

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01 e s.m.i.



Progetto cofinanziato
dalla unione Europea

CUP: J94F04000020001

U.O. CORPO STRADALE E GEOTECNICA

PROGETTO DEFINITIVO

ASSE FERROVIARIO MONACO – VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA – VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

IDRAULICA

Relazione Idraulica generale

SCALA:

-

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

IBL1 10 D 11 RI ID0002 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	G. Grimaldi	Marzo 2013	A. Tortora	Marzo 2013	C. Mazzocchi	Marzo 2013	F. Sacchi Marzo 2013

File: IBL110D11RIID0002001A

n. Elab.:



ASSE FERROVIARIO MONACO – VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA – VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PROGETTO DEFINITIVO

IDRAULICA

RELAZIONE IDRAULICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 11 RI	ID 00 02 001	A	2 di 17

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	SINTESI DELLA NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3	STUDIO IDROLOGICO	8
3.1	PORTATE DI PROGETTO PER I BACINI MINORI	8
3.2	STIMA DELLA PIENA MEDIA CON LA FORMULA RAZIONALE	9
3.3	IL TEMPO DI RITARDO	10
3.4	IL COEFFICIENTE STATISTICO DI PIENA	12
3.5	CALCOLO DELLA MEDIA DELLE PORTATE AL COLMO	12
4	CORSI D'ACQUA PRINCIPALI.....	14
4.1	VERIFICHE IDRAULICHE	15
5	ATTRAVERSAMENTI SECONDARI.....	16
5.1	CRITERI DI PROGETTO.....	16
5.2	INTERVENTI DI INALVEAZIONE E DI RACCORDO	17
5.3	PROTEZIONE DEL RILEVATO	17



ASSE FERROVIARIO MONACO – VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA – VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PROGETTO DEFINITIVO

IDRAULICA

RELAZIONE IDRAULICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 11 RI	ID 00 02 001	A	3 di 17

1 INTRODUZIONE

La ferrovia in progetto fa parte di un più ampio progetto che prevede il potenziamento della linea Bolzano – Confine di stato, essa si sviluppa essenzialmente in territorio montano, lungo la valle del Fiume Isarco.

Il Tracciato nel tronco in esame, è sostituito essenzialmente da due lunghe gallerie, la prima in sponda destra, la seconda in sponda sinistra dell'Isarco. In località Funes un viadotto in acciaio attraversa il Fiume e costituisce il collegamento tra le gallerie.

Lungo il tracciato permane una non elevata permeabilità delle zone montane che consente la formazione di un fitto reticolo idrografico.

Il regime dei corsi d'acqua è spiccatamente torrentizio, caratterizzato da un periodo invernale con scarse precipitazioni, per lo più nevose, e da un periodo primavera - estate in cui si registrano le più elevate precipitazioni e piene improvvise che, sovente, hanno determinato esondazioni.

La rete idrografica si presenta in prevalente in erosione specialmente nella parte montana.

Nello studio idrologico effettuato, *Relazione Idrologica*, si sono stimate sia le curve di probabilità pluviometrica per le aree interessate dalle opere dell'infrastruttura di progetto, sia le portate del Fiume Isarco nelle sezioni di interferenza con la linea.

Nella presente relazione si rende conto delle elaborazioni effettuate per la stima delle portate al colmo di piena nei bacini minori interferenti con le opere ferroviarie in progetto e viene analizzata la sicurezza idraulica del corpo ferroviario, identificando in termini di funzionalità e sicurezza i manufatti di presidio più opportuni, garantendo la minima interferenza delle opere con il normale deflusso delle acque.

	ASSE FERROVIARIO MONACO – VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA – VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	PROGETTO DEFINITIVO					
IDRAULICA RELAZIONE IDRAULICA GENERALE	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D 11 RI	DOCUMENTO ID 00 02 001	REV. A	FOGLIO 4 di 17

2 SINTESI DELLA NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le opere infrastrutturali in progetto si sviluppano nella regione Trentino interessando il bacino del fiume Isarco, principale affluente di in sinistra del fiume Adige.

