

COMUNE DI CITTADELLA

PROVINCIA DI PADOVA

**PIANO URBANISTICO ATTUATIVO**  
**ZONA C2/130 "Via Beltramina"**

**DITTA: BACCIN ANCILLA**  
**FRIGO ALESSANDRO**  
**FRIGO PAOLO**  
**FRIGO STEFANO**

**RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA**

ALLEGATO 5

Il tecnico: Dott. Arch. Paola Frigo

Cittadella, li 21 Gennaio 2019

# Indice

1	PREMESSE .....	3
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	3
3	DETERMINAZIONE DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA.....	3
4	DETERMINAZIONE DELLE PORTATE.....	6
4.1	Caratteristiche idrologiche dell'area .....	6
4.1.1	<i>Stato attuale</i> .....	6
4.1.2	<i>Stato di progetto</i> .....	6
4.2	Coefficiente di deflusso .....	7
4.2.1	<i>Coefficiente di deflusso allo stato attuale</i> .....	8
4.2.2	<i>Coefficiente di deflusso allo stato di progetto</i> .....	8
4.3	Tempi di ritorno.....	9
4.4	Durata della precipitazione critica.....	9
4.5	Coefficienti udometrici .....	10
5	DETERMINAZIONE DEI VOLUMI.....	11
5.1	Calcolo dei volumi d'invaso .....	11
5.2	Volume d'invaso complessivo disponibile .....	13
4	MANUFATTO DI CONTROLLO .....	14
5	INDICAZIONI PER LA CORRETTA MANUTENZIONE DEL SISTEMA DRENANTE E RACCOMANDAZIONI CONCLUSIVE .....	16

## 1 PREMESSE

La presente relazione riguarda il calcolo idraulico per il sistema di smaltimento di acque bianche, a servizio dell'area interessata dal piano urbanistico di iniziativa privata, nel Comune di Cittadella in via Beltramina, in provincia di Padova. Il presente studio idraulico si pone l'obiettivo di:

- calcolare la portata di origine meteorica che si prevede venga immessa nel suolo, a seguito del nuovo intervento urbanistico di ampliamento, dalla copertura dell'edificio, dall'area a verde e dal piazzale attiguo l'edificio;
- dimensionare i manufatti di smaltimento in grado di laminare la portata meteorica derivante dall'impermeabilizzazione dell'area oggetto dell'intervento senza peraltro aggravare l'esistente l'attuale sistema di smaltimento.

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il progetto prevede la creazione di quattro lotti edificabili, dove costruire più edifici residenziali mono o bifamiliari, in un'area situata a Est di via Beltramina, sul terreno censito al N.C.T. Foglio Fg. 37 Mappali n. 1096.. Dal punto di vista idraulico il PUA interessa una superficie territoriale complessiva di circa 4705 mq totalmente agricola. Nello specifico, ad intervento ultimato l'area presenterà le seguenti destinazioni:

- superficie coperta (0,6 x 3539):	2123,4 mq
- superficie pavimentata impermeabile (strada, marciapiedi, parcheggi, ecc.):	864 mq
- superficie permeabile (0,4x3539):	1415,6 mq
- superficie a verde:	<u>302</u> mq
	4705 mq

## 3 DETERMINAZIONE DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Per la stima della portata meteorica massima si è fatto riferimento alle precipitazioni di massima intensità registrate nella stazione pluviometrica di Padova.

L'elaborazione si svolge direttamente sui valori osservati per le precipitazioni di più ore consecutive e per gli scrosci. 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*.

## RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Al fattore  $F$  si assegna l'espressione:

$$F = (Y (Tr) - YN)/SN$$

essendo la grandezza  $Y (Tr)$ , funzione del Tempo di ritorno, la cosiddetta variabile ridotta, e  $YN$  e  $SN$  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.

