

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

S.O. OPERE CIVILI

PROGETTO FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA  
LOTTO 2

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione descrittiva delle opere di drenaggio delle acque meteoriche della piattaforma ferroviaria e stradale

SCALA:

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RR0P 02 R 09 RH ID0002 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	R. Sabatini	Marzo 2023	C. Cesali	Marzo 2023	T. Paoletti	Marzo 2023	Vittozzi Agosto 2023
B	Emissione a seguito istruttoria del CS del CSLLPP	C. Cesali	Agosto 2023	F. Cabas	Agosto 2023	T. Paoletti	Agosto 2023	

ITALFERR S.p.A.  
U.O. Opere Civili e gestione delle varianti  
Dott. Ing. Angelo Vittozzi  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
N° A2/0783

File: RR0P02R09RHID0002001B.doc

n. Elab.:

## INDICE

1. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO E NORMATIVA .....	3
1.1 NORMATIVA NAZIONALE .....	3
1.2 NORMATIVA REGIONALE .....	3
1.3 DOCUMENTI TECNICI .....	4
2. PREMessa .....	5
3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO .....	5
4. IDROLOGIA E IDRAULICA.....	7
4.1 INQUADRAMENTO GENERALE .....	7
4.2 FLUMINI MANNU .....	7
4.3 DATI IDROLOGICI DI PROGETTO .....	8
4.4 MODELLO AFFLUSSI-DEFLUSSI .....	10
5. DESCRIZIONE SMALTIMENTO IDRAULICO DI PIATTAFORMA FERROVIARIA .....	12
5.1 SMALTIMENTO IDRAULICO PIATTAFORMA FERROVIARIA IN RILEVATO .....	12
5.2 SMALTIMENTO IDRAULICO PIATTAFORMA FERROVIARIA IN TRINCEA .....	14
6. DESCRIZIONE SMALTIMENTO IDRAULICO PIATTAFORMA STRADALE .....	15
6.1 SMALTIMENTO IDRAULICO PIATTAFORMA STRADALE IN RILEVATO .....	15
6.2 SMALTIMENTO IDRAULICO PIATTAFORMA STRADALE IN TRINCEA .....	15
6.3 DESCRIZIONE SISTEMA DI TRATTAMENTO ACQUE DI PRIMA PIOGGIA .....	16
6.3.1 Criteri di pre-dimensionamento impianti di prima pioggia.....	18
7. DESCRIZIONE E CRITERI DI PREDIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO .....	19
8. INVARIANZA IDRAULICA .....	20
8.1 INVARIANZA IDRAULICA _STATO ATTUALE E POST_ INTERVENTO DI CLASSE B.....	22
8.2 STIMA DELL'IDROGRAMMA DI PROGETTO INTERVENTO DI CLASSE B.....	23
8.3 INVARIANZA IDRAULICA _STATO ATTUALE E POST_ INTERVENTO DI CLASSE C .....	24
8.4 STIMA DELL'IDROGRAMMA DI PROGETTO INTERVENTO DI CLASSE C .....	25
8.5 APPLICAZIONE DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA _VIABILITÀ_ INTERVENTO DI CLASSE B	26
8.6 APPLICAZIONE DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA _FERROVIA_ INTERVENTO DI CLASSE C27	

## INDICE DELLE FIGURE

Fig. 1 - Raddoppio Decimomannu-Villamassargia: tratte di progetto e alternative di tracciato. ....	6
Fig. 2 - Inquadramento idrologico/idraulico: bacino Idrografico Flumini Mannu .....	7
Fig. 3 - Idrogramma di piena di progetto.....	10
Fig. 4 - Sezione tipo in rilevato.....	12
Fig. 5 - Sezione tipo in trincea.....	14
Fig. 6 – Particolare della sezione tipo in trincea .....	16
Fig. 7 – Schema funzionale vasca di prima pioggia.....	18

## INDICE DELLE TABELLE

Tab. 1 – Parametri a e n per diversi tempi di ritorno e durate – VAPI .....	9
Tab. 2 – Parametri a e n per diversi tempi di ritorno e durate – Studio Deidda (2016).....	9
Tab. 3 – Principali agenti inquinanti presenti sulla sede stradale .....	17
Tab. 4 – Vasche di prima pioggia a servizio delle viabilità di progetto.....	19
Tab. 5 – Volumi vasche di laminazione a servizio delle viabilità di progetto .....	26
Tab. 6 – Volumi fossi di guardia con bauletto drenante a servizio dei tratti ferroviari.....	28

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA          LOTTO 2</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b>					
<b>RELAZIONE DESCRITTIVA DELLE OPERE DI          DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE DELLA          PIATTAFORMA FERROVIARIA E STRADALE</b>	COMMESSA RR0P	LOTTO 02 R 09	CODIFICA RH	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B	FOGLIO 3 di 28

## 1. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO E NORMATIVA


Con specifico riguardo agli strumenti di pianificazione e di tutela presenti sul territorio, a scala nazionale e regionale, i riferimenti principali nel campo idrologico-idraulico sono elencati nel seguito.

### 1.1 Normativa nazionale

- R.D. 25/07/1904, n. 523 – “Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie”;
- R.D. 27/07/1934, n. 1265 – “Testo unico delle leggi sanitarie”;
- Circolare 07/01/1974, n. 11633 – “Istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto”;
- D.M. 12/12/1985 – “Normativa tecnica per le tubazioni”;
- Circolare 20/03/1986, n. 27291 – “Istruzioni relative alla normativa tecnica per le tubazioni”;
- Legge 18 maggio 1989, n. 183. Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo;
- L. 36/94 (Legge Galli). Disposizioni in materia di risorse idriche;
- D.P.R. 14 aprile 1994. Atto di indirizzo e coordinamento in ordine alle procedure ed ai criteri per la delimitazione dei bacini idrografici di rilievo nazionale e interregionale;
- Dpcm 4/3/96. Disposizioni in materia di risorse idriche;
- Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152. Norme in materia ambientale;
- Manuale di Progettazione ferroviaria RFI.


### 1.2 Normativa regionale

- Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Regione Autonoma della Sardegna (Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.67 del 10.07.2006).
- P.A.I. – Regione Sardegna, Norme Tecniche di Attuazione (aggiornamento: marzo 2022).
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) – Regione Autonoma Sardegna (Delibera n. 2 del 17.12.2015 - Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino della Regione Sardegna).
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) - Regione Autonoma della Sardegna (Deliberazione del Comitato Istituzionale n.14 del 21/12/2021).

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b> <b>LOTTO 2</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b>					
<b>RELAZIONE DESCRITTIVA DELLE OPERE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE DELLA PIATTAFORMA FERROVIARIA E STRADALE</b>	COMMESSA RR0P	LOTTO 02 R 09	CODIFICA RH	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B	FOGLIO 4 di 28

### 1.3 Documenti tecnici

- [1] D. Citrini, G. Nosedà – “Idraulica” – Casa Editrice Ambrosiana Milano – 1987;
- [2] F. Arredi – “Costruzioni Idrauliche” – Utet – 1987;
- [3] G. Ippolito – “Appunti di costruzioni idrauliche” – Liguori – 1993;
- [4] S. Gabriele, G. Liritano – “Alcuni aspetti teorici ed applicativi nella regionalizzazione delle piogge con il modello TCEV” – Previsione e Prevenzione degli Eventi Idrologici Estremi e Loro Controllo, Rapporto 1992/93, L1, GNDCI-CNR, Roma – 1994;
- [5] G. Calenda, F. Campolo, C. Cosentino, R. Guercio – “Valutazione delle piene nei bacini delle sezioni idrografiche di Roma e Pescara” – In La valutazione delle piene in Italia-Rapporto Nazionale di Sintesi, CNR-GNDCI, Allegato F, Roma – 1994;
- [6] L. Da Deppo, C. Datei – “Fognature” – Edizioni Progetto Padova – 1997;
- [7] S. Artina et al. – “Sistemi di Fognatura” – Centro Studi Deflussi Urbani – Hoepli – 1997;
- [8] C. Ciaponi, S. Papiri, U. Sanfilippo, S. Todeschini – “Acque di prima Pioggia – Manuale di Progettazione” – CSDU/ Hoepli – 2014.