I corsi d'acqua attraversati hanno caratteristiche torrentizie ed i loro bacini risultano essere interessati nel periodo primavera-estate da eventi meteorici intensi e da piene improvvise, come già detto nella *Relazione Idrologica*.

Gli interventi previsti, come qualunque infrastruttura, modificano la conformazione del territorio su cui insistono e devono quindi inserirsi in un quadro di strumenti legislativi e di pianificazione territoriale sia esistenti che in via d'adozione.

In particolare l'Autorità di Bacino del fiume Adige si è dotata come la gran parte delle Autorità di Bacino italiane, del Piano di Assetto Idrogeologico "P.A.I.", strumento d'individuazione delle aree a rischio idraulico ed idrogeologico ai fini della salvaguardia delle aree sensibili per una corretta pianificazione del territorio.

L'esigenza del P.A.I. nasce dalla seguente scansione di dispositivi normativi:

La legge 18.05 1989 n. 183 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale per la difesa del suolo", è il cardine degli attuali strumenti pianificatori di gestione del territorio ed è nata a valle di un percorso normativo piuttosto complesso e di modesta attuazione a causa delle diverse fonti statali, regionali e provinciali che ne fanno parte.

La suddetta Legge si propone di perseguire i seguenti principali scopi ed obiettivi:

- Difesa da alluvioni;
- Tutela della risorsa idrica come alimento e strumento d'igiene;
- Uso dell'acqua visto nell'insieme delle diverse utilizzazioni fondamentali per attività economiche: agricoltura, industria, energia e trasporto;
- Tutela dell'acqua come strumento di tutela ambientale;
- Tutela dal rischio idrogeologico in generale.



ASSE FERROVIARIO MONACO – VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA – VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PROGETTO DEFINITIVO

IDRAULICA

RELAZIONE IDRAULICA GENERALE

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

IBL1

10

D 11 RI

ID 00 02 001

A

5 di 17

L'attuazione degli scopi della Legge 183/89 è stata affidata principalmente, dopo una serie ampia e ramificata d'indagini conoscitive, al Piano di Bacino Idrografico la cui caratteristica deve essere quella di far prevalere la nuova filosofia di difesa del suolo rispetto a qualunque altro piano o programma di settore con contenuti di tutela ambientale.

Il ritardo nell'attuazione ha fatto sì che il legislatore proponesse una serie di normative tampone:

- Il D.P.C.M. 23.03.1990;
- D.P.R. 07.01.1992;
- Il Decreto Legislativo 275/93;
- La Legge 493 del 1993;
- La legge 37 del 1994;
- Il D.P.R. 18 Luglio del 1995;
- La Legge 31.12.1996 n. 677;

Dopo la calamità che ha colpito Sarno ed altri Comuni della Campania del maggio 1998 è stato emanato il D.L. 11 giugno 1998, n. 180 convertito con la Legge 3.08.1998, n. 267, che contiene oltre alle misure urgenti per le zone colpite dall'evento catastrofico, anche delle novità ai fini della difesa delle aree a rischio di frane ed alluvioni in tutto il territorio nazionale. Le più significative sono di seguito elencate:

- L'attivazione di misure di salvaguardia da parte delle Autorità di Bacino e delle Regioni con piani stralcio per le aree a maggior rischio idraulico ed idrogeologico, laddove ancora non operanti;
- Un piano di interventi di prevenzione e messa in sicurezza delle aree a rischio;
- Un potenziamento delle Regioni, delle Autorità di Bacino, dei Servizi tecnici, nonché un'integrazione nelle misure di controllo, nei piani di emergenza e in quelli di protezione civile;
- La dotazione del Ministero dell'Ambiente di una struttura atta a valutare gli interventi urgenti.



ASSE FERROVIARIO MONACO – VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA – VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA
PROGETTO DEFINITIVO

IDRAULICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 11 RI	ID 00 02 001	A	6 di 17

RELAZIONE IDRAULICA GENERALE

L'ultima modifica sostanziale del "Decreto Sarno" è il D.P.C.M. 29.09.1998 "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'Art. 1, commi 1 e 2, del D.L. 11 giugno 1998, n. 180.

