIA INTERVENTI DI MITIGAZIONE IDRAULICA	
COMMITTENTE	COMUNE DI VICENZA	
scala	Il Committente	Il Progettista
1:1.000		
data		
Maggio 2009		
archivio		
14/08		



+studi
INGEGNERIA

tavola
1.0

COPIA

IL DIRETTORE DEL SETTORE URBANISTICO
(Arch. Antonio Bortoli)

ALLEGATO ALLA DELIB. CONS.

N. 1 DEL 26.1.2011
IL PRESIDENTE
F.to Paetro

IL SEGRETARIO GEN.LE
F.to VETRANO