

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



### U.O. INFRASTRUTTURE NORD

### PROGETTO DEFINITIVO

### LINEA MODANE-TORINO

### ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO - AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

### IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione idraulica di smaltimento acque meteoriche

SCALA:



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

NT0I
04
D
26
RI
ID0002
001
A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	A. Ingletti	Dicembre 2018	S.Scafa	Dicembre 2018	F. Perrone	Dicembre 2018	Dott. Ing. Francesco Sacchi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n. 3172 del 21/09/2018

ITALFERR UO INFRASTRUTTURE NORD  
 Dott. Ing. Francesco Sacchi  
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
 n. 3172 del 21/09/2018

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....</b>	<b>9</b>
<b>3.1</b>	<b>INQUADRAMENTO IDROGRAFICO .....</b>	<b>9</b>
<b>3.2</b>	<b>CENNI DI CLIMATOLOGIA .....</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO NORMATIVO .....</b>	<b>14</b>
<b>4.1</b>	<b>PIANO STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI (PSFF, 1998);.....</b>	<b>14</b>
<b>4.2</b>	<b>“PROGETTO DI VARIANTE AL PAI” (2006) .....</b>	<b>15</b>
4.2.1	Interventi di mitigazione previsti .....	17
<b>4.3</b>	<b>PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI.....</b>	<b>18</b>
<b>4.4</b>	<b>COMPATIBILITÀ IDRAULICA .....</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>ANALISI IDROLOGICA.....</b>	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>STANDARD PROGETTUALI.....</b>	<b>29</b>
<b>6.1</b>	<b>MODELLO CINEMATICO DELLA CORRIVAZIONE .....</b>	<b>29</b>
<b>6.2</b>	<b>DIMENSIONAMENTO IDRAULICO .....</b>	<b>31</b>
<b>7</b>	<b>SISTEMA DI DRENAGGIO ACQUE METEORICHE.....</b>	<b>33</b>
<b>7.1</b>	<b>PM DI CONDOVE - DRENAGGIO ACQUE DI PIATTAFORMA FERROVIARIA .....</b>	<b>33</b>
<b>7.2</b>	<b>PM DI BRUZOLO - DRENAGGIO ACQUE DI PIATTAFORMA FERROVIARIA.....</b>	<b>35</b>
<b>7.3</b>	<b>VERIFICA IDRAULICA.....</b>	<b>37</b>
7.3.1	Canalette rettangolari.....	38
7.3.2	Collettori .....	39
7.3.3	Embrici e fosso di guardia.....	39
7.3.4	Canalette e fossi a dispersione .....	42
<b>8</b>	<b>CALCOLI IDRAULICI .....</b>	<b>44</b>
<b>8.1</b>	<b>CANALETTE.....</b>	<b>44</b>
<b>8.2</b>	<b>FOSSI DI GUARDIA .....</b>	<b>46</b>
<b>8.3</b>	<b>TUBAZIONI IN CALCESTRUZZO .....</b>	<b>48</b>
<b>8.1</b>	<b>OPERE A DISPERSIONE -BRUZOLO .....</b>	<b>49</b>

<b>9 INTERFERENZE IDRAULICHE .....</b>	<b>53</b>
<b>9.1 POSTO MOVIMENTO DI CONDOVE .....</b>	<b>53</b>
9.1.1 Descrizione del canale scolmatore.....	55
9.1.2 Verifica idraulica dell'interferenza con la ferrovia .....	56
<b>9.2 POSTO MOVIMENTO DI BRUZOLO.....</b>	<b>57</b>

## INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 3.1 - LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO.....	9
FIGURA 3.2 -SUDDIVISIONE TERRITORIALE IN DISTRETTI .....	10
FIGURA 3.3 –DISTRETTO IDROGRAFICO PADANO .....	10
FIGURA 3.4 - INQUADRAMENTO DEL BACINO DELLA DORA RIPARIA .....	11
FIGURA 3.5 - INQUADRAMENTO DEL BACINO DELLA DORA RIPARIA .....	12
FIGURA 3.6 -ANOMALIA DI PRECIPITAZIONE PER L'ANNO 2015 RISPETTO ALLA NORMA 1971-2000 .....	13
FIGURA 4.1 - STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI DEL Fiume DORA RIPARIA AI SENSI DEL PIANO DI BACINO DELLA ADBPO .....	15
FIGURA 4.2 -STRALCIO DEGLI INTERVENTI PREVISTI LUNGO LA FASCIA B DI PROGETTO PREVISTI DAL "PROGETTO DI VARIANTE AL PAI" (2006) .....	16
FIGURA 4.3 - STRALCIO PLANIMETRICO INTERVENTO DI ADEGUAMENTO PREVISTO DAL PAI ADIACENTE AL PM CONDOVE .....	18
FIGURA 4.4 - STRALCIO DELLE AREE DI ESONDAZIONE DEL PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI DEL DISTRETTO IDROGRAFICO PADANO.....	20
FIGURA 4.5 - STRALCIO DELLA CARTA DI SINTESI DEL PRGC DEL COMUNE DI BRUZOLO .....	22
FIGURA 4.6 - STRALCIO DELLA CARTA DI SINTESI DEL PRGC DEL COMUNE DI BORGONE DI SUSÀ.....	22
FIGURA 5.1- INDIVIDUAZIONE CELLE DI RIFERIMENTO PAI 7. NORME DI ATTUAZIONE- ALLEGATO 3.....	25
FIGURA 5.2- CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI DURATA SUPERIORE AD UN'ORA PER IL PM DI BRUZOLO .....	26
FIGURA 5.3- CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI DURATA SUPERIORE AD UN'ORA PER IL PM DI CONDOVE .....	27
FIGURA 7.1- SEZIONE TIPO DEL RILEVATO FERROVIARIO .....	34
FIGURA 7.2- PLANIMETRIA IDRAULICA PM DI CONDOVE .....	34
FIGURA 7.3- PLANIMETRIA IDRAULICA PM DI BRUZOLO.....	36
FIGURA 7.4- SEZIONE TIPOLOGICA DALLA PROG. 0+100 ALLA PROG. 0+500 .....	37
FIGURA 7.5- TIPOLOGICO CANALETTA IN CLS .....	38
FIGURA 7.6- FOSSO IN TERRA.....	40
FIGURA 7.7- SEZIONE E PIANTA EMBRICE .....	41
FIGURA 7.8- DETTAGLIO IN SEZIONE E PIANTA DEGLI EMBRICI .....	41
FIGURA 7.9- FOSSO IN TERRA A DISPERSIONE.....	42
FIGURA 7.10- TIPOLOGICO CANALETTA IN CLS CON FOSSO A DISPERSIONE.....	42
FIGURA 8.1 - DIMENSIONAMENTO TRINCEA DRENANTE .....	50
FIGURA 8.2 - DIMENSIONAMENTO TRINCEA DRENANTE .....	52
FIGURA 9.1- SCHEMA PLANIMETRICO DEL MODELLO IDRAULICO DI SIMULAZIONE.....	54
FIGURA 9.2- PLANIMETRIA GENERALE DEL PROGETTO .....	54
FIGURA 9.3- SEZIONE SCATOLARE DEL TOMBINO DI ATTRAVERSAMENTO DELLA FERROVIA .....	55
FIGURA 9.4- STRALCIO CARTA GEOIDROLOGICA DEL PRGF DEL COMUNE DI BORGONE DI SUSÀ.....	57
FIGURA 9.5- SEZIONE NUOVO TOMBINO DN1500 IN CLS .....	58

## INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1.I - STRALCIO ELENCO ELABORATI.....	6
TABELLA 5.I - CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI DURATA SUPERIORE AD 1 H.....	25
TABELLA 5.II PARAMETRI A E N DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI DURATA SUPERIORE AD UN'ORA PER IL PM DI BRUZOLO .....	26

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA</b> <b>LOTTO 04 - PM SFALSATO</b>					
<b>RELAZIONE IDRAULICA DI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE</b>	COMMESSA NT0I	LOTTO 04	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A	FOGLIO 5 di 59

TABELLA 5.III PARAMETRI A E N DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI DURATA SUPERIORE AD UN'ORA PER IL PM DI CONDOVE..... 26

## 1 INTRODUZIONE

Nel presente documento si descrivono le fasi di studio, i dimensionamenti e le verifiche dei presidi idraulici volti allo smaltimento delle acque di piattaforma ferroviaria nell'ambito della progettazione definitiva dell'intervento di costruzione di due Posti Movimento ferroviari lungo la Linea F.S. Torino-Modane, in provincia di Torino, tra gli abitati di Bussoleno e Avigliana, il primo nelle località di Borgone-Bruzolo (binario dispari), il secondo nelle località di Condove-Vaie (binario pari).

Come accennato il presente studio descrive il sistema di drenaggio delle acque meteoriche ricadenti sulla piattaforma ferroviaria e le opere di presidio idraulico per l'allontanamento delle acque di ruscellamento superficiale dal piede dei rilevati di progetto. Il recapito finale di tutto il sistema di drenaggio che caratterizza l'area oggetto di intervento è costituito dal reticolo idrografico superficiale della zona montana e da una serie di canali artificiali.

Il progetto analizza inoltre le interferenze con le opere esistenti e le opere di futura realizzazione, studiandone la perfetta compatibilità.

Per entrambi i PM in progetto verrà inoltre effettuato lo studio di compatibilità idraulica.

Gli elaborati prodotti nell'ambito del presente studio sono riportati in Tabella:

POTENZIAMENTO DEFINITIVO LINEA MODANE - TORINO																					
ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA																					
REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)																					
DESCRIZIONE ELABORATO	CODIFICA ELABORATO																				
	a	a	a	b	b	c	d	d	e	f	f	h	h	j	j	g	i	i	k		
<b>IDROLOGIA E IDRAULICA</b>																					
Relazione idrologica	N	T	0	I	0	4	D	2	6	R	H	I	D	0	0	0	1	0	0	1	A
Planimetria aree di esondazione PAI/PGRA	N	T	0	I	0	4	D	2	6	P	4	I	D	0	0	0	2	0	0	1	A
Relazione idraulica smaltimento acque meteoriche	N	T	0	I	0	4	D	2	6	R	I	D	0	0	0	2	0	0	1	A	
Sezioni tipo idrauliche	N	T	0	I	0	4	D	2	6	W	B	I	D	0	0	0	2	0	0	1	A
Particolari e dettagli idraulici	N	T	0	I	0	4	D	2	6	B	Z	I	D	0	0	0	2	0	0	1	A
<b>STUDIO IDRAULICO FIUME DORA RIPARIA</b>																					
Relazione Idraulica Fiume Dora Riparia - Compatibilità idraulica	N	T	0	I	0	4	D	2	6	R	I	I	D	0	0	0	2	0	0	2	A
Planimetria dei livelli idrici ante operam Tr=200 anni	N	T	0	I	0	4	D	2	6	P	5	I	D	0	0	0	2	0	0	1	A
Planimetria dei livelli idrici post operam Tr=200 anni - Argine in progetto	N	T	0	I	0	4	D	2	6	P	5	I	D	0	0	0	2	0	0	2	A
Planimetria dei livelli idrici post operam Tr=200 anni - Interventi completi AdB	N	T	0	I	0	4	D	2	6	P	5	I	D	0	0	0	2	0	0	3	A
Planimetria della distribuzione delle velocità ante operam Tr=200 anni	N	T	0	I	0	4	D	2	6	P	5	I	D	0	0	0	2	0	0	4	A
Planimetria della distribuzione delle velocità post operam Tr=200 anni - Argine in progetto	N	T	0	I	0	4	D	2	6	P	5	I	D	0	0	0	2	0	0	5	A
Planimetria della distribuzione delle velocità post operam Tr=200 anni - Interventi completi AdB	N	T	0	I	0	4	D	2	6	P	5	I	D	0	0	0	2	0	0	6	A
Planimetria del rischio ante operam Tr=200 anni	N	T	0	I	0	4	D	2	6	P	5	I	D	0	0	0	2	0	0	7	A
Planimetria del rischio post operam Tr=200 anni - Argine in progetto	N	T	0	I	0	4	D	2	6	P	5	I	D	0	0	0	2	0	0	8	A
Planimetria del rischio post operam Tr=200 anni - Interventi completi AdB	N	T	0	I	0	4	D	2	6	P	5	I	D	0	0	0	2	0	0	9	A
Profilo idraulico ante/post operam per Tr 200 anni - Tav. 1/2	N	T	0	I	0	4	D	2	6	F	7	I	D	0	0	0	2	0	0	1	A
Profilo idraulico ante/post operam per Tr 200 anni - Tav. 2/2	N	T	0	I	0	4	D	2	6	F	7	I	D	0	0	0	2	0	0	2	A
<b>PM CONDOVE</b>																					
<b>RI01 - CORPO STRADALE</b>																					
Planimetria idraulica	N	T	0	I	0	4	D	2	6	P	6	R	I	0	1	0	0	0	0	2	A
<b>PM BRUZOLO</b>																					
<b>RI02 - CORPO STRADALE</b>																					
Planimetria idraulica	N	T	0	I	0	4	D	2	6	P	6	R	I	0	2	0	0	0	0	2	A

Tabella 1.1 - Stralcio elenco elaborati

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA</b> <b>LOTTO 04 - PM SFALSATO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA DI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE</b>	COMMESSA NTOI	LOTTO 04	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle seguenti norme:

- R.D. 25/07/1904, N. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie".
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale.
- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE.
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE.
- Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC).
- Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008".
- Decreto ministeriale 4 aprile 2014 "Norme Tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto".
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato.
- PAI - 7. Norme di Attuazione - Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica - Allegato 3 Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense. Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.
- PdG Po – Piano di Gestione del fiume Po approvato il 3/03/2016 (DPCM 27 ottobre 2016) .
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico Padano (P.G.R.A. 03/03/2016) .
- Dlgs 16 marzo 2009, n. 30. Protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento.
- Dm Ambiente 16 giugno 2008, n. 131. Criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici.
- Dm Ambiente 6 novembre 2003, n. 367. Dlgs 152/1999 - Regolamento concernente la fissazione di standard di qualità nell'ambiente acquatico per le sostanze pericolose.
- Dm Ambiente 12 giugno 2003, n. 185. Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue.
- Dlgs 27 gennaio 1992, n. 132. Protezione delle acque sotterranee.
- Dpr 24 maggio 1988, n. 236. Qualità delle acque destinate al consumo umano.
- Piano di tutela delle acque (PTA), approvato con D.C.R. 117-10731 del 13 marzo 2007 dalla Regione Piemonte.
- Regolamento regionale n. 1/R del 20 febbraio 2006 – "Regolamento regionale recante: disciplina delle acque meteoriche di dilavamento e delle acque di lavaggio di aree esterne (L.r. n. 61 del 29 dicembre 2000) .
- Deliberazione della Giunta Regionale 28 luglio 2009, n. 2-11830 Indirizzi per l'attuazione del PAI: sostituzione degli allegati 1 e 3 della DGR. 45-6656 del 15 luglio 2003 con gli allegati A e B. Allegato B - Criteri tecnici per la valutazione della pericolosità e del rischio lungo il reticolo idrografico.
- Il Piano Regolatore Generale Comunale del Comune di Borgone di Susa, Vaie, Bruzolo e Condove.

Il progetto in essere considera inoltre:

- “Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Dora Riparia nel tratto da Oulx alla confluenza del Po e del fiume Toce nel tratto da Masera alla Foce” effettuato dall’Autorità di Bacino del Fiume Po.
- Il progetto esecutivo “Realizzazione del canale scolmatore a protezione degli abitanti di Vaie e Chiusa San Michele: 1° e 2° lotti funzionali unificati” commissionato dalla Comunità Montana Bassa Valle di Susa e Val Cenischia.

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA</b> <b>LOTTO 04 - PM SFALSATO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA DI</b> <b>SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE</b>	COMMESSA NTOI	LOTTO 04	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

### 3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area oggetto di studio è compresa tra i comuni di Bussoleno e Avigliana, nella provincia di Torino, la linea ferroviaria oggetto dell'intervento si estende per circa 21.5 Km.

Il progetto definitivo in oggetto prevede la realizzazione di due PM ferroviari nei pressi degli abitati di Bruzolo/Vaie/Borgone e Condove.

In Figura 3.1 si riporta una foto aerea con indicazione dell'area oggetto di studio (Google Heart).

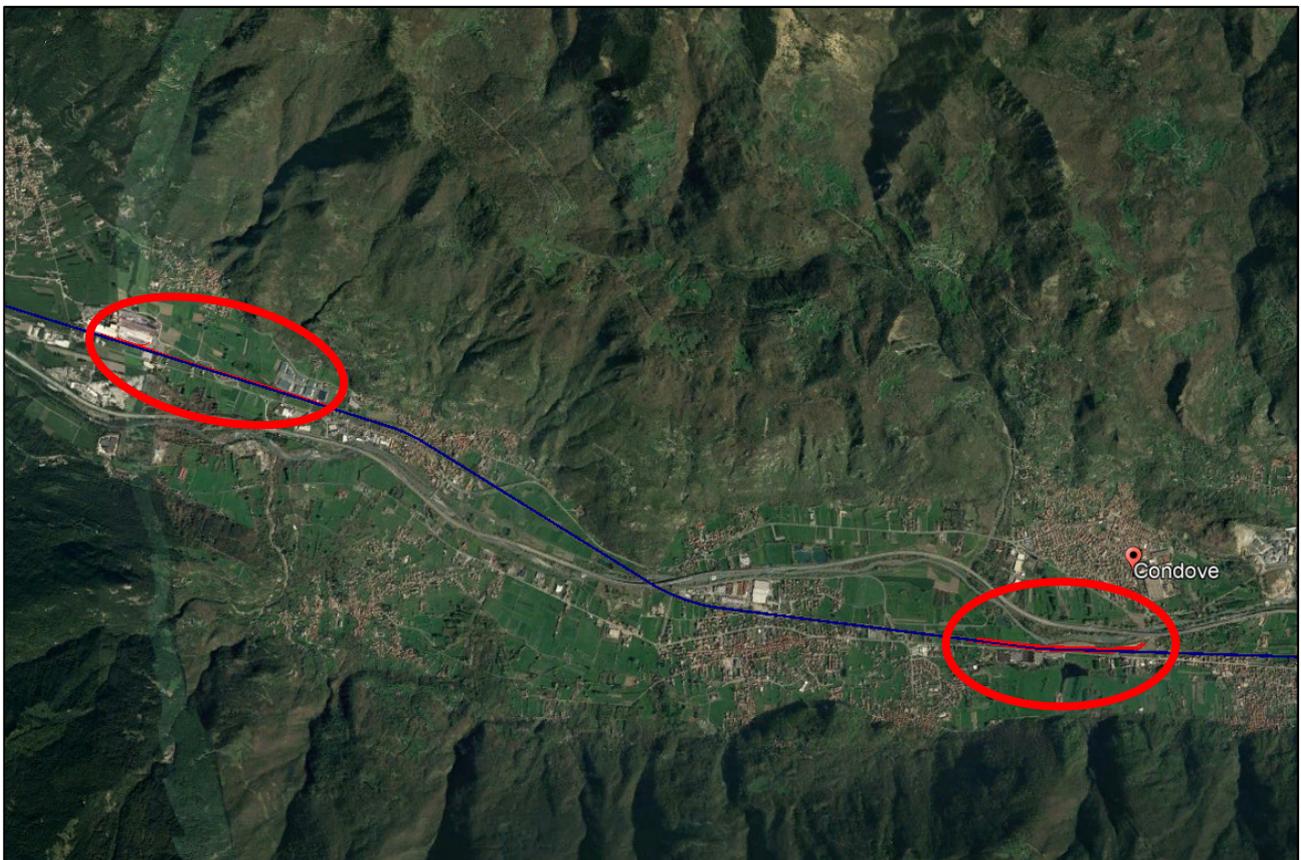


Figura 3.1 - Localizzazione dell'area di intervento

#### 3.1 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Con le disposizioni del Testo Unico in materia ambientale (Decreto legislativo n. 152/2006) l'intero territorio italiano è stato ripartito complessivamente in 8 distretti idrografici in ognuno dei quali è istituita l'Autorità di bacino distrettuale, definita giuridicamente come ente pubblico non economico.



Figura 3.2 -Suddivisione territoriale in distretti

Gli interventi in progetto ricadono nel bacino idrografico della Dora Riparia ricadente nell'area di intervento del Distretto idrografico Padano.

Nell'immagine a seguire i principali bacini idrografici gestiti, fino a febbraio 2017, dall'Autorità di Bacino del fiume Po; in rosso il bacino idrografico della Dora Riparia.

