

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J41C09000000005

U.O. COORDINAMENTO NO CAPTIVE E INGEGNERIA DI SISTEMA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

**ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA
LOTTO 3A: PROJECT REVIEW CIRCONVALLAZIONE**

Relazione idraulica e di compatibilità idraulica

SCALA:

-

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

I B 0 Q 3 A R 1 0 R I I D 0 0 0 2 0 0 1 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	M.Carlino	Gennaio 2021	M.Villani	Gennaio 2021	C.Mazzocchi	Gennaio 2021	L. Berardi Giugno 2021
	Aggiornamento a seguito richieste RFI	I. Marchese	Giugno 2021	I. Marchese	Giugno 2021	C.Mazzocchi	Giugno 2021	

File: IB0Q3AR10RIID0002001B.doc

n. Elab.:



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA
ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA

RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITA'
 IDRAULICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R 10	RIID00020001B	B	2 di 50

INDICE

1	PREMESSA.....	6
2	ELABORATI DI RIFERIMENTO	8
3	SINTESI E OBIETTIVI DELLO STUDIO	9
4	RIFERIMENTI NORMATIVI	13
4.1	NORMATIVE PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE.....	14
4.1.1	<i>Normativa Comunitaria e Nazionale</i>	<i>14</i>
4.1.2	<i>Normativa Provinciale in vigore fino al 2 Ottobre 2020</i>	<i>14</i>
4.1.3	<i>Normativa Provinciale in vigore dal 2 Ottobre 2020</i>	<i>15</i>
4.1.3.1	Carta delle Pericolosità.....	15
4.1.3.2	Carta di Sintesi delle Pericolosità.....	16
4.2	NTC 2018 – NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI	18
4.3	MANUALE DI PROGETTAZIONE RFI.....	19
5	INTERFERENZE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO CON LE AREE A PREESISTENTE PERICOLOSITÀ IDRAULICA.....	20
5.1	AREA SCALO FILZI-RONCAFORT	21
5.2	LOCALITÀ ACQUAVIVA	21
6	AREA SCALO FILZI-RONCAFORT – METODOLOGIA DI VERIFICA IDRAULICA	23
6.1	MODELLO IDRAULICO IN MOTO VARIO – HEC RAS	23
6.1.1	<i>Equazioni alla base del modello.....</i>	<i>23</i>
6.1.2	<i>Modellazione monodimensionale in moto vario</i>	<i>26</i>

6.1.3	<i>Perdite di carico in moto vario</i>	28
6.2	DESCRIZIONE DEL MODELLO IDRAULICO IMPLEMENTATO	30
6.2.1	<i>Geometria</i>	30
6.2.2	<i>Scenari di simulazione e configurazioni studiate</i>	31
6.2.2.1	Configurazione Ante-Operam.....	32
6.2.2.2	Configurazione Post-Operam.....	34
6.2.3	<i>Scabrezza</i>	38
6.2.4	<i>Condizioni al contorno</i>	38
6.3	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI	40
6.3.1	<i>Configurazione Ante-Operam</i>	40
6.3.2	<i>Configurazione Post-Operam</i>	42
6.3.3	<i>Sintesi delle verifiche idrauliche configurazione Post-Operam</i>	46
7	LOCALITÀ ACQUAVIVA – METODOLOGIA DI VERIFICA IDRAULICA	47
8	COMPATIBILITÀ IDRAULICA.....	49
9	BIBLIOGRAFIA	50

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1 – Inquadramento generale dell'area di intervento</i>	<i>6</i>
<i>Figura 2 – Loc. Acquaviva: inquadramento del reticolo idraulico (in ciano) e del tracciato ferroviario: in rosso i tratti allo scoperto o in galleria artificiale, in giallo i tratti in galleria naturale.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 3 – Carta delle pericolosità - Classi di pericolosità</i>	<i>16</i>
<i>Figura 4 – Carta di sintesi delle pericolosità – Classi di Penalità.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 5 – Grado di penalità individuato dalle classi di pericolosità ordinarie</i>	<i>21</i>
<i>Figura 6 – Grado di penalità individuato dalle classi di pericolosità potenziale</i>	<i>21</i>
<i>Figura 7 – Grado di penalità individuato dalle classi di pericolosità residua.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 8 – Rappresentazione dei termini dell'equazione dell'energia tratta dal manuale di HEC-RAS.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 9 – Rappresentazione del volume di controllo elementare per la derivazione dell'equazione di continuità e di conservazione della quantità di moto, tratta dal manuale di HEC-RAS.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 10 – Geometria implementata nelle configurazioni Ante e Post Operam</i>	<i>31</i>
<i>Figura 11 – Configurazione Ante Operam – Scenario 1: Gronda attiva</i>	<i>33</i>
<i>Figura 12 – Configurazione di progetto su CTR</i>	<i>35</i>
<i>Figura 13 – Configurazione Post Operam – Scenario 1: Gronda attiva.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 14 – Configurazione Post Operam – Scenario 2: Gronda non attiva</i>	<i>37</i>
<i>Figura 15 – Profilo di corrente Tr=200 Canale Adigetto-Ante Operam Scenario 1: Gronda Attiva.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 16 – Profilo di corrente Tr=200 Canale Adigetto-Post Operam Scenario 1: Gronda Attiva.....</i>	<i>42</i>

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Elenco elaborati di riferimento.....	8
<i>Tabella 2 – Carta delle pericolosità – Classificazione intensità degli eventi di piena.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabella 3 – Sintesi delle configurazioni e degli scenari studiati.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabella 4 – Portate Configurazione Ante Operam Tr=200.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabella 5 – Portate Configurazione Post Operam Tr=200.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabella 6 – Tratto tombato esistente Canale Adigetto – Confronto Post Operam vs Ante Operam Tr=200.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabella 7 – Configurazione Post Operam di progetto – Confronto Scenario 1 (Gronda attiva) vs Scenario 2 (Gronda inattiva) Tr=200.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabella 8 – Verifiche idrauliche tratti tombati configurazione Post-Operam Tr=200.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabella 9 – Verifiche idrauliche in moto uniforme – Tombini di progetto Tr=200.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabella 10 – Verifiche idrauliche in moto uniforme – Deviazioni canali Tr=200.....</i>	<i>48</i>

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

1 PREMESSA

Il Lotto 3 “Circonvallazione di Trento e Rovereto” fa parte dei quattro lotti prioritari del progetto di Quadruplicamento della linea Fortezza – Verona, tratta di Accesso sud alla galleria di Base del Brennero, che ricade nel Corridoio della rete centrale europea denominato “Scandinavia – Mediterraneo”.

Il presente progetto sviluppa la sola circonvallazione ferroviaria della Città di Trento, denominata lotto 3A, ricadente interamente nel Comune di Trento, come parte integrante dei progetti di riqualificazione urbana e potenziamento della mobilità all’interno della città di Trento.

Gli interventi in progetto mirano al raggiungimento di importanti obiettivi in termini di incremento di capacità del corridoio e canalizzazione dei flussi, con il massimo beneficio per il territorio, dato dall’eliminazione del transito dei treni merci all’interno dell’abitato.

Il nuovo tracciato ferroviario si sviluppa per circa 13 km sulla sinistra orografica della Val d’Adige, tra i confini della Val Lagarina fino al tessuto insediativo della città di Trento, tra le località Acquaviva a sud e Roncafort a Nord. L’opera è costituita principalmente da una galleria naturale di linea, a doppia canna a singolo binario per uno sviluppo circa 11 km, con opere di imbocco in galleria artificiale a doppio binario. La riconnessione alla linea esistente Verona – Brennero avviene mediante tratti in trincea e rilevato in stretto affiancamento.



Figura 1 – Inquadramento generale dell’area di intervento

Lo studio idraulico oggetto della presente relazione è stato redatto in accordo agli strumenti di pianificazione territoriale in vigore, con particolare riferimento all’aggiornamento Carte della Pericolosità, relativa al territorio del Comune di Trento, approvato con la delibera del 4 settembre 2020, n. 1307 della Giunta Provinciale. Inoltre per i

	<p>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA</p>					
<p>RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA</p>	<p>COMMESSA IB0Q</p>	<p>LOTTO 3A</p>	<p>CODIFICA R 10</p>	<p>DOCUMENTO RIID00020001B</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 7 di 50</p>

nuovi tratti di canali in progetto è stato verificato il rispetto delle NTC 2018 e della relativa circolare applicativa del 21 gennaio 2019, n. 7 “*Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni*» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018” .

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

RELAZIONI	CODIFICA
Relazione idrologica	IB0Q3AR10RIID0001001A
Allegato 1 (Relazione idrologica)	IB0Q3AR10RIID0001002A
Allegato 1 (Relazione idraulica) - Risultati Ante Operam; Scenario 1 (Gronda attiva)	IB0Q3AR10RIID0002002A
Allegato 2 (Relazione idraulica) - Risultati Post Operam; Scenario 1 (Gronda attiva)	IB0Q3AR10RIID0002004A
ELABORATI GRAFICI	
Corografia dei bacini idrografici - Scenario 1 (Gronda Attiva)	IB0Q3AR10P4ID0001001B
Corografia dei bacini idrografici - Scenario 2 (Gronda non attiva)	IB0Q3AR10P4ID0001002B
Aree a preesistente pericolosità idraulica da strumenti di pianificazione vigenti	IB0Q3AR10P4ID0002001B
Planimetria ante operam con Rogge, fosse e canali tombati	IB0Q3AR10P5ID0002001A
Planimetria post operam con configurazione di progetto	IB0Q3AR10P5ID0002002B
Planimetria con opere in progetto e profilo deviazione Fossa Lavisotto	IB0Q3AR10P6ID0002001B
Planimetria con opere in progetto e profilo deviazione Fossa Malvasia e Innesto Campotrentino Primario e Secondario	IB0Q3AR10P6ID0002002B
Sezioni tipo ferroviario con Lavisotto Deviato	IB0Q3AR10WAID0002001A
Circonvallazione di Trento - Planoprofilo su cartografia	IB0Q3AF10L5IF0001001-4A
NV02 - Via Brennero - ripristino: planimetria, profilo e sezione tipo	IB0Q3AF10LZNV0200001A
NV02 - Via Brennero - deviazione provvisoria: planimetria, profilo e sezione tipo	IB0Q3AF10LZNV0200002A

Tabella 1 – Elenco elaborati di riferimento

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

3 SINTESI E OBIETTIVI DELLO STUDIO

Obiettivo della presente relazione è la valutazione della compatibilità idraulica degli interventi in progetto, mediante uno studio idraulico effettuato sulle aste idrauliche interferenti ed una valutazione di eventuali interferenze con aree a preesistente pericolosità idraulica.

Le interferenze idrauliche riscontrate sono qui di seguito brevemente inquadrare all'interno delle relative aree di studio:

- Loc. Scalo Filzi-Roncafort, Km 11+315 (Inizio Galleria Artificiale GA02) – 13+992 (Fine intervento): si rilevano interferenze tra gli interventi in progetto ed alcune delle rogge facenti parte del reticolo idrografico di Trento, con particolare riferimento al Canale Lavisotto, che attraversa il centro abitato del comune di Trento;
- Loc. Acquaviva, tra Km 0+000 (Inizio intervento Linea Storica) e km 1+542 (Fine variante Linea Storica): si registrano alcune interferenze tra gli interventi in progetto e la Fossa Maestra di Mattarello.

Per il sistema di rogge afferenti al Canale Lavisotto-Adigetto è stato implementato un modello idraulico 1D in moto vario comprendente le seguenti rogge:

- Canale Lavisotto;
- Canale Adigetto;
- Fossa Malvasia;
- Fossa delle Bettine.

Le simulazioni idrauliche sono state effettuate sia nella configurazione Ante-Operam che Post-Operam, con riferimento ad un $Tr=200$. Le portate idrologiche utilizzate sono quelle determinate nella Relazione idrologica (IBOQ3AR10RIID0001001A), cui si rimanda per maggiori approfondimenti.

La soluzione di progetto vede un parziale riassetto delle rogge interessate, come descritto in breve qui di seguito:

- Mantenimento del Canale Lavisotto nella sua sede attuale, nel tratto parallelo alla ferrovia fino alla fermata Trento Nord Zona Commerciale della Trento-Malè;
- Deviazione del canale Lavisotto (con dismissione dell'attuale attraversamento della ferrovia), con sezione a cielo aperto, dalla fermata Trento Nord zona Commerciale fino all'area scalo Filzi (il canale di progetto sovrappassa a cielo aperto la galleria artificiale GA02);

- Realizzazione di un nuovo tratto tombato del canale Lavisotto, dalla sezione immediatamente a valle della GA02 fino a ricongiungersi con il tratto tombato dell'Adigetto esistente in prossimità di Piazza Centa;
- Mantenimento in esercizio del tratto di Lavisotto posto ad ovest della linea ferroviaria con sola funzione di collettamento delle acque meteoriche provenienti dall'area urbana zona Campo Coni;
- Disconnessione dell'attuale immissione della roggia Campotrentino Primaria nel Lavisotto, e recapito della stessa nel Campotrentino Secondaria, con immissione di quest'ultima nel Lavisotto di progetto e disconnessione dell'attuale confluenza nel Malvasia;
- Realizzazione di una nuova confluenza per la Fossa Malvasia nel Lavisotto di progetto, con la finalità di sgravare il tratto tombato di valle del Malvasia, che mantiene comunque la funzione di drenaggio urbano.

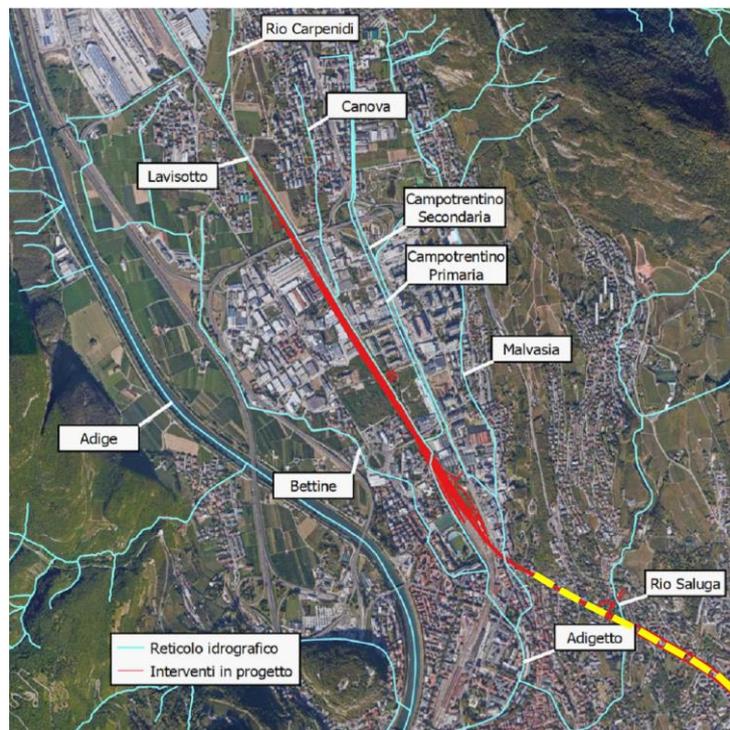


Figura 1 – Area Scalo Filzi-Roncafort: inquadramento del reticolo idraulico (in ciano) e del tracciato ferroviario: in rosso i tratti allo scoperto o in galleria artificiale, in giallo i tratti in galleria naturale.