Secondo la Legge 267/98 le Autorità di Bacino e le Regioni avrebbero dovuto adottare entro il 30.06.1999 i piani stralcio di bacino e quindi avrebbero dovuto individuare, con quello strumento, la perimetrazione e le misure di salvaguardia delle aree a rischio idrogeologico.

Dal punto di vista delle scadenze il D.P.C.M. 27 agosto 1998 concede una proroga per adozione e approvazione del piano stralcio di bacino rispettivamente il 30 giugno del 2001 (poi anticipato a fine aprile) ed il 30 giugno del 2002.

In seguito al tragico episodio verificatosi con la distruzione del campeggio di Soverato in Calabria, il 12 ottobre 2000 è stato emanato il decreto-legge n.279 recante "Interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato e in materia di protezione civile, nonché a favore di zone colpite da calamità naturali", poi convertito in legge con modificazioni con la Legge 11 dicembre 2000 n. 365. Tale normativa anticipa, come detto sopra, l'adozione dei piani stralcio di bacino e propone aggiornamenti sugli interventi per le aree a rischio idrogeologico ed in materia di protezione civile.

A completamento del quadro normativo vanno poi inserite le seguenti disposizioni:

- La Legge 13 Luglio 1999 n. 226 "Interventi urgenti in materia di protezione civile";
- La Legge 02.02.1974, n. 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- La Legge 24.02.1992, n. 225 "Istituzione del servizio nazionale della Protezione Civile";
- La Legge 01 giugno 1939, n. 1089;
- La Legge 20 giugno 1939, n. 1497;
- La Legge 08.08.1985, n. 431.

	<p>ASSE FERROVIARIO MONACO – VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA – VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>IDRAULICA RELAZIONE IDRAULICA GENERALE</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBL1</td> <td>10</td> <td>D 11 RI</td> <td>ID 00 02 001</td> <td>A</td> <td>7 di 17</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IBL1	10	D 11 RI	ID 00 02 001	A	7 di 17
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IBL1	10	D 11 RI	ID 00 02 001	A	7 di 17								

Per quanto sopra descritto nella valutazione della compatibilità idraulica delle opere di progetto si farà riferimento:

- Alla normativa tecnica attualmente vigente ed in particolare al D.P.C.M. 29.09.1998 “Atto di indirizzo e coordinamento per l’individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all’Art. 1, commi 1 e 2, del D.L. 11 giugno 1998, n. 180”;
- Piano Stralcio per la tutela dal Rischio Idrogeologico Bacino dell’Adige, Regione Veneto Adottato dal Comitato Istituzionale con delibera n. 1/2012 del 9 novembre 2012 e s.m.i.

3 STUDIO IDROLOGICO

Lo studio idrologico è stato condotto con l'obiettivo di valutare, con i modelli recentemente proposti in letteratura, le portate al colmo di piena nei tronchi torrentizi e fluviali interessati dalle opere in progetto nonché individuare le portate prese a riferimento dall'AdB per valutare le fasce di esondazione.

Per le aste torrentizie, le stime sono state effettuate con un modello che utilizza l'informazione fornita dai dati raccolti dal SIMI, Servizio idrometrografico e mareografico italiano, con un procedimento di calcolo messo a punto dall'AdB.

3.1 Portate di progetto per i bacini minori

La stima delle portate di piena per fissato tempo di ritorno per bacini minori è stata condotta tramite il calcolo dei valori della media delle piene e la successiva amplificazione delle stesse nella logica della formula:

$$Q_T = \mu(Q) K_T$$

Nel paragrafo successivo si approfondiranno i metodi per la stima dei parametri relativi al calcolo della media.

Per quanto riguarda le curve di crescita, che hanno carattere regionale e che sono valutate con tecniche statistiche sofisticate usando un numero notevole di dati regionali, non vi è ragione di non applicare la metodologia proposta negli studi condotti dall'AdB nella stesura del PAI.