	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA LOTTO 2</b>					
	<b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b>					
<b>RELAZIONE DESCRITTIVA DELLE OPERE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE DELLA PIATTAFORMA FERROVIARIA E STRADALE</b>	COMMESSA RR0P	LOTTO 02 R 09	CODIFICA RH	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B	FOGLIO 5 di 28

## 2. **PREMESSA**

Il presente documento, parte del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica del “*Raddoppio della tratta ferroviaria Decimomannu – Villamassargia – Lotto 2 – Villaspeciosa-Siliqua*” rientrante tra le opere del *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza*, descrive i sistemi di drenaggio delle opere e dei manufatti idraulici annessi alla realizzazione degli interventi di progetto, volti alla raccolta, al collettamento ed allo smaltimento delle acque meteoriche precipitate sulla sede ferroviaria e sulle aree ad essa afferenti, nonché sulle aree di stazione e delle viabilità di progetto.

Sono quindi riportati i criteri e le metodologie adottate per il dimensionamento dei manufatti e i recapiti finali individuati per lo scarico delle acque raccolte, nel rispetto del principio dell'invarianza idraulica.

In conformità al Manuale di Progettazione Ferroviaria (RFI) i sistemi di drenaggio devono essere dimensionati e verificati per un evento critico di durata inferiore all'ora (scroscio) e per un prefissato tempo di ritorno  $T_r$ , posto pari a 100 anni per le aree afferenti al sistema di drenaggio disposto a presidio della sede ferroviaria (sistema di drenaggio di linea), pari invece a 25 anni per le aree afferenti al sistema di drenaggio della viabilità e delle aree esterne (sistemi di drenaggio esterni alla linea ferroviaria).

## 3. **DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO**

Il progetto del Raddoppio ferroviario Decimomannu – Villamassargia, si articola in due fasi funzionali, la prima che consiste nel raddoppio da Decimomannu a Siliqua, la seconda da Siliqua a Villamassargia, per uno sviluppo complessivo di circa 29 km.

L'intervento è suddiviso nelle seguenti quattro tratte:

- 1° *Tratta, Decimomannu – Villaspeciosa*
- **2° *Tratta, Villaspeciosa – Siliqua***
- 3° *Tratta, Abitato di Siliqua - Punto intermedio (Nuovo P.C.)*
- 4° *Tratta, Punto intermedio (Nuovo P.C.) – Villamassargia*

Tra queste, la Committenza (RFI) ha individuato come prioritarie le tratte (o i lotti) 1 e 2.



Fig. 1 - Raddoppio Decimomannu-Villamassargia: tratte di progetto e alternative di tracciato.

Il *lotto 1* di raddoppio riguarda il tratto tra la Stazione di Decimomannu e la fermata di Villaspeciosa inclusa. Il raddoppio è tale da realizzare la chiusura *doppio – singolo* a valle di Villaspeciosa. Il tracciato di progetto si sviluppa in variante piano-altimetrica.

Il *lotto 2* prevede un raddoppio in affiancamento alla LS in variante altimetrica che si sviluppa per una lunghezza di circa 5,5 km dopo la fermata di Villaspeciosa e prima dell'abitato di Siliqua.

La presente progettazione interessa l'affidamento dell'incarico per la redazione del Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica di seconda fase e dello Studio di Impatto Ambientale, del Lotto 2 del Raddoppio Decimomannu-Villamassargia, compreso tra le località di Villaspeciosa-Uta e di Siliqua (stazione esclusa), finalizzata all'identificazione della soluzione progettuale più efficace rispetto ai requisiti e agli standard adottati, ed economicamente sostenibile.

## 4. IDROLOGIA E IDRAULICA

### 4.1 Inquadramento generale


Dal punto di vista idrologico-idraulico, la tratta ferroviaria in progetto si sviluppa nel tratto terminale parallelamente al *Riu Gora Perdosu*, tributario in destra idraulica del *Riu Spinosu* (a sua volta tributario in destra idraulica del Flumini Mannu, a Decimomannu).

### 4.2 Flumini Mannu

Il Flumini Mannu è il quarto fiume della Sardegna per ampiezza di bacino e con una lunghezza dell'asta principale di circa 96 km, rappresenta il più importante fiume della Sardegna Meridionale. Il suo corso, che si svolge in direzione NE-SO, ha origine da molti rami sorgentiferi dall'altipiano calcareo del Sarcidano, si sviluppa attraverso la Marmilla e, costituitosi in un unico corso, sbocca nella piana del Campidano sfociando in prossimità di Cagliari nelle acque dello Stagno di S. Gilla.



Fig. 2 - Inquadramento idrologico/idraulico: bacino Idrografico Flumini Mannu

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b> <b>LOTTO 2</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b>					
	<b>RELAZIONE DESCRITTIVA DELLE OPERE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE DELLA PIATTAFORMA FERROVIARIA E STRADALE</b>	COMMESSA RR0P	LOTTO 02 R 09	CODIFICA RH	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B

Il Flumini Mannu di Cagliari si differenzia notevolmente dagli altri corsi d'acqua dell'Isola per i caratteri topografici del suo bacino imbrifero. L'asta principale per quasi metà del suo sviluppo si svolge in pianura, al contrario della maggior parte dei corsi d'acqua sardi aventi come caratteristica la brevità del corso pianeggiante rispetto a quello montano.

Gli affluenti principali del Flumini Mannu di Cagliari sono:

- in destra: il Canale Vittorio Emanuele, che drena le acque della depressione di Sanluri, e il Torrente Leni, che convoglia le acque di numerose sorgenti del Monte Linas e giunge nella piana del Campidano in territorio di Villacidro;
- in sinistra: il Torrente Lanessi, e il Riu Mannu di San Sperate che drena, con il Rio Flumineddu, le acque della Trexenta.

Lungo il corso principale è ubicato l'invaso di Is Barroccus, con capacità massima di invaso di 12 milioni di mc. L'invaso è gestito dall'EAF.

#### 4.3 Dati idrologici di progetto

Con gli studi condotti nella relazione idrologica sono state definite le altezze di precipitazione di progetto, ricavando i dati relativi dalle curve di probabilità pluviometrica per i diversi tempi di ritorno associati.

Come ampiamente descritto nella "Relazione idrologica" annessa (elab. RR0P02R09RIID0001001), cui si rimanda per maggiori dettagli, la definizione delle curve di possibilità pluviometrica e successivamente della pioggia di progetto relative al territorio di interesse per l'infrastruttura in studio è stata eseguita con riferimento alle seguenti metodologie di calcolo:


- *Procedura Va.P.I. della Regione Sardegna;*
- *Studio «1966-2016 Evoluzione e progressi negli studi degli eventi estremi di precipitazione in Sardegna», Prof. Roberto Deidda, Università di Cagliari (2016) .*

Per il dimensionamento e la verifica idraulica dei sistemi di drenaggio della piattaforma, sia ferroviaria che stradale è stato adottato cautelativamente il "Metodo della Corrivazione", dove l'intensità di pioggia di progetto è stata ricavata adottando la relazione:

$$i_t(Tr) = a(Tr) \cdot t^{n-1}$$

Il manuale di progettazione ferroviaria (RFI) fornisce, in relazione al tipo di manufatto idraulico i seguenti tempi di ritorno da adottare:



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b> <b>LOTTO 2</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b>					
	<b>RELAZIONE DESCRITTIVA DELLE OPERE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE DELLA PIATTAFORMA FERROVIARIA E STRADALE</b>	COMMESSA RR0P	LOTTO 02 R 09	CODIFICA RH	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B

- Drenaggio piattaforma:

-TR = 100 anni per la linea ferroviaria;

-TR = 25 anni per le deviazioni stradali;

- Fossi di guardia/canalette (tratti in rilevato):

-TR = 100 anni per la linea ferroviaria;

-TR = 25 anni per le deviazioni stradali;

- Fossi di guardia/canalette (tratti in trincea):

-TR = 100/200 anni per la linea ferroviaria e per le deviazioni stradali.

Si riportano di seguito i parametri delle curve di possibilità pluviometriche relative a diversi tempi di ritorno; sono state stimate le CPP sia con il metodo del VAPI sia con il metodo proposto da Deidda.