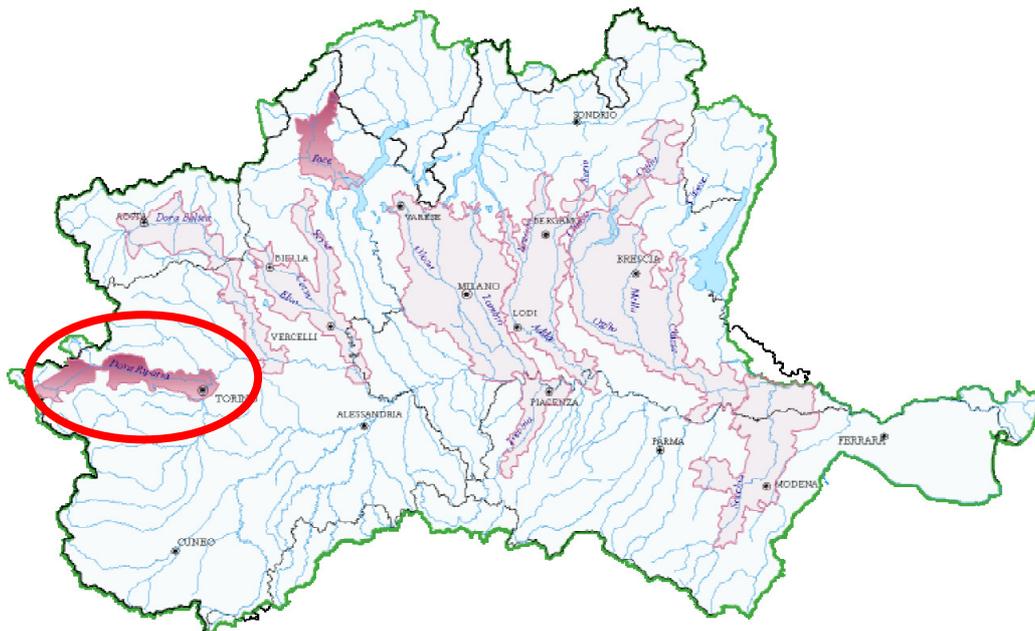
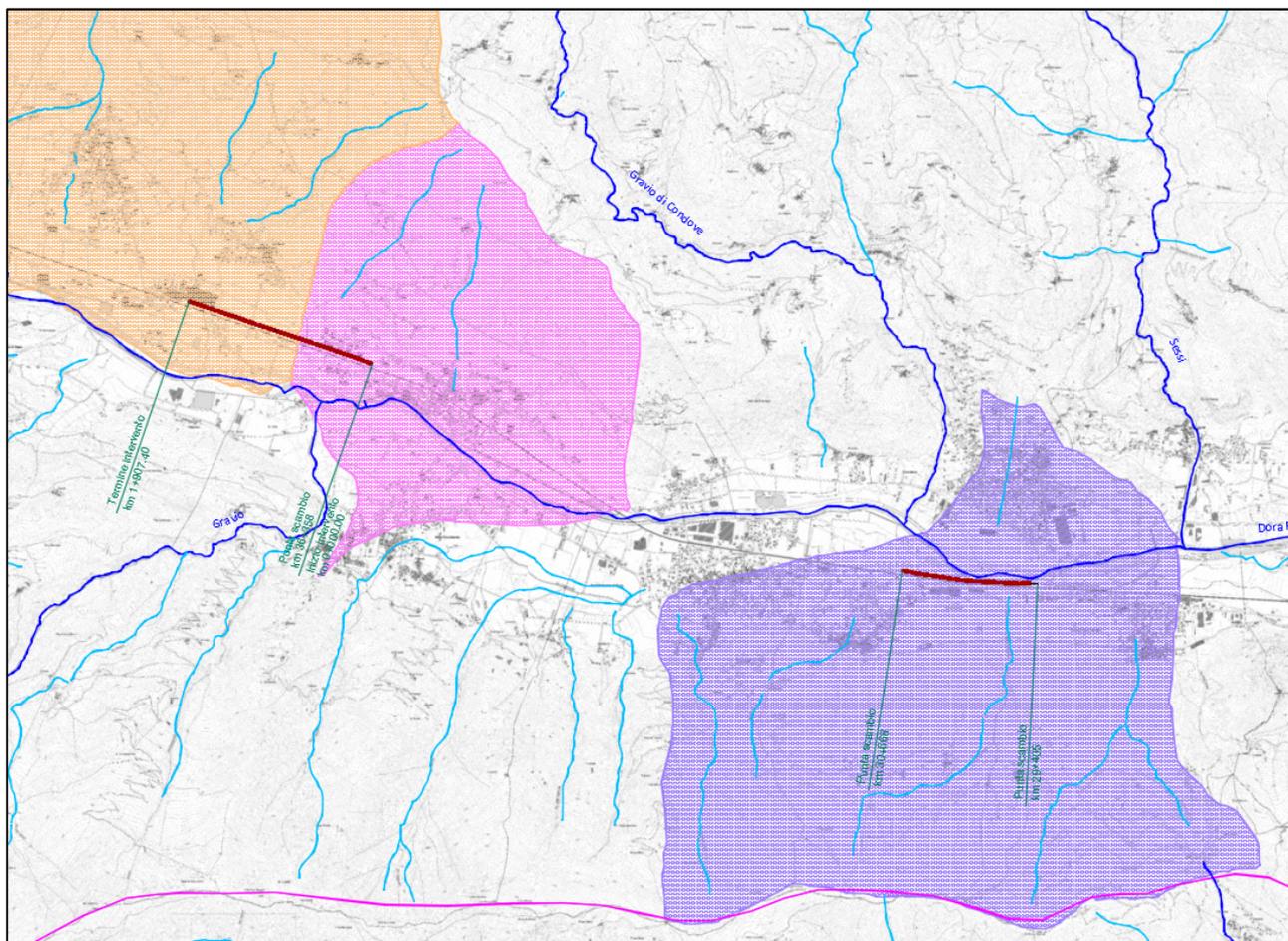


Figura 3.3 –Distretto idrografico Padano

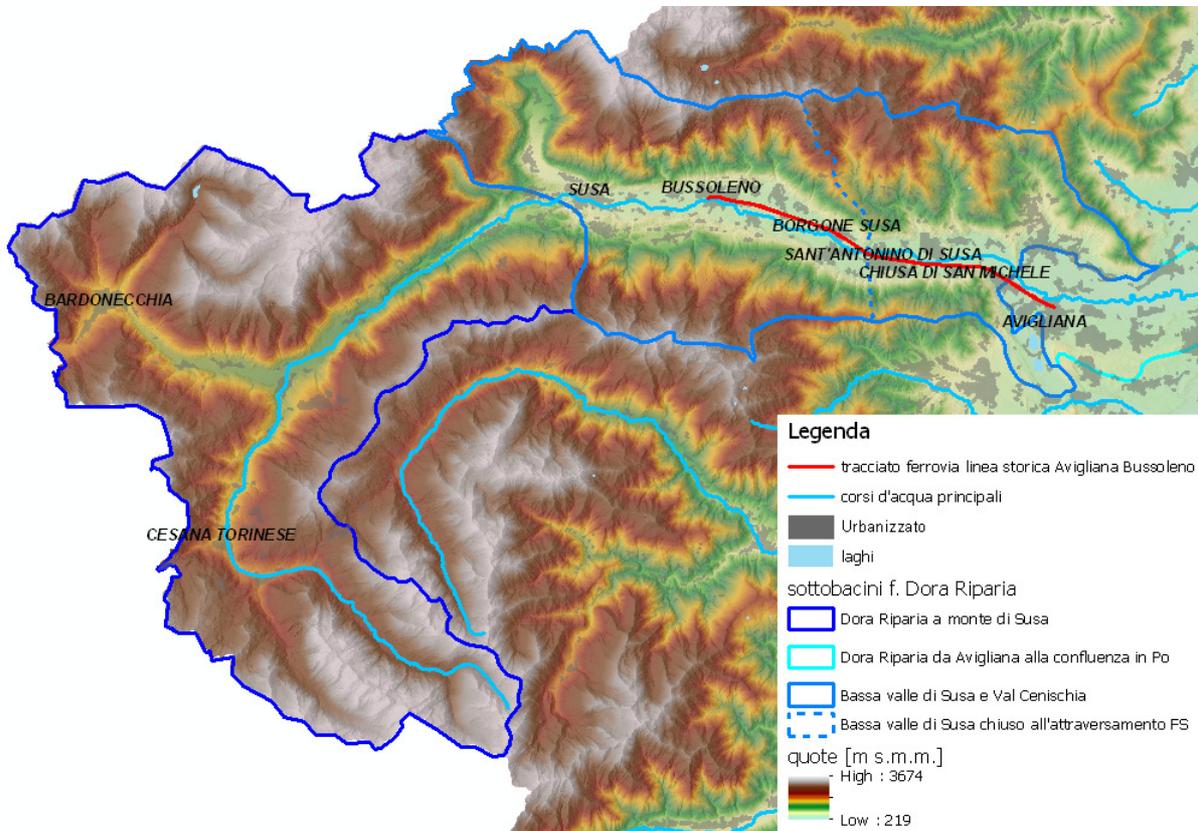
Come mostrato nell'immagine sottostante l'intervento di interesse ricade all'interno di un sottobacino secondario del Bacino idrografico della Doria Riparia e non interseca il reticolo idrografico superficiale.



**Figura 3.4 - Inquadramento del bacino della Dora Riparia**

L'intervento di ammodernamento della linea Bussoleno - Avigliana percorre la Valle di Susa all'interno del bacino della Dora Riparia. Il fiume Dora Riparia nasce dalla confluenza del Ripa con la Piccola Dora in comune di Cesana Torinese, il suo corso drena l'intera Valle di Susa prima di confluire nel Po in comune di Torino. I principali affluenti sono la Dora di Bardonecchia che confluisce in sinistra in comune di Oulx ed il torrente Cenischia che confluisce sempre in sinistra in corrispondenza dell'abitato di Susa.

Nel tratto tra Bussoleno e Avigliana confluiscono in destra, tra i principali, il rio Gerardo, il Torrente Gravio di Villar Focchiardo, in sinistra invece si hanno il Rio Moletta, il Rio Prebech e il Rio Pissaglio. Nella Piana di Chiusa San Michele è presente un sistema di canali artificiali, regolato da scaricatori di piena, che svolgono la duplice funzione di canali irrigui e canali di drenaggio e scarico dei versanti: i principali elementi di questo reticolo risultano il canale del Molino ed il canale di Rivoli i quali a loro volta ricevono in ingresso i rii di versante insistenti su Vaie, Chiusa e S. Ambrogio.



**Figura 3.5 - Inquadramento del bacino della Dora Riparia**

Il tratto ferroviario tra Bussoleno e Avigliana attraversa il fiume Dora Riparia in località S. Antonino di Susa: l'estensione complessiva del bacino della Dora Riparia chiuso a tale sezione risulta pari a 964 km<sup>2</sup>.

### 3.2 CENNI DI CLIMATOLOGIA

La caratterizzazione climatologica di interesse per il presente lavoro è quella relativa alle precipitazioni meteoriche. Si presentano di seguito i risultati degli studi condotti in merito da ARPA Piemonte e dal CREST (Centro Regionale per la Tutela della Biodiversità degli Ambienti Acquatici C/o Ente di Gestione del Parco Naturale Regionale dei Laghi di Avigliana (Regione Piemonte).) per la Provincia di Torino.

Precipitazioni intense: nell'ultimo decennio, la quantità di precipitazione giornaliera corrispondente al 95° percentile della distribuzione, considerando solo i giorni di pioggia, è aumentata quasi ovunque sulla regione, con una variazione significativa nell'area del Verbano, corrispondente ad una variazione fino al 50% del valore del periodo trentennale antecedente. Anche le zone a ridosso dei rilievi appenninici mostrano un aumento importante, corrispondente ad una variazione fino a quasi il 30% del valore del periodo trentennale antecedente. A parità di pioggia cumulata questo risultato sembra indicare uno spostamento della coda della distribuzione della precipitazione giornaliera verso eventi più severi, in modo però non uniforme sulla regione. Anche il numero di giorni all'anno in cui la precipitazione giornaliera supera il valore corrispondente al 95° percentile della distribuzione è aumentato sulla zona del Verbano ed in quelle a ridosso dei rilievi appenninici. Questa variazione indicherebbe l'aumento di eventi severi in tali aree.

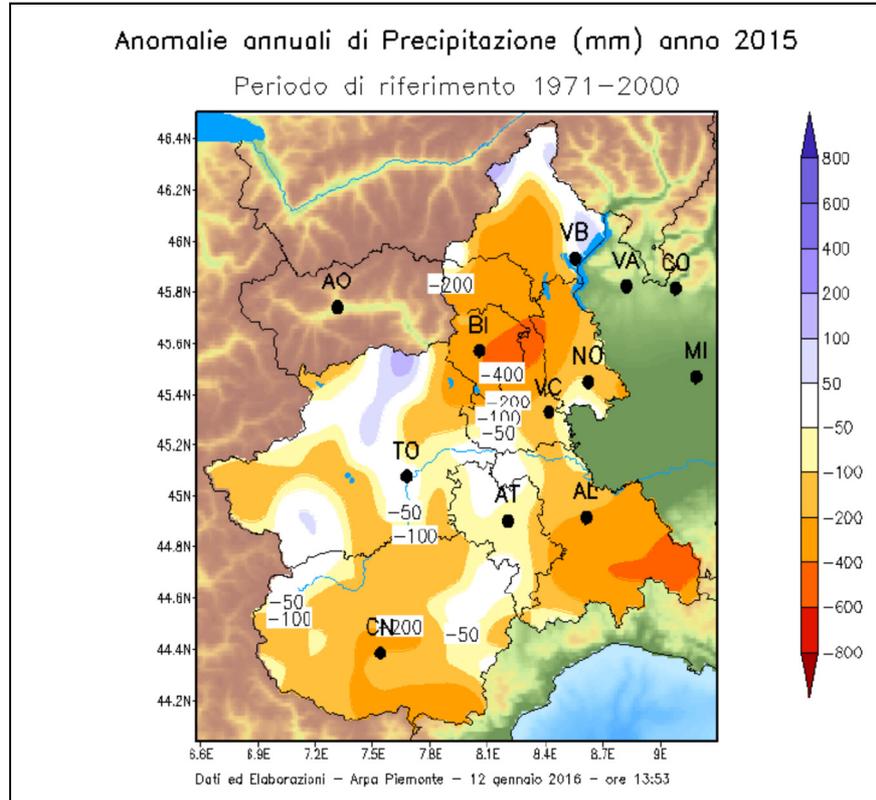
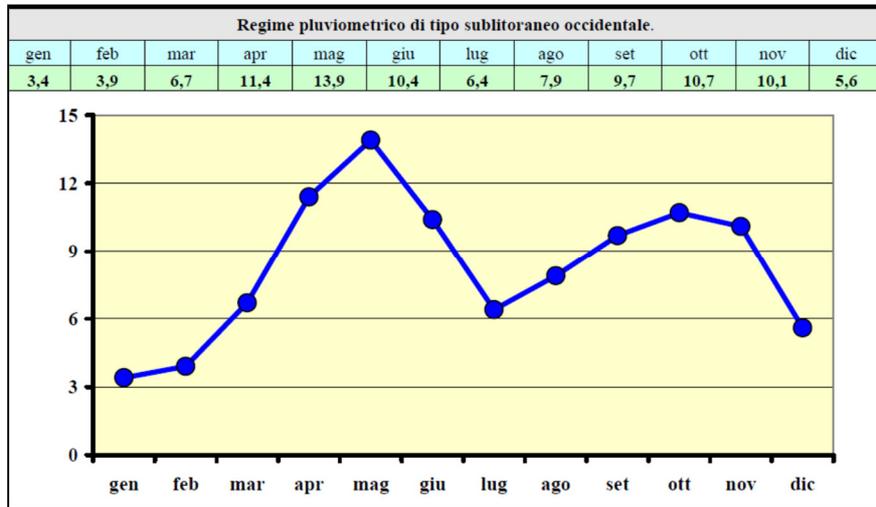


Figura 3.6 -Anomalia di precipitazione per l'anno 2015 rispetto alla norma 1971-2000

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA</b> <b>LOTTO 04 - PM SFALSATO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA DI</b> <b>SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE</b>	COMMESSA NT01	LOTTO 04	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

## 4 INQUADRAMENTO NORMATIVO

I piani di settore di riferimento dell'area di intervento sono i seguenti:

- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF, 1998);
- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI, 2001);
- “Progetto di Variante al PAI” (2006), che contiene interventi a carattere strutturale e non strutturale per l'asta della Dora Baltea compresa tra Aymavilles e la confluenza in Po, integrando quelli contenuti nel PSFF (1998), nel PAI (2001) e nel Piano Stralcio di Integrazione al PAI;
- Piano di Gestione Rischio Alluvione (2015).

### 4.1 PIANO STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI (PSFF, 1998);

Sulla base del PAI, l'alveo fluviale e la parte di territorio limitrofo, costituente nel complesso la regione fluviale, sono oggetto della seguente articolazione in fasce:

- Fascia di deflusso della piena (**Fascia A**), costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena;
- Fascia di esondazione (**Fascia B**), esterna alla precedente, costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento. Con l'accumulo temporaneo in tale fascia di parte del volume di piena si attua la laminazione dell'onda di piena con riduzione delle portate di colmo. Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento), dimensionate per la stessa portata.
- Area di inondazione per piena catastrofica (**Fascia C**), costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento.

Nell'Allegato 3 “Metodo di delimitazione delle fasce fluviali” del Titolo II delle Norme di attuazione del PAI vengono definiti i criteri per la delimitazione delle fasce fluviali:

- **Fascia di deflusso della piena (Fascia A)**. Si assume la delimitazione più ampia tra le seguenti:
  - fissato in 200 anni il tempo di ritorno (TR) della piena di riferimento e determinato il livello idrico corrispondente, si assume come delimitazione convenzionale della fascia la porzione ove defluisce almeno l'80% di tale portata. All'esterno di tale fascia la velocità della corrente deve essere minore o uguale a 0.4 m/s (criterio prevalente nei corsi d'acqua mono o pluricursali);
  - limite esterno delle forme fluviali potenzialmente attive per la portata con TR di 200 anni (criterio prevalente nei corsi d'acqua ramificati);

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA</b> <b>LOTTO 04 - PM SFALSATO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA DI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE</b>	COMMESSA NTOI	LOTTO 04	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

- **Fascia di esondazione (Fascia B).** Si assume come portata di riferimento la piena con TR di 200 anni. Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena indicata ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento), dimensionate per la stessa portata.

La delimitazione sulla base dei livelli idrici va integrata con:

- le aree sede di potenziale riattivazione di forme fluviali relitte non fossili, cioè ancora correlate, dal punto di vista morfologico, paesaggistico e talvolta ecosistemico alla dinamica fluviale che le ha generate;
  - le aree di elevato pregio naturalistico e ambientale e quelle di interesse storico, artistico, culturale strettamente collegate all'ambito fluviale.
- **Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C).** Si assume come portata di riferimento la massima piena storicamente registrata, se corrispondente a un TR superiore a 200 anni, o in assenza di essa, la piena con TR di 500 anni.

La Figura seguente riporta lo stralcio delle fasce fluviali del fiume Dora Riparia ai sensi del Piano di Bacino della AdBPo relativo alla Linea Storica Torino-Modane nel tratto che va da Bussoleno ad Avigliana.

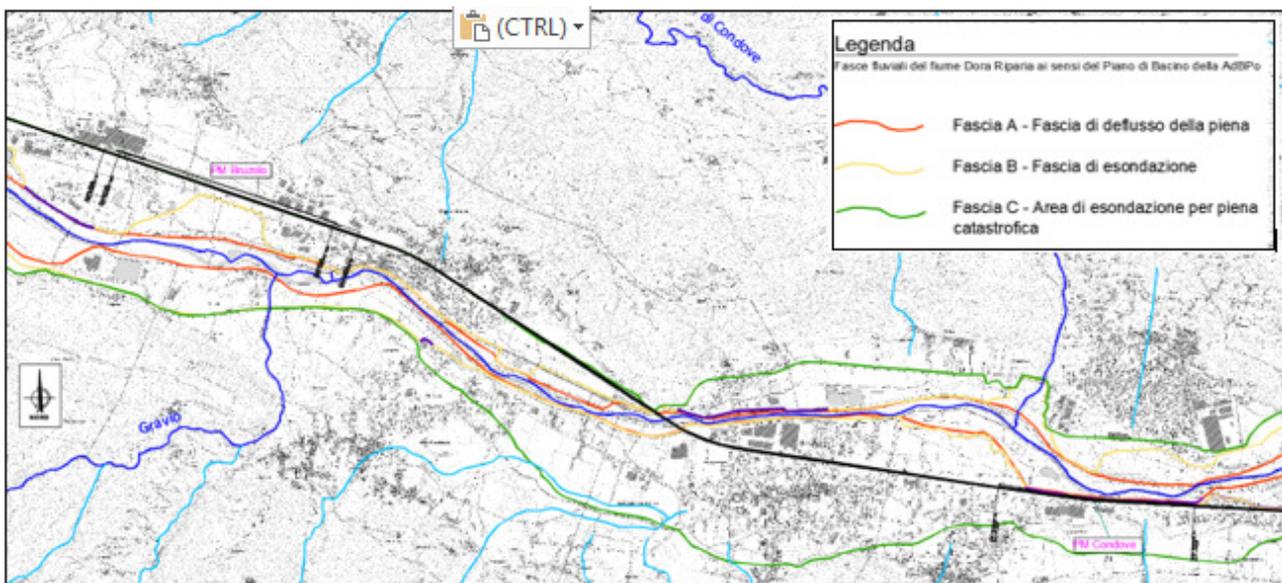


Figura 4.1 - Stralcio delle fasce fluviali del fiume Dora Riparia ai sensi del Piano di Bacino della AdBPo

#### 4.2 “PROGETTO DI VARIANTE AL PAI” (2006)

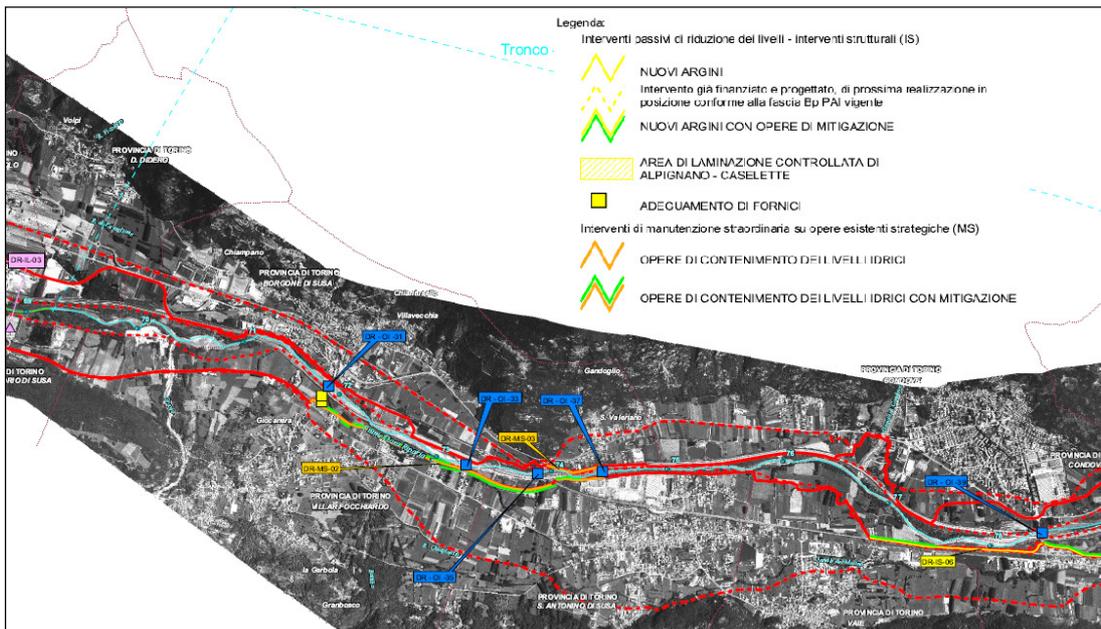
Lo “Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del Fiume Dora Riparia nel tratto da Oulx alla confluenza in Po” del 2006, partendo dall’assetto idraulico della Dora Riparia definito dalle analisi e dagli studi del tempo, è arrivato a definire l’assetto di progetto individuando le possibili configurazioni, a livello di intero sistema e per singole specificità, in funzione dell’obiettivo della riduzione del rischio idrogeologico ai livelli di compatibilità assunti dal PAI.

