



---◆---  
 Direzione  
 Azioni Integrate con gli Enti Locali

COMUNE DI FROSSASCO

- COMUNE DI FROSSASCO -

**MESSA IN SICUREZZA DELLA S.P. 195 TRA LE  
 PROGRESSIVE KM 0+500 - KM 0+980  
 MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UN MARCIAPIEDE**

**PROGETTO DEFINITIVO**

PROGETTO REDATTO dalla  
 CITTA' METROPOLITANA DI TORINO

**Direzione Azioni Integrate con gli EE.LL.**  
**Ufficio Pianificazione e Realizzazione OO.PP.**

REV.	DESCRIZIONE-CONTENUTO	DATA	REDATTO	VERIFICATO
0	1° emissione	Aprile 2022	FS	MG

PROGETTISTA:

Ing. Marco NEGRO  
 Città Metropolitana di Torino

COLLABORATORE:

Ing. Fabio SOLA  
 Città Metropolitana di Torino

IL RESPONSABILE UFFICIO OO.PP.:

Ing. Marco GENNARI  
 Città Metropolitana di Torino

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Arch. Giuseppe BUFFO  
 Comune di Frossasco

OGGETTO:

**RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO  
 ACQUE DI PIATTAFORMA**

visto: IL DIRIGENTE DELLA DIREZIONE

Ing. Massimo VETTORETTI  
 Città Metropolitana di Torino

CODICE ID. COMMESSA:

**2201A**

CODICE ELABORATO:

**2201A\_D\_D\_15**

SCALA:

TAVOLA N°:

**D.15**

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>1</b>
<b>2. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO.....</b>	<b>2</b>
<b>3. ANALISI IDROLOGICA.....</b>	<b>4</b>
3.1. AREA BACINO.....	5
3.2. COEFFICIENTE DI DEFLUSSO.....	6
3.3. INTENSITÀ PLUVIOMETRICA.....	7
3.4. CAMBIAMENTO DEL REGIME E DEL TIPO DI PRECIPITAZIONE.....	10
<b>4. VERIFICA DELLE OPERE ESISTENTI.....</b>	<b>12</b>
4.1. FOSSO DI RACCOLTA.....	12
4.2. CONDOTTA DI ATTRAVERSAMENTO DELL'INFRASTRUTTURA.....	15
<b>5. DIMENSIONAMENTO OPERE IN PROGETTO.....</b>	<b>16</b>
5.1. TRATTO 1 – SPOSTAMENTO FOSSO.....	16
5.2. TRATTO 2 – INTUBAMENTO FOSSO E POSA DI CADITOIE PER LA RACCOLTA DELLE ACQUE.....	17
5.2.1. TRATTO 2 – CADITOIE.....	17
5.3. SMALTIMENTO DELLE ACQUE.....	22



## 1. PREMESSA

La presente relazione idraulica è a supporto del progetto di messa in sicurezza della SP 195 nel comune di Frossasco. L'amministrazione ha partecipato e vinto un bando per il finanziamento di interventi di investimento sulla rete provinciale indetto dalla Città Metropolitana di Torino. Il progetto prevede la messa in sicurezza della SP 195 tra le progressive km 0+500 e 0+980 mediante un allargamento dell'attuale sede viabile e la realizzazione di un camminamento protetto che consenta ai cittadini di raggiungere il centro città.



**Figura 1 - Area oggetto d'intervento.**

L'allargamento sarà dotato in parte di fosso di raccolta delle acque di piattaforma ed in parte di caditoie che raccoglieranno l'acqua all'interno di un tubo autoportante vibrocompresso in cls. La presente relazione ha lo scopo di determinare le dimensioni dei nuovi elementi di smaltimento delle acque e verificare l'adeguatezza dell'esistente. Per far ciò è necessario determinare le aree che contribuiscono al deflusso delle acque e dalla relativa intensità pluviometrica.



## 2. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Allo scopo di definire le portate per le verifiche delle opere esistenti e per determinare le geometrie di progetto è indispensabile studiare l'idrografia del territorio circostante.

Consultando le curve di livello si può notare come la presenza di un versante di modesta pendenza (circa 4%) venga completamente intercettato dalla SP 195. Nonostante la presenza di innumerevoli rii minori è ragionevole ipotizzare che parte delle acque di ruscellamento di versante possano raggiungere ed interessare l'infrastruttura viabile.



**Figura 2 - In rosso sono mostrate le curve di livello, in azzurro il reticolo idrografico mentre in verde è mostrata la rete viabilistica provinciale.**

L'infrastruttura è dotata di fossi di raccolta delle acque, situati sia in destra che in sinistra, sufficienti ad evitare che l'infrastruttura possa subire degli allagamenti e quindi creare disagi alla circolazione.

Il fosso sul lato destro viene utilizzato per raccogliere le acque di versante che tramite un tubo in calcestruzzo attraversa la SP 195 e scarica all'interno del fosso di sinistra. Il fosso di sinistra viene

utilizzato solamente per raccogliere le acque di piattaforma in quanto i terreni hanno una pendenza tale da allontanare le acque del canale.



**Figura 3 - Dall'immagine si nota come sia apprezzabile la pendenza dei terreni situati sia a monte che a valle oltre alla presenza dei fossi di raccolta delle acque.**

### 3. ANALISI IDROLOGICA

Studiato il contesto idrografico è possibile definire le portate di progetto e di verifica delle opere esistenti.

La portata di progetto servirà per dimensionare:

- Il nuovo fosso di raccolta delle acque superficiali;
- Il tubo autoportante vibrocompresso in calcestruzzo che verrà utilizzato in prossimità delle abitazioni poste nel tratto finale;
- le caditoie necessarie alla raccolta delle acque.

Per tali opere sarà necessario verificare che la portata generata dall'infrastruttura sia completamente smaltita ed allontanata al fine di non arrecare disagi alla circolazione.

La portata di verifica servirà per verificare:

- se il canale esistente è in grado di smaltire la portata di versante;
- se il tubo di collegamento tra canale di destra e di sinistra sia idoneo.

