*1. PREMESSE ALLA RELAZIONE IDRAULICA ..... 2*

*2. FOGNATURA BIANCA ..... 4*

*3. DEFINIZIONE DELL'EVENTO PLUVIOMETRICO DI PROGETTO ..... 6*

*4. CONSIDERAZIONI RELATIVE AL RAGGUAGLIO SULL'AREA DEL BACINO DELLA PRECIPITAZIONE E DETERMINAZIONE DEI PLUVIOGRAMMI DI PROGETTO ..... 13*

*5. DEFINIZIONE DELL'EVENTO METEORICO DI PROGETTO ..... 14*

*6. PROGETTO DELLA RETE DI FOGNATURA ..... 15*

*7. VERIFICA RETE ..... 18*

*8. CALCOLO DEI VOLUMI DA RENDERE DISPONIBILI PER LA LAMINAZIONE ..... 19*

*9. CONCLUSIONI ..... 26*

## 1. PREMESSE ALLA RELAZIONE IDRAULICA

La presente relazione si propone come compendio dei calcoli più significativi effettuati per il dimensionamento e la verifica delle reti idrauliche al servizio del Piano di Lottizzazione denominato "Modigliani" Z.T.O. C2/29, situato lungo via Modigliani in comune di Albignasego (PD).
La prima parte dello studio è stata sviluppata, in ottemperanza al principio dell'invarianza idraulica richiamato dalla D.G.R. Veneto n. 1322/06, modificata successivamente dal n. 1841/07 ed è volta alla individuazione delle misure compensative da realizzare con il duplice obiettivo di non aggravare, con le opere di progetto, l'equilibrio idraulico dell'area in cui le succitate opere si inseriscono e di garantire la capacità di scolo delle acque piovane mediante un temporaneo stoccaggio delle stesse. Il dimensionamento di tali opere è stato effettuato per garantire la efficienza del sistema per un tempo di ritorno ($T_R$) di 50 anni.
Come richiesto da buone norme costruttive, si deve provvedere al dimensionamento di idonei volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle piene il cui *valore minimo di riferimento* (da verificare analiticamente) è fissato in 300 mc/ha, in modo che, tramite opportuni accorgimenti e dispositivi, sia garantita una portata scaricata verso la rete esterna non superiore ai 10 l/s,ha.
Nella redazione della relazione idraulica sono stati approfonditi i seguenti punti:
- individuazione per la zona in esame delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica relative a diversi tempi di ritorno e a piogge di durata sia inferiore che superiore all'ora;
- considerazioni relative al ragguaglio delle piogge sull'area del bacino sul quale incide la precipitazione;
- determinazione della distribuzione temporale della precipitazione (pluviogramma di progetto);
- definizione di misure compensative da attuare al fine di ottenere un assetto idrologico della zona in esame compatibile con la rete ricettrice.

La presente relazione si pone come obiettivo il dimensionamento delle opere idrauliche di raccolta delle acque meteoriche, evidenziando le interferenze con i corpi idrici ricettori (canali di bonifica e sistemi fognari) e progettando gli opportuni sistemi idraulici per garantire la compatibilità idraulica delle opere con il territorio in cui si inseriscono.
Poiché l'opera in oggetto è situata in una zona priva di corpi idrici ricettori consortili, il recapito delle acque avverrà attraverso una condotta stradale che corre lungo via Modigliani e scarica nello scolo Consorziale denominato "Rocchetti".

**Figura 1. Ambito di intervento**

## 2. FOGNATURA BIANCA

In progetto sono previste due reti di fognatura separate: *fognatura bianca* per la raccolta delle acque meteoriche, *fognatura nera* per il convogliamento dei reflui di scarico civile; per gli eventuali scarichi di tipo produttivo ci si dovrà dotare di idoneo impianto di trattamento.
I soggetti che gestiscono la rete di acquedotto/fognatura e la rete idrografica superficiale nel comprensorio interessato dalle opere di urbanizzazione descritti in questo progetto sono rispettivamente Centro Veneto Servizi S.p.A e Consorzio di Bonifica Bacchiglione; sulla base delle indicazioni e prescrizioni espresse dai rispettivi organi tecnici, si sono potuti definire i recapiti finali delle fognature.
Il tracciato altimetrico e planimetrico delle reti idrauliche è stato definito cercando di minimizzare le interferenze con altri sottoservizi; in linea di massima i pozzetti d'ispezione asserviti a tutte le linee saranno messi in opera sfalsati gli uni rispetto agli altri in modo da sfruttare al meglio tutta la larghezza della strada. Sempre come criterio generale, stante il vincolo imposto dalle quote di recapito, si e cercato di sfruttare il gioco delle pendenze traducendo in pendenza motrice la differenza di quota.
I reinterri, al fine di garantire l'uniforme stabilità e portanza delle sedi stradali che si andranno a realizzare, saranno tutti effettuati con materiali nuovi (sabbia, materiale arido, ecc.), in nessun caso, pertanto, si potrà eseguire il reinterro con materiale di risulta dello scavo o con materiale reperito in sito a seguito di movimentazione di terre.
Per ogni altra prescrizione esecutiva si rimanda alle prescrizioni fornite dal Consorzio di Bonifica Bacchiglione competente per territorio, dal comune di Albignasego e dal capitolato speciale d'appalto.
Gli afflussi meteorici saranno invece riversati nello scolo Consorziale Rocchetti che corre parallelamente alla via G. Glilei.
Tutta l'area in oggetto scaricherà in un unico punto l'intera portata generata previo sistema di laminazione costituito da pozzetto di regolazione della portata.
Il dimensionamento della rete per lo smaltimento delle acque di origine meteorica è stato condotto attraverso le seguenti fasi:

- Definizione dei parametri pluviometrici di progetto e, preliminarmente, valutazione del rischio idraulico su cui fondare il dimensionamento e la verifica della rete.
- Adozione di un modello ideologico di trasformazione afflussi – deflussi e di un modello di trasmissione e propagazione nelle tubazioni componenti la rete.
- Verifica dei vincoli imposti alla rete (nella fattispecie la condotta stradale).
- Verifica del corretto dimensionamento della rete.

