

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:

A00	Prima Emissione	<i>Adreanfara</i> ALPINA	27/09/2013	<i>[Signature]</i> COCIV	27/09/2013	<i>[Signature]</i> A. Palomba	30/09/2013
-----	-----------------	-----------------------------	------------	-----------------------------	------------	-------------------------------------	------------



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI
PROGETTO ESECUTIVO**

**RAMPA SUD CAVALCAFERROVIA STRADA COMUNALE ARQUATA
SCRIVIA-GAVI ALLA PK 28+401**

Relazione idraulica

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing.P.P.Marcheselli	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 2	E	C V	R I	I R 1 D 0 X	0 0 1	A

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	A00	Prima Emissione	ALPINA	27/09/2013	COCIV	27/09/2013	A. Palomba	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R
			<i>Adreanfara</i>		<i>[Signature]</i>			

n. Elab.:	File: IG51-02-E-CV-RI-IR1D-0X-001-A00
-----------	---------------------------------------

INDICE

INDICE.....		4
1. PREMESSA		5
2. OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI CIPE		5
3. PLUVIOMETRIA		6
4. SISTEMA DI DRENAGGIO		8
4.1. Modalità di smaltimento		8
4.2. Calcolo del coefficiente di deflusso		9
4.3. Dimensionamento degli elementi di drenaggio.....		10
4.3.1. Canaletta ad embrice.....		10
4.4. Efficienza delle caditoie		11
4.5. Verifica degli elementi di margine.....		12
4.6. Dimensionamento dei collettori		15
4.7. Dimensionamento dei pluviali di scarico.....		16
4.8. DIMENSIONAMENTO DEI FOSSI DI GUARDIA E DEI CANALI DI GRONDA.....		17
4.9. Canali di gronda.....		17
4.10. Dimensionamento dei fossi drenanti		18
4.10.1. Risultati.....		20
5. ALLEGATO A - INTERASSE SCARICHI		21
6. ALLEGATO B – DIMENSIONAMENTO COLLETTORI.....		24
7. ALLEGATO C – DIMENSIONAMENTO CANALI		26
8. ALLEGATO D – DIMENSIONAMENTO FOSSI DISPERDENTI		27

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RI-IR1D-0X-001-A00 RELAZIONE IDRAULICA
	Foglio 5 di 28

1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è l'analisi del sistema di drenaggio delle acque meteoriche afferenti al rilevato della Rampa Nord della viabilità secondaria di attraversamento della Linea alla progressiva pk 28+401 (WBS IR1D), in comune di Arquata Scrivia (AL).

L'opera interessa il tratto all'aperto della Linea ferroviaria compreso tra e l'imbocco sud in artificiale della galleria Serravalle (WBS GA1K) e l'imbocco nord in artificiale della galleria di III Valico (WBS GA1J), collocandosi al di sopra della struttura scatolare di quest'ultima.

L'intervento consiste nella modifica, con parziale deviazione d'asse, di una viabilità comunale esistente per sovrappassare la nuova linea AV/AC. La parziale deviazione d'asse è dettata dai vincoli ambientali imposti, ovvero sia dalla quota di sovrappasso alla galleria artificiale sia dal rispetto delle distanze del nuovo corpo stradale dalle case e dalle proprietà limitrofe.

Per dimensionare il sistema di drenaggio è stato necessario studiarne il funzionamento nel suo insieme, esaminando l'intera viabilità di progetto, comprensiva delle wbs IR1C, IR1D, IV12 e della viabilità di accesso al piazzale IN1G.

2. OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI CIPE

In accordo alle prescrizioni e raccomandazioni indicate nella delibera CIPE 80/2006 nel progetto esecutivo è stato eseguito un approfondimento sulle opere di raccolta e smaltimento delle acque, come verrà illustrato nei prossimi capitoli.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RI-IR1D-0X-001-A00 RELAZIONE IDRAULICA
	Foglio 6 di 28

3. PLUVIOMETRIA

La valutazione delle portate che la rete di drenaggio deve essere in grado di convogliare e smaltire è stata effettuata con opportuni metodi di trasformazione afflussi-deflussi, che consentono di associare ad una determinata grandezza idrologica un'assegnata probabilità di accadimento, a partire da eventi pluviometrici caratterizzati dalla medesima probabilità.

Volendo determinare le portate che comportano la crisi del sistema di drenaggio occorre fare riferimento agli eventi pluviometrici di breve durata e forte intensità. Per definire le altezze di precipitazione corrispondenti a tali eventi pluviometrici vengono utilizzate le curve di possibilità pluviometrica (CPP), elaborate a partire dalle registrazioni di altezza di pioggia effettuate nelle stazioni pluviometriche situate nell'area di interesse.

Indicando con h l'altezza di precipitazione in mm, la tecnica idrologica abituale fornisce, per le curve di possibilità pluviometrica, la seguente relazione:

$$(3.1)$$

dove

t = durata della pioggia [h];

a, n = parametri delle CPP che esprimono la dipendenza dal tempo di ritorno T ;

T = numero di anni in cui l'altezza di pioggia calcolata viene mediamente raggiunta o superata una sola volta.

Il calcolo delle curve di possibilità pluviometrica, di assegnato tempo di ritorno, per il tratto stradale di interesse, è stato eseguito seguendo quanto indicato nella direttiva "Piena di progetto" redatta a cura dall'Autorità di bacino del fiume Po.

In accordo con la normativa Italferr è stato considerato un periodo di ritorno degli eventi meteorici pari a 25 anni.

Per il calcolo delle curve di possibilità pluviometrica sono state individuate le stazioni pluviometriche del Servizio Idrografico Nazionale utili a caratterizzare la pluviometria delle aree in esame.

Le curve di possibilità climatica, definite sulla singola stazione di misura, danno una rappresentazione puntuale della legge caratteristica di pioggia; per ottenere la distribuzione della precipitazione sulla porzione di territorio considerato, si è operata una regionalizzazione dell'

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-IR1D-0X-001-A00 RELAZIONE IDRAULICA
	Foglio 7 di 28

informazione intensa pluviometrica dei parametri a e n secondo due modalità dipendenti dalla durata della precipitazione:

a) Valori di pioggia regionalizzati per durate inferiori all'ora

Per il dimensionamento delle opere di drenaggio delle acque di piattaforma e di piccole porzioni di versante (embrici, caditoie, cunette, fossi di guardia a scorrimento), si usano valori di pioggia regionalizzati per durate delle precipitazioni intense inferiori all'ora.