<i>Valori dei parametri YN e Sn secondo Gumbel</i>										
MEDIA RIDOTTA YN										
<i>N</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
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

DEVIAZIONE STANDARD RIDOTTA SN										
<i>N</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
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  $Y(Tr)$  è legata al tempo di ritorno  $Tr$  dalla relazione:

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

Con le idonee sostituzioni si ricava l'espressione:

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

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

## RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

In riferimento a quanto indicato nella delibera della Giunta Regionale del Veneto n. 2948/2009 e succ. modifiche ed integrazioni e nel Piano di Tutela delle Acque approvato con D.C.R n. 107 del 05/11/2009 e succ. modifiche ed integrazioni, si è provveduto a calcolare l'equazione di possibilità pluviometrica per un tempo di ritorno pari a 50 anni, mediante interpolazione. Le curve di possibilità pluviometrica considerate sono quelle registrate nella stazione pluviografica di Padova per tempi di ritorno di 10, 20 e 50, ricavati dalla VCI del PAT del comune di Camisano Vicentino:

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

<i>Coefficienti dell'equazione pluviometrica PER PRECIPITAZIONI BREVI E INTENSE</i>		
<i>Tr (anni)</i>	<i>a</i>	<i>n</i>
<i>10</i>	<i>51,40</i>	<i>0,375</i>
<i>20</i>	<i>58,30</i>	<i>0,357</i>
<i>50</i>	<i>67,30</i>	<i>0,339</i>

<i>Coefficienti dell'equazione pluviometrica PER PRECIPITAZIONI ORARIE</i>		
<i>Tr (anni)</i>	<i>a</i>	<i>n</i>
<i>10</i>	<i>49,70</i>	<i>0,231</i>
<i>20</i>	<i>57,90</i>	<i>0,228</i>
<i>50</i>	<i>68,60</i>	<i>0,225</i>

Ottenute le curve di possibilità pluviometrica è possibile stabilire per un prefissato tempo di ritorno  $Tr$  il valore dell'evento che gli corrisponde, cioè le altezze di precipitazione che ricorrono mediamente ogni  $Tr$  anni.

I valori ottenuti per  $a, n$  sono stati poi corretti ragguagliandoli spazialmente con la formula di Puppini ; per tenere conto della variabilità del coefficiente di deflusso con il tempo si è moltiplicato il valore di  $n$  per  $4/3$ .

## 4 DETERMINAZIONE DELLE PORTATE

### 4.1 Caratteristiche idrologiche dell'area

#### 4.1.1 Stato attuale

L'area oggetto di trasformazione urbanistica (cfr. Figura 1) ha un'estensione di 4.705 m<sup>2</sup> ed è attualmente in area agricola coltivata come specificato nelle tabelle dei coefficienti di deflusso (§ 4.2). L'idrografia locale è costituita da scoline laterali e collettori fognari che convogliano le acque nel fossato a ridosso della careggiata.



Figura 1: Ambito d'intervento – estratto mappa

#### 4.1.2 Stato di progetto

Il progetto prevede la creazione di quattro lotti edificabili, dove costruire più edifici residenziali mono o bifamiliari (cfr. Figura 2). L'intervento è consentito per mezzo della formazione di un Piano Urbanistico Attuativo (PUA) di iniziativa privata come previsto dalle NTO del Piano per gli interventi del comune di Cittadella. Il PUA presenta una superficie d'ambito pari a mq 4705. La superficie di nuova impermeabilizzazione sarà quindi data da una parte della superficie coperta dei lotti pari al max al 60% (2123,4 mq) garantendo una superficie permeabile pari al 40% (mq 1415,6) e un'area da destinare a parcheggio ad uso pubblico (169 mq) rispettando i parametri urbanistici degli standard previsti dal P.I. compresa area verde (302 mq) per un totale di 471 mq. La rimanente parte dell'ambito di intervento sarà adibita a strada e marciapiedi (863 mq).