<b>STUDIO VAPI</b>				
<b>Tr</b>	<b>a (t &lt; 1h)</b>	<b>a (t &gt; 1h)</b>	<b>n (t &lt; 1h)</b>	<b>n (t &gt; 1h)</b>
25	37.11	42.34	0.334	0.334
50	41.04	49.59	0.335	0.335
100	44.66	56.65	0.334	0.334
200	48.38	63.84	0.330	0.330

Tab. 1 – Parametri a e n per diversi tempi di ritorno e durate – VAPI

<b>STUDIO DEIDDA (2016)</b>			
<b>Tr</b>	<b>a</b>	<b>n (t &lt; 1h)</b>	<b>n (t &gt; 1h)</b>
25	45.94	0.443	0.365
50	53.66	0.468	0.385
100	61.92	0.493	0.404
200	70.86	0.519	0.430

Tab. 2 – Parametri a e n per diversi tempi di ritorno e durate – Studio Deidda (2016)

#### 4.4 Modello afflussi-deflussi

Per la stima delle portate al colmo di piena, afferenti alle aree di drenaggio degli elementi idraulici di progetto, è stata seguita la metodologia di trasformazione afflussi-deflussi basata sul metodo cinematico o della corrivazione. Il metodo della corrivazione, detto anche modello cinematico o metodo aree-tempi, considera prevalenti nel bacino i fenomeni di traslazione dell'acqua. Il bacino è schematizzato come un insieme di canali lineari e si assume come ipotesi di base che il tempo impiegato dalla precipitazione efficace per raggiungere la sezione di chiusura a partire da un generico punto del bacino è invariante e dipende soltanto dalla posizione del punto di origine. Tale metodo afferma che il massimo dei deflussi si ha in corrispondenza di precipitazioni di durata pari al tempo di corrivazione del bacino  $t_c$ . Il tempo di corrivazione è definito come il tempo impiegato dalla particella d'acqua idraulicamente più lontana a percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura e l'intensità di precipitazione sia distribuita uniformemente sull'intero bacino. Assumendo, quindi, uno ietogramma costante per un tempo  $t_c$ , la forma dell'idrogramma alla sezione di chiusura avrà, in seguito alle ipotesi del metodo, forma triangolare, con base uguale al doppio del tempo di pioggia ed altezza pari a  $Q$ , come illustrato nella seguente figura.

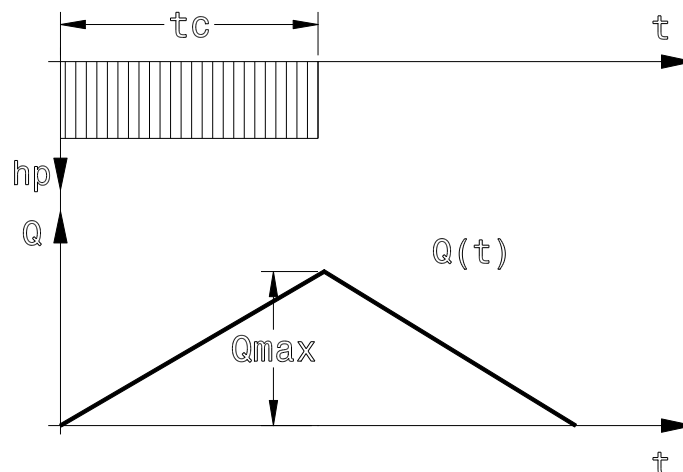



Fig. 3 - Idrogramma di piena di progetto

Durante la precipitazione, una quota parte di pioggia si infiltra nel terreno, in relazione alle caratteristiche di permeabilità del terreno e al grado di saturazione dello stesso nelle condizioni antecedenti l'evento meteorico; la restante parte è quella che costituisce il deflusso superficiale e prende il nome di "pioggia efficace" o "pioggia netta", calcolata come:

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b> <b>LOTTO 2</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b>					
	<b>RELAZIONE DESCRITTIVA DELLE OPERE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE DELLA PIATTAFORMA FERROVIARIA E STRADALE</b>	COMMESSA RR0P	LOTTO 02 R 09	CODIFICA RH	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B

$$P_n(d, T) = \phi(d, T) \cdot h_{dT} \quad 0 \leq \phi \leq 1$$

dove  $\phi$  rappresenta il coefficiente di deflusso che rappresenta l'aliquota che defluisce sul terreno in funzione della natura del terreno: esso varia tra 0.3-0.5 per zone poco edificate con buona copertura vegetale a 0.5-0.9 per aree con bassa capacità di trattenere le piogge.

La massima portata al colmo di piena, alla luce di quanto detto viene espressa dalla seguente relazione:

$$Q_c = \frac{A \cdot P_n}{3.6 \cdot t_c}$$

dove:

- $Q_c$  è il valore della portata al colmo (mc /s);
- $t_c$  è il tempo di corrivazione (ore);
- $P_n$  è l'altezza di pioggia netta (mm), corrispondente alla durata pari al tempo di corrivazione ( $t_c$ ), dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica di tempo di ritorno assegnato (T);
- $A$  è l'area del bacino (kmq).

## 5. DESCRIZIONE SMALTIMENTO IDRAULICO DI PIATTAFORMA FERROVIARIA

In questo capitolo, vengono illustrati gli elementi principali ed accessori costituenti i sistemi di drenaggio in progetto.

### 5.1 Smaltimento idraulico piattaforma ferroviaria in rilevato

Nei tratti in cui il corpo ferroviario si trova in rilevato, le acque meteoriche vengono canalizzate mediante un cordolo bituminoso a lato della piattaforma ed allontanate dalla sede ferroviaria per mezzo di embrici disposti lungo le scarpate del rilevato ferroviario.

Al piede del rilevato, l'acqua viene collettata per mezzo di fossi di guardia, dimensionati con tempo di ritorno centennale, necessari alla raccolta delle acque di piattaforma provenienti dagli embrici e dalle scarpate del corpo del rilevato.

Tali elementi presentano una sezione trapezia con pendenza delle sponde pari a 1:1. Nel rispetto del principio di invarianza idraulica (per i dettagli si rimanda al Capitolo 8) si è scelto di predisporre degli elementi disperdenti per favorire l'infiltrazione nel sottosuolo. In particolare, tale elemento è costituito da un bauletto disperdente costituito da materiale grossolano, confinato all'interno di un geotessuto drenante, che ne previene l'intasamento.

SEZIONE TIPO IN RILEVATO

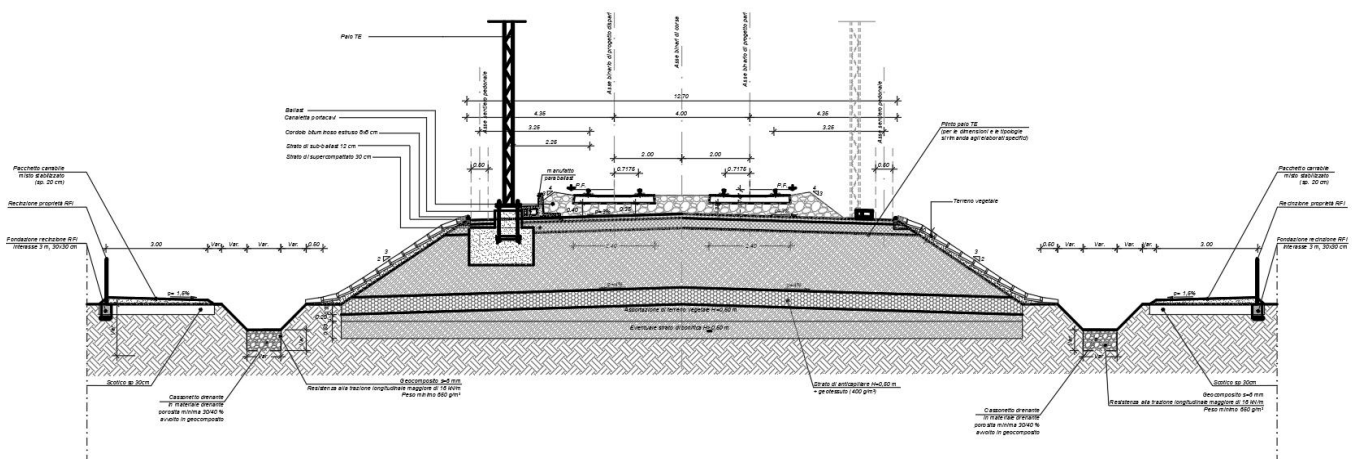


Fig. 4 - Sezione tipo in rilevato

In questa fase, la scelta di prevedere sistemi/elementi di drenaggio a dispersione è stata dettata principalmente dall'analisi della profondità della falda, nonché in via qualitativa dalla permeabilità dei suoli attraversati.

A tal proposito, nella tabella seguente sono riportati i valori di profondità della falda lungo il tracciato ferroviario di progetto.

<i>ID sondaggio</i>	<i>prog. inizio</i>	<i>prog. fine</i>	<i>Profondità falda (m)</i>
S1	0+000.00	1+250.00	15.0
S2	1+250.00	2+050.00	21.0
S3	2+050.00	2+950.00	21.0
S4	2+950.00	4+150.00	45.0
S5	4+150.00	5+100.00	4.2
S6	5+100.00	5+450.00	5.0

Il coefficiente di permeabilità si attesta a valori pari a  $5.2 \times 10^{-7} \div 6.9 \times 10^{-5}$  m/s.