In tali studi è stato utilizzato il modello statistico GEV ed i parametri della distribuzione sono stati stimati con una sofisticata analisi regionale: l'area di interesse risulta caratterizzata dai seguenti valori di K_T corrispondenti ai periodi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni:

$$T = 50 \rightarrow K_T = 2.19$$

IDRAULICA

RELAZIONE IDRAULICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 11 RI	ID 00 02 001	A	9 di 17

$$T = 100 \rightarrow K_T = 2.43$$

$$T = 200 \rightarrow K_T = 2.67$$

$$T = 500 \rightarrow K_T = 3.07$$

3.2 Stima della piena media con la formula razionale

La formula razionale, in uso da oltre un secolo per valutazioni prima deterministiche ed oggi statistiche relative alle massime portate al picco di piena, è espressa nella sua accezione più attuale (v. es Villani, 1990, Rossi e Villani, 1995) come:

$$Q = \frac{C * I_{tr} S}{3.6}$$

in cui:

- Q è la portata al colmo (in m^3/s),
- S è l'area del bacino (in Km^2),
- I_{tr} è l'intensità media di precipitazione in una durata pari al tempo di ritardo tr (in mm/ora),
- C^* è detto coefficiente statistico di piena.

Quest'ultimo coefficiente rappresenta il prodotto del coefficiente di deflusso in piena C_f , che definisce l'area del bacino che contribuisce effettivamente alla portata, e della cosiddetta funzione di picco C_p , che porta in conto il fatto che nell'ambito di una precipitazione di durata pari al tempo di ritardo, solo parte dell'IUH (idrogramma unitario istantaneo) può contribuire alla determinazione della relazione tra picco e volume della piena. C_p risulta essere pertanto un fattore di attenuazione, che dà conto, tutto sommato, dei fenomeni d'invaso nella rete idrografica.

In questa formulazione, che risulta essere un'evoluzione di quella originariamente espressa da Mulvany nel secolo scorso, il tempo "critico" è quello di *ritardo*, pari alla

	ASSE FERROVIARIO MONACO – VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA – VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA PROGETTO DEFINITIVO					
IDRAULICA RELAZIONE IDRAULICA GENERALE	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D 11 RI	DOCUMENTO ID 00 02 001	REV. A	FOGLIO 10 di 17

distanza dall'origine del baricentro della curva che definisce la risposta impulsiva del bacino (IUH).

I parametri da determinare per l'applicazione del metodo sono quindi, in aggiunta alla curva di probabilità pluviometrica h_t, T , necessaria a fornire il dato d'intensità media per la durata desiderata:

- il tempo di ritardo del bacino;
- il coefficiente statistico di piena.

La pluviometria rappresenta il fattore che comporta maggiore precisione, per il fatto che la densità di stazioni sul territorio è elevata e di solito si può contare su una buona precisione delle misure pluviometriche.

Incertezze molto maggiori accompagnano le valutazioni sul tempo di ritardo del bacino e sul coefficiente statistico di piena, che vanno derivati per via indiretta.

Nei paragrafi che seguono, si esaminano le tecniche per la loro determinazione ed i problemi da risolvere per la riduzione del grado d'incertezza nella stima.

3.3 Il tempo di ritardo

Esistono in letteratura numerose formule empiriche (v. es. Watt e Chow, 1985) per la determinazione sia del tempo di corrivazione del bacino (che corrisponde al tempo di base dell'IUH) che per la stima della distanza dall'origine del baricentro dell'IUH (tempo di ritardo). Nel secondo caso, le formule empiriche puntano alla ricostruzione del tempo che separa il baricentro dello ietogramma dal baricentro dell'idrogramma. Gran parte delle formule empiriche hanno base fisica, nel senso che quasi sempre sono ottenute per composizione di parametri quali la lunghezza dell'asta principale (o dall'area) e la sua pendenza media (o da caratteristiche altimetriche del bacino).

L'applicazione delle formule empiriche deve sempre avvenire conformemente all'uso che ne è stato fatto nella loro determinazione, il che comporta una certa attenzione anche alla

	ASSE FERROVIARIO MONACO – VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA – VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA PROGETTO DEFINITIVO					
IDRAULICA RELAZIONE IDRAULICA GENERALE	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D 11 RI	DOCUMENTO ID 00 02 001	REV. A	FOGLIO 11 di 17

reale definizione di tempo di ritardo adottato ed alla formula finale utilizzata per la determinazione del picco di piena.

