



# REGIONE DEL VENETO

GIUNTA REGIONALE  
SEGRETERIA REGIONALE ALLE INFRASTRUTTURE E MOBILITA'  
DIREZIONE INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO



## VENETO STRADE S.P.A.



### OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
ING. GABRIELLA MANGINELLI

IL PROGETTISTA  
ING. ALESSANDRO ZAGO

IL COORDINATORE TECNICO  
ED AMMINISTRATIVO  
DOTT. ENRICO VESCOVO

VALIDATO  
ING. ALESSANDRO ZAGO

APPROVATO  
ING. GABRIELLA MANGINELLI

DATA VALIDAZIONE

DATA APPROVAZIONE

OPERE DI COMPLETAMENTO DEL "TERRAGLIO EST" TRA VIA  
ALTA IN COMUNE DI CASIER E LA TANGENZIALE DI TREVISO IN  
COMUNE DI TREVISO

PROGETTO DEFINITIVO

INTERVENTO N.  
CPass/3\_int. 31 - II° STRALCIO

ELABORATO

006R\_REL\_IDR

RELAZIONE IDRAULICA

DATA EMISSIONE  
31/03/2020

SCALA

NOME FILE  
20004RI006D0\_REL\_IDR

0 31/03/2020

Prima stesura per CDS

REV. DATA DESCRIZIONE DELLA MODIFICA

CONSULENZE SPECIALISTICHE - SERVICE DI PROGETTO :

PROGETTAZIONE STRADALE  
COMPUTAZIONE - PRIME  
INDICAZIONI SICUREZZA

PROGETTAZIONE E CALCOLO  
STRUTTURALE  
COMPUTAZIONE STRUTTURE

PROGETTAZIONE IDRAULICA  
AMBIENTALE, IMPIANTISTICA  
ANALISI CHIMICHE TERRENI

RELAZIONE E  
PLANIMETRIE MODELLO  
GEOLOGICO LOCALE

DIEGO GALIAZZO  
INGEGNERIA  
via De Regner, 13  
35128 - Padova (PD)

C&T  
ENGINEERING S.r.l.  
via Veneto, 13  
31057 - Silea (TV)

IDEVA  
INGEGNERIA  
viale Udine, 42  
30026 - Portogruaro (VE)

Dott. Geologo  
NICCOLO' IANDELLI  
via Verona, 12  
31045 - Motta di Livenza (TV)

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>ANALISI IDROLOGICA .....</b>	<b>3</b>
2.1	GENERALITA' .....	3
2.2	ASPETTI IDROGRAFICI .....	3
2.3	ASPETTI IDROLOGICI .....	5
2.3.1	<i>VOLUMI IDROLOGICI DI PROGETTO .....</i>	<i>8</i>
<b>3</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI DRENAGGIO .....</b>	<b>14</b>
3.1	FOSSI DI GUARDIA, TUBAZIONI E SCATOLARI .....	14
3.1.1	<i>CRITERI DI DIMENSIONAMENTO E PROGETTAZIONE.....</i>	<i>14</i>
3.1.2	<i>VERIFICHE DELLA RETE .....</i>	<i>15</i>
3.2	OPERE DI CAPTAZIONE RICORRENTI .....	36
3.2.1	<i>EMBRICI .....</i>	<i>36</i>
3.2.2	<i>CADITOIE .....</i>	<i>37</i>
3.2.3	<i>BOCCHIE DI LUPO .....</i>	<i>39</i>
3.3	DRENAGGIO DEI SOTTOPASSI STRADALI.....	43
3.3.1	<i>SOTTOPASSO DI VIA SANT'ANTONINO.....</i>	<i>43</i>
3.3.2	<i>SOTTOPASSO AGRICOLO DI VIA FUIN.....</i>	<i>44</i>

# 1 PREMESSA

La presente relazione si inserisce nell'ambito della progettazione definitiva dell'arteria stradale denominata "Terraglio est", nel tratto tra l'intersezione di via delle Industrie con via Alta, in Comune di Casier, fino al collegamento con la SR 53 Postumia in corrispondenza dell'intersezione a livelli sfalsati della tangenziale di Treviso.

L'opera, in parte già realizzata, è stata originariamente prevista nell'ambito del complesso degli interventi inseriti nel protocollo d'intesa, sottoscritto tra le parti, in qualità di Opera complementare al Passante di Mestre. Ad oggi, del Terraglio Est ne è stata realizzata solo una prima parte la quale si estende dalla S.P. 39 "Casalese" (e per esteso dal casello autostradale di Preganziol) verso Nord fino a raggiungere l'incrocio con Via Alta. Inoltre nel tratto più a nord è stata realizzata la rotatoria con via Peschiere mentre l'area dell'intersezione con via della Liberazione è predisposta per la realizzazione di una rotatoria con caratteristiche analoghe alle precedenti. Il tratto già realizzato presenta sezione stradale con larghezza minima di 9,00 m ed è affiancato da una pista ciclabile separata da un'aiuola di 1,50 m e, in alcuni tratti, da un cordolo invalicabile di 50 cm.

Il progetto prevede quindi di completare il tratto mancante a nord della Zona Industriale di Casier, ed adeguare e riqualificare quello esistente fino all'intersezione con Via Alta. Nello specifico il presente progetto può essere suddiviso in due distinti tratti di viabilità, di seguito brevemente descritti:

- 1) Il primo tratto, attualmente mancante ed oggetto di nuova realizzazione, si sviluppa per una estesa complessiva di circa 1.600 m. Dalla uscita della Tangenziale di Treviso, in Viale L. Pasteur, il tracciato prosegue verso sud, in un contesto prevalentemente agricolo, fino all'innesto con l'arteria esistente denominata Viale delle Industrie. Il progetto prevede la realizzazione di due sottopassi, uno in corrispondenza dell'intersezione con l'esistente Via Sant'Antonino, ed uno agricolo, per garantire il transito dei mezzi lungo la capezzagna di collegamento tra Via Fuin e Via Stretta. Dato il contesto in cui il nuovo tracciato è inserito, si prevedono attraversamenti di scoli e capofossi, tra cui il maggiore per importanza è il Rio Fuin;
- 2) Il secondo tratto, oggetto di riqualifica, si sviluppa per una estesa complessiva di circa 1.700 m, lungo l'esistente Viale delle Industrie, fino all'intersezione con Via Alta a sud, in attraversamento alle rotatorie con Viale della Liberazione e con Via Peschiere.

Alla luce di quanto sopra esposto, nella presente relazione sono trattati ed approfonditi gli aspetti idrologici e idraulici che caratterizzano l'opera ed i manufatti di progetto. In particolare vengono sviluppati i seguenti temi principali:

- analisi idrologica dell'ambito di intervento;
- dimensionamento e verifica della raccolta e smaltimento delle acque di piattaforma stradale, in relazione anche alle misure di compensazione ai fini dell'invarianza idraulica degli interventi;
- dimensionamento del drenaggio e smaltimento delle acque dei sottopassi stradali.

## **2 ANALISI IDROLOGICA**

### **2.1 GENERALITA'**

Nel presente paragrafo saranno illustrati i criteri generali utilizzati per il dimensionamento e per la progettazione delle opere idrauliche complementari alla nuova arteria stradale "Terraglio est". La realizzazione di una nuova strada su sedime attualmente agricolo, l'inserimento di sottopassi lungo il tracciato in progetto e la riqualificazione della viabilità esistente, con l'introduzione di elementi quali piste ciclabili e banchine, comportano la necessità di progettare, unitamente alla rete stradale, anche la rete di sottoservizi con funzione di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche.

La progettazione della nuova rete dovrà quindi rispondere, nello specifico, a due esigenze, una prettamente idrologica, ed una di carattere idraulico.

Per quanto riguarda la prima, l'intervento in oggetto consiste principalmente in una estesa asfaltatura di terreni attualmente agricoli. Dal punto di vista idrologico, ciò comporta, allo stato di progetto, una più rapida e gravosa risposta del sistema, quando esso è sollecitato da un determinato evento meteorico. Le maggiori portate che il bacino produce, quindi, dovranno essere raccolte dalla nuova rete idraulica, che dovrà garantire l'invaso dei volumi in eccesso.

Dal punto di vista idraulico, invece, la nuova rete di smaltimento acque meteoriche sarà inserita nella esistente rete di canalizzazioni e tubazioni. Con essa, quindi, dovrà contribuire al regolare deflusso delle acque raccolte dalla piattaforma, rilasciandole in modo controllato ai corpi idrici ricettori ed evitando l'insorgere di criticità idrauliche quali allagamenti localizzati ed insufficienze della rete esistente.

A tali scopi il progetto prevede la realizzazione di fossi di guardia, tubazioni, bacini di lagunaggio in collegamento con manufatti accessori particolari e puntuali, quali caditoie, pozzetti, embrici ed impianti di sollevamento.

Nello specifico, nei contesti attualmente urbanizzati oggetto di riqualifica e già provvisti di una rete di sottoservizi (costituita da manufatti interrati o da canalizzazioni a cielo aperto), sia in corrispondenza di attraversamenti trasversali al tracciato in progetto sia in attraversamento ad arterie viabili esistenti, saranno posati nuovi scatolari e tubazioni, al fine di assicurare continuità idraulica all'esistente rete di smaltimento acque meteoriche. Nei tratti di tracciato di nuova realizzazione, invece, collocati in contesti prevalentemente agricoli, saranno scavati nuovi fossi di guardia laterali alla banchina.

Particolare importanza assumono anche le interferenze con la rete idraulica esistente. In corrispondenza dell'attraversamento con Via Sant'Antonino, dove è prevista la realizzazione di un nuovo sottopasso, sono presenti due linee: quella di acque bianche, e quella di acque nere in arrivo da nord ovest e destinate all'impianto di depurazione di Via C. Pavese in gestione al servizio A.T.S. Alto Trevigiano Servizi.

### **2.2 ASPETTI IDROGRAFICI**

La nuova viabilità si sviluppa nella provincia di Treviso, tra i comuni di Casier e Treviso. Tale porzione di territorio è caratterizzata da una doppia pendenza: una principale orientata da ovest verso est, ed una secondaria da nord a sud, tipica degli scoli minori e dei collettori secondari, che costituiscono i primi elementi di drenaggio del bacino.

Come si evince dalla Figura 1, il territorio oggetto di intervento appartiene al bacino tributario direttamente scolante nel Fiume Sile. In generale, però, tale bacino recapita le acque in alcuni collettori di bonifica secondari, come lo Scolo Fuin, nella parte settentrionale dell'intervento, evidenziando comunque un certo disordine idraulico in cui è difficile riconoscere una direzione di deflusso principale.

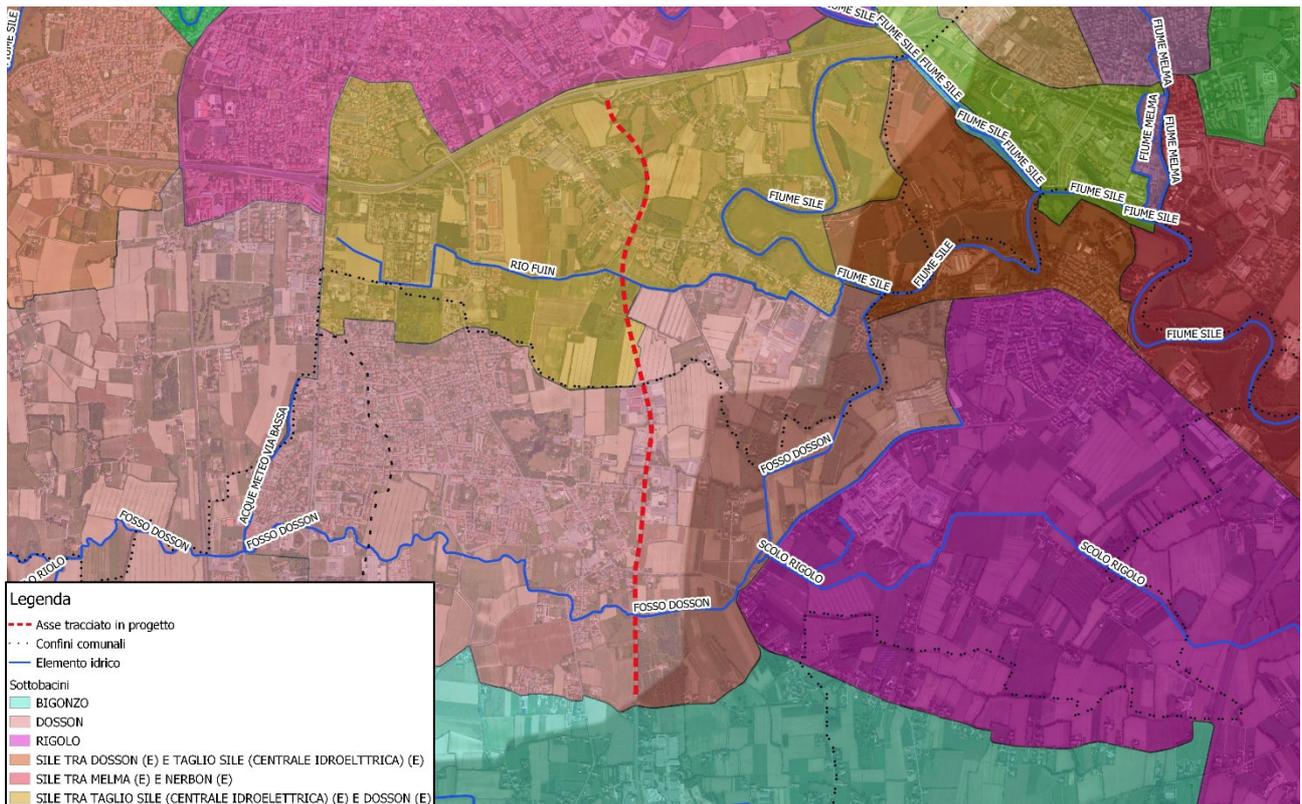


Figura 1: Carta idrografica del territorio tra i comuni di Treviso e Casier: in rosso l'asse del tracciato della nuova arteria stradale "Terraglio Est"

Dal punto di vista del Rischio idraulico si richiama lo Studio di Impatto Ambientale, S.I.A., elaborato nell'Aprile 2009 relativo le Opere Complementari al Passante di Mestre (Opera n.31 – Terraglio Est). Dall'estratto della "Carta delle aree a rischio idraulico", si evince che l'area oggetto di intervento non ricade in perimetrazioni a pericolosità idraulica.