Le portate vengono calcolate con il metodo razionale, metodo consolidato ed adottato in campo idrologico. Il metodo prevede di determinare un'intensità pluviometrica (dipendente dal tempo di ritorno), dall'area del bacino sotteso dalla sezione di chiusura e dal coefficiente di deflusso del terreno.

L'intensità pluviometrica rappresenta l'afflusso meteorologico che precipita e raggiunge il terreno. L'area del bacino è una porzione di territorio che raccoglie le acque superficiali e le fa confluire nella sezione di confluenza (o di chiusura). Il coefficiente di deflusso rappresenta la quota parte della precipitazione che non viene assorbita dal terreno ma che invece riesce a raggiungere la sezione di chiusura.

In formula matematica il metodo razionale può essere scritto come:

$$Q = \left( \frac{1}{3600} \right) \cdot C_d \cdot A_b \cdot i(t_c, T_R)$$

Dove: Q è la portata,  $C_d$  è il coefficiente di deflusso,  $A_b$  è l'area del bacino sotteso ed  $i(t_c, T_r)$  è l'intensità pluviometrica che dipende dal tempo di ritorno e dal tempo di corrvazione.

Nel caso in esame si ha due portate da determinare:

- la portata di progetto, ovvero la portata generata dall'infrastruttura;
- la portata di verifica, ovvero la portata generata dal versante situato a monte che confluisce all'interno del fosso di destra e che si collegherà, tramite un tubo in calcestruzzo, al fosso di sinistra.

Si intuisce come le due portate abbiano bacini diversi e pertanto caratteristiche differenti da dover valutare separatamente.

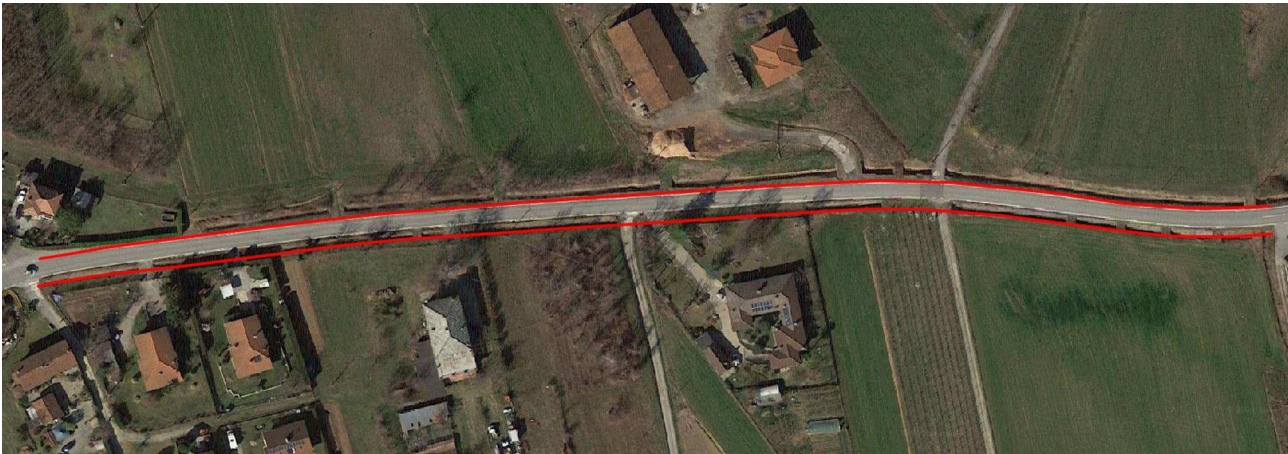


### 3.1. Area bacino

Le due portate oggetto di stima dipendono da due aree distinte:

- l' area 1 in corrispondenza del piano viabile dell'infrastruttura (rappresenta le acque di piattaforma);
- l'area 2 porzione di versante situato a monte della SP 195 (rappresenta le acque di versante).

L'area 1 è facilmente individuabile in quanto corrisponde all'attuale sede viabile asfaltata più l'allargamento oggetto d'intervento.



La superficie totale risulta:

- + 2380 m<sup>2</sup> corrispondente all'attuale infrastruttura;
- + 1400 m<sup>2</sup> corrispondente all'allargamento;
- = 3780 m<sup>2</sup> = 0,00378 km<sup>2</sup>.

L'area 2 risulta invece più difficile da determinare in quanto è necessario tener conto della presenza di corsi d'acqua che recepiscono parte degli afflussi meteorici. Si è scelto identificare l'area come incrocio di due linee che utilizzano: la direzione perpendicolare delle curve di livello ed un buffer dal corso d'acqua. La prima linea è stata tracciata sulla base delle isoipse a partire dal cimitero. Si è scelto di partire dal cimitero in quanto la presenza di caditoie dimostra come le acque che percolano dall'inizio dell'infrastruttura vengono già raccolte e smaltite senza defluire all'interno del canale oggetto di verifica. La seconda linea è stata tracciata in corrispondenza di un buffer (di circa 80 m) dal corso d'acqua. Il buffer rappresenta l'area in cui il corso d'acqua è in grado di attrarre ed incanalare al suo interno l'apporto meteorico. La scelta è supportata dalle evidenze riscontrate durante il rilievo in quanto si è notato che nel tratto finale oggetto d'intervento le pendenze locali sono in direzione del rio.

L'incontro delle due rette ha permesso di identificare il bacino che viene chiuso dalla linea di sezione posta subito a monte dell'infrastruttura.





Figura 4 - Bacino Area 2

Ne consegue che l'area del bacino del versante è pari a:  $88830 \text{ m}^2 = 0,0888 \text{ km}^2$ .

### 3.2. Coefficiente di Deflusso

Come anticipato, il coefficiente di deflusso rappresenta la quota parte della precipitazione che non viene assorbita dal terreno ma che invece riesce a raggiungere la sezione di chiusura. Esso dipende dallo stato di antropizzazione, dal tipo di sottosuolo ed anche dal tempo di ritorno dell'evento meteorologico in quanto lo stato di assorbimento del terreno può cambiare.

Il coefficiente può variare tra 0 ed 1 dove 1 è un terreno completamente impermeabile (es. una pavimentazione bitumata).

Nel caso in esame si è assunto un coefficiente di deflusso pari a:

- 1,0 per l'area 1 in quanto la superficie è completamente bitumata;
- 0,25 per l'area 2 in quanto il bacino è prettamente agricolo e coltivato.