Lo scopo del “Progetto di Variante al PAI” è quello di pervenire ad una puntuale individuazione degli interventi necessari per il raggiungimento degli obiettivi previsti dal PAI del fiume Dora Riparia, ovvero:

- riduzione del rischio idraulico a livelli compatibili con l’uso del suolo attuale;
- recupero della naturalità della regione fluviale finalizzata al conseguimento di migliori condizioni ecologiche;
- mantenimento o ripristino della fascia di mobilità funzionale del corso d’acqua compatibilmente con l’uso del suolo attuale (presenza di insediamenti e infrastrutture).

Fondamentalmente, in tutti i casi in cui si è riscontrata la necessità di ridurre l’attuale campo di esondazione della piena bicentenaria in corrispondenza di aree in deficit di sicurezza, il limite di allagamento è stato definito tramite il tracciamento della fascia B di progetto, in prossimità dei siti in cui verranno effettivamente realizzate opere di contenimento dei livelli.

Lo studio prevede, oltre alla definizione delle possibili soluzioni di intervento, la verifica, mediante il calcolo del profilo di corrente, delle variazioni introdotte in relazione alla modalità di deflusso della piena permettendo di valutare, tratto per tratto, l’effetto prodotto dagli interventi previsti in termini di trasferimento verso valle delle onde di piena.



**Figura 4.2 -Stralcio degli interventi previsti lungo la fascia B di progetto previsti dal “Progetto di Variante al PAI” (2006)**

Nell’ambito dello studio di fattibilità della sistemazione idraulica del Fiume Dora Riparia nel tratto da Oulx alla confluenza in Po (P.A.I. 2006), gli interventi previsti sono stati classificati secondo le seguenti categorie:

- 1 - interventi attivi di riduzione dei livelli – opere interferenti (OI);
- 2 - interventi passivi di contenimento dei livelli – interventi strutturali (IS);
- 3 - interventi attivi con effetto significativo sulla riduzione dei livelli e delle portate a valle – Area di laminazione (AL);
- 4 - interventi di manutenzione straordinaria su opere esistenti strategiche (MS);

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA</b> <b>LOTTO 04 - PM SFALSATO</b>					
<b>RELAZIONE IDRAULICA DI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE</b>	COMMESSA NT01	LOTTO 04	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A	FOGLIO 17 di 59

5 - interventi a carattere locale (IL);

6 - interventi strategici di riassetto ecologico (rinaturazione e miglioramento ecologico).

Inoltre è stato definito il grado di priorità dell'intervento secondo i seguenti parametri:

- ✓ Tempo di ritorno dell'evento "critico" / richiesta di protezione dell'area interessata;
- ✓ Pericolosità legata alla dinamica del fenomeno di esondazione;
- ✓ Pericolosità legata alla morfologia delle aree allagate;
- ✓ Pericolosità legata alla presenza di opere idrauliche.

Sulla base dei criteri sopra riportati sono stati individuati tre livelli di priorità da assegnare al complesso degli interventi di adeguamento previsti:

- 1° livello:** priorità alta, corrispondente agli interventi che si ritiene debbano essere inseriti nel primo lotto di opere da realizzarsi e la cui esecuzione risulta fondamentale per il conseguimento di una significativa riduzione del rischio idraulico presente oggi sull'area in esame;
- 2° livello:** priorità media, corrispondente alle opere che dovranno comunque essere realizzate a breve termine ma che, rispetto alle precedenti, rivestono un'importanza più modesta in termini di "efficienza" dal punto di vista del conseguimento degli obiettivi di progetto;
- 3° livello:** opere di completamento, corrispondente agli interventi che, ad oggi, appaiono meno urgenti e la cui esecuzione potrà quindi essere programmata dopo la realizzazione delle opere di 1° e 2° livello di priorità.

#### 4.2.1 Interventi di mitigazione previsti

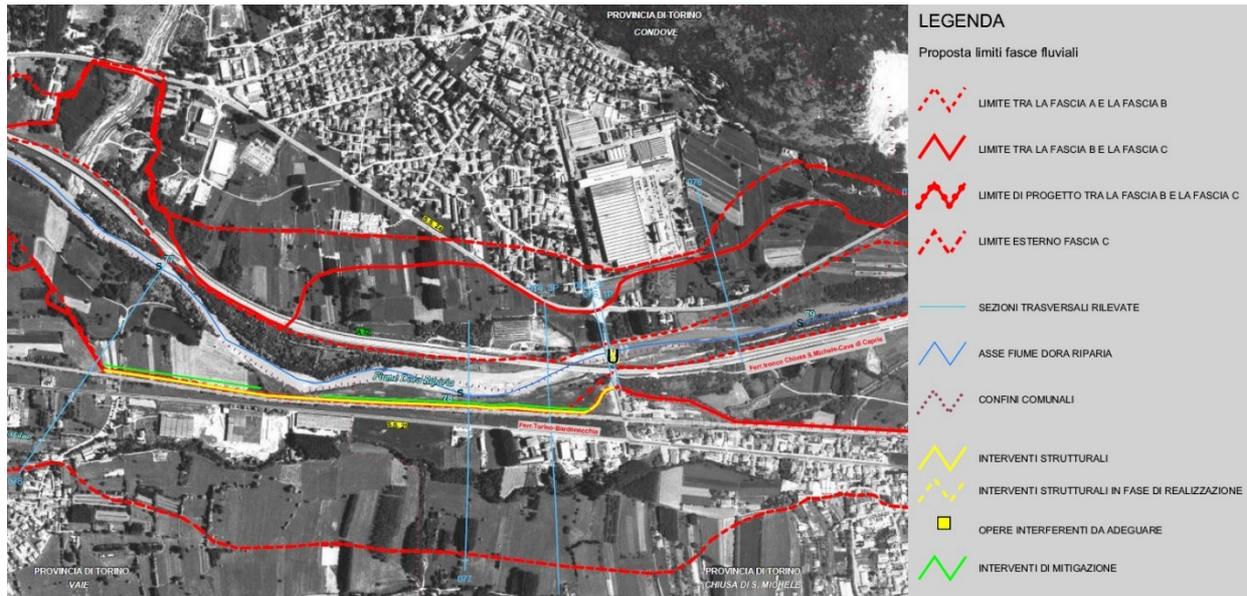
In merito all'intervento di realizzazione del PM di Condove, nello "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Dora Riparia nel tratto da Oulx alla confluenza in Po" è stata riscontrata la necessità di ridurre l'attuale campo di esondazione della piena bicentenaria attraverso il tracciamento della fascia B di progetto.

Nello studio l'asta del fiume Dora Riparia è stata suddivisa complessivamente in sei successivi tronchi omogenei, l'intervento di interesse si localizza all'interno del tronco omogeneo n. 4: da Borgone ad Avigliana. Secondo quanto previsto dalla suddivisione in aree omogenee effettuata dal P.A.I. (2006), gli interventi in progetto ricadono nel tronco omogeneo n° 4 localizzato tra Borgone di Susa e Avigliana per una lunghezza complessiva di 14,230 chilometri.

Il tronco omogeneo rientra all'interno dell'ambito vallivo collinare caratterizzato dalla presenza di grosse conoidi laterali, limitata erosione e divagazione laterale dell'asta fluviale. Le criticità in atto, rilevate nell'ambito dello Studio di fattibilità degli interventi di adeguamento del P.A.I. (2006), riguardano principalmente la presenza di opere interferenti in alveo e l'insufficienza o la mancanza in taluni tratti di opere di regimazione che permettano il contenimento dei livelli in occasione dell'evento di riferimento.

Tra gli interventi previsti nel tronco omogeneo n°4 dal Progetto di Variante, ed in particolare nei tratti interessati dagli interventi in progetto sono:

- realizzazione di una nuova linea arginale, in sponda destra, nei comuni di Vaie e Chiusa San Michele, a ridosso della linea ferroviaria Torino-Bardonecchia a protezione delle aree retrostanti l'infrastruttura;
- interventi di manutenzione straordinaria su opere esistenti strategiche;
- interventi a carattere locale.



**Figura 4.3 - Stralcio planimetrico intervento di adeguamento previsto dal PAI adiacente al PM Condove**

Di particolare rilevanza per gli interventi in progetto in questo lavoro sono gli interventi di realizzazione del sistema difensivo nel tratto in sponda destra della Dora Riparia in prossimità dell'area industriale di Vaie e dell'abitato di Chiusa di San Michele (Intervento DR-IS-06).

All'intervento DR-IS-06, è assegnato il 2° livello di priorità, ossia priorità media, corrispondente alle opere che dovranno comunque essere realizzate a breve termine ma che rivestono un'importanza più modesta in termini di "efficienza" dal punto di vista del conseguimento degli obiettivi di progetto. Infatti, all'interno dell'area in esame gli insediamenti antropici sono da considerarsi incompatibili con un eventuale allagamento per eventi con tempo di ritorno fino a 200 anni, è emersa quindi la necessità di prevedere la realizzazione di un sistema difensivo in grado di contenere la piena bicentenaria.

*"Vista l'esigua distanza esistente tra le stesse abitazioni e le infrastrutture viarie e ferroviarie pur non considerando strategica la difesa di queste si è optato in questo caso specifico per una posizione più interna della nuova linea arginale in affiancamento al rilevato ferroviario curvando nell'ultimo tratto in modo da raccordarsi con la rampa del ponte."*

### 4.3 PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI

Il 22 dicembre 2000 è stata adottata la Direttiva 2000/60/CE per la tutela delle acque, recepita in Italia attraverso il d.lgs. n.152 del 3 aprile 2006. L'articolo n. 64 prevede la ripartizione del territorio nazionale in 8 distretti idrografici, ciascuno dei quali dotato di piano di gestione, la cui competenza spetta alla corrispondente Autorità di distretto idrografico.

Le norme comunitarie prevedono l'obbligo di predisporre per ogni distretto, a partire dal quadro della pericolosità e del rischio di alluvioni definito con l'attività di mappatura, uno o più Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni (art. 7 D.Lgs. 49/2010 e art. 7 Dir. 2007/60/CE), contenenti le misure necessarie per raggiungere l'obiettivo di ridurre le conseguenze negative dei fenomeni alluvionali nei confronti, della salute umana, del territorio, dei beni, dell'ambiente, del patrimonio culturale e delle attività economiche e sociali. In particolare, il PGRA dirige l'azione sulle aree a rischio più significativo, organizzate e gerarchizzate rispetto all'insieme di tutte le aree a rischio e definisce gli obiettivi di sicurezza e le priorità di intervento a scala distrettuale, in modo concertato fra tutte le Amministrazioni e gli Enti gestori, con la partecipazione dei portatori di interesse e il coinvolgimento del pubblico in generale.

Il territorio oggetto di intervento ricade nell'area di competenza dal **Distretto Idrografico Padano**.

La rilevante estensione del bacino del fiume Po e la peculiarità e diversità dei processi di alluvione sul suo reticolo idrografico hanno reso necessario effettuare la mappatura della pericolosità secondo approcci metodologici differenziati per i diversi ambiti territoriali, di seguito definiti:

Reticolo principale (RP);

Reticolo secondario collinare e montano (RSCM);

Reticolo secondario di pianura (RSP);

Aree costiere marine (ACM);

Aree costiere lacuali (ACL).

#### LE MAPPE DELLA PERICOLOSITA'

Le mappe delle aree allagabili rappresentano l'estensione massima degli allagamenti conseguenti al verificarsi degli scenari di evento riconducibili ad eventi di elevata, media e scarsa probabilità di accadimento.

Le perimetrazioni riguardano tutti e tre gli scenari di piena previsti dalla Direttiva ed individuano le aree interessate da fenomeni di lento e progressivo allagamento. Sono state delimitate utilizzando la regolarizzazione statica dei livelli storicamente registrati alle principali stazioni di misura e il DTM.

Gli ambiti e i soggetti attuatori sono:

AMBITO TERRITORIALE	SOGGETTO ATTUATORE
Reticolo idrografico principale (RP)	Autorità di bacino del fiume Po
Reticolo secondario collinare e montano (RSCM)	Regioni
Reticolo secondario di pianura (RSP)	Regioni con il supporto di URBIM e dei Consorzi di bonifica
Aree costiere lacuali (ACL)	Regioni con il supporto di ARPA e dei Consorzi di regolazione dei laghi
Aree costiere marine (ACM)	Regioni

Gli scenari di inondazione invece sono:

Direttiva Alluvioni		Pericolosità	Tempo di ritorno individuato per ciascun ambito territoriale (anni)				
Scenario	TR (anni)		RP	RSCM (legenda PAI)	RSP	ACL	ACM
Elevata probabilità di alluvioni (H = high)	20-50 (frequente)	P3 elevata	10-20	Ee, Ca RME per conoide ed esondazione	Fino a 50 anni	15 anni	10 anni
Media probabilità di alluvioni (M = medium)	100-200 (poco frequente)	P2 media	100-200	Eb, Cp	50-200 anni	100 anni	100 anni
Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (L = low)	Maggiore di 500 anni, o massimo storico registrato (raro)	P1 bassa	500	Em, Cn		Massimo storico registrato	>> 100 anni

Le condizioni di pericolosità nell'area di interesse sono riportate negli elaborati grafici annessi, la figura seguente rappresenta un estratto della carta della pericolosità da alluvione dedotta dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA).

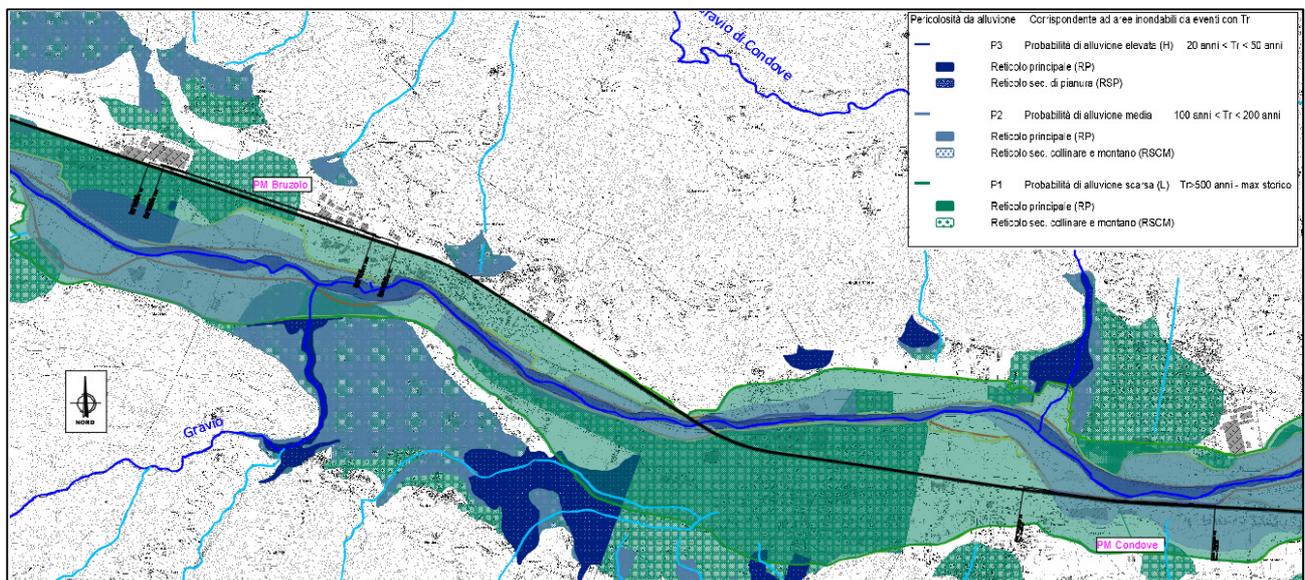


Figura 4.4 - Stralcio delle aree di esondazione del Piano di Gestione Rischio Alluvioni del Distretto idrografico Padano

#### 4.4 COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Il progetto in oggetto prevede la realizzazione di due PM sfalsati, uno pari ed uno dispari, nelle località di Bruzolo e di Condove. Dall'analisi della normativa vigente in materia di aree di esondazione si evidenzia che:

- L'area interessata dalla realizzazione del PM di Condove ricade nella zona con probabilità di alluvione media (Tr=200 anni) per l'intero tratto di intervento.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA</b> <b>LOTTO 04 - PM SFALSATO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA DI</b> <b>SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE</b>	COMMESSA NT01	LOTTO 04	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

Si rimanda agli elaborati relativi allo “Studio idraulico Fiume Dora Riparia” per la descrizione degli interventi relativi al corso d’acqua e l’analisi della compatibilità idraulica.

- *L’area interessata dalla realizzazione del PM di Bruzolo ricade nella zona con probabilità di alluvione scarsa del reticolo secondario collinare e montano per una lunghezza di circa 950 m;*

Il titolo V dell’elaborato n. 7 del PAI del bacino del fiume Po, contenente “Norme in materia di coordinamento tra il PAI e il Piano di Gestione Rischi di Alluvioni (PGRA)” disciplina le attività consentite nelle aree di allagamento definendo i criteri base per l’analisi di compatibilità idraulica degli interventi in progetto. In particolare il comma 2 dell’art. 58 riporta:

**Art. 58**

*Aggiornamento agli indirizzi alla pianificazione urbanistica, ai sensi dell'art. 65,  
comma 6 del D. lgs n. 152/2006*

[...]

2. *Nell’ambito delle disposizioni integrative di cui al comma precedente le Regioni individuano, ove necessario, eventuali ulteriori misure ad integrazione di quelle già assunte in sede di adeguamento dello strumento urbanistico al PAI. Dette misure, salva la possibilità di una loro migliore specificazione ed articolazione sulla base dei dati ed elementi a disposizione negli specifici casi, devono essere coerenti rispetto ai riferimenti normativi di seguito indicati:*
- coordinato con il presente Piano, gli adempimenti relativi ai propri strumenti*

[...]

**b) Reticolo secondario collinare e montano (RSCM):**

- nelle aree interessate da alluvioni frequenti (aree P3), alle limitazioni e prescrizioni stabilite dal precedente art 9, commi 5 e 7, rispettivamente per le aree Ee e per le aree Ca;
- nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2), alle limitazioni e prescrizioni stabilite dal precedente art 9, commi 6 e 8 rispettivamente per le aree Eb e per le aree Cp;
- nelle aree interessate da alluvioni rare (aree P1), alle limitazioni e prescrizioni stabilite dal precedente art 9, commi *6bis* e 9 rispettivamente per le aree Em e per le aree Cn.

Di seguito le indicazioni fornite dal PRGC dei comuni interessati dall’intervento che sono Bruzolo, Vaie e Borgone.

Il PRGC del comune di Bruzolo definisce le aree interessate come:

Porzioni di territorio nelle quali esistono condizioni di moderata pericolosità geomorfologica, idrogeologiche e litotecniche che possono essere agevolmente superate attraverso l’adozione e il rispetto di modesti accorgimenti tecnici ai sensi del D.M. 11 marzo 1988.