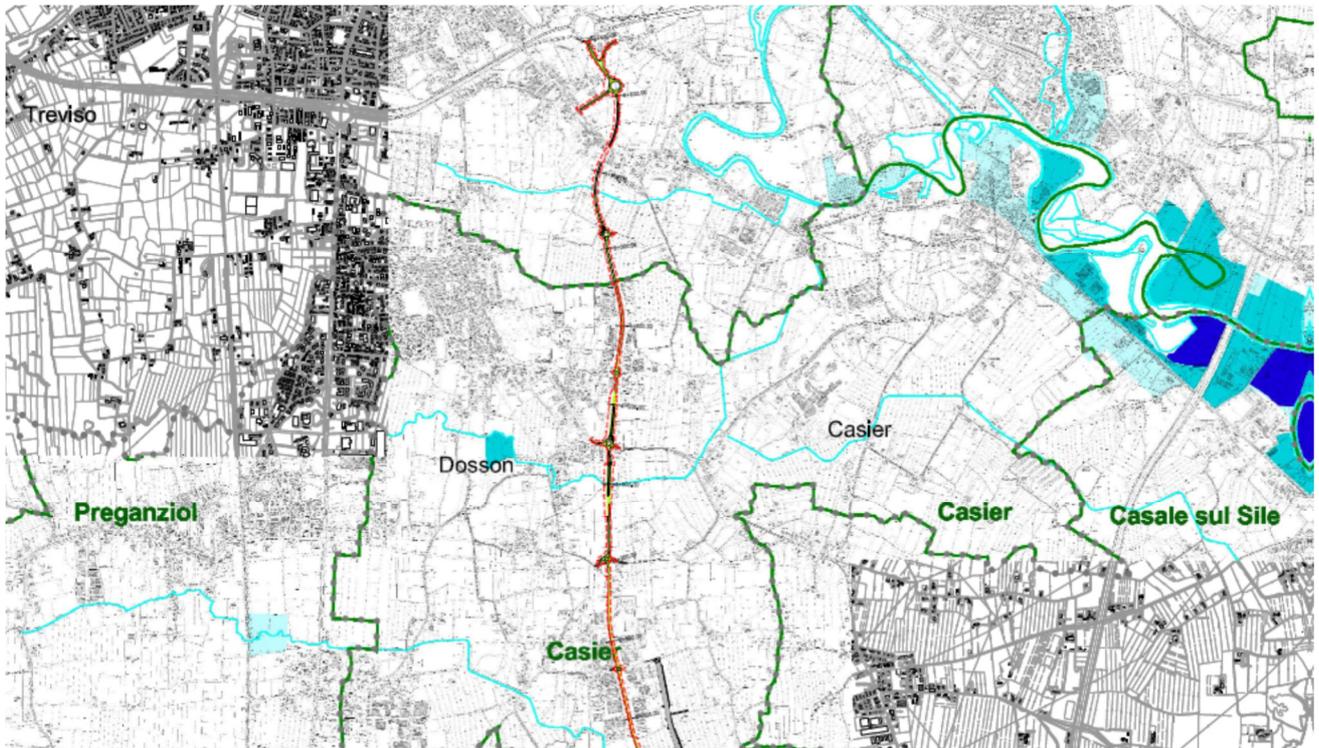


Figura 2: Estratto della "Carta delle aree a rischio idraulico". S.I.A. Aprile 2009.

L'ambito di intervento ricade, per la parte settentrionale del comune di Treviso, nel Comprensorio di Bonifica del Fiume Piave, mentre, per quella meridionale del Comune di Casier, nel Comprensorio di Bonifica Acque Risorgive.

### 2.3 ASPETTI IDROLOGICI

L'intervento in oggetto, caratterizzato principalmente da una estesa asfaltatura di terreni agricoli, comporta un significativo aumento del grado di impermeabilizzazione del territorio, che si traduce in una più rapida e gravosa risposta idrologica del sistema. I maggiori volumi e portate prodotti dal bacino, nel rispetto di quanto indicato nella D.G.R. 2948 del 06/10/2009, dovranno quindi essere intercettati dalla rete di drenaggio di progetto, e convogliate nei corpi idrici ricettori senza creare condizioni di allagamento, ristagno o insufficienza della rete esistente. Per il calcolo dei volumi di progetto utili ai fini del dimensionamento della rete, sono state utilizzate le indicazioni del "Commissario Delegato per l'Emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 settembre 2007 che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto".

In riferimento a quanto riportato dalle "Linee Guida per la Valutazione della Compatibilità Idraulica", per il calcolo dell'altezza della precipitazione, sono state utilizzate le curve di possibilità pluviometrica a tre parametri. L'altezza di precipitazione è data dalla seguente relazione:

$$h = \frac{at}{(b + t)^c}$$

dove  $a$ ,  $b$  e  $c$  sono i tre parametri della curva, funzione del tempo di ritorno considerato,  $t$  è la durata dell'evento meteorico (espressa in minuti) ed  $h$  è l'altezza di pioggia in mm.

Si riportano di seguito i parametri delle curve di possibilità pluviometrica per la Zona Costiera, cui appartiene il Comune di Casier, e la Zona Nord Orientale, cui invece appartiene il Comune di Treviso, in funzione del tempo di ritorno dell'evento meteorico.

In funzione della durata dell'evento, sono state poi ricavate le altezze di pioggia per le due Zone analizzate.

Tabella 1: Parametri delle curve di possibilità pluviometrica per la Zona Costiera e per la Zona Nord Orientale

Zona Costiera Lagunare			
Tr [anni]	a [mm/min <sup>c</sup> ]	b [min]	c [-]
2	20.3	12	0.821
5	27.2	13.5	0.820
10	31.4	14.4	0.816
20	35.2	15.3	0.809
30	37.2	15.8	0.805
50	39.7	16.4	0.800
100	42.8	17.3	0.791
200	45.6	18.2	0.783

Zona Nord Orientale			
Tr [anni]	a [mm/min <sup>c</sup> ]	b [min]	c [-]
2	17.6	8.7	0.819
5	23.1	9.8	0.816
10	26.5	10.4	0.81
20	29.4	10.9	0.802
30	30.9	11.3	0.797
50	32.7	11.6	0.79
100	34.9	12.2	0.781
200	36.9	12.7	0.771

		Tr [anni]							
		2	5	10	20	30	50	100	200
tp [h]	tp [min]	h [mm]							
0.25	15	20.34	26.16	29.84	33.43	35.35	37.79	41.09	44.06
0.50	30	28.31	36.99	42.64	48.29	51.37	55.30	60.78	65.81
0.75	45	33.05	43.52	50.44	57.47	61.34	66.29	73.32	79.84
1.00	60	36.37	48.12	55.96	64.03	68.48	74.21	82.42	90.10
3.00	180	48.77	65.28	76.67	88.85	95.70	104.60	117.83	130.50
6.00	360	56.67	76.14	89.82	104.75	113.24	124.33	141.12	157.37
12.00	720	65.02	87.55	103.67	121.59	131.87	145.36	166.14	186.43

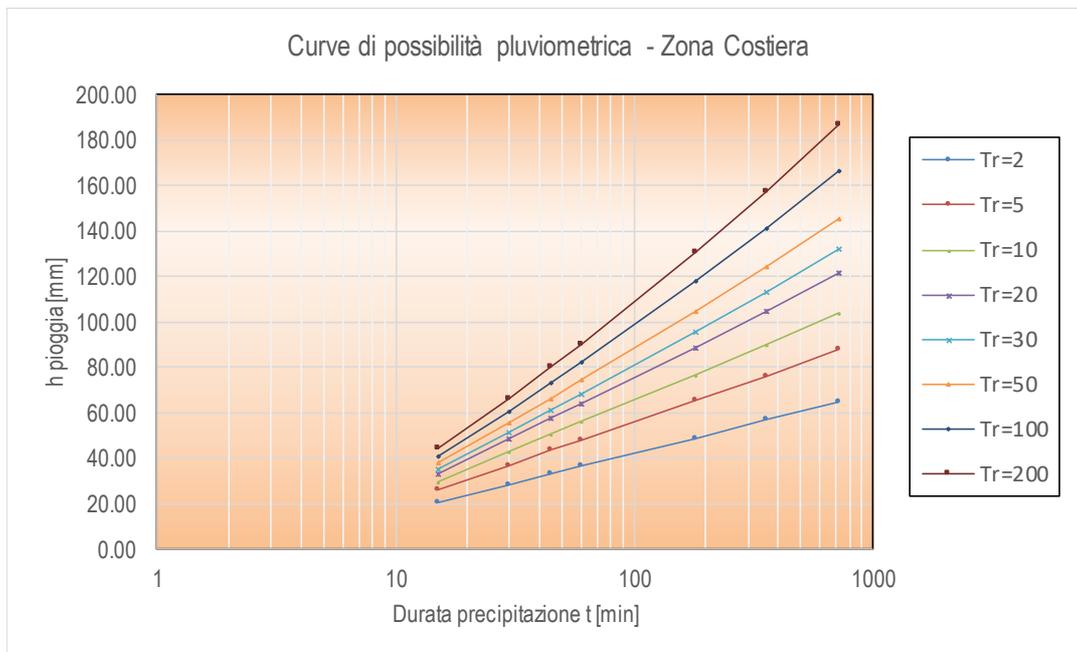


Figura 3: Zona Costiera: curva di possibilità pluviometrica in funzione della durata di pioggia e del tempo di ritorno

		Tr [anni]							
		2	5	10	20	30	50	100	200
tp [h]	tp [min]	h [mm]							
0.25	15	19.76	25.22	28.93	32.43	34.23	36.73	39.68	42.75
0.50	30	26.44	34.29	39.74	44.96	47.77	51.59	56.31	61.25
0.75	45	30.33	39.63	46.15	52.50	55.98	60.68	66.61	72.84
1.00	60	33.05	43.37	50.68	57.85	61.83	67.19	74.04	81.27
3.00	180	43.34	57.52	67.92	78.42	84.47	92.62	103.39	114.99
6.00	360	50.09	66.75	79.24	92.07	99.58	109.77	123.41	138.30
12.00	720	57.33	76.66	91.43	106.87	116.04	128.56	145.51	164.25

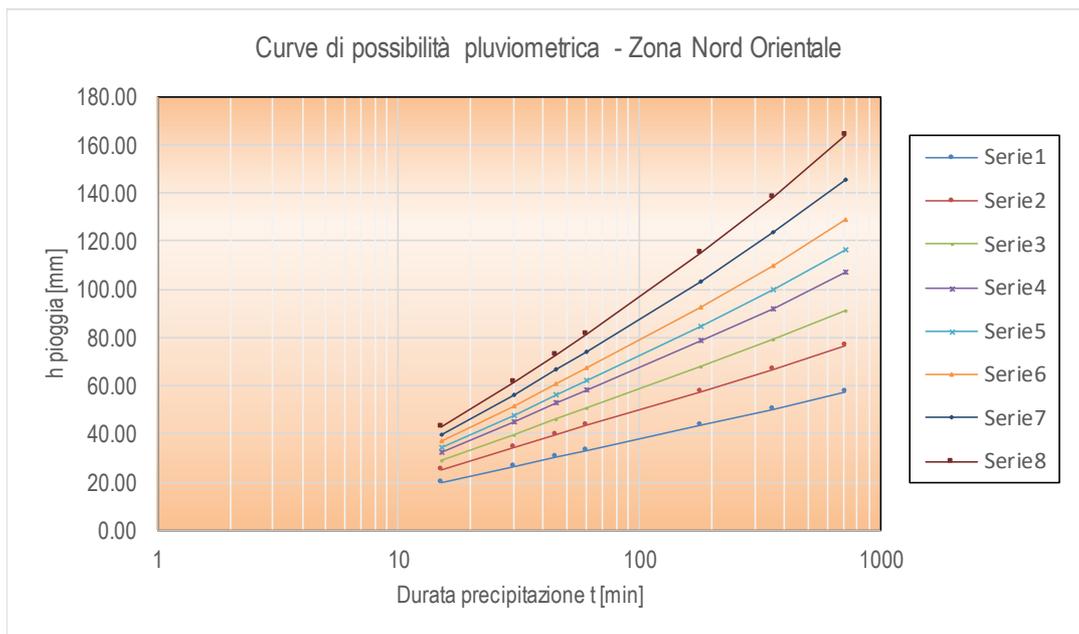


Figura 4: Zona Nord Orientale: curva di possibilità pluviometrica in funzione della durata di pioggia e del tempo di ritorno

Come si può osservare dai valori tabellati e dai grafici sopra riportati, i valori maggiori delle altezze precipitative, si manifestano con i parametri della Zona Costiera. Da ciò è derivata quindi, la scelta cautelativa di assegnare all'intero progetto tali parametri per il calcolo dei volumi: si è ritenuto, infatti, poco significativo procedere ad una differenziazione delle due zone a fronte di maggiori oneri computazionali senza peraltro ottenere miglioramenti nei risultati.