La configurazione di progetto prevede inoltre la deviazione della Fossa degli Armanelli: questa scorre attualmente in stretto affiancamento alla ferrovia esistente (ad Ovest della stessa) per poi confluire nel Lavisotto poco a valle dell'attuale attraversamento della linea storica (circa 170m a valle di Via Caduti di Nassirya). La Fossa degli Armanelli risulta pertanto interferente con la variante della linea storica prevista in progetto. Avendo questa

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

funzione di scolo per alcune aree di modesta entità adiacenti ad essa in prossimità dell'attuale stazione di Trento Nord, nel presente studio idraulico non è stata oggetto di modellazione, fermo restando che i suoi contributi di portata sono stati debitamente tenuti in conto in quanto afferenti alle aste idrauliche studiate (nello specifico nel Lavisotto).

Al fine di valutare l'influenza della galleria di gronda agente sul bacino del Rio Carpenedi (affluente in sx idraulica del Lavisotto), la configurazione Post-Operam è stata studiata con riferimento ai due seguenti scenari:

- Scenario 1: sistema di gronda attivo;
- Scenario 2: sistema di gronda non attivo.

Per quanto riguarda lo studio delle interferenze idrauliche riscontrate in Loc. Acquaviva, si è proceduto con un approccio di verifica in moto uniforme, rimandando ad una fase progettuale successiva eventuali approfondimenti in merito alla geometria delle aste idrauliche interferite.



Figura 2 – Loc. Acquaviva: inquadramento del reticolo idraulico (in ciano) e del tracciato ferroviario: in rosso i tratti allo scoperto o in galleria artificiale, in giallo i tratti in galleria naturale.

Le verifiche idrauliche sono state svolte nel rispetto delle prescrizioni delle NTC del 2018.



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA
ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA

RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ
IDRAULICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R 10	RIID00020001B	B	12 di 50

Per quel che riguarda l'interferenza con aree a preesistente pericolosità idraulica si è fatto riferimento agli strumenti normativi vigenti nella Provincia Autonoma di Trento (*Carta delle Pericolosità* e *Carta di Sintesi delle Pericolosità*). Per gli interventi ricadenti in Loc. Acquaviva è previsto l'inserimento di muri di presidio idraulico da ambo i lati della sede ferroviaria.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

4 RIFERIMENTI NORMATIVI

Gli interventi in progetto sono stati analizzati con riferimento alle seguenti normative e regolamenti vigenti:

- Manuale di Progettazione delle Opere Ferroviarie (RFI DTC SI CS MA IFS 001 D).
- Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni e Circolare Esplicativa (DM Infrastrutture 17 Gennaio 2018, Circolare 21 Gennaio 2019, n.7/ C.S.LL.PP.);
- Piano Urbanistico Provinciale (Legge Provinciale del 27 maggio 2008, n. 5) e relative Norme di attuazione (Allegato B);
- PGUAP – Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche, D.P.R. 15 febbraio 2006;
- Carta delle pericolosità, redatte in attuazione dell’art. 10 della legge provinciale 1 luglio 2011, n.9“Disciplina delle attività di protezione civile in provincia di Trento”, approvata (stralcio) con delib. G.P. del 14 settembre 2018, n. 1682, adottata preliminarmente con la delib. G.P. del 19 luglio 2019, n. 1067, approvata con delib. G.P. n. 1307 del 4 settembre 2020 comprensive del primo aggiornamento;
- Criteri e metodologia per la redazione e l’aggiornamento delle carte della pericolosità, Nuovo testo coordinato con le modifiche approvato con approvato con delib. G.P. n. 1306 del 4 settembre 2020;
- Carta di sintesi delle pericolosità, prevista dall’art. 22 della legge provinciale 4 agosto 2015, n. 15 (Legge provinciale per il governo del territorio) in applicazione delle disposizioni relative all’uso del territorio previste dalla legge provinciale 27 maggio 2008, n.5 “Approvazione del nuovo piano urbanistico provinciale”, approvata (stralcio) con delib. G.P. del 7 settembre 2018, n. 1630, adottata preliminarmente con delib. G.P. del 19 luglio 2019, n. 1080, approvate con delib. G.P. n.1317 del 4 settembre 2020, entrata in vigore il 2 ottobre 2020, giorno successivo alla pubblicazione della deliberazione nel Bollettino ufficiale della Regione;
- Disposizioni tecniche per la predisposizione della Carta di Sintesi della Pericolosità, Nuovo testo coordinato con le modifiche approvato con delib. G.P. n. 1078 del 19 luglio 2019;
- Piano di Protezione Civile Comunale del Comune di Trento, Approvato con deliberazione del Consiglio Comunale n.48 del 17/03/2015 Dicembre 2019;
- Piano Regolatore Generale del Comune di Trento e relative Norme tecniche di attuazione (approvate con modifiche con delib. G.P. n. 1503 del 4 ottobre 2019 e da ultimo aggiornate con le modifiche introdotte a seguito dell’entrata in vigore della “Variante al piano regolatore generale di adeguamento alle prescrizioni del piano di rischio aeroportuale”, approvata con deliberazione della Giunta provinciale n. 1536 di data 9 ottobre 2020;

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

4.1 NORMATIVE PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

L'impianto normativo su cui si basa la difesa dalle alluvioni in Trentino integra direttive e leggi di livello comunitario e nazionale. Si riportano brevemente le principali leggi in materia di pericolo alluvionale.

4.1.1 Normativa Comunitaria e Nazionale

Le fonti del diritto comunitario su cui si basa la gestione dei corpi idrici, in stretta correlazione e interconnessione tra loro, sono la *Direttiva 'Acque' 2000/60/CE* e la *Direttiva 'Alluvioni' 2007/60/CE*.

A livello nazionale gli aspetti relativi alla gestione delle acque, alla difesa del suolo, al risanamento e all'ottimizzazione dell'uso della risorsa idrica e l'utilizzo delle acque pubbliche è disciplinata dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche (PGUAP). Ai sensi dell'art. 14 dello Statuto di Autonomia e della modifica del D.P.R. 22 marzo 1974, n. 381, avvenuta attraverso il decreto legislativo del 11 novembre 1999, n. 463, la Provincia è competente per la predisposizione del PGUAP.

4.1.2 Normativa Provinciale in vigore fino al 2 Ottobre 2020

L'impianto normativo provinciale in vigore fino al 2 ottobre 2020 era basato su due importanti strumenti di governo del territorio: la Carta di Sintesi Geologica ed il Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche. Tali strumenti normativi, pur essendosi formati e sviluppati in anticipo rispetto alle Direttive comunitarie, ne soddisfano le previsioni ed i requisiti.

Il primo in ordine tempo è la Carta di Sintesi Geologica (ora abrogata) con la quale la Provincia Autonoma di Trento ha definito, all'interno del Piano Urbanistico Provinciale (PUP), le zone da sottoporre a vincoli particolari per la difesa del suolo e delle acque. La Carta di Sintesi geologica alla scala 1:10.000 (scala 1:5.000 per il solo territorio del Comune di Trento), è stata approvata con delibera di Giunta Provinciale n. 2813 del 23 ottobre 2003. La carta ha subito otto aggiornamenti; l'ultimo è in vigore dal 5 novembre 2014. La L.P. n. 07/2003, negli articoli 2, 3, 30 e 32, disciplina ai fini urbanistici le tre maggiori categorie di penalità (salvo quanto previsto dall'art. 48 delle Norme di attuazione del nuovo PUP).

- Aree ad elevata pericolosità geologica, idrologica e valanghiva;
- Aree a controllo geologico, idrologico, valanghivo e sismico;
- Aree senza penalità geologiche.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

Il secondo in ordine di tempo, ma sovraordinato al PUP., è il Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche (PGUAP.), approvato con D.P.R. 15 febbraio 2006. Esso delimitava le aree a rischio idrogeologico a partire dalla mappatura di quelle soggette a pericolo di esondazione, frana e valanga su tutto il territorio provinciale. Sulla base di tale delimitazione, il PGUAP stabiliva i vincoli atti a regolare l'evoluzione dell'uso del suolo e le attività nelle aree esposte a problematiche idrogeologiche. Le sue previsioni e prescrizioni hanno costituito direttive per gli altri strumenti di pianificazione territoriale (Piano Urbanistico Provinciale, Piano Regolatore Generale, ecc...).

4.1.3 Normativa Provinciale in vigore dal 2 Ottobre 2020

La Provincia Autonoma di Trento è stata recentemente impegnata nella revisione dell'impianto normativo concernente la difesa delle alluvioni in Trentino.

Il riassetto normativo che ne discende ha portato alla definizione di nuovi strumenti cartografici, in particolare le Carte della Pericolosità, la Carta di Sintesi della Pericolosità e la Carta Generale dei Rischi che rispondono alla necessità di fornire un quadro di riferimento organico per le attività di pianificazione e trasformazione del territorio.

4.1.3.1 Carta delle Pericolosità

Con la delibera del 4 settembre 2020, n. 1307 la Giunta provinciale ha approvato le Carte della Pericolosità, comprensiva del primo aggiornamento dello stralcio relativo al territorio del Comune di Trento, del Comune di Caldonazzo e dei Comuni di Aldeno, Cimone, Garniga Terme nonché al territorio dei comuni compresi nella Comunità Rotaliana-Königsberg.

Le Carte della pericolosità (CaP) prendono in considerazione i pericoli connessi a fenomeni idrogeologici, valanghivi, alluvionali, sismici, a incendi boschivi, a determinate sostanze pericolose, a cavi sospesi o ad altri ostacoli alla navigazione aerea e ad ordigni bellici inesplosi.

Le classi di pericolosità sono definite in base al documento di riferimento “*Criteri e metodologia per la redazione e l'aggiornamento delle carte della pericolosità*” approvato dalla Giunta provinciale, nell'ultima versione, con deliberazione n°1036 del 4 settembre 2020.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

Legenda - CARTE DELLA PERICOLOSITA'

Classi di pericolosità ordinaria

	H4 - elevata
	H3 - media
	H2 - bassa
	H1 - trascurabile

Classi di pericolosità straordinaria

	HP - potenziale
	HR4 - residua elevata
	HR3 - residua media
	HR2 - residua bassa

Figura 3 – Carta delle pericolosità - Classi di pericolosità

Le CaP rappresentano gli strumenti di base per le attività di prevenzione (attività dirette all'eliminazione o alla riduzione dei rischi, sia mediante misure di carattere prescrittivo e vincolistico per un corretto uso del territorio, sia mediante interventi strutturali) e protezione (le attività, prevalentemente di carattere pianificatorio, organizzativo, culturale e formativo, e gli interventi gestionali diretti a mitigare gli effetti dannosi derivanti dai rischi non eliminabili tramite l'attività di prevenzione) della protezione civile.

In tale ottica le CaP costituiscono la base di riferimento per la realizzazione di due importanti strumenti di gestione del territorio: la Carta Generale dei Rischi prevista dalla l.p. 9/2011 e la Carta di Sintesi della Pericolosità (CSP) prevista dall'art. 22 della Legge provinciale per il governo del territorio l.p. n. 15 del 2015.

4.1.3.2 Carta di Sintesi delle Pericolosità

Con la delibera del 4 settembre 2020, n. 1317 la Giunta provinciale ha approvato la Carta di Sintesi della Pericolosità, comprensiva del primo aggiornamento dello stralcio relativo al territorio del Comune di Trento, del Comune di Caldonazzo e dei Comuni di Aldeno, Cimone, Garniga Terme nonché al territorio dei comuni compresi nella Comunità Rotaliana-Königsberg.

La Carta di Sintesi della Pericolosità rappresenta il nuovo strumento di riferimento per la pianificazione urbanistica e con l'entrata in vigore, il 2 ottobre 2020 - giorno successivo alla pubblicazione della deliberazione nel Bollettino

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

ufficiale della Regione - cessano di applicarsi le disposizioni della Carta di sintesi geologica e quelle in materia di uso del suolo del Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche in materia di uso del suolo, ai sensi del comma 2, art. 22 della legge provinciale del 4 agosto 2015, n.15.

Con deliberazione n°1078 del 19 luglio 2019 la Giunta provinciale ha approvato l'ultima versione delle "Disposizioni tecniche per la redazione della Carta di Sintesi della Pericolosità".

Esse, in coerenza con quanto previsto dall'articolo 14 della legge provinciale 27 maggio 2008, n.5, stabiliscono, a partire dalle differenti Carte della Pericolosità, le disposizioni tecniche e la metodologia per la redazione della Carta di Sintesi della Pericolosità e le procedure per l'identificazione delle aree caratterizzate da diversi gradi di penalità, nonché dagli ambiti fluviali di interesse idraulico del Piano Generale per l'Utilizzazione delle Acque Pubbliche.

Legenda - CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA'

Classi di Penalità

Con riferimenti alle norme di attuazione del Piano Urbanistico Provinciale (L.P. 27 maggio 2008, n. 5)

penalità ordinarie

	P4 - elevata	art. 15
	P3 - media	art. 16
	P2 - bassa	art. 17

altri tipi di penalità

	APP - aree da approfondire	art. 18
	PRV - residua da valanga	art. 18
	P1 - trascurabile o assente	art. 18

tutele speciali

	AFI - ambiti fluviali di interesse idraulico previsti dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche	art. 14
	IMP - aree riservate a interventi di mitigazione del pericolo	art. 18
	RSS - area di rispetto stazione sismometrica	art. 18
	stazione sismometrica	

Figura 4 – Carta di sintesi delle pericolosità – Classi di Penalità

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

La Giunta Provinciale con la deliberazione n. 1317 del 4 settembre 2020 ha inoltre approvato le modifiche apportate al documento “*Indicazioni e precisazioni per l’applicazione delle disposizioni concernenti le aree con penalià elevate, medie o basse e le aree con altri tipi di penalià*”.