Classe Ila (Conoide alluvionale del Torrente di Pissaggio)

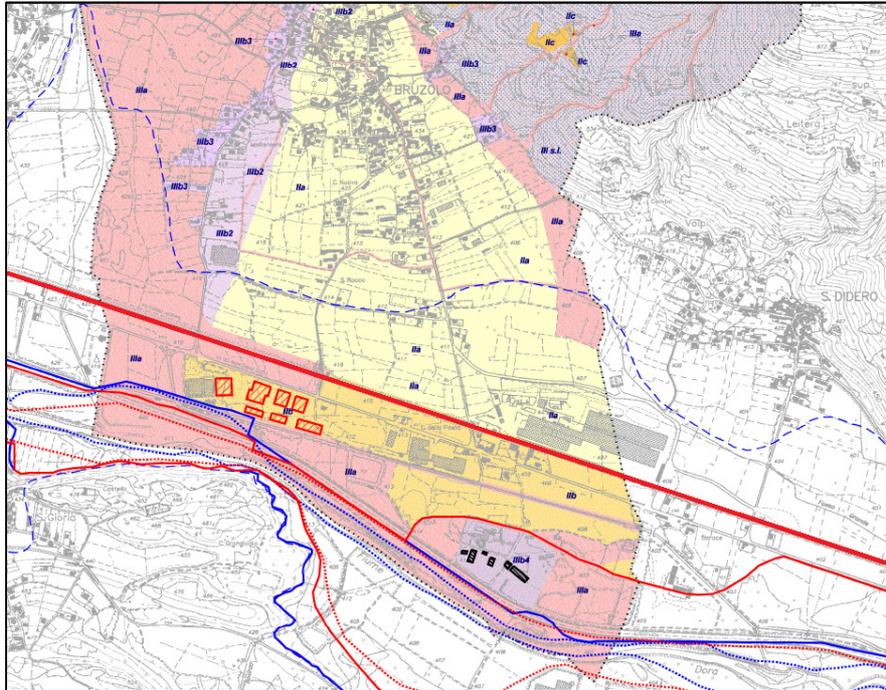


Figura 4.5 - Stralcio della carta di sintesi del PRGC del comune di Bruzolo

Il PRGC del comune di Borgone di Susa definisce le aree interessate come:

IIA

PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA MODERATA CHE IMPONE L'ADOZIONE ED IL RISPETTO DI ACCORGIMENTI TECNICI REALIZZABILI A LIVELLO DI PROGETTO ESECUTIVO NELL'INTORNO SIGNIFICATIVO CIRCOSTANTE IL SINGOLO LOTTO EDIFICATORIO. POSSIBILITA' DI ALLAGAMENTO IN SEGUITO AD EVENTI METEORICI PARTICOLARMENTE INTENSI CON FLUSSI DI ACQUE A BASSA ENERGIA E PER ALTEZZE IDROMETRICHE MODESTE. SUPERFICIALITA' DELLA FALDA. (ZONE DI PIANURA)

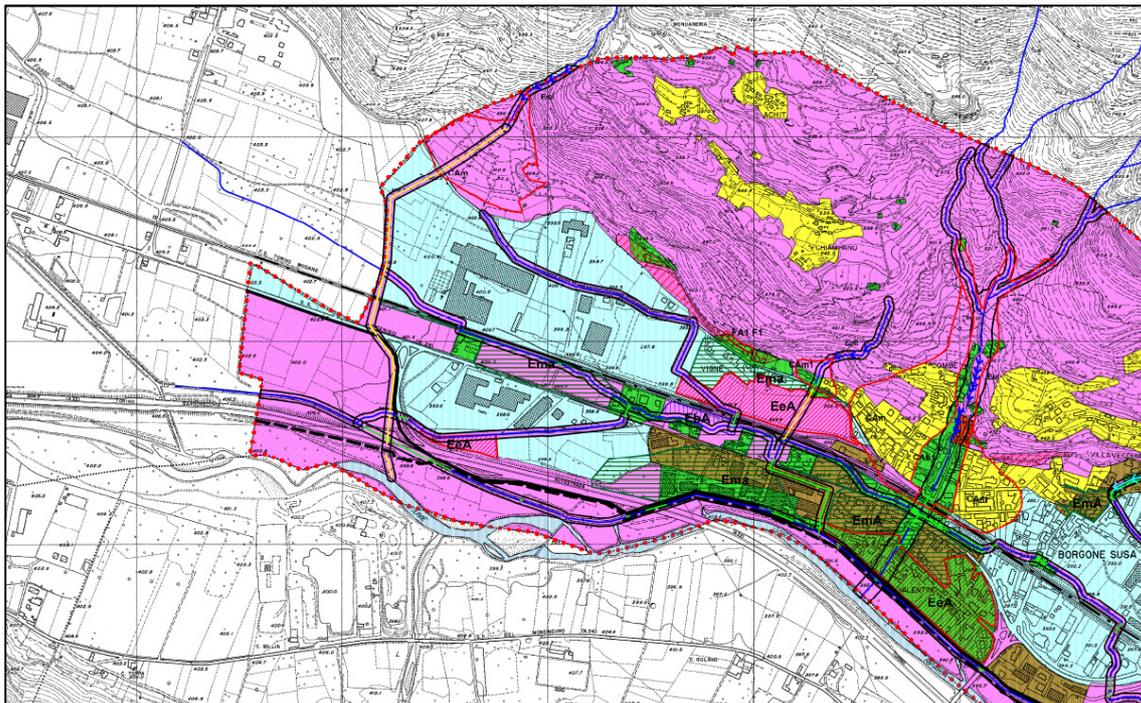


Figura 4.6 - Stralcio della carta di sintesi del PRGC del comune di Borgone di Susa

Analizzando i PRGC dei comuni interessati l'intervento ricade in classe IIA, pericolosità geomorfologica moderata, sono richiesti dunque accorgimenti tecnici durante la fase progettuale senza prevedere vincoli/divieti nell'area di interesse.

L'intervento, inoltre, è un intervento di interesse pubblico, si rimanda quindi alle indicazioni fornite dall'art. 38 delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto idrogeologico.

**Art. 38. Interventi per la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico**

1. Fatto salvo quanto previsto agli artt. 29 e 30, all'interno delle Fasce A e B è consentita la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non modifichino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo. A tal fine i progetti devono essere corredati da uno studio di compatibilità, che documenti l'assenza dei suddetti fenomeni e delle eventuali modifiche alle suddette caratteristiche, da sottoporre all'Autorità competente, così come individuata dalla direttiva di cui la comma successivo, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino.
2. L'Autorità di bacino emana ed aggiorna direttive concernenti i criteri, gli indirizzi e le prescrizioni tecniche relative alla predisposizione degli studi di compatibilità e alla individuazione degli interventi a maggiore criticità in termini d'impatto sull'assetto della rete idrografica. Per questi ultimi il parere di cui al comma 1 sarà espresso dalla stessa Autorità di bacino.

A valle delle indicazioni da normativa riportate si può affermare che l'intervento in oggetto non costituisce significativo ostacolo al deflusso, non comporta una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di invaso e non concorre ad incrementare le condizioni di rischio, né in loco né in aree limitrofe. Inoltre, l'intervento in essere:

- non pregiudica la possibilità di sistemazione idraulica definitiva dell'area;
- non produce effetti negativi nei sistemi geologico ed idrogeologico, assicurando l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti;
- garantisce il mantenimento della funzionalità ed operatività proprie della struttura in casi di evento alluvionale;
- assicura il mantenimento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area e la sicurezza delle opere di difesa esistenti;
- non producendo effetti né in termini di modifica di deflussi idrici, né in termini di squilibrio degli attuali bilanci della risorsa idrica (prelievi e scarichi).

Considerando, inoltre, che gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica non definiscono o identificano limiti e/o divieti nell'area di nostro interesse è quindi possibile affermare che le nuove opere in progetto risultano compatibili con le norme che disciplinano gli interventi ricadenti in aree interessate da inondazioni secondo gli strumenti normativi.

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA</b> <b>LOTTO 04 - PM SFALSATO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA DI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE</b>	COMMESSA NT0I	LOTTO 04	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

## 5 ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica è finalizzata alla definizione dei parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica di assegnata probabilità di accadimento (sintetizzata nel parametro tempo di ritorno), indispensabili per il dimensionamento dei diversi manufatti idraulici in particolare per la valutazione dei tiranti idrici.

La “Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica”, in attuazione dell'art. 10 delle Norme di attuazione del PAI dell'Autorità di bacino del Fiume Po, fornisce i valori delle precipitazioni intense nelle diverse aree del bacino e quelli delle portate di piena sui corsi d'acqua principali, interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali (nell'ambito del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali - PSFF e del PAI) e, per gli stessi corsi d'acqua, il profilo della piena di progetto.

*Ai fini di quanto richiesto dall'art. 10 delle Norme di attuazione del PAI, la direttiva è costituita dai seguenti punti:*

- *delimitazione dei sottobacini idrografici nella porzione collinare e montana del bacino del Po e degli ambiti idrografici di pianura;*
- *stima delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica puntuali nelle stazioni di misura delle precipitazioni;*
- *analisi della distribuzione spaziale delle precipitazioni intense;*
- *indicazioni per il calcolo delle portate di piena sui bacini idrografici di piccole dimensioni;*
- *stima delle portate di piena in sezioni significative dei corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali;*
- *definizione del profilo di piena di progetto per i corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali.*

La legge di dipendenza della media dei massimi di precipitazione con la durata può esprimersi, nel caso più semplice, come:

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

in cui i parametri  $a$  e  $n$  dipendono dallo specifico tempo di ritorno considerato.

La stima delle curve di probabilità pluviometrica nelle stazioni di misura è stata effettuata dall'Autorità di Bacino sulla base delle serie storiche dei massimi annuali delle altezze di precipitazione per le durate considerate, definendo i parametri  $a$  ed  $n$  per i tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni. Nel procedere al calcolo dei parametri  $a$  ed  $n$ , sono state utilizzate le serie storiche delle precipitazioni intense riportate negli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano (Parte I, tabella III) relative ai massimi annuali delle precipitazioni della durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive. L'intervallo di durata tra 1 e 24 ore rappresenta il campo entro cui sono da ricercare le durate critiche per la maggior parte dei corsi d'acqua per i quali la stima della portata di piena può essere effettuata tramite l'utilizzo delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica.

Al fine di fornire uno strumento per l'analisi di frequenza delle piogge intense nei punti privi di misure dirette è stata inoltre condotta dall'Autorità di bacino, all'interno della “Direttiva”, un'interpolazione spaziale con il metodo di Kriging dei parametri “ $a$ ” ed “ $n$ ” delle linee segnalatrici, discretizzate in base ad un reticolo di 2 km di lato.

I risultati sono rappresentati nell'Allegato 3; gli elaborati consentono il calcolo delle linee segnalatrici in ciascun punto del bacino, a meno dell'approssimazione derivante dalla risoluzione spaziale della griglia di discretizzazione, per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni, identificando la localizzazione sulla corografia.

In Figura 4.1 si evidenziano le celle della Griglia di Dati in cui ricadono gli interventi in oggetto. Per lo studio idrologico e idraulico dell'argine in progetto si rimanda agli elaborati di dettaglio.



**Figura 5.1- Individuazione celle di riferimento PAI 7. Norme di attuazione- Allegato 3**

Per la progettazione del PM di Bruzolo si è preferito non fare un'interpolazione dai dati pluviometrici delle varie celle in cui ricade l'intervento ma considerare la cella con i valori più cautelativi, in questo caso descritti dalla cella AE101; per il PM di Condove sono stati considerati i valori pluviometrici della cella in cui ricade il progetto, AH102.

Di seguito i parametri presi in riferimento per il dimensionamento delle opere idrauliche relativamente ai due interventi:

CELLA PAI	Tr = 10 anni		Tr = 20 anni		Tr = 50 anni		Tr = 100 anni		Tr = 200 anni		Tr = 500 anni	
	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]
AE101	30.133	0.399	34.370	0.397	39.852	0.395	43.958	0.393	48.065	0.391	53.457	0.389

CELLA PAI	Tr = 10 anni		Tr = 20 anni		Tr = 50 anni		Tr = 100 anni		Tr = 200 anni		Tr = 500 anni	
	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]
AH102	37.830	0.382	43.197	0.381	50.110	0.378	55.311	0.377	60.472	0.375	67.332	0.373

**Tabella 5.1 - Curve di possibilità pluviometrica di durata superiore ad 1 h**

Il Manuale di Progettazione ferroviaria di RFI definisce i tempi di ritorno da utilizzare per il dimensionamento delle opere idrauliche in funzione dell'importanza strategica del manufatto. In particolare, relativamente alla linea ferroviaria, sono previsti:

**RELAZIONE IDRAULICA DI  
SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D 26 RI	ID0002 001	A	26 di 59

- Tr=100 anni per il drenaggio della piattaforma (cunetta, tubazioni..);
- Tr=100 anni per i fossi di guardia.

I valori dei parametri idrologici utilizzati nel progetto in essere risultano:

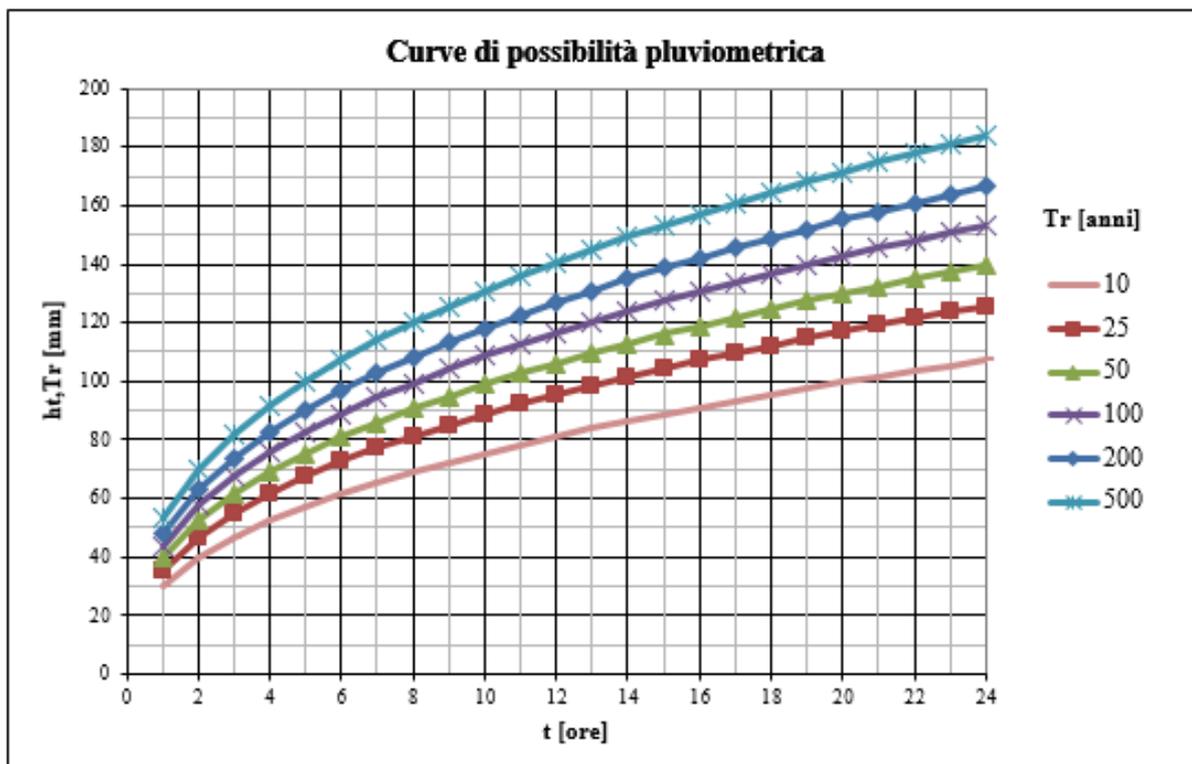
CELLA PAI	Tr = 10 anni		Tr = 20 anni		Tr = 25 anni		Tr = 50 anni		Tr = 100 anni		Tr = 200 anni		Tr = 500 anni	
	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]
AE101	30.133	0.399	34.370	0.397	35.667	0.396	39.852	0.395	43.958	0.393	48.065	0.391	53.457	0.389

**Tabella 5.II Parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica di durata superiore ad un'ora per il PM di Bruzolo**

CELLA PAI	Tr = 10 anni		Tr = 20 anni		Tr = 25 anni		Tr = 50 anni		Tr = 100 anni		Tr = 200 anni		Tr = 500 anni	
	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]	a [mm/h]	n [-]
AH102	37.830	0.382	43.197	0.381	44.826	0.380	50.110	0.378	55.311	0.377	60.472	0.375	67.332	0.373

**Tabella 5.III Parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica di durata superiore ad un'ora per il PM di Condove**

Nelle figure seguenti si riportano le curve di possibilità pluviometrica per i diversi tempi di ritorno, calcolate per piogge di durata maggiori di 1 h.



**Figura 5.2- Curve di possibilità pluviometrica di durata superiore ad un'ora per il PM di Bruzolo**

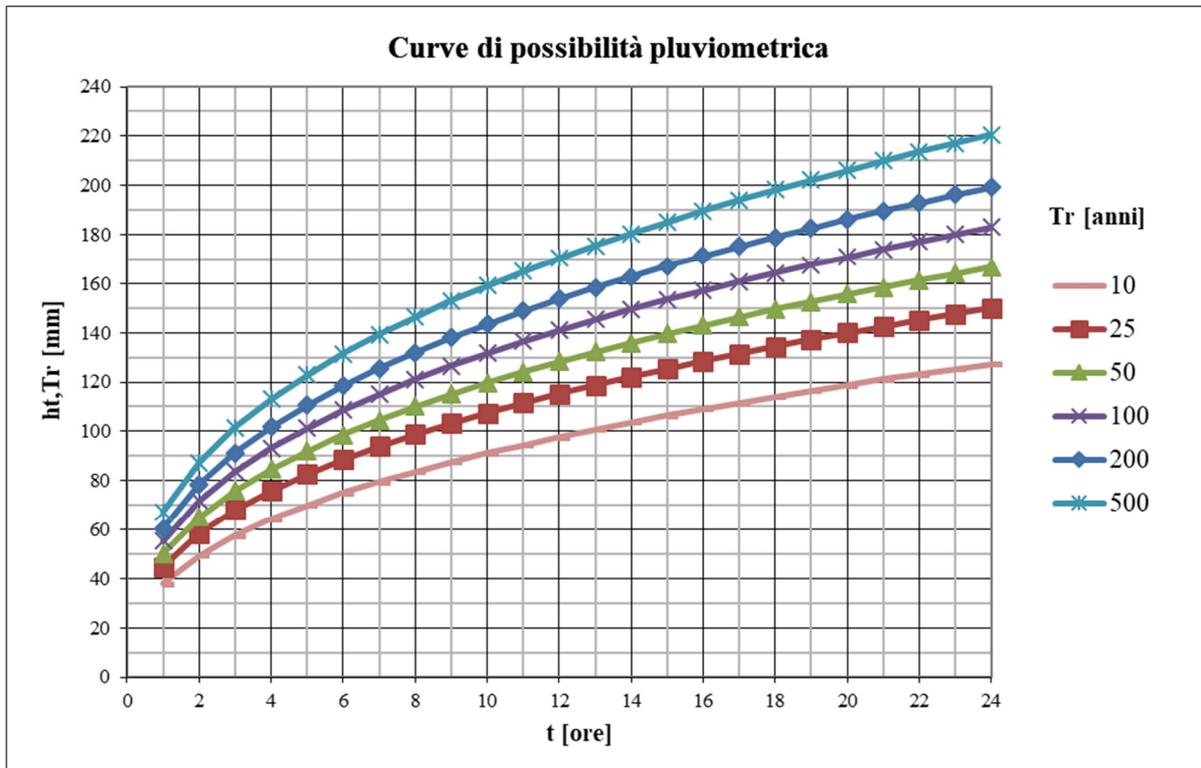


Figura 5.3- Curve di possibilità pluviometrica di durata superiore ad un'ora per il PM di Condove

In bacini imbriferi di limitata estensione e di relativa rapidità dei deflussi, i tempi di concentrazione sono brevi e di conseguenza le precipitazioni che interessano sono le piogge intense di durata breve con tempi inferiori all'ora. Tale aspetto assume una notevole importanza nel dimensionamento del drenaggio di piattaforma. L'utilizzo della legge valida per durate maggiori dell'ora risulta spesso troppo cautelativa.

Nel caso oggetto della presente relazione il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica per tempi di pioggia inferiori ad un'ora è stata utilizzata la formula di Bell (si rimanda alla relazione idrologica per lo studio completo) che ha proposto, in relazione alla modesta variazione dei rapporti di intensità durata correlata al tempo di ritorno, la seguente relazione:

$$\frac{P_t^t}{h_T^{60}} = (0.54t^{0.25} - 0.50)$$

applicabile per  $5 \leq t \leq 120$  minuti dove:

- $P_t^t$  indica l'altezza di pioggia relativa ad un evento pari al tempo  $t$  riferita al periodo di ritorno  $T$

- $h_T^{60}$  è l'altezza di pioggia relativa ad un evento di durata pari ad un'ora riferita al periodo di ritorno  $T$

- $t$  è il tempo di pioggia espresso in minuti.

Nota l'altezza di pioggia  $ht$  relativa all'evento di durata  $t$ , passando ai logaritmi, le coppie altezza di pioggia-durata vengono regolarizzate con l'equazione di una retta dove il termine noto indica il parametro  $a$  e il coefficiente angolare rappresenta il parametro  $n'$ .

Date le dimensioni dell'area da servire e le lunghezze dei singoli tratti a vantaggio di sicurezza, le curve di pioggia utilizzate fanno riferimento a piogge con durate minori di un'ora perché maggiormente rispondenti al reale funzionamento del sistema.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA</b> <b>LOTTO 04 - PM SFALSATO</b></p>					
<p><b>RELAZIONE IDRAULICA DI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE</b></p>	<p>COMMESSA NT0I</p>	<p>LOTTO 04</p>	<p>CODIFICA D 26 RI</p>	<p>DOCUMENTO ID0002 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 28 di 59</p>

Di seguito una sintesi dei parametri utilizzati nel progetto in essere:

PM DI BRUZOLO

Ai fini del dimensionamento delle opere idrauliche di drenaggio connesse alla piattaforma ferroviaria (tempo di ritorno pari a 100 anni) la legge di pioggia è:

$$h = 43.958 \cdot t^{0.393}, \text{ per le durate di pioggia } t \text{ maggiori di un'ora;}$$

$$ht = (0.54 \cdot t^{0.25} - 0.50) \cdot 43.958, \text{ per le durate di pioggia } t \text{ minori di un'ora. Passando ai logaritmi e regolarizzando con l'equazione di una retta, dove il termine noto indica il parametro } a \text{ e il coefficiente angolare rappresenta il parametro } n', \text{ tale relazione si può semplicemente esprimere come } h = 43.958 \cdot t^{0.464}.$$

PM DI CONDOVE

Ai fini del dimensionamento delle opere idrauliche di drenaggio connesse alla piattaforma ferroviaria (tempo di ritorno pari a 100 anni) la legge di pioggia è:

$$h = 55.311 \cdot t^{0.377}, \text{ per le durate di pioggia } t \text{ maggiori di un'ora;}$$

$$ht = (0.54 \cdot t^{0.25} - 0.50) \cdot 55.311, \text{ per le durate di pioggia } t \text{ minori di un'ora. Passando ai logaritmi e regolarizzando con l'equazione di una retta, dove il termine noto indica il parametro } a \text{ e il coefficiente angolare rappresenta il parametro } n', \text{ tale relazione si può semplicemente esprimere come } h = 55.311 \cdot t^{0.464}.$$

Per il dimensionamento dei manufatti idraulici di progetto, è stata utilizzata la legge di pioggia a TR = 100 anni di durata inferiore a un'ora, poiché è stato fissato un tempo di corrivazione pari a 10 minuti.

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA</b> <b>LOTTO 04 - PM SFALSATO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA DI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE</b>	COMMESSA NT01	LOTTO 04	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

## 6 STANDARD PROGETTUALI

Il progetto in essere necessita quindi di varie opere idrauliche che bisogna dimensionare e verificare adeguatamente.

Il dimensionamento degli elementi costituenti il sistema di raccolta e smaltimento delle acque è differente per ciascuna opera, la procedura può essere riepilogata con i seguenti passi:

- Individuazione delle curve di possibilità pluviometrica (Analisi idrologica);
- Calcolo delle portate generate dalla precipitazione meteorica (Metodo cinematico);
- Dimensionamento e verifica degli elementi di raccolta delle acque.