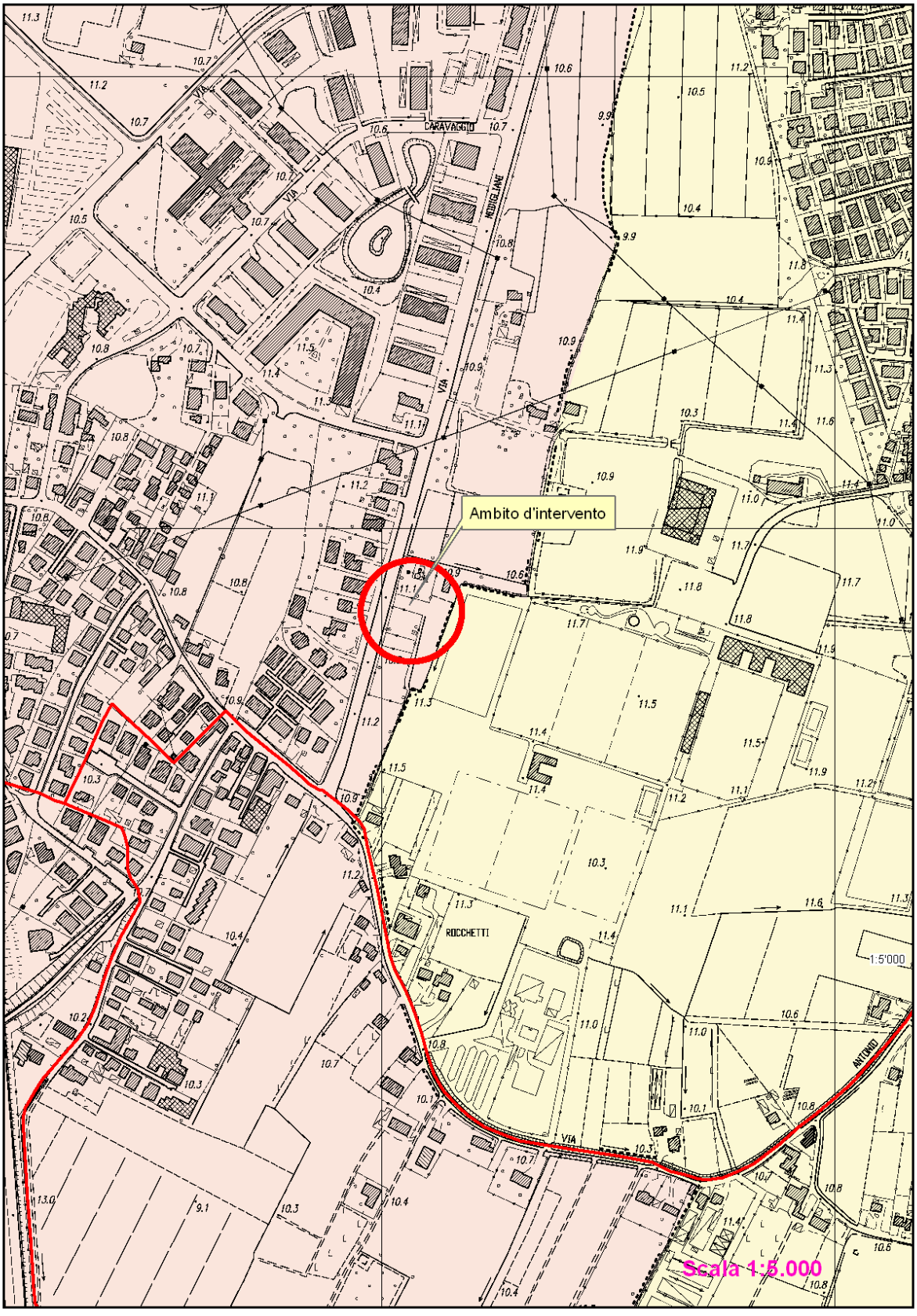



**Figura 2. Rete di scarico**

## 3. DEFINIZIONE DELL'EVENTO PLUVIOMETRICO DI PROGETTO

Per lo studio delle opere di smaltimento delle acque piovane in aree di limitata estensione risulta opportuno fare riferimento, oltre che alle precipitazioni di durata oraria, anche a quelle di forte intensità e breve durata.
A tale scopo si è fatto ricorso alle misure del Centro Sperimentale per l'Idrologia e la Meteorologia di Teolo, realizzate con pluviografi registratori in grado di rilevare anche tale tipo di dato, pari ad un periodo di 50 anni di osservazioni, con riferimento alla stazione pluviografica di PADOVA, ubicata a pochi chilometri di distanza dall'area di interesse.

Sono quindi stati considerati gli eventi massimi della durata di 10, 15, 30 e 45 minuti (scrosci) e di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

**Tabella 1: Massimi di precipitazione di breve durata per la stazione di Padova.**

| 10 min | | 15 min | | 30 min | | 45 min | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| h (mm) | data(AAMMGG) | h (mm) | data(AAMMGG) | h (mm) | data(AAMMGG) | h (mm) | data(AAMMGG) |
| 30,0 | 870824 | 34,0 | 870824 | 40,0 | 940720 | 55,0 | 940720 |
| 23,0 | 640818 | 28,6 | 700508 | 35,6 | 900515 | 40,0 | 890622 |
| 22,4 | 700508 | 27,4 | 900515 | 35,0 | 581001 | 36,0 | 690730 |
| 20,4 | 650705 | 25,0 | 940720 | 31,6 | 700508 | 35,8 | 900515 |
| 17,0 | 38#### | 22,0 | 710609 | 30,8 | 690730 | 30,8 | 710718 |
| 14,2 | 59#### | 21,0 | 950708 | 27,6 | 710718 | 30,4 | 570708 |
| 14,0 | 560926 | 20,6 | 690730 | 26,2 | 860605 | 30,2 | 860605 |
| 14,0 | 610712 | 20,0 | 860605 | 23,4 | 680813 | 29,6 | 670904 |
| 10,6 | 660808 | 19,6 | 680813 | 23,0 | 890622 | 27,8 | 950610 |
| 10,6 | 42#### | 19,0 | 670824 | 21,0 | 670611 | 26,4 | 680803 |
| 10,2 | 41#### | 18,0 | 600605 | 21,0 | 950708 | 22,4 | 720702 |
| 9,2 | 580808 | 14,2 | 730714 | 15,8 | 720702 | 21,2 | 850720 |
| 5,4 | 620602 | 13,4 | 590813 | 15,4 | 730714 | 15,8 | 730714 |
| - | | 13,0 | 890622 | 12,8 | 850720 | - | |
| - | | 10,4 | 850720 | - | | - | |
| - | | 10,0 | 720702 | - | | - | |
| - | | 7,8 | 620514 | - | | - | |

**Tabella 2: Massimi di precipitazione di durata oraria per la stazione di Padova.**

| h (mm) | data(AAMMGG) | h (mm) | data(AAMMGG) | h (mm) | data(AAMMGG) | h (mm) | data(AAMMGG) | h (mm) | data(AAMMGG) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 62,0 | 940720 | 87,0 | 670904 | 112,6 | 670904 | 116,2 | 670904 | 116,2 | 670904 |
| 56,0 | 581001 | 77,0 | 940720 | 80,6 | 940720 | 86,0 | 870824 | 97,0 | 890622 |
| 46,8 | 690730 | 73,4 | 690730 | 75,6 | 690730 | 80,6 | 940720 | 96,6 | 870824 |
| 41,4 | 890622 | 71,8 | 581001 | 75,0 | 581001 | 79,6 | 581001 | 88,8 | 940720 |
| 38,4 | 630614 | 50,0 | 870824 | 73,8 | 680803 | 77,0 | 680803 | 87,5 | 860131 |
| 37,0 | 870825 | 48,8 | 680803 | 70,0 | 870824 | 76,4 | 690730 | 87,0 | 690730 |
| 36,2 | 900515 | 43,6 | 720702 | 62,4 | 890622 | 76,0 | 890622 | 82,8 | 581001 |
| 36,2 | 860605 | 43,2 | 950610 | 49,0 | 950610 | 65,0 | 901005 | 81,5 | 661103 |
| 35,9 | 670904 | 43,0 | 890622 | 47,6 | 720702 | 60,0 | 660816 | 80,8 | 950609 |
| 35,0 | 710718 | 40,4 | 860605 | 46,4 | 660816 | 59,8 | 860131 | 77,6 | 680803 |
| 32,8 | 700508 | 40,2 | 630614 | 44,5 | 860131 | 50,4 | 601014 | 70,0 | 850303 |
| 31,4 | 570708 | 39,6 | 570708 | 42,2 | 650419 | 49,4 | 950610 | 68,6 | 560926 |
| 30,4 | 680803 | 38,8 | 700508 | 41,4 | 630614 | 48,8 | 720702 | 68,6 | 901005 |
| 29,0 | 720702 | 38,0 | 710718 | 41,2 | 640920 | 48,4 | 650419 | 57,2 | 570505 |
| 29,0 | 950531 | 36,5 | 660816 | 39,8 | 570708 | 45,0 | 850303 | 55,4 | 620111 |
| 27,0 | 650704 | 36,4 | 900515 | 39,0 | 700508 | 44,8 | 630604 | 54,8 | 730924 |
| 26,4 | 640818 | 35,0 | 650419 | 38,0 | 710718 | 42,4 | 640920 | 53,8 | 611206 |
| 25,6 | 600629 | 32,2 | 590627 | 38,0 | 901005 | 42,2 | 570708 | 52,6 | 601014 |
| 24,6 | 610711 | 31,0 | 600629 | 36,6 | 610711 | 40,8 | 730918 | 52,0 | 650419 |
| 23,0 | 590811 | 28,4 | 610711 | 36,2 | 601014 | 39,6 | 560926 | 50,2 | 591112 |
| 22,8 | 660819 | 27,6 | 640815 | 36,2 | 590627 | 39,2 | 700508 | 49,0 | 710718 |
| 21,2 | 850720 | 27,0 | 560417 | 30,0 | 730918 | 38,6 | 610711 | 48,8 | 720702 |
| 19,8 | 560417 | 24,0 | 730918 | 29,2 | 620514 | 38,0 | 710718 | 48,6 | 630614 |
| 16,6 | 730714 | 21,8 | 620514 | 29,2 | 560618 | 37,8 | 621031 | 42,4 | 640920 |
| 12,0 | 621109 | 21,2 | 850720 | 28,0 | 850303 | 37,4 | 590627 | 39,2 | 700508 |

I dati riportati in Tabella 1 e 2 sono stati regolarizzati con il metodo di Gumbel altrimenti noto come metodo doppio esponenziale che consente, sulla base di un campione N di valori massimi annuali, di attribuire ad un qualsiasi valore di precipitazione un corrispondente tempo di ritorno (TR).
Come già detto in precedenza, nel presente studio idrologico-idraulico si è ritenuto di fissare un tempo di ritorno di 50 anni.