Prendendo in considerazione un tempo di ritorno di progetto pari a Tr 50 anni, come previsto dalla normativa, la curva di possibilità pluviometrica presa in considerazione assume quindi la seguente forma:

$$h = \frac{39.7t}{(t + 16.4)^{0.8}}$$

Assegnata la durata dell'evento, l'altezza di pioggia è quindi immediatamente ricavata.

### 2.3.1 VOLUMI IDROLOGICI DI PROGETTO

Per il calcolo dei volumi di deflusso che dovranno essere garantiti nei fossati di guardia e nelle tubazioni in progetto, sono stati applicati i metodi cinematico e dell'invaso. La differente natura concettuale, su cui i due metodi si fondano, porta ad ottenere risultati talvolta differenti ma comunque, nel complesso, confrontabili. Entrambi i metodi permettono di definire le portate e quindi i volumi, che defluiscono nelle varie sezioni della rete idraulica, una volta assegnate la precipitazione di riferimento e definite le caratteristiche geometriche e naturali del bacino.

Nei successivi paragrafi sono brevemente riportati i concetti fondamentali su cui i due principi si fondano.

#### 2.3.1.1 Metodo cinematico

Il valore della portata media efficace, essendo  $t_c$  il ritardo di corrivazione (pari alla durata della fase di esaurimento della piena) è dato dalla:

$$\bar{Q} = 278\phi S \frac{h}{(\tau + \tau_c)} \quad \text{Equazione 1}$$

dove:

$Q$  è la portata di piena [ $m^3/s$ ];

$S$  è la superficie del bacino [ $km^2$ ];

$\tau$  è la durata della precipitazione [h];

$h$  è l'altezza della precipitazione [m];

$\phi$  è il coefficiente medio di deflusso del bacino;

$\tau_c$  è il tempo di corrivazione, parametro chiave quando si fa riferimento a metodi analitici di tipo semplificato, definito come il tempo impiegato dalla particella d'acqua idraulicamente più lontana a percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura [h].

Le ipotesi su cui si basa il metodo sono le seguenti:

1. Intensità di precipitazione  $j = h/\tau$  costante nel tempo e nello spazio;
2. Con riferimento allo schema della Figura 5. si assume nullo il tempo impiegato dalla generica particella d'acqua presente in una qualsiasi sezione del canale a raggiungere quella di chiusura. Schematizzando il bacino come una superficie rettangolare inclinata, l'idrogramma di piena ha forma trapezia, con fasi di crescita e decrescita di durata pari al tempo di pioggia  $\tau'$ . Con il modello adottato, la portata massima si ha per  $\tau = \tau_c$ , cioè per una precipitazione di durata uguale al tempo di corrivazione, che produce la forma trapezia isoscele dell'idrogramma di piena.

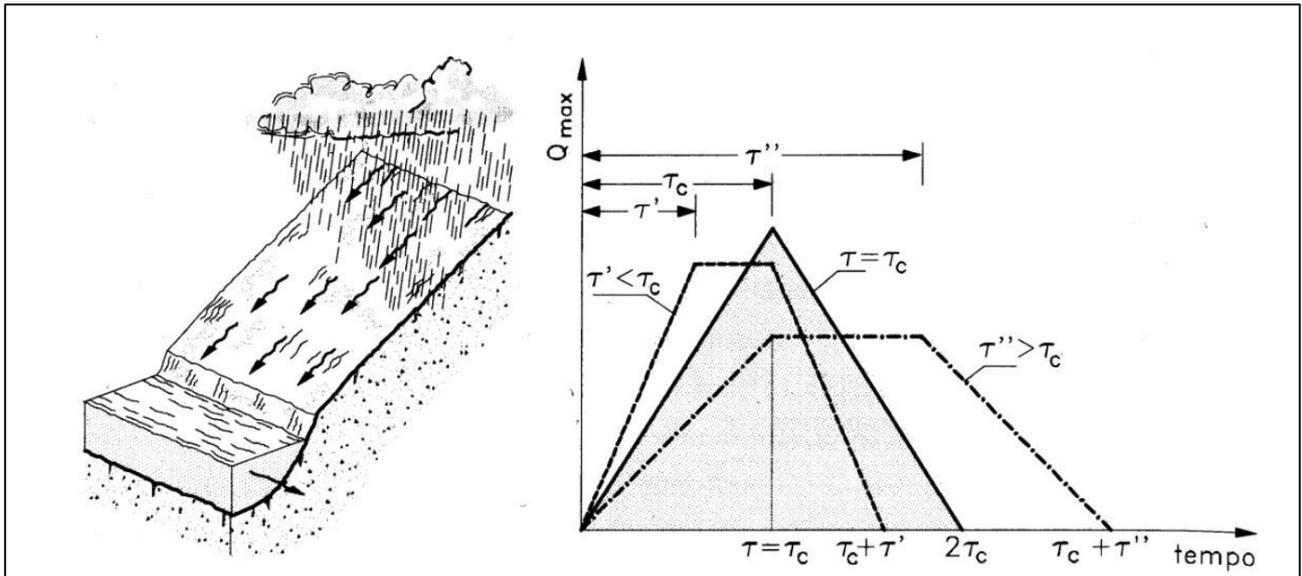


Figura 5: Metodo cinematico: schema del bacino e idrogramma di piena per differenti durate di precipitazione

Il tempo di corrvazione  $\tau_c$ , può essere determinato facendo riferimento al percorso idraulico più lungo della rete di drenaggio fino alla sezione di chiusura considerata. Per determinare tale durata si può fare riferimento alla somma

$$\tau_c = \tau_a + \tau_r$$

dove  $\tau_a$  è il tempo di accesso alla rete relativo al sottobacino drenato dalla condotta, ovvero il tempo che impiega la particella d'acqua per raggiungere il punto di captazione ed immissione in rete, mentre  $\tau_r$  è il tempo di residenza nella rete, ottenuto dal rapporto tra la lunghezza del collettore e la velocità della particella in esso.

### 2.3.1.2 Metodo dell'invaso

Il metodo dell'invaso tratta il problema del moto ario in modo semplificato, assegnando ad esso l'equazione del moto uniforme ed assumendo l'equazione dei serbatoi per simulare concettualmente l'effetto di invaso.

Le ipotesi su cui si basa il metodo sono le seguenti:

1. Applicazione dell'equazione di continuità (bilancio di massa tra quanto piove, quanto si immagazzina nella rete e quanto defluisce verso valle) per descrivere il processo di riempimento e vuotamento della rete;
2. Equazione del moto approssimata all'equazione del moto uniforme;
3. Uguaglianza tra durata dell'evento precipitativo e tempo di riempimento della rete (evento di crisi del sistema).

Partendo dalle ipotesi di base avanzate, il processo fisico è descritto dal seguente sistema, in cui compare, alla prima riga, l'equazione dei serbatoi, e alla seconda l'equazione del moto uniforme:

$$\begin{cases} p dt = Q dt + dV \\ Q = A k_s R_h^{2/3} \sqrt{i} = c A^\alpha \end{cases}$$

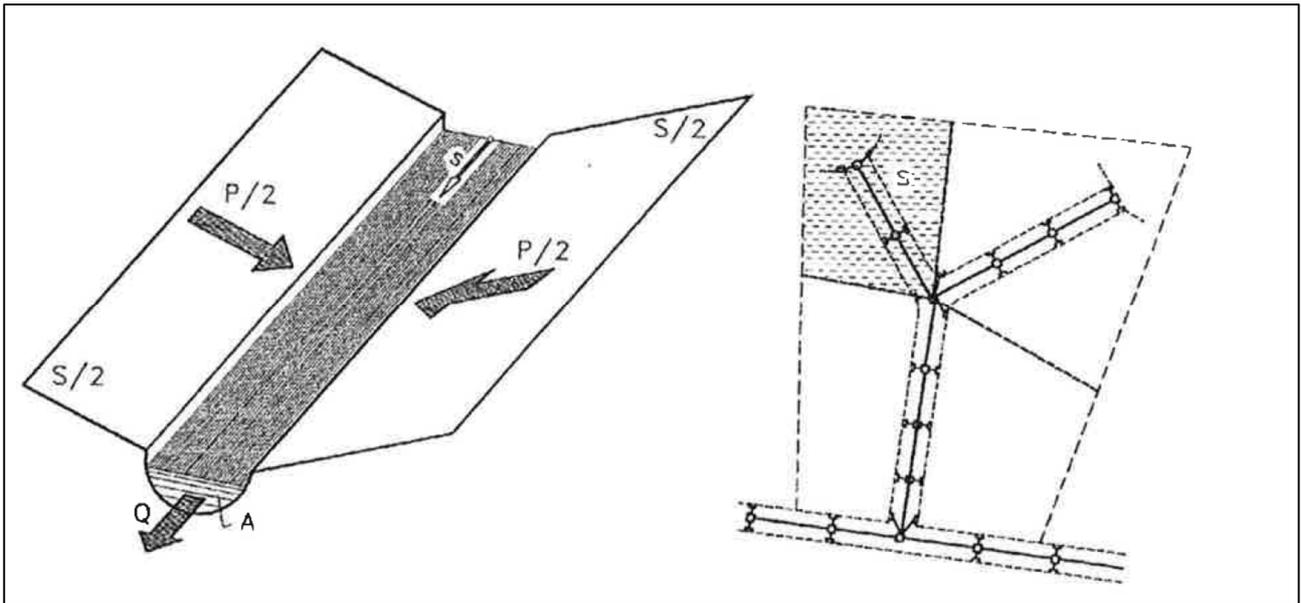


Figura 6: Metodo dell'invaso: schema per il calcolo delle portate

Si osserva che nell'equazione del moto la portata in transito alla sezione di chiusura è funzione della sezione liquida, secondo una legge che dipende dalla geometria della rete. Assegnata infatti una qualsiasi sezione geometrica per il collettore in esame, esiste una relazione che lega in modo univoco l'area bagnata ed il perimetro, e che permette di scrivere la formula delle portate in funzione del parametro  $\alpha$ , il quale rappresenta il cosiddetto coefficiente di forma. il parametro  $\alpha$  assume valore unitario per collettori chiusi (ad esempio tubazioni circolari) e valori maggiori di 1 invece, per collettori aperti (fossati). Ciò permette di definire il rapporto tra la portata generica  $Q$  e la massima portata  $Q_0$  che la rete può condurre:

$$\frac{Q}{Q_0} = \left(\frac{A}{A_0}\right)^\alpha = \left(\frac{V}{V_0}\right)^\alpha$$

In forma differenziale, essa può scriversi

$$\frac{\partial V}{\partial t} = \frac{\partial V}{\partial Q} \frac{\partial Q}{\partial t}$$

e rappresenta il legame tra volume immagazzinato nella rete in ogni istante temporale e la portata in uscita dal sistema. Inserita nell'equazione dei serbatoi, diventa:

$$p - Q = \frac{V_0 Q^{(1-\alpha)/\alpha}}{\alpha Q_0^{1/\alpha}} \frac{\partial Q}{\partial t}$$

Poiché è necessario determinare il tempo di riempimento della rete, introducendo il parametro  $z$  come il rapporto tra la portata in uscita  $Q$  e la pioggia efficace in ingresso al sistema  $p$ , si ottiene l'equazione differenziale in  $t$ :

$$\partial t = \frac{V_0 p^{(1-\alpha)/\alpha}}{\alpha Q_0^{1/\alpha}} \frac{z^{(1-\alpha)/\alpha}}{(1-z)} \partial z$$

Ricordando che  $V_0$  rappresenta il massimo volume contenibile in rete e  $Q_0$  la massima portata fluente, integrando tra  $t=0$  e  $t=tr$  (tempo di riempimento della rete), si ottiene l'espressione del tempo di riempimento:

$$\int_0^{tr} \partial t = \frac{V_0 p^{(1-\alpha)/\alpha}}{\alpha Q_0^{1/\alpha}} \int_0^z \frac{z^{(1-\alpha)/\alpha}}{(1-z)} \partial z \quad \text{Equazione 2}$$