La formula di Giandotti perde significato quando si considerano bacini di dimensioni ridotte, inferiori a 10 km². A questo riguardo, ed in considerazione dei problemi che possono derivare da applicazioni acritiche delle formule empiriche, negli ultimi anni si sono affermate relazioni basate sulla formulazione geomorfologica dell'IUH, che hanno il pregio di essere state derivate nell'ambito di uno schema matematico che porta direttamente alla costruzione dell'IUH di un bacino. Tra queste, di particolare efficacia è quella proposta da Troutman e Karlinger (1985), che fa lo dipendere dal numero di aste del primo ordine (e quindi, in ultima analisi dall'area S) e dalla celerità media della corrente in piena, secondo la relazione:

$$t_r = \frac{1.25 \sqrt{S}}{3.6 c}$$

La relazione derivata, piuttosto semplice, è tale da dare un preciso significato ai coefficienti, i cui valori sono peraltro molto vicini a coefficienti ricavati da analisi empiriche (v. es. Rossi e Villani, 1995; Ermini e Fiorentino, 1994). Ovviamente, perché la formula possa venir applicata è necessario introdurre valori tipici di celerità per le situazioni fisiche in esame. Tenuto conto che

$$c = 1.5 v$$

dove v è la velocità media della corrente, vengono qui in aiuto valutazioni effettuate specificamente sulle velocità medie delle correnti in piena. La Bibliografia suggerisce i seguenti valori tipici di velocità media:

alvei a lieve pendenza: $v = 0.80 - 1.0 \text{ m/s}$

alvei a forte pendenza: $v = 1.0 - 1.5 \text{ m/s}$

Le configurazioni dei bacini esaminati in questa analisi, in particolare per le piccole dimensioni di molti di questi, sono tali da far assumere una celerità media pari a 1.5 m/s.

	ASSE FERROVIARIO MONACO – VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA – VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA PROGETTO DEFINITIVO					
IDRAULICA RELAZIONE IDRAULICA GENERALE	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D 11 RI	DOCUMENTO ID 00 02 001	REV. A	FOGLIO 12 di 17

Un altro aspetto particolarmente significativo per l'analisi in corso riguarda il fatto che in molti casi i bacini presentano aree tanto piccole da dar luogo a valori teorici del tempo di ritardo talmente bassi da non risultare verosimili. Come per le analoghe applicazioni che vengono svolte in ambito urbano, infatti, esistono dei tempi minimi di percorrenza che prescindono dalle dimensioni del bacino e che danno conto del ruscellamento sui versanti (incanalamento da strade e tetti in ambito urbano). Generalmente si assume che tali tempi siano dell'ordine dei 10 minuti.

Per quanto detto, quindi, nei casi in cui il tempo di ritardo stimato con la relazione di Troutman e Karlinger (1984) risulti essere inferiore a 0.25 ore (pari a 15 minuti), il valore assunto sarà pari proprio a 0.25 ore.

3.4 Il coefficiente statistico di piena

Il coefficiente statistico di piena dipende dalle caratteristiche geologiche dei bacini quali indicatori della permeabilità del suolo in condizioni di piena. All'incertezza derivante dalla sola caratterizzazione geologica si sopperisce di solito con un'analisi regionale, dalla quale emerge l'insieme delle relazioni tra i valori di C^* ed i complessi idrogeologici principali.

Va premesso che in aree completamente impermeabili (zone caratterizzate dalla presenza di formazioni geologiche a poco permeabili) il coefficiente C^* assume valori dell'ordine di 0.4, mentre andando verso formazioni molto permeabili, quali sono quelle contraddistinte da forte permeabilità per fessurazione (massicci carbonatici), il valore del coefficiente scende al disotto di 0.1.