In via cautelativa, in questa fase sono stati previsti anche fossi di guardia di dimensioni maggiori (con larghezza pari a 2m) rispetto a quelli standard/tipologici (di larghezza pari a 1.5m).

Nella successiva fase progettuale saranno comunque condotti ulteriori approfondimenti e saranno forniti i calcoli di dimensionamento (sulla base della relativa capacità di infiltrazione) dei bauletti disperdenti previsti.

## 5.2 Smaltimento idraulico piattaforma ferroviaria in trincea

Nei tratti in cui il corpo ferroviario si trova in trincea sono state dimensionate canalette in cls di forma rettangolare di larghezza 0.5 m e profondità variabile da 0.5 m a 1 m, poste ai piedi della scarpata o dei muri di sostegno per la raccolta e l'allontanamento delle acque di piattaforma e quelle provenienti dal ruscellamento della scarpata stessa. In generale la pendenza è pari a quella della livelletta ferroviaria. Sono inoltre presenti fossi di guardia posti in sommità alla scarpata (quota p.c. naturale) per la raccolta delle acque provenienti dai terreni adiacenti, a protezione della linea ferroviaria. Tali elementi presentano una sezione trapezia con pendenza delle sponde pari a 1:1 ed un rivestimento in cls.

SEZIONE TIPO IN TRINCEA

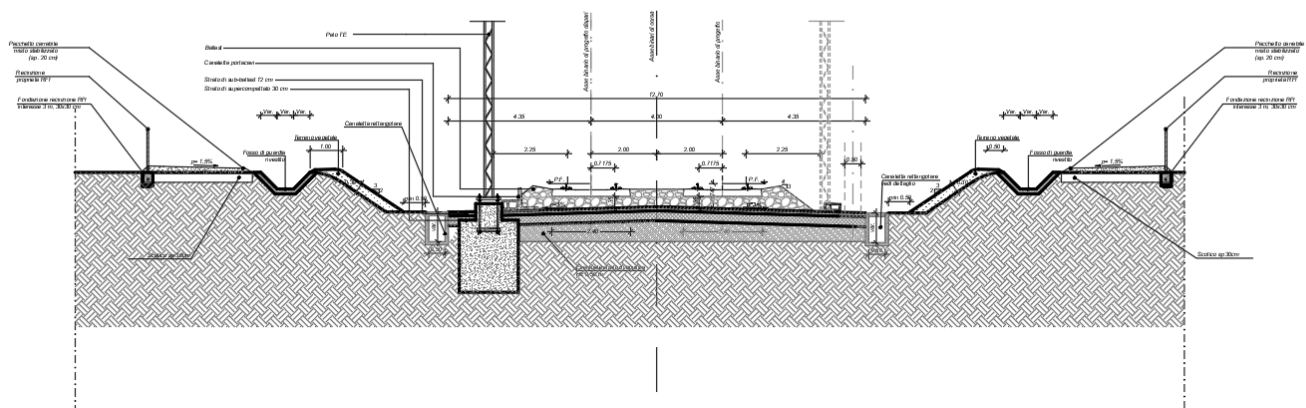


Fig. 5 - Sezione tipo in trincea

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b> <b>LOTTO 2</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b>					
<b>RELAZIONE DESCRITTIVA DELLE OPERE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE DELLA PIATTAFORMA FERROVIARIA E STRADALE</b>	COMMESSA RROP	LOTTO 02 R 09	CODIFICA RH	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B	FOGLIO 15 di 28

## 6. DESCRIZIONE SMALTIMENTO IDRAULICO PIATTAFORMA STRADALE

Le soluzioni previste nel presente progetto, per lo smaltimento delle acque meteoriche ricadenti sulla pavimentazione stradale, garantiscono un immediato allontanamento delle acque meteoriche evitando il formarsi di ristagni sulla pavimentazione stradale. In linea generale, si è scelto di mantenere separate le acque meteoriche provenienti dai versanti da quelle scolanti su piattaforma stradale, cariche di inquinanti per le quali è previsto un sistema di drenaggio di tipo chiuso con recapito a un impianto di trattamento di prima pioggia, ubicato in prossimità delle viabilità stesse.

I manufatti idraulici a protezione delle viabilità e di cui verranno descritte le principali caratteristiche sono i seguenti:

- Pozzetti caditoia per la raccolta e convogliamento acque meteoriche sede stradale e marciapiedi;
- Collettori di drenaggio/tubazioni di attraversamento per l'allontanamento delle acque meteoriche della sede stradale;
- Fossi di guardia per la raccolta, convogliamento e smaltimento delle acque meteoriche della sede stradale e delle acque di scolo (in testa alle sezioni in trincea);
- Canaletta grigliata per la raccolta e convogliamento delle acque meteoriche dei piazzali e delle strade, ove necessario;
- Cunetta alla francese per la raccolta e il convogliamento delle acque meteoriche sede stradale;
- Vasca di prima pioggia per il trattamento delle acque meteoriche provenienti dalla piattaforma stradale.

### 6.1 Smaltimento idraulico piattaforma stradale in rilevato

Nei tratti in rilevato lo smaltimento delle acque meteoriche delle viabilità stradali avviene per mezzo di un sistema di drenaggio e collettamento di tipo chiuso costituito da caditoie e tubazioni in PEAD che recapita dapprima alla vasca di prima pioggia e successivamente al ricettore finale.

Per ulteriori particolari costruttivi degli elementi idraulici menzionati si rimanda ai relativi elaborati grafici dei particolari costruttivi di drenaggio di piattaforma.

### 6.2 Smaltimento idraulico piattaforma stradale in trincea

Nei tratti in trincea, così come in quelli in sovrapposizione alla viabilità esistente, lo smaltimento delle acque meteoriche della sede stradale avviene per mezzo di un sistema di cunette alla francese e/o

caditoie poste ad interasse tra 15 e 25 m, protette da griglie carrabili in ghisa. Le acque confluiscono poi in tubazioni in PVC/PEAD che permettono il convogliamento verso il recapito.

A protezione della sede stradale vengono previsti, in testa alla trincea, fossi di guardia rivestiti in cls di geometria trapezia ed inclinazione longitudinale variabile in relazione alla naturale inclinazione del terreno.

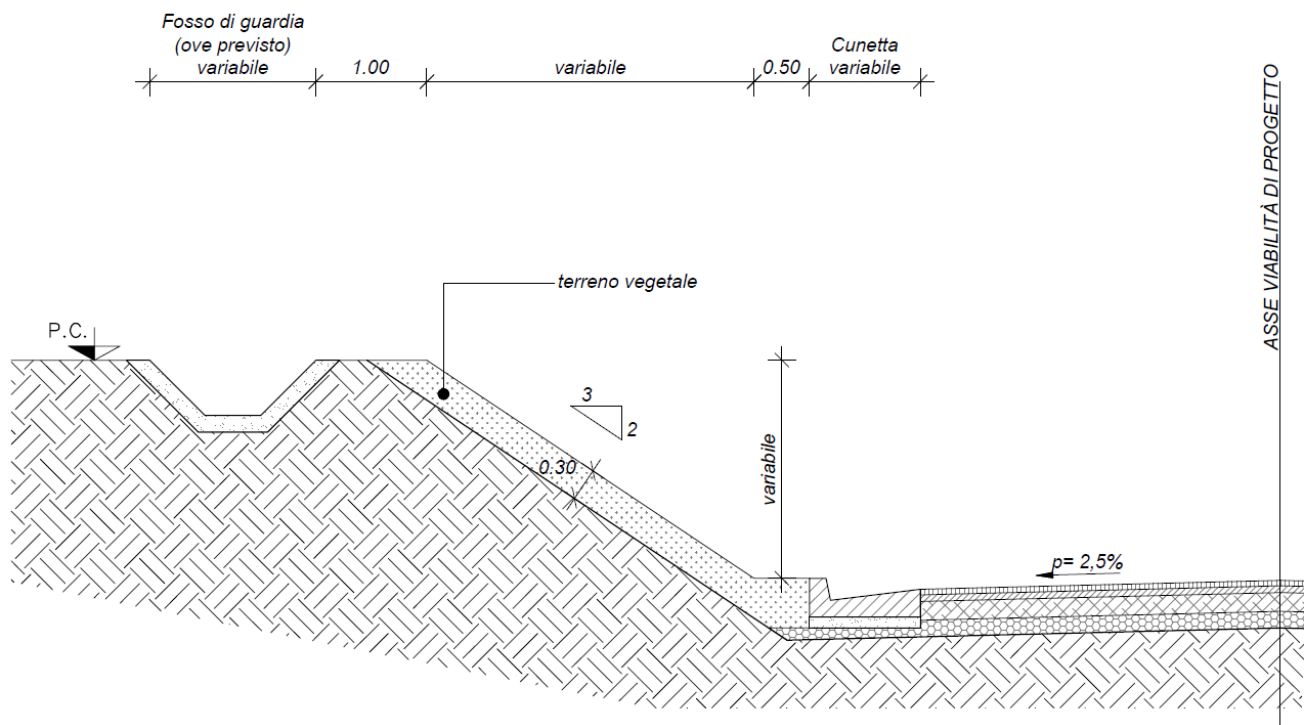


Fig. 6 – Particolare della sezione tipo in trincea


Ove presenti muri di sostegno o scavi in roccia vengono previste, in testa ad essi, canalette rettangolari di dimensioni variabili (con base 1 m e altezze variabili da 0,5 m a 1 m).