Per integrare l'Equazione 2 ed ottenere un'equazione esplicita del tempo di riempimento della rete, è resa possibile dal richiamo ad alcuni concetti della matematica analitica qui di seguito riportati. Ricordando la soluzione della serie

$$\sum_{k=0}^{\infty} z^k = \frac{1}{1-z}$$

Moltiplicando ambo i termini per  $z^{(1-\alpha)/\alpha}$

Si ha che

$$\sum_{k=0}^{\infty} z^k z^{(1-\alpha)/\alpha} = \frac{z^{(1-\alpha)/\alpha}}{1-z}$$

L'Equazione 2 può essere scritta come

$$\int_0^{tr} \partial t = \frac{V_0 p^{(1-\alpha)/\alpha}}{\alpha Q_0^{1/\alpha}} \sum_{k=0}^{\infty} z^k z^{(1-\alpha)/\alpha} \partial z \rightarrow = \frac{V_0 p^{(1-\alpha)/\alpha}}{\alpha Q_0^{1/\alpha}} \sum_{k=0}^{\infty} z^{k+(1-\alpha)/\alpha}$$

La soluzione dell'integrale è quindi la seguente:

$$tr - 0 = \frac{V_0 p^{(1-\alpha)/\alpha}}{\alpha Q_0^{1/\alpha}} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{z^{\frac{1-\alpha+k\alpha}{\alpha} + 1}}{\frac{1-\alpha+k\alpha}{\alpha} + 1} - 0$$

$$tr = \frac{V_0 p^{(1-\alpha)/\alpha}}{Q_0^{1/\alpha}} z^{1/\alpha} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{z^k}{1+k\alpha}$$

Che per semplicità, ponendo

$$\sum_{k=0}^{\infty} \frac{z^k}{1+k\alpha} = \xi(z)$$

Diventa

$$tr = \frac{V_0}{p} \xi(z) \quad \text{Equazione 3}$$

Il tempo di riempimento della rete così ottenuto deve ora essere eguagliato alla durata dell'evento meteorico. La portata efficace  $p$  prodotta da un bacino ed espressa con la relazione tri-parametrica dell'altezza di pioggia  $h$  (Paragrafo 2.3), è la seguente:

$$p = \varphi S j = \varphi S \frac{a}{(b + \tau)^c}$$

Che, esplicitata in funzione del tempo di pioggia  $t$ , fornisce la seguente

$$\tau = \left( \frac{a\phi Sz}{Q} \right)^{1/c} - b \quad \text{Equazione 4}$$

L'invaso necessario per sopportare l'evento più gravoso è quello che si determina imponendo la durata di riempimento del sistema (la durata critica) con il tempo di pioggia, ovvero ponendo

$$\tau = tr$$

e quindi osservando in luogo della generica portata  $Q$ , la portata massima  $Q_0$  alla sezione di chiusura. Mettendo a sistema l'Equazione 3 e l'Equazione 4 si ha:

$$\left( \frac{a\phi Sz}{Q_0} \right)^{1/c} - b = \frac{V_0}{p} \xi(z)$$

$$Q_0 = \frac{a\phi Sz}{\left( \frac{V_0}{p} \xi(z) + b \right)^c}$$

Il dato viene per comodità espresso in termini della portata  $Q_0$  e del volume  $V_0$  vengono espressi per unità di superficie:

$$u = \frac{Q_0}{S} = \frac{a\phi Sz}{\left( \frac{v_0}{u} z \xi(z) + b \right)^c}$$

$$u = (v_0 z \xi(z) + bu)^{\frac{1}{1-c}} (a\phi z)^{\frac{1}{1-c}}$$

Con riferimento ai volumi di laminazione, la grandezza da determinare è il volume specifico  $v_0$ , da realizzare per garantire che la portata in uscita sia pari al coefficiente udometrico  $u_0$  imposto dal principio di invarianza. Pertanto la relazione, espressa in funzione di  $v_0$  diventa:

$$v_0 = \frac{\left[ u^{\frac{c-1}{c}} (a\phi z)^{\frac{1}{c}} \right] - bu}{z \xi(z)} \quad \text{Equazione 5}$$

Assegnati i parametri della curva di possibilità pluviometrica ( $a$ ,  $b$  e  $c$ ), il grado di impermeabilizzazione del terreno,  $\phi$ , l'Equazione 5 consente di stimare il volume di vaso specifico necessario perché il sistema scarichi al massimo la portata corrispondente al coefficiente udometrico imposto  $u$ . Il *Consorzio di Bonifica Acque Risorgive* ha messo quindi a disposizione un foglio di calcolo excel, tabelle e grafici tramite i quali ottenere in modo univoco il valore del volume specifico  $v_0$ ; questo, moltiplicato per la superficie di intervento  $S$ , fornisce il volume  $V$  da assegnare per l'invarianza della trasformazione.

### 2.3.1.3 Approccio di calcolo

Confrontando i due metodi si possono complessivamente trarre le seguenti conclusioni:

1. L'errore sulla stima del coefficiente udometrico commesso con il metodo cinematico è sempre minore dell'errore commesso per il metodo dell'invaso, principalmente a causa di una errata stima del volume specifico  $v_0$ , la cui determinazione non è priva di incertezze;
2. L'errore sulla stima del tempo di corrivazione  $\tau c$  si riduce al crescere della superficie scolante considerata, ovvero al crescere dello sviluppo del collettore. Essendo infatti quest'ultimo ottenuto come somma del tempo di residenza in rete  $\tau r$  (rapporto tra la lunghezza del collettore considerato e la velocità del fluido che ad esso compete) e del tempo di accesso alla rete,  $\tau a$ , l'incertezza è limitata solo alla stima di quest'ultimo parametro, la cui importanza decresce al crescere dello sviluppo di percorso considerato.

Per il presente progetto, in fase iniziale di calcolo del volume richiesto per l'invarianza della trasformazione, sono stati applicati entrambi i metodi sopra citati, ottenendo risultati comparabili tra loro ma comunque differenti. In particolare, i volumi maggiori sono stati ottenuti con l'applicazione del metodo cinematico.

Per questo motivo, e per le conclusioni sopra dedotte, il dimensionamento dei collettori, siano essi chiusi (tubazioni o scatolari) o aperti (fossati di guardia), è stato eseguito applicando il più cautelativo e preciso metodo cinematico, con lo scopo di garantire il ripristino dei volumi prodotti da precipitazioni di durata pari a 12 ore.

A titolo esemplificativo, nella tabella sottostante si riporta, per un tratto della rete in progetto, il confronto tra i volumi idrologici ottenuti con i due metodi, per durate di 6 e 12 ore.

*Tabella 2: Confronto dei volumi ricavati con il metodo cinematico e con il metodo dell'invaso per un bacino campione di un tratto del tracciato in progetto*

Durata precipitazione		h	S	f	V <sub>CINEMATICO</sub>	V <sub>0 INVASO</sub>	V <sub>INVASO</sub>
[h]	[min]	[mm]	[ha]	[-]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> /ha]	[m <sup>3</sup> ]
6	360	124.32925	0.12	54.2%	<b>79.68</b>	564	<b>66.72</b>
12	720	145.35567			<b>93.15</b>		

### 3 DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI DRENAGGIO

#### 3.1 FOSSI DI GUARDIA, TUBAZIONI E SCATOLARI

Si espongono di seguito i criteri adottati per il dimensionamento delle opere idrauliche in linea, ovvero fossati di guardia e tubazioni. Con essi saranno riportate anche le verifiche della capacità di invaso e smaltimento nel rispetto dei principi dell'invarianza idraulica e dello smaltimento regolare delle portate ordinarie in arrivo, prodotte per eventi con tempo di ritorno  $T_r$  pari a 50 anni.

##### 3.1.1 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO E PROGETTAZIONE

A partire dai volumi calcolati come al precedente paragrafo, è stato possibile definire le caratteristiche geometriche di fossati di guardia, tubazioni e scatolari, nel rispetto dei principi di invarianza idraulica, come indicato nel D.G.R.2948 del 06/10/2009.

Per quanto riguarda i fossati, scelta la classica sezione trasversale trapezia, e noto il loro sviluppo planimetrico, sono stati assegnati e calcolati i seguenti parametri geometrici:

- $b$  = larghezza base inferiore [m];
- $S_s$  e  $S_d$  = inclinazione della scarpata destra e sinistra delle sponde, pari alla cotangente dell'angolo al piede (ovvero l'inverso della pendenza) [m/m];
- $H$  = altezza media del fossato [m];
- $f$  = franco di sicurezza, pari a 0,40 m;
- $H_u = H - f$  = altezza utile del fossato [m];
- $A_u$  = area trasversale utile media [m<sup>2</sup>];
- $V_u$  = volume utile medio [m<sup>3</sup>].

Ciascun fossato è stato quindi dimensionato affinché il Volume utile medio risultasse superiore a quello minimo richiesto per l'invarianza.

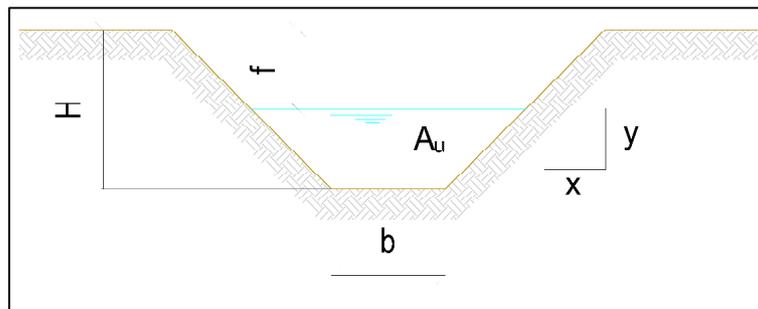


Figura 7: Parametri geometrici utilizzati nel dimensionamento dei fossati di guardia

In modo analogo, per tubazioni circolari e per gli scatolari, fissato un grado di riempimento massimo, dato dal rapporto rispettivamente di  $y/D$  e  $y/h$  del 70%, sono stati assegnati e calcolati i seguenti parametri geometrici

- $D$  = diametro interno [m] (per tubazioni circolari);
- $B$  = base interna [m] (per scatolari);
- $h$  = altezza interna [m] (per scatolari);
- $A_u$  = Area trasversale utile [m<sup>2</sup>];
- $V_u$  = volume utile [m<sup>3</sup>].

Ciascun collettore chiuso è stato quindi dimensionato affinché il Volume utile risultasse superiore a quello minimo richiesto per l'invarianza.

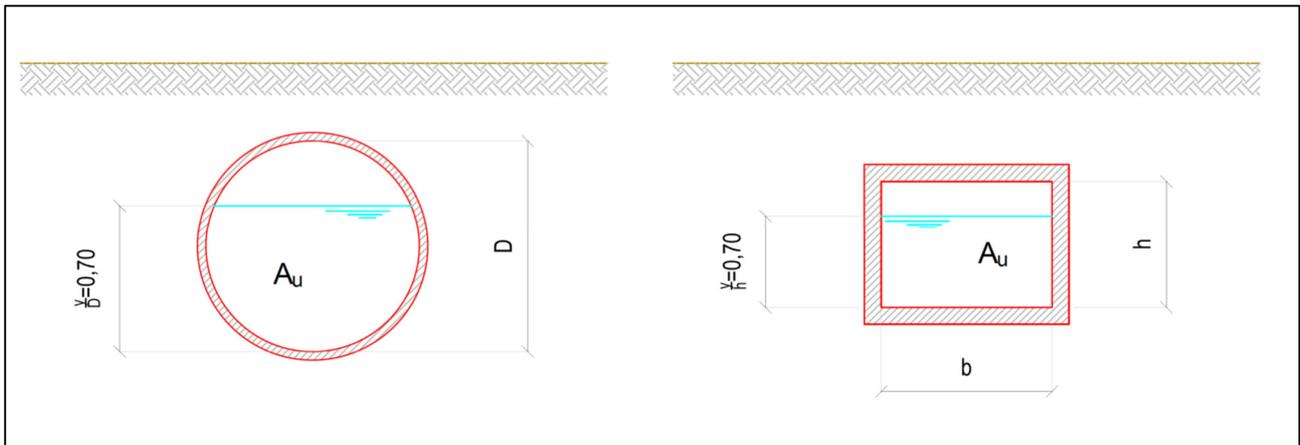


Figura 8: Parametri geometrici utilizzati nel dimensionamento della tubazioni e degli scatoari

Nel tratto oggetto di riqualifica, il principio di invarianza idraulica è stato adottato per la sola porzione di tracciato oggetto di allargamento della sede stradale, per la quale è previsto l'arretramento verso campagna dei fossati di guardia o un eventuale rizezionamento.

Per la Zona Industriale dove, allo stato attuale, tratti tombati si alternano a brevi tratti a cielo aperto, è stata prevista la posa di tubazioni o scatoari a chiusura dei fossati col principio di garantire non solo la continuità idraulica della rete, ma anche il ripristino dei volumi persi. A tal proposito, il calcolo dei volumi da ripristinare nei nuovi tombinamenti è stato eseguito calcolando l'area utile del fossato da chiudere, al netto di un franco di sicurezza di 40 cm dal ciglio più depresso della carreggiata.