La regionalizzazione si effettua mediante un ragguglio alla superficie dei parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica su una maglia costituita da celle di 1 Km².

a_10	n_10	a_20	n_20	a_50	n_50	a_100	n_100	a_200	n_200	a_500	n_500
51.69	0.382	61.35	0.379	73.83	0.374	83.22	0.369	92.52	0.367	104.85	0.363

Tabella 1 - Parametri a e n di durate inferiori all'ora per tempi di ritorno 10,20,50,100,200,500 anni nella tratta dal km 23.970 al Km 33+200.

Nel caso in cui il drenaggio sia riferito ad una viabilità, in accordo con le Prescrizioni Tecniche Italferr, si deve considerare un tempo di ritorno di 25 anni. Si è perciò provveduto ad un'interpolazione dei parametri a e n, ottenendo i seguenti valori (Tabella 2):

a_25	n_25
64.30	0.377

Tabella 2 - Parametri a e n di durate inferiori all'ora per tempi di ritorno 25 anni nella tratta dal km 23.970 al Km 33+200

a) Valori di pioggia regionalizzati per durate superiori all'ora

Per quanto riguarda il dimensionamento dei fossi di guardia disperdenti occorre fare riferimento anche alle precipitazioni intense di durata superiore all'ora.

La regionalizzazione si effettua mediante un ragguglio alla superficie dei parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica su una maglia costituita da celle di 4 Km².

a_10	n_10	a_20	n_20	a_50	n_50	a_100	n_100	a_200	n_200	a_500	n_500
47.9476	0.38345	56.3322	0.38208	67.178	0.3798	75.3098	0.37776	83.3996	0.37661	94.103	0.37477

Tabella 3 - Parametri a e n di durate superiori all'ora per tempi di ritorno 10,20,50,100,200,500 anni nella tratta dal km 23.970 al Km 33+200.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RI-IR1D-0X-001-A00 RELAZIONE IDRAULICA Foglio 8 di 28

Nella tabella sottostante sono indicati i valori ottenuti per il tratto in esame, considerando un periodo di ritorno di 25 anni.

a_25	n_25
58.89	0.38

Tabella 4 - Parametri a e n di durate superiori all'ora per un tempo di ritorno di 25 anni nella tratta dal km 28+464 al km 29+50 .

Le due procedure permettono quindi di definire in una qualsiasi area omogenea una altezza di pioggia per assegnati durate e tempo di ritorno.

4. SISTEMA DI DRENAGGIO

In questo capitolo viene illustrato lo schema di drenaggio ed il dimensionamento delle opere necessarie a smaltire le acque di piattaforma e di scarpata.

4.1. Modalità di smaltimento

L'intervento in progetto prevede la raccolta delle acque di piattaforma con modalità differenti a seconda della tipologia della sezione stradale in ogni singolo tratto:

- nei tratti in trincea la raccolta e l'allontanamento delle acque di piattaforma viene effettuato mediante cunette alla francese ubicate in corrispondenza della banchina stradale;
- nei tratti in rilevato la raccolta delle acque di piattaforma viene effettuata mediante embrici con scarico nei fossi di guardia localizzati al piede del rilevato stradale; nei tratti in cui tale soluzione non sia possibile, sono previste caditoie a griglia con scarico mediante collettori in PVC nel fosso di guardia più vicino.

I fossi di guardia verranno realizzati in terra inerbata, sia per contenere i costi di costruzione, sia per ottenere un migliore inserimento ambientale; in corrispondenza degli scarichi degli embrici è previsto un rivestimento in cls. Le sponde dei fossi avranno pendenza 1:1, con base minore e altezza pari a 0.5m.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RI-IR1D-0X-001-A00 RELAZIONE IDRAULICA Foglio 9 di 28

I fossi di guardia al piede del rilevato recapiteranno a loro volta nel Rio Pradella in corrispondenza dei pozzi aerazione del tombino IN11 mediante tubi in acciaio DN500 o DN300.

Ai lati della viabilità esistente sono presenti degli impluvi dei quali è stato necessario garantirne la continuità idraulica:

- tra le pk 0+20 e 0+210 si prevede la posa lato carreggiata destra di una canaletta rettangolare in cls di larghezza 50 cm e altezza variabile tra 50 e 120 cm; la continuità di tale canaletta è garantita da due tombini $\phi 600$ ubicati in corrispondenza delle pk 0+118 e 0+157. Poiché il recapito ultimo è costituito dal Rio Pradella, per colmare il notevole dislivello senza avere elevate velocità idriche, allo sbocco del secondo tombino, nei pressi della pk 0+167, si prevede la posa di una tubazione ondulata in acciaio di diametro 1m che corre parallela alla viabilità fino alla pk 0+200; da tale posizione la continuità idraulica è garantita da un mezzo tubo ondulato in acciaio di diametro 1m che recapita in un pozzetto dal quale lo scarico nel tombino IN11 avviene mediante un collettore in PVC DN 630.
- Tra le pk 345 e 385 si prevede la realizzazione di un canale in terra 0,5mx0,5m lato carreggiata destra, collegato ad un canale 0.8mx1.25 lato carreggiata sinistra mediante due tombini circolari $\phi 600$ ubicati nei pressi della pk 0+350; il recapito ultimo è costituito dal tombino scatolare IN11. Lo scarico delle acque nel tombino viene effettuato a livello del pozzo di areazione mediante un tubo in acciaio DN500.

4.2. Calcolo del coefficiente di deflusso

Nei modelli di trasformazione dell'afflusso meteorico in deflusso, la precipitazione va depurata della componente destinata ad infiltrarsi nel terreno. La valutazione della portata infiltrata può essere effettuata attraverso il coefficiente di afflusso ϕ che rappresenta il rapporto tra il volume della pioggia netta ed il volume della pioggia totale. Tale coefficiente dipende da diversi fattori, alcuni dei quali variabili nel tempo. Nel presente progetto, per semplicità, il coefficiente ϕ verrà considerato costante per tutta la durata della pioggia.