4.2 NTC 2018 – NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

L’intervento in progetto rientra nell’ambito delle norme di cui al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti del 17 Gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche sulle costruzioni” e Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

L’Aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018) e la Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018, contengono le istruzioni per la progettazione dei ponti ferroviari e stradali interessanti da corsi d’acqua naturali o artificiali, con particolare riferimento ai tempi di ritorno e ai franchi idraulici da adottare per le verifiche di compatibilità idraulica.

In particolare, al § 5.1.2.3 delle NTC 2018 “Compatibilità idraulica” si prescrive il tempo di ritorno da utilizzarsi per le verifiche idrauliche dei ponti stradali e ferroviari:

(...) Deve in ogni caso essere definita una piena di progetto caratterizzata da un tempo di ritorno T_r pari a 200 anni ($T_r=200$).

La Circolare esplicativa precisa altresì quanto segue:

(...) Restano esclusi dal punto 5.1.2.3 della Norma i tombini, intendendosi per tombino un manufatto totalmente rivestito in sezione, eventualmente suddiviso in più canne, in grado di condurre complessivamente portate fino a 50 m³/s. L’evento da assumere a base del progetto di un tombino ha comunque tempo di ritorno uguale a quello da assumere per i ponti. La scelta dei materiali deve garantire la resistenza anche ai fenomeni di abrasione e urto causati dai materiali trasportati dalla corrente.

- *nel caso di funzionamento a superficie libera, il tirante idrico non dovrà superare i 2/3 dell’altezza della sezione, garantendo comunque un franco minimo di 0,50 m.*

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

4.3 MANUALE DI PROGETTAZIONE RFI

Il Manuale di Progettazione delle opere ferroviarie descrive al Cap. 3.7 le modalità ed i contenuti degli studi idrologici ed idraulici finalizzati all'esame dell'interazione tra il reticolo idrografico superficiale e la linea ferroviaria, nonché ai sistemi drenaggio e smaltimento delle acque interagenti con le opere in progetto.

Il Manuale di prescrive l'utilizzo dei seguenti tempi di ritorno Tr :

Manufatti di attraversamento (ponti e tombini):

- *linea ferroviaria $Tr=200$ anni;*
- *deviazioni stradali $Tr=200$ anni.*

Per la verifica idraulica delle opere di attraversamento secondarie il manuale prevede quanto segue:

“Le tipologie ammesse sono:

- *tombini circolari in c.a. con diametro minimo 1.5 m;*
- *tombini scatolari in c.a. con dimensione minima 2 m;*

Sono ammessi fino a due tombini affiancati.

La pendenza longitudinale del fondo dell'opera non dovrà essere inferiore al 2‰ e ciò al fine di impedire la sedimentazione di eventuale materiale solido trasportato.

La sezione di deflusso complessiva del tombino dovrà consentire lo smaltimento della portata massima di piena con un grado di riempimento non superiore al 70% della sezione totale”.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

5 INTERFERENZE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO CON LE AREE A PREESISTENTE PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Al fine di valutare eventuali interferenze tra gli interventi in progetto e le aree a preesistente pericolosità idraulica, dal sito <http://www.protezionecivile.tn.it/territorio/Cartografia/cartografiatematica/> sono state scaricati i seguenti dati:

- **Carta della Pericolosità** (fogli 60060, 60100, 60140, 81020);
- **Carta di Sintesi della Pericolosità** (fogli 60060, 60100, 60140, 81020).

Le informazioni relative alla perimetrazione della pericolosità sono riportate nell'elaborato grafico Aree a preesistente pericolosità idraulica da strumenti di pianificazione vigenti – IB0Q3AR10 P4ID0002001A.

Le pericolosità prese a riferimento sono le seguenti:

- Pericolosità alluvionale fluviale – Classi di pericolosità ordinarie e straordinarie;
- Pericolosità alluvionale torrentizia – Classi di pericolosità ordinarie e straordinarie.

La Carta di Sintesi della Pericolosità (CSP), sulla base della classificazione della pericolosità generata dai pericoli idrogeologici, sismico, e d'incendio boschivo contenuta nelle Carte della Pericolosità (art. 10 della L.P. 1 luglio 2011, n. 9), individua diversi tipi di penalità che possono essere distinte in due gruppi, quelle ordinarie (elevata, media e bassa) e quelle di altro tipo (residua, aree da approfondire, trascurabile, ecc.).

Nelle aree con penalità ordinarie l'uso del suolo è disciplinato dagli artt. 15, 16 e 17 delle Norme di Attuazione del PUP mentre per gli altri tipi di penalità si fa riferimento all'art. 18, in base al quale sono individuate anche alcune tutele speciali.

Per le aree soggette a classe di penalità torrentizia media (P3), l'ammissibilità degli interventi è normata dall'art.16. In queste aree, per gli interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia inseriti in nuovi strumenti di pianificazione, l'art.16 comma 4, ne prevede l'ammissibilità a seguito all'adozione di misure di sicurezza adeguate o al declassamento della pericolosità in relazione al pericoloso atteso, analizzati in apposito studio di compatibilità.

Per le aree soggette a classe di penalità torrentizia bassa (P2) l'ammissibilità degli interventi è normata dall'art.17. In queste aree, per gli interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia inseriti in nuovi strumenti di pianificazione, l'art.17 comma 2, ne prevede l'ammissibilità sviluppata da un'apposita relazione tecnica, allegata al progetto, che attesta la compatibilità e assicura l'adozione degli accorgimenti necessari per garantirne la funzionalità anche al manifestarsi degli eventi attesi in relazione alle locali condizioni di pericolo.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

Per le aree soggette a classe di penalià torrentizia o fluviale trascurabile o assente (P1) l'ammissibilità degli interventi è normata dall'art.18.

Nelle tabelle a seguire si riporta la corrispondenza tra classi di pericolosità (Carta delle Pericolosità) e classi di penalià (Classi di Sintesi delle Pericolosità) per quel che riguarda le pericolosità alluvionali fluviali e torrentizie.

Carte delle Pericolosità		Carta di Sintesi della Pericolosità	
Pericolosità elevata	H4	Penalià elevata	P4
Pericolosità media	H3	Penalià media	P3
Pericolosità bassa	H2	Penalià bassa	P2
Pericolosità trascurabile	H1	Penalià trascurabile o assente	P1

Figura 5 – Grado di penalià individuato dalle classi di pericolosità ordinarie

Carte delle Pericolosità		Carta di Sintesi della Pericolosità	
Pericolosità potenziale	HP	Aree da approfondire	APP

Figura 6 – Grado di penalià individuato dalle classi di pericolosità potenziale

Carte delle Pericolosità		Carta di Sintesi della Pericolosità	
Pericolosità residua elevata	HR4	Penalià media	P3
Pericolosità residua media	HR3	Penalià bassa	P2
Pericolosità residua bassa	HR2	Penalià trascurabile o assente	P1

Figura 7 – Grado di penalià individuato dalle classi di pericolosità residua

5.1 AREA SCALO FILZI-RONCAFORT

Con riferimento al foglio 60100, il tracciato ricade per gran parte del suo sviluppo in aree a pericolosità fluviale residua media (HR3) e bassa (HR2), cui corrisponde una classe di penalià trascurabile o assente (P1). In corrispondenza del parallelismo con l'attuale tracciato del Canale Lavisotto (oggetto di intervento) si rilevano aree a pericolosità torrentizia media (H3), corrispondenti a una classe di penalià media (P3).

5.2 LOCALITÀ ACQUAVIVA

Lato Adige il tracciato in progetto presenta interferenze con aree a pericolosità fluviale media (H3), e con aree a pericolosità torrentizia residua media (HR3) ed elevata (HR4), cui corrispondono aree a penalià bassa (P2) e media (P3).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

Ad Est del tracciato si rilevano interferenze con piccole aree a pericolosità torrentizia media (H3), corrispondenti ad aree a penalità media (P3).

Da entrambi i lati della linea ferroviaria è previsto l'inserimento di muri di presidio idraulico, la cui altezza è stata definita come segue:

- Dal lato Ovest (Lato Adige), l'altezza dei muri è stata definita sulla base dei tiranti idrici desunti dai risultati degli studi effettuati per la redazione delle Carte di pericolosità sviluppate dalla PAT, con particolare riferimento allo scenario 'scAt3' (per $Tr=30$ ani), corrispondente allo scenario ordinario propagazione della piena liquida del fiume Adige tra le confluenze del torrente Rio Vela e Besenello;
- Dal lato Est, interessato soprattutto ad aree a pericolosità torrentizia, si è fatto riferimento alla classificazione definita nel documento "Criteri e metodologia per la redazione e l'aggiornamento delle carte della pericolosità", riportata qui di seguito:

intensità	profondità della corrente - h (m)		prodotto tra la profondità e la velocità della corrente - vh (m^2/s)
Elevata	$h > 2$	oppure	$v h > 2$
Media	$0,5 < h < 2$	oppure	$0,5 < v h < 2$
Bassa	$h < 0,5$	oppure	$v h < 0,5$

Tabella 2 – Carta delle pericolosità – Classificazione intensità degli eventi di piena

I muri di presidio idraulico previsti sono così articolati:

Lato Ovest (pk variante LS)

- Da km 0+000 a km 0+450: muro di altezza $h=2$ m dal p.c.;
- Da km 0+450 a km 0+650: muro di altezza $h=1.50$ m dal p.c.;
- Da km 0+760 fino a 1+120: muro di altezza $h=0.50$ m dal p.c.

Lato Est (pk BP Circ.)

- Da km 0+030 a km 0+245: muro di altezza $h=2.50$ m dal p.c.;
- Da km 0+460 a km 0+745: muro di altezza $h=2.50$ m dal p.c.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

6 AREA SCALO FILZI-RONCAFORT – METODOLOGIA DI VERIFICA IDRAULICA

6.1 MODELLO IDRAULICO IN MOTO VARIO – HEC RAS

Le simulazioni numeriche sono state condotte utilizzando un programma di calcolo monodimensionale a moto vario che fornisce una adeguata rappresentazione del fenomeno, descrivendo le principali grandezze fisiche per ogni sezione idraulica di calcolo. Il codice adottato (HEC-RAS 5.0.4 River Analysis System dell'aprile 2018) è un programma sviluppato dal Corpo degli ingegneri dell'esercito U.S.A. presso l'Hydrologic Engineering Centre (HEC) utilizzato per la modellazione mono e bidimensionale di reti di canali naturali e artificiali, River Analysis System (RAS).

Il software HEC RAS permette di:

- Effettuare simulazioni in condizioni stazionarie (*steady flow*) in corrente lenta, veloce o mista, calcolando i corrispettivi profili di corrente;
- Effettuare simulazioni in condizioni non stazionarie (*unsteady flow*);
- Effettuare simulazioni per la classificazione e quantificazione di processi di idrodinamica del trasporto solido relativi a fenomeni di erosione o deposizione generalizzata e/o localizzata.

Obiettivo principale del modello, utilizzato nell'ipotesi di moto vario, è quello di correlare l'entità della portata liquida in arrivo dal bacino di monte con le velocità e con l'altezza idrometrica raggiunta nell'alveo principale e nelle golene.

6.1.1 Equazioni alla base del modello

La procedura di calcolo di HEC-RAS si basa sulla soluzione delle equazioni dell'energia secondo lo schema monodimensionale, andando ad analizzare solamente la componente della velocità diretta secondo la direzione prevalente del moto (longitudinale).

Il calcolo dei profili di corrente viene effettuato all'interno del software attraverso la risoluzione dell'equazione dell'energia tra due sezioni consecutive, mediante un processo iterativo (*standard step method*).

Il profilo della corrente monodimensionale e gradualmente variata lungo canali naturali o artificiali viene ricostruito sulla base dell'equazione dell'energia: l'energia posseduta dalla corrente in una determinata sezione è pari a quella che aveva nella sezione più a monte a meno delle perdite concentrate e distribuite.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

$$Y_2 + Z_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

dove:

- Y_1, Y_2 sono i tiranti idrici in corrispondenza della sezione 1 e della sezione 2 (*depth of water at cross section*);
- Z_1, Z_2 sono le quote geodetiche più basse del fondo alveo in corrispondenza della sezione 1 e della sezione 2 nel canale principale (*main channel invert*);
- V_1, V_2 sono le velocità medie in corrispondenza della sezione 1 e della sezione 2 (*average velocities*);
- a_1, a_2 sono i coefficienti di ragguaglio dell'altezza cinetica in corrispondenza della sezione 1 e della sezione 2 (*velocity weighting coefficients*);
- g è l'accelerazione di gravità;
- h_e è la perdita di carico totale (continue e concentrate) nel tratto considerato tra la sezione 1 e la sezione 2 (*energy head loss*).