### 3.1.2 VERIFICHE DELLA RETE

Si riportano nel seguito gli esiti delle verifiche sui tombinamenti e fossati di guardia in progetto. Per i Codici identificativi e le sezioni trasversali medie si rimanda agli elaborati grafici "20004DI202-208DOPLA-IDR Planimetria idraulica di dettaglio". Per semplicità di trattazione, la verifica è stata suddivisa in 4 tratti:

1. Tratto in riqualificazione: da Rotatoria Viale delle Industrie – Via Alta a Ponte su Fosso Dosson;
2. Tratto in riqualificazione: da Ponte su Fosso Dosson a fine tratto oggetto di riqualifica;
3. Tratto di nuova realizzazione: da fine tratto oggetto di riqualifica a rampa sud Sottopasso Via Sant'Antonino;
4. Tratto di nuova realizzazione: da rampa nord Sottopasso Via Sant'Antonino a Rotatoria con SR 53 – Tangenziale di Treviso.

3.1.2.1 *Tratto in riqualificazione: da Rotatoria Viale delle Industrie – Via Alta a Ponte su Fosso Dosson*

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
E-01	114.50	0.001	1.05	0.40	0.65	0.75	1.00	0.91	104.20	82.57
E-02										

**TRATTO: E-06 / E-07**

**SEZIONE: circolare D = 0.6m**

**ks = 65**

ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	Grado di riempimento max y/Dmax [l/s]	Verifica	Volume [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico [m <sup>3</sup> ]
E-02	25.00	6.00	0.003	0.060	222.76	0.70	sì	1.27	1.31
E-03									

**FOSSO: FG-E-01b TRATTO: E-03 / E-04**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
E-03	231.50	0.001	1.15	0.40	0.75	0.75	1.00	1.13	260.44	169.39
E-04										

**TRATTO: E-04 / E-05**

**SEZIONE: circolare D = 0.6m**

**ks = 65**

ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	Grado di riempimento max y/Dmax [l/s]	Verifica	Volume [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico [m <sup>3</sup> ]
E-04	55.37	6.00	0.003	0.060	222.76	0.70	sì	1.27	1.31
E-05									

**FOSSO: FG-E-01c TRATTO: E-05 / E-06**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
E-05	55.00	0.001	1.15	0.40	0.75	0.75	1.00	1.13	61.88	57.08
E-06										

**TRATTO: E-06 / E-07**

**SEZIONE: circolare**

**D = 0.6m**

**ks = 65**

ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	y/Dmax [l/s]	Grado di riempimento max	Verifica	Volume [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico [m <sup>3</sup> ]
E-06	64.34	6.00	0.003	0.060	222.76	0.70		sì	1.27	1.31
E-07										

**FOSSO: FG-O-01a TRATTO: O-01 / O-02**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
O-01	319.50	0.001	1.20	0.40	0.80	0.75	1.50	1.56	498.42	390.02
O-02										

**TRATTO: O-02 / O-03**

**SEZIONE: circolare**

**D = 0.8m**

**ks = 65**

ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	y/Dmax [l/s]	Grado di riempimento max	Verifica	Volume [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico [m <sup>3</sup> ]
O-02	96.84	6.00	0.003	0.065	500.33	0.70		sì	2.25	1.96
O-03										

**FOSSO: FG-O-01b TRATTO: O-03 / O-04**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
O-01	119.00	0.001	1.20	0.40	0.80	0.75	1.50	1.56	185.64	151.71
O-02										

**TRATTO: O-04 / O-05**

**SEZIONE: circolare D = 0.8m**

**ks = 65**

ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	Grado di riempimento max y/Dmax [l/s]	Verifica	Volume [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico [m <sup>3</sup> ]
O-04	127.14	6.00	0.003	0.065	500.33	0.70	sì	2.25	1.96
O-05									

Il volume idrologico complessivo è pari a 858,62 m<sup>3</sup>, quello ripristinato per l'invarianza della trasformazione è pari a 1118,88 m<sup>3</sup>.

Tabella 3: Verifica dell'invarianza della trasformazione

Verifica invarianza della trasformazione	Volume ripristinato tot V <sub>RIP,TOT</sub> [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico tot V <sub>IDR,TOT</sub> [m <sup>3</sup> ]
sì	1118.88	858.62

## 3.1.2.2 Tratto in riqualificazione: da Ponte su Fosso Dosson a fine tratto oggetto di riqualifica

TRATTO: O-07 / O-06		SEZIONE: circolare				D = 1m		ks = 65	
ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	Grado di riempimento max y/Dmax [l/s]	Verifica	Volume [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico [m <sup>3</sup> ]
O-07	470.89	6.00	0.001	0.080	484.60	0.70	sì	3.52	0.65
O-06									

FOSSO: FG-O-02a TRATTO: O-08 / O-07		SEZIONE: circolare		B = 1.6m		H = 1m		ks = 65		
ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
O-08	105.00	0.001	1.40	0.40	1.00	0.75	1.50	2.25	236.25	201.01
O-07										

TRATTO: O-11 / O-08		SEZIONE: scatolare				B = 1.6m		H = 1m		ks = 65	
ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	Grado di riempimento max y/Dmax [l/s]	Verifica	Volume [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico [m <sup>3</sup> ]		
O-11	463.07	115.00	0.001	0.150	1079.04	0.70	sì	128.80	72.61		
O-08											

TRATTO: O-13 / O-12		SEZIONE: scatolare				B = 1.6m		H = 1m		ks = 65	
ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	Grado di riempimento max y/Dmax [l/s]	Verifica	Volume [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico [m <sup>3</sup> ]		
O-13	466.43	19.00	0.001	0.150	1079.04	0.70	sì	21.28	85.03		
O-12											

TRATTO: E-09 / E-08		SEZIONE: circolare				D = 0.8m		ks = 65	
ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	Grado di riempimento max y/Dmax [l/s]	Verifica	Volume [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico [m <sup>3</sup> ]
E-09	83.67	24.00	0.001	0.065	288.87	0.70	sì	9.02	5.23
E-08									

FOSSO: FG-E-02 TRATTO: E-10 / E-09										
ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
E-10	134.50	0.001	1.05	0.40	0.65	0.75	1.00	0.91	122.40	108.24
E-09										

TRATTO: E-11 / E-10		SEZIONE: circolare				D = 1.2m		ks = 65	
ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	Grado di riempimento max y/Dmax [l/s]	Verifica	Volume [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico [m <sup>3</sup> ]
E-11	71.11	60.00	0.001	0.080	816.64	0.70	sì	50.74	43.82
E-10									

TRATTO: E-13 / E-11		SEZIONE: circolare				D = 0.8m		ks = 65	
ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	Grado di riempimento max y/Dmax [l/s]	Verifica	Volume [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico [m <sup>3</sup> ]
E-13	64.00	30.60	0.001	0.065	288.87	0.70	sì	11.50	88.63
E-11									

**FOSSO: FG-O-03a TRATTO: O-14 / O-13**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
O-14	132.00	0.001	1.35	0.40	0.95	0.75	1.50	2.07	272.75	243.86
O-13										

**TRATTO: O-15 / O-14**

**SEZIONE: circolare**

**D = 1.2m**

**ks = 65**

ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	Grado di riempimento max y/Dmax [l/s]	Verifica	Volume [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico [m <sup>3</sup> ]
O-15	434.46	15.00	0.001	0.080	816.64	0.70	sì	12.68	1.31
O-14									

**FOSSO: FG-O-03b TRATTO: O-17 / O-15**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
O-17	105.50	0.001	1.25	0.40	0.85	0.75	1.50	1.72	181.59	146.26
O-15										

**TRATTO: O-19 / O-17**

**SEZIONE: scatolare**

**B = 1.6m**

**H = 1m**

**ks = 65**

ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	Grado di riempimento max y/Dmax [l/s]	Verifica	Volume [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico [m <sup>3</sup> ]
O-19	219.84	126.50	0.001	0.150	1079.04	0.70	sì	141.68	139.00
O-17									

TRATTO: O-22 / O-19		SEZIONE: scatolare				B = 2m	H = 1.25m	ks = 65		
ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	Grado di riempimento max y/Dmax [l/s]	Verifica	Volume ripristinato [m <sup>3</sup> ]	Volume perso nei fossati di guardia [m <sup>3</sup> ]	
O-22	199.22	150.00	0.001	0.180	2080.62	0.70	sì	322.00	272.20	
O-19										

TRATTO: E-28 / O-22		SEZIONE: circolare				D = 1m	ks = 65		
ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	Grado di riempimento max y/Dmax [l/s]	Verifica	Volume ripristinato [m <sup>3</sup> ]	Volume perso nei fossati di guardia [m <sup>3</sup> ]
O-22	139.28	280.00	0.003	0.080	839.36	0.70	sì	56.96	21.83
E-28									

TRATTO: O-30 / E-29		SEZIONE: circolare				D = 1m	ks = 65		
ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	Grado di riempimento max y/Dmax [l/s]	Verifica	Volume ripristinato [m <sup>3</sup> ]	Volume perso nei fossati di guardia [m <sup>3</sup> ]
E-29	47.25	135.00	0.003	0.080	839.36	0.70	sì	79.28	0.00
E-30									

FOSSO: FG-E-03a TRATTO: E-14 / E-13										
ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
E-14	157.50	0.001	1.20	0.40	0.80	1.00	1.00	1.44	226.80	201.31
E-13										

<b>TRATTO: E-15 / E-14</b>		<b>SEZIONE: circolare</b>				<b>D = 0.4m</b>		<b>ks = 65</b>	
ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	Grado di riempimento max y/Dmax [l/s]	Verifica	Volume [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico [m <sup>3</sup> ]
E-15	24.29	6.00	0.001	0.045	39.76	0.70	sì	0.56	0.65
E-14									

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
E-16	100.00	0.001	1.05	0.40	0.65	0.75	1.00	0.91	91.00	78.75
E-15										

<b>TRATTO: E-19 / O-16</b>		<b>SEZIONE: scatolare</b>				<b>B = 1.6m H = 1m</b>		<b>ks = 65</b>	
ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	Grado di riempimento max y/Dmax [l/s]	Verifica	Volume [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico [m <sup>3</sup> ]
E-19	216.78	151.00	0.001	0.150	1079.04	0.70	sì	169.12	139.00
O-16									

<b>TRATTO: E-23 / E-19</b>		<b>SEZIONE: scatolare</b>				<b>B = 2m H = 1.25m</b>		<b>ks = 65</b>	
ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	Grado di riempimento max y/Dmax [l/s]	Verifica	Volume ripristinato [m <sup>3</sup> ]	Volume perso nei fossati di guardia [m <sup>3</sup> ]
E-23	199.22	150.00	0.001	0.180	2080.62	0.70	sì	341.25	275.18
E-19									

TRATTO: E-28 / E-23		SEZIONE: circolare					D = 1m		ks = 65	
ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	Grado di riempimento max y/Dmax [l/s]	Verifica	Volume ripristinato [m <sup>3</sup> ]	Volume perso nei fossati di guardia [m <sup>3</sup> ]	
E-23	139.28	280.00	0.003	0.080	839.36	0.70	sì	160.90	154.44	
E-28										

TRATTO: E-29 / E-28		SEZIONE: circolare					D = 1m		ks = 65	
ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	Grado di riempimento max y/Dmax [l/s]	Verifica	Volume ripristinato [m <sup>3</sup> ]	Volume perso nei fossati di guardia [m <sup>3</sup> ]	
E-28	125.74	49.00	0.003	0.080	839.36	0.70	sì	28.77	0.00	
E-29										

TRATTO: E-31 / E-29		SEZIONE: circolare					D = 1m		ks = 65	
ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	Grado di riempimento max y/Dmax [l/s]	Verifica	Volume ripristinato [m <sup>3</sup> ]	Volume perso nei fossati di guardia [m <sup>3</sup> ]	
E-29	47.68	123.00	0.003	0.080	839.36	0.70	sì	72.23	0.00	
E-31										

Il volume idrologico complessivo è pari a 1451,30 m<sup>3</sup>, mentre quello perso nei fossati tombati è pari a 723,63 m<sup>3</sup>, infine, quello ripristinato per l'invarianza della trasformazione è pari a 2556,21 m<sup>3</sup>.