La stima del coefficiente per l'area due è stata effettuata tenendo conto di valori presenti in letteratura. Di seguito si riporta una tabella esemplificativa.

Tipo di suolo	Copertura del bacino		
	Coltivi	Pascoli	Boschi
Suoli molto permeabili sabbiosi o ghiaiosi	0,20	0,15	0,10
Suoli mediamente permeabili (senza strati di argilla). Terreni di medio impasto o simili	0,40	0,35	0,30
Suoli poco permeabili Suoli fortemente argillosi o simili. con strati di argilla vicino alla superficie. Suoli poco profondi sopra roccia impermeabile.	0,50	0,45	0,40

### 3.3. Intensità pluviometrica

L'intensità pluviometrica è definita come il rapporto tra l'altezza di pioggia di un evento intenso e la sua durata.

$$i(t_c, T_R) = \frac{h(T_R)}{d}$$

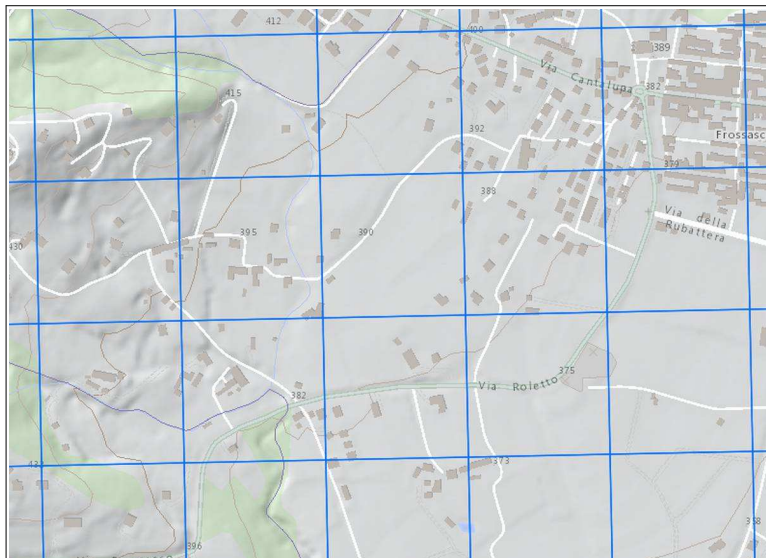
Come è immaginabile l'altezza di pioggia dipende dal tempo di ritorno di un evento intenso. Maggiore è il tempo di ritorno maggiore sarà l'altezza di pioggia. L'altezza di pioggia è definita a partire dalle curve di corrvazione pluviometrica. Le curve di corrvazione sono particolari tipi di curve che esprimono la relazione tra le altezze massime e le durate di pioggia che si possono verificare in una determinata zona, per un assegnato valore del periodo di ritorno.

Le curve possono essere espresse nel seguente modo:

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

Dove a ed n sono due fattori che dipendono dal tempo di ritorno.

L'arpa Piemonte ha messo a disposizione un atlante delle piogge intense utile a ricavare in un qualsiasi punto del territorio regionale le linee segnalatrici di probabilità. Nella consultazione dell'atlante si può notare come il territorio sia stato suddiviso in quadranti da 250x250 m i quali contengono i valori delle piogge con assegnato tempo di ritorno. Da questi dati è possibile tracciare le curve di possibilità pluviometrica ed estrarre i valori di a ed n. Per semplificare i calcoli nell'atlante sono stati già calcolati i valori di a e di n oltre ai fattori di crescita. I fattori di crescita sono dei coefficienti moltiplicativi che crescono al crescere del tempo di ritorno. Essi moltiplicano le altezze di pioggia per assegnargli il relativo tempo di ritorno.



**Figura 5 - Grigliato atlante delle piogge intense Arpa Piemonte.**

Nel caso in esame sono stati estratti i valori di *a* ed *n* di tutti i quadranti interessati dalle due aree sopra determinate. Per semplicità si è scelto di mediare i valori estratti per un peso dipendente della percentuale di superficie del bacino all'interno di un quadrante. Per quanto riguarda il fattore di crescita (KT) è stato preso solamente il valore corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 5 anni come descritto all'interno del D.P.C.M. 4 marzo 1996 "Disposizioni in materia di risorse idriche", secondo il quale: "ai fini del drenaggio delle acque meteoriche le reti di fognatura bianca o misto debbono essere dimensionate e gestite in modo da garantire che fenomeni di rigurgito non interessino il piano stradale o le immissioni di scarichi neri con frequenza superiore ad una volta ogni cinque anni per ogni singola rete".

Di seguito si riportano i risultati ottenuti.

**Area 1 – Infrastruttura viabile**

a	n	KT (5anni)	Superficie di intervento	Peso
26,23	0,38	1,3	308	12,95%
26,23	0,38	1,3	1425	59,90%
26,25	0,38	1,3	646	27,15%

Valori medi:

a = 26,235

n = 0,38

KT = 1,3

**Area 2 – Versante**

a	n	KT (5anni)	Superficie di intervento	Peso
26,2	0,38	1,3	3127	3,52%
26,21	0,38	1,3	41507	46,73%
26,17	0,38	1,3	1888	2,13%
26,23	0,38	1,3	559	0,63%
26,23	0,38	1,3	29577	33,30%
26,25	0,38	1,3	12172	13,70%

Valori medi:

a = 26,221

n = 0,38

KT = 1,3

L'altezza di pioggia dipende direttamente dal tempo di pioggia (t) ovvero la durata dell'evento meteorologico. Affinchè la portata sia massima è necessario che l'evento meteorologico sia sufficientemente lungo da attivare tutto il bacino così che contribuisca al deflusso. Questo tempo è chiamato tempo di corrivazione, ovvero il tempo che impiega la goccia idraulicamente più distante a raggiungere la sezione di chiusura. Solitamente si assume un valore compreso tra i 5 ed i 10 min; valori più bassi per aree meno estese e di maggior pendenza e valori più alti nei casi opposti. Nel caso in esame si è scelto di utilizzare un valore di 5 min per la portata di progetto e 10 min per la portata di versante in quanto:

- per la portata di progetto è un valore coerente con il tempo impiegato dalle gocce più lontane a raggiungere il fosso irriguo;
- per la portata di verifica è un valore coerente a ciò che potrebbe essere ottenuto dall'utilizzo di formulazioni di stima dei tempi di corrivazione dei bacini montani.