### 6.3 Descrizione sistema di trattamento acque di prima pioggia

Con riferimento alla piattaforma stradale, durante le prime fasi di un evento meteorico, le acque ricadenti sulla sede stradale sono caratterizzate da elevate concentrazioni di inquinanti, quali solidi sedimentabili e liquidi nocivi che vanno raccolti e trattati in specifici impianti di depurazione.

Queste acque vengono chiamate acque di prima pioggia, e si identificano, secondo l'attuale normativa italiana come i primi 5 mm d'acqua precipitata durante un evento meteorico per ogni metro



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b> <b>LOTTO 2</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b>					
	<b>RELAZIONE DESCRITTIVA DELLE OPERE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE DELLA PIATTAFORMA FERROVIARIA E STRADALE</b>	COMMESSA RR0P	LOTTO 02 R 09	CODIFICA RH	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B

quadro di superficie impermeabile, corrispondenti ai primi 15 min di pioggia. Le acque successive a tale durata, chiamate acque di seconda pioggia, sono considerate pulite e vengono direttamente convogliate nel recapito finale.

Nella tabella è riportato un elenco delle principali fonti di emissione e delle relative sostanze emesse dal traffico stradale.

Agenti inquinanti	Principali fonti di emissione
Particolato	Consumo della pavimentazione, deposizione atmosferica, manutenzione stradale
Azoto e fosforo	Deposizione atmosferica, fertilizzanti utilizzati sul bordo della strada
Piombo	Gas di scarico, consumo freni, oli lubrificanti, grassi, consumo cuscinetti
Zinco	Usura dei pneumatici, olio motore, grassi, corrosione dei guard-rail
Ferro	Usura della parti meccaniche dei veicoli, corrosione delle carrozzerie, strutture in ferro sulle strade (pannelli, guard-rail, segnaletica)
Rame	Usura freni, carrozzeria veicoli, usura della parti meccaniche, insetticidi e anticrittogamici
Cadmio	Usura pneumatici
Cromo	Carrozzeria veicoli, consumo freni e frizione
Nichel	Combustione a diesel, oli lubrificanti, carrozzerie, asfalto, consumo freni
Manganese	Usura parti meccaniche
Sodio, calcio, cloro	Prodotti antigelo
Zolfo	Benzine, prodotti antigelo
Petrolio	Perdite dai motori, asfalti e bitume
Bromo	Gas di scarico dei motori
Gomma	Consumo pneumatici
Amianto	Consumo freni e frizione

Tab. 3 – Principali agenti inquinanti presenti sulla sede stradale

Sebbene l'art. 22 della Direttiva Regionale "Disciplina degli scarichi" approvata con D.G.R. n. 69/25 del 10.12.2008, al punto 1 non preveda che le strade pubbliche e private si assoggettano al rispetto delle norme inerenti alla qualità delle acque, ovvero al raggiungimento degli obiettivi di qualità, si sceglie, a favore di sicurezza, di predisporre comunque impianti di prima pioggia per le viabilità di progetto.

Tali sistemi raccoglieranno anche eventuali acque di lavaggio, che possano contenere oli, idrocarburi, grassi e altri residui derivanti dalle attività di manutenzione, il cui specifico sistema di trattamento verrà meglio valutato nelle successive fasi progettuali.

Per quanto riguarda la posizione plano-altimetrica di tali impianti, è stata individuata per quanto possibile quella che permette il funzionamento della rete a gravità, per cui sono in genere poste nei punti di minimo del tracciato e, quando possibile, al di fuori dell'impronta stradale.

Gli impianti di trattamento delle acque di prima pioggia sono costituiti da una vasca di accumulo e sedimentazione primaria in c.a. e da un disoleatore statico posizionati in serie al di sotto del piano

campagna; sono dotati di pozzetti di ispezione per permettere le usuali operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria (in caso di sversamenti accidentali di oli e/o carburanti).

Gli impianti di trattamento sono costituiti delle seguenti opere:

- Pozzetto di arrivo delle tubazioni di drenaggio
- Pozzetto scolmatore o by pass acque di seconda pioggia (in ingresso alla vasca);
- Collettore acque di seconda pioggia e “troppo pieno” per collettamento acque in esubero al recapito finale;
- Manufatto (Vasca) di prima pioggia;
- Impianto di sollevamento acque meteoriche (in uscita dalla vasca);
- Pozzetto di scarico acque impianto di sollevamento;
- Disoleatore statico a coalescenza prefabbricato;
- Pozzetto di ispezione e/o campionamento acque;
- Collettore di scarico fino al recapito finale.

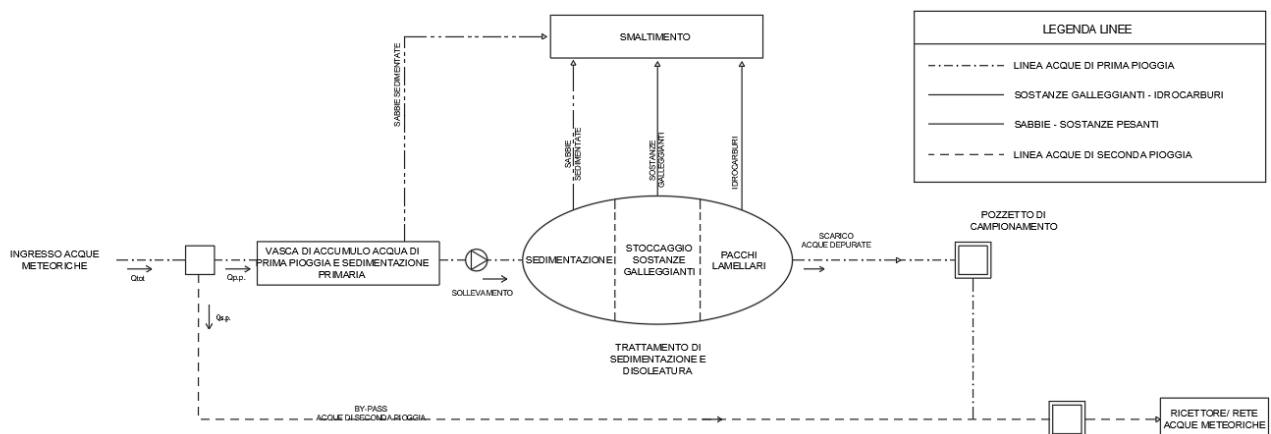



Fig. 7 – Schema funzionale vasca di prima pioggia

### 6.3.1 Criteri di pre-dimensionamento impianti di prima pioggia

In questa fase, per meglio valutare gli ingombri di tali manufatti, si è effettuato un calcolo dei volumi che le vasche dovranno garantire per assolvere al compito precedentemente descritto.

Il dimensionamento della vasca di prima pioggia, prevista nell’ambito del trattenimento ed avvio a depurazione dei contributi di deflusso potenzialmente contaminati, è stato effettuato secondo quanto previsto all’Art.2 punto 1. della Direttiva “Disciplina degli scarichi” della Regione Sardegna, il quale

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b> <b>LOTTO 2</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b>					
	<b>RELAZIONE DESCRITTIVA DELLE OPERE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE DELLA PIATTAFORMA FERROVIARIA E STRADALE</b>	COMMESSA RR0P	LOTTO 02 R 09	CODIFICA RH	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B

considera le acque di prima pioggia le acque corrispondenti, per ogni evento meteorico, ad una precipitazione di cinque millimetri uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante; ai fini del calcolo delle portate si stabilisce che tale valore si verifichi in quindici minuti. Tali volumi risultano inoltre efficaci anche nei calcoli della verifica di invarianza idraulica discussa nel seguito.