Tabella 4: Verifica dell'invarianza della trasformazione

Verifica invarianza della trasformazione	sì
Volume ripristinato tot VRIP,TOT [m <sup>3</sup> ]	2560.80
Volume fossati tombati VPERSO,TOT [m <sup>3</sup> ]	723.63
Volume idrologico tot VIDR,TOT [m <sup>3</sup> ]	1551.76

3.1.2.3 *Tratto di nuova realizzazione: da fine tratto oggetto di riqualifica a rampa sud Sottopasso Via Sant'Antonino*

TRATTO: E-33 / E-32		SEZIONE: circolare					D = 0.6m		ks = 65	
ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	Grado di riempimento max y/Dmax [l/s]	Verifica	Volume [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico [m <sup>3</sup> ]	
E-33	44.43	6.00	0.002	0.060	157.52	0.70	sì	1.27	0.92	
E-32										

**FOSSO: FG-E-04a TRATTO: E-34 / E-33**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
E-34	160.00	0.001	1.10	0.40	0.70	0.50	1.50	1.09	173.60	153.73
E-33										

**FOSSO: FG-E-04b TRATTO: E-34 / E-35**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
E-34	160.00	0.001	1.10	0.40	0.70	0.50	1.50	1.09	173.60	153.73
E-35										

**TRATTO: O-32 / O-31**

TRATTO: O-32 / O-31		SEZIONE: circolare					D = 0.6m		ks = 65	
ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	Grado di riempimento max y/Dmax [l/s]	Verifica	Volume [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico [m <sup>3</sup> ]	
O-32	85.03	6.00	0.002	0.060	157.52	0.70	sì	1.27	0.92	
O-31										

**FOSSO: FG-O-04a TRATTO: O-33 / O-32**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
O-33	170.00	0.001	1.40	0.40	1.00	0.50	1.50	2.00	340.00	285.50
O-32										

**FOSSO: FG-O-04b TRATTO: O-33 / O-34**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
O-33	170.00	0.001	1.40	0.40	1.00	0.50	1.50	2.00	340.00	285.50
O-34										

**FOSSO: FG-E-05a TRATTO: E-37 / E-36**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
E-37	104.00	0.001	1.10	0.40	0.70	0.50	1.50	1.09	112.84	85.52
E-36										

**FOSSO: FG-E-05b TRATTO: E-37 / E-38**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
E-37	104.00	0.001	1.10	0.40	0.70	0.50	1.50	1.09	112.84	85.52
E-38										

<b>TRATTO: E-38 / E-39</b>		<b>SEZIONE: circolare</b>				<b>D = 0.5m</b>		<b>ks = 65</b>	
ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	Grado di riempimento max y/Dmax [l/s]	Verifica	Volume [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico [m <sup>3</sup> ]
E-38	26.43	6.00	0.002	0.055	103.46	0.70	sì	0.88	0.65
E-39									

<b>FOSSO: FG-O-05a</b>		<b>TRATTO: O-36 / O-35</b>								
ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
O-36	103.00	0.001	1.40	0.40	1.00	0.50	1.50	2.00	206.00	158.82
O-35										

<b>FOSSO: FG-O-05b</b>		<b>TRATTO: O-36 / O-37</b>								
ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
O-36	103.00	0.001	1.40	0.40	1.00	0.50	1.50	2.00	206.00	158.82
O-37										

<b>TRATTO: O-37 / O-38</b>		<b>SEZIONE: circolare</b>				<b>D = 0.5m</b>		<b>ks = 65</b>	
ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	Grado di riempimento max y/Dmax [l/s]	Verifica	Volume [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico [m <sup>3</sup> ]
O-37	50.93	6.00	0.002	0.055	103.46	0.70	sì	0.88	0.65
O-38									

**FOSSO: FG-E-06 TRATTO: E-42 / E-41**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
E-42	41.00	0.001	1.05	0.40	0.65	0.50	1.50	0.96	39.31	33.88
E-41										

**TRATTO: E-41 / E-40**

**SEZIONE: circolare D = 0.5m**

**ks = 65**

ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	y/Dmax [l/s]	Grado di riempimento max	Verifica	Volume [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico [m <sup>3</sup> ]
E-41	11.78	6.00	0.002	0.055	103.46	0.70		sì	0.88	0.65
E-40										

**FOSSO: FG-O-06 TRATTO: O-41 / O-40**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
O-41	34.50	0.001	1.40	0.40	1.00	0.80	1.50	2.30	79.35	62.92
O-40										

**TRATTO: O-40 / O-39**

**SEZIONE: circolare D = 0.5m**

**ks = 65**

ID Sezione	Portata in transito Q [l/s]	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Spessore tubo sp. [m]	Portata massima Qmax [l/s]	y/Dmax [l/s]	Grado di riempimento max	Verifica	Volume [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico [m <sup>3</sup> ]
O-40	22.49	6.00	0.002	0.055	103.46	0.70		sì	0.88	0.65
O-39										

Il volume idrologico complessivo è pari a 1468,40 m<sup>3</sup>, quello ripristinato per l'invarianza della trasformazione è pari a 1789,15 m<sup>3</sup>.

Tabella 5: Verifica dell'invarianza della trasformazione

Volume idrologico tot $V_{IDR,TOT}$ [m <sup>3</sup> ]	Volume ripristinato tot $V_{RIP,TOT}$ [m <sup>3</sup> ]	Verifica invarianza della trasformazione
1468.40	1789.15	sì

3.1.2.4 *Tratto di nuova realizzazione: da rampa nord Sottopasso Via Sant'Antonino a Rotatoria con SR 53 – Tangenziale di Treviso.*

**FOSSO: FG-O-07 TRATTO: O-42 / O-43**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
O-42	120.50	0.001	1.10	0.40	0.70	0.50	1.00	0.84	101.22	86.78
O-43										

**FOSSO: FG-E-07 TRATTO: E-43 / E-44**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
E-43	124.50	0.001	1.10	0.40	0.70	0.50	1.00	0.84	104.58	86.78
E-44										

**FOSSO: FG-O-08a TRATTO: O-44 / O-43**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
O-44	51.50	0.001	1.05	0.40	0.65	0.50	1.00	0.75	38.50	36.54
O-43										

**FOSSO: FG-O-08b TRATTO: O-44 / O-45**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
O-44	51.50	0.001	1.05	0.40	0.65	0.50	1.00	0.75	38.50	36.54
O-45										

**FOSSO: FG-E-08a TRATTO: E-45 / E-44**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
E-45	53.00	0.001	1.05	0.40	0.65	0.50	1.00	0.75	39.62	36.54
E-44										

**FOSSO: FG-E-08b TRATTO: E-45 / E-46**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
E-45	53.00	0.001	1.05	0.40	0.65	0.50	1.00	0.75	39.62	36.54
E-46										

**FOSSO: FG-O-09a TRATTO: O-46 / O-45**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
O-46	90.00	0.001	1.10	0.40	0.70	0.50	1.00	0.84	75.60	67.17
O-45										

**FOSSO: FG-O-09b TRATTO: O-46 / O-47**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
O-46	90.00	0.001	1.10	0.40	0.70	0.50	1.00	0.84	75.60	67.17
O-47										

**FOSSO: FG-E-09a TRATTO: E-47 / E-46**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
E-47	91.50	0.001	1.10	0.40	0.70	0.50	1.00	0.84	76.86	67.17
E-46										

**FOSSO: FG-E-09b TRATTO: E-47 / E-48**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
E-47	91.50	0.001	1.10	0.40	0.70	0.50	1.00	0.84	76.86	67.17
E-48										

**FOSSO: FG-O-10a TRATTO: O-48 / O-47**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
O-48	43.50	0.001	1.20	0.40	0.80	0.75	1.00	1.24	53.94	48.26
O-47										

**FOSSO: FG-O-10b TRATTO: O-48 / O-49**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
O-48	43.50	0.001	1.20	0.40	0.80	0.75	1.00	1.24	53.94	48.26
O-49										

**FOSSO: FG-E-10a TRATTO: E-49 / E-48**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
E-49	49.50	0.001	1.20	0.40	0.80	0.75	1.00	1.24	61.38	48.26
E-48										

**FOSSO: FG-E-10b TRATTO: E-49 / E-50**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
E-49	49.50	0.001	1.20	0.40	0.80	0.75	1.00	1.24	61.38	48.26
E-50										

**FOSSO: FG-O-11 TRATTO: O-50 / O-49**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
O-50	297.00	0.001	1.10	0.40	0.70	0.50	1.00	0.84	249.48	221.67
O-49										

**FOSSO: FG-E-11 TRATTO: E-50 / E-51**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
E-50	100.00	0.001	1.25	0.40	0.85	0.50	1.00	1.15	114.75	99.28
E-51										

**FOSSO: FG-E-12a TRATTO: E-53 / E-52**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
E-53	90.00	0.001	1.25	0.40	0.85	0.50	1.00	1.15	103.28	99.28
E-52										

**FOSSO: FG-E-12b TRATTO: E-54 / E-53**

ID Sezione	Lunghezza L [m]	Pendenza i [m/m]	Altezza media H [m]	Franco f [m]	Altezza utile Hu [m]	Base inferiore b [m]	Inclinazione sponda [m/m]	Area utile Au [m <sup>2</sup> ]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico Vi [m <sup>3</sup> ]
E-54	45.00	0.001	1.10	0.40	0.70	0.50	1.00	0.84	37.80	129.15
E-53										

**BACINO DI LAGUNAGGO: BL-01**

ID Sezione	Superficie media S [m <sup>2</sup> ]	Profondità H [m]	Franco f [m]	Altezza utile hu [m]	Volume utile Vu [m <sup>3</sup> ]
O-52	250.00	0.80	0.40	0.40	100.00
O-51					

Il volume idrologico complessivo è pari a 1330,80 m<sup>3</sup>, quello ripristinato per l'invarianza della trasformazione è pari a 1502,89 m<sup>3</sup>.

Tabella 6: Verifica dell'invarianza della trasformazione

Verifica invarianza della trasformazione	Volume ripristinato tot V <sub>RIP,TOT</sub> [m <sup>3</sup> ]	Volume idrologico tot V <sub>IDR,TOT</sub> [m <sup>3</sup> ]
sì	1502.89	1330.80

### 3.2 OPERE DI CAPTAZIONE RICORRENTI

L'intercettazione e l'allontanamento delle acque di piattaforma è affidata rispettivamente agli embrici, per i tratti in rilevato verso i fossati di guardia in progetto, e alle caditoie, per i tratti serviti dalle tubazioni esistenti e dai nuovi scolarari. Per le rampe dei sottopassi è, invece, prevista la posa di caditoie a bocca di lupo al di sotto dei marciapiedi laterali ambo i lati della carreggiata.

Di seguito sono esposti i dimensionamenti e le relative verifiche idrauliche delle tre differenti tipologie di manufatti.

#### 3.2.1 EMBRICI

La portata prodotta dalla piattaforma di larghezza media paria a 9,0 m, ipotizzando di inserire un embrice ogni 25 m ed assumendo un coefficiente di deflusso medio pari a 0,9 è stata calcolata applicando il metodo cinematico, attraverso la seguente relazione:

$$Q = \varphi S j$$

dove  $j$  è l'intensità della precipitazione di progetto, funzione della durata  $\tau_c$  (tempo di corrivazione). Per cunette e caditoie, ovvero per bacini di estensione modesta e di forma regolare, un'espressione per il calcolo del tempo è quella suggerita nel 1971 dal Civil Engineering Department dell'Università di Maryland:

$$\tau_c = 26,3 \frac{(L/k_s)^{0,6}}{j^{0,4} i^{0,3}} \text{ [s]} \quad \text{Equazione 6}$$

dove:

$\tau_c$  [s];

$L$  è la lunghezza della cunetta o della superficie scolante [m];

$k_s$  è la scabrezza secondo Gauckler-Strickler [ $m^{1/3}/s$ ];

$j$  è l'intensità di pioggia oraria [m/h];

$i$  è la pendenza media della superficie scolante [m/m].

Inserendo i parametri di progetto nella

Tabella 7: Parametri idrologici e di piattaforma per il calcolo della portata scolante afferente agli embrici

Portata in arrivo Q [l/s]	Intensità di pioggia j [mm/min]	Altezza di pioggia h [mm]	Tempo corrivazione tc [min]	Tempo corrivazione tc [s]	Intensità pioggia oraria j [mm/h]	Parametro CPP c [-]	Parametro CPP b [min]	Parametro CPP a [mm/min <sup>2</sup> ]	Coefficiente deflusso $\phi$ [-]	Superficie S [m <sup>2</sup> ]	Pendenza longitudinale i [m/m]	Scabrezza Strickler ks [m <sup>1/3</sup> /s]	Larghezza media della piattaforma L [m]	Lunghezza strada L [m]
11.51	3.411	17.387	5.10	305.84	74.21	0.80	16.40	39.7	0.9	225	0.001	75	9.00	25.00

Alla luce della portata così individuata, è stata calcolata la portata massima evacuabile dall'embrice, attraverso la relazione dello stramazzone in parete grossa, nell'ipotesi di trascurare la velocità della corrente dati i limitati tiranti che si formano e le limitate pendenze trasversali della carreggiata.

$$Q_{max} = C_q l h \sqrt{2gh}$$

dove:

$C_q = 0.385$  coefficiente di portata per stramazzo in parete grossa;

$l = 1,0$  m larghezza dell'embrice;

$h = 0,0375$  m l'altezza della lama d'acqua massima consentita, nell'ipotesi che il velo d'acqua si estenda per 1,5 m verso il centro della carreggiata con pendenza del 2,5%.

Tabella 8: Verifica idraulica dell'embrice

Verifica	Portata evacuabile $Q_{out}$ [l/s]	Larghezza embrice $l$ [m]	Tirante idrico $h$ [m]	Coefficiente di deflusso $C_q$ [-]
sì	12.38	1.00	0.038	0.385

La portata massima evacuabile che si ottiene è quindi pari a  $Q_{max} = 12,38$  l/s >  $Q_{in} = 11,51$  l/s, in arrivo dalla piattaforma stradale. Il dimensionamento può quindi ritenersi adeguato.

### 3.2.2 CADITOIE

In prima analisi è necessario determinare la portata in arrivo nelle cunette e verificare se queste ultime sono adeguate allo smaltimento della stessa. Ipotizzando che una cunetta debba smaltire la portata in arrivo da una porzione di piattaforma di lunghezza e larghezza media pari rispettivamente a 20,0 e 9,0m, si riportano nella Tabella 9 i parametri idrologici ed il valore di portata che defluisce.