Utilizzando i dati qui riportati è perciò possibile calcolare la portata.

**Portata di progetto**

Coeff. Deflusso	$h=KT*a*t_c^n$	i [mm/h] per $t=t_c$	Q [m³/s]	Q [l/s]
1,00	13,27	159,19	0,17	168,49

Si precisa che la portata di progetto rappresenta l'intero contributo della piattaforma e non la quota parte ricadente in ciascun fosso. Infatti la presenza delle pendenze trasversali dell'infrastruttura fanno sì che le portate vengano divise e convogliate all'interno dei fossi laterali. Attualmente la strada ha una larghezza media di 6 m con una pendenza trasversale a schiena d'asino. L'ampliamento prevede di portare la pavimentazione ad una larghezza di 9,5 m mantenendo la



pendenza del 2,5% sul ciglio sinistro. Pertanto l'allargamento più metà dell'attuale sede viabile determina una portata all'interno canale di sinistra del 68,42% (6,5/9,5) della portata di progetto, pari a 115,28 l/s. La portata rimanente ( 168,49 – 115,28= 53,21 l/s ) sarà da aggiungere alla portata di versante in quanto contributo al fosso di destra.

Portata di verifica

Coeff. Deflusso	$h=KT*a*t_c^n$	i [mm/h] per $t=t_c$	Q [m³/s]	Q [l/s]
0,25	17,25	103,53	0,64	643,73

Come descritto nella portata di progetto, la portata di verifica deve essere incrementata della quota parte della portata di progetto che viene scolmata all'interno del fosso di destra ed è pari a:  
643,73+53,21= 696,94 l/s.

**3.4. Cambiamento del regime e del tipo di precipitazione**

Il cambiamento climatico è un fenomeno provocato dal riscaldamento del globo terrestre causato dalle emissioni di gas serra che trattengono il calore del sole. Recenti studi hanno evidenziato come l'innalzamento della temperatura causi un aumento delle precipitazioni del 1-2% medio nel globo per ogni grado di incremento (Guo R., Deser C., Terray L., Lehner F.; Human Influence on Winter Precipitation Trends (1921–2015) over North America and Eurasia Revealed by Dynamical Adjustment). ISPRA nel 2020 ha redatto "Gli indicatori del clima in Italia nel 2020" il quale illustra l'andamento del clima nel corso del 2020 e aggiorna la stima delle variazioni climatiche degli ultimi decenni in Italia. Il rapporto si basa in gran parte su dati, indici e indicatori climatici derivati dal Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione dei dati Climatologici di Interesse Ambientale (SCIA), realizzato dall'ISPRA in collaborazione e con i dati degli organismi titolari delle principali reti osservative presenti sul territorio nazionale. Gli indicatori riportati all'interno del rapporto vertono su: temperatura, temperatura sulla superficie del mare, precipitazione e umidità relativa.

Con un'anomalia di precipitazione cumulata media in Italia di -5% circa, il 2020 si colloca al ventitreesimo posto tra gli anni meno piovosi dell'intera serie dal 1961. Dalle serie di anomalia della precipitazione cumulata stagionale si rileva che solo l'estate è stata una stagione più piovosa della norma, mentre le restanti stagioni sono state mediamente più secche. L'inverno è stata la stagione più secca (-40%), e si colloca al settimo posto tra le meno piovose; la primavera (-11%) e l'autunno (-7%) hanno fatto registrare anomalie negative più contenute. L'estate si colloca invece all'undicesimo posto tra le più piovose (+26%). Per l'inverno, la precipitazione cumulata stagionale viene determinata aggregando i mesi di gennaio e febbraio con il mese di dicembre dell'anno precedente. Nella tabella seguente vengono riassunti i trend della precipitazione cumulata nel periodo 1961-2020, calcolati con un modello di regressione lineare semplice. Le stime sono

Messa in sicurezza della SP 195 tra le progressive km 0+500 e 0+980  
mediante la realizzazione di un marciapiede

RELAZIONE IDRAULICA

confermate anche dall'applicazione di un modello non parametrico (stimatore di Theil - Sen e test di Mann - Kendall). I trend sono stati calcolati dapprima per le serie annuali aggregando le stazioni dell'Italia intera, del Nord, del Centro e del Sud e Isole e poi per le serie stagionali dell'intero territorio nazionale. In tutti casi non risultano tendenze statisticamente significative.

PRECIPITAZIONE CUMULATA	TREND (%/10 anni)
<b>ANNUALE</b>	
<b>Italia</b>	(0.0 ± 0.1)
<b>Nord</b>	(+0.5 ± 1.1)
<b>Centro</b>	(-1.0 ± 1.1)
<b>Sud e Isole</b>	(+0.2 ± 1.2)
<b>STAGIONALE (Italia)</b>	
<b>Inverno</b>	(-2.2 ± 2.1)
<b>Primavera</b>	(+1.0 ± 1.4)
<b>Estate</b>	(-1.3 ± 2.2)
<b>Autunno</b>	(+2.0 ± 1.9)

Per quanto i risultati non siano statisticamente significativi possono essere utilizzati per identificare l'incremento dell'intensità pluviometrica in un determinato evento.

Precedentemente era stata calcolata la portata di progetto e di verifica per le opere esistenti ed in progetto utilizzando l'intensità pluviometrica di un evento con un tempo di ritorno di 20 anni. Utilizzando il trend sopra riportato in tabella per l'area Nord Italia per una proiezione a 30 anni è possibile definire che l'incremento è pari a:

$$3 \times (+0,5 \pm 1,1) = +1,5 \pm 3,3 \text{ (per la propagazione dell'errore).}$$

Lo scenario statisticamente peggiore è quando l'incremento risulta essere pari al 4,8 (+1,5+3,3), e pertanto:

Portata di riferimento	Altezza di pioggia [mm]	Intensità pluviometrica [mm/s]	Portata [m³/s]	Portata [l/s]
Progetto	13,27	159,19	0,17	168,49
Progetto + cambiamento climatico	13,90 (+4,8%)	166,83	0,18	176,58
Verifica	17,25	103,53	0,64	643,73
Verifica + cambiamento climatico	18,08 (+4,8%)	108,49	0,67	674,63

Si evidenzia come l'incremento del 4,8% generi un aumento di circa 8l nella portata di progetto e di 31 l per la portata di verifica.