Di seguito vengono riportati i coefficienti di deflusso in funzione della superficie scolante:

TIPO DI PAVIMENTAZIONE	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO
Pavimentazione stradale	1.00

Scarpata erbosa di progetto (rilevato/trincea)	0.70
Versanti naturali	0.50

Tabella 5 - Coefficienti di deflusso.

Il valore relativamente elevato assunto per le superfici erbose è giustificato dalla notevole pendenza delle scarpate.

Detto φ_i il coefficiente di deflusso relativo alla superficie S_i il valore medio del coefficiente, relativo ad aree caratterizzate da differenti valori, si ottiene dalla seguente media ponderata:

$$\varphi = \frac{\sum_i (S_i \cdot \varphi_i)}{\sum_i (S_i)} \quad (4.1)$$

I bacini contribuenti considerati sono quelli corrispondenti alle superfici di competenza dei differenti recapiti finali.

4.3. Dimensionamento degli elementi di drenaggio

Nei paragrafi successivi si riportano i criteri generali di dimensionamento di tutti gli elementi che costituiscono il sistema di drenaggio delle acque di piattaforma.

Il sistema è del tipo aperto, risulta perciò costituito da un sistema di canalette ad embrici che raccolgono le acque di piattaforma e che le immettono nei fossi di guardia localizzati al piede del rilevato.

4.3.1. Canaletta ad embrice

L'allontanamento delle acque dalla sede stradale al fosso di laminazione al piede del rilevato è affidato alle canalette ad embrice disposte ad interassi regolari lungo la scarpata.

Il funzionamento idraulico di un embrice può essere assimilato a quello di una soglia sfiorante; la portata sfiorata Q [m^3/s] può essere definita come:

$$Q = C_q L h \sqrt{2gh} \quad (4.2)$$

nella quale:

- $C_q = 0,280$ è il coefficiente di deflusso;
- L [m] rappresenta la larghezza dell'embrice
- h [m] rappresenta l'altezza del velo liquido all'imbocco dell'embrice.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RI-IR1D-0X-001-A00 RELAZIONE IDRAULICA Foglio 11 di 28

Per maggiori dettagli si rimanda all'ALLEGATO A - interasse scarichi, nel quale sono state riportate le tabelle complete di dimensionamento degli embrici. In particolare è stata calcolata la portata sfiorata e, dal rapporto tra quest'ultima e la portata drenata determinata con la formula razionale per unità di lunghezza, il passo minimo degli embrici al variare del tracciato. La metodologia di calcolo della portata drenata è riportata nel capitolo "Verifica degli elementi di margine".

4.4. Efficienza delle caditoie

Nei tratti lungo i quali non è possibile scaricare le acque di dilavamento mediante embrici, verranno posizionati in banchina pozzetti caditoia 45x45, sovrastati da una griglia, collegati da tubazioni in PVC, le cui modalità di dimensionamento sono descritte nei paragrafi successivi.

La verifica delle caditoie con funzionamento sotto battente si avvale della seguente formula [McGhee, 1991] tramite la quale si ottiene la portata transitabile Q [m³/s]:

$$Q = KA h^{1/2} \quad (4.3)$$

nella quale:

- A [m²] rappresenta l'area libera della luce;
- h [m] il battente idrico che insiste sulla caditoia;
- K è un coefficiente pari a 2,96 nel sistema S.I.

È possibile che le caditoie non captino tutta la portata proveniente da monte. Si definisce *efficienza di una caditoia* il rapporto tra la portata intercettata Q_1 e quella totale Q proveniente da monte. L'efficienza dipende dalle dimensioni e dal tipo di grata, dal valore della portata Q e dalle pendenze trasversali e longitudinali della sede stradale.

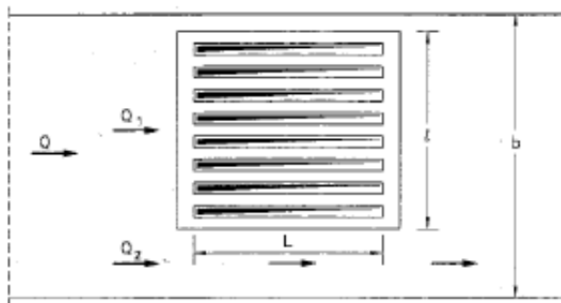


Figura 4.1 – Schema di deflusso in prossimità di una caditoia

Indicando con l la larghezza della grata, se si ipotizza che la portata Q_1 fluente nella larghezza l affluisca nella caditoia, mentre quella Q_2 fluente nella larghezza $b-l$ prosegua verso valle, si ottiene:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-IR1D-0X-001-A00 RELAZIONE IDRAULICA

$$- \quad - \quad - \quad (4.4)$$

La formula fornisce la misura dell'efficienza nell'ipotesi che la portata Q_1 venga captata integralmente. Questa situazione si verifica quando la velocità di afflusso è minore del valore limite v_0 , al di sopra del quale una parte della corrente oltrepassa la grata. Per grate con barre normali alla direzione della corrente si ha che $v_0 = 1,86L^{0.79}$, con L in m e v_0 in m/s. In caso contrario, parte della corrente oltrepassa la grata.

Nel caso in esame si ottiene v_0 pari 1.08 m/s, mentre la velocità di deflusso in banchina è pari a 0.8 m/s nei tratti a maggior pendenza, pertanto la condizione è verificata.

Indicando con Q_1^* la frazione di Q_1 che viene intercettata dalla grata, si definisce efficienza o rendimento della grata il rapporto R_1 :

$$- \quad (4.5)$$

Ovviamente, nel caso in esame, poiché $v < v_0$, $R_1 = 1$ e $Q_1^* = Q_1$.

Della portata Q_2 , una porzione può essere intercettata dalla grata, in funzione dei valori di v e L . indicando con Q_2^* la portata derivata, il rendimento R_2 rispetto a Q_2 è definito dalla relazione empirica:

$$- \quad (4.6)$$

L'efficienza totale della grata viene, quindi, definita come:

$$- \quad (4.7)$$

L'efficienza di una caditoia viene considerata accettabile se non risulta essere inferiore a 0,85.

Nell'ALLEGATO A - interasse scarichi, sono state riportate anche le tabelle di dimensionamento delle caditoie. Dal rapporto tra la portata captata e la portata meteorica determinata con la formula razionale per unità di lunghezza, si ricava il passo minimo delle caditoie al variare del tracciato e la relativa efficienza.