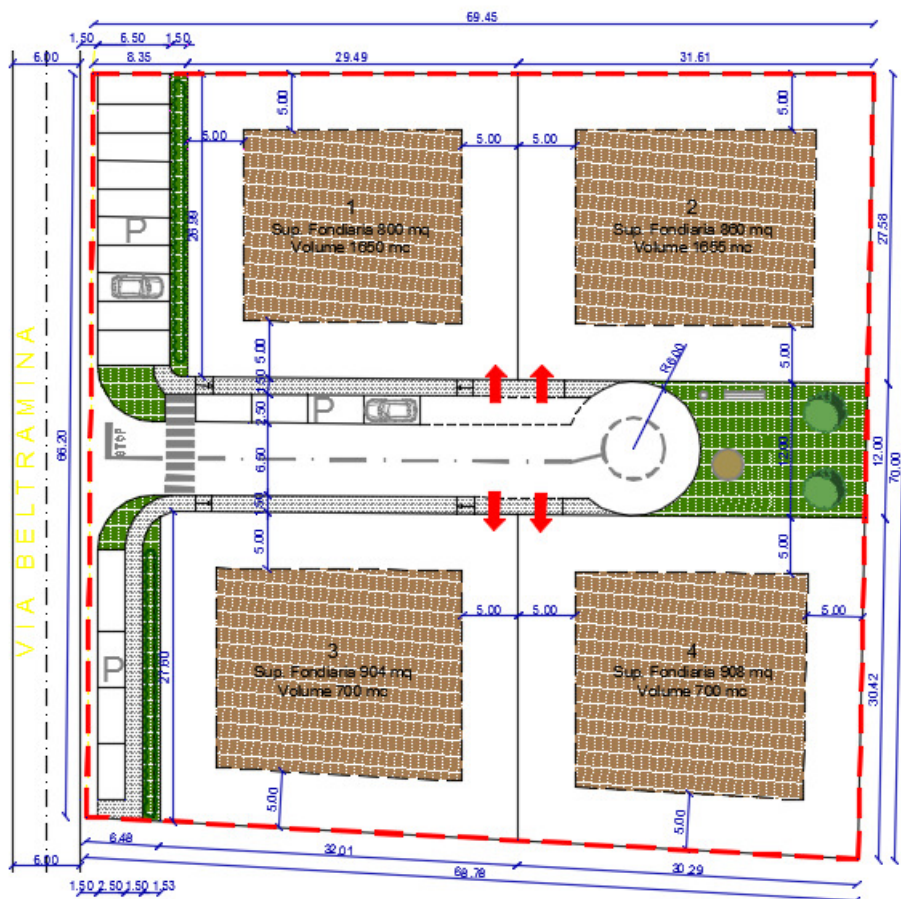


Figura 2: Ambito d'intervento - stato di progetto

Viste le superfici di nuova impermeabilizzazione presenti, sarà necessario prevedere un apposito volume di invaso, per garantire che il sistema sia in grado di smaltire anche la nuova portata immessa senza apportare aggravii rispetto allo stato attuale secondo il cosiddetto "principio di l'invarianza idraulica".

In particolare è previsto il sovradimensionamento della fognatura bianca con l'utilizzo di condotte in CLS turbovibro-centrifugato a sezione circolare DN 120 cm lungo la strada di accesso, che confluisce in un pozzetto limitatore (PL) che mantenga la portata massima in uscita, pari a quella che defluisce nella situazione attuale, anche in caso di eventi piovosi più critici. La formazione del volume di laminazione avverrà direttamente all'interno dei tubi, per poi disperdersi nel fossato su via Beltramina defluendo attraverso il Pozzetto Limitatore, che provvederà a smaltire lentamente la portata in eccesso.

## 4.2 Coefficiente di deflusso

Il volume d'acqua effettivamente indirizzato verso la rete di drenaggio (precipitazione efficace) rappresenta solo una frazione delle acque meteoriche totali in conseguenza ai fenomeni di infiltrazione nel terreno. Il rapporto tra la frazione efficace e totale della precipitazione viene detto coefficiente di deflusso e dipende dal tipo di utilizzo del suolo. E' necessario quantificare l'incremento del coefficiente di deflusso delle nuove aree trasformate. La determinazione del coefficiente di deflusso medio che caratterizza l'area di interesse viene eseguita dall'analisi delle differenti destinazioni d'uso previste dal progetto di lottizzazione. I coefficienti di deflusso, ove non

## RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

determinati analiticamente, andranno convenzionalmente assunti pari a:

<b>Valori del coefficiente di deflusso</b>	
<b>Tipi di superficie</b>	<b>φ</b>
Aree agricole	0,10
Superfici permeabili (aree verdi)	0,20
Superfici semi-permeabili (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato)	0,60
Superfici impermeabili (tetti, terrazze, strade, piazzali,...)	0,90

*la delibera della Giunta Regionale del Veneto n. 3637/2002 e succ. modifiche*

Il valore medio del coefficiente relativo ad aree caratterizzate da differenti valori di φ si ottiene con una media ponderale in base alla superficie:

$$\phi_{\text{medio}} = \sum \phi_i S_i / S$$

### 4.2.1 Coefficiente di deflusso allo stato attuale

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

<b>Valori del coefficiente di deflusso</b>		
<b>Tipi di superficie</b>	<b>Superficie (mq)</b>	<b>φ</b>
Aree agricole	4705	0,10
Superfici permeabili (aree verdi)	0	0,20
Superfici semi-permeabili (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato)	0	0,60
Superfici impermeabili (tetti, terrazze, strade, piazzali,...)	0	0,90
<b>Media pesata</b>	<b>4705</b>	<b>0,10</b>