## 4. VERIFICA DELLE OPERE ESISTENTI

L'attuale infrastruttura è dotata di alcune opere per la regimazione delle acque. Esse sono:

- Fosso di raccolta;
- condotta di attraversamento dell'infrastruttura per smaltimento portata del fosso.

E' necessario verificare se le opere siano adatte alle portate di verifica in modo da determinare se siano o meno necessari degli interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria al fine di rendere funzionale l'infrastruttura.

### 4.1. Fosso di raccolta

Il fosso esistente, posto sul ciglio destro, presenta una sezione alquanto irregolare. La sua forma deriva dalla mancata manutenzione ordinaria, testimoniata anche dalla presenza di vegetazione piuttosto elevata presente proprio all'interno dello stesso.



Figura 6 - Vista da valle verso monte del canale di destra.

Per determinare se la sezione sia sufficiente a smaltire la portata di progetto è stata calcolata la portata massima contenuta all'interno di questa geometria.

La portata è stata calcolata con la nota formula di Chezy così riportata:

$$Q = A \cdot v = A \frac{1}{n} R^{2/3} \sqrt{i}$$

dove A è l'area della sezione bagnata, n è il coefficiente di Manning, R è il raggio idraulico ed i è la pendenza del fondo.

Vista la forma irregolare del canale le sezioni del rilievo permettono in modo agile di ottenere i parametri geometrici quali:

Area bagnata = 1,15 m<sup>2</sup>

Perimetro Bagnato = 3,00 m

Raggio Idraulico, calcolato come rapporto tra l'area ed il perimetro bagnato =  $1,15/3,00=0,38$  m.

Dal rilievo è stato possibile anche determinare la pendenza del fosso attuale. Essa è pari all' 1,86%, rapporto tra la differenza di quota e la lunghezza.

Il coefficiente di Manning, rappresenta la scabrezza della superficie in cui scorre il fluido. In letteratura sono presenti diverse tabelle in cui sono elencati i diversi valori rispetto al tipo di fondo e di vegetazione presente. Nel caso in esame sono state consultate le tabelle riportate all'interno di "Open Channel Hydraulics", Ven Te Chow, McGraw Hill International Editions che di seguito se ne riporta un estratto.



Messa in sicurezza della SP 195 tra le progressive km 0+500 e 0+980  
mediante la realizzazione di un marciapiede

RELAZIONE IDRAULICA

Type of channel and description	Minimum	Normal	Maximum
b. Mountain streams, no vegetation in channel, banks usually steep, trees and brush along banks submerged at high stages			
1. Bottom: gravels, cobbles, and few boulders	0.030	0.040	0.050
2. Bottom: cobbles with large boulders	0.040	0.050	0.070
D-2. Flood plains			
a. Pasture, no brush			
1. Short grass	0.025	0.030	0.035
2. High grass	0.030	0.035	0.050
b. Cultivated areas			
1. No crop	0.020	0.030	0.040
2. Mature row crops	0.025	0.035	0.045
3. Mature field crops	0.030	0.040	0.050
c. Brush			
1. Scattered brush, heavy weeds	0.035	0.050	0.070
2. Light brush and trees, in winter	0.035	0.050	0.060
3. Light brush and trees, in summer	0.040	0.060	0.080
4. Medium to dense brush, in winter	0.045	0.070	0.110
5. Medium to dense brush, in summer	0.070	0.100	0.160
d. Trees			
1. Dense willows, summer, straight	0.110	0.150	0.200
2. Cleared land with tree stumps, no sprouts	0.030	0.040	0.050
3. Same as above, but with heavy growth of sprouts	0.050	0.060	0.080
4. Heavy stand of timber, a few down trees, little undergrowth, flood stage below branches	0.080	0.100	0.120
5. Same as above, but with flood stage reaching branches	0.100	0.120	0.160
D-3. Major streams (top width at flood stage >100 ft). The n value is less than that for minor streams of similar description, because banks offer less effective resistance.			
a. Regular section with no boulders or brush	0.025	.....	0.060
b. Irregular and rough section	0.035	.....	0.100

Essendo il fosso un alveo in terra in cui sarà presente la vegetazione principalmente arbustiva seguendo la tabella si è assunto un valore pari a 0,1.

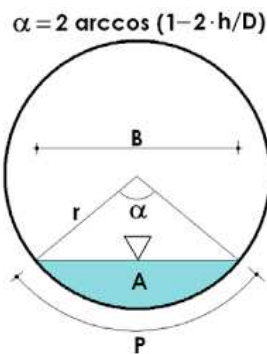
Dai valori riportati si ottiene che il fosso sia in grado di smaltire  $0,83 \text{ m}^3/\text{s} = 828,06 \text{ l/s} > 696,94 \text{ l/s}$  portata di verifica. Anche con un incremento della portata del 4,8% il canale risulta essere in grado di smaltire completamente la portata di verifica.

Nonostante che il fosso sia sufficientemente verificato anche in presenza di vegetazione si consiglia di pulirlo con cadenza periodica così da aumentarne l'efficienza in caso di eventi particolarmente intensi.

#### 4.2. Condotta di attraversamento dell'infrastruttura

Dal rilievo è emerso che è presente un tubo in calcestruzzo di diametro 60 cm che attraversa l'infrastruttura e collega il fosso di destra con un fosso di scolo posto sul ciglio sinistro. E' necessario verificare se il diametro presente sia sufficiente a smaltire la portata di verifica. Nel caso non sia sufficiente sarà necessario un adeguamento idraulico dell'opera.

Dato che la condotta non deve andare in pressione la formula che verrà adottata per il calcolo della portata è nuovamente Chezy. Essendo una geometria regolare è possibile definire l'area bagnata ed il raggio idraulico conoscendo la percentuale di riempimento, ovvero il rapporto tra l'altezza d'acqua e ed il diametro interno.