**Elaborazione statistica secondo Gumbel**

Sui dati pluviometrici è stata svolta innanzitutto l'analisi statistica dei valori estremi, al fine di stimare gli eventi caratterizzati da differenti probabilità di accadimento.
Si è proceduto quindi alla regolarizzazione dei dati misurati con il metodo di Gumbel, che permette di attribuire a qualsiasi valore di precipitazione un corrispondente tempo di ritorno (TR), sulla base di un campione di N valori massimi annuali, intendendo per tempo di ritorno (abbreviato con Tr) il tempo dopo il quale, mediamente, un dato evento viene raggiunto; ovviamente più alto è il tempo di ritorno e più raro (e quindi anche più intenso) risulta l'evento in considerazione.
Si ipotizza che la popolazione dei valori massimi di precipitazione abbia distribuzione di probabilità doppio – esponenziale (EV1), caratterizzata dalla seguente legge probabilistica:

$$1-\frac{1}{T_R}=P\left(X>x\right)=e^{-e^{-\left(\frac{x-\varepsilon}{\alpha}\right)}}$$

La taratura dei parametri α ed ε sulla base dei valori del campione e delle corrispondenti frequenze probabili consente di stabilire una correlazione biunivoca tra tempo di ritorno TR, probabilità di non superamento P(X<x) e altezza di pioggia nell'intervallo di tempo in esame.
Qualora la taratura della distribuzione avvenga con il metodo di Gumbel, i parametri α ed ε sono espressi dalle seguenti relazioni:

$$\frac{1}{\alpha}=\frac{S_x}{S_N} \qquad \varepsilon=X_m-\frac{Y_N}{\alpha} \qquad Y(T_R)=-\ln\left(-\ln\left(1-\frac{1}{T_R}\right)\right)$$

dove: $X_m$ = media aritmetica dei dati del campione;

$S_x$ = scarto quadratico medio dei dati del campione;

$Y_N$, $S_N$ = media e scarto quadratico medio dei valori della variabile ridotta $Y$ relativi ai dati del campione, ottenuti attribuendo all'$i$-esimo valore di un campione di $N$ massimi annuali ordinati in senso decrescente un tempo di ritorno empirico pari a $T_{R\,emp}=\frac{N+1}{i}$.

Calcolati i valori di α ed ε relativi a ciascuna durata, è possibile stimare un'altezza di precipitazione con tempo di ritorno fissato tramite la relazione:

$$X(T_R)=\varepsilon+\frac{1}{\alpha}\cdot Y(T_R)$$

Le stime delle altezze di pioggia per TR fissato e durata variabile si riassumono infine nella valutazione della curva di possibilità pluviometrica, alla quale viene generalmente attribuita la seguente struttura:

$$h(t)=a\cdot t^n$$

I coefficienti a e n, funzioni di TR, si stimano per regressione logaritmica sulle cinque stime di precipitazione relative a valori di t da 10 a 45 minuti e da 1 a 24 ore.
Nelle seguenti pagine si riportano i risultati dell'analisi relativa alla stazione pluviometrica considerata, per la quale si riportano, per le precipitazioni di breve durata e per quelle di durata oraria, rispettivamente:

- nelle tabelle 3 e 5 le serie statistiche dei massimi di precipitazione, in ordine decrescente di valore, il calcolo della variabile ridotta *Y* e la stima dei parametri α ed ε della distribuzione EV1;
- nelle figure 3 e 4 l'interpolazione dei parametri di possibilità pluviometrica sulla carta di Gumbel;
- nelle tabelle 4 e 6 il calcolo delle altezze di precipitazione per alcuni valori di $T_R$ e la stima dei corrispondenti parametri *a* e *n* della curva di possibilità pluviometrica;

**Figura 3: Interpolazione dei parametri di possibilità pluviometrica per piogge di breve durata.**

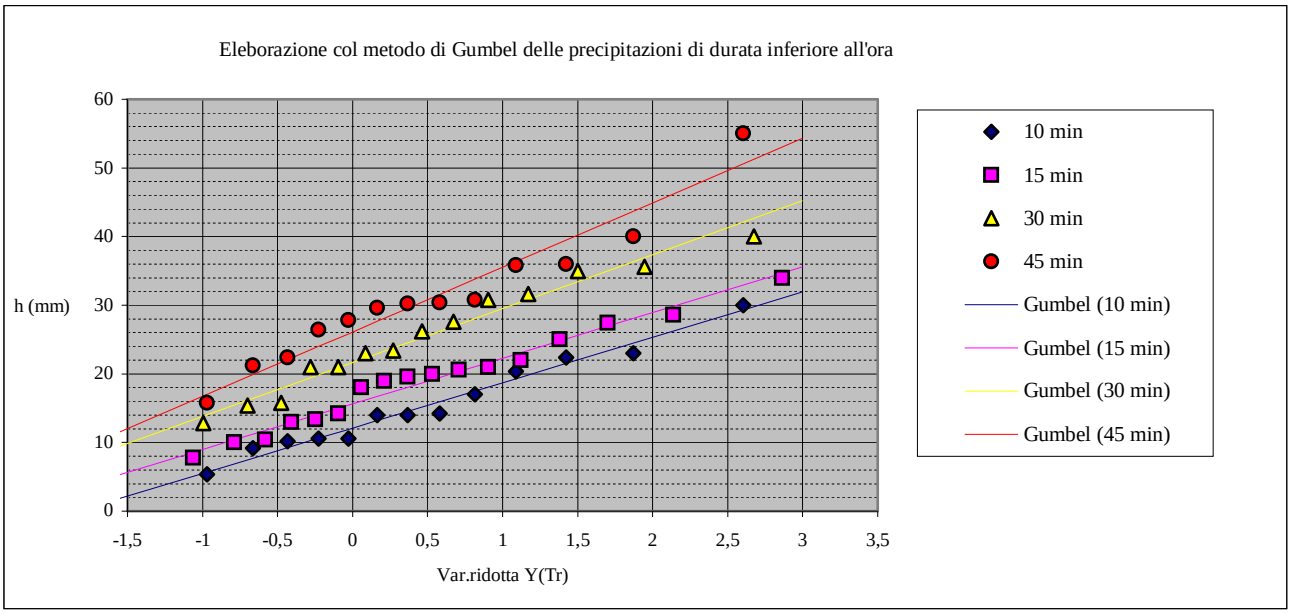



**Figura 4: Interpolazione dei parametri di possibilità pluviometrica per piogge di durata oraria.**

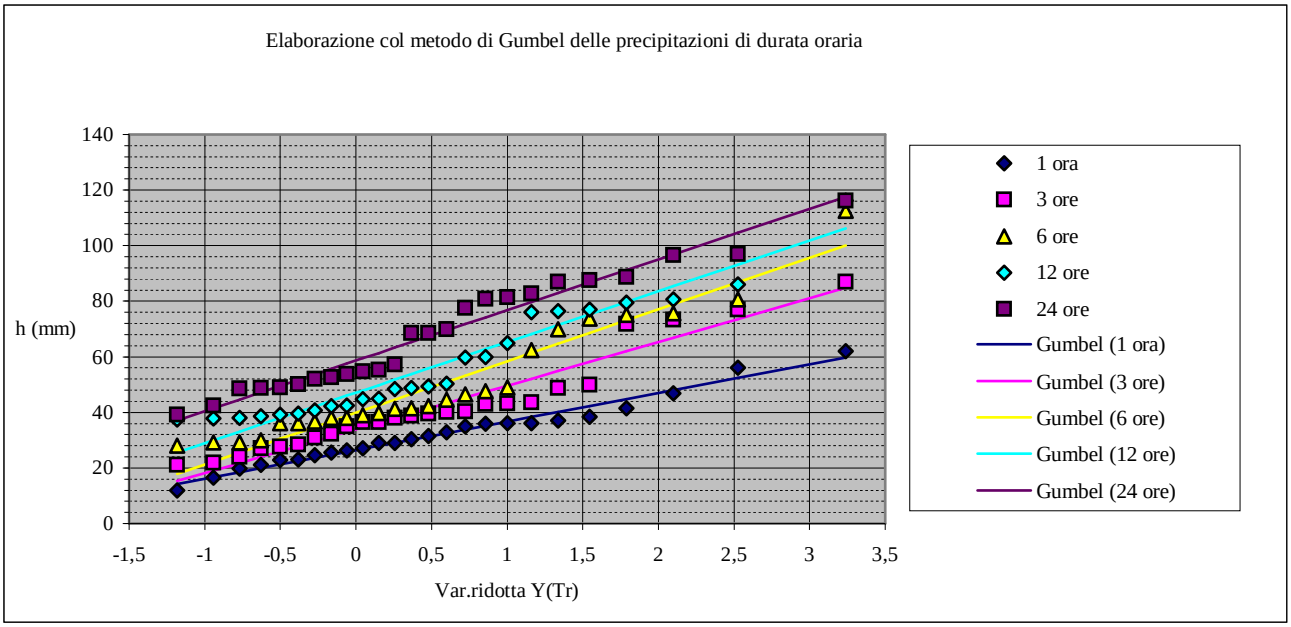


**Tabella 3: Ordinamento della serie statistica per piogge di breve durata (Stazione di Padova).**

| Durata | 10 min | 15 min | 30 min | 45 min |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| N (# anni significativi) | 13 | 17 | 14 | 13 |
| Media Y(N) | 0,507 | 0,5177 | 0,51 | 0,507 |
| SQM S(N) | 1,0378 | 1,0717 | 1,0476 | 1,0378 |
| | | | | |
| Moda (Gumbel) | 12,11128063 | 15,61671255 | 21,64967695 | 26,11469699 |
| Alpha (Gumbel) | 6,608003606 | 6,648852582 | 7,857776294 | 9,392950856 |