### 6.1 MODELLO CINEMATICO DELLA CORRIVAZIONE

L'impostazione idrologica ed i metodi di dimensionamento delle opere tengono conto delle prescrizioni del "Manuale di progettazione"; nel progetto in essere le relazioni proposte si riferiscono al metodo cinematico.

Il modello cinematico o della corrivazione si basa sulle seguenti ipotesi:

- la formazione della piena è dovuta unicamente ad un fenomeno di trasferimento della massa liquida;
- ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende soltanto dalla posizione del punto in cui è caduta;
- la velocità di ogni singola goccia non è influenzata dalla presenza delle altre gocce, cioè ognuna di esse scorre indipendentemente dalle altre;
- la portata defluente si ottiene sommando tra loro le portate elementari, provenienti dalle singole aree del bacino, che si presentano allo stesso istante nella sezione di chiusura (funzionamento sincrono a favore di sicurezza).

Ne consegue che esiste un tempo di concentrazione  $t_c$  caratteristico del bacino che rappresenta il tempo necessario perché la goccia caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino raggiunga la sezione di chiusura; si può dimostrare che la portata massima al colmo nella sezione di chiusura del bacino si ottiene per piogge di durata pari proprio al tempo  $t_c$ , nell'ipotesi che la curva aree–tempi sia lineare e che la pioggia sia uniformemente distribuita nel tempo e nello spazio.

La determinazione dell'intensità di pioggia  $i$  è subordinata al calcolo del tempo di concentrazione del bacino ed alla ricerca dei dati idrologici relativi all'area in esame.

Per una fognatura urbana il tempo di corrivazione  $t_c$  può essere determinato facendo riferimento al percorso idraulico più lungo della rete fognaria fino alla sezione di chiusura considerata e risulta dalla somma di due termini:

$$t_c = t_a + t_r$$

dove:

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA</b> <b>LOTTO 04 - PM SFALSATO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA DI</b> <b>SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE</b>	COMMESSA NT01	LOTTO 04	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

$t_a$  = tempo di accesso alla rete;

Il tempo di accesso è sempre di incerta determinazione, variando con la pendenza dell'area, la sua natura, le caratteristiche pluviometriche ed il livello di realizzazione dei drenaggi.

In ogni caso, il valore normalmente assunto nella progettazione varia entro l'intervallo  $5 \div 15$  minuti, assumendo i valori più bassi per le aree impermeabili di minore estensione, più attrezzate e di maggiore pendenza ed i valori più alti per i casi opposti, compresi i drenaggi dei versanti tramite fossi di guardia. Ciò permette di tenere in conto il forte effetto d'invaso che si ha nelle superfici ferroviarie che scolano nelle cunette all'inizio della precipitazione:

$t_r$  = tempo di rete.

Il tempo di rete  $t_r$  viene calcolato, invece, come somma dei tempi di percorrenza di ogni singola canalizzazione seguendo il percorso più lungo della rete fognaria, facendo riferimento alle velocità di moto uniforme  $V_u$  che assume la portata di piena nelle singole canalizzazioni:

$$t_r = \sum_i \frac{L_i}{V_{ui}}$$

nella quale la sommatoria va estesa a tutti i rami che costituiscono il percorso più lungo della rete fognaria.

Per il dimensionamento esecutivo delle sezioni terminali dei collettori, si dovrà determinare, per ogni sezione di verifica, l'area totale sottesa  $S$  ed il coefficiente d'afflusso medio pesato  $\phi$ , il tempo di accesso  $t_a$  ed il tempo di corrivazione  $t_c$  come somma di  $t_a$  e del tempo di rete  $t_r$  di primo tentativo. Noto  $t_c$ , si determinerà l'intensità media della pioggia di durata pari al tempo di corrivazione e quindi la portata al colmo di piena in funzione della quale si proporzionerà lo speco e si calcolerà la velocità di moto uniforme corrispondente, procedendo, iterativamente, fino a quando la velocità calcolata non coincida con quella stimata al passo precedente.

Il tempo di corrivazione è stato calcolato con la formula del Civil Engineering Department dell'Università del Maryland (1971):

$$t = \left( \frac{26.3 (L/K_s)^{0.6}}{3600^{(1-n) \cdot 0.4} \left( \frac{a}{1000} \right)^{0.4} i^{0.3}} \right)^{\left( \frac{1}{0.6+0.4n} \right)}$$

Dove:

$a$  ( $\text{mm/h}^n$ ) e  $n$  tratti dall'equazione della curva di possibilità climatica per  $T_r$  prescelto,

$K_s$  ( $\text{m}^{1/3}/\text{s}$ ) coefficiente di scabrezza media delle superfici di scorrimento,

$i$  ( $\text{m}/\text{m}$ ) pendenza

$L$  ( $\text{m}$ ) lunghezza dell'area servita.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA</b> <b>LOTTO 04 - PM SFALSATO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA DI</b> <b>SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE</b>	COMMESSA NT0I	LOTTO 04	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

Per la valutazione delle massime portate, affluenti nelle tubazioni e nelle canalizzazioni dei diversi tronchi del sistema di drenaggio, è stata utilizzata la formula, derivata dal metodo razionale:

$$Q_c = \frac{\varphi \cdot S \cdot i_c}{360}$$

dove:

- $Q_c$  portata al colmo di piena in corrispondenza della sezione di calcolo (m<sup>3</sup>/s);
- $\varphi$  valore medio ponderale del coefficiente di deflusso del bacino, assunto:
- $\varphi_1$  aree piattaforma ferroviaria con sub-ballast = 0.90, senza sub-ballast = 0.60
- $\varphi_2$  aree a verde e scarpate = 0.60
- $S$  superficie del bacino scolante (ha);
- $i_c$  intensità media della pioggia di durata pari al tempo di corrivazione  $t_c$  (mm/h).

Per il calcolo dell'intensità di pioggia si fa riferimento alla legge precipitazione-durata-frequenza (HDF) del tipo monomia precedentemente trattata.

Il dimensionamento dei collettori e dei fossi di guardia è fatto facendo il confronto tra la portata transitante e quella massima ammissibile dall'elemento in questione.

## 6.2 DIMENSIONAMENTO IDRAULICO

Definiti i parametri pluviometrici, il metodo di trasformazione afflussi/deflussi si effettua il dimensionamento delle opere idrauliche in progetto. La verifica idraulica degli specchi in progetto, viene effettuata valutando le altezze idriche e le velocità relative alle portate di progetto tramite l'espressione di Chezy:

$$V = k * \sqrt{R * i}$$

e l'equazione di continuità

$$Q = \sigma V$$

dove  $K$ , il coefficiente di scabrezza, è stato valutato secondo la formula di Gaukler-Strickler:

$$K = K_s R^{1/6}$$

ottenendo:

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

dove:

$Q$  la portata (m<sup>3</sup>/s)

$i$  la pendenza media del fosso (m/m);

**RELAZIONE IDRAULICA DI  
SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D 26 RI	ID0002 001	A	32 di 59

$A$  la sezione idrica ( $m^2$ );

$K_s$  il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler, pari a 100 (tubazione in materiale plastico ed acciaio), 50 per le strutture in cls;

$R$  il raggio idraulico pari al rapporto tra sezione idrica e perimetro bagnato (m).

In base alle relazioni di cui sopra, è possibile verificare le differenti opere idrauliche, tenendo conto dei seguenti vincoli di progetto:

- la velocità minima di moto uniforme non deve essere inferiore a  $0,5 \div 0,6$  m/s, al fine di evitare il deposito di sedimenti sul fondo;
- la velocità massima non deve essere maggiore di 5 m/s, al fine di contenere i fenomeni di abrasione (Circolare n. 11633 del 07.01.1974 del Ministero dei Lavori Pubblici);
- il grado di riempimento deve essere non superiore al 70% per evitare che la condotta possa andare in pressione; per le condotte con diametro inferiore a 500 mm il grado di riempimento massimo consentito è del 50%.

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA</b> <b>LOTTO 04 - PM SFALSATO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA DI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE</b>	COMMESSA NT01	LOTTO 04	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

## 7 SISTEMA DI DRENAGGIO ACQUE METEORICHE

Nel presente capitolo si espongono i criteri generali attuati nella progettazione in merito alle scelte relative al drenaggio delle acque meteoriche del corpo ferroviario (embrici, canalette, pozzetti, ecc.), oltreché le opere preposte all'allontanamento delle acque di scorrimento superficiale interferenti con il solido ferroviario (canali di gronda, fossi di guardia, ecc.).

L'aggiunta di un nuovo binario ferroviario previsto dall'intervento di progetto altera il preesistente sistema di smaltimento delle acque di piattaforma ferroviaria bisogna quindi garantire un sistema di drenaggio idraulicamente efficiente, ai fini di preservare l'infrastruttura da allagamenti.

Il recapito finale delle acque che defluiscono nelle suddette opere è individuabile nelle reti idrauliche che attraversano la zona interessata dalla linea ferroviaria, siano esse superficiali o interrato (fossi, collettori fognari).

Vista la normativa vigente (D.Lgs 152/2006 e s.m.i. e la L.R. 27/1986 e s.m.i.), che non impone alcun obbligo di trattamento preventivo delle acque di prima pioggia, prima dello scarico di queste ultime nel recettore individuato, non è stato previsto alcun manufatto di trattamento.

### 7.1 PM DI CONDOVE - DRENAGGIO ACQUE DI PIATTAFORMA FERROVIARIA

Nel presente paragrafo verranno descritti gli interventi volti alla realizzazione del sistema di drenaggio delle acque di piattaforma in seguito alla realizzazione del PM ferroviario di Condove.

Il drenaggio delle acque di piattaforma verrà assicurato mediante un sistema di canalette e fossi di guardia nei pressi del rilevato ferroviario.

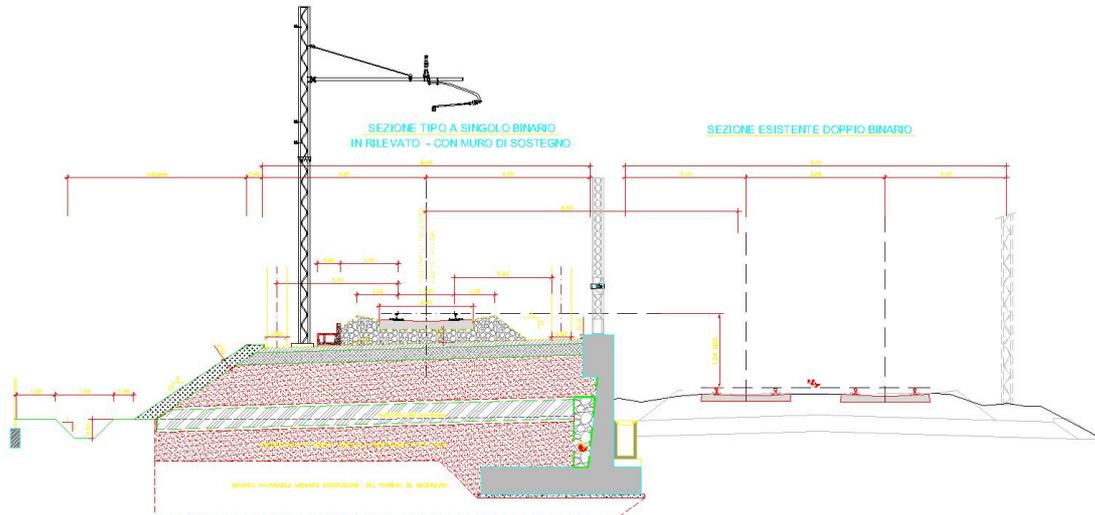
La linea ferroviaria, per tutta la lunghezza dell'intervento, è in rilevato.

Le acque meteoriche vengono canalizzate ed allontanate dalla nuova sede ferroviaria, per mezzo della sezione triangolare formata dal cordolo bituminoso a lato della piattaforma e lo strato di sub-ballast dotato di una pendenza trasversale pari al 3%. Il cordolo convoglia l'acqua verso il primo embrice disponibile in funzione della pendenza longitudinale della livelletta ferroviaria.

Gli embrici sono posizionati sulla scarpata del rilevato con pendenza 3/2, ad interasse pari a 15 m. Al piede del rilevato, l'acqua viene collettata per mezzo del fosso di guardia in terra di sezione trapezoidale, dimensionati con tempo di ritorno centennale, che recapita nella rete di scolo naturale esistente. Tale fosso ha dimensione 0.50x0.50m e pendenza delle sponde 1/1 sono rivestiti solo per una lunghezza di 3 m in corrispondenza dello scarico dell'embrice.

Poiché la realizzazione del suddetto intervento prevede l'aggiunta di un nuovo binario ferroviario, non sempre la quota del piano ferro di quest'ultimo è in linea con quello dei binari preesistenti. Pertanto, sarà prevista la costruzione di un muro di sostegno tra le chilometriche 0+100.00 e 0+850.00, al quale dovrà essere annessa una canaletta di drenaggio 40x80cm volta ad evitare che tale opera faccia da barriera al deflusso delle acque della piattaforma ferroviaria esistente. Per garantire la giusta pendenza al drenaggio delle acque, tale canaletta verrà riempita da magrone in quantità via via decrescenti procedendo da monte verso valle, garantendo sempre la giusta efficienza idraulica nel deflusso delle acque meteoriche (il quale apporto invece aumenta procedendo da monte verso valle).

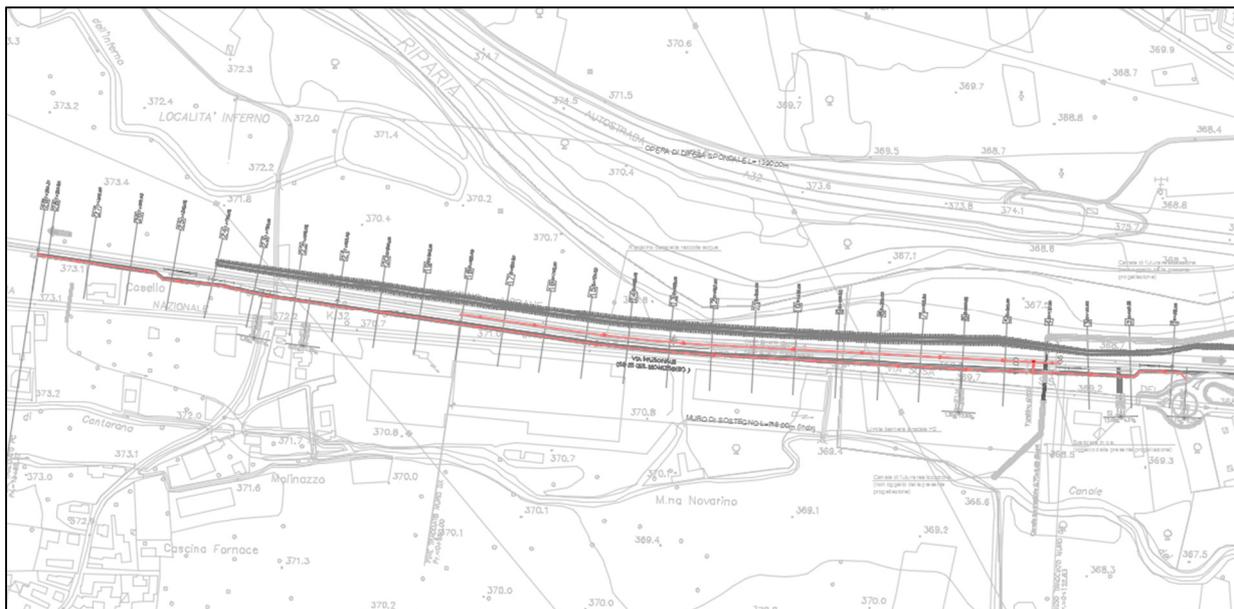
Si riporta a titolo puramente esemplificativo una sezione tipo del rilevato ferroviario:



**Figura 7.1- Sezione tipo del rilevato ferroviario**

Tale canaletta convoglierà le acque meteoriche al fosso di guardia previsto lungo tutto il tratto ferroviario interessato dall'intervento; l'interconnessione idraulica canaletta-fosso di guardia avverrà in corrispondenza della progressiva 0+166.00, attraverso una tubazione in calcestruzzo DN600 con pendenza del 0.3% posta al di sotto del rilevato ferroviario esistente, la quale scaricherà l'acqua al fosso di guardia mediante un pozzetto di dimensioni 1.50x1.00m.

La canaletta sarà interconnessa alla tubazione mediante un pozzetto più piccolo del precedente, di dimensioni 1.00x1.00m, che raccoglie due contributi: il primo derivante dal drenaggio delle acque meteoriche a monte del canale scaricatore, il secondo, realizzato in contropendenza con una canaletta di dimensioni 0.40x0.25 m, destinato alla raccolta delle acque a valle di esso.



**Figura 7.2- Planimetria idraulica PM di Condove**

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA</b> <b>LOTTO 04 - PM SFALSATO</b>					
<b>RELAZIONE IDRAULICA DI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE</b>	COMMESSA NT0I	LOTTO 04	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A	FOGLIO 35 di 59

Nella prima fase dell'intervento, poiché la realizzazione del nuovo PM prevede il tombinamento del canale scolmatore, le acque di piattaforma drenate dal fosso di guardia verranno momentaneamente convogliate in un canale esistente situato a valle dello scolmatore, in corrispondenza del cavalcaferrovia di via Condove.

Nella fase finale dell'intervento, invece, le acque meteoriche raccolte dal fosso di guardia (dalla prog. 0+150.00 alla prog. 1+362.00) verranno recapitate direttamente al canale scaricatore con un incremento di portata pari a 0.29 m<sup>3</sup>/s, e successivamente convogliate nel fiume Dora Riparia.

In conclusione, poiché è prevista la costruzione di un argine a difesa della ferrovia dalle piene della Dora Riparia, per evitare che quest'ultimo faccia da barriera al naturale deflusso delle acque meteoriche ricadenti nella piattaforma ferroviaria esistente, è prevista la realizzazione di un fosso trapezoidale in calcestruzzo di dimensioni 0.30x0.30m e pendenza alle sponde 1/1 fino alla chilometrica 0+150.00 e di dimensioni 0.50x0.50m e pendenza delle sponde 1/1 dalla chilometrica 0+150.00 alla chilometrica 0-284.00, dove scaricherà in un fosso esistente a servizio della viabilità.

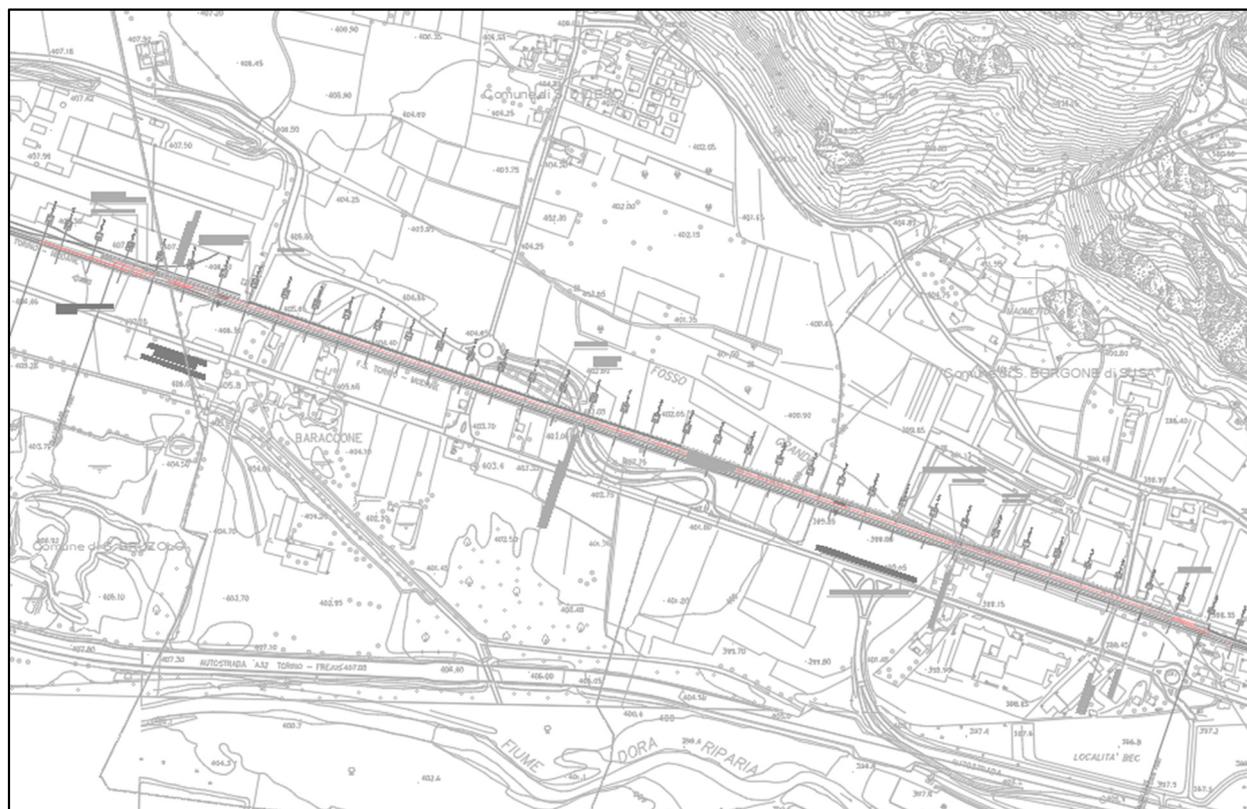
Si rimanda alla successiva fase progettuale per il rilievo del sistema di smaltimento del cavalcaferrovia di via Condove e la verifica della compatibilità delle quote con il sistema di smaltimento previsto in progetto.

## **7.2 PM DI BRUZOLO - DRENAGGIO ACQUE DI PIATTAFORMA FERROVIARIA**

Nel presente paragrafo verranno descritti gli interventi volti alla realizzazione del sistema di drenaggio delle acque di piattaforma in seguito alla realizzazione del PM ferroviario di Bruzolo. Il drenaggio verrà assicurato mediante un sistema di canalette e fossi di guardia nei pressi del rilevato ferroviario.

Il recapito finale del sistema di raccolta previsto in progetto è costituito in parte dal ricettore naturale denominato "Fosso del Mulino", il quale intercetta il rilevato ferroviario alla chilometrica 0+450.00 mediante un tombino, e in parte dal terreno attraverso un sistema a dispersione.