Il coefficiente di Manning sarà diverso rispetto a quello adottato per il fosso in terra in quanto il calcestruzzo ha una scabrezza inferiore. Consultando nuovamente delle tabelle presenti in letteratura si è scelto di adottare un valore di scabrezza pari a 0,014 corrispondente ad un valore di Strickler pari a 70. Questo valore rappresenta la scabrezza di un tubo in calcestruzzo usurato dal tempo, condizione cautelativa dal punto di vista della portata defluita.

Tubazione in cemento	$\epsilon$ mm	Bazin $\gamma$ mm <sup>1/2</sup>	Kutter m mm <sup>1/2</sup>	Strickler k mm <sup>1/3</sup> · s <sup>-1</sup>
Cemento amianto (nuovi)	0,03	< 0,06	< 0,12	130 - 105
In servizio	0,10 - 0,4	0,10	0,12	105 - 85
Cemento armato con intonaco perfettamente liscio (nuovi)	0,10 - 0,15	0,06	0,12	100
Come sopra, in servizio da più anni	1 - 3	0,23	0,30 - 0,35	75 - 70
Gallerie con intonaco di cemento, a seconda del grado di finitura e delle condizioni di servizio	1 - 10	0,23 - 0,36	0,30 - 0,45	70 - 60

Con i dati sopra riportati si può stabilire che la portata di verifica viene completamente smaltita all'interno della condotta con una percentuale di riempimento pari al 75,5%. Nel caso che la portata di verifica venga incrementata del 4,8% a causa dei cambiamenti climatici si ottiene una percentuale di riempimento del 78,5% e pertanto l'opera risulta pienamente compatibile.

Ne risulta che la condotta esistente sia compatibile alle portate di verifica. Si consiglia di effettuare una pulizia della condotta così da evitare ostruzioni al flusso così da risultare efficiente in caso di pioggia.

## 5. DIMENSIONAMENTO OPERE IN PROGETTO

Il qui progetto prevede l'allargamento della carreggiata e la realizzazione di un camminamento sicuro sulla SP 195. A fianco dell'attuale opera è presente un fosso di raccolta delle acque che in prossimità delle abitazioni e degli attraversamenti viene localmente intubato.

Il progetto di ampliamento prevede:

- tratto 1 (circa 150 m) spostamento del fosso;
- tratto 2 (circa 270 m) intubamento fosso e posa di caditoie per la raccolta delle acque.

### 5.1. Tratto 1 - spostamento fosso

Il fosso esistente presenta una forma irregolare dovuta alla mancata manutenzione ordinaria. Il nuovo fosso presenterà una sezione trapezoidale con una base minore di 50 cm, una altezza di 50 cm e le sponde inclinate di 45°.

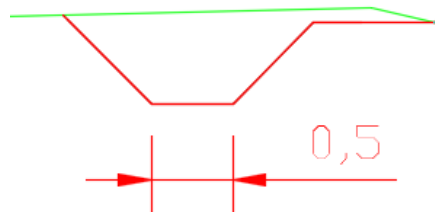


Figura 7 - Sezione tipo fosso

Per determinare se la sezione sia sufficiente a smaltire la portata di progetto è stata calcolata la portata massima contenuta all'interno di questa geometria.

Il metodo di calcolo è il medesimo già mostrato per il calcolo del fosso esistente nel capitolo precedente. Di seguito vengono riportati i dati utilizzati:

- area bagnata, area della sezione trapezia, pari a 0,5 m<sup>2</sup>;
- raggio Idraulico, calcolato come rapporto tra l'area bagnata ed il perimetro bagnato, pari a 0,26m;
- pendenza del fosso, utilizzata l'attuale pendenza ottenuta dal rilievo, pari a 1,86%;
- il coefficiente di Manning, è assunto un valore pari a 0,1 come per la verifica del fosso esistente.

Si ottiene che il fosso sia in grado di smaltire  $0,28 \text{ m}^3/\text{s} = 278,78 \text{ l/s} > 115,28 \text{ l/s}$  portata di progetto ed anche superiore a quella che si potrebbe considerare con l'incremento causato dal cambiamento climatico. Si noti che anche se si considerasse l'intera acqua di piattaforma (168,49 l/s) il fosso risulterebbe comunque sufficiente.

Nonostante l'ampio margine si consiglia di prevedere una manutenzione continua al fine di mantenere la sezione progettata in quanto potrebbe nel tempo subire depositi e successivamente non risultare idonea.

## **5.2. Tratto 2 – Intubamento fosso e posa di caditoie per la raccolta delle acque**

Come descritto all'interno della relazione illustrativa, un tratto del fosso dovrà essere intubato per una lunghezza di 270 m. L'esigenza nasce dalla presenza di abitazioni nel tratto finale d'intervento, che impediscono un allargamento della carreggiata e lo spostamento del fosso. Dal rilievo è emerso che per un tratto di circa 60 m il fosso è già stato intubato all'interno di una condotta in calcestruzzo, con diametro pari a 0,60 m. Si è scelto di verificare se il diametro presente sia sufficiente a smaltire la portata di progetto in quanto se lo fosse potranno essere posate delle condotte con il medesimo diametro così da mantenere inalterata la sezione idraulica. Dato che le condotte funzioneranno a pelo libero la formula che verrà adottata per il calcolo della portata è nuovamente Chezy. Essendo che la condotta presenta pari caratteristiche della condotta già precedentemente verificata per il passaggio sotto l'infrastruttura (diametro, pendenza, scabrezza) e che la portata di progetto è inferiore alla portata di verifica, si deduce che la condotta sia idonea. Effettuando il calcolo della portata si ottiene che la condotta permette il deflusso con una percentuale di riempimento pari al 26%, ampiamente sufficiente a contenere anche l'incremento causato dal cambiamento climatico. Ne consegue che per il tratto di fosso che verrà intubato è possibile utilizzare una condotta in calcestruzzo con diametro pari a 60 cm.