**Tabella 4: Individuazione dei parametri di possibilità pluviometrica per piogge di breve durata. (Stazione di Padova).**

| Tr (anni) | Y(Tr) | h(Tr) = Moda + Alpha * Y(Tr) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 0,366512921 | 14,53319933 | 18,05360293 | 24,52965349 | 29,55733484 |
| 5 | 1,499939987 | 22,02288947 | 25,5895924 | 33,43586982 | 40,20355958 |
| 10 | 2,250367327 | 26,98171605 | 30,57907316 | 39,33255999 | 47,25228671 |
| 20 | 2,970195249 | 31,73834155 | 35,3651029 | 44,98880676 | 54,013595 |
| 25 | 3,198534261 | 33,24720657 | 36,88329533 | 46,78304364 | 56,15837212 |
| 50 | 3,901938658 | 37,89530535 | 41,56012747 | 52,31023804 | 62,76541505 |
| 100 | 4,600149227 | 42,50908331 | 46,20242661 | 57,79662049 | 69,32367261 |
| | Durata (ore) | 0,166666667 | 0,25 | 0,5 | 0,75 |

**Figura 5: Equazione di possibilità pluviometrica per precipitazioni di durata inferiore all'ora.**

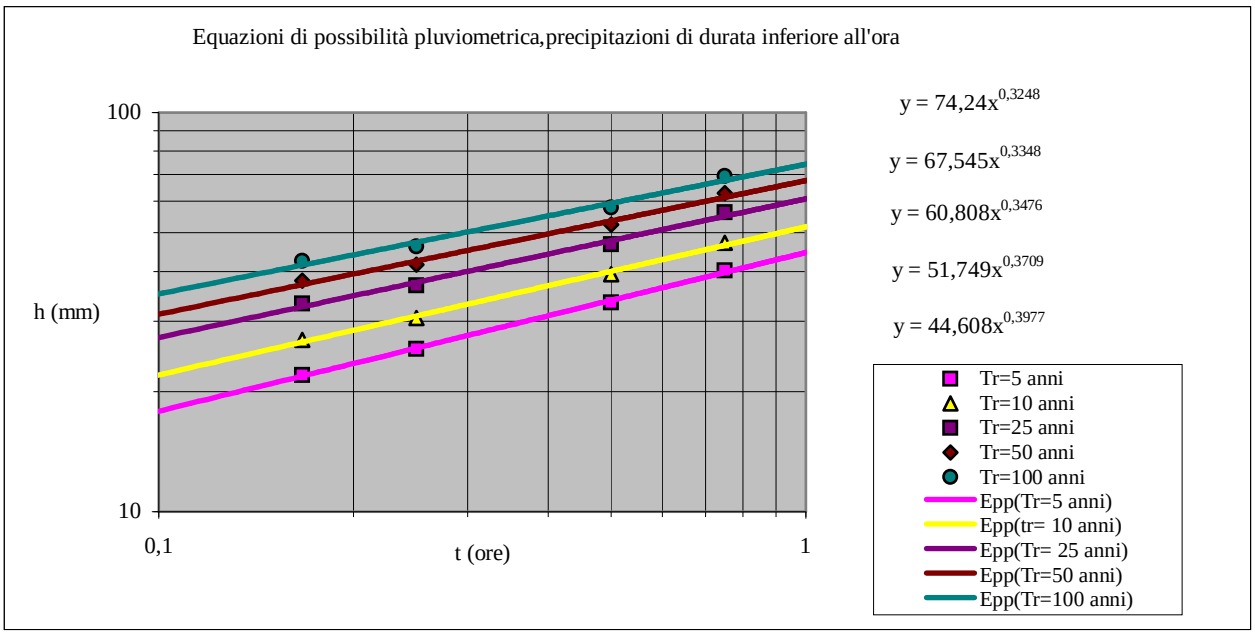


**Tabella 5: Ordinamento della serie statistica per piogge di durata oraria (Stazione di Padova).**

| Durata | 1 ora | 3 ore | 6 ore | 12 ore | 24 ore |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| N (# anni significativi) | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Media Y(N) | 0,5309 | 0,5309 | 0,5309 | 0,5309 | 0,5309 |
| SQM S(N) | 1,114 | 1,114 | 1,114 | 1,114 | 1,114 |
| | | | | | |
| Moda (Gumbel) | 26,39995161 | 33,876007 | 39,8088092 | 47,08103879 | 58,61634704 |
| Alpha (Gumbel) | 10,28451383 | 15,7468318 | 18,63098662 | 18,26136977 | 18,20239774 |

**Tabella 6: Individuazione dei parametri di possibilità pluviometrica per piogge di durata oraria. (Stazione di Padova).**

| Tr (anni) | Y(Tr) | h(Tr) = Moda + Alpha * Y(Tr) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 0,366512921 | 30,16935881 | 39,64742431 | 46,63730652 | 53,77406676 | 65,287761 |
| 5 | 1,499939987 | 41,82610514 | 57,49530968 | 67,75417103 | 74,47199752 | 85,91885126 |
| 10 | 2,250367327 | 49,5438855 | 69,31216279 | 81,73537277 | 88,17582868 | 99,57842819 |
| 20 | 2,970195249 | 56,94696571 | 80,64717199 | 95,14647715 | 101,3208725 | 112,6810223 |
| 25 | 3,198534261 | 59,29532144 | 84,24278801 | 99,40065823 | 105,4906557 | 116,8373398 |
| 50 | 3,901938658 | 66,52949368 | 95,31917873 | 112,5057761 | 118,3357835 | 129,6409864 |
| 100 | 4,600149227 | 73,71024993 | 106,3137831 | 125,5141279 | 131,0860648 | 142,3500929 |
| | Durata (ore) | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 |

**Figura 6: Equazione di possibilità pluviometrica per precipitazioni di durata oraria.**

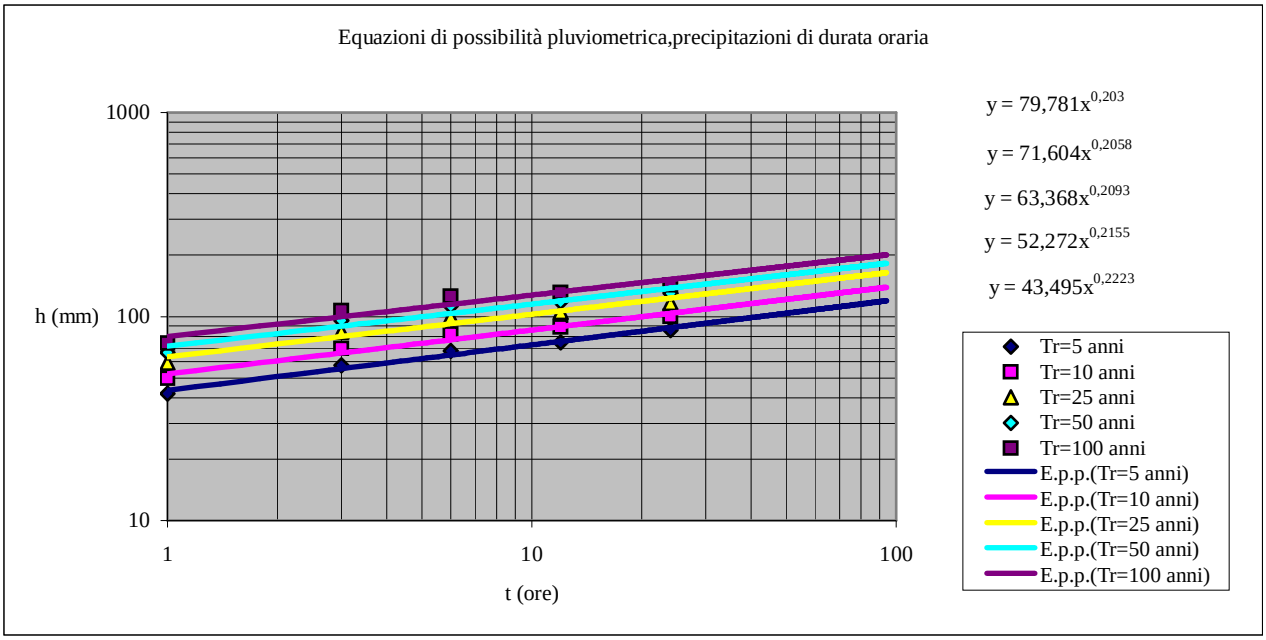


**Tabella 7** **Valori dell'altezza h (mm) di precipitazione di data durata in funzione del tempo di ritorno. Risultati ottenuti dalla risoluzione dell'equazione (2)**

| $T_R$ | mm di pioggia | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [anni] | 15 min | 30 min | 45 min | 1 ora | 3 ore | 6 ore | 12 ore | 24 ore |
| | | | | | | | | |
| 5 | 21,38 | 30,88 | 38,29 | 44,60 | 60,23 | 73,97 | 90,85 | 111,58 |
| 10 | 26,06 | 36,72 | 44,88 | 51,74 | 71,67 | 87,47 | 106,75 | 130,28 |
| 25 | 31,97 | 44,09 | 53,50 | 60,79 | 86,09 | 104,47 | 126,78 | 153,84 |
| 50 | 36,36 | 49,56 | 59,39 | 67,53 | 95,43 | 115,43 | 139,63 | 168,89 |
| 100 | 40,71 | 54,97 | 65,53 | 74,22 | 107,40 | 129,57 | 156,32 | 188,59 |

L'equazione di possibilità pluviometrica può essere scritta in forma logaritmica $\log h = \log a + n \log t$ e rappresentata nel piano logaritmico da una retta avente coefficiente angolare n ed intercetta all'origine log a.
Nelle Tabelle 8 vengono riassunti rispettivamente i parametri a ed n delle curve di possibilità pluviometrica relativi alla stazione meteorologica considerata per vari tempi di ritorno e per durate inferiori e superiori all'ora.