4.5. Verifica degli elementi di margine

La conformazione della piattaforma stradale consente il deflusso delle acque meteoriche verso il margine della carreggiata stradale, presso il ciglio si origina quindi un'area di deflusso a forma triangolare che interessa la banchina stradale. Le condizioni di deflusso idrico lungo il margine stradale sono determinate dalle pendenze longitudinali e trasversali del corpo stradale, tali parametri

individuano quindi la capacità di deflusso che può ottenersi lungo il ciglio. La capacità idraulica lungo il margine stradale è limitata dalla larghezza massima ammissibile per il velo idrico in piattaforma che evidentemente non deve interessare in alcun modo la parte carrabile della piattaforma stradale. La verifica degli elementi di margine consiste quindi nel rapportare la capacità idraulica del margine stradale per i diversi sottotratti stradali, distinti sulla base dei valori di pendenza longitudinale e alla larghezza di piattaforma drenata, all'apporto meteorico specifico, ovvero alla stima della portata meteorica afferente per metro lineare di piattaforma stradale; dagli esiti di tale raffronto si ricava l'interasse massimo al quale devono porsi gli elementi di raccolta delle acque meteoriche (embrici, caditoie) per evitare il rischio che il deflusso idrico possa interessare anche il traffico veicolare.

Il calcolo del deflusso idrico in banchina viene eseguito considerando una sezione di deflusso triangolare, delimitata dal cordolo laterale e dal piano stradale inclinato, Figura 4.2.

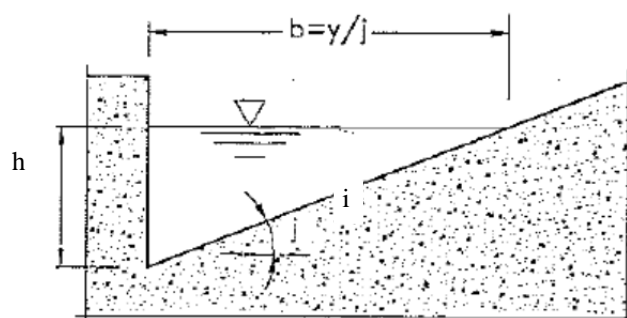


Figura 4.2 - Sezione tipica di una banchina laterale.

Il moto che si instaura viene assimilato al moto uniforme, con riferimento alla portata Q [m³/s] che compete alla sezione terminale del tratto compreso tra due scarichi. Indicando con A [m²] e R [m] rispettivamente area e raggio idraulica della sezione, con i la pendenza longitudinale e con K_s [m^{1/3}/s] il coefficiente di scabrezza secondo Gauckler - Strickler si ha la ben nota formula di Chézy:

$$Q = AK_s R^{2/3} i^{1/2} \quad (4.8)$$

Considerando la geometria della sede stradale e ipotizzando un allagamento della sede stradale che interessi l'intera banchina, si ottiene la portata convogliabile per ogni tratto stradale.

La portata drenata viene determinata tramite il metodo razionale. Considerando i parametri delle CPP forniti dall'analisi idrologica, un coefficiente di laminazione ε pari a 1 e un coefficiente di efflusso φ pari a 1 (superficie praticamente impermeabile), in funzione del tempo di corrivazione t_c [h], si ottengono l'intensità di precipitazione massima prevista i [mm/h], il coefficiente udometrico u [l/s/ha] e la portata drenata dalla piattaforma stradale $Q_{drenata}$ [l/s].

$$i = a \cdot t_c^{n-1} \quad (4.9)$$

$$u = 2.78 \cdot \varphi \cdot \varepsilon \cdot i \quad (4.10)$$

$$Q_{drenata} = u \cdot A \quad (4.11)$$

Dividendo il valore della massima portata transitabile in banchina per la portata drenata, si ottiene l'interasse tra gli scarichi.

Tale interasse deve essere tale per cui gli elementi di raccolta (embrici e caditoie) siano in grado di smaltire la portata in arrivo, come spiegato nei precedenti paragrafi.

Nel tratti in trincea in cui si prevede la posa di una cunetta alla francese si considera come sezione disponibile al deflusso solo l'area contenuta nell'ingombro della cunetta stessa.

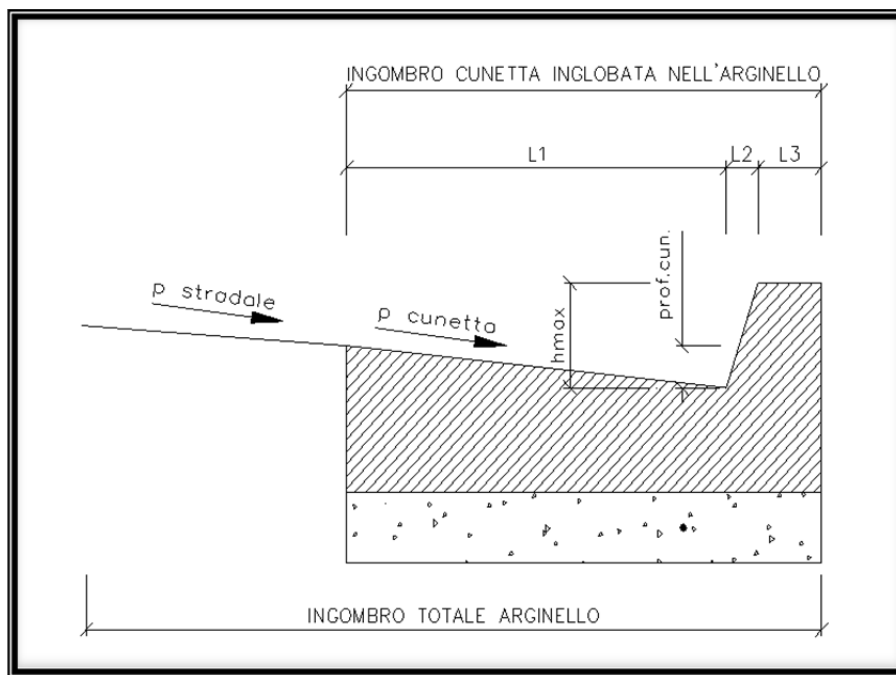


Figura 4.3 – Ingombro della cunetta alla francese

Nella tabella sottostante sono riassunti i risultati ottenuti, riportati nell' ALLEGATO A - interasse scarichi.