### *5.2.1. Tratto 2 – Caditoie*

Nel tratto in cui è previsto l'intubamento del fosso è necessario prevedere delle opere di cattura per raccogliere le acque di piattaforma. A tal proposito è necessario dimensionare sia la grandezza delle caditoie (capacità di cattura) che la distanza relativa tra le stesse così da garantire un efficace allontanamento delle acque. Per quanto dal punto di vista teorico sia corretto è necessario verificare se nell'area d'intervento non siano presenti particolari criticità che richiedano l'installazione di griglie di cattura con dimensioni diverse.

Dal rilievo si possono identificare tre criticità:

- 1) presenza di un incrocio a raso;
- 2) presenza di un fosso scolmatore in sinistra posto a metà del tracciato;
- 3) accessi a proprietà private.

#### Criticità 1

In corrispondenza della fine dell'area d'intervento è presente un incrocio a raso tra la SP 195 ed una strada comunale.



Messa in sicurezza della SP 195 tra le progressive km 0+500 e 0+980  
mediante la realizzazione di un marciapiede

RELAZIONE IDRAULICA



**Figura 8 - Criticità 1 - Incrocio**

Vista l'assenza di caditoie per la raccolta delle acque si è scelto di installare un grigliato elettrosaldato con dimensioni 1,00x1,00 m in modo tale da garantire un maggior deflusso così da aumentare la sicurezza dell'infrastruttura.



**Figura 9 - Esempio di grigliato**

### Criticità 2

In testa del tratto attualmente già intubato è presente un manufatto di raccolta delle acque collegato ad fosso scolmatore. L'allargamento in progetto prevede di coprire questo manufatto con la conseguenza di renderlo poco accessibile. Per ovviare al problema si preferisce posare nuovamente un grigliato elettrosaldato che possa essere utilizzato per ispezionare il manufatto o per effettuare una qualsiasi manutenzione.

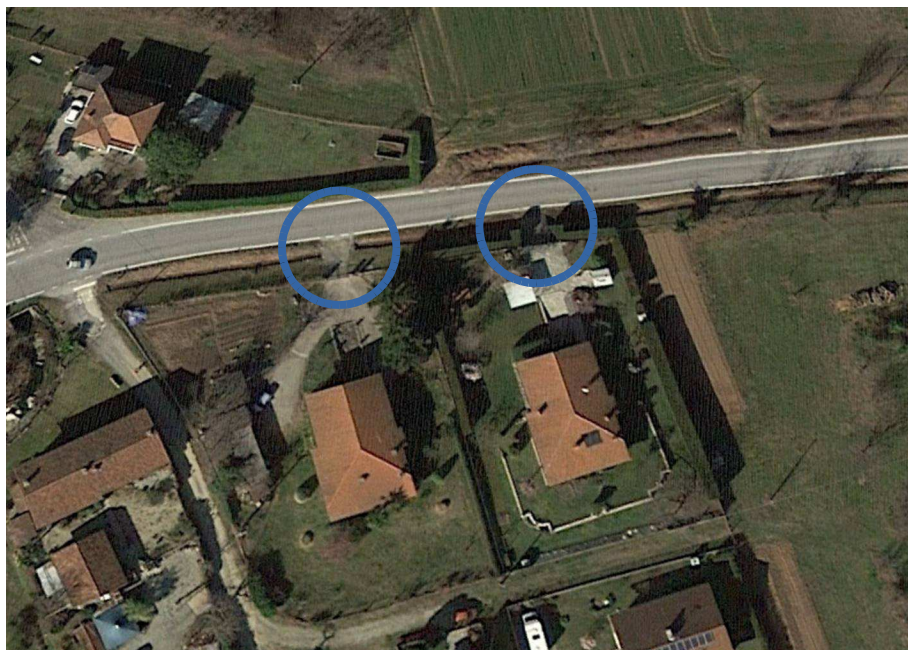


**Figura 10 - Criticità 2 – manufatto di raccolta con fosso scolmatore**

Criticità 3

Sul ciglio sinistro dell’infrastruttura sono presenti diversi accessi a proprietà private che attraversano il fosso di raccolta delle acque. La maggior parte degli accessi presentano quote superiori a quelle del piano viabile evitando che l’acqua entri nella proprietà. Dal rilievo si nota che sono presenti due accessi problematici:

- l’ultimo accesso, in quanto presenta una quota inferiore all’infrastruttura;
- penultimo accesso, in quanto nonostante abbia una quota superiore all’infrastruttura, la pendenza trasversale è completamente verso sinistra convogliando tutta la portata davanti all’accesso.



**Figura 11 - Criticità 3 - Accessi**



Attualmente il problema viene risolto in quanto la presenza del fosso cattura il deflusso e lo allontana dall'accesso. A realizzazione dell'intervento il fosso non sarà più presente e pertanto le acque potrebbero trovare una via di fuga all'interno dell'accesso alla proprietà. Per risolvere il problema si è scelto di posare una griglia in continuo per tutta la lunghezza degli attraversamenti così da raccogliere le acque e convogliarle nella condotta. Ne consegue che sia necessario posare delle griglie continue con le dimensioni di 0,30 x 5 m (larghezza accessi).



**Figura 12 - Esempio di griglia continua**

La scelta della grandezza, passo e numero di caditoie dipende principalmente dalla quantità d'acqua da raccogliere. La portata da captare all'interno delle griglie non coincide con la portata di progetto in quanto il tratto intubato risulta essere solo una porzione dell'area d'intervento. Il tratto intubato presenterà un'estensione di 270 m a fronte dei 420 m d'intervento, ovvero il 64% del tratto. Pertanto la portata che dovrà essere allontanata tramite caditoie deve essere il 64% della portata di progetto ovvero  $=115,28 \cdot 64\% = 74,11$  l/s. Questa portata deve essere depurata del contributo delle griglie posizionate nei punti critici. Per determinare la portata dei grigliati elettrosaldati, delle griglie continue e dalle caditoie si utilizza la relazione seguente (ASCE e WEF, 1992)

$$Q = 1.66 \cdot P \cdot h^{3/2}$$

dove P è il perimetro idraulicamente attivo ed h è il "tirante" ovvero il battente idraulico.