### 4.2.2 Coefficiente di deflusso allo stato di progetto

<b>Valori del coefficiente di deflusso</b>		
<b>Tipi di superficie</b>	<b>Superficie (mq)</b>	<b>φ</b>
Aree agricole	0	0,10
Superfici permeabili (aree verdi)	1717,6	0,20
Superfici semi-permeabili (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato)	0	0,60

Via A. Moro, 3 – 35013 Cittadella (PD) tel 049/9402725



## RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Superfici impermeabili (tetti, terrazze, strade, piazzali,...)	2987,4	0,90
<b>Media pesata</b>	<b>4705</b>	<b>0,64</b>

I risultati hanno messo in evidenza un coefficiente di deflusso pari a 0,10 per l'area allo stato attuale e di 0,64 mediamente valido per tutta l'area trasformata nello stato di progetto.

### 4.3 Tempi di ritorno

Per la determinazione delle portate meteoriche si è fatto riferimento alle indicazioni della delibera della Giunta Regionale del Veneto n. 2948/2009 e succ. modifiche e del piano di tutela delle acque del 2009 dove viene indicato il tempo di ritorno cui fare riferimento, pari a **50 anni**.

### 4.4 Durata della precipitazione critica

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. Assumendo un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione tutto il bacino contribuisce alla formazione della portata massima.

Il tempo di corrivazione è stato determinato facendo riferimento al *percorso idraulico più lungo* della rete fognaria fino alla sezione di chiusura considerata.

Per determinare il tempo di corrivazione  $\tau_c$  si deve fare riferimento alla somma:

$$tc = ta + tr$$

in cui  $ta$  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.

Anche per quest'area sono stati utilizzati gli studi svolti presso il Politecnico di Milano (Mambretti e Paoletti, 1996) che determina 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 (grondaie, cunette, canalette, piccoli condotti) che raccolgono le acque scolanti lungo le singole falde dei tetti e delle strade.

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

$$tai = ((3600^{n-1})/4 \cdot 0.5 li) / (si^{0.375} (a \phi i Si)^{0.25})^{4/(n+3)}$$

essendo:

$tai$  = tempo d'accesso dell'i-esimo sottobacino [s]

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

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

## RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

$\varphi_i$  = 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  $l_i$  viene proposta l'equazione:

$$l_i = 19.1 (100 S_i)^{0.548}$$

nella quale  $S_i$  è in ettari e la lunghezza  $l_i$  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 e il tempo di accesso  $t_a$  è pari a 5,04 min per lo stato attuale e di 5,04 min per lo stato di progetto.

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

$$t_r = \sum L_i/V_i$$

nella quale la sommatoria va estesa a tutti i rami che costituiscono il percorso più lungo. Nel caso in esame si è considerato un unico collettore principale, ottenendo un tempo di rete  $t_r$  pari a circa 11,67 min per lo stato attuale e 1,17 min per lo stato di progetto.

Determinato  $t_a$  e  $t_r$  si ricava un valore del **tempo di corrivazione "tc" pari a circa 17 minuti per lo stato attuale e a circa 6 min per lo stato di progetto.**

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.

### 4.5 Coefficienti udometrici

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  $[l/s \cdot ha]$  (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: i valori ricorrenti in letteratura per terreni adibiti ad uso agricolo si attestano intorno a  $u=1 \div 2 [l/s \cdot ha]$  per le aree di maggior

## RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

estensione (bonifiche della Val Padana), mentre sono generalmente maggiori di un ordine di grandezza  $u=10\div 20 [l/s \cdot ha]$  per aree relativamente piccole come quella 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 (lunghezza, estensione, natura del terreno, pendenza, ecc.) e da quelle dell'evento pluviometrico, poiché la portata generata è legata alla durata della precipitazione. 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 d'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  $\tau_c$  ed è assunto come elemento caratteristico del bacino (vedi paragrafo precedente).

Se consideriamo un bacino scolante di superficie S e coefficiente di deflusso  $\phi$ , sul quale cade una pioggia di durata  $\tau$ , di altezza h, e se  $\tau_c$  è il tempo di corrivazione, la portata massima generata sarà:

Con le ipotesi di cui sopra si ricava il valore della portata meteorica massima relativa al bacino scolante.