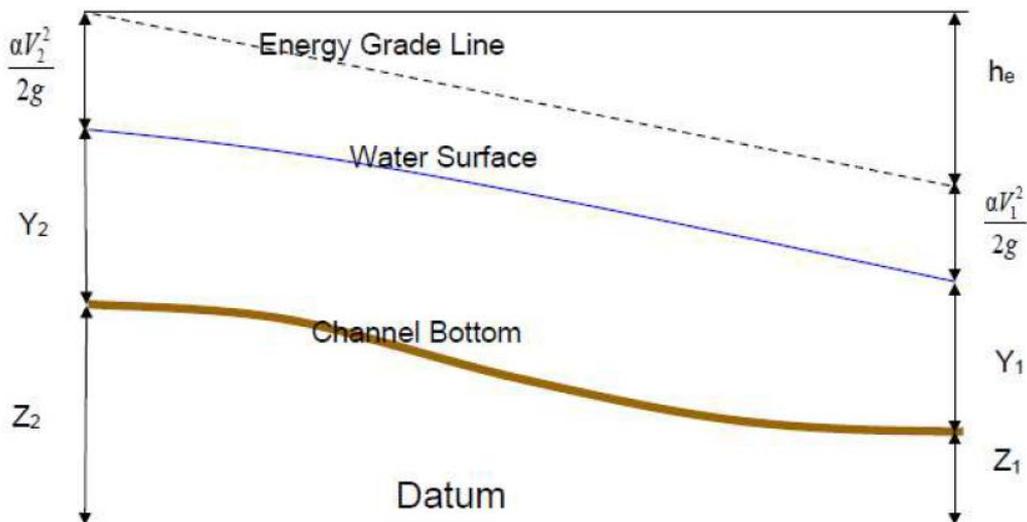


Figura 8 – Rappresentazione dei termini dell'equazione dell'energia tratta dal manuale di HEC-RAS

Il termine che esprime la perdita di carico (h_e) tra una sezione trasversale e quella consecutiva dipende dalle perdite continue (*perdite distribuite*) dovute all'attrito, alle pareti e sul fondo del canale, oltre che a quelle dovute alla

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

contrazione o all'espansione della vena liquida all'imbocco e allo sbocco (*perdite localizzate*) a loro volta determinate dalla variazione della geometria delle sezioni trasversali lungo il corso d'acqua.

$$h_e = L S_f + C \left| \frac{a_2 V_2^2}{2g} - \frac{a_1 V_1^2}{2g} \right|$$

con:

- L è la lunghezza media del tratto compreso tra la sezione 1 e la sezione 2. Viene calcolata facendo la media pesata delle distanze lungo il canale principale e lungo ciascuna delle due aree golenali; tale media viene pesata sulla portata (nel canale principale e nelle due aree golenali) ed è calcolata come segue:

$$L = \frac{L_{lob} Q_{lob} + L_{rob} Q_{rob} + L_{ch} Q_{ch}}{Q_{lob} + Q_{rob} + Q_{ch}}$$

dove il pedice *lob*, *rob* e *ch* indica la golena sinistra, destra e il canale centrale, relativamente alle lunghezze e alle portate;

- S_f è la cadente della linea dei carichi totali;
- C è il coefficiente di espansione/contrazione compreso tra 0 e 1, che tiene conto delle perdite di carico dovute all'espansione e alla contrazione della vena fluida.

Tramite la formula di Chezy è possibile calcolare il valore delle conveyance considerando le singole porzioni di flusso (in golena destra e sinistra e nel canale centrale).

$$Q = K S_f^{1/2} \quad \text{e} \quad K = \frac{1}{n} A R^{2/3}$$

con:

- K conveyance espressa in m^3/s ;
- n coefficiente di scabrezza di Manning espressa in $m^{1/3}/s$;
- A area relativa al deflusso espressa in m^2 ;
- R raggio idraulico espresso in m .

Il valore della conveyance viene calcolato per le singole sezioni di deflusso, ottenendo quindi un valore totale della stessa, come somma dei contributi di K_{rob} , K_{lob} e K_{ch} .

Infine il coefficiente di ragguglio α viene calcolato considerando che l'altezza cinetica deriva dal valore medio pesato sulla portata sulle singole sezioni (golenali e centrale)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

$$\frac{\alpha \bar{v}^2}{2g} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \frac{v_i^2}{2g}}{Q_{tot}} \quad \text{con} \quad \alpha = \frac{\sum_{i=1}^n v_i^2 Q_i}{Q_{tot} \bar{v}^2}$$

Il valore relativo all'altezza della superficie libera incognita viene determinato in maniera iterativa a partire dai dati assegnati di portata e dalle caratteristiche geometriche delle singole sezioni.

La procedura di calcolo prevede la risoluzione dell'equazione dell'energia e delle perdite di carico in maniera iterativa, come di seguito descritto:

1. Scelta di un valore di primo tentativo per la quota della superficie libera WS_1 , in corrispondenza della sezione di monte per correnti lente, o di valle per correnti veloci.
2. Calcolo a partire dal valore definito al punto 1, dei corrispondenti valori di conveyance totale e di altezza cinetica;
3. Stima di S_f e soluzione dell'equazione delle perdite di carico per il calcolo delle perdite di carico totali h_c ;
4. Soluzione, a partire dai valori ottenuti al passo 2 e 3, dell'equazione dell'energia per il calcolo della superficie libera WS_2 ;
5. Confronto fra il valore di WS_2 calcolato ed il valore assunto al punto 1 e reiterazione dei passi da 1 a 5 fino al raggiungimento della convergenza, definita per default da una differenza fra i due valori inferiore a 0,003 m (o qualsiasi altra tolleranza definibile dall'utente).

Nei casi in cui vi sia passaggio per l'altezza critica, quindi in presenza di fenomeni che producono transizione corrente lenta-veloce o viceversa il software HEC-RAS utilizza l'equazione dei momenti, in quanto l'equazione dell'energia, basandosi sull'ipotesi di flusso gradualmente variato, risulta essere non applicabile.

6.1.2 Modellazione monodimensionale in moto vario

Le leggi fisiche che governano il movimento dell'acqua nei corpi idrici sono il *principio di conservazione della massa* (equazione di continuità) e il *principio di conservazione della quantità di moto* (equazione globale dell'equilibrio dinamico). Queste leggi sono espresse matematicamente in forma di equazioni differenziali alle derivate parziali.

È di seguito riportata l'immagine del volume di controllo a cui fanno riferimento l'equazione di continuità e l'equazione di conservazione della quantità di moto.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

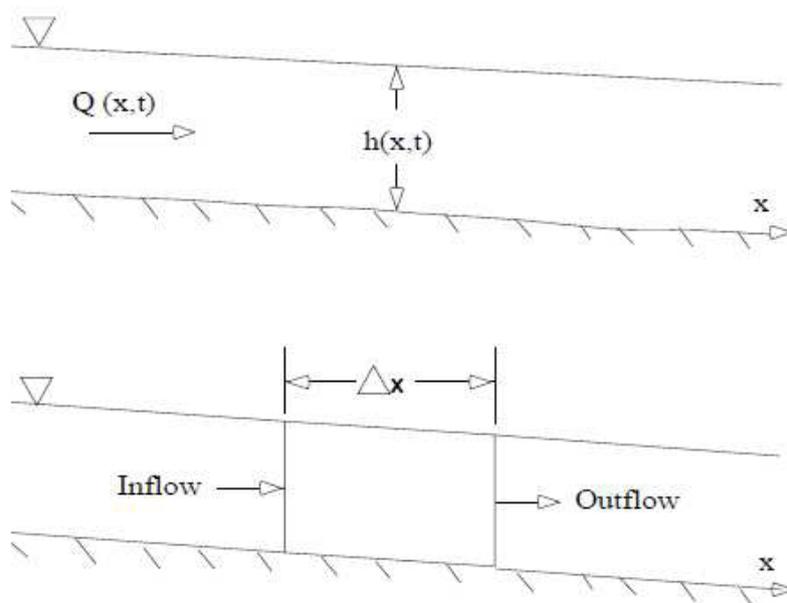


Figura 9 – Rappresentazione del volume di controllo elementare per la derivazione dell'equazione di continuità e di conservazione della quantità di moto, tratta dal manuale di HEC-RAS

Per la modellazione in moto vario vengono adottate le seguenti ipotesi, ottenendo a partire dalle equazioni differenziali di continuità e di conservazione della massa per moto monodimensionale, le equazioni di De Saint Venant.

- La distribuzione delle pressioni è di tipo idrostatico (ipotesi valida se le linee di flusso non presentano curvatura accentuata);
- La pendenza del fondo alveo è minima, tale che la sezione trasversale normale alla corrente si confonda con la sezione verticale;
- Alveo prismatico, laddove le variazioni nella sezione trasversale e nella pendenza di fondo possono essere prese in considerazione approssimando il corso d'acqua con una serie di tratti prismatici;
- Le perdite di carico possono essere espresse tramite una delle classiche formule adottate per il moto uniforme (si utilizza l'equazione di Manning); con questa ipotesi si assume che in regime di moto vario ad una data velocità V della corrente si abbiano le stesse perdite di carico che si avrebbero in moto uniforme con la stessa velocità;
- La velocità e le accelerazioni lungo la verticale sono trascurabili rispetto alle analoghe grandezze in direzione del moto;
- Le variazioni della densità del fluido sono trascurabili.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_{lat} = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial Q}{\partial x} + S_f \right) = 0$$

dove (per l'equazione di continuità):

- A è l'area bagnata nel punto centrale del volume di controllo, comprensiva del canale principale e delle aree golenali e di accumulo laterali;
- Q è portata nel punto centrale del volume di controllo;
- q_{lat} è la portata in ingresso lateralmente al volume di controllo per unità di lunghezza;

e dove (per l'equazione di conservazione della quantità di moto):

- Q è portata;
- g è l'accelerazione di gravità;
- S_f è la pendenza della linea dell'energia;
- $\frac{\partial Q}{\partial x}$ è la pendenza della superficie libera dell'acqua;
- A è l'area bagnata della sezione trasversale;
- V è la velocità del fluido nella sezione trasversale.

6.1.3 Perdite di carico in moto vario

Per la determinazione delle perdite di carico distribuite, come per il moto permanente, si risolve l'equazione di Chezy andando a tener conto delle diverse scabrezze tra l'alveo centrale, *channel*, e le due aree golenali, *right* e *left overbank*.

$$Q = K \cdot S_f^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} S_f^{1/2}$$

Il valore di conveyance totale è dato dalla somma dei singoli contributi relativi a *channel*, *right overbank* e *left overbank*.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

Riguardo alle perdite di carico concentrate, il programma HEC-RAS considera una contrazione ogni volta che l'altezza cinetica della sezione di monte risulta maggiore di quella della sezione più a valle, viceversa un'espansione. Le perdite concentrate vengono espresse dalla seguente equazione:

$$h_{ce} = C \left| \frac{a_1 V_1^2}{2g} - \frac{a_2 V_2^2}{2g} \right|$$

dove C è il coefficiente di contrazione/espansione ed i pedici 1 e 2 sono relativi alla sezione di monte ed alla sezione di valle.

Le perdite di carico concentrate si hanno soprattutto in corrispondenza di ostacoli al deflusso, ovvero nel caso di ponti, dighe e altre particolarità idrauliche, per il calcolo delle quali sono stati incorporati gli stessi codici di calcolo sviluppati nel modulo relativo al moto permanente. Il programma calcola le perdite di carico come somma di tre contributi: le perdite dovute alla contrazione e all'espansione del flusso rispettivamente a monte e a valle della struttura e una perdita in corrispondenza della struttura. Quest'ultima viene calcolata, nel caso particolare dei ponti, tramite i metodi seguenti:

- Energy Method, per i casi in cui il livello idrico rimane al di sotto della quota minima di intradosso (low cord); il programma risolve l'equazione di bilancio energetico tra le sezioni a monte ed a valle del ponte, il calcolo avviene sottraendo all'area contribuente al deflusso le zone occupate dalle strutture del ponte ed aggiungendo le superfici del ponte a contatto con l'acqua nella perimetrazione del contorno bagnato;
- Pressure and Weir flow method, che prevede di considerare il ponte in pressione non appena il livello idrico raggiunge una percentuale prefissata dell'altezza delle aperture; quando il livello idrico è superiore al low cord nella sezione di monte, il programma sceglie una modellazione del comportamento idrico come deflusso attraverso una luce a battente (libero o rigurgitato a seconda che il livello idrico sia più basso o più alto del low cord nella sezione di valle);

$$Q = C_d A_b \sqrt{2g \left(Y_3 - \frac{Z}{3} + a_3 \frac{V_2^2}{2g} \right)}$$

dove Q è il flusso totale attraverso il ponte, C_d è il coefficiente di flusso, A_b è l'area della sezione di monte del ponte al netto delle zone occupate dal ponte, Y_3 il tirante idrico nella sezione subito a monte del ponte, Z è la massima distanza tra la quota del *low cord* e la profondità media della sezione di monte del ponte. Quando la

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

quota del pelo idrico supera, invece, anche il livello di *high cord* (quota di impalcato del ponte), si usa l'equazione per gli stramazzi liberi o rigurgitati:

$$Q = \sqrt{2g} C_d L H^{3/2}$$

dove il valore del coefficiente C_d si assume pari a 1,7 se lo sfioro è libero e viene ridotto in base alla sommergenza percentuale se il deflusso è rigurgitato.

6.2 DESCRIZIONE DEL MODELLO IDRAULICO IMPLEMENTATO

6.2.1 Geometria

Per la modellazione dei canali esistenti, le sezioni implementate sono quelle delle due campagne di rilievi (2001 e 2011) fornite dal Consorzio Trentino di Bonifica, alle quali sono state aggiunte sezioni estratte dal modello digitale del terreno.

Per la configurazione Ante Operam, sono state modellate le seguenti aste idrauliche:

- il canale Lavisotto-Adigetto fino alla confluenza nell'Adige;
- il tratto terminale della Fossa della Malvasia fino alla confluenza nell'Adigetto;
- il tratto terminale della Fossa della Bettine.

Nella configurazione di progetto (Post Operam) è stato inserito e modellato anche il tratto terminale della Roggia Campotrentino, oggetto di intervento.

Tutti gli alvei dei corsi d'acqua, caratterizzati da una larghezza pressoché costante e generalmente rettilinei, sono costituiti essenzialmente dal solo canale di magra, che in molti tratti risulta tombato, e sono stati modellati con approccio monodimensionale attraverso l'inserimento delle sezioni trasversali e delle geometrie degli attraversamenti ferroviari e stradali presenti lungo i tratti simulati.