**Tabella 8** **Parametri delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica relativi alla stazione pluviografica di Padova (SIMN) per vari tempi di ritorno e per durate sia inferiori (5.a) che superiori (5.b) alla ora.**

| | Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per durate comprese fra i 15 e i 60 minuti | | |
|---|---|---|---|
| | TR [anni] | a [mm/oren] | n |
| Stazione di Padova | | | |
| | 5 | 44,608 | 0,3977 |
| | 10 | 51,749 | 0,3709 |
| | 25 | 60,808 | 0,3476 |
| | 50 | 67,545 | 0,3348 |
| | 100 | 74,24 | 0,3248 |

| | Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per durate comprese fra i 1 e 24 ore | | |
|---|---|---|---|
| | TR [anni] | a [mm/oren] | n |
| Stazione di Padova | | | |
| | 5 | 43,495 | 0,2223 |
| | 10 | 52,272 | 0,2155 |
| | 25 | 63,368 | 0,2093 |
| | 50 | 70,604 | 0,2058 |
| | 100 | 79,781 | 0,2030 |

## 4. CONSIDERAZIONI RELATIVE AL RAGGUAGLIO SULL'AREA DEL BACINO DELLA PRECIPITAZIONE E DETERMINAZIONE DEI PLUVIOGRAMMI DI PROGETTO

Nei calcoli riportati di seguito volti all'individuazione del massimo volume di invaso necessario a non peggiorare l'attuale assetto idraulico si sono utilizzate le curve di possibilità pluviometrica relative ad un tempo di ritorno di 50 anni.
I dati di pioggia elaborati per un singolo pluviografo corrispondono alle massime precipitazioni registrate, quindi presumibilmente riferite a eventi per i quali il centro di pioggia si è trovato in prossimità del punto di installazione del pluviografo. Per gli stessi eventi la precipitazione media sull'area finita intorno al pluviografo, essendo la pioggia un evento localizzato, è inevitabilmente minore. Valutare dunque l'afflusso meteorico facendo riferimento ad un'altezza di pioggia uniforme su tutto il bacino calcolata in riferimento ad un'unica stazione pluviometrica porta a sovrastimare l'afflusso stesso tanto più quanto più è ampia l'estensione del bacino. Per ovviare a questo sovrastima generalmente si utilizzano relazioni, per lo più empiriche, che modificano i parametri a ed n della curva segnalatrice di possibilità pluviometrica o ragguagliano direttamente l'istogramma sintetico determinato sulla base della curva di possibilità pluviometrica.
Nel caso in esame vista l'estensione del bacino si è ritenuto di non modificare le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica e di calcolare dunque lo ietogramma di progetto in riferimento alle curve di Tabella 8.
Lo ietogramma utilizzato per la presente relazione è lo ietogramma rettangolare, generalmente il più usato nei calcoli di dimensionamento e verifica di reti di fognatura bianca.
La tabella seguente (Tabella 9) riporta per varie durate di pioggia l'altezza di precipitazione totale in millimetri e l'intensità di pioggia espressa in millimetri all'ora calcolate secondo gli ietogrammi rettangolari facendo riferimento alle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica relative ad un tempo di ritorno di 50 anni.

**Tabella 9 Altezza di precipitazione totale e intensità di pioggia espresse rispettivamente in millimetri e millimetri all'ora per varie durate di pioggia, calcolate in riferimento a ietogrammi rettangolari**

| tempo di pioggia [min] | TR = 50 anni | |
|---|---|---|
| | h [mm] | j [mm/ora] |
| 5 | 22,27 | 267,2 |
| 10 | 30,34 | 182,1 |
| 15 | 36,36 | 145,5 |
| 30 | 49,56 | 99,1 |
| 45 | 59,39 | 79,2 |
| 60 | 67,53 | 67,5 |
| 120 | 85,38 | 42,7 |
| 180 | 95,43 | 31,8 |
| 240 | 103,28 | 25,8 |

Osservando la Tabella 9 si nota che all'aumentare della durata della precipitazione aumenta la altezza di precipitazione (volume d'acqua precipitato), ma diminuisce l'intensità della stessa. I risultati riportati nelle prime 5 righe della Tabella 9 sono stati ottenuti tramite l'equazione segnalatrice di possibilità pluviometrica relativa agli scrosci, le restanti righe invece facendo riferimento alle curve orarie.

## 5. DEFINIZIONE DELL'EVENTO METEORICO DI PROGETTO

A livello regionale esistono delle indicazioni fornite dall' Autorità di Bacino dei Fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione, nella pubblicazione "Dimensionamento delle opere idrauliche", Settembre 1996; in tale pubblicazione si fa una stima del livello di rischio accettabile per le diverse tipologie e condizioni delle opere idrauliche e si sviluppa una metodologia per la definizione dei tempi di ritorno da utilizzare nella progettazione.
Le opere in progetto sono classificabili come interventi di fognatura per i quali il tempo di ritorno, indicato dalla Autorità di Bacino, varia da un minimo di 10 anni fino ad un massimo di 50 anni.
L'opera insiste su un territorio antropizzato e a rischio idraulico non trascurabile; si ritiene pertanto opportuno e in via cautelativa dimensionare le opere di raccolta e smaltimento delle acque per un tempo di ritorno pari a 50 anni.

**Scelta del tempo di pioggia**

Altro parametro fondamentale per la quantificazione dei deflussi generati da un certo evento meteorico è la durata dello stesso.
Maggiore è il tempo di pioggia, infatti, maggiore è il volume d'acqua defluito, ma minore è la intensità della precipitazione. In linea generale, il tempo di precipitazione critico per il sistema di smaltimento delle acque coincide col tempo di corrivazione del sistema stesso, ovvero con il tempo che impiega l'acqua per arrivare al recapito partendo dal punto idraulicamente più lontano.
Poiché i bacini imbriferi delle tratte stradali oggetto del dimensionamento sono alquanto limitati, si è scelta una durata dell'evento meteorico di progetto di 1 ora.
La precipitazione di dimensionamento è pertanto di 67,53 mm in 1 ora corrispondenti ad una pari intensità di 67,53 mm/ora.

## 6. PROGETTO DELLA RETE DI FOGNATURA

Nell'estratto di mappa N.C.T., la zona è compresa nel comune di Albignasego foglio n. 1 – mappale 592. l'intera superficie oggetto dell'intervento è di mq. 1.530 circa.
Il tessuto interessato è da ritenersi pianeggiante.

Superfici del P. di R.

| | |
|---|---|
| Superficie a verde | Ha. 0,037249 |
| Sup. Coperta | Ha. 0,059200 |
| Sup. Parcheggi drenanti | Ha. 0,050266 |
| Sup. Strade, marciapiedi parcheggi non drenanti | Ha. 0,006334 |
| **SUPERFICIE INTERVENTO** | **Ha. 0,153049** |

La rete deve essere progettata in riferimento ad un determinato tempo di ritorno. Infatti, non potendo porre un limite superiore alle altezze di precipitazione, è necessario ammettere che la rete risulti periodicamente insufficiente. Considerazioni di carattere tecnico-economico portano a fissare il tempo di ritorno in 50 anni. Di conseguenza verranno assunti i valori dei coefficienti *a* ed *n* calcolati per $T_r$ = 50 anni. Il tempo di corrivazione può essere stimato con la formula di Ventura:

$$t_c = 7.56 \cdot \sqrt{S} \qquad \text{(S in km}^2\text{, t}_c\text{ in ore)}$$

che fornisce un tempo di corrivazione di circa 1 *ora.* Le precipitazioni a cui bisogna quindi fare riferimento sono quelle di durata oraria. La curva che ne risulterà è quindi:

$$h = 71.604\tau^{0.2058}$$

Sulla superficie in questione sono previsti insediamenti semi-intensivi, in parte lasciata a verde. La scelta del coefficiente di deflusso per queste zone è stata effettuata sulla base delle conoscenze litologiche degli strati più superficiali del terreno, nonché in base a quanto stabilito convenzionalmente nell'Allegato A della DGRV 1322 del 10/05/2006 che assume:

| Tipologia superficie | Coeff. di deflusso |
|---|---|
| Aree agricole | 0,1 |
| Aree verdi (sup. permeabili) | 0,2 |
| Superfici semipermeabili | 0,6 |
| Superfici impermeabili | 0,9 |

**Tabella 10: coeff. di deflusso DGRV 1322 del 10/05/2006**

| Comparto | Descrizione | Superficie ($m^2$) | ϕ=Coeff. di deflusso |
|---|---|---|---|
| Superfici impermeabili | Strade, marciapiedi parcheggi non drenanti | 63,34 | 0,9 |
| Superfici semipermeabili | Sup. Parcheggi e Area di manovra drenanti | 502,66 | 0,6 |
| Superfici permeabili | Superficie verde | 372,49 | 0,2 |
| Superfici impermeabili | Sup. Coperta | 592,00 | 0,9 |
| **TOTALE** | | **1.530,49** | **0,63** |

**Tabella 11: Tabella coefficiente di deflusso medio**

**Caratteristiche e funzionamento delle condotte**

I tratti della rete saranno realizzati con tubi in cls prefabbricati. Per condotte di questo tipo si assume un coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler pari a

$$Ks = 75\ m^{1/3}s^{-1}.$$

La rete funziona a pelo libero. Il grado di riempimento ottimale è assunto in fase di progetto pari al 80%.