Applicando il metodo cinematico si stima, per una pioggia breve ed intensa di durata pari al tempo di corrivazione e per un tempo di ritorno di **50 anni**, una **portata massima allo stato attuale di 18 l/s**, che in seguito alla trasformazione territoriale viene incrementata a **196 l/s** corrispondente ad un volume massimo pari a **73 mc**.

## 5 DETERMINAZIONE DEI VOLUMI

### 5.1 Calcolo dei volumi d'invaso

La trasformazione d'uso del suolo introdotta dalle nuove urbanizzazioni implica l'aumento del coefficiente udometrico u, con il conseguente aumento della portata scaricata nei corpi idrici ricettori; per mantenere inalterato il contributo specifico dell'area d'intervento, risulta necessario formare volumi d'invaso (superficiale o profondo) che consentano di ridurre ragionevolmente le portate in uscita durante gli eventi di meteorici. Il calcolo

## RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

dei volumi d'invaso necessari a tal fine, si effettua considerando costante il valore della portata in uscita ( $Q_u = uS$ ) dal bacino, posto pari a quello che si stima essere prodotto dalle superfici scolanti, prima che ne venga modificata la destinazione d'uso.

Il volume in ingresso al sistema per effetto di una pioggia di durata  $\tau$  risulta:

$$V_i = S \cdot \varphi \cdot h(\tau)$$

dove  $S$  è la superficie del bacino,  $\varphi$  è il coefficiente di deflusso (costante) e  $h(\tau)$  l'altezza di pioggia caduta nel tempo  $\tau$ .

Nello stesso tempo il volume in uscita dal sistema è:

$$V_u = Q_u \cdot \tau$$

Il volume da invasare è quindi:

$$V = V_e - V_u = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \tau^n - Q_u \cdot \tau$$

Il volume da assegnare alla laminazione è quello massimo ottenibile dalla precedente e quindi quello corrispondente ad una precipitazione di durata  $\tau_{V_{\max}}$ . Il problema si riduce al calcolo del massimo di una funzione, che matematicamente si esprime eguagliando a zero la sua derivata prima.

$$\tau_{V_{\max}} = \left( \frac{Q_u}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

e quindi

$$V_{\max} = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left( \frac{Q_u}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_u \cdot \left( \frac{Q_u}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Quindi, assumendo come portata massima costante teorica calcolata in uscita dal bacino con il valore  $Q_u = 18$  l/s [corrispondente a quella generata dal bacino nella configurazione attuale 38 l/s ha, per un evento con  $T_r$  di 50 anni] si ottiene, sulla base dell'andamento dell'intensità di precipitazione corrispondente alle equazioni caratteristiche di un evento con analoga frequenza probabile di accadimento, che il volume di invaso massimo necessario per garantire che la portata teorica al colmo in uscita dal bacino, non superi mai tale valore, è pari a  $V_{\max} = 140 \text{ m}^3$ , che verrà raggiunto con una precipitazione di durata pari a  $T_{V_{\max}} = 60$  min (1 ora).

Le curve riportate in Figura 3 rappresentano graficamente i calcoli effettuati. La curva relativa al volume di pioggia in ingresso al sistema [ $V_{\text{pioggia}}$ ] è composta dai volumi derivanti dall'equazione di possibilità pluviometrica evidenziata in precedenza; la curva relativa ai corrispondenti volumi che defluiscono in rete [ $V_{\text{defluito}}$ ] deriva dalla precedente, ma tiene conto del coefficiente di deflusso medio assegnato; è rappresentativa quindi delle "piogge efficaci". La curva dei volumi teorici di laminazione [ $V_{\text{invaso}}$ ] si ottiene per differenza tra la curva dei volumi defluenti [ $V_{\text{pioggia}}$ ] e la curva del volume corrispondente al massimo teorico di portata defluita [ $V_{\text{defluito}}$ ].