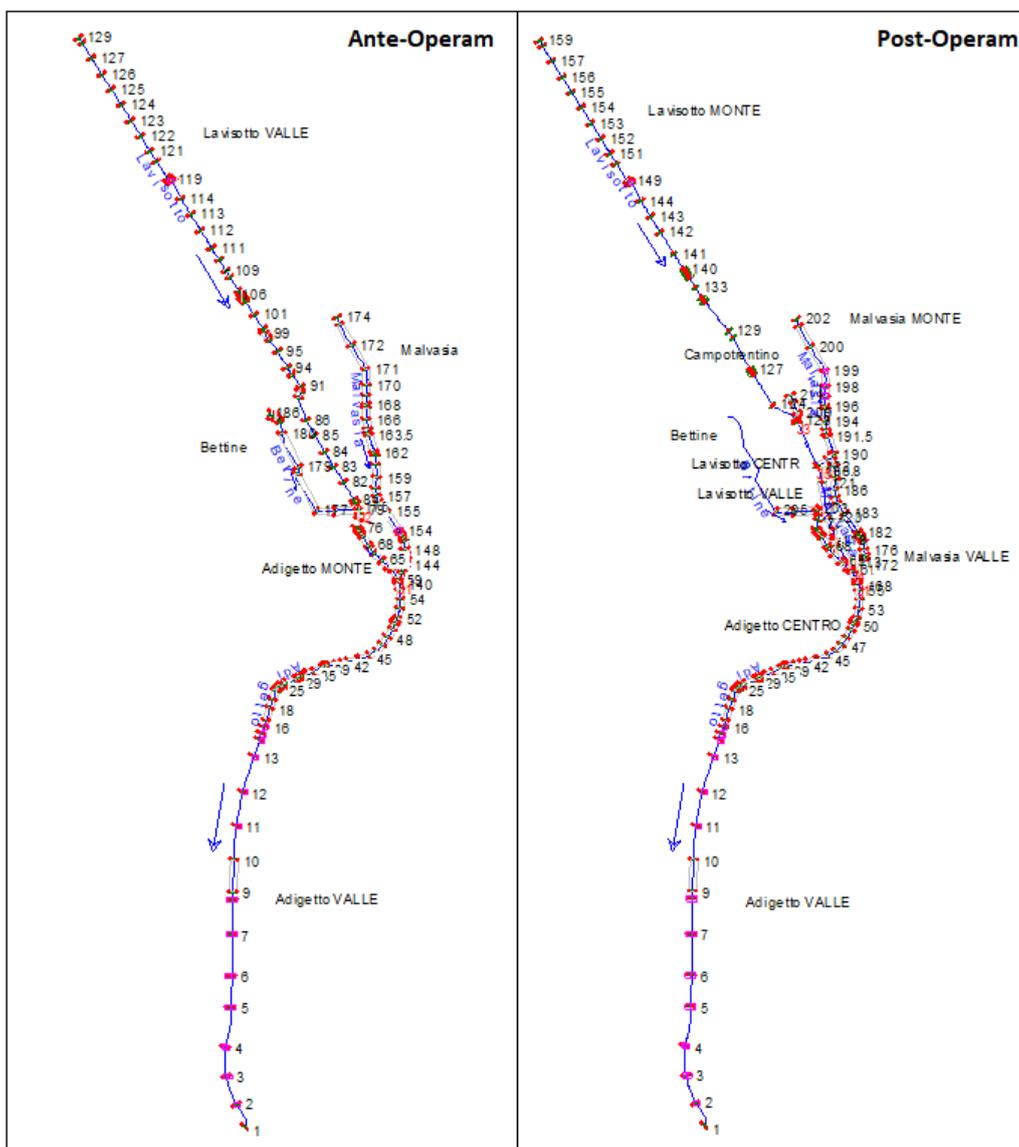


Figura 10 – Geometria implementata nelle configurazioni Ante e Post Operam

6.2.2 Scenari di simulazione e configurazioni studiate

Al fine di proteggere la città dalle piene del Lavisotto-Adigetto, verso la fine degli anni '90 è stata realizzata una galleria di gronda avente la funzione di intercettare le acque scolanti del versante orientale della Valle dell'Adige a nord di Trento e convogliarle al torrente Avisio. Il tracciato della galleria di gronda in sotterraneo ha una lunghezza complessiva di 3260 m ed intercetta il rio dell'Asino, il rio Carpenedi e la roggia di Gardolo.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

Al fine di valutare l'influenza della galleria di gronda sul reticolo idrografico oggetto di studio, per la configurazione Post-Operam è stata svolta una doppia simulazione, prevedendo o meno il funzionamento della stessa, al fine di valutarne l'influenza sulle portate al colmo e conseguentemente sui tratti di rogge oggetto di intervento.

Si precisa che le opere di sistemazione idraulica comprese nel presente progetto risultano definite e verificate (nel rispetto dei franchi previsti dalle normative vigenti) con riferimento allo scenario di gronda attiva. Le ulteriori verifiche idrauliche condotte nell'ipotesi cautelativa di gronda inattiva sono state svolte con il fine di verificare che anche in caso di mancato funzionamento della gronda non si instaurassero fenomeni di funzionamento in pressione nei tratti tombati di progetto.

Nella tabella a seguire una sintesi degli scenari esaminati:

CONFIGURAZIONE	SCENARIO	DESCRIZIONE
Ante Operam (A.O.)	n°1: Gronda Attiva	Modellazione idraulica 1D in moto vario nella situazione attuale, con il sistema di gronda attivo
Post Operam (P.O.)	n°1: Gronda Attiva	Modellazione idraulica 1D in moto vario nella configurazione di progetto, con il sistema di gronda attivo
	n°2: Gronda Inattiva	Modellazione idraulica 1D in moto vario nella configurazione di progetto, con il sistema di gronda inattivo

Tabella 3 – Sintesi delle configurazioni e degli scenari studiati

6.2.2.1 Configurazione Ante-Operam

Nelle figure a seguire si riporta uno schema del modello idraulico implementato. Le aste implementate sono:

- Lavisotto;
- Adigetto;
- Malvasia;
- Fossa delle bettine (ultimo tratto).

Poiché l'Ante Operam fa riferimento allo Scenario 1 (Gronda attiva), non è stata considerata la quota parte di portate provenienti dai bacini del Rio Carpenedi, Rio dell'Asino, Roggia di Gardolo, afferenti alla galleria di gronda.

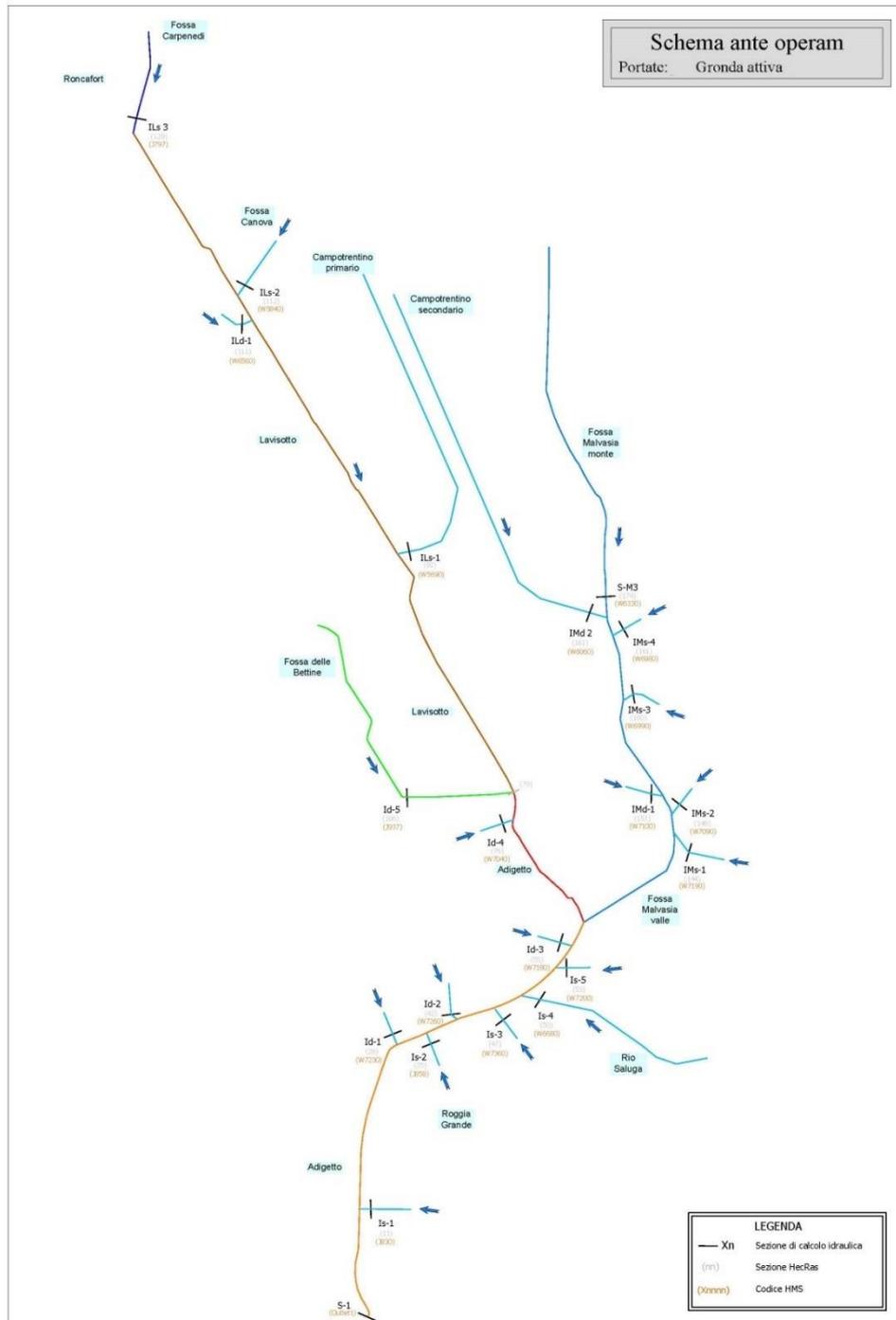


Figura 11 – Configurazione Ante Operam – Scenario 1: Gronda attiva

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

6.2.2.2 Configurazione Post-Operam

La soluzione geometrica di progetto prevede, nel dettaglio la seguente configurazione:

- Mantenimento del Canale Lavisotto nella sua sede attuale, nel tratto parallelo alla ferrovia fino alla nuova fermata Trento Nord Zona Commerciale della Trento-Malè (sezioni HEC-RAS da 159 a 141).
- Deviazione del canale Lavisotto con sezione a cielo aperto, dalla fermata Trento Nord zona Commerciale (km 12+920 circa, sez. HEC-RAS 141) fino all'area dello scalo Filzi, con conseguente dismissione dell'attuale attraversamento della ferrovia (km 96+157 L.S.). In tale configurazione il canale di progetto sovrappassa la galleria GA02 di progetto in corrispondenza del km 11+463, mantenendosi a cielo aperto fino alla sezione immediatamente a valle della stessa (sez. 121 HEC-RAS). Tale tratto a cielo aperto (L=1550 m ca.) è previsto a sezione rettangolare costante, avente dimensioni 6.00 m (B) x 3.00 m (H). Nel tratto in esame è inoltre previsto un nuovo attraversamento, in affiancamento all'esistente, in corrispondenza del cavalcavia di Via Caduti di Nassirya.
- Realizzazione di un nuovo tratto tombato del canale Lavisotto, che va dalla sezione immediatamente a valle della galleria artificiale GA02 (sez. 121 HEC-RAS) fino a ricongiungersi con il tratto tombato dell'Adigetto esistente in prossimità di Piazza Centa (sez. 112 HEC-RAS). Tale tratto tombato è previsto a sezione rettangolare costante, avente dimensioni:
 - 6.00 m (B) x 3.00 m (H) dalla sezione 121 alla sezione 120 (L= 165 m ca.);
 - 6.00 m (B) x 3.50 m (H) dalla sezione 120 alla sezione 112 (L=350 m ca.).

In corrispondenza di Piazza Centa il tracciato di progetto passa sotto Via Secondo da Trento e Via Clemente Vannetti al fine di garantire la compatibilità con il parcheggio interrato di futura realizzazione previsto in corrispondenza di Piazza Centa.

- Mantenimento in esercizio del tratto di Lavisotto posto ad ovest della linea ferroviaria con sola funzione di collettamento delle acque meteoriche provenienti dall'area urbana zona Campo Coni. Tale tratto inizia a valle dell'attraversamento esistente km 96+157 L.S. (di cui è prevista la soppressione), riceve l'immissione della Fossa delle Bettine in dx idraulica, e si immette nell'Adigetto Tombato dopo aver riattraversato la ferrovia al km 95+328 L.S.;
- Disconnessione dell'attuale immissione della roggia Campotrentino Primaria nel Lavisotto, e recapito della stessa nel Campotrentino Secondaria, con immissione di quest'ultima nel Lavisotto di progetto (sez. 123 HEC-RAS) e disconnessione dell'attuale confluenza nel Malvasia. Tale tratto tombato è previsto a sezione rettangolare costante, dimensioni 1.50 m (B) x 2.50 m (H) (L=350 m ca.).

- Deviazione della Fossa Malvasia (identificata come Fossa della Malvasia Monte nell'allegato), alla sezione 189, e realizzazione di una nuova confluenza per la Fossa Malvasia deviata nel Lavisotto di progetto, alla sez. HEC RAS 122 dello stesso. Tale tratto tombato è previsto a sezione rettangolare costante, avente dimensioni 3.00 m (B) x 2.70 m (H) dalla sezione 189 alla sezione 188.8 (L=106 m ca.). Tale deviazione ha la finalità di sgravare il tratto di valle del Malvasia (identificato come Fossa della Malvasia Valle nell'allegato), interamente tombato, che mantiene comunque la funzione di drenaggio urbano.
- Rifacimento della Fossa Malvasia in corrispondenza della galleria artificiale GA02 (sez. 185-184), mediante uno scatolare 3.00 m (B) x 3.00 m (H).

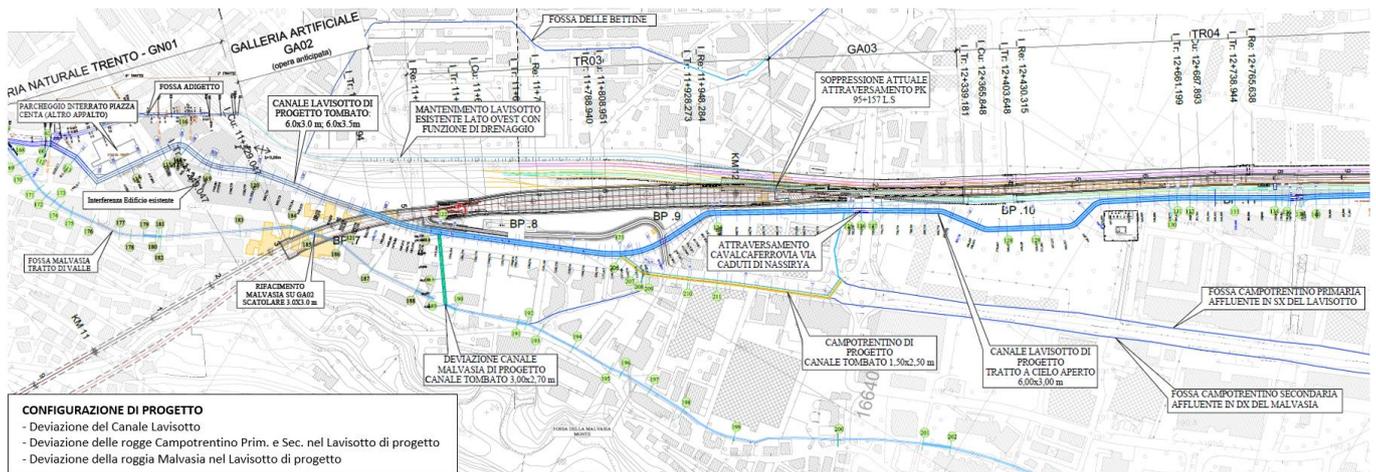


Figura 12 – Configurazione di progetto su CTR

Nelle figure a seguire si riportano gli schemi di funzionamento per i due scenari esaminati.