	Lato Sin						Lato dex			
Progressive tratto pk	0-40	40-64	64-175	175-220	380-450		20-64	64-165	175-240	240-365
Elemento di drenaggio	embrici	cunetta francese		embrici	embrici		canaletta rett		caditoie	embrici
Interasse	12.00	-	-	12.00	12.00		-	-	13.00	10.00

Tabella 6 - Interasse e tipologia elementi di raccolta acque di piattaforma

4.6. Dimensionamento dei collettori

La verifica per il dimensionamento dei collettori, viene effettuata ipotizzando che ciascun tratto di collettore, sia percorso tutto dalla stessa portata e in condizioni di moto uniforme, utilizzando la formula di Chézy, riportata nell'equazione

$$Q = AK_s R^{2/3} i^{1/2}$$

(4.12)

Il valore del coefficiente di scabrezza assunto per le tubazioni interrato è:

- $ks=85$ m^{1/3}/s per le tubazioni in PVC;
- $ks=75$ m^{1/3}/s per le tubazioni in acciaio liscio;
- $ks=47$ m^{1/3}/s per le tubazioni ondulate in acciaio;
- $ks=67$ m^{1/3}/s per le tubazioni in cls;

Fissati un coefficiente di scabrezza ks e una pendenza longitudinale i , si è in grado, con la formula precedente, di determinare la combinazione di diametro e grado di riempimento che danno luogo ad una portata Q pari a quella massima di progetto.

La verifica consisterà nel rispettare le seguenti condizioni:

- $h/D < 0,75$, il grado di riempimento delle condotte deve essere tale che il rapporto tra la sezione bagnata e la sezione piena della condotta sia minore di 0,75.
- $0,60 < v_{eff} < 5,00$ m/s, relazione valida per le fognature bianche e miste.

Per i mezzi tubi la verifica consiste nel rispettare la seguente condizione:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RI-IR1D-0X-001-A00 RELAZIONE IDRAULICA Foglio 16 di 28

- $h/D < 0,45$, il grado di riempimento delle condotte deve essere tale che il rapporto tra la sezione bagnata e la sezione piena della condotta sia minore di 0,45; dove la sezione viene assunta come circolare

Il dimensionamento dei collettori viene effettuato mediante il “Metodo di corrivazione” o “Metodo razionale”.

Questo metodo si basa sulla considerazione che le gocce di pioggia cadute in punti diversi del bacino nel medesimo istante, impiegano tempi differenti per arrivare alla sezione di chiusura e che ogni bacino ha un tempo caratteristico, detto “tempo di corrivazione”, che rappresenta il tempo necessario affinché la goccia caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino raggiunga la sezione di chiusura dello stesso.

Nota la curva di possibilità pluviometrica per il tempo di ritorno T prefissato, la massima portata di piena può essere calcolata per ogni sezione di progetto partendo da monte verso valle, determinando per ciascuna di esse l'area drenata e il tempo di corrivazione (posto pari a 5 minuti).

Il calcolo del deflusso sostenuto dalla condotta è eseguito mediante la formula di Gaukler-Strikler precedentemente descritta.

Nell'ALLEGATO , sono riportate le verifiche idrauliche relative al dimensionamento delle tubazioni.

4.7. Dimensionamento dei pluviali di scarico

Per lo scarico dei canali di gronda all'interno dei pozzi di aerazione del tombino IN11 si prevede l'utilizzo di pluviali di scarico in acciaio.

Il dimensionamento di tali elementi verticali viene condotto seguendo la formulazione della luce sotto battente:

$$Q = C_q \cdot A \cdot \sqrt{2gh} \quad (4.13)$$

Con $C_q=0.61$, coefficiente di deflusso, h carico sull'imbocco e A sezione libera al deflusso.

La portata che il discendente è in grado di smaltire deve essere maggiore o uguale a quella in arrivo, funzione dell'area drenata corrispondente.

Nella tabella sottostante si riporta la portata il dimensionamento dei pluviali di scarico: diametro, portata massima smaltibile Q_{max} , portata in arrivo Q_{dren} .

Pluviale	Diametro Nominale	Qmax [mc/s]	Qdren[mc/s]
TS03	DN300	0.14	0.13
TS05	DN300	0.14	0.13
TS04	DN500	0.54	

Tabella 7 – Dimensionamento pluviali di scarico

4.8. DIMENSIONAMENTO DEI FOSSI DI GUARDIA E DEI CANALI DI GRONDA

4.9. Canali di gronda

Per convogliare verso il reticolo esistente le acque provenienti dalla piattaforma stradale, dalle scarpate dei rilevati e dai versanti adiacenti e per garantire la continuità degli impluvi esistenti sono previsti canali di sezione rettangolare o trapezoidale a seconda della posizione.

La verifica dei suddetti è stata effettuata mediante la già citata formula di Chezy, dove il coefficiente di scabrezza k_s è stato posto pari a 30 per i canali in terra e a 67 per i canali in cls, impostando un grado di riempimento massimo pari al 75%.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva delle dimensioni dei canali in progetto. Per maggior dettaglio si rimanda all'ALLEGATO C – Dimensionamento canali.

Canale	Sezione	Dimensioni
CD01	Rettangolare	0.5x0.5m
CD02	Rettangolare	0.5x0.5m
CS02	Trapezoidale in cls	0.5x0.5m
CS01	Trapezoidale in terra	0.5x0.5m
CS05	Trapezoidale in terra	0.5x0.5m
CS04	rettangolare	0.8x1.25 m

CS03	Trapezoidale in cls	0.5x0.5m
CD03	Trapezoidale in terra	0.5x0.5m
CS05	Trapezoidale in terra	0.5x0.5m
CD04	Trapezoidale in terra	0.5x0.5m
CD05	Trapezoidale in terra	0.5x0.5m

Tabella 8 – dimensioni canali di progetto

4.10. Dimensionamento dei fossi drenanti

Nei tratti dove non è possibile convogliare le acque in un canale di scolo, sono stati previsti dei fossi drenanti.

I fossi drenanti sono di forma trapezia con pendenza delle scarpate pari a 1/1 avente uno specchio liquido pari a b e profondità massima H come nella figura sotto riportata.