**Volumi di Invaso Tr = 50 anni [mc]**

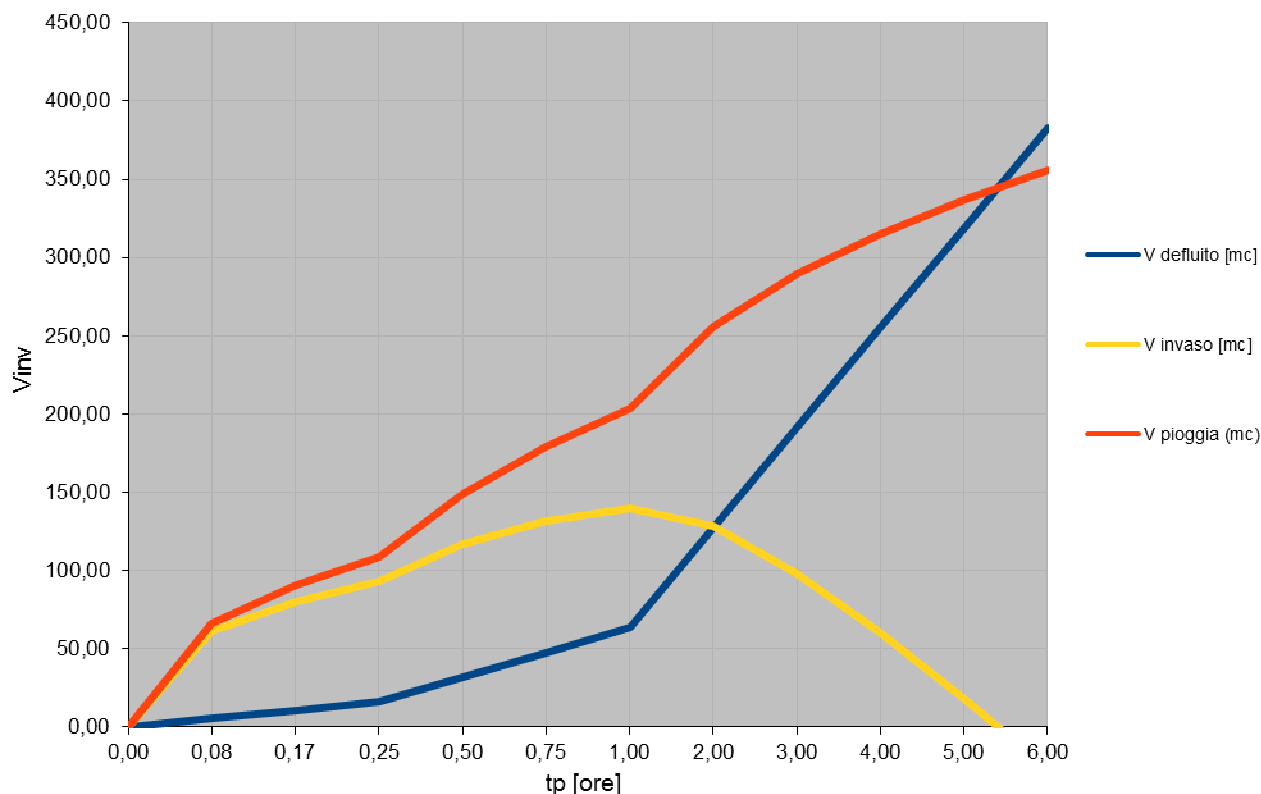


Figura 3 : Rappresentazione grafica dei volumi di pioggia, deflusso e invaso con Tr=50 anni

**5.2 Volume d'invaso complessivo disponibile**

Volumi disponibili nella rete

La rete di progetto è costituita da tubazioni in cls DN 120 cm a sezione circolare disposti lungo la strada di accesso e lungo il fossato, appositamente sovradimensionate con funzione di accumulo.

In generale il calcolo dei volumi invasati nelle tubazioni si esegue considerando la sezione liquida media in ciascun tratto di collettore, ottenuta a partire dalla quota di pelo libero massimo.

Nel presente caso tuttavia, in caso di massima piena corrispondente al tempo di ritorno di 50 anni, la quota del pelo libero, provoca il completo riempimento delle condotte.