Viabilità	ID vasca di prima pioggia	Progressiva [km]	Volume [m <sup>3</sup> ]
NV01	NV01-a	1+835	4.4
NV01	NV01-b	0+990	15.0
NV01	NV01-c	0+780	5.3
NV01	NV01-d	0+140	12.7
NV02	NV02-b	0+000 - NV02B	23.8
NV02	NV02-a	0+000 - NV02A	17.8
NV03	NV03-a	0+415	4.4
NV03	NV03-b	0+210	4.3
NV03	NV03-c	0+005	4.0

Tab. 4 – Vasche di prima pioggia a servizio delle viabilità di progetto

## 7. DESCRIZIONE E CRITERI DI PREDIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO

A servizio degli impianti di trattamento e della vasca di laminazione previsti vengono predisposti degli impianti di sollevamento ubicati all'interno delle vasche in c.a..

All'interno delle vasche di prima pioggia le pompe invieranno l'acqua pretrattata al pozzetto di decompressione.

Dal pozzetto, le acque defluiscono "a gravità" all'interno del disoleatore statico e da questo vengono infine convogliate (sempre a gravità) nel corpo recettore finale.

In particolare, verranno previste due pompe: una risulterà sempre in funzione durante gli eventi di pioggia (prevedendo intervalli di funzionamento secondo le caratteristiche tecniche), mentre la seconda si attiverà solamente in caso di emergenza (mancato funzionamento della prima pompa).

La scelta delle pompe è funzione di:

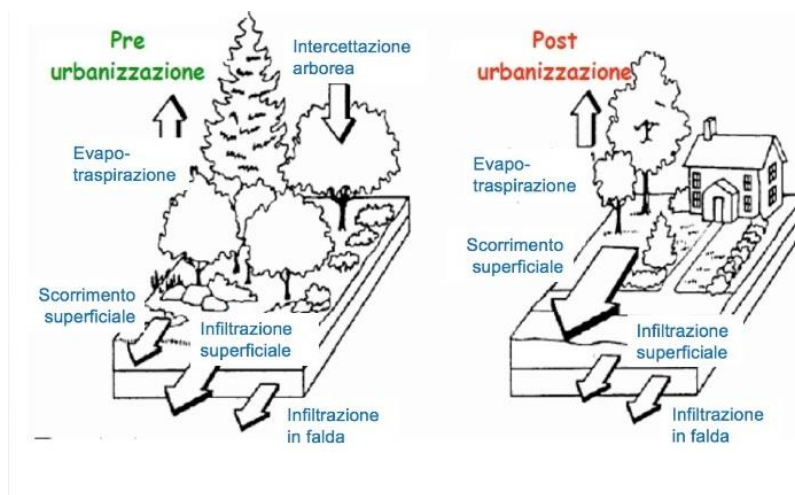
- Portata: il valore della portata di progetto sarà posta uguale o inferiore a quella ammissibile ed autorizzata allo scarico, il cui valore dipende dall'indice di trasformazione delle singole viabilità.
- Prevalenza: è la somma della differenza di quota geodetica e delle perdite idrauliche (concentrate e distribuite) che si verificano nella pompa e nella condotta di scarico in uscita.

## 8. INVARIANZA IDRAULICA

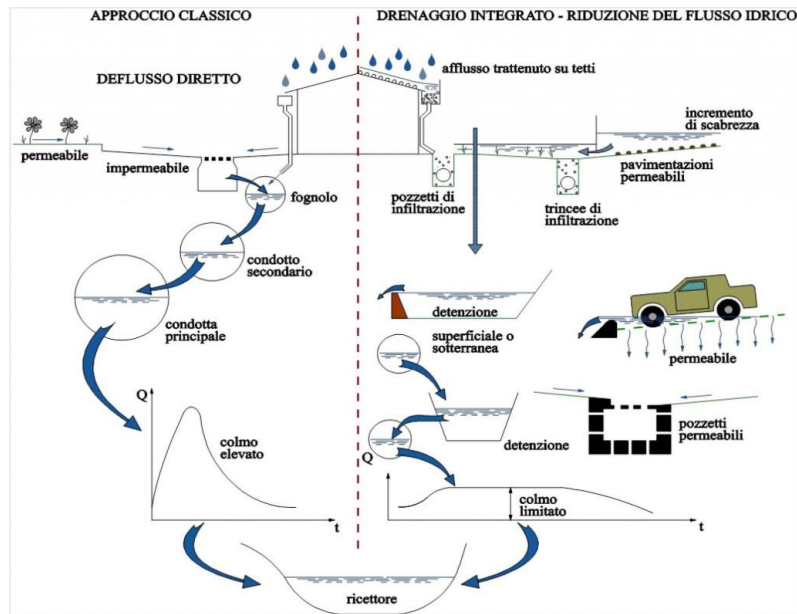
L'autorità di Bacino della Regione Sardegna e più precisamente il suo Comitato Istituzionale con Deliberazione n. 2 del 30 ottobre 2015, *Modifica alle Norme di Attuazione del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI)* all'Art 47 definisce il concetto di Invarianza Idraulica:

- *Art. 47 INVARIANZA IDRAULICA*

1. **invarianza idraulica**: principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate o di nuova urbanizzazione nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione.




2. I comuni in sede di redazione degli strumenti urbanistici generali o di loro varianti generali e in sede di redazione degli strumenti urbanistici attuativi, stabiliscono che le trasformazioni dell'uso del suolo rispettino il principio dell'invarianza idraulica.



3. *Gli strumenti urbanistici generali ed attuativi individuano e definiscono le infrastrutture necessarie per soddisfare il principio dell'invarianza idraulica per gli ambiti di nuova trasformazione e disciplinano le modalità per il suo conseguimento, anche mediante la realizzazione di vasche di laminazione.*
4. *Sono fatte salve eventuali normative già adottate dai comuni per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica.*
5. *La Regione approva normative specifiche con l'obiettivo di incentivare il perseguimento del principio della invarianza idraulica anche per i contesti edificati esistenti.*

Con deliberazione n. 2 del 23 novembre 2016, *Approvazione di "Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica di cui all'articolo 47 delle NA del PAI"* ne definisce i criteri metodologici.

Definisce le Classi di intervento che consentono di diversificare, sulla base dell'entità territoriale dell'intervento di trasformazione, le procedure da seguire per la verifica. Per ciascuna Classe di Intervento (Tab.1) si definisce l'approccio metodologico per calcolo idrologico e idraulico che consente la valutazione della modifica delle portate e dei volumi dell'area interessata dall'intervento.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b> <b>LOTTO 2</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b>					
	<b>RELAZIONE DESCRITTIVA DELLE OPERE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE DELLA PIATTAFORMA FERROVIARIA E STRADALE</b>	COMMESSA RR0P	LOTTO 02 R 09	CODIFICA RH	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B

*Tabella 1. Classificazione*

Classe	Livello di impermeabilizzazione potenziale	Superficie territoriale
<b>a</b>	trascurabile	inferiore a 0.1 ha
<b>b</b>	modesta	compresa tra 0.1 e 0.5 ha
<b>c</b>	significativa	compresa tra 0.5 e 10 ha
<b>d</b>	sostanziale	superiore a 10 ha

Vengono fornite indicazioni generali sulle procedure di calcolo da utilizzare per garantire l'invarianza idraulica in termini di portata consegnata al recettore. Negli Allegati si fornisce la documentazione e l'illustrazione delle applicazioni ai casi specifici:


- *Allegato 1 -- Coefficienti di afflusso  $\varphi$  e valori del CN*
- *Allegato 2 -- Esempio di calcolo idraulico – Classe di intervento b*
- *Allegato 2 – Annesso -- Foglio di calcolo -- Classe intervento b*
- *Allegato 3 -- Esempio di calcolo idraulico – Classe di intervento c*
- *Allegato 3 -- Annesso -- Foglio di calcolo – Classe intervento c*
- *Allegato 4 -- Schede tecniche per la progettazione delle principali misure compensative.*

Nel caso in studio si ricade in due distinte classi di intervento:

- **Classe B** nel caso delle viabilità, la collocazione dei punti di recapito nel ricettore finale è tale che l'estensione della piattaforma stradale sia compresa tra 0.1 e 0.5 ha;
- **Classe C** nel caso della ferrovia, la collocazione dei punti di recapito nel ricettore finale, più rada rispetto al punto precedente, è tale che l'estensione delle aree servite sia compresa tra 0.5 e 10 ha.