Il metodo utilizzato per il dimensionamento della rete è il metodo dell'invaso. Questo modello si basa su un funzionamento a moto uniforme, e tratta il riempimento della rete in maniera analoga al funzionamento di un serbatoio.
Innanzitutto occorre correggere i parametri **a** ed **n** per tener conto del fatto che l'intensità media ragguagliata di una precipitazione si riduce all'aumentare dell'area interessata. La correzione viene effettuata mediante le formule empiriche dovute a U. Puppini:

$$a' = a * (1 - 0.052 *(S/100) +0.002*(S/100)^2)$$ da cui risulta **a'= 70,335**

$$n' = n +0.0175*S/100$$ da cui risulta **n'= 0,276**

dove **S** è la superficie del bacino espressa in $hm^2$.

Il tracciato delle condotte segue quello delle strade e, trattandosi di una zona pianeggiante con caratteristiche uniformi, le aree di influenza per ciascun collettore vengono suddivise in base a semplici considerazioni geometriche.

## 7. VERIFICA RETE

### Verifica dei collettori

Per la verifica dei collettori si è utilizzato il metodo dell'invaso usando la formula:

$$u = \left( \frac{K_c}{v_0} \right)^{\frac{(1-n)}{n}} \qquad \left[ l/s, ha^2 \right]$$

dove $v_0$ è l'invaso specifico totale espresso in $m^3 / ha^2$ ed il coefficiente $k_c$ è dato dalla:

$$K_c = \left( \frac{10 \varphi a}{3.6^n \varepsilon} \right)^{\frac{1}{1-n}} x \frac{1}{\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}}$$

il fattore $\varepsilon$ è dato da:

$$\varepsilon = 3.94 - 8.21 xn + 6.23 xn^2$$

Gli altri termini sono:

u = coefficiente udometrico cioè il contributo specifico di piena ($Q_{\max} / S$) espresso in $\left[ l/s, ha^2 \right]$;
n = esponente della curva di possibilità climatica;
a = coefficiente della equazione di possibilità climatica;
$\varphi$ = coefficiente di afflusso medio alla rete;

$V_0$ = volume specifico di invaso inteso come somma del volume specifico dei piccoli invasi $V_{01}$ pari a 40 mc/ha e del volume specifico d'invaso del collettore $V_{02} = D^2 / 4 * \pi * L * \xi$ .
Dove:

D = diametro della condotta;
L = lunghezza della condotta;
$\xi$ = grado di riempimento.

Procedura di calcolo:

Noto il volume invasato nella condotta si provvede a calcolare il coefficiente udometrico u e la portata Q da cui si può poi dedurre, con l'ausilio della tabella allegata alla presente relazione, la combinazione di diametro e grado di riempimento che realizzi tale capacità di portata.

Tramite la formula di *Gauckler-Strickler* $U = k * R^{2/3} * i_f^{1/2}$ si verificherà che nella condotta la velocità sia non inferiore a 0.5 m/s (per evitare eventuali depositi di materiale) e non superiore a 4-5 m/s (per evitare problemi di abrasione del fondo).
Dove:

k = coefficiente di scabrezza della condotta;
R = raggio idraulico;
$i_f$ = pendenza del fondo.

## 8. CALCOLO DEI VOLUMI DA RENDERE DISPONIBILI PER LA LAMINAZIONE

Noto il coefficiente di deflusso e le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica si sono calcolate, per varie durate della precipitazione, le altezze di pioggia efficaci e quindi i volumi di afflusso complessivi relativi alla superficie afferente.
La figura 7 rappresenta i volumi affluiti alla sezione di chiusura della rete di raccolta delle acque meteoriche, la linea blu rappresenta i volumi ottenuti utilizzando curve di possibilità pluviometrica caratterizzate da un tempo di ritorno di 50 anni, la linea rossa invece rappresenta i volumi affluiti per un tempo di ritorno di 5 anni.

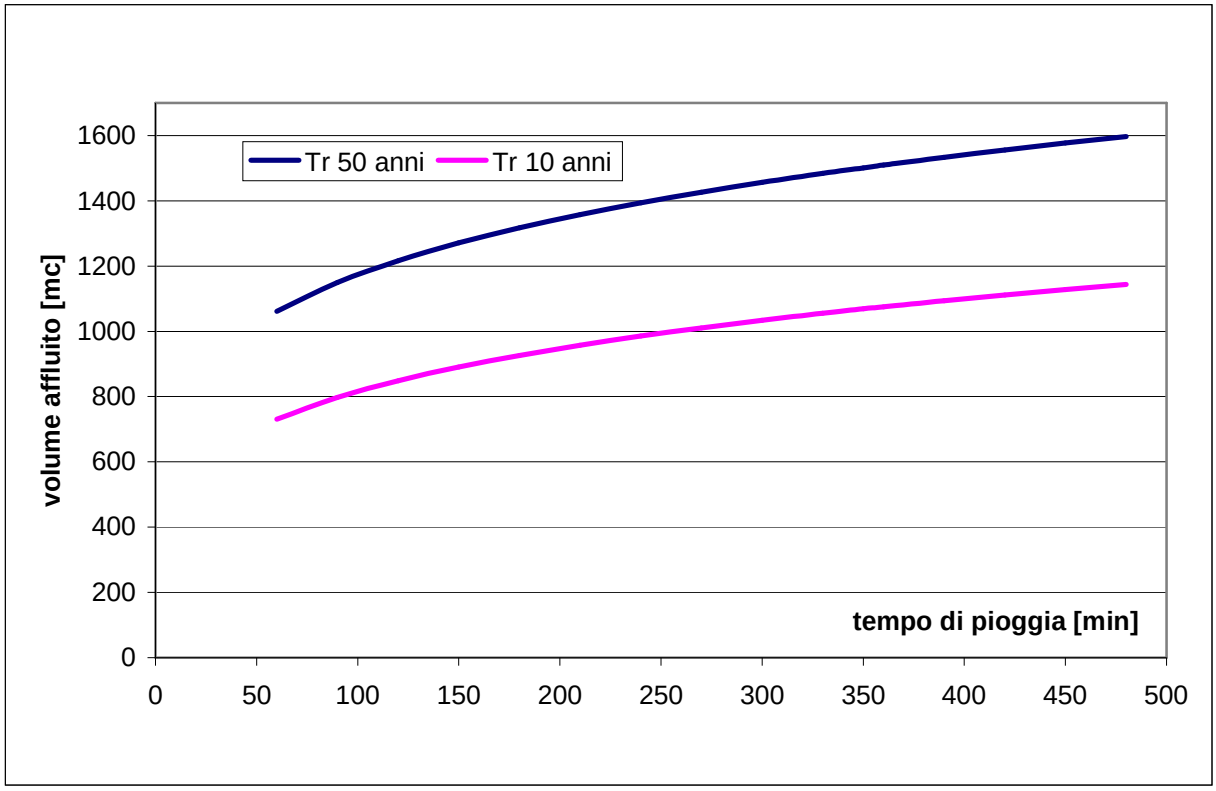



**Figura 7** **Volumi affluiti alla sezione di chiusura della rete di raccolta delle acque meteoriche, per tempi di ritorno di 50 e 10 anni e per durate di pioggia crescenti da 1 a 8 ore.**

Il calcolo dei volumi da rendere disponibili per l'invaso delle maggiori portate generate dalla nuova configurazione di progetto può essere con buona approssimazione condotto come differenza tra i volumi affluiti alla rete (Figura 7) ed i volumi massimi ammessi alla rete idrografica ricettiva.
Considerando accettabile immettere alla rete idrografica una portata non superiore a quella desumibile da un coefficiente udometrico di 10 l/s,ha, si possono calcolare, tramite l'equazione seguente, i massimi volumi di invaso relativi ad una determinata durata $\tau$ della precipitazione:

$$W_i = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \tau^n - Q_u \cdot \tau$$

dove:
- $W_i$ è il volume di invaso;
- $W_e$ è il volume in ingresso;
- $W_u$ è il volume in uscita;
- $S$ è la superficie scolante;
- $\varphi$ è il coefficiente di deflusso medio dell'area;
- $\tau$ è la durata della precipitazione.