Tabella 9: Parametri idrologici e di piattaforma per il calcolo della portata scolante nelle cunette

Portata in arrivo $Q$ [l/s]	Intensità di pioggia $j$ [mm/min]	Altezza di pioggia $h$ [mm]	Tempo corruzione $t_c$ [min]	Tempo corruzione $t_c$ [s]	Intensità pioggia oraria $j$ [mm/h]	Parametro CPP $c$ [-]	Parametro CPP $b$ [min]	Parametro CPP $a$ [mm/min <sup>2</sup> ]	Coefficiente deflusso $\phi$ [-]	Superficie $S$ [m <sup>2</sup> ]	Pendenza longitudinale $i$ [m/m]	Scabrezza Strickler $k_s$ [m <sup>1/3</sup> /s]	Larghezza media della piattaforma $L$ [m]	Lunghezza strada $L$ [m]
9.37	3.47	16.122	4.65	278.82	74.21	0.8	16.4	39.7	0.9	180	0.001	70	9.00	20.00

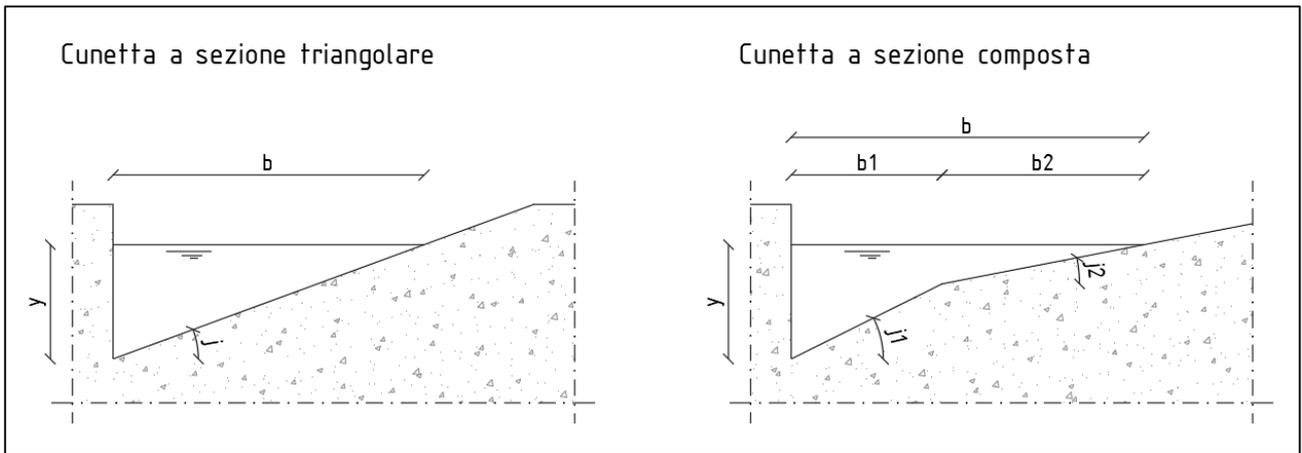


Figura 9: Esempi di cunetta stradali: per il dimensionamento in oggetto è stata scelta la sezione triangolare

Ipotizzando una classica cunetta a sezione triangolare (Figura 9), la verifica della capacità di smaltimento della portata è riportata in Tabella 10.

Tabella 10: Verifica idraulica della cunetta

Pendenza longitudinale i [m/m]	Pendenza trasversale j [m/m]	Tirante massimo y <sub>0</sub> [m]	Scabrezza Strickler ks [m <sup>1/3</sup> /s]	Area bagnata A [m <sup>2</sup> ]	Raggio idraulico Rh [m]	Velocità v [m/s]	Portata max evacuabile Q <sub>max</sub> [l/s]	Portata in arrivo Q <sub>in</sub> [l/s]	Verifica
0.001	0.100	0.10	75.00	0.04	0.04	0.29	10.43	9.37	sì

La portata massima evacuabile che si ottiene è quindi pari a Q<sub>tot</sub> = 10,43 l/s > Q<sub>in</sub> = 9,37 l/s, in arrivo dalla piattaforma stradale. Il dimensionamento può quindi ritenersi adeguato.

Verificata la capacità di smaltimento della cunetta, è stata eseguita la verifica delle caditoie. Il dimensionamento si sviluppa partendo dalla ricerca della lunghezza minima L della grata, misurata in senso longitudinale al moto.

L'equazione del moto su una griglia può scriversi nella relazione:

$$H = y + \frac{v^2}{2g}$$

che differenziata rispetto al senso di moto della corrente e messa a sistema con l'equazione che descrive la variazione di portata unitaria sopra la grata, permette di ottenere il seguente sistema:

$$\begin{cases} \frac{dy}{dx} \left( 1 - \frac{q^2}{gy^3} \right) + \frac{q^2}{gy^2} \frac{dq}{dx} = 0 \\ \frac{dq}{dx} = -Cp\sqrt{2gy} \end{cases}$$

con C coefficiente di contrazione pari a 0,60.

Integrando l'equazione differenziale e ponendo  $y=0$ , si ottiene l'espressione per il calcolo della distanza L dall'inizio della grata dove il tirante idrico si annulla, che corrisponde quindi alla lunghezza minima da assegnare alla caditoia:

$$\frac{L}{H} = \frac{1}{2Cp} \left[ \sin^{-1} \sqrt{\frac{y_0}{H}} + 3 \sqrt{\frac{y_0}{H} \left(1 - \frac{y_0}{H}\right)} \right] \quad \text{Equazione 7:}$$

dove p rappresenta la percentuale di area drenante della caditoia, scelta pari al 50% dell'area totale. La verifica della capacità di captazione della portata attraverso la griglia della caditoia è riportata in Tabella 11.

Tabella 11: Parametri geometrici ed idraulici per il dimensionamento delle caditoie

Pendenza longitudinale i [m/m]	Pendenza trasversale j [m/m]	Tirante massimo $y_0$ [m]	Scabrezza Strickler $k_s$ [ $m^{1/3}/s$ ]	Velocità v [m/s]	Energia H [m]	Larghezza max cunetta b [m]	Percentuale area efficace p [%]	Coef. contrazione C [-]	Lunghezza minima L [m]
0.001	0.100	0.10	75.00	0.29	0.10	0.85	50.00	0.60	0.34

La lunghezza minima della caditoia in progetto per la captazione della portata deve essere almeno pari a 35 cm nel senso della corrente, ovvero longitudinalmente alla piattaforma stradale. Si ritiene quindi sufficiente utilizzare caditoie di lunghezza pari a 40 cm, poste ad interasse di 20,0 m, ambo i lati della carreggiata.

### 3.2.3 BOCHE DI LUPO

Per i sottopassi di Via Sant'Antonino ed il sottopasso agricolo, le opere di captazione delle acque di piattaforma sono costituite dalle classiche bocche di lupo, poste al di sotto dei marciapiedi laterali ambo i lati della carreggiata. Tali manufatti derivano la portata proveniente dalla cunetta con un funzionamento a stramazzo laterale.

La determinazione della lunghezza L necessaria per captare l'intera portata può farsi assumendo che la bocca abbia un comportamento come uno sfioratore laterale, nell'ipotesi di trascurare le perdite di energia (De Marchi, 1934). La classica cunetta per bocca di lupo è quella a sezione triangolare, descritta nel precedente paragrafo. Il sistema che descrive il moto è definito nel modo seguente:

$$\begin{cases} H = y + \frac{v^2}{2g} = y + \frac{2j^2 Q^2}{g y^4} = \text{costante} \\ \frac{dQ}{dx} = -Cy\sqrt{2gy} \end{cases}$$

con C coefficiente di portata in parete grossa, pari a 0,385.

La condizione per l'integrazione dell'equazione differenziale è che  $y=y_0$ , per  $x=0$ , ovvero che il tirante sulla bocca sia pari a quello che si instaura a moto uniforme nella cunetta, in corrispondenza dell'inizio dell'apertura.

Integrando l'equazione differenziale e ponendo  $y=0$ , si deduce la lunghezza  $L$  dell'imbocco:

$$\frac{L}{H} = \frac{1}{6Cj} \left[ 2 - \left( 2 - \frac{5y_0}{H} \right) \sqrt{\left( 1 - \frac{y_0}{H} \right)} \right] \quad \text{Equazione 8}$$

L'Equazione 8 fornisce la lunghezza  $L$  della bocca di lupo nell'ipotesi di costanza di Energia, in un moto idraulico in cui, in realtà, essa varia sensibilmente, dovendosi derivare la portata totale in arrivo dalla cunetta e non una sua frazione. Per questo motivo, si riporta, nel seguito, anche la relazione fornita dall'U.S. Department of Transportation:

$$L = 0,82Q^{0,42}i^{0,3} \left( \frac{k_s}{j} \right)^{0,6} \quad \text{Equazione 9}$$

La capacità di smaltimento di una caditoia a bocca di lupo dipende dal carico idraulico e dalle dimensioni della bocca: ovvero la lunghezza  $L$  e l'altezza  $z$  (Figura 10).

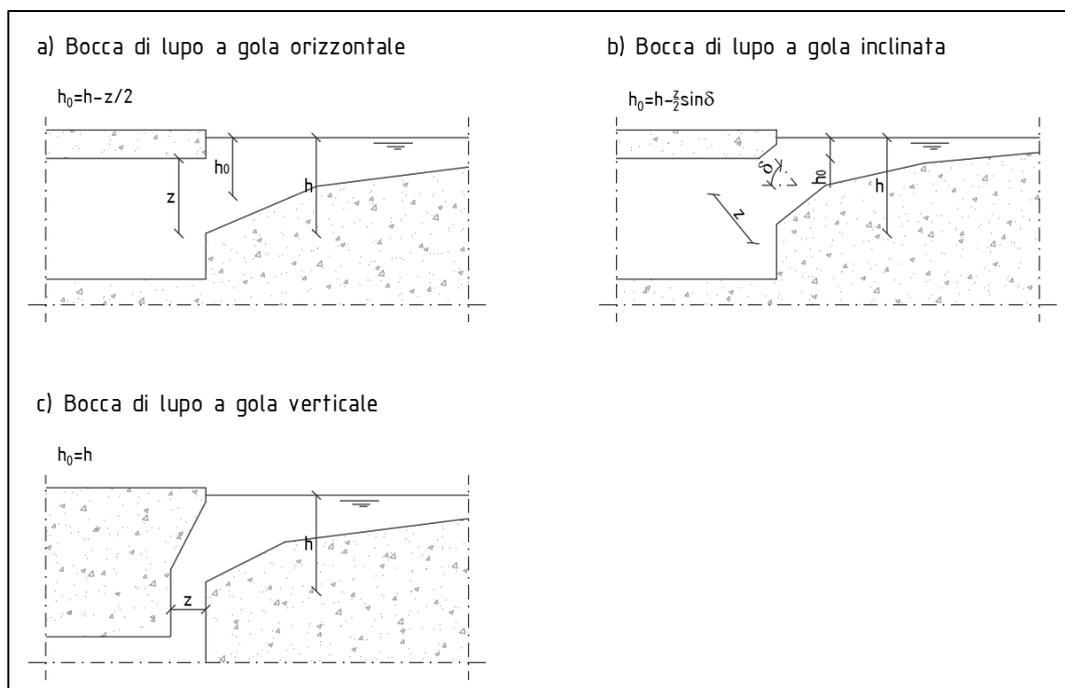


Figura 10 Imbocchi di caditoie a bocca di lupo

La bocca funziona come uno sfioratore per carichi idraulici  $h$  inferiori all'altezza  $z$  e come luce sotto battente per carichi maggiori di circa  $1,4z$ . Per carichi compresi tra i due valori il funzionamento può essere dell'uno o dell'altro tipo. Nella Figura 11 sotto riportata, raffigurante la scala delle portate per una specifica apertura, si può osservare il doppio funzionamento, funzione del carico  $h$ .

$$Q = Clh\sqrt{2gh} \quad \text{Equazione 10: Stramazzo laterale}$$

$$Q = CA\sqrt{2gh_0} \quad \text{Equazione 11: Sotto battente}$$

Nell'Equazione 10 il carico  $h$  da considerare è quello che si ha la massima occupazione idraulica della cunetta, poco più a monte della soglia sfiorante, con l'assunzione, derivante da prove sperimentali, di porre  $C$  pari a  $0,28$ .

Nell'Equazione 11, invece, il carico  $h_0$  è pari alla profondità del baricentro della bocca rispetto alla superficie libera, ed il coefficiente  $C$  è pari a  $0,67$ .

Per procedere al dimensionamento ed alla verifica della bocca di lupo, ancora una volta è prima necessario verificare la capacità di deflusso delle cunette. Si riporta, quindi, il calcolo della portata in arrivo su una porzione di pavimentazione di lunghezza e larghezza media rispettivamente pari a 20,0 e 5,5 m. In questo caso si considera il sottopasso di Via Sant'Antonino, le cui rampe hanno pendenza longitudinale  $i$  pari a 0,06.