### **8.1 Invarianza Idraulica \_Stato Attuale e Post\_ Intervento di Classe B**

Le viabilità ricadono nella classe di Intervento B - Livello di impermeabilizzazione potenziale "modesta", così come definita dalle "Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica" che prevedono per tale classe... un sovradimensionamento della rete di dreno rispetto alle sole esigenze di trasporto della portata di picco realizzando nelle condotte e nei canali

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b> <b>LOTTO 2</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b>					
	<b>RELAZIONE DESCRITTIVA DELLE OPERE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE DELLA PIATTAFORMA FERROVIARIA E STRADALE</b>	COMMESSA RR0P	LOTTO 02 R 09	CODIFICA RH	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B

volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione. A tal fine, in questi casi è opportuno che i tiranti idrici massimi assicurino un'adeguata maggiorazione del franco nelle luci della rete di dreno. Il calcolo della portata sia nella situazione attuale che in quella di progetto può essere effettuata considerando l'attribuzione dei coefficienti di afflusso calcolati sulla base delle caratterizzazioni del territorio nella situazione ante operam e post operam.

Nel caso di interventi di trasformazione territoriale appartenenti alla classe b), il calcolo della portata di progetto per le eventuali opere di compenso ed i corrispondenti volumi, deve essere effettuato calcolando il coefficiente di afflusso nello stato attuale ( $\Phi_a$ ) e nello stato post-intervento o di progetto ( $\Phi_p$ ).

In una prima fase sulla base della caratterizzazione dell'area in esame, la tipologia di terreno allo stato attuale viene suddivisa tra permeabile ed impermeabile assegnando a ciascuna di tali tipologie un valore del coefficiente di afflusso  $\Phi$  si veda Tabella seguente:

Tipologia	$\Phi$
Permeabile	0.5
Impermeabile	0.8

Valori coeff. di afflusso  $\Phi$ .

Per il calcolo del coefficiente di afflusso post-intervento, occorre individuare le destinazioni d'uso previste dall'intervento di trasformazione territoriale in studio, a ciascuna delle quali è associato il valore del coefficiente di afflusso  $\Phi_p$  riportato nell'allegato 1 "Coefficients di afflusso  $\Phi$  e valori del CN". Il valore del  $\Phi_p$  è pari alla media pesata dei coefficienti di afflusso relativi alle diverse tipologie di intervento.

In funzione degli interventi previsti nell'area oggetto del presente studio è stato assegnato un differente valore del coefficiente di afflusso  $\Phi$  in funzione della copertura prevista tra quelli indicati nell'Allegato 1 delle "Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica".

## 8.2 Stima dell'idrogramma di progetto Intervento di Classe B

Per la stima della portata di piena viene adottato un metodo indiretto utilizzando uno ietogramma costante avente una durata ( $t_p$ ) di 15 minuti. Il tempo di ritorno per il calcolo del volume di piena viene assunto pari a  $TR = 50$  anni.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b> <b>LOTTO 2</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b>					
	<b>RELAZIONE DESCRITTIVA DELLE OPERE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE DELLA PIATTAFORMA FERROVIARIA E STRADALE</b>	COMMESSA RR0P	LOTTO 02 R 09	CODIFICA RH	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B

Per la stima delle portate di piena attese,  $Q_A$  (Portata Stato Attuale) e  $Q_P$  (Portata Post Intervento), con tempo di ritorno  $T_R$  50 anni, si utilizza la formula razionale:

$$Q_P = \frac{\varphi \cdot ARF \cdot h \cdot S}{3.6 \cdot t_c}$$

dove:

- $\varphi$  coefficiente di afflusso precedentemente calcolato
- $ARF$  - coefficiente di riduzione areale posto pari a 1
- $S$  - superficie del comparto in  $km^2$
- $h$  - precipitazione espressa in mm che cade nel bacino di una durata pari a  $t_c$  e con tempo di ritorno  $T_R$ ;
- $t_c$  - tempo di corrivazione espresso in ore

Per generare l'idrogramma di piena di risposta del bacino in studio di tipo triangolare alla sollecitazione meteorica precedentemente definita, si è adottato il foglio di calcolo che è reso disponibile contestualmente alla pubblicazione delle linee guida Allegato 4 avente:

- una portata di picco  $Q_p$  pari a quella calcolata precedentemente con il metodo razionale;
- un tempo di picco  $t_p$  pari alla durata dell'evento (15 minuti);
- tempo di base  $t_b=2t_p$  (30 minuti).

### 8.3 Invarianza Idraulica \_Stato Attuale e Post \_Intervento di classe C

La piattaforma ferroviaria ricade nella classe di Intervento C - Livello di impermeabilizzazione potenziale "significativa", così come definita dalle "Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica".

Nel caso di interventi di trasformazione territoriale appartenenti alla classe c), il calcolo della portata di progetto per le eventuali opere di compenso ed i corrispondenti volumi, deve essere effettuato calcolando il coefficiente di afflusso nello stato attuale ( $\Phi_a$ ) e nello stato post-intervento o di progetto ( $\Phi_p$ ), determinando i valori del  $CN_a$  e  $CN_p$  Medi ante e post intervento a partire dal tipo di suolo secondo la classificazione (SCS-CN) e delle diverse classi di uso del suolo, in relazione a quanto indicato nella tabella seguente.



Tipo di suolo	Descrizione
<b>A</b> deflusso superficiale potenziale basso	I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) basso, ed è alta la permeabilità. Sono caratterizzati da avere meno del 10% di argilla e oltre il 90% di sabbia e/o ghiaia e la tessitura è sabbiosa o ghiaiosa. La conducibilità idraulica (Ksat) è maggiore di 14,4 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm. Appartengono a questo gruppo anche le rocce con alta permeabilità per fratturazione e/o carsismo
<b>B</b> deflusso superficiale potenziale moderatamente basso	I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) moderatamente basso, e l'acqua attraversa il suolo senza impedimenti. Sono caratterizzati da avere tra il 10% e il 20% di argilla e tra il 50 e il 90% di sabbia e la tessitura è sabbioso-franca, franco-sabbiosa. La conducibilità idraulica (Ksat) varia tra 3,6 e 14,4 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm. Appartengono a questo gruppo anche le rocce con permeabilità, medio-alta e media, per fratturazione e/o carsismo
<b>C</b> Deflusso superficiale potenziale moderatamente alto	I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) moderatamente alto, e l'acqua attraversa il suolo con qualche limitazione. Sono caratterizzati da avere tra il 20% e il 40% di argilla e meno del 50% di sabbia e la tessitura è prevalentemente franca, franco-limoso, franco-argilloso-sabbioso, franco-argilloso, e franco-argilloso-limoso. La conducibilità idraulica (Ksat) varia tra 0,36 e 3,6 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm Appartengono a questo gruppo anche le rocce con bassa e medio-bassa permeabilità per fratturazione e/o carsismo
<b>D</b> deflusso superficiale potenziale alto	I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) alto, e l'acqua attraversa il suolo con forti limitazioni. Sono caratterizzati da avere oltre il 40% di argilla e meno del 50% di sabbia e la tessitura è argillosa, talvolta anche espandibili. La conducibilità idraulica (Ksat) è $\leq 0,36$ cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è compresa tra 50 cm e 100 cm, e la profondità della falda superficiale è entro i 60 cm Appartengono a questo gruppo anche le rocce con permeabilità molto bassa, le rocce impermeabili e le aree non rilevate o non classificate.

#### 8.4 Stima dell'idrogramma di progetto Intervento di Classe C

Per la stima della portata e dell'idrogramma di piena deve essere considerato uno ietogramma Chicago avente una durata di 30 minuti con posizione del picco  $r = 0.4$ .

Utilizzando il valore del CN calcolato nello stato attuale CN-III<sub>a</sub> e nello stato post intervento CN-III<sub>p</sub>, è possibile definire lo ietogramma di pioggia netta e, utilizzando un modello di trasformazione afflussi-deflussi, l'andamento dei corrispondenti idrogrammi di piena.

E' quindi possibile conoscere il valore ai diversi istanti delle portate e dei corrispondenti volumi di deflusso.

A seconda della categoria di appartenenza possono essere applicati dei coefficienti correttivi alla portata massima defluente dall'intera area in trasformazione nella situazione attuale (valori Q<sub>a</sub> CN I<sub>a</sub>; Tr 50) sulla base della Tabella seguente:

Capacità di smaltimento del recettore	Parametro correttivo k
Alta	1
Media	0.8
Bassa	0.5

$$Q_{amm} = K * Q_a$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b> <b>LOTTO 2</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b>					
	<b>RELAZIONE DESCRITTIVA DELLE OPERE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE DELLA PIATTAFORMA FERROVIARIA E STRADALE</b>	COMMESSA RROP	LOTTO 02 R 09	CODIFICA RH	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B

### 8.5 Applicazione del principio di invarianza Idraulica \_viabilità\_ Intervento di Classe B

Nel rispetto delle linee guida per l'attuazione del principio di invarianza idraulica per le nuove viabilità, in base alle aree trasformate, si applicano i metodi suggeriti per gli interventi di classe B.