La durata critica, ossia la durata per la quale si ha il massimo volume di invaso da rendere disponibile, si ottiene ponendo nulla la derivata prima, in funzione del tempo, dell'equazione sopra riportata.
Si ottiene dunque:

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

e conseguentemente

$$\overline{W}_i = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left( \frac{Q}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_u \cdot \left( \frac{Q_u}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}.$$

L'applicazione di tale metodo, trascurando il processo di trasformazione afflussi deflussi che avviene nel bacino scolante, comporta una sopravalutazione delle portate di piena in ingresso alla rete e conseguentemente dei volumi in invaso.
L'applicazione delle equazioni sopra riportate ha portato ad individuare le seguenti caratteristiche:

- **portata consentita allo scarico Q = 1,50 l/s;**
- **durata critica t = 3,75 ore;**
- **massimo volume di invaso V = 71 mc;**
- **volume specifico di invaso v = 463 mc/ha.**

La tabella seguente riporta il calcolo dei volumi di invaso per diverse durate di precipitazione dei ed evidenzia che il volume massimo d'invaso si ha proprio in corrispondenza della durata sopra richiamata.

**Tabella 12 Tabella riassuntiva dei volumi di invaso in funzione della durata della precipitazione.**

| tp [min] | tp [ore] | h [mm] | Vprec [mc] | Vdefl [mc] | V(Qscar) [mc] | ΔV [mc] | V Spec. [mc/ha] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5,0 | 0,08 | 22,27 | 34,09 | 21,48 | 0,60 | 20,88 | 136,40 |
| 10,0 | 0,17 | 30,35 | 46,45 | 29,26 | 1,20 | 28,06 | 183,37 |
| 100,0 | 1,67 | 81,22 | 124,31 | 78,32 | 12,00 | 66,32 | 433,30 |
| 200,0 | 3,33 | 98,24 | 150,36 | 94,72 | 24,00 | 70,72 | 462,10 |
| 205,0 | 3,42 | 98,91 | 151,38 | 95,37 | 24,60 | 70,77 | 462,39 |
| 210,0 | 3,50 | 99,56 | 152,38 | 96,00 | 25,20 | 70,80 | 462,61 |
| 215,0 | 3,58 | 100,21 | 153,37 | 96,62 | 25,80 | 70,82 | 462,75 |
| 220,0 | 3,67 | 100,84 | 154,34 | 97,23 | 26,40 | 70,83 | 462,82 |
| 225,0 | 3,75 | 101,47 | 155,30 | 97,84 | 27,00 | 70,84 | 462,83 |
| 230,0 | 3,83 | 102,08 | 156,24 | 98,43 | 27,60 | 70,83 | 462,78 |
| 235,0 | 3,92 | 102,69 | 157,16 | 99,01 | 28,20 | 70,81 | 462,67 |
| 240,0 | 4,00 | 103,28 | 158,07 | 99,58 | 28,80 | 70,78 | 462,50 |
| 245,0 | 4,08 | 103,87 | 158,97 | 100,15 | 29,40 | 70,75 | 462,27 |
| 250,0 | 4,17 | 104,44 | 159,85 | 100,71 | 30,00 | 70,71 | 461,99 |
| 255,0 | 4,25 | 105,01 | 160,72 | 101,26 | 30,60 | 70,66 | 461,65 |
| 260,0 | 4,33 | 105,58 | 161,58 | 101,80 | 31,20 | 70,60 | 461,27 |
| 265,0 | 4,42 | 106,13 | 162,43 | 102,33 | 31,80 | 70,53 | 460,83 |
| 270,0 | 4,50 | 106,67 | 163,26 | 102,86 | 32,40 | 70,46 | 460,35 |
| 275,0 | 4,58 | 107,21 | 164,09 | 103,38 | 33,00 | 70,38 | 459,82 |
| 280,0 | 4,67 | 107,74 | 164,90 | 103,89 | 33,60 | 70,29 | 459,25 |
| 285,0 | 4,75 | 108,27 | 165,70 | 104,39 | 34,20 | 70,19 | 458,64 |
| 290,0 | 4,83 | 108,79 | 166,50 | 104,89 | 34,80 | 70,09 | 457,98 |
| 295,0 | 4,92 | 109,30 | 167,28 | 105,39 | 35,40 | 69,99 | 457,28 |
| 300,0 | 5,00 | 109,80 | 168,05 | 105,87 | 36,00 | 69,87 | 456,54 |
| 400,0 | 6,67 | 118,82 | 181,86 | 114,57 | 48,00 | 66,57 | 434,97 |

## Verifica volumi di invaso

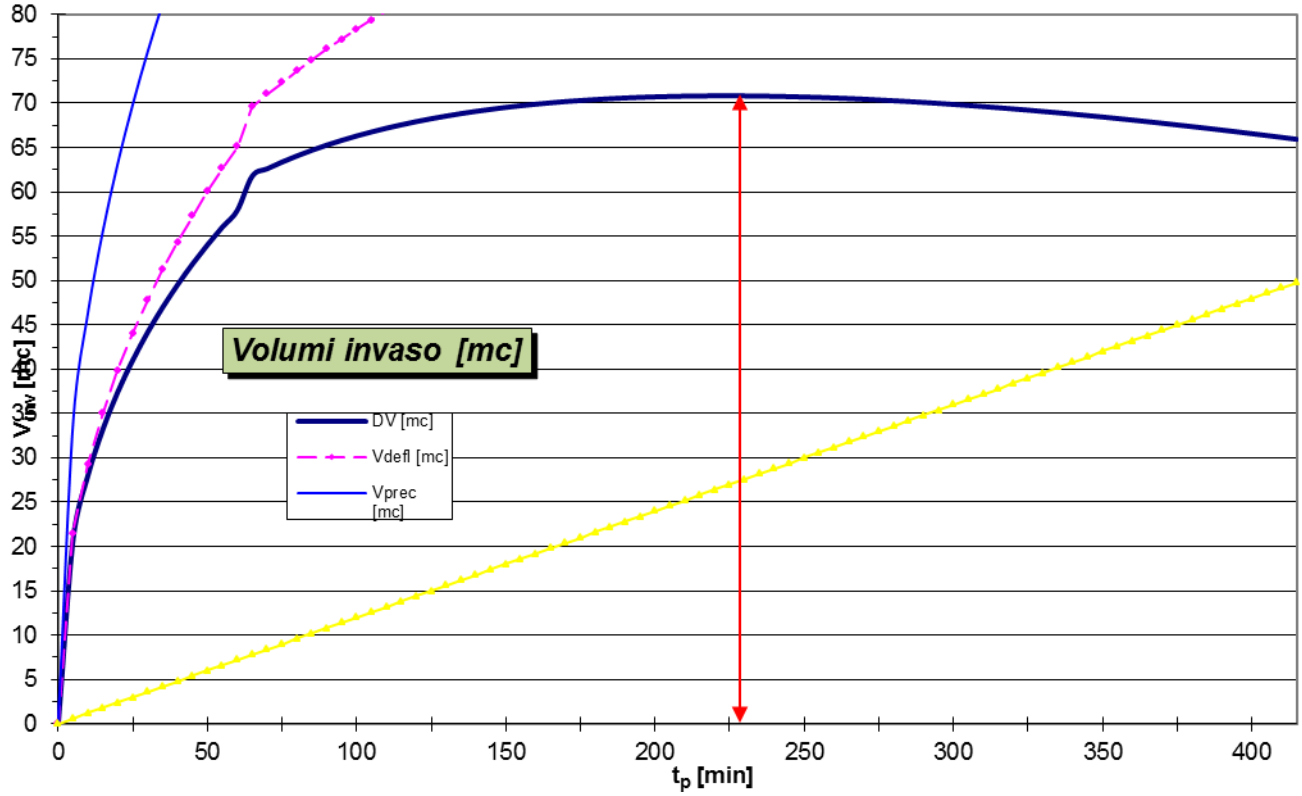
Facendo seguito alle richieste del competente Consorzio di Bonifica Bacchiglione, che nelle sue prescrizioni stabilisce un volume di invaso calcolato per eventi meteorici con tempi di ritorno di almeno 50 anni, si sono eseguite le seguenti verifiche:

Volume di invaso richiesto:

Totale superficie ricadente nel P. d. L. **1.530,49 mq**

Il calcolo dei volumi richiesti per la laminazione può essere condotto, con buona approssimazione, considerando il bilancio tra le portate entranti, ovvero gli afflussi meteorici e la portata uscente identificabile come valore massimo pari a 1,5 l/s.
Il volume massimo da invasare può essere individuato con l'ausilio del grafico riportato nella figura seguente:

**Figure 8: Volume da invasare.**




Il volume utile per la laminazione, come evidenziato dal grafico precedente relativo d un tempo di ritorno di 50 anni e portata scaricata 1,5 l/s, dovrà essere di almeno **71 mc** circa.

Tale volume verrà recuperato attraverso la rete acque meteoriche.

**Volume di invaso effettivo:**

*Volume invaso collettori*

Collettore tratto 1-2

D = 1000 mm
L = 34 m
$V_{eff} = L \times \pi \times D^2 / 4 \cong 26mc$

Collettore tratto 2-3

D = 1000 mm
L = 42 m
$V_{eff} = L \times \pi \times D^2 / 4 \cong 32mc$

Collettore tratto 3-4

D = 1000 mm
L = 24 m
$V_{eff} = L \times \pi \times D^2 / 4 \cong 15mc$

La somma di tutti i contributi in termini di volume dei singoli tratti di condotta è pari a **73 mc** circa.