Nella figura a seguire uno stralcio della planimetria del PM di Bruzolo:



**Figura 7.3- Planimetria idraulica PM di Bruzzolo**

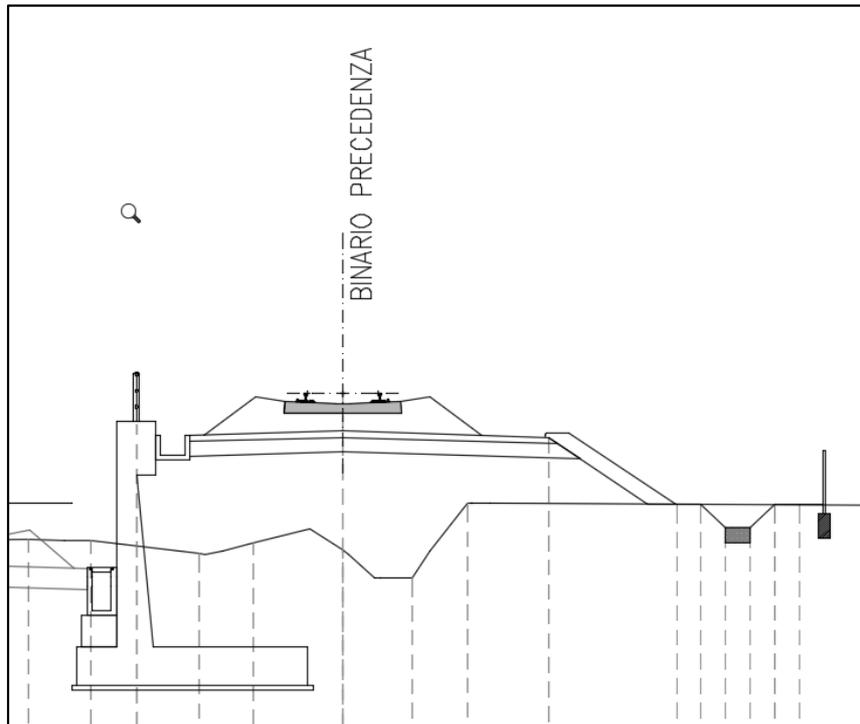
I punti di recapito complessivi del tratto in oggetto sono due, entrambi recapitano all'interno del "Fosso del Mulino" rispettivamente in corrispondenza dell'attraversamento ferroviario alla Prog. 0+440.00 e 0+150.00.

Tra le chilometriche 1+650.00 e 1+000.00, l'acqua di metà della piattaforma ferroviaria di nuova costruzione sarà inviata all'interno di una canaletta di dimensioni 0.50x0.40m. In corrispondenza del muro di sostegno necessario per il nuovo rilevato ferroviario la canaletta prosegue con dimensioni 40x80cm a servizio della piattaforma ferroviaria esistente.

La canaletta si svilupperà lungo tutto il muro di sostegno fino alla chilometrica 0+150.00, dove, mediante un pozzetto di dimensioni 1.00x1.00m convoglierà le acque meteoriche al "Fosso del Mulino" mediante una tubazione in calcestruzzo DN600.

In tale pozzetto arriveranno anche i contributi di altre due canalette a servizio di metà della nuova piattaforma ferroviaria: la prima di dimensioni 0.50x0.40m realizzata in contropendenza tra le chilometriche 0+050.00 e 0+150.00, la seconda di dimensioni 0.50x0.40m tra le chilometriche 0+150.00 e 0+450.00, realizzata in testa al muro precedentemente descritto.

Per il contributo meteorico della restante metà della nuova piattaforma ferroviaria è prevista la realizzazione tra le chilometriche 0+050.00 e 0+450.00 di un fosso di guardia trapezoidale "disperdente", di dimensione 0.50x0.50m e pendenza delle sponde 1/1.



**Figura 7.4- Sezione tipologica dalla prog. 0+100 alla prog. 0+500**

Tra le chilometriche 1+600.00 e 1+750.00 sarà prevista una canaletta grigliata di dimensioni 0.30x0.45m, la quale verrà interconnessa con un fosso di guardia trapezoidale di dimensione 0.50x0.50m e pendenza delle sponde 1/1 previsto tra le chilometriche 0+530.00 e 1+600.00, convogliando le acque meteoriche relative al contributo di metà piattaforma ferroviaria (profilo "a schiena d'asino") nel ricettore naturale prima citato. Il ricettore naturale verrà ripristinato per una lunghezza di 100 m con la realizzazione di un nuovo tombino DN1500.

In ultimo, tra le chilometriche 1+750.00 e 1+850.00 è prevista la realizzazione di una canaletta disperdente di dimensioni 0.60x0.50m.

Si rimanda alla successiva fase progettuale per il rilievo del "Fosso del Mulino" a monte e valle della ferrovia, per lo studio di dettaglio del nuovo attraversamento ferroviario in progetto.

### **7.3 VERIFICA IDRAULICA**

Per ciascuna opera di drenaggio prevista nel progetto in esame vengono esposti i criteri di verifica consistenti nel determinare le portate o gli sviluppi massimi in funzione delle pendenze delle canalizzazioni e delle sezioni trasversali.

Rimandando alla planimetria lo schema idraulico e la localizzazione dei singoli punti di recapito, nel paragrafo successivo si riportano i risultati delle elaborazioni delle verifiche dei fossi e delle canalette.

### 7.3.1 Canalette rettangolari

Le canalette che ricevono i contributi meteorici della piattaforma ferroviaria hanno una sezione rettangolare di 0.40x0.80m (afferenti ai muri di sostegno) e 0.50x0.40m. Per il PM di Bruzzolo in aggiunta abbiamo una canaletta grigliata di dimensioni 0.30x0.45m.

Il dimensionamento idraulico delle canalette di drenaggio delle acque di piattaforma ferroviaria, come accennato precedentemente, è stato eseguito mediante il metodo della corrivazione; determinata la portata defluente, il tirante idrico che s'instaura all'interno delle condotte è calcolato mediante l'equazione del moto uniforme secondo Gauckler-Strickler:

$$Q_d = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot \sqrt{i}$$

dove:

n coefficiente di scabrezza secondo Manning [ $m^{-1/3} s$ ];

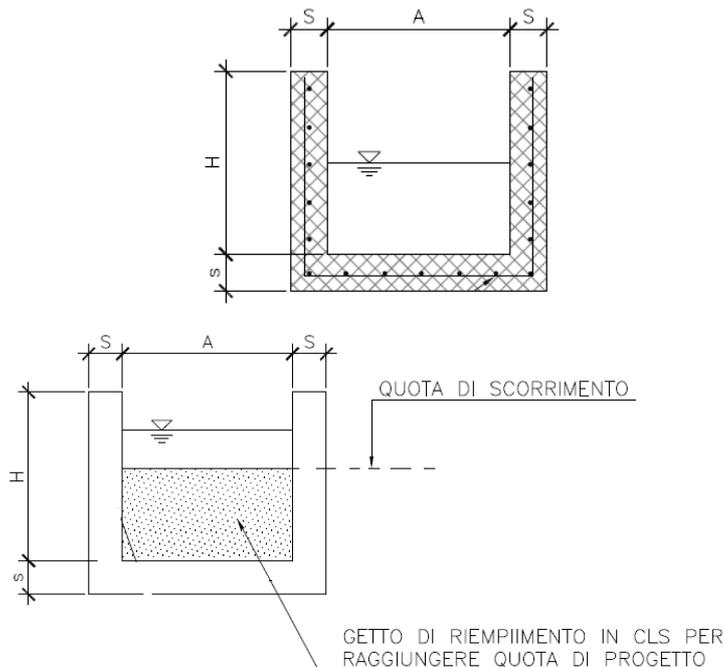
A area bagnata [ $m^2$ ];

$R_h$ , raggio idraulico [m];

i, pendenza del fondo [m/m].

Noto il tirante idrico si è potuto verificare il grado di riempimento (massimo 70%) ed il franco di sicurezza considerando una portata relativa ad un tempo di ritorno di 100 anni.

Le canalette utilizzate in progetto sono differenti:



**Figura 7.5- Tipologico Canaletta in CLS**

I risultati del dimensionamento delle canalette sono riportati nel successivo capitolo.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA</b> <b>LOTTO 04 - PM SFALSATO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA DI</b> <b>SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE</b>	COMMESSA NTOI	LOTTO 04	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

### 7.3.2 Collettori

Per entrambi i PM ferroviari è stata utilizzata una tubazione in calcestruzzo DN600 per portare a recapito le acque di piattaforma sotto-attraaversando la sede ferroviaria.

Per il PM di Condove tale tubazione è stata utilizzata come interconnessione tra la canaletta e il fosso di guardia, mentre per il PM di Bruzzolo come collegamento tra il sistema di drenaggio di piattaforma e il ricettore.

Quindi, in entrambi i casi la verifica idraulica della sezione è stata eseguita imponendo un valore di portata noto, ossia quello derivante dalla somma di tutte le portate calcolate con il metodo della corrivazione e afferenti nei vari tratti interessati da canalette e/o fossi di guardia interconnesse con tale tubazione.

Della sezione defluente è stata calcolata la scala di deflusso con l'espressione di Chezy:

$$V = \chi \cdot \sqrt{Ri}$$

e l'equazione di continuità

$$Q = S \cdot V$$

dove  $\chi$ , il coefficiente di scabrezza, è stato valutato secondo la formulazione di *Gauckler-Strickler*:

$$\chi = K_s \cdot R^{1/6}$$

Si è ottenuto:

$$Q = K_s \cdot S \cdot R^{2/3} \sqrt{i}$$

dove:

$Q$ , portata [m<sup>3</sup>/s];

$R$ , raggio idraulico [m<sup>3</sup>];

$S$ , sezione idraulica [m<sup>2</sup>];

$i$ , pendenza [m/m];

$K_s$ , coefficiente di scabrezza in [m<sup>1/3</sup>/s], pari a 50 per i collettori in cls.

Tale diametro è stato verificato con l'ipotesi di avere sempre un grado massimo di riempimento pari al 70%.

### 7.3.3 Embrici e fosso di guardia

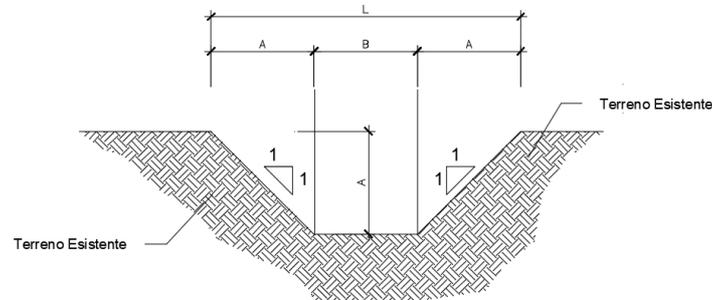
Il drenaggio della viabilità e della ferrovia nei tratti in rilevato viene garantito con un sistema costituito da embrici disposti ogni 15 m che scaricano nel fosso al piede del rilevato, fosso di guardia di forma trapezoidale in terra rivestito per una lunghezza di 3 m in corrispondenza dello scarico dell'embrice.

Il fosso di guardia da utilizzare per entrambi i PM è in terra ed ha le seguenti dimensioni:

base maggiore  $B = 1.50 \text{ m}$

base minore  $b = 0.50 \text{ m}$

altezza  $h = 0.50$  m



**Figura 7.6- Fosso in terra**

Di tale sezione è stata calcolata la scala di deflusso con l'espressione di *Chezy*:

$$V = \chi \cdot \sqrt{Ri}$$

e l'equazione di continuità

$$Q = S \cdot V$$

dove  $\chi$ , il coefficiente di scabrezza, è stato valutato secondo la formulazione di *Gauckler-Strickler*:

$$\chi = K_s \cdot R^{1/6}$$

Si è ottenuto:

$$Q = K_s \cdot S \cdot R^{2/3} \sqrt{i}$$

dove:

$Q$ , portata [ $m^3/s$ ];

$R$ , raggio idraulico [ $m^3$ ];

$S$ , sezione idraulica [ $m^2$ ];

$i$ , pendenza [ $m/m$ ];

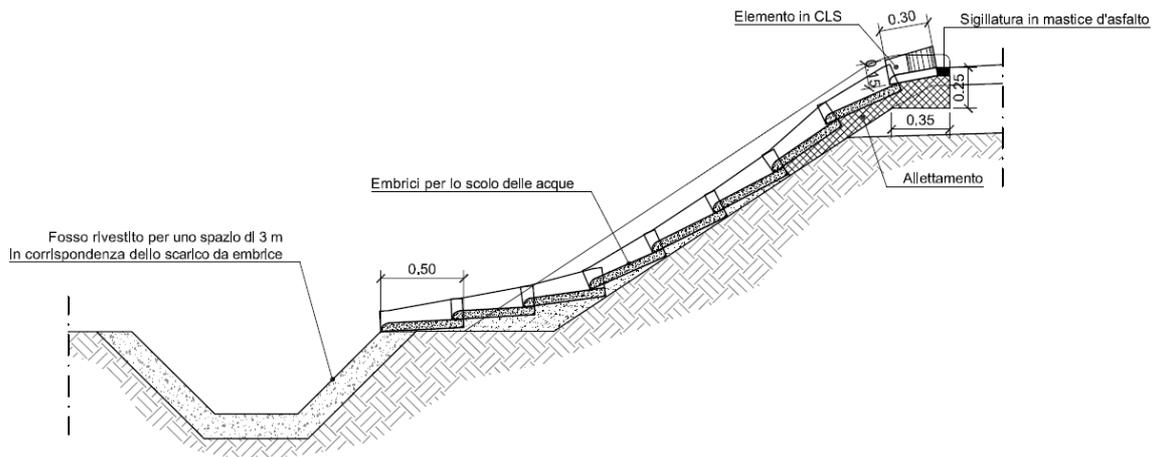
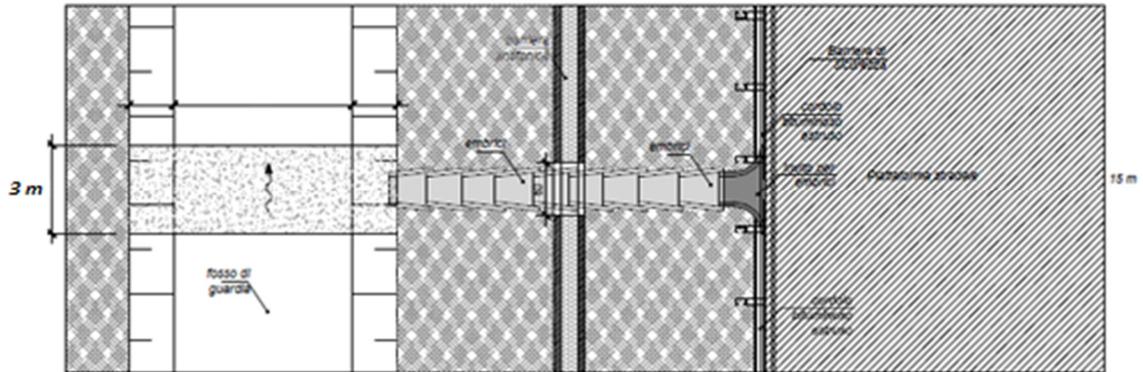
$K_s$ , coefficiente di scabrezza in [ $m^{1/3}/s$ ], pari a 30 per il fosso in terra.

Il fosso è stato verificato con l'ipotesi di avere sempre un grado massimo di riempimento pari all'80%.

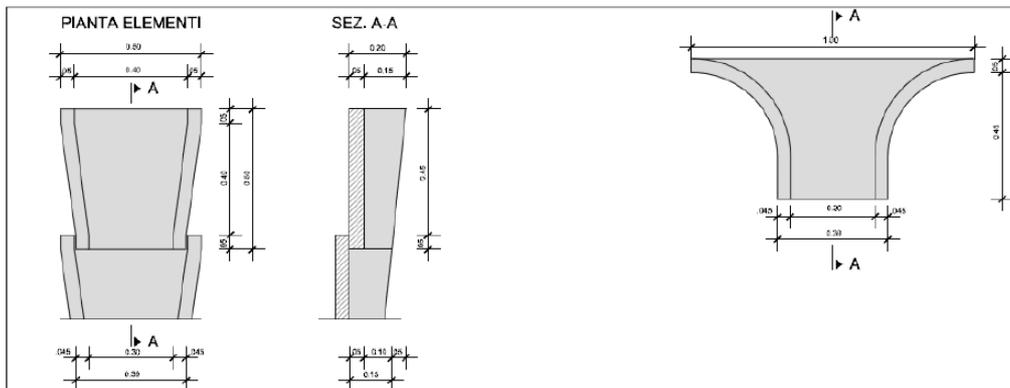
Per il PM di Condove, il fosso di guardia si sviluppa per tutta la lunghezza del tracciato ferroviario interessato dall'intervento, ossia dalla chilometrica 0+000.00 alla chilometrica 1+362.70.

Per Bruzzolo invece, è previsto un fosso di guardia dalla chilometrica 0+450.00 alla chilometrica 1+100.00 e un fosso disperdente con le medesime dimensioni dalla chilometrica 0+050.00 alla chilometrica 0+450.00.

Sulle scarpate dei rilevati della ferrovia sono previste canalette di scarico, costituite da embrici, per l'allontanamento dalla sede ferroviaria delle acque meteoriche.



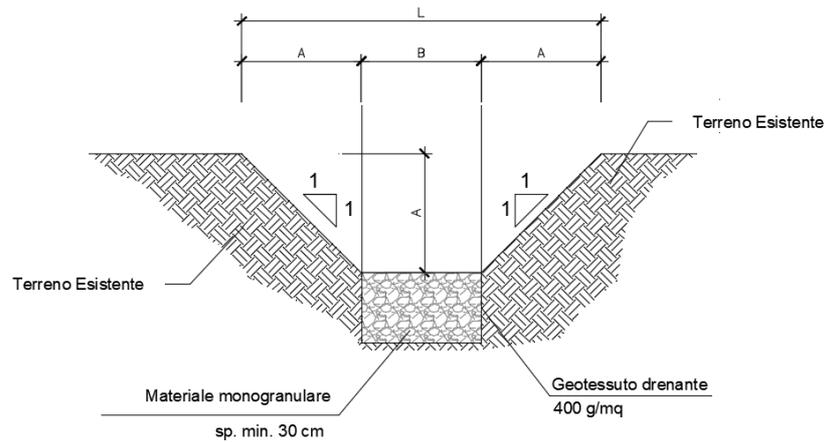
**Figura 7.7- Sezione e pianta embrice**



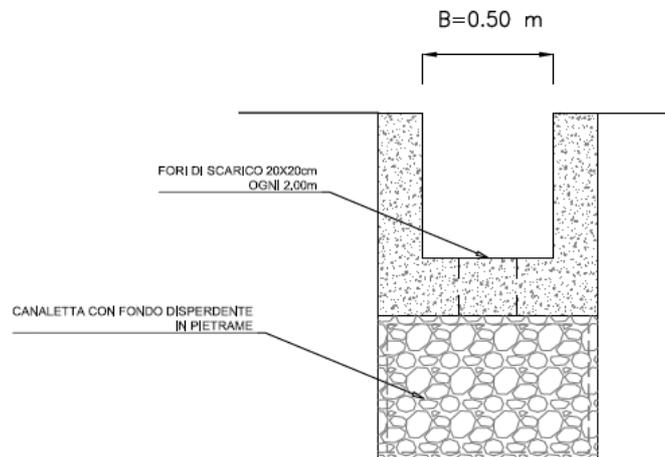
**Figura 7.8- Dettaglio in sezione e pianta degli embrici**

#### 7.3.4 Canalette e fossi a dispersione

Nel PM di Bruzzolo è previsto un fosso di guardia disperdente sul fondo, di dimensioni 50x50 cm e inclinazione delle sponde 1/1, dalla chilometrica 0+050 alla chilometrica 0+450, e una canaletta in cls con fosso disperdente, dalla progressiva 1+780 alla prog. 1+840, di dimensioni 60x50 cm e lunghezza 54 m.



**Figura 7.9- Fosso in terra a dispersione**



**Figura 7.10- Tipologica Canaletta in CLS con fosso a dispersione**

Il dimensionamento della canaletta rettangolare con fondo a dispersione e del fosso in terra a dispersione sono stati eseguiti confrontando le portate in arrivo al sistema (quindi l'idrogramma di piena di progetto) con la capacità d'infiltrazione del terreno e con il volume di immagazzinamento nel sistema; tale confronto può essere espresso tramite l'equazione di continuità, che rappresenta il bilancio delle portate entranti e uscenti per il mezzo filtrante, di seguito riportata:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t = \Delta W$$

In cui per semplicità viene trascurata l'evapotraspirazione e il deflusso in profondità.

I termini rappresentano:

$Q_p$  portata influente [m<sup>3</sup>/s];

$Q_f$  portata infiltrata [m<sup>3</sup>/s];

$\Delta t$  intervallo di tempo;

$\Delta W$  variazione del volume invasato nel mezzo filtrante, nell'intervallo  $\Delta t$  ;

Per la portata di progetto si è fatto riferimento ad eventi con tempo di ritorno di 100 anni, con le curve di possibilità pluviometrica calcolate nella relazione idrologica del presente progetto.

$$Q_p = \phi * i * S$$

Dove  $\phi$  è il coefficiente di afflusso e S la superficie del bacino drenato a monte del sistema di invaso. Tale teoria è valida nell'ipotesi semplificativa che inizi la dispersione contestualmente all'inizio dell'evento piovoso.

La capacità di infiltrazione può essere stimata in prima approssimazione con la legge di Darcy:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A$$

con:

$Q_f$  portata d'infiltrazione [m<sup>3</sup>/s];

K permeabilità (o coefficiente di permeabilità) [m/s], ricavato dalle prove di permeabilità e posto pari a  $1 \cdot 10^{-5}$  m/s nel progetto in essere (vedi relazione geologica);

J cadente piezometrica [m/m];

A superficie netta di infiltrazione [m<sup>2</sup>], la superficie di infiltrazione viene valutata considerando, a vantaggio di sicurezza, solo l'area del fondo della canaletta interessata dal foro.