Per tutte le viabilità si tratta di aree che nella situazione *ante operam* erano permeabili per cui si assegna loro un coefficiente di afflusso  $\Phi$  pari a 0.50 mentre nella configurazione *post operam* trattandosi di pavimentazione stradali è stato stimato un CN III medio pari a 95.

L'altezza di pioggia in funzione della durata della pioggia  $t_p$  e del tempo di ritorno è stata calcolata con le CPP sia derivanti dalla metodologia VAPI sia regionalizzate secondo lo studio di Deidda et al.2000 per tempi di ritorno pari a 50 anni.

Di seguito si riportano i risultati dei calcoli effettuati con entrambe le leggi di pioggia.

Vasche di laminazione	Area servita (m <sup>2</sup> )	CPP studio Deidda		CPP metodo VAPI	
		V (m <sup>3</sup> ) - volume di laminazione richiesto	Portata ammissibile di restituzione (l/s)	V (m <sup>3</sup> ) - volume di laminazione richiesto	Portata ammissibile di restituzione (l/s)
NV01a	888	<b>2.9</b>	6.9	2.1	6.4
NV01b	3000	<b>9.8</b>	23.4	7.2	21.5
NV01c	1060	<b>3.5</b>	8.3	2.5	7.6
NV01d	2540	<b>8.3</b>	19.8	6.1	18.2
NV02a	4755	<b>15.6</b>	37.0	11.4	34.1
NV02b	3565	<b>11.7</b>	27.8	8.5	25.5
NV03a	880	<b>2.9</b>	6.9	2.1	6.3
NV03b	860	<b>2.8</b>	6.7	2.1	6.2
NV03c	800	<b>2.6</b>	6.2	1.9	5.7
NV04	360	<b>1.2</b>	2.8	0.9	2.6
NV05	1593	<b>5.2</b>	12.4	3.8	11.4

Tab. 5 – Volumi vasche di laminazione a servizio delle viabilità di progetto

In via cautelativa, si farà riferimento ai valori calcolati tramite le CPP dello studio di Deidda (2016).

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b> <b>LOTTO 2</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b>					
<b>RELAZIONE DESCRITTIVA DELLE OPERE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE DELLA PIATTAFORMA FERROVIARIA E STRADALE</b>	COMMESSA RR0P	LOTTO 02 R 09	CODIFICA RH	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B	FOGLIO 27 di 28

## 8.6 Applicazione del principio di invarianza Idraulica \_ferrovia\_ Intervento di Classe C

Nel rispetto delle linee guida per l'attuazione del principio di invarianza idraulica per la piattaforma ferroviaria, in base alle aree trasformate, si applicano i metodi suggeriti per gli interventi di classe C.

Per tutto l'intervento dell'allargamento della linea è stato stimato un CN III medio ante operam pari a 86; nella configurazione post operam, analogamente alle pavimentazioni stradali, è stato stimato un CN III medio pari a 95.

L'altezza di pioggia in funzione della durata della pioggia  $t_p$  e del tempo di ritorno è stata calcolata sia con le CPP regionalizzate per la Regione Sardegna (Deidda et al.2000) per tempi di ritorno pari a 50 anni.

I volumi di pioggia afferenti all'area di progetto, prima di essere reimmessi nel reticolo idrografico esistente sono raccolti e collettati tramite fossi di guardia trapezoidali a servizio della linea ferroviaria e dell'annesso stradello.

Essi hanno base  $b=1.00m$ , altezza  $h=0.50m$  con sponde inclinate 1/1; sono in terra con fondo costituito da un bauletto drenante con profondità di 0.50m costituito da ciottoli con pezzatura media di 0.10m protetti da un geotessuto nel punto di contatto con il terreno.


I volumi in eccesso prodotti dall'impermeabilizzazione dell'intervento di potenziamento ferroviario saranno raccolti e smaltiti tramite il bauletto disperdente; tale soluzione permette non solo di assorbire tutta la volumetria "extra" di acqua della configurazione *post operam* ma permette di svincolare il sistema dalla capacità di smaltimento del recettore.

Restituendo i volumi di laminazione tramite infiltrazione non è necessari alcuna verifica della capacità di smaltimento del recettore finale non essendo questo un corso d'acqua ma il terreno stesso.

Sono stati stimati i volumi defluenti prodotti nelle due configurazioni con CN III medi differenti tramite una trasformazione afflussi-deflussi eseguita tramite l'ausilio del software HEC-HMS vers. 4.3 ed è stata verificata la capacità dei fossi di guardia di assorbire gli extra volumi.

Gli idrogrammi prodotti da ietogrammi Chicago con picco  $r=0.4$  con durata  $t_p=30$  minuti prevedono un tempo di ritardo pari a  $t_{lag}= 18$  minuti; come per gli interventi di tipo B anche in questo caso sono stati implementati modelli per entrambe le leggi di pioggia del metodo VAPI e di Deidda (2016).

Di seguito si riportano i valori dei risultati degli studi per i tratti indagati caratterizzandoli per lato, nord o sud, dell'asse ferroviario e chilometrica; si confrontano i volumi disponibili nel bauletto dei fossi a servizio dei tronchi serviti con i volumi di laminazione stimati tramite la pluviometria del VAPI e del Deidda.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DECIMOMANNU-VILLAMASSARGIA</b> <b>LOTTO 2</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA</b>					
	<b>RELAZIONE DESCRITTIVA DELLE OPERE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE DELLA PIATTAFORMA FERROVIARIA E STRADALE</b>	COMMESSA RROP	LOTTO 02 R 09	CODIFICA RH	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B

Nel caso in cui il bauletto non riesca a contenere del tutto i volumi di laminazione si calcola il tirante che si genera all'interno del fosso libero. Il bauletto offre un volume disponibile ovvero un volume dei vuoti pari al 30% del volume geometrico totale impegnato.

Lato	Da (km)	a (km)	Lunghezza fosso (m)	Area servita (m <sup>2</sup> )	Volume fosso (m <sup>3</sup> )	Volume bauletto (m <sup>3</sup> )	Volume totale disponibile (m <sup>3</sup> )	VAPI		Deidda	
								Volume laminazione (m <sup>3</sup> )	tirante nel fosso (m)	Volume laminazione (m <sup>3</sup> )	tirante nel fosso (m)
SUD	5+155	3+460	1695	20933	1271.3	254.3	1525.5	243.7	0	280.5	0.0155
NORD	5+060	3+460	1600	19760	1200.0	240.0	1440.0	230.0	0	265	0.0156
NORD SUD	3+460	2+930	530	6546	397.5	79.5	477.0	76.6	0	87.5	0.0151
NORD SUD	2+930	2+060	870	10745	652.5	130.5	783.0	125.2	0	144.1	0.0156
NORD SUD	2+060	1+750	310	3829	232.5	46.5	279.0	44.8	0	51.4	0.0157
NORD SUD	1+750	0+830	920	11362	690.0	138.0	828.0	132.3	0	152.3	0.0155
NORD SUD	0+830	0+468	362	4471	271.5	54.3	325.8	52.2	0	60.1	0.0161
NORD SUD	0+468	0+000	468	5780	351.0	70.2	421.2	67.1	0	77.8	0.0162

Tab. 6 – Volumi fossi di guardia con bauletto drenante a servizio dei tratti ferroviari

Dalla tabella precedente si evince come il bauletto drenante sia pienamente efficiente nel caso di CPP del VAPI e comunque efficace anche per un evento stimato tramite lo studio di Deidda.

Se si tiene conto del fatto che i risultati ottenuti sono al lordo del fenomeno di filtrazione dell'acqua sul contorno del bauletto drenante, i tiranti che si generano sul fondo del fosso inferiori a 2 cm sono sovrastimati. Alla luce di quanto finora evidenziato la soluzione scelta riesce a soddisfare i principi di invarianza idraulica richiesti.

In definitiva, è stato valutato e dimostrato il rispetto del principio di invarianza idraulica secondo quanto riportato nella normativa regionale di riferimento. Maggiori dettagli sul dimensionamento dei singoli elementi di drenaggio della piattaforma ferroviaria e stradale saranno forniti nella successiva fase progettuale.