**Dimensionamento del manufatto di scarico**

Il manufatto di restituzione delle acque meteoriche (Figura 9) alla rete pubblica, verrà dimensionato in maniera tale da laminare la portata scaricata a valori dell'ordine di circa 10 l/s·ha, valore limite imposto dal Consorzio di Bonifica, pari ad una portata allo scarico 1,5 l/s.
A causa dei coefficienti di deflusso propri delle superfici urbanizzate, che trasferiscono in fognatura buona parte degli apporti meteorici, le portate generate durante gli scrosci più intensi risultano assai elevate, e per limitare la portata scaricata è necessario quindi invasare per un certo periodo gli afflussi meteorici all'interno dell'area stesse, laminando il picco di portata.
La variazione delle portate scaricate verrà effettuate per mezzo di una luce calibrata in funzione del tirante presente all'interno del manufatto di scarico.
Il tirante corrispondente al tempo di ritorno di 50 anni, e alla portata in uscita di 1,5 l/s, può essere individuato calcolando il livello corrispondente al grado di riempimento massimo ammesso all'interno della rete di fognatura, che solitamente si mantiene ridotto all'80% dell'altezza o diametro della condotta presso lo scarico.
La modulazione della portata in uscita verrà effettuata per mezzo di un manufatto di scarico provvisto di una luce di fondo dimensionata in modo da restituire, con riferimento al tirante massimo ammesso, la portata concessa.
La portata smaltibile attraverso la luce di fondo è data dalla seguente relazione:

$$q = c_c * A * \sqrt{2 * g * h}$$

Dove:

$c_c$ = coefficiente di contrazione, pari a 0.69;
R = accelerazione di gravità, pari a 9.81;
A = area luce di fondo;
h = carico rispetto all'asse della sezione di scarico.

Ponendo un foro circolare sul fondo la portata scaricata nelle diverse condizioni di invaso risulta dalla seguente:

$$q = 0.69 * \frac{\pi * D^2}{4} * \sqrt{2 * g * (Z - D/2)}$$

dove d è il diametro della luce di fondo circolare e Z la quota di invaso rispetto al fondo.

Ipotizzando di utilizzare delle condotte di diametro di 1,00 m, e quindi un invaso massimo di 1.00 m, la dimensione della luce di fondo tale da scaricare la portata di 1,5.0 l/s risulta di **11 cm** di diametro. Prudenzialmente al di sopra della sezione di modulazione è stato posto un largo sfioratore per limitare al massimo la possibilità di mandare in pressione la rete di fognatura, il cui funzionamento sarà comunque limitato agli eventi con tempo di ritorno superiore a 50 anni.

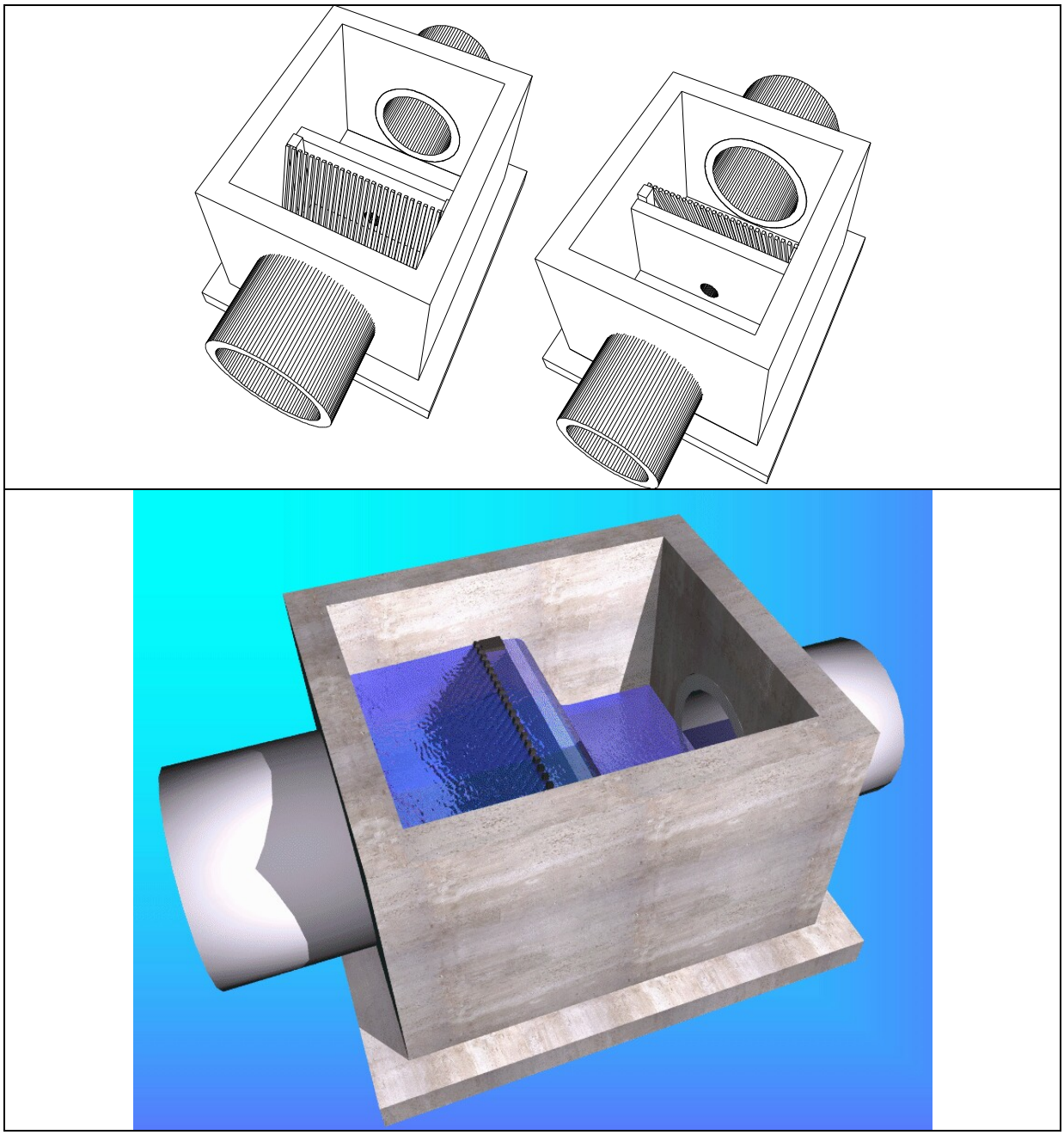


Figura 9: Manufatto di regolazione della portata.

## 9. CONCLUSIONI

Per praticità d'intervento è indispensabile che le immissioni avvengano sempre all'interno di pozzetti ispezionabili, evitando l'immissione diretta nella tubazione principale, che potrebbe anche ridurne la resistenza meccanica. Dal punto di vista idraulico sono da preferire i pozzetti innestati direttamente in condotta per la minore perdita di carico.
**Essendo il volume di laminazione dimensionato in base alla superficie e in base alle caratteristiche dell'area, al fine di non pregiudicare la sicurezza idraulica, non saranno ammesse immissioni dall'esterno dell'area, che potrebbero rendere insufficienti i volumi d'invaso predisposti. Eventuali nuovi allacci provenienti dall'esterno del perimetro d'intervento saranno ammessi solo predisponendo ulteriori volumi d'invaso, che andranno determinati previo studio idraulico e adeguando le dimensioni della luce di fondo di cui è costituito il manufatto di regolazione della portata. Anche l'eventuale variazione di destinazione d'uso dell'area andrà valutata dal punto di vista idraulico per via del possibile incremento dei volumi di laminazione necessari.**
Andrà infine previsto nel piano di manutenzione delle opere, l'ispezione, la verifica ed eventualmente la pulizia del manufatto di regolazione della portata con cadenza almeno annuale, per assicurare che non vi siano ostruzioni al deflusso, così da garantire nel tempo la piena efficienza delle opere.

**Manutenzione**

Al fine di avere un funzionamento ottimale di tutto il sistema, particolare importanza trova predisporre un piano di manutenzione della rete, nel quale gli interventi più significativi, divisi per scadenze di lavoro, sono di seguito indicati:

- SCADENZA ANNUALE
  - Pulizia caditoie e bocche di lupo;
  - Pulizia dei canali di gronda e delle griglie di protezione all'inizio dei pluviali;
  - Ispezione del pozzetto di laminazione della portata per accertarne lo stato di conservazione.

- SCADENZA QUINQUENNALE
  - Ispezione delle condotte per accertare eventuali anomalie quali rotture, ostruzioni, depositi di detriti;
  - Pulizia delle condotte con mezzi meccanici, dotati di sistemi tipo canal-jet;
  - Pulizia condotta fossi stradali tombinati mediante sistemi tipo canal-jet.

**Il tecnico**