Per le condotte circolari, in generale, si utilizza la formula seguente:

$$V_{inv} = S_{liquida} \cdot L = \frac{1}{4} \cdot \left( \frac{3.14}{2} - \arcsen \left( 1 - 2 \cdot \frac{y}{d} \right) - 2 \cdot \left( 1 - 2 \cdot \frac{y}{d} \right) \cdot \left( \frac{y}{d} \cdot \left( 1 - \frac{y}{d} \right) \right)^{\frac{1}{2}} \right) \cdot L$$

L è la lunghezza del tronco di rete considerato e y/d è il grado di riempimento assegnato.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i volumi invasati nelle condotte:

Tratto	D tubi (mm)	Tipologia	N° tubi	L (m)	Tirante medio (y/d)	Area bagnata (mq)	Vol. (mc)
--------	-------------	-----------	---------	-------	---------------------	-------------------	-----------

Via A. Moro, 3 – 35013 Cittadella (PD) tel 049/9402725

## RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

strada di accesso	1200	cls	1	45	1	1,131	50,89
lungo fossato	1200	cls	1	64	1	1,131	72,38

**L TOT**                      109 m                      **VOL. TOT.**                      **123**

### Volume dei piccoli invasi

In aggiunta al volume finora calcolato, vengono conteggiati i cosiddetti piccoli invasi, costituiti dalle reti minori (tubazioni di allaccio, caditoie, pozzetti) e dal velo idrico che scorre sulla superficie (0.5-2 mm) che, da valori di letteratura, possono essere assunti pari a 40 m<sup>3</sup>/ha per un volume pari a **19 mc**.

La seguente tabella riassume i volumi d'invaso complessivamente disponibili:

	Volume d'invaso (m <sup>3</sup> )
Tubazioni rete di progetto	123
Piccoli invasi	19
<b>Totale volumi disponibili</b>	<b>142</b>

**Complessivamente risultano pertanto 142 m<sup>3</sup>, valore superiore al minimo volume d'invaso necessario precedentemente calcolato in 140 m<sup>3</sup>. La verifica di compatibilità idraulica risulta soddisfatta.**

## **4 MANUFATTO DI CONTROLLO**

Con riferimento a quanto esposto, si ricorda che la portata massima in uscita dalla rete esistente per ettaro di superficie, è pari a 38 l/s ha. A questo limite si fa ora riferimento come portata massima complessiva in uscita dalla rete di progetto.

La limitazione della portata in uscita viene garantita da un apposito manufatto posizionato al termine delle rete

## RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

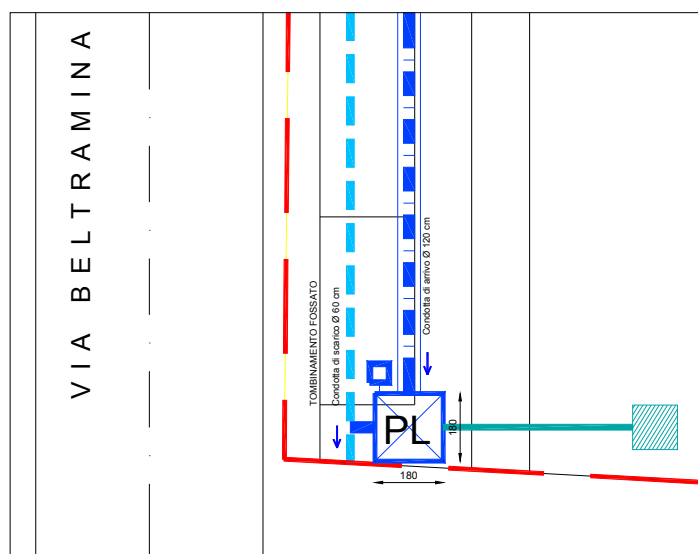


Figura 4 – Pianta Pozzetto limitatore

Note le caratteristiche della rete, si tratta ora di dimensionare i manufatti di controllo per ottimizzare l'impiego dei volumi d'invaso disponibili, avendo già individuato la ripartizione delle portate in uscita dal pozzetto.

I manufatti sono costituiti da una camera di raccolta e da una seconda camera, da cui si dipartono le tubazioni di scarico. Il setto di separazione fra le due camere è dotato di una luce di fondo circolare con diametro scelto in modo da consentire il transito della portata massima ammessa con il tirante stabilito; la parte superiore del setto funge da sfioratore superficiale di troppo pieno (funziona solo in emergenza) e garantisce la sicurezza della rete. La quota di sfioro è fissata in relazione al massimo riempimento ammesso nelle tubazioni. Il foro viene eventualmente protetto da una griglia mobile che dovrà essere periodicamente pulita per evitare la parzializzazione della luce di scarico.

Lo schema utilizzato per il dimensionamento del foro è quello che in letteratura tecnica viene comunemente chiamato di "Paratoia sollevata a battente".