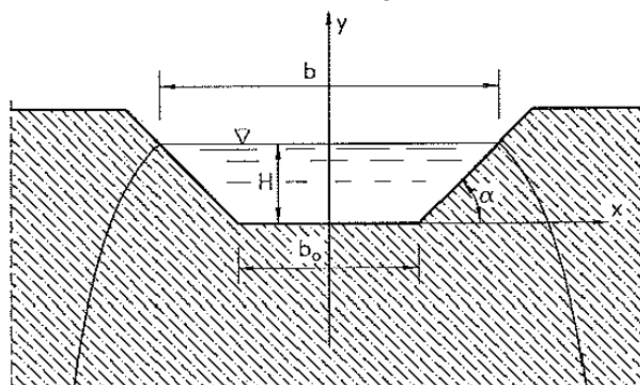


Figura 4.4 - Schema del campo di moto

La portata Q dispersa dal canale nel terreno è data dalla formula adimensionale:

$$\frac{Q}{bH^2} = \frac{K}{H} \quad (4.14)$$

dove:

q = portata unitaria [m^2/s];

K = permeabilità del terreno [m/s];

H = altezza del tirante idraulico [m];

b = specchio liquido [m];

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RI-IR1D-0X-001-A00 RELAZIONE IDRAULICA
	Foglio 19 di 28

C = coefficiente funzione della scarpa n = cotang α delle sponde e del rapporto b/H.
Il coefficiente C misura dunque il contributo alla formazione della portata dovuta all'infiltrazione delle sponde. La distribuzione dei valori di C, al variare di n, viene interpolata dalla seguente relazione:

$$- \tag{4.15}$$

Da letteratura risulta che per pendenze delle scarpate pari a 1/1 si hanno i seguenti valori:
a= 1.584 e b=0.357.
Nel caso in esame la permeabilità considerata è pari a $K = 10^{-5}$ m/s.

Essendo l'infiltrazione che avviene nel terreno un processo sicuramente più lento della portata al colmo generata dal bacino scolante, i fossi disperdenti hanno la funzione di laminare la portata, cioè di accumulare volume idrico per consentire l'infiltrazione dello stesso.

L'idrogramma di piena utilizzato per il dimensionamento dei fossi disperdenti è stato calcolato mediante il metodo dell'invaso lineare. Tale metodo è basato sul concetto di equiparare il bacino a un "invaso lineare" W(t) in cui entra la portata di afflusso netta p(t) e da cui esce la portata q(t):

$$\text{---} \tag{4.16}$$

Con K= costante d'invaso lineare

$$\text{---} \tag{4.17}$$

Dove T_e T_r rappresentano, rispettivamente il tempo di ingresso in rete e il tempo di percorrenza della rete e V_m la velocità media.

Il comportamento dell'invaso è descritto dall'equazione di continuità:

$$\text{---} \tag{4.18}$$

$P(t) = in(t) \cdot A$ è la portata di afflusso meteorico netto (pioggia netta $in(t)$ x area bacino A).
Se P(t) è costante (ietogramma costante) si può integrare analiticamente l'equazione di continuità per ricavare l'idrogramma Q(t).

Integrando l'equazione di continuità si ottiene:

$$- \tag{4.19}$$

per $0 \leq t \leq t_p$ ed imponendo come condizione al contorno $Q_0=0$ per $t=t_0=0$.

(4.20)

quando $t > t_p$ ed imponendo $P=0$ e $Q_0=Q_M=Q(t_p)$ come condizione al contorno per $t_0=t_p$.

Il dimensionamento è stato effettuato procedendo per tentativi: variando la durata dell'evento meteorico, si ricava la durata critica cioè quella durata di pioggia che massimizza il volume d'acqua invasato nel fosso e quindi il tirante.

4.10.1. Risultati

	L [m]	b ₀ [m]	H [m]	W _{max} [m ³]	h/H [%]
Fosso 1	37	0.5	0.5	19.28	75
Fosso 2	58	0.5	0.5	82.2	55.5

Tabella 9 – Risultati ottenuti dal dimensionamento delle dei fossi drenanti

Nella tabella sono indicati con L la lunghezza del fosso; b₀ e H corrispondono rispettivamente alla base minore e all'altezza del fosso; W_{max} corrisponde al volume massimo invasato e h/H indica il grado di riempimento della sezione del fosso.

Nell'ALLEGATO D – Dimensionamento fossi disperdenti si riportano le tabelle di dimensionamento dei fossi di guardia disperdenti.

5. ALLEGATO A - INTERASSE SCARICHI

Interasse Embrici

Tratto			0-40 lato sin	175-220 lato sin	240-365 lato dex	380-450 lato sin
carico idrico	h	m	0.03	0.03	0.04	0.03
coeff contrazione	Cq		0.28	0.28	0.28	0.28
larghezza embrice	L	m	0.91	0.91	0.91	0.91
portata sfiorata embrice	Q	l/s	4.43	4.43	8.44	4.43
Coefficienti c.p.p.	a	mm/h	64.30	64.30	64.30	64.30
	n		0.38	0.38	0.38	0.38
Durata precipitazione	T _c	min	5.00	5.00	5.00	5.00
Coefficiente di laminazione	e		1.00	1.00	1.00	1.00
Coefficiente di afflusso	j		1.00	1.00	1.00	1.00
Intensità precipitazione	i	mm/h	302.38	302.38	302.38	302.38
Coefficiente udometrico	u	l/s/ha	840.61	840.61	840.61	840.61
Portata drenata/m	Q	l/sm	0.38	0.36	0.71	0.36
Calcolo deflusso in banchina						
Larghezza piattaforma drenata	W	m	4.50	4.25	8.50	4.25
Pendenza stradale trasversale	i	%	0.03	0.03	0.04	0.03
Angolo sulla verticale	q	gradi	88.57	88.57	87.80	88.57
Larghezza banchina allagata	b	m	1.00	1.00	1.00	1.00
Altezza d'acqua massima ammissibile	h	m	0.03	0.03	0.04	0.03
Pendenza stradale longitudinale	p	%	0.05	0.06	0.10	0.03
Area di deflusso	Ad	m ²	0.01	0.01	0.02	0.01
Raggio idraulico banchina	R	m	0.01	0.01	0.02	0.01
Coefficiente di Strickler	Ks	m ^{1/3} /s	75.00	75.00	75.00	75.00
Portata longitudinale convogliata dalla banchina	Q	l/s	10.53	12.16	31.83	8.24
Velocità di deflusso in cunetta	v	m/s	0.84	0.97	1.66	0.66
interasse scarichi	int	m	27.85	34.05	44.54	23.05
interasse embrici	int	m	11.72	12.41	11.81	12.41
Interasse di progetto			12.00	12.00	10.00	12.00