Le opere sono dimensionate per garantire la laminazione temporanea e la dispersione dei volumi. Tale elemento disperdente non ha un recapito in un corpo idrico superficiale e di conseguenza è stato dimensionato in modo tale da garantire l'invaso temporaneo e la dispersione di tutto il volume in arrivo, considerando un franco di sicurezza.

I risultati del dimensionamento dei fossi di guardia sono riportati nel capitolo successivo.

## 8 CALCOLI IDRAULICI

### 8.1 CANALETTE

Dati di progetto:

- Coefficiente di scabrezza di Strickler, calcestruzzo:  $K_s = 67$
- Coefficiente di scabrezza di Strickler, terra:  $K_s = 30$
- Coefficiente di deflusso piattaforma ferroviaria con sub-ballast:  $\varphi = 0.90$
- Coefficiente di deflusso piattaforma ferroviaria:  $\varphi = 0.60$
- Coefficiente di deflusso scarpate e aree esterne:  $\varphi = 0.30$
- Tempo di corrivazione:  $t_c = 10$  minuti

### CONDOVE

NODO iniziale	NODO finale	Progressiva iniziale	Progressiva finale	Tipo sezione	Superfici tratto										Calcolo della portata con metodo della corrivazione					
					Lunghezza tronco	Larghezza fascia ferroviaria	Larghezza fascia scarpate	Superficie ferroviaria	Superficie aree trincea	Superficie ferroviaria totale	Superficie trincea totale	Superficie equivalente	Coefficiente di deflusso equivalente	Pendenza	Portata	Velocità della corrente	Tirante idrico	base interna	altezza interna	Grado di rimepimento
					L	$l_f$	$l_s$	$S_f$	$S_s$	$S_{f,tot}$	$S_{s,tot}$	$S_{tot,eq}$	$\varphi_{eq}$	j	Q	v	y	b	h	GR
m	m	m	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		m/m	l/s	m/s	cm	m	m	%				
P3	P4	0+850.00	0+160.00	CAN 1	687	4.5	1	3092	687	3092	687	2061	0.55	0.0030	82.80	0.67	0.31	0.40	0.80	<b>39</b>
P2	P4	0+130.00	0+160.00	CAN 3	32	4.5	1	144	32	144	32	96	0.55	0.0030	3.86	0.27	0.04	0.40	0.25	<b>14</b>
P6	P3	1+050.00	0+850.00	CAN 2	200	9	2	1800	400	1800	400	1740	0.79	0.0060	69.90	0.84	0.17	0.50	0.40	<b>42</b>

### BRUZZOLO

NODO iniziale	NODO finale	Progressiva iniziale	Progressiva finale	Tipo sezione	Superfici tratto										Calcolo della portata con metodo della corrivazione						
					Lunghezza tronco	Larghezza fascia ferroviaria	Larghezza fascia scarpate	Superficie ferroviaria	Superficie aree trincea	Superficie ferroviaria totale	Superficie trincea totale	Superficie equivalente	Coefficiente di deflusso equivalente	Pendenza	Portata	Velocità della corrente	Tirante idrico	base interna	altezza interna	Grado di rimepimento	
					L	l <sub>f</sub>	l <sub>s</sub>	S <sub>f</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>f,tot</sub>	S <sub>s,tot</sub>	S <sub>tot,eq</sub>	ψ <sub>eq</sub>	j	Q	v	y	b	h	GR	
					m	m	m	m2	m2	m2	m2	m2		m/m	l/s	m/s	cm	m	m	%	
<b>P3</b>	<b>P4</b>	1+750.00	1+600.00	GR	150	7.5	1	1125	150	1125	150	1058	0.83	0.0030	33.76	0.54	0.21	0.30	0.45	<b>46</b>	
<b>P8</b>	<b>P14</b>	0+080.00	0+150.00	CAN 2	65	4.5	1	293	65	293	65	283	0.79	0.0030	9.03	0.34	0.05	0.50	0.40	<b>13</b>	
<b>P11</b>	<b>P10</b>	1+660.00	1+000.00	CAN 2	660	4.5	1	2970	660	2970	660	2871	0.79	0.0050	91.67	0.84	0.22	0.50	0.40	<b>54</b>	
<b>P10</b>	<b>P9</b>	1+000.00	0+150.00	CAN 1	920	4.5	1	4140	920	4140	920	2760	0.55	0.0040	88.12	0.76	0.29	0.40	0.80	<b>36</b>	
<b>P12</b>	<b>P13</b>	0+450.00	0+150.00	CAN 2	300	4.5	1	1350	300	1350	300	1305	0.79	0.0080	41.67	0.79	0.11	0.50	0.40	<b>26</b>	

## 8.2 FOSSI DI GUARDIA

Dati di progetto:

- Coefficiente di scabrezza di Strickler, calcestruzzo:  $K_s = 67$
- Coefficiente di scabrezza di Strickler, terra:  $K_s = 30$
- Coefficiente di deflusso piattaforma ferroviaria con sub-ballast:  $\varphi = 0.90$  e coefficiente di deflusso piattaforma ferroviaria:  $\varphi = 0.60$
- Coefficiente di deflusso scarpate e aree esterne:  $\varphi = 0.30$
- Tempo di corrivazione:  $t_c = 15$  minuti

<b>CONDOVE</b>															
Fosso di guardia				Superfici drenate							Calcolo della portata con metodo corrivazione				
NODO iniziale	NODO finale	Progressiva inizio	Progressiva fine	Lunghezza fosso	Superficie aree esterne	Superficie piattaforma	Superficie scarpate	Superficie equivalente	Tempo di concentrazione	intensità di pioggia	Pendenza	Tipo sezione	Portata	Tirante	Grado di riempimento
				L	$S_e$	$S_{pr}$	$S_{eq}$	$S_{eq}$	$\tau$	i	j	Tipo	Q	y	GR
				m	ha	ha	ha	ha	h	mm/h	m/m		m <sup>3</sup> /s	m	%
<b>P7</b>	<b>P1</b>	1+362.37	0+000.00	1390	0.42	0.63	0.139	0.73	0.25	116	0.003	FDG	0.236	0.40	<b>79</b>
<b>P7</b>	<b>P5</b>	1+362.37	0+160.00	1200	0.36	0.54	0.120	0.63	0.25	116	0.003	FDG	0.204	0.37	<b>74</b>
<b>P5</b>	<b>P1</b>	0+160.00	0+000.00	190	0.06	0.09	0.019	0.10	0.25	116	0.003	FDG	0.032	0.13	<b>27</b>
<b>P8</b>	<b>P9</b>	1+550.00	0+150.00	1400	0.00	0.63	0.000	0.38	0.25	116	0.003	FDG 2	0.122	0.24	<b>80</b>
<b>P9</b>	<b>P10</b>	0+150.00	0-284.00	434	0.00	0.20	0.000	0.12	0.25	116	0.003	FDG 1	0.161	0.22	<b>44</b>

NOTA: Il tratto P7-P1 analizza la prima fase dell'intervento in cui non è stato realizzato il canale scolmatore.



**LINEA MODANE-TORINO  
ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA  
LOTTO 04 - PM SFALSATO**

**RELAZIONE IDRAULICA DI  
SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D 26 RI	ID0002 001	A	47 di 59

**BRUZZOLO**

Fosso di guardia				Superfici drenate							Calcolo della portata con metodo corrivazione				
NODO iniziale	NODO finale	Progressiva inizio	Progressiva fine	Lunghezza fosso	Superficie aree esterne	Superficie piattaforma	superficie scarpate	Superficie equivalente	Tempo di concentrazione	intensità di pioggia	Pendenza	Tipo sezione	Portata	Tirante	Grado di riempimento
				L	S <sub>e</sub>	S <sub>str</sub>	S <sub>eq</sub>	S <sub>eq</sub>	τ	i	j	Tipo	Q	y	GR
				m	ha	ha	ha	ha	h	mm/h	m/m		m <sup>3</sup> /s	m	%
<b>P4</b>	<b>P5</b>	1+600.00	0.500.00	1100	0.55	0.99	0.110	0.79	0.25	92	0.005	FDG	0.280	0.38	<b>76</b>

### 8.3 TUBAZIONI IN CALCESTRUZZO

CONDOVE												
NODO iniziale	NODO finale	Progressiva inizio	Progressiva fine	Lunghezza tronco	Pendenza	Portata	Velocità della corrente	Tirante idrico	Diametro nominale	Diametro interno	Grado di rimpimento	Franco idraulico
				L	j	Q	v	y	DN	DI	GR	Franco
				m	m/m	l/s	m/s	cm	mm	m	%	cm
<b>P4</b>	<b>P5</b>	0+165.00	0+165.00	11	0.003	87.00	0.73	0.26	600	0.600	<b>44</b>	34

BRUZZOLO												
NODO iniziale	NODO finale	Progressiva inizio	Progressiva fine	Lunghezza tronco	Pendenza	Portata	Velocità della corrente	Tirante idrico	Diametro nominale	Diametro interno	Grado di rimpimento	Franco idraulico
				L	j	Q	v	y	DN	DI	GR	Franco
				m	m/m	l/s	m/s	cm	mm	m	%	cm
<b>P15</b>	<b>P16</b>	0+150.00	0+150.00	20	0.003	138.82	0.82	0.35	600	0.600	<b>58</b>	27

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA</b> <b>LOTTO 04 - PM SFALSATO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA DI</b> <b>SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE</b>	COMMESSA NT01	LOTTO 04	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

## 8.1 OPERE A DISPERSIONE -BRUZOLO

### Canaletta a dispersione P1-P2

I dati di progetto utilizzati sono:

$T_{rit}$ [anni]	a [mm/h]	n [-]	$n' (t<1)$ [-]	K [m/s]*	$S_{bacino\_impermeabile}$ [m <sup>2</sup> ]	$\Psi_{imp}$ [-]
100	43,96	0,393	0,464	0,000010	409,64	0,9

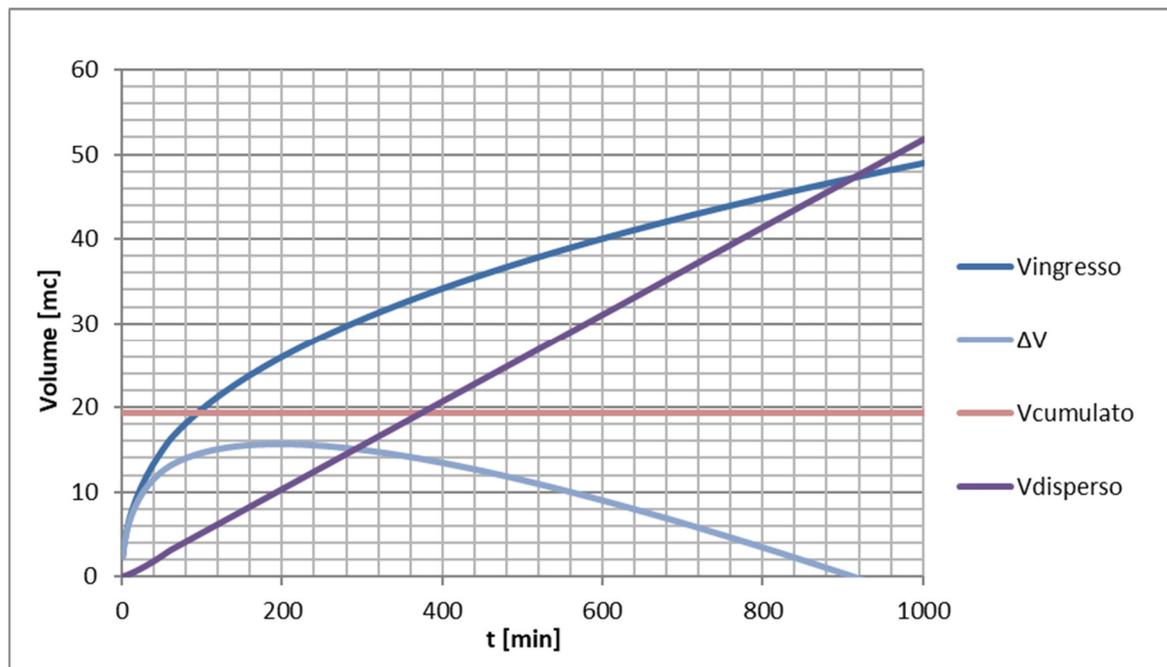
Il calcolo del volume disponibile è dato dalle caratteristiche geometriche della canaletta (larghezza × lunghezza × altezza della vasca):

b [m]	H [m]	B [m]	$A_{fossato}$ [m <sup>2</sup> ]	Lung [m]
0,60	0,50	0,60	0,30	53,90

Il rendimento massimo della canaletta drenante  $\eta = 70\%$  si raggiunge dopo 196 min dall'evento meteorico.

t [min]	t [h]	h [mm]	i [mm/h]	i [m/s]	$Q_{affidente}$ [m <sup>3</sup> /s]	$V_{ingresso}$ [m <sup>3</sup> ]	$V_{disperso}$ [m <sup>3</sup> ]	$Q_{filtrante}$ [m <sup>3</sup> /s]	$\Delta V$ [m <sup>3</sup> ]
196	3,27	70,00	21,43	0,00001	0,002	25,81	10,14	0,000862	15,66

Nella figura seguente è rappresentato l'andamento del volume teorico accumulato nella canaletta a dispersione al variare del tempo di pioggia per un evento con tempo di ritorno di 100 anni; in particolare vengono rappresentati  $V_{ingresso}$ ,  $V_{uscita}$  e  $\Delta V$ .



**Figura 8.1 - Dimensionamento trincea drenante**

La canaletta drenante così dimensionata garantisce il doppio funzionamento a dispersione e laminazione, consentendo il rispetto del principio di invarianza idraulica.

### Fosso a dispersione P6-P7

I dati di progetto utilizzati sono:

$T_{rit}$ [anni]	$a$ [mm/h]	$n$ [-]	$n' (t<1)$ [-]	$K$ [m/s]*	$S_{bacino\_impermeabile}$ [m <sup>2</sup> ]	$\Psi_{imp}$ [-]	$S_{bacino\_permeabile}$ [m <sup>2</sup> ]	$\Psi_{perm}$ [-]
100	43,96	0,393	0,464	0,000010	1680	0,9	1040	0,6

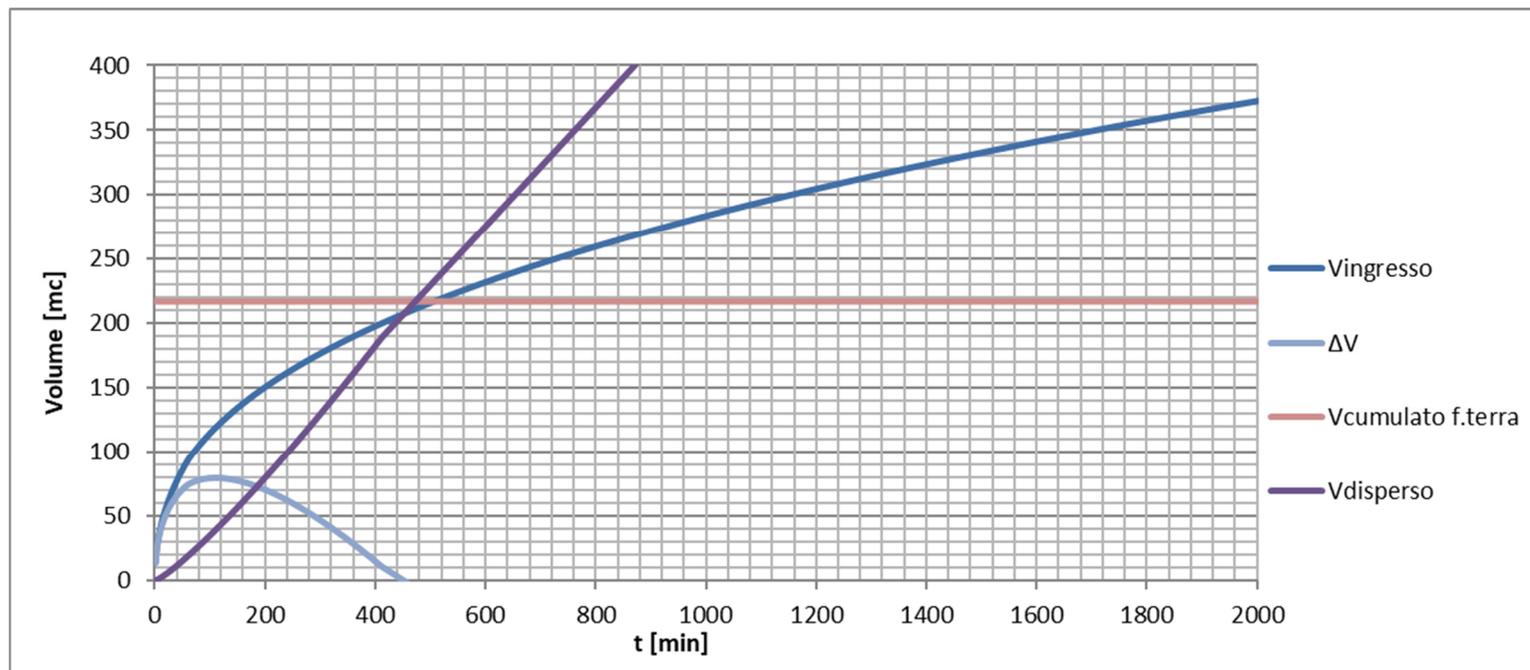
Il calcolo del volume disponibile è dato dalle caratteristiche geometriche del fosso a dispersione (larghezza × lunghezza × altezza della vasca):

$b$ [m]	$H$ [m]	$s (c/H)$ [-]	$B$ [m]	$A_{fosso}$ [m <sup>2</sup> ]	Lung [m]
0,50	0,50	1,00	1,50	0,50	400,00

Il rendimento massimo del fosso drenante si raggiunge dopo 110 min dall'evento meteorico.

$t$ [min]	$t$ [h]	$h$ [mm]	$i$ [mm/h]	$i$ [m/s]	$Q_{affluente}$ [m <sup>3</sup> /s]	$V_{ingresso}$ [m <sup>3</sup> ]	$V_{disperso}$ [m <sup>3</sup> ]	$Q_{filtrazione}$ [m <sup>3</sup> /s]	$\Delta V$ [m <sup>3</sup> ]
110	1,83	55,78	30,43	0,00001	0,018	119,15	39,36	0,005963	79,79

Nella figura seguente è rappresentato l'andamento del volume teorico accumulato nel fosso a dispersione al variare del tempo di pioggia per un evento con tempo di ritorno di 100 anni; in particolare vengono rappresentati  $V_{ingresso}$ ,  $V_{uscita}$  e  $\Delta V$ .



**Figura 8.2 - Dimensionamento trincea drenante**

Il fosso drenante così dimensionato garantisce il doppio funzionamento a dispersione e laminazione, consentendo il rispetto del principio di invarianza idraulica.

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA</b> <b>LOTTO 04 - PM SFALSATO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA DI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE</b>	COMMESSA NT01	LOTTO 04	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

## 9 INTERFERENZE IDRAULICHE

Le interferenze idrauliche che interessano i due posti movimenti in progetto sono:

- il canale scolmatore previsto nel progetto della Comunità Montana e necessario per la difesa idraulica dell'intera area di intervento in corrispondenza della prog. 0+150.922 (prog. 29+541.00 della linea esistente) relativa al posto movimento di Condove;
- il canale del Mulino, canale comunale che raccoglie le acque di versante e le convoglia all'interno della Dora Riparia, in corrispondenza della prog. 0+444 relativa al posto movimento di Bruzolo.

### 9.1 POSTO MOVIMENTO DI CONDOVE

Allo stato attuale nell'area afferente al PM di Condove è previsto in progetto un sistema idraulico composto da una serie di manufatti che hanno come obiettivo la difesa idraulica dell'intera area di interesse, in particolare del tratto di competenza dei Comuni di Vaie e Chiusa San Michele.

Tale sistema, su committenza della Comunità Montana Bassa Val di Susa e Val Cenischia, è stato ideato in quanto la rete idrografica superficiale della zona montana in destra idrografica del Fiume Dora Riparia non trova sbocco naturale nel fiume stesso poiché intercettata da un canale di gronda, denominato Cantarana. La capacità di portata propria di tale canale è di 4÷5 m<sup>3</sup>/s, pertanto non idraulicamente sufficiente a contenere apporti dovuti a eventi di pioggia anche non particolarmente intensi, nonostante sia prevista la chiusura delle paratoie dell'opera di derivazione dalla Dora in concomitanza di tali eventi, causando quindi estesi allagamenti che interessano i centri abitati attraversati.