Senza entrare nel merito della trattazione teorica del fenomeno fisico, basti qui ricordare che per ricavare il valore di portata è sufficiente accoppiare l'equazione di continuità al teorema di Bernoulli fra due sezioni di cui si conoscono le caratteristiche dinamiche (una sezione di acqua tranquilla e una di vena contratta) entrambe a pressione atmosferica (Figura 5).

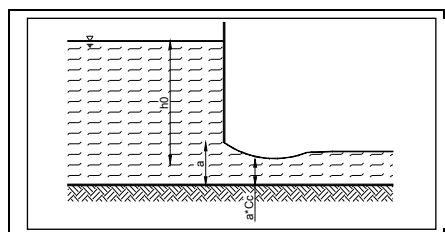


Figura 5: Paratoia sollevata a battente

Se  $A$  è l'area del foro (circolare o rettangolare), la portata è

$$Q = c_q \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_0}$$

## RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

con

$$c_q = c_c \cdot \sqrt{\frac{1}{1 + c_c \cdot \frac{a}{h_0}}}$$

dove si è indicato con:

a : l'apertura verticale del foro

c<sub>c</sub> : coefficiente di contrazione della vena liquida (0.61)

c<sub>q</sub> : coefficiente di portata

h<sub>0</sub> : tirante liquido

A : area del foro

Nella seguente tabella si riportano i dettagli del calcolo della luce di fondo per il pozzetto limitatore PL, che risulta avere diametro pari a 5 cm.

POZZETTO LIMITATORE PL			
a	0,10	m	Diametro foro d'uscita
h <sub>0</sub>	1,25	m	Tirante massimo ammesso
c <sub>c</sub>	0,610		Coeff. di contrazione
c <sub>q</sub>	0,597		Coeff. di portata
A <sub>f</sub>	0,006	m <sup>2</sup>	Area del foro
Q	0,0177	m <sup>3</sup> /s	Portata massima fluente dal foro

### **5 INDICAZIONI PER LA CORRETTA MANUTENZIONE DEL SISTEMA DRENANTE E RACCOMANDAZIONI CONCLUSIVE**

Nei punti precedenti sono stati indicati i criteri teorici e semi-empirici che hanno guidato la progettazione e sono state descritte compiutamente le procedure di calcolo seguite per la stima dei volumi necessari alla laminazione delle piene prodotte da eventi meteorici significativi.

Gli schemi ed i modelli utilizzati, oltre alla verifica del funzionamento della rete in base ai possibili scenari immaginati, hanno restituito risultati soddisfacenti. Tutto ciò, però, potrebbe essere vanificato nel caso in cui non venisse fatta una adeguata manutenzione della rete. Gli eventi meteorici (in particolare quelli di elevata intensità e breve durata, tipicamente i temporali estivi) trascinano nella rete una non trascurabile frazione di sedimenti di diametro medio-piccolo (sabbie fini, limi ed argille) che sedimentando ed essiccandosi, formano uno strato



## RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

compatto che riduce la sezione libera di deflusso. Questa riduzione di sezione abbassa i margini di sicurezza per le portate che transitano nelle condotte e nei manufatti, aumentando le probabilità che il sistema drenante nella sua globalità risulti insufficiente, riducendo i volumi d'invaso efficaci

Un secondo problema, legato soprattutto alla generazione di un velo liquido sulle strade e sui parcheggi, riguarda l'intasamento delle bocche di lupo e delle caditoie ad opera dei sedimenti grossolani, delle foglie, della carta, ecc. fra loro cementati dalle frazioni fini dei sedimenti.

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. A cavallo tra la stagione autunnale e quella invernale è opportuno inoltre procedere alla pulizia sistematica delle caditoie e dei pozzetti.

Come per tutta la rete, anche per i pozzetti limitatori si rendono necessarie la pulizia e la manutenzione periodica del manufatto. In particolare al momento del funzionamento si valuteranno le frequenze di asportazione dei fanghi del manufatto; è evidente che tali operazioni dipenderanno principalmente dai valori in entrata dei solidi sospesi e della materia grossa totale. Il contenuto del pozzetto deve essere aspirato e smaltito a norma di legge. Nel caso di pulizia con getto in pressione, l'acqua dovrà essere regolata in modo da non provocare danni. Verificare che il manufatto non presenti danneggiamenti.

Il Progettista

**ARCH. PAOLA FRIGO**