Nelle figure a seguire si riporta uno schema del modello idraulico implementato. Le aste implementate sono:

- Lavisotto;
- Adigetto;
- Malvasia;
- Fossa delle bettine (ultimo tratto);
- Campotrentino di progetto.

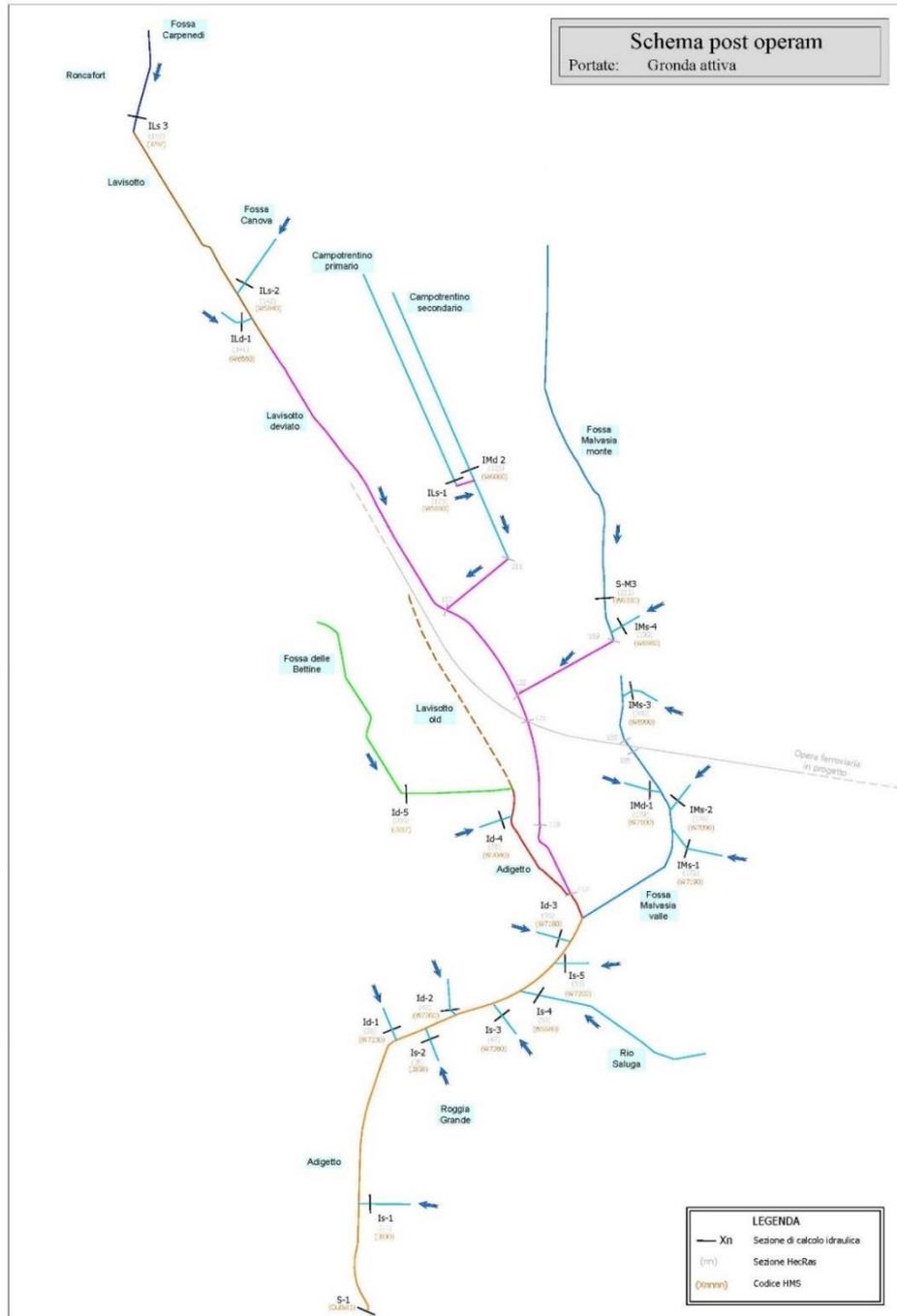


Figura 13 – Configurazione Post Operam – Scenario 1: Gronda attiva

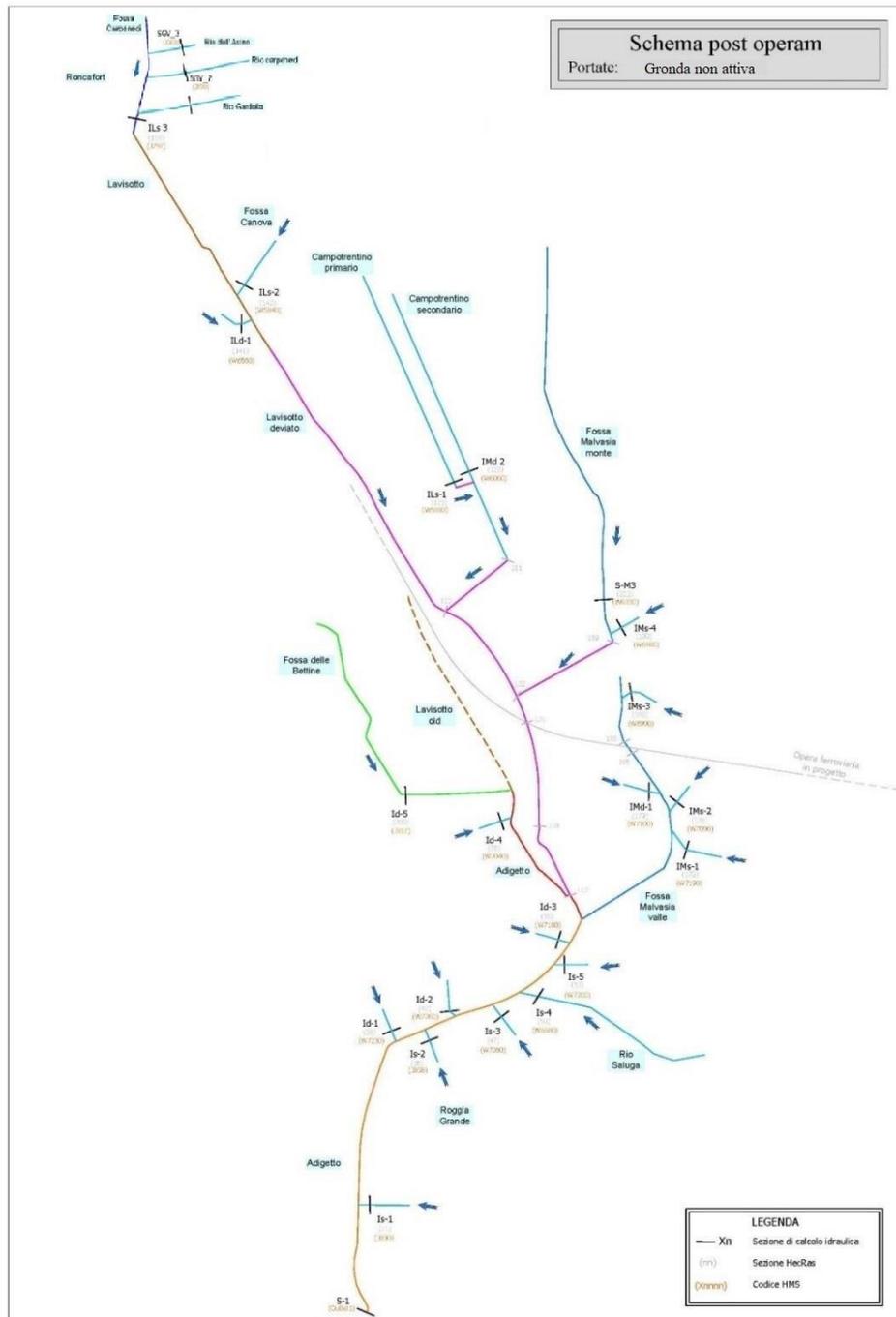


Figura 14 – Configurazione Post Operam – Scenario 2: Gronda non attiva

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

6.2.3 Scabrezza

In tutte le simulazioni effettuate, si è considerato un valore del coefficiente di scabrezza “n” di Manning pari a $0,020 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ per tutti i tratti di canale a cielo aperto, a $0,015 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ per i tratti tombati e di nuova realizzazione.

6.2.4 Condizioni al contorno

Ai fini dell'esecuzione della simulazione, il software richiede una serie di ulteriori dati, ovvero le condizioni al contorno, che sono valori costanti di h e Q, valori di h e Q variabili nel tempo, relazioni tra h e Q (ad es. scala di deflusso per una sezione d'alveo) e le condizioni allo stato iniziale.

Al modello monodimensionale, oggetto di studio, sono state assegnate le seguenti condizioni:

Condizioni al contorno:

- *Monte:* in ingresso alla sezione di monte di ciascuno dei corsi d'acqua simulati (Lavisotto-Adigetto, Bettine, Malvasia) è stato assegnato l'idrogramma di portata (Flow Hydrograph) per $Tr=200$, ottenuto a partire dalla Relazione Idrologica (IB0Q3AR10RIID0001001A);
- *Valle:* in corrispondenza della sezione di valle dell'Adigetto (Sez 1) è stata assegnata una curva recante la variazione del livello dell'acqua nel tempo (Stage Hydrograph). Nell'ipotesi di non contemporaneità degli eventi di piena, si è adottato per ogni istante, un valore costante di 188.6 m.s.l.m., pari al livello idrico dell'Adige per $Tr=30$ anni. Tale valore è stato desunto dai risultati degli studi effettuati per la redazione delle Carte di pericolosità sviluppate dalla PAT, con particolare riferimento allo scenario 'scAt2' (per $Tr=30$ ani), corrispondente allo scenario ordinario propagazione della piena liquida del fiume Adige tra le confluenze del torrente Avisio e Rio Vela.

Inoltre, in corrispondenza delle principali immissioni laterali sui corsi d'acqua oggetto di studio (esempio immissione Fossa Carpenedi su Lavisotto Monte, Sez ILs-3, immissione Rio Saluga su Adigetto, Is-4, etc.), sono stati assegnati degli idrogrammi di portata (Lateral Inflow Hydrograph).

Condizioni iniziali:

Per le sezioni alle quali sono state assegnate degli idrogrammi $Q(t)$ come condizione al contorno, è stato assegnato come condizione iniziale il valore riportato all'istante iniziale $Q(t=0)$.

Nelle tabelle di seguito si riportano, per le differenti configurazioni geometriche e scenari di portata studiati, il valore del picco di portata e l'istante in cui quest'ultimo si registra per ciascuna delle sezioni (estratti dalla Relazione idrologica). Sono inoltre riportate le sezioni di calcolo HEC-RAS e le corrispondenti sezioni del modello di simulazione idrologica HEC-HMS.

CONFIGURAZIONE ANTE OPERAM					GRONDA ATTIVA Scenario 1	
ID Sezione Calcolo	Rete idrografica	Posizione	ID Sezione	ID Sezione	Portata al picco [mc/s]	Tempo di picco Tp [h]
			HEC-RAS	HMS		
CANALE LAVISOTTO						
ILs- 3	Fossa Carpenedi	Confl. in Sx Lavisotto; Fossa Carpenedi	129	J797	5.7	1.75
ILs- 2	Fossa Canova	Confl. in Sx Lavisotto; Fossa Canova	112	W5840	1	1.75
ILd- 1	Immis. Dx Lavisotto	Confluenza in dx Lavisotto	111	W6560	0.5	1.5
ILs- 1	Campotrentino I	Confl. in Sx Lavisotto; Fossa Campotr. I	92	W5690	0.5	1.25
CANALE MALVASIA						
S-M3	Malvasia	Sezione terminale di monte Malvasia	174	W6330	7.2	1.5
IMd-2	Immis. Dx Malvasia	Confl. in dx Malvasia; Fossa Campotr. II	161	W6060	0.4	1.25
IMs-4	Immis. Sx Malvasia	Confl. in sx Malvasia	161	W6980	0.4	2
IMs-3	Immis. Sx Malvasia	Confl. in sx Malvasia	160	W6990	0.2	2
IMd-1	Immis. dx Malvasia	Confl. in dx Malvasia	151	W7100	0.2	2.25
IMs-2	Immis. Sx Malvasia	Confl. in sx Malvasia	148	W7090	0.2	1
IMs-1	Immis. Sx Malvasia	Confl. in sx Malvasia	144	W7190	0.2	2
CANALE ADIGETTO						
Id- 5	Fossa delle Bettine	Confl. in dx della Fossa delle Bettine	79	J937	2.9	2.75
Id- 4	Immissione Dx	Confluenza in dx Adigetto	76	W7040	0.1	1
Id- 3	Immissione Dx	Confluenza in dx Adigetto	55	W7180	0.1	2
Is- 5	Immissione Sx	Confluenza in sx Adigetto	53	W7200	0.1	2
Is- 4	Rio Saluga	Confl. su Adigetto del Rio Saluga	50	W6680	5	3.25
Is- 3	Immissione Sx	Confluenza in sx Adigetto	47	W7360	0.6	2.25
Id- 2	Immissione Dx	Confluenza in dx Adigetto	42	W7260	0.1	2
Is- 2	Roggia Grande	Confl. su Adigetto della Roggia Grande	35	J858	0.8	2.25
Id- 1	Immissione Dx	Confluenza in dx Adigetto	28	W7230	0.2	2
Is- 1	Immis. Sx	Confl. Sx Villa Alle Albere	11	J830	2.7	2.5