Tabella 12: Parametri idrologici e di piattaforma per il calcolo della portata scolante nelle cunette

Portata in arrivo $Q$ [l/s]	Intensità di pioggia $j$ [mm/min]	Altezza di pioggia $h$ [mm]	Tempo corrivazione $t_c$ [min]	Tempo corrivazione $t_c$ [s]	Intensità pioggia oraria $j$ [mm/h]	Parametro CPP $c$ [-]	Parametro CPP $b$ [min]	Parametro CPP $a$ [mm/min <sup>2</sup> ]	Coefficiente deflusso $\phi$ [-]	Superficie $S$ [m <sup>2</sup> ]	Pendenza longitudinale $i$ [m/m]	Scabrezza Strickler $k_s$ [m <sup>1/3</sup> /s]	Larghezza media della piattaforma $L$ [m]	Lunghezza strada $L$ [m]
5.52	4.01	4.5945	1.14	68.69	74.21	0.8	16.4	39.7	1.00	82.5	0.06	70	5.50	15.00

Ipotizzando una classica cunetta a sezione triangolare (Figura 9), la verifica della capacità di smaltimento della portata è riportata in Tabella 13.

Tabella 13: Verifica idraulica della cunetta

Verifica	Portata in arrivo $Q_{in}$ [l/s]	Portata max evacuabile $Q_{max}$ [l/s]	Velocità $v$ [m/s]	Raggio idraulico $R_h$ [m]	Area bagnata $A$ [m <sup>2</sup> ]	Scabrezza Strickler $k_s$ [m <sup>1/3</sup> /s]	Tirante massimo $Y_0$ [m]	Pendenza trasversale $j$ [m/m]	Pendenza longitudinale $i$ [m/m]
sì	5.52	18.32	1.47	0.03	0.01	70.00	0.05	0.100	0.060

La portata massima evacuabile che si ottiene è quindi pari a  $Q_{tot} = 18,32$  l/s  $>$   $Q_{in} = 5,52$  l/s in arrivo dalla piattaforma stradale. Il dimensionamento può quindi ritenersi adeguato.

Verificata la capacità di smaltimento della cunetta, si è proceduto al dimensionamento della bocca di lupo, ed in particolare al calcolo della lunghezza minima per lo smaltimento della portata. Applicando la relazione dell'Equazione 8, si ottiene quanto di seguito riportato.

Tabella 14: Parametri geometrici ed idraulici per il dimensionamento delle bocche di lupo

Pendenza longitudinale $i$ [m/m]	Pendenza trasversale $j$ [m/m]	Tirante massimo $y_0$ [m]	Scabrezza Strickler $k_s$ [ $m^{1/3}/s$ ]	Velocità $v$ [m/s]	Energia $H$ [m]	Larghezza max cunetta $b$ [m]	Coeff. contrazione $C$ [-]	Lunghezza minima $L$ [m]
0.060	0.100	0.05	70.00	1.47	0.16	0.50	0.30	1.45

La lunghezza minima della luce è pari a 1,45 m.

Fissando, quindi, la lunghezza  $L$  pari a 1,50 m, ipotizzando la presenza di un avvallamento in corrispondenza della luce della caditoia, ed una tipologia della bocca a gola orizzontale (Figura 9) di altezza  $z$  pari a 0,10m, il funzionamento avviene a stramazzo laterale ( $h = 0,05 < z = 0,10$ ). La portata che può smaltirsi è pari a 20,8 l/s, maggiore di quella in arrivo dalla cunetta. In conclusione, si può ritenere soddisfatta la verifica idraulica di bocche di lupo con luce  $L$  pari a 1,50 m poste ad interasse di 15,0 m poste ad entrambi i lati della carreggiata.

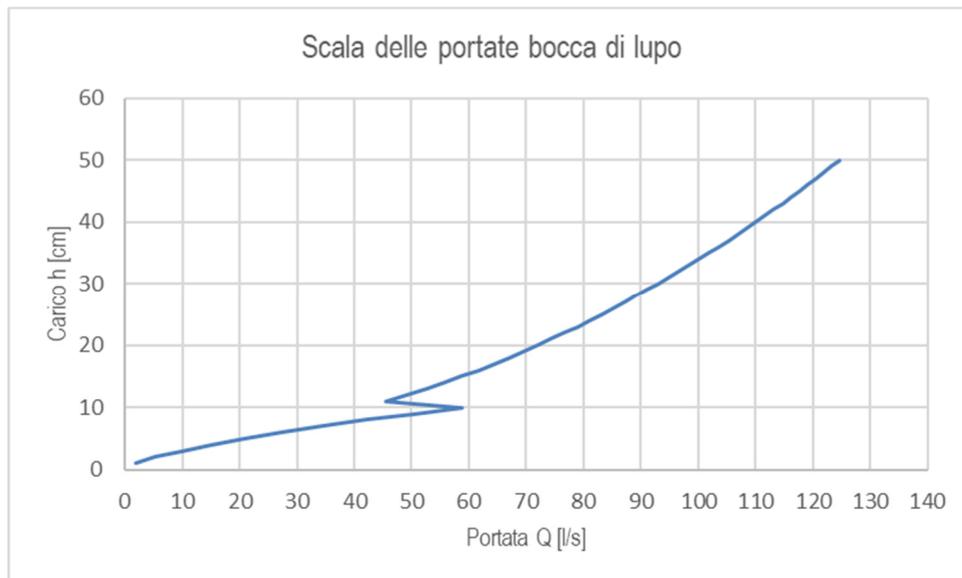


Figura 11: Scala delle portate di una caditoia di luce  $L=1,50$  m, con bocca a gola orizzontale di altezza  $z=0,10$  m.

### 3.3 DRENAGGIO DEI SOTTOPASSI STRADALI

Tra le opere di progetto è prevista la realizzazione di n.2 sottopassi stradali, entrambi ricadenti in Comune di Treviso: il primo per consentire il superamento dell'intersezione con la strada comunale di Via Sant'Antonino, il secondo per garantire la continuità alla strada vicinale di via Fuin.

#### 3.3.1 SOTTOPASSO DI VIA SANT'ANTONINO

Il sottopasso di via Sant'Antonino si sviluppa per una estesa complessiva di circa 500 m, dalla progr. km 0+720 alla progr. km 1+120 della nuova viabilità. Entrambe le rampe si sviluppano per 250 m, con larghezza totale di 11 m comprensiva dei marciapiedi pedonali laterali. Nel punto più depresso il piano stradale della nuova viabilità si troverà a -6,75 m dal piano stradale di Via Sant'Antonino.

Al fine di garantire la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche, si prevede la realizzazione di un impianto di sollevamento in grado di recapitare nei vicini collettori tutte le acque drenate dalla piattaforma stradale. Il bacino interessato è complessivamente pari a circa 5.500 m<sup>2</sup>, la pendenza media longitudinale delle rampe è del 6%.

Si è quindi determinata la massima portata da sollevare, in relazione ad un tempo di ritorno Tr pari a 50 anni utilizzando le CPP in precedenza riportate.

TRATTO	Lunghezza strada	Larghezza media	Scabrezza Ks	pendenza longitudinale	Superficie strada	Coeff. deflusso	tc	h	j	Portata
	[m]	[m]	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[m/m]	[mq]	-	[min]	[mm]	[mm/h]	[l/s]
RAMPA N	250,0	11,00	70	0,06	2750	1,00	6,19	20,30	196,68	150,36
RAMPA S	250,0	11,00	70	0,06	2750	1,00	6,19	20,30	196,68	150,36
TOTALE	500,0				5500,0	1,00				<b>300,73</b>

Tabella 12: Calcolo della portata afferente alla stazione di sollevamento Sottopasso via Sant'Antonino.

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:

$$Q_{\max} = \varphi_{\text{med}} \cdot S \cdot j = 301 \text{ l/s}$$

dove:

$Q_{\max}$  portata massima (l/s)

$\varphi_{\text{med}}$  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  $\tau_c$ .

Per il calcolo della portata massima da assegnare alla stazione di sollevamento si è considerato l'effetto di laminazione offerto dalla rete di drenaggio afferente all'impianto e dai piccoli invasi, stimato in circa  $V=8 \text{ m}^3$ . Pertanto il picco di portata a cui deve far fronte l'impianto è così determinato:

$$Q_{IS} = Q_{\max} - (V \cdot Q_{\max} / \tau_c)^{0,5} = 220 \text{ l/s}$$

La prevalenza geodetica massima che deve essere superata dall'impianto è stimata in 8,00 m, a cui si aggiungono le perdite di carico in condotta, circa 1,00 m, per una prevalenza totale pari a 9,00 m.

L'impianto verrà quindi dotato di n.4 elettropompe sommergibili, di cui n.3 di esercizio oltre n.1 di riserva, ciascuna rispondente alle seguenti caratteristiche tecniche (prestazioni al punto di lavoro richiesto): portata pari a 75 l/s alla prevalenza di 9,00 m.

Per quanto concerne il dimensionamento del volume utile per la stazione di sollevamento si è impiegata la cd. sequenza II nella quale le singole pompe partono al raggiungimento di un certo livello per staccare a quello minimo previsto in vasca. Il volume di accumulo per la pompa 1 è basato sulla portata massima sollevabile ed al numero massimo di avvii/ora della apparecchiatura. Il volume utile minimo da assegnare alla pompa, all'interno del pozzo di sollevamento, è calcolato mediante la formula:

$$V_1 = Q_1 \cdot T_c / 4 = 8,5 \text{ m}^3$$

dove:

$V_1$  volume utile pompa 1

$T_c$  tempo di ciclo (intervallo di tempo tra due soste della pompa) pari a 450 s

$Q_1$  portata sollevata dalla pompa 1.

Nel caso allora di n.3 elettropompe il volume complessivo da assegnare alla vasca di accumulo, secondo la teoria della sequenza II, risulta pari a:

$$V_T = 1,66 \cdot V_1 \cong 15 \text{ m}^3$$

Tale volume utile minimo viene ampiamente offerto al di sotto della piattaforma stradale nel punto più depresso del sottopasso, dove si realizzerà una vasca di raccolta di dimensioni in pianta 5x11 m (di altezza variabile).

L'impianto di sollevamento sarà quindi realizzato su una struttura in c.a. fuori dalla piattaforma stradale, di dimensioni 5x2x2,50 m. L'impianto verrà quindi dotato di un quadro elettrico di comando e controllo delle apparecchiature, da sistemare in locale dedicato ricavato in prossimità alla stazione di sollevamento, in adiacenza ad un quadro elettrico di consegna della alimentazione elettrica da parte di Enel.

Infine, nel merito della raccolta e del drenaggio delle acque interessanti la piattaforma del sottopasso si prevede la realizzazione dei seguenti manufatti:

- bocche di lupo di raccolta su ambo i lati dei marciapiedi ad interasse massimo 15 m;
- posa in opera di tubazioni in Pead De 400 mm, al di sotto dei marciapiedi su ambo i lati delle rampe del sottopasso.

### 3.3.2 SOTTOPASSO AGRICOLO DI VIA FUIN

Il sottopasso di via Fuin si sviluppa alla progr. km 0+375 della nuova viabilità di progetto. In questo tratto, dove la nuova strada interseca una vicinale sterrata, il progetto prevede la realizzazione di un sottopasso "agricolo" per consentire la continuità della preesistente viabilità.

Il sottopasso agricolo si estenderà per una lunghezza di circa 150 m con larghezza della piattaforma pari a 8 m (strada e pista ciclabile). Il bacino interessato è di circa 1.100 m<sup>2</sup>, la pendenza media longitudinale delle rampe è del 4%.

Alla stregua di quanto condotto per il sottopasso stradale di via Sant'Antonino, si è quindi determinata la massima portata da sollevare, in relazione ad un tempo di ritorno  $T_r$  pari a 50 anni utilizzando le CPP in precedenza riportate.

TRATTO	Lunghezza strada	Larghezza media	Scabrezza Ks	pendenza longitudinale	Superficie strada	Coeff. deflusso	tc	h	j	Portata
	[m]	[m]	[m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[m/m]	[mq]	-	[min]	[mm]	[mm/h]	[l/s]
RAMPA W	70,0	8,00	70	0,04	560	1,00	3,26	11,94	219,84	34,22
RAMPA E	70,0	8,00	70	0,04	560	1,00	3,26	11,94	219,84	34,22
TOTALE	140,0				1120,0	1,00				<b>68,45</b>

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:

$$Q_{\max} = \varphi_{\text{med}} \cdot S \cdot j = 68,5 \text{ l/s}$$

Per il calcolo della portata massima da assegnare alla stazione di sollevamento si è considerato l'effetto di laminazione offerto dalla rete di drenaggio afferente all'impianto e dai piccoli invasi, stimato in circa  $V=2 \text{ m}^3$ . Pertanto il picco di portata a cui deve far fronte l'impianto è così determinato:

$$Q_{\text{IS}} = Q_{\max} - (V \cdot Q_{\max} / \tau_c) 0,5 = 42 \text{ l/s}$$

La prevalenza geodetica massima che deve essere superata dall'impianto è stimata in 5,00 m, a cui si aggiungono le perdite di carico in condotta, circa 1,00 m, per una prevalenza totale pari a 1,00 m.

L'impianto di sollevamento a servizio del sottopasso dovrà quindi esser dotato di n.2 elettropompe sommergibili, di cui n.1 di esercizio oltre n.1 di riserva, ciascuna rispondente alle seguenti caratteristiche tecniche (prestazioni al punto di lavoro richiesto): portata pari a 45 l/s alla prevalenza di 6,00 m.