Assumendo che il battente idraulico sia pari all'altezza di pioggia presente sull'infrastruttura (definita durante il calcolo della porta), pari a 13,27 mm è possibile determinare le portate per le griglie sopra elencate. In questo modo sarà possibile depurare la portata di progetto dalla portata

prelevata dai punti critici così da ottenere un valore di dimensionamento delle caditoie rimanenti. Di seguito si riportano i valori delle portate ottenuti.

Tipo griglia	Lunghezza [m]	Larghezza [m]	Larghezza libera al deflusso [m]	Perimetro idraulicamente attivo [m] *	Portata [l/s]
Grigliato elettrosaldato	1,00	1,00	0,82	3,64	9,22
Griglia continua	5,00	0,30	2,25	5,10	12,94

\*il Perimetro idraulicamente attivo è calcolato come  $P=2*(L+l-n*s)$ , dove n è il numero di barre che impediscono il flusso per la relativa larghezza (s). Nel caso in esame si è riportata la larghezza libera ovvero la larghezza efficace (senza barre).

Ne consegue che la portata di dimensionamento delle caditoie risulta pari a:  
 $74,11 - 2*9,22 - 2*12,94 = 29,79$  l/s.

Per determinare il numero di caditoie ed il relativo interasse è necessario scegliere tra le caditoie presenti sul mercato. Assumendo una caditoia con larghezza esterna 60 cm ed interna 50 cm con 7 barre longitudinali larghe 3 cm si ottiene che un singolo elemento possa derivare 4,01 l/s.

Ne consegue che per prelevare la portata di progetto siano necessarie  $29,79/4,01 = 7,4 = 8$  caditoie. Essendo già presenti due caditoie (poste nel tratto attualmente intubato) sarà sufficiente installare solamente altre 6 caditoie.

Le caditoie dovranno essere poste ad una distanza massima di 25 m, distanza che da planimetria risulta essere coerente per mantenere un interasse idoneo anche con le altre griglie dei punti critici.

Si precisa che se si considerasse l'incremento dell'altezza di pioggia causato dal cambiamento climatico si otterrebbe una maggior portata di raccolta per le caditoie in quanto la portata derivata ne dipende direttamente. Questo implica che possano essere sufficienti meno opere di cattura o distanza maggiore tra di esse. Essendo la condizione attuale quella più gravosa verranno utilizzati i valori sopra riportati.

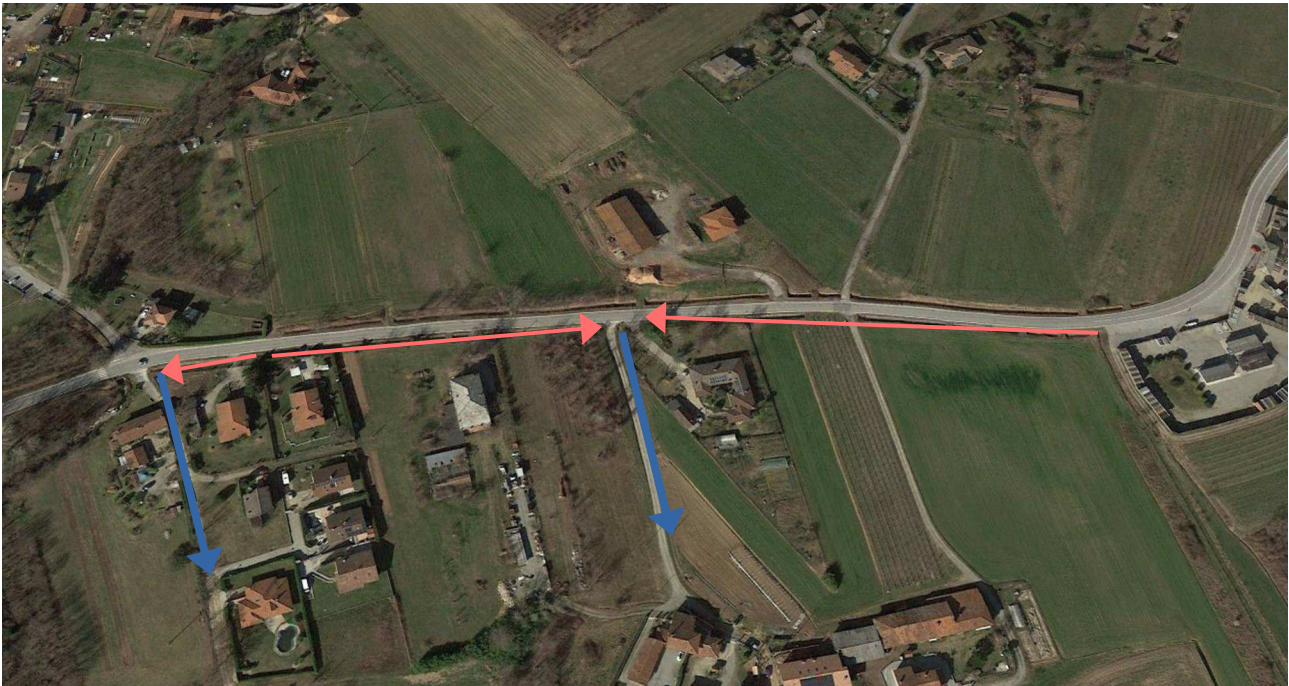


### 5.3. Smaltimento delle acque

Le acque che vengono raccolte da parte delle opere in progetto verranno suddivise e smaltite da:

- Canale di scolo delle acque;
- Corso d'acqua del reticolo idrografico secondario.

Di seguito si riporta una ripresa aerea dove sono riportate delle frecce di colore blu che indicano i corpi recettori di smaltimento delle acque ed in colore rosso chiaro le pendenze dei fossi e pertanto le relative pertinenze.



Le portate da smaltire sono compatibili con le dimensioni dei due corpi recettori pertanto non sono necessari interventi di adeguamento o miglioramento idraulico.

Considerando l'aumento della portata causata dal cambiamento climatico i corpi recettori sono comunque in grado di smaltire completamente la portata. Si precisa che la portata che verrà derivata direttamente all'interno del corso d'acqua è ridottissima in quanto solo l'ultimo tratto presenta una pendenza utile al deflusso. Ne consegue che l'opera in progetto non causerà un aumento sensibile delle portate defluite nel corso d'acqua.