Tabella 4 – Portate Configurazione Ante Operam Tr=200

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

CONFIGURAZIONE POST OPERAM					GRONDA ATTIVA Scenario 1		GRONDA INATTIVA Scenario 2	
ID Sezione Calcolo	Rete idrografica	Posizione	ID Sezione	ID Sezione	Portata al picco	Tempo di picco	Portata al picco	Tempo di picco
			HEC-RAS	HMS	[mc/s]	Tp [h]	[mc/s]	Tp [h]
CANALE LAVISOTTO								
ILs- 3	Fossa Carpenedi	Confl. in Sx Lavisotto; Fossa Carpenedi	159	J797	5.7	1.75	18.5	2
ILs- 2	Fossa Canova	Confl. in Sx Lavisotto; Fossa Canova	142	W5840	1	1.75	1	1.75
ILd- 1	Immis. Dx Lavisotto	Confluenza in dx Lavisotto	141	W6560	0.5	1.5	0.5	1.5
Fossa Campotrentino di progetto								
ILs- 1	Campotrentino I	Confl. in Sx Lavisotto; Fossa Campotren. I	123	W5690	0.5	1.25	0.5	1.25
IMd-2	Campotrentino II	Confl. in dx Malvasia; Fossa Campotren. II	123	W6060	0.4	1.25	0.4	1.25
CANALE MALVASIA MONTE								
S-M3	Malvasia	Sezione terminale di monte MALVASIA	202	W6330	7.2	1.5	7.2	1.5
IMs-4	Immis. Sx Malvasia	Confl. in sx Malvasia	190	W6980	0.4	2	0.4	2
CANALE MALVASIA VALLE								
IMs-3	Immis. Sx Malvasia	Confl. in sx Malvasia	186	W6990	0.2	2	0.2	2
IMd-1	Immis. dx Malvasia	Confl. in dx Malvasia	179	W7100	0.2	2.25	0.2	2.25
IMs-2	Immis. Sx Malvasia	Confl. in sx Malvasia	176	W7090	0.2	1	0.2	1
IMs-1	Immis. Sx Malvasia	Confl. in sx Malvasia	172	W7190	0.2	2	0.2	2
CANALE ADIGETTO								
Id- 5	Fossa delle Bettine	Confluenza in dx della Fossa delle Bettine	205	J937	2.9	2.75	2.9	2.75
Id- 4	Immissione Dx	Confluenza in dx Adigetto	76	W7040	0.1	1	0.1	1
Id- 3	Immissione Dx	Confluenza in dx Adigetto	55	W7180	0.1	2	0.1	2
Is- 5	Immissione Sx	Confluenza in sx Adigetto	53	W7200	0.1	2	0.1	2
Is- 4	Rio Saluga	Conf. su Adigetto del Rio Saluga	50	W6680	5	3.25	5	3.25
Is- 3	Immissione Sx	Confluenza in sx Adigetto	47	W7360	0.6	2.25	0.6	2.25
Id- 2	Immissione Dx	Confluenza in dx Adigetto	42	W7260	0.1	2	0.1	2
Is- 2	Roggia Grande	Conf. su Adigetto della Roggia Grande	35	J858	0.8	2.25	0.8	2.25
Id- 1	Immissione Dx	Confluenza in dx Adigetto	28	W7230	0.2	2	0.2	2
Is-1	Immis. Sx	Confl. Sx Villa Alle Albere	11	J830	2.7	2.5	2.7	2.5

Tabella 5 – Portate Configurazione Post Operam Tr=200

6.3 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

6.3.1 Configurazione Ante-Operam

Per la configurazione Ante Operam, si riportano schematicamente i risultati ottenuti per lo scenario studiato (Scenario1, gronda attiva).

Il canale Lavisotto-Adigetto presenta un regime di corrente lenta, e viste le modeste pendenze (in alcuni tratti inferiori allo 0.1 %) risulta fortemente influenzato dalla condizione di valle imposta dall'Adige, che si propaga fino all'inizio del tratto tombato dell'Adigetto.

Il canale risulta comunque idraulicamente sufficiente al transito della portata duecentennale, sia nei tratti a cielo aperto che in quelli tombati: in questi ultimi il moto si presenta sempre a superficie libera, con franchi generalmente superiori a 1-1.50 m.

Per la fossa Malvasia, a debole pendenza e governata da valle, si osservano fenomeni di insufficienza idraulica in diversi tratti.

Le immagini a seguire mostrano i profili di corrente per le aste idrauliche oggetto di studio, da intendere come involuppo dei massimi tiranti idrici registrati in fase di modellazione. Per i risultati di dettaglio si rimanda all'elaborato Allegato 1 (Relazione idraulica) - Risultati Ante Operam; Scenario 1 (Gronda attiva) - IB0Q3AR10RIID0002002A.

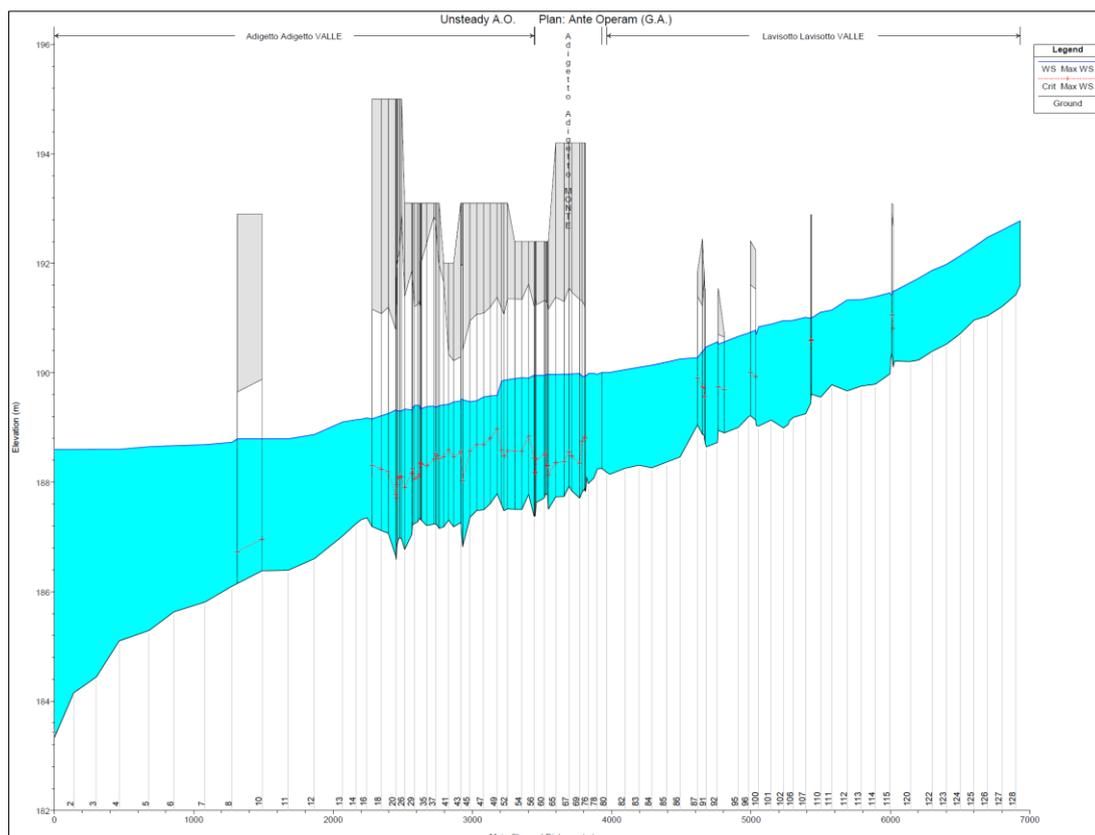


Figura 15 – Profilo di corrente Tr=200 Canale Adigetto-Ante Operam Scenario 1: Gronda Attiva

6.3.2 Configurazione Post-Operam

A seguire si riportano i profili di corrente per le aste idrauliche esaminate per la configurazione Post-Operam di progetto per entrambi gli scenari esaminati.

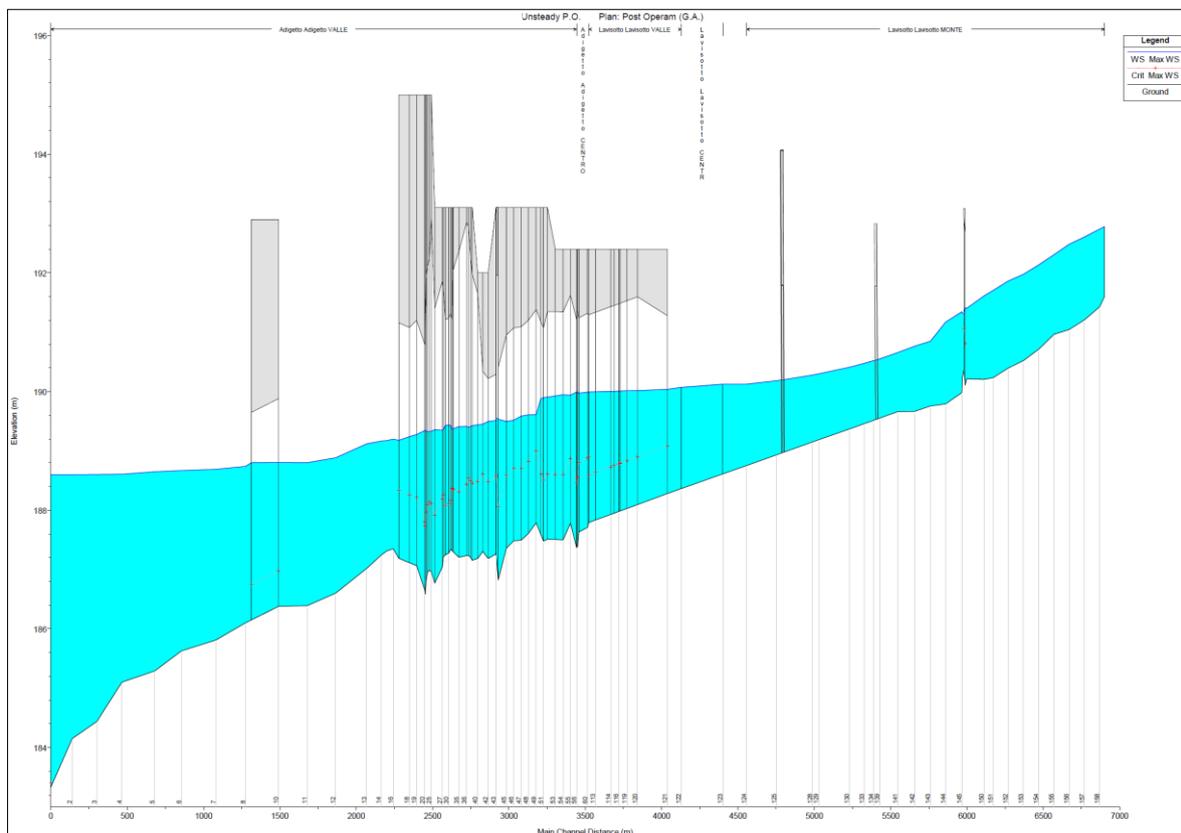


Figura 16 – Profilo di corrente Tr=200 Canale Adigetto-Post Operam Scenario 1: Gronda Attiva

Anche per le condizioni Post Operam tutte le aste idrauliche presentano un regime di corrente lenta, fortemente influenzato da valle.

La geometria dei canali di progetto è tale da garantire il transito delle portate Tr=200. Le verifiche idrauliche dei tratti tombati in sono riportati nel successivo paragrafo.

Per i risultati di dettaglio si rimanda all'Allegato 2 (Relazione idraulica) - Risultati Post Operam; Scenario 1 (Gronda attiva) IB0Q3AR10RIID0002004A.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

A seguire si riportano sinteticamente alcuni confronti fra i diversi scenari e le diverse configurazioni geometriche indagate.

In Tabella 6 si riporta un confronto tra la configurazione Ante e Post Operam (per lo Scenario 1 di gronda attiva) per alcune sezioni di interesse appartenenti al tratto tombato esistente dell'Adigetto: si nota come nel Post Operam permane un funzionamento a superficie libera, rimanendo inoltre sostanzialmente inalterati i gradi di riempimento rispetto all'Ante Operam.

La deviazione del Malvasia prevista in progetto consente di sgravare il suo tratto di valle, che nella configurazione Post Operam presenta tiranti inferiori di circa 20-50 cm rispetto all'Ante Operam (sez. HEC-RAS 188-182 Canale Malvasia).

Per quel che riguarda la configurazione Post Operam si sono inoltre effettuati dei confronti fra i due scenari esaminati di gronda attiva (Scenario 1) e gronda inattiva (Scenario 2).

L'eventuale non funzionamento della gronda determina un incremento di portate che si ripercuote su tutti i canali oggetto di studio, con incrementi di tirante variabili da 20 cm (in corrispondenza del tratto terminale dell'Adigetto) a 60 cm (per il Lavisotto a cielo aperto). La Tabella 7 mostra un confronto fra i due scenari relativamente ai tratti di canali oggetto di intervento. Si nota come il tratto a cielo aperto di progetto del Lavisotto risulta ampiamente sufficiente anche nello scenario di gronda inattiva. Per quel che riguarda i tratti tombati di progetto, si osserva che per lo Scenario 2 (Gronda inattiva), pur non essendo in alcuni tratti interamente rispettate le prescrizioni da NTC 2018 permane comunque un funzionamento a superficie libera, con franchi sempre maggiori di 50 cm.