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-RI-IR1D-0X-001-A00 RELAZIONE IDRAULICA		
		Foglio 22 di 28

Interasse Caditoie

Calcolo deflusso in banchina			
Larghezza piattaforma drenata	W	4.25	m
Pendenza stradale trasversale	i	2.5%	%
Angolo sulla verticale	q	88.57	gradi
Larghezza banchina allagata	b	0.70	m
Altezza d'acqua massima ammissibile	h	0.0175	m
Pendenza stradale longitudinale	p	6.00%	%
Area di deflusso	Ad	0.006	m ²
Raggio idraulico banchina	R	0.009	m
Coefficiente di Strickler	Ks	75	m ^{1/3} /s
Portata longitudinale convogliata dalla banchina	Q	4.70	l/s
Velocità di deflusso in cunetta	v	0.77	m/s
Verifica dimensioni caditoia			
Formula Empirica – Efficienza della caditoia			
Larghezza caditoia	l	0.50	m
Larghezza caditoia sull'orizzontale	l'	0.50	m
Lunghezza caditoia	L	0.50	m
Velocità limite per grate a barre normali alla corrente	v0	1.08	m/s
Velocità limite per grate a barre parallela alla corrente	v0	1.78	m/s
Efficienza della caditoia (solo contributo frontale)	Eo	0.965	
Portata Laterale	Q2	0.166	l/s
Battente a fine caditoia	h1	0.005	m
Larghezza residua	b-l	0.2	m
Area di deflusso Q2	A2	0.0005	m ²
Velocità deflusso Q2	V2	0.333	m/s
Rendimento captazione portata laterale	R2	0.31	
Efficienza totale della caditoia (con il contributo laterale)	E	0.975	l/s
Dimensioni della griglia - Asce e Wef			
Spessore barre	s	0.02	m
Numero di barre	n	12	
Lunghezza necessaria	L'	0.50	m

Calcolo interasse caditoie			
Coefficienti c.p.p.	a	64.301	mm/h
	n	0.377	
Durata precipitazione	Tc	5	min
Coefficiente di laminazione	e	1.00	
Coefficiente di afflusso	j	1.00	
Intensità precipitazione	i	302	mm/h
Coefficiente udometrico	u	841	l/s/ha
Massima superficie drenata	ATOT	55.90	m ²
Lunghezza drenata	LL	13.15	m
Interasse minimo caditoie		13	<u>m</u>

Cunetta alla francese

Tratto	CNS01.1	CNS01.2	
Lunghezza tratto	77	44	m
Area impermeabile afferente [m2]	590.75	310.25	m ²
Area permeabile scarpate afferente [m2]	0	0	m ²
Area bacini esterni afferente [m2]	300	300	m ²
tc	5	5	min
Intensità precipitazione	302.38	302.38	mm/h
Q dren	0.06	0.037	m ³ /s
Altezza idrica in cunetta	0.073	0.061	m
Riempimento	91	76.25	%

6. ALLEGATO B – DIMENSIONAMENTO COLLETTORI

Collettori sotto strada

Collettore	Materiale	Area tot (m2)	Diametro Nominale (mm)	Pendenza	Lunghezza (m)	Ks (m1/3/s)	T ingresso (min)	T corrivaz. (min)	Qcritica (m3/s)	h riempim. (m)	Rapporto di riempim.	Velocità (m/s)
TD01	pvc	49.5	250	0.032	11	85	5	5.052418057	0.0041	0.032	0.135	1.13
TD02	pvc	99	250	0.032	11	85	5	5.104836114	0.0082	0.045	0.189	1.38
TD03	pvc	148.5	250	0.032	11	85	5	5.157254171	0.0122	0.055	0.230	1.56
TD04	pvc	198	250	0.032	11	85	5	5.209672228	0.0162	0.064	0.265	1.69
TD05	pvc	198	250	0.032	11	85	5	5.262090286	0.0161	0.063	0.264	1.69

Tubo e Mezzotubo ondulato in acciaio

	Area impermeabile afferente [m2]	Area permeabile scarpate afferente [m2]	Area bacini esterni afferente [m2]	Materiale	Diametro Nominale (mm)	Pendenza	Ks (m1/3/s)	Qcritica (m3/s)	h riempim. (m)	Rapporto di riempim.	Velocità (m/s)
TE01 - tubazione	2044	870	7600	acciaio	1000	0.095	47	0.642	0.255	0.25	4.07
TE02 - tubazione	2044	870	7600	acciaio	1000	0.040	47	0.642	0.318	0.32	2.99
MTE03- mezzotubo	2044	870	7600	acciaio	1000	0.112	47	0.642	0.244	0.24	4.32
MTE04 - mezzotubo	2044	870	7600	acciaio	1000	0.068	47	0.642	0.278	0.28	3.61
MTE05 - mezzotubo	2044	870	7600	acciaio	1000	0.01	47	0.642	0.45	0.45	1.8

Tombini per continuità fossi - cls

	Area impermeabile afferente [m2]	Area scarpate afferente [m2]	Area bacini esterni afferente [m2]	Materiale	Diametro Nominale (mm)	Pendenza	Ks (m1/3/s)	Qcritica (m3/s)	h riempim. (m)	Rapporto di riempim.	Velocità (m/s)
Tombino T1	300.00	490.00	1000.00	cls	600	0.075	67	0.196	0.148	0.25	3.61
Tombino T2	300.00	490.00	1000.00	cls	600	0.039	67	0.196	0.175	0.29	2.86
Tombino T4	1244.00	200.00	5800.00	cls	600	0.010	67	0.460	0.429	0.71	2.13
Tombino T5	977.50	128.00	4000.00	cls	600	0.036	67	0.358	0.246	0.41	3.28
Tombino T6	1337.50	388.00	4000.00	cls	600	0.010	67	0.403	0.388	0.64	2.08

Tubi di scarico dei pozzetti

	Area impermeabile afferente [m2]	Area permeabile scarpate afferente [m2]	Area bacini esterni afferente [m2]	Materiale	Diametro Nominale (mm)	Pendenza	Ks (m1/3/s)	Qcritica (m3/s)	h riempim. (m)	Rapporto di riempim.	Velocità (m/s)
T03 - Primo scarico cunetta CNS01	310.25	0	300	acciaio	300	0.005	75	0.062	0.222	0.72	1.08