Sono state previste dalla Comunità Montana Bassa Val di Susa e Val Cenischia una serie di opere qui di seguito brevemente descritte:

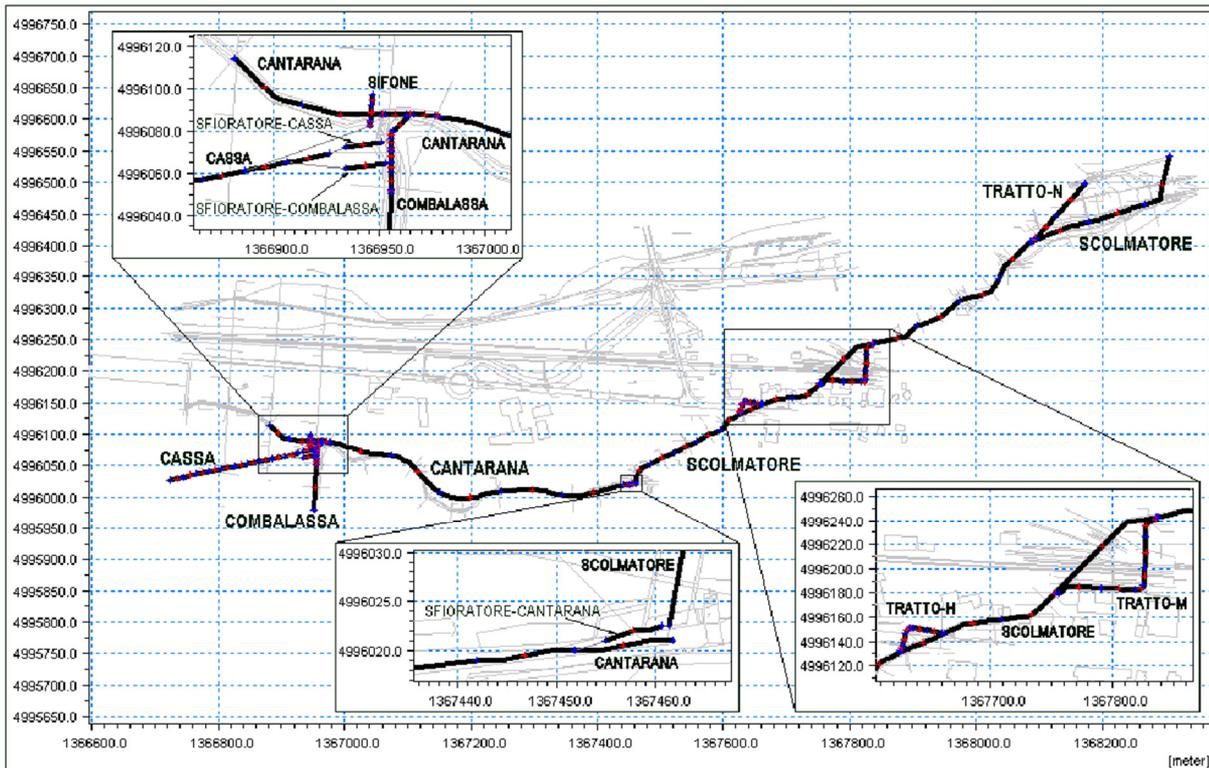
- una cassa di espansione di circa 40.000 m<sup>3</sup> per intercettare le portate al colmo convogliate dal Canale Cantarana, dal Rio Combalassa e dal Canale di gronda dei rii Arpiat, Penturetto e Margara (costruito su progetto del Comune di Vaie);
- un canale scaricatore in c.a. della cassa, a monte dell'abitato di Chiusa San Michele, il quale convoglia alla Dora una portata di **5.5 m<sup>3</sup>/s**, attraversando la strada provinciale n.25 del Moncenisio e la linea FF.SS. Torino-Modane;
- un intervento di sistemazione idraulica del Canale Cantarana e dello scaricatore Saraceno, ai fini di renderli compatibili con le portate laminate in uscita dalla cassa di espansione.

In linea generale, considerato un evento di piena centennale, che dà luogo ad una portata al colmo complessiva di 32,4 m<sup>3</sup>/s e ad un idrogramma di piena il cui volume è valutabile in circa 110.000 m<sup>3</sup>, le portate relative a ciascuna opera sono:

- portata totale in uscita dalla cassa di laminazione pari a circa 25,5 m<sup>3</sup>/s, così distribuita: 5,5 m<sup>3</sup>/s allo scarico in Dora tramite la prima linea e 20,0 m<sup>3</sup>/s defluenti nel canale Cantarana sistemato;
- portata convogliata nel canale Cantarana a valle dello scaricatore Saraceno: limitata a 5 m<sup>3</sup>/s, valore compatibile con la capacità di portata a bordi pieni nel tratto di valle del canale stesso;
- portata in uscita attraverso lo scaricatore Saraceno adeguato (2a linea di scarico in Dora): circa 15 m<sup>3</sup>/s.

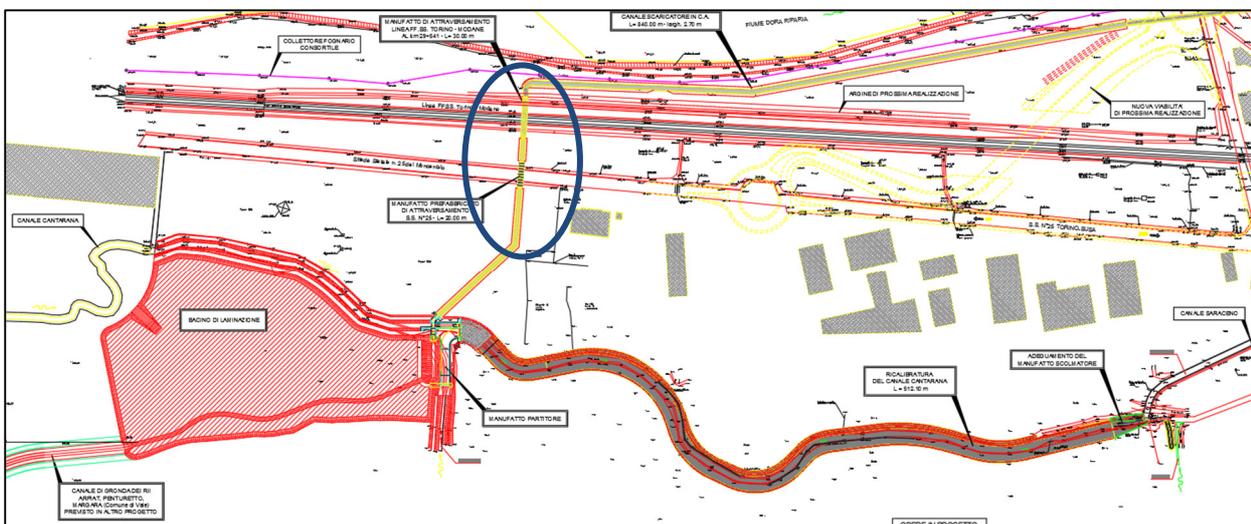
Le opere in progetto sono dimensionate per convogliare in condizioni di sicurezza la portata centennale proveniente dalla rete idrica minore; portate ancora più gravose defluiscono contenute all'interno delle canalizzazioni, con franchi più ridotti.

Qui di seguito si riporta il modello idraulico di simulazione (Figura 8.1):



**Figura 9.1- Schema planimetrico del modello idraulico di simulazione**

Dalla cassa di laminazione ha origine la prima linea di scarico diretto all'interno della Dora Riparia, nella figura a seguire si evidenzia l'area di interesse.



**Figura 9.2- Planimetria generale del progetto**

Nel progetto esecutivo commissionato dalla Comunità Montana è prevista la realizzazione dell'attraversamento al di sotto della linea esistente in corrispondenza della progressiva 29+541, costituito da un manufatto in cemento armato, che interessa esclusivamente i due binari della linea. Non vede infatti l'incremento della sezione dovuto al posto movimento in progetto.

Considerando che la realizzazione del PM di Condove avverrà prima della realizzazione del canale scolmatore, nel progetto in essere si prevede la realizzazione dell'intero attraversamento di lunghezza complessiva pari 36.00 m. **L'attraversamento verrà realizzato all'interno dell'area ferroviaria e chiuso, entrando in funzione solo dopo la realizzazione dell'intero canale scaricatore.**

### 9.1.1 Descrizione del canale scolmatore

Il canale, realizzato in c.a. a cielo aperto, ha larghezza interna di 2,70 m con sponde di altezza pari a 1,50 m (2,5 m nel tratto terminale) e superiormente scarpate in terreno naturale semplicemente inerbite. In testa alle scarpate si prevede la posa di un parapetto corrente in legname su entrambe le sponde e di un guard-rail (ove necessario).

Il canale, di lunghezza totale pari a 890 m, attraversa la S.S. n. 25, la linea ferroviaria Torino-Modane al km 29+541 (mediante monolite varato a spinta senza interruzione del traffico ferroviario), la S.P. n. 200, e confluisce nel fiume Dora Riparia a valle del ponte di Condove.

Nel tratto compreso tra la ferrovia Torino-Modane e la S.P. n. 200 il tracciato del canale si svilupperà in affiancamento lato fiume al tracciato del rilevato arginale di futura realizzazione.

Riguardo l'interferenza con la ferrovia, il progetto del PM di Condove prevede il tombinamento del canale scolmatore, con uno scatolare in c.a. di dimensioni interne 2.70x2.80 m.

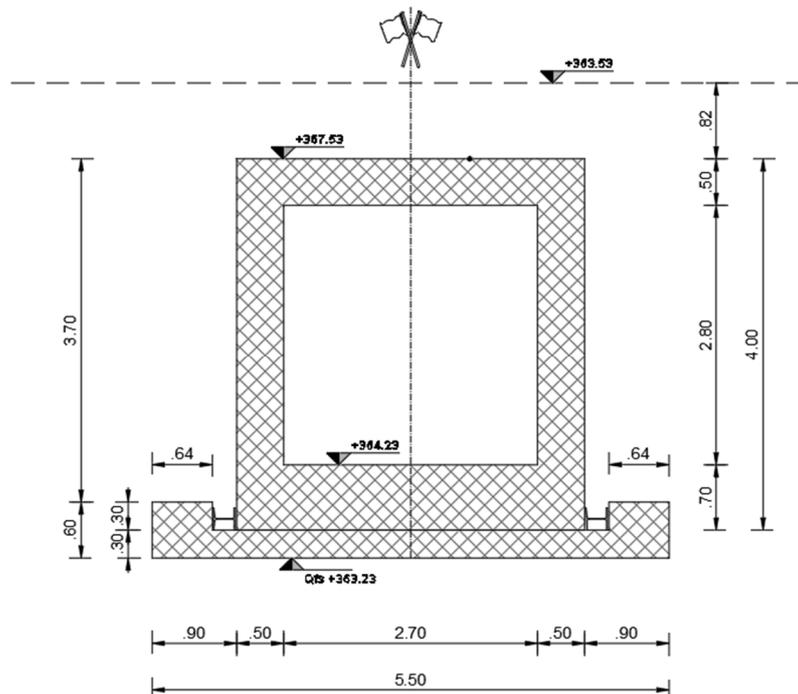


Figura 9.3- Sezione scatolare del tombino di attraversamento della ferrovia

	<b>LINEA MODANE-TORINO</b> <b>ADEGUAMENTO LINEA STORICA BUSSOLENO – AVIGLIANA</b> <b>LOTTO 04 - PM SFALSATO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA DI</b> <b>SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE</b>	COMMESSA NT0I	LOTTO 04	CODIFICA D 26 RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

A termine del completamento delle opere previste nel progetto della Comunità Montana il canale scolmatore farà da ricettore delle acque meteoriche di piattaforma ferroviaria (fosso in terra dalla prog. 1+362 alla prog. 0+150), convogliandole verso il fiume Dora Riparia.

Al fine di evitare, nella fase finale in cui lo scolmatore entrerà in funzione, il rigurgito di piena della Dora Riparia in corrispondenza dello scolmatore si dovrà inserire, a valle dell'attraversamento ferroviario, una paratoia di intercettazione in acciaio meccanizzata comandata dal livello idrico misurato mediante un sensore di livello e collegato direttamente al bacino di laminazione a monte dello scaricatore. La paratoia è prevista in corrispondenza dell'argine in progetto per garantire la protezione completa del centro abitato di Chiusa San Michele.

### 9.1.2 Verifica idraulica dell'interferenza con la ferrovia

Come detto poc'anzi, il canale scaricatore verrà tombinato nel tratto oggetto dell'intervento di costruzione del PM, con uno scolare in c.a. di larghezza interna 2.70 m e altezza interna pari a 2.80 m.

La verifica idraulica di tale sezione è stata eseguita in moto permanente, utilizzando dapprima una portata pari a quella massima convogliata dal solo canale scaricatore, ossia di 5.5 m<sup>3</sup>/s, in seguito con una portata pari a 5.79 m<sup>3</sup>/s, cioè la somma della portata del canale scaricatore e di quella convogliata dal fosso di guardia e dalle canalette, pari a 0.29 m<sup>3</sup>/s, corrispondente dunque alla portata finale di progetto.

E' stata calcolata la scala di deflusso utilizzando la Formula di Chezy:

$$V = \chi \cdot \sqrt{Ri}$$

e l'equazione di continuità

$$Q = S \cdot V$$

dove  $\chi$ , il coefficiente di scabrezza, è stato valutato secondo la formulazione di *Gauckler-Strickler*:

$$\chi = K_s \cdot R^{1/6}$$

Si è ottenuto:

$$Q = K_s \cdot S \cdot R^{2/3} \sqrt{i}$$

dove:

- $Q$ , portata [m<sup>3</sup>/s];
- $R$ , raggio idraulico [m<sup>3</sup>];
- $S$ , sezione idraulica [m<sup>2</sup>];
- $i$ , pendenza [m/m];
- $K_s$ , coefficiente di scabrezza in [m<sup>1/3</sup>/s], pari a 50 per le opere in cls.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti:

**RELAZIONE IDRAULICA DI  
SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D 26 RI	ID0002 001	A	57 di 59

h [m]	2,8
B [m]	2,7

K [mm <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	50
i [m/m]	0,002

hu [m]	A [m <sup>2</sup> ]	R [m]	X	V [m/s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	riemp. [%]	franco [m]
1.22	3.31	0.64	46.44	1.66	5.50	44	1.58
1.27	3.43	0.65	46.59	1.69	5.79	45	1.53

Riassumendo, per la portata pari a 5.5 m<sup>3</sup>/s si ottiene un grado di riempimento pari al 44%; per la portata pari a 5.79 m<sup>3</sup>/s si ottiene un grado di riempimento pari al 45%; in entrambi i casi quindi la sezione risulta verificata.

## 9.2 POSTO MOVIMENTO DI BRUZOLO

L'intervento in esame interferisce con la rete irrigua presente.

In particolare una interferenza da risolvere è data dal canale del Mulino, in corrispondenza della prog. 0+444.00. Il canale comunale, che raccoglie le acque di versante e le convoglia all'interno della Dora Riparia, attraversa la sede ferroviaria con un tombino scatolare delle dimensioni di 0.80x1.20 m.

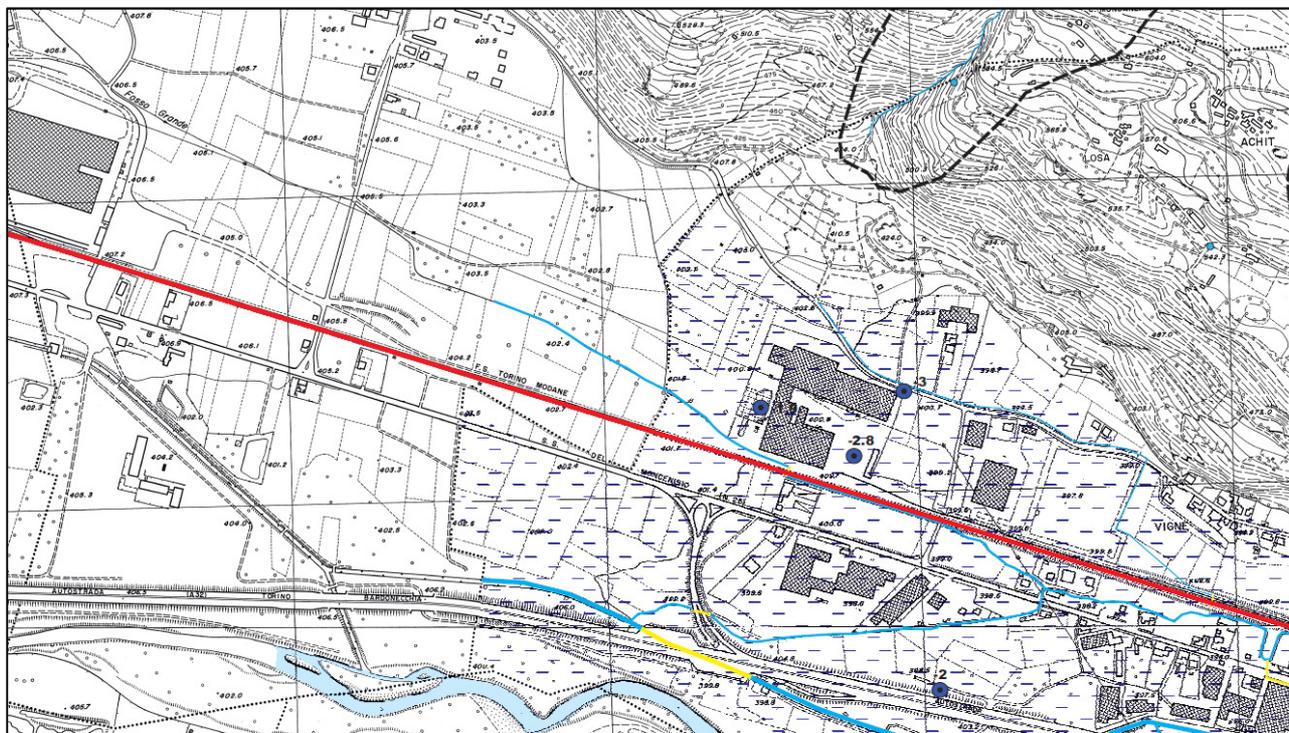


Figura 9.4- Stralcio carta geoidrologica del PRGF del comune di Borgone di Susa

Essendo i parametri idrologici di difficile determinazione l'opera di attraversamento minore è stata progettata nel rispetto del concetto di equivalenza idraulica con l'attuale opera di attraversamento e della sezione del canale esistente.

Le condizioni alla base del dimensionamento sono:

- garantire l'assenza di rigurgiti attraverso;
- Larghezza uguale o superiore alla larghezza del canale esistente;
- evitare l'insorgere di fenomeni effossori in prossimità dell'opera prevedendo nei raccordi a monte ed a valle, la realizzazione di opere di presidio elastiche (materassi e gabbioni).

Nel progetto in essere è previsto il ripristino del canale esistente in terra a monte del tombino per una lunghezza di 100.00 m (confermando la medesima sezione attuale e le quote di scorrimento) e la sostituzione dell'attraversamento esistente con un tombino circolare di dimensioni DN 1500 in cls alla progressiva 0+500.00, per rispettare le indicazioni del manuale di progettazione di RFI. In uscita dal tombino il canale sarà rivestito con materassi per una lunghezza di 75 m e poi ricucito con il canale esistente in terra.

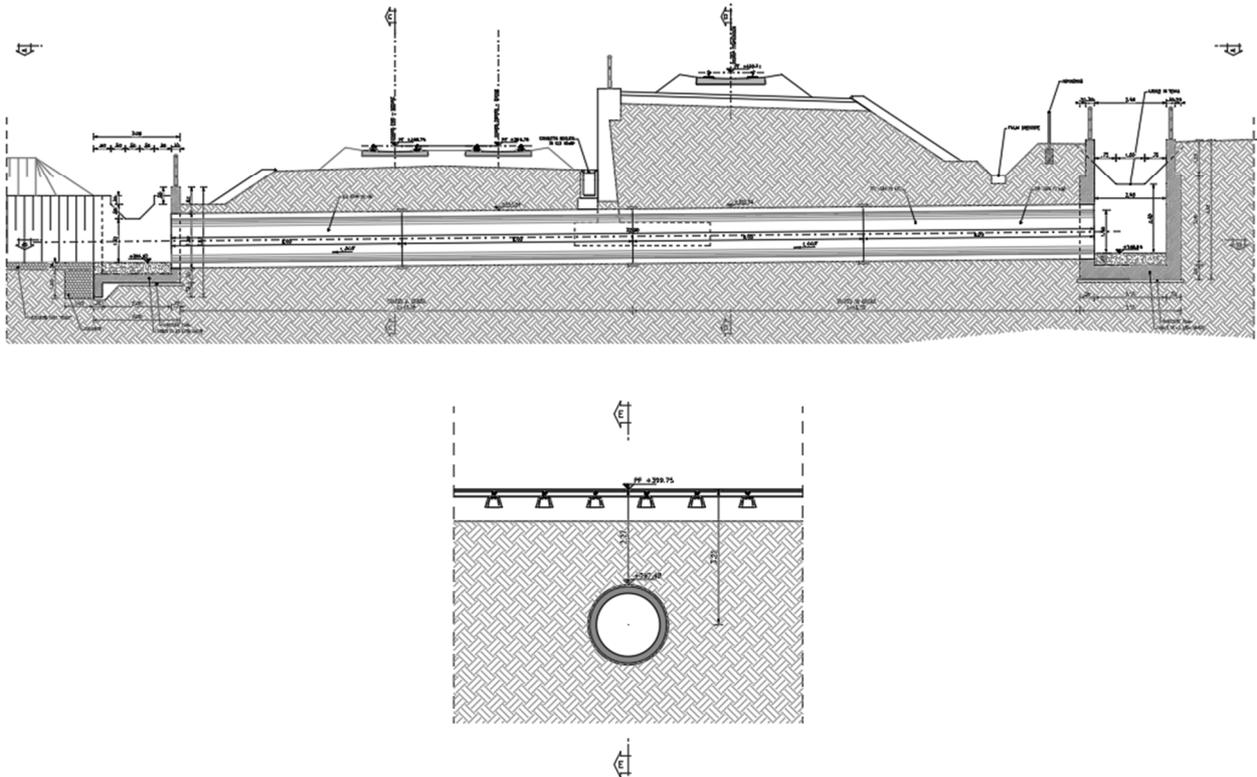


Figura 9.5- Sezione nuovo tombino DN1500 in cls

Per il dimensionamento dell'attraversamento si è calcolata la massima portata transitante nella sezione in condizioni di moto uniforme:

h [m]	1,2
B [m]	0,8

K [mm <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	50
i [m/m]	0,002

hu [m]	A [m <sup>2</sup> ]	R [m]	X	V [m/s]	Q [m <sup>3</sup> /s]
1,20	0,96	0,30	40,91	1,00	0,962

**RELAZIONE IDRAULICA DI  
SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT0I	04	D 26 RI	ID0002 001	A	59 di 59

A parità di condizioni al contorno (pendenza e scabrezza) la medesima portata transita all'interno del tombino  $\phi 1500$  con un riempimento massimo del 48%.

n	0,0200
i [m/m]	0,002

K [mm <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup> ]	50
D [mm]	1500

h [m]	A [m <sup>2</sup> ]	C [m]	R [m]	X	V [m/s]	Q [m <sup>3</sup> /s]
0,72	0,8409	2,30	0,37	42,28	1,14	0,962

Il tombino  $\phi 1500$  in cls attraversa la linea esistente e il posto movimento in progetto; l'intervento nel complesso è idraulicamente compatibile.

L'accesso per manutenzione a questo tipo di imbocco risulta fruibile con facilità e sicurezza. Per i dettagli sull'attraversamento si rimanda agli elaborati di dettaglio dell'opera.

Si rimandano alla successiva fase progettuale i rilievi di dettaglio dell'opera.