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA
ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA

RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITA'
 IDRAULICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R 10	RIID00020001B	B	44 di 50

Corso d'acqua	Indicazione sezione	Sez. HEC-RAS	Sezione	Post Operam - Scenario 1 (Gronda attiva)								Ante Operam - Scenario 1 (Gronda attiva)			
				B	H	Quota scorrimento	Quota intradosso	Livello idrico	Tirante	Franco	G.r.	Livello idrico	Tirante	Franco	G.r.
				[m]	[m]	[mslm]	[mslm]	[mslm]	[m]	[m]	[%]	[mslm]	[m]	[m]	[%]
Adigetto tratto tombato esistente	Immissione Malvasia	56	Scotolare cls 6.0x3.8	6.0	3.8	187.37	191.21	189.99	2.62	1.22	68.2%	189.96	2.59	1.25	67.4%
	Immissione Rio Saluga	50	Sezione ad arco 5.3x3.6	6.0	3.6	187.59	191.18	189.88	2.29	1.30	63.8%	189.85	2.26	1.33	63.0%
	Immissione Roggia Grande	35	Sezione ad arco 7.0x5.2	7.0	5.2	187.21	192.37	189.41	2.20	2.96	42.6%	189.38	2.17	2.99	42.1%

Tabella 6 – Tratto tombato esistente Canale Adigetto – Confronto Post Operam vs Ante Operam Tr=200

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

Corso d'acqua	Intervento in progetto	Sez. HEC-RAS	Sezione	B	H	Quota scorrimento	Quota intradosso	Post Operam - Scenario 1 (Gronda attiva)				Post Operam - Scenario 2 (Gronda inattiva)			
								Livello idrico	Tirante	Franco	G.r.	Livello idrico	Tirante	Franco	G.r.
								[mslm]	[m]	[m]	[%]	[mslm]	[m]	[m]	[%]
Lavisotto	Attraversamento fermata Trento Nord Commerciale	138	Scotolare cls 6.0x3.0	6.0	3.0	189.55	192.55	190.55	1.00	2.00	33.3%	191.20	1.65	1.35	55.0%
	Nuovo attraversamento Via Caduti di Nassirya	127	Scotolare cls 6.0x3.0	6.0	3.0	188.97	191.97	190.20	1.23	1.77	41.0%	190.75	1.78	1.22	59.3%
	Tratto a cielo aperto di progetto	123	Canale a U 6.0x3.0	6.0	3.0	188.61	-	190.13	1.52	-	50.7%	190.61	2.00	-	66.7%
		122	Canale a U 6.0x3.0	6.0	3.0	188.36	-	190.07	1.71	-	57.0%	190.50	2.14	-	71.3%
	Tratto tombato di progetto	121	Scotolare cls 6.0x3.0	6.0	3.0	188.28	191.28	190.04	1.76	1.24	58.7%	190.45	2.17	0.83	72.3%
		120	Scotolare cls 6.0x3.5	6.0	3.5	188.10	191.60	190.02	1.92	1.58	54.9%	190.42	2.32	1.18	66.3%
	112	Scotolare cls 6.0x3.5	6.0	3.5	187.79	191.29	189.99	2.20	1.30	62.9%	190.38	2.59	0.91	74.0%	
Malvasia	Rifacimento su GA02	185	Scotolare cls 3.0x3.0	3.0	3.0	188.38	191.38	189.99	1.61	1.39	53.7%	190.38	2.00	1.00	66.7%
	Deviazione nel Lavisotto di progetto	188.8	Scotolare cls 3.0x2.7	3.0	2.7	188.36	191.06	190.07	1.71	0.99	63.3%	190.50	2.14	0.56	79.3%
Campotrentino	Nuovo tratto tombato Campotrententino I+II	206	Scotolare cls 1.5x2.5	1.5	2.5	188.61	191.11	190.13	1.52	0.98	60.8%	190.61	2.00	0.50	80.0%

Tabella 7 – Configurazione Post Operam di progetto – Confronto Scenario 1 (Gronda attiva) vs Scenario 2 (Gronda inattiva) Tr=200

6.3.3 Sintesi delle verifiche idrauliche configurazione Post-Operam

Nella tabella seguente si riportano le verifiche idrauliche effettuate in corrispondenza dei tratti tombati in progetto, verificati nel rispetto delle disposizioni contenute nelle NTC 2018 (grado di riempimento massimo di 2/3h e franco minimo di 0,50 m con riferimento a $Tr=200$). I risultati fanno riferimento allo Scenario 1 (Gronda attiva).

Corso d'acqua	Intervento in progetto	Sezione HEC-RAS	Sezione	B	H	Quota scorrimento	Quota intradosso	Livello idrico	Tirante	g.r.	Franco
		[-]	[-]	[m]	[m]	[mslm]	[mslm]	[mslm]	[m]	[%]	[m]
Lavisotto	Attraversamento fermata Trento Nord Commerciale	138	Scatolare cls 6.0x3.0	6.0	3.0	189.55	192.55	190.55	1.00	33.3%	2.00
	Nuovo attraversamento Via Caduti di Nassirya	127	Scatolare cls 6.0x3.0	6.0	3.0	188.97	191.97	190.20	1.23	41.0%	1.77
	Tratto tombato di progetto	121	Scatolare cls 6.0x3.0	6.0	3.0	188.28	191.28	190.04	1.76	58.7%	1.24
		120	Scatolare cls 6.0x3.5	6.0	3.5	188.10	191.60	190.02	1.92	54.9%	1.58
		112	Scatolare cls 6.0x3.5	6.0	3.5	187.79	191.29	189.99	2.20	62.9%	1.30
Malvasia	Rifacimento su GA02	185	Scatolare cls 3.0x3.0	3.0	3.0	188.38	191.38	189.99	1.61	53.7%	1.39
	Deviazione nel Lavisotto di progetto	188.8	Scatolare cls 3.0x2.7	3.0	2.7	188.36	191.06	190.07	1.71	63.3%	0.99
Campotrentino	Nuovo tratto tombato Campotrententino I+II	206	Scatolare cls 1.5x2.5	1.5	2.5	188.61	191.11	190.13	1.52	60.8%	0.98

Tabella 8 – Verifiche idrauliche tratti tombati configurazione Post-Operam $Tr=200$

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

7 LOCALITÀ ACQUAVIVA – METODOLOGIA DI VERIFICA IDRAULICA

In corrispondenza di Località Acquaviva si rilevano alcune interferenze tra gli interventi in progetto ed il reticolo idrografico esistente, in particolar modo con la Fossa Maestra di Mattarello, con cui viene indicata sia l'asta idraulica ad est che quella ad ovest (lato Adige) della Linea Storica.

- Km 0+000 (variante Linea Storica): si rileva l'interferenza tra la fossa Maestra di Mattarello (est) ed il piazzale della nuova SSE di Murazzi;
- Km 0+500 BP Circ.: si rileva l'interferenza tra la fossa Maestra di Mattarello (est) ed il piazzale di emergenza dell'imbocco sud della galleria.
- Pk 0+205 NV02 e pk 0+150 NV02 provvisoria: si rileva l'interferenza del Rio Scanuppia (Affluente in sx idraulica della Fossa Maestra di Mattarello) con le due viabilità in progetto.

La risoluzione delle suddette interferenze consiste in una locale deviazione dei canali interferiti al fine di garantire il rispetto delle fasce di inedificabilità stabilite dal Regio Decreto.

Sono previsti quattro tombini di progetto:

- Tombino scatolare 2x2 sua viabilità NV02 pk 0+205 (Fossa Maestra di Mattarello-Rio Scanuppia);
- Tombino scatolare 2x2 sua viabilità NV02 Provvisoria pk 0+150 (Fossa Maestra di Mattarello-Rio Scanuppia);
- Tombino scatolare 2x2 su viabilità di accesso al piazzale di emergenza NV03 pk 0+126 (Fossa Maestra di Mattarello);
- Tombino scatolare 3x2 doppia canna su viabilità di accesso al piazzale SSE Murazzi (Fossa Maestra di Mattarello).

La geometria delle aste idrauliche interferite è stata, laddove possibile, ricavata dal DTM. Si rimandano ad una successiva fase progettuale eventuali approfondimenti circa la geometria dei corsi d'acqua interferiti e le conseguenti verifiche idrauliche.

In prossimità del km 1+100 (variante Linea Storica) inoltre, l'allargamento della sede ferroviaria esistente comporta una riduzione della fascia di inedificabilità di 10 m rispetto al ciglio di sponda della Fossa Maestra di Mattarello (ovest). Nella presente fase progettuale si prevede di deviare localmente (L=180 m ca.) l'asta idraulica al fine di garantire il rispetto di tale fascia conservando l'attuale sezione d'alveo.

In questa fase le verifiche idrauliche sono state effettuate in moto uniforme, mediante l'utilizzo della nota formula di Chezy:

$$Q = \chi \Omega \sqrt{R i_f}$$

dove:

- Q Portata [m³/s];
- χ calcolato secondo la seguente espressione $\chi = k_s R^{1/6}$ [m^{1/2}/s], con coefficiente di Gauckler-Strickler assunto pari a $k_s = 67 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per i tratti in cls e $k_s = 50 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per i tratti in terra;
- R raggio idraulico [m], pari a Ω / C ;
- Ω area bagnata [m²];
- C contorno bagnato [m];
- i_f pendenza media del fondo [m/m].

I tombini di progetto sono stati verificati nel rispetto delle disposizioni contenute nelle NTC 2018, garantendo quindi un grado di riempimento massimo di 2/3h ed un franco minimo di 0.50 m, con riferimento a Tr=200.

Le portate di progetto sono quelle calcolate nella Relazione Idrologica.

Corso d'acqua	Intervento in progetto	Sezione	n° di canne	B	H	Q200	i_f	v	h	Franco	g.r.
		[-]	[-]	[m]	[m]	[mc/s]	[m/m]	[m/s]	[m]	[m]	[%]
Fossa Maestra di Mattarello-Rio Scanuppia	Tombino su viabilità NV02 pk 0+205	Scatolare cls	1	2.0	2.0	7.13	0.010	4.04	0.88	1.12	44%
Fossa Maestra di Mattarello-Rio Scanuppia	Tombino su viabilità NV02 Provv. pk 0+150	Scatolare cls	1	2.0	2.0	7.13	0.010	4.04	0.88	1.12	44%
Fossa Maestra di Mattarello	Tombino su viabilità NV03 0+125	Scatolare cls	1	2.0	2.0	9.53	0.007	3.79	1.26	0.74	63%
Fossa Maestra di Mattarello	Tombino su viabilità di accesso SSE Murazzi	Scatolare cls	2	3.0	2.0	14.84	0.002	2.22	1.11	0.89	56%

Tabella 9 – Verifiche idrauliche in moto uniforme – Tombini di progetto Tr=200

Corso d'acqua	Intervento in progetto	Sezione	B	b	H	Q200	i_f	v	h	g.r.
		[-]	[m]	[m]	[m]	[mc/s]	[m/m]	[m/s]	[m]	[%]
Fossa Maestra di Mattarello	Deviazione canale esistente NV02	Trapezia terra	4.0	1.0	1.0	7.13	0.010	3.20	0.93	93%
Fossa Maestra di Mattarello	Deviazione canale esistente SSE Murazzi	Trapezia terra	10.0	2.5	2.5	14.84	0.002	2.09	1.50	60%

Tabella 10 – Verifiche idrauliche in moto uniforme – Deviazioni canali Tr=200

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

8 COMPATIBILITA' IDRAULICA

Sulla base delle risultanze dello studio idrologico ed i risultati delle verifiche idrauliche riportate nei paragrafi precedenti, sono stati definiti gli adeguamenti delle livellette e delle sezioni idrauliche dei canali in progetto, per il transito delle portate con periodo di ritorno di 200 anni, nel rispetto del franco minimo di 50 cm e del grado di riempimento sempre inferiore ai 2/3 dell'altezza libera della sezione.

Le soluzioni prescelte seguono gli indirizzi indicati nelle norme nazionali ed in quelle della Provincia Autonoma di Trento, in quanto:

- il potenziamento della linea ferroviaria in progetto risponde a specifiche esigenze di sviluppo ed è legata a fattori di pubblico interesse;
- eventuali alternative alla soluzione di progetto comportano oneri tecnici, finanziari ed ambientali difficilmente sostenibili;
- la soluzione progettuale adottata tiene conto della costante interlocuzione avuta con la Provincia Autonoma di Trento nel corso dell'iter progettuale;
- l'intervento proposto è tale da non aggravare la funzionalità idraulica dell'area;
- gli interventi non aumentano il livello di rischio idraulico non comportando significativo ostacolo al deflusso o riduzione della capacità di invaso delle aree interessate;
- gli interventi di deviazione presenti in progetto non creano restringimenti e rigurgiti.

Inoltre, come si evidenzia dalle tavole di progetto e dall'analisi di sintesi sviluppata nei paragrafi precedenti, le opere in progetto non aumentano l'estensione delle aree di esondazione e non aumentano, quindi, il rischio idraulico.

Alla luce delle precedenti considerazioni, la configurazione finale di progetto risulta idraulicamente compatibile con le norme della legislazione vigente di protezione dai rischi idraulici e con la conformazione odierna dei luoghi.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDRAULICA E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00020001B	REV. B

9 BIBLIOGRAFIA

- Piano Generale di utilizzazione delle Acque Pubbliche (PGUAP)
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, Distretto Idrografico delle Alpi Orientali.
- Piano Stralcio per la Tutela del Rischio Idrogeologico dell'Adige-Regione del Veneto.
- Piano di Protezione Civile Comunale del Comune di Trento.
- Piano Regolatore Generale Comune di Trento.
- Piano Urbanistico Provinciale- Provincia Autonoma di Trento.
- Carta di Sintesi della Pericolosità e Carte della Pericolosità, Provincia Autonoma di Trento,
http://www.protezionecivile.tn.it/territorio/Cartografia/downloadcartografia_noflash/
- Studio Idrologico-Idraulico delle fosse di bonifica del Comune di Trento: Fossa del Lavisotto (tratto intubato) e fossa dell'Adigetto, Consorzio Trentino di Bonifica.
- Studio Idrologico-Idraulico delle fosse di bonifica del Comune di Trento: Fossa Carpenedi e Lavisotto (tratto aperto), Consorzio Trentino di Bonifica.
- Studio Idrologico-Idraulico delle fosse di bonifica del Comune di Trento: Fossa Malvasia, Consorzio Trentino di Bonifica.
- Studio Idrologico-Idraulico delle fosse di bonifica del Comune di Trento: Fossa delle Bettine, Consorzio Trentino di Bonifica.
- Prescrizioni generali per la progettazione di RFI (PTP).
- Hydrologic Modeling System HEC-HMS User's Manual, US Army Corps of Engineers.
- Caroni E., D'Alpaos L., Fattorelli S., Rossi F., Ubertini L., Versace P., Marchi E., Valutazione delle piene, C.N.R. °165, 1982.
- Marani M., Processi e modelli dell'Idrometeorologia, Dispense, 2005.
- AA. VV. Manuale di Ingegneria Civile e Ambientale, Zanichelli ESAC, Bologna, 2003.
- Maione U., Appunti di idrologia 3. Le piene fluviali, La Goliardica Pavese, 1977
- Ven Te Chow, Open-channel hydraulics, McGraw-Hill Book Company, USA, 1959.
- Da Deppo L., Datei C., Salandin P., Sistemazione dei corsi d'acqua, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 2004.
- Ferro V., La sistemazione dei bacini idrografici, McGraw-Hill, Milano, 2006.