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
IG51-02-E-CV-RI-IR1D-0X-001-A00 RELAZIONE IDRAULICA	
Foglio 25 di 28	

TS01 - Secondo scarico cunetta CNS01	374	0	0	pvc	315	0.017	85	0.039	0.108	0.36	1.69
TSC01 - Scarico canaletta ondulata MTE04	2044	870	7600	pvc	630	0.010	85	0.642	0.459	0.76	2.74
TSC02 - Scarico da fosso	0	600	0	cls	500	0.010	67	0.135	0.223	0.45	1.59

Mezzotubi in cls testa muri

	Area impermeabile afferente [m2]	Area permeabile afferente [m2]	Area bacini esterni afferente [m2]	Materiale	Diametro Nominale (mm)	Pendenza	Ks (m1/3/s)	Qcritica (m3/s)	h riempim. (m)	Rapporto di riempim.	Velocità (m/s)
Mezzotubo MTD1	680	500	0	cls	400	0.115	85	0.187	0.137	0.36	5.12
Mezzotubo MTD2	360	260	0	cls	400	0.067	85	0.146	0.138	0.36	3.93

7. ALLEGATO C – DIMENSIONAMENTO CANALI

Canale		CD01	CD01	CS02	CS01	CD03	CS05	CS04	CS03	CD04	CD05
Area impermeabile afferente	mq	300	300	300	290	977.5	836	2573.5	0	0	0
Area permeabile scarpate afferente	mq	490	490	490	200	128	836	1974	2200	0	0
Area bacini esterni afferente	mq	1000	1000	1000	5000	4000	0	4000	0	1000	500
tc	min	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Intensità precipitazione	mm/h	302.38	302.38	302.38	302.38	302.38	302.38	302.38	302.38	302.38	302.38
Q dren	mc/s	0.196	0.196	0.196	0.246	0.246	0.246	0.246	0.246	0.246	0.246
Pendenza Canale		0.073	0.052	0.031	0.03	0.023	0.035	0.0037	0.004	0.005	0.005
Base Maggiore	m	0.50	0.50	0.50	0.50	1.50	1.50	0.80	1.50	1.50	1.50
Base Minore	m	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.80	0.50	0.50	0.50
Altezza Max	m	0.50	1.25	1.25	0.50	0.50	0.50	1.25	0.50	0.50	0.50
Pendenza Sponde		0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
Angolo sponde		0.00	0.00	0.00	0.00	45.00	45.00	0.00	45.00	45.00	45.00
Coeff strickler	m ^{1/3} /s	67	67	67	30	30	30	67	67	30	30
Altezza pelo libero		0.115	0.13	0.155	0.34	0.255	0.15	0.44	0.18	0.265	0.09
Riempimento		23	10.4	12.4	68	51	29	34.8	36	53	18

8. ALLEGATO D – DIMENSIONAMENTO FOSSI DISPERDENTI

FOSSO FS01			
CARATTERIZZAZIONE DEL BACINO AFFERENTE			
Superficie impermeabile afferente	m ²	148.75	
Superficie permeabile scarpata	m ²	0	
Superficie permeabile bacino esterno	m ²	105.00	
Coefficiente di deflusso superficie impermeabile		1	
Coefficiente di deflusso per superficie scarpata		0.70	
Coefficiente di deflusso per superficie bacino		0.50	
Superficie efficace (S)	m ²	201.25	
CARATTERISTICHE IDROLOGICHE E DI PERMEABILITA'			
permeabilità	m/s	1.00E-05	
a - TR100	mm/h	60.132	se t>1
n - TR100		0.391	se t>1
a - TR100	mm/h	64.301	se t<1
n - TR100		0.377	se t<1
GEOMETRIA DEL FOSSO RIVESTITO			
Lunghezza fosso	m	37.00	
base minore fosso	m	0.50	
altezza del fosso	m	0.50	
larghezza max in testa del fosso	m	1.50	
Pendenza sponde	y/x	1.00	
PARAMETRI DEL MODELLO			
Tempo di entrata in rete	[min]	5	
Costante di invaso		0.061790123	
Lunghezza massima rete di drenaggio	[m]	40	
a		1.584	
m		0.375	
Tp-tempo di pioggia	[min]	200	
Intensità di pioggia	[mm/h]	28.891	
RISULTATI			
Volume massimo invasato	[m ³]	19.283	
Massimo livello idrico all'interno del fosso	m	0.38	
Riempimento sezione	%	75.26	

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-RI-IR1D-0X-001-A00 RELAZIONE IDRAULICA		Foglio 28 di 28

FOSSO FS02			
CARATTERIZZAZIONE DEL BACINO AFFERENTE			
Superficie impermeabile afferente	m ²	643	
Superficie permeabile scarpata	m ²	63.8	
Superficie permeabile bacino esterno	m ²	0.00	
Coefficiente di deflusso superficie impermeabile		1	
Coefficiente di deflusso per superficie scarpata		0.70	
Coefficiente di deflusso per superficie bacino		0.50	
Superficie efficace (S)	m ²	687.66	
CARATTERISTICHE IDROLOGICHE E DI PERMEABILITA'			
permeabilità	m/s	1.00E-05	
a - TR100	mm/h	60.132	se t>1
n - TR100		0.391	se t>1
a - TR100	mm/h	64.301	se t<1
n - TR100		0.377	se t<1
GEOMETRIA DEL FOSSO RIVESTITO			
Lunghezza fosso	m	58.00	
base minore fosso	m	1.00	
altezza del fosso	m	1.00	
larghezza max in testa del fosso	m	3.00	
Pendenza sponde	y/x	1.00	
PARAMETRI DEL MODELLO			
Tempo di entrata in rete	[min]	5	
Costante di invaso		0.063345679	
Lunghezza massima rete di drenaggio	[m]	58	
a		1.584	
m		0.375	
Tp-tempo di pioggia	[min]	350	
Intensità di pioggia	[mm/h]	20.549	
RISULTATI			
Volume massimo invasato	[m ³]	82.190	
Massimo livello idrico all'interno del fosso	m	0.55	
Riempimento sezione	%	55.49	