3.5 Calcolo della media delle portate al colmo

Il calcolo delle medie delle portate di piena al colmo nelle sezioni di interesse è stato effettuato facendo riferimento per il calcolo della portata media alla formula razionale

$$Q = \frac{C^* I_{tr} S}{3.6}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO – VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA – VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA PROGETTO DEFINITIVO					
	IDRAULICA RELAZIONE IDRAULICA GENERALE	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D 11 RI	DOCUMENTO ID 00 02 001	REV. A

con il tempo di ritardo calcolato con il metodo cinematico, secondo la relazione

$$t_r = \frac{1.25 \sqrt{S}}{3.6 c}$$

limitando a 0.25 ore il tempo critico minimo ammissibile.

Il coefficiente statistico di piena è stato assunto pari a 0.4 in considerazione delle caratteristiche geologiche e dell'elevata pendenza delle pendici.

I valori ottenuti per i bacini in esame sono riportati nella tabella che segue; in essa sono indicati i parametri morfometrici dei bacini idrografici delimitati e i valori di portata stimate, per tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni. I simboli presenti nella tabella sono:

- S area del bacino [km²];
- H_{max} quota massima del bacino [m. s.m.m.];
- H_{med} quota media del bacino [m. s.m.m.];
- H_{min} quota minima del bacino alla sezione di chiusura [m. s.m.m.];
- L lunghezza dell'asta principale [km];
- t_r tempo di ritardo [h];
- μ(Q) portata media [m³/s];
- Q_T portate nel tempo di ritorno [m³/s];

Per il bacino 3 si rimanda alla relazione idrologico – idraulica di sistemazione del Rio della Chiusa (IBL1 10 D 11 RI ID0201 001 A).

N° Bacino	Località	Area	Asta	Hmax	Hmin	Hmed	t _r	μ(Q)	Q _{T=50}	Q _{T=100}	Q _{T=200}
		kmq	km	m s.l.m.	m s.l.m.	m s.l.m.	(h)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
1	Albes	2.71	1.6	1800	550	1100	0.38	10.41	19.62	22.58	25.54
2	Varna	2.1	1.75	1950	700	1050	0.34	6.49	12.23	14.07	15.92
2.1	Varna	1.2	1.75	1950	700	1050	0.26	4.39	8.28	9.52	10.77
2.2	Varna	0.9	--	1520	700	1100	0.25	3.38	6.36	7.32	8.28
3	Fortezza	1.01	1.73	1950	736	1450	0.25	3.71	6.99	8.04	9.09
4	Fortezza	0.09	--	1050	744	860	0.25	0.32	0.59	0.68	0.77
5	Fortezza	0.22	0.6	1500	764	970	0.25	0.82	1.55	1.78	2.02
6	Fortezza	0.67	1.63	1950	736	1450	0.25	2.46	5.39	5.98	6.57

	ASSE FERROVIARIO MONACO – VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA – VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA PROGETTO DEFINITIVO					
IDRAULICA RELAZIONE IDRAULICA GENERALE	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D 11 RI	DOCUMENTO ID 00 02 001	REV. A	FOGLIO 14 di 17

4 CORSI D'ACQUA PRINCIPALI

Gli interventi previsti in alveo sono definiti applicando criteri di ingegneria naturalistica ed utilizzando, opere di protezione di tipo "elastico" quali: scogliere, gabbioni e materassi tipo Reno, che facilmente si adattano a prevedibili cedimenti delle sponde ma che costituiscono nel frattempo un'affidabile protezione degli stessi dall'azione erosiva della corrente di piena.

Nella progettazione del viadotto in corrispondenza del Fiume Isarco si è cercato di minimizzare la realizzazione di pile nell'alveo di magra in modo da variare il meno possibile le caratteristiche del moto della corrente di piena.

È stata verificata la funzionalità dell'opera sia per le portate di modellamento che per le massime di progetto prevedendo i necessari interventi di presidio idraulico dell'alveo onde garantire nel tempo la sicurezza dell'opera da possibili modifiche dell'alveo fluviale.

Le portate prese in esame per le verifiche corrispondono alle stime dell'evento massimo con un periodo di ritorno pari a 200, 300 e 500 anni; per esse si è verificata la congruità dei franchi rispetto all'intradosso dell'impalcato ferroviario.

Gli interventi di sistemazione proposti sono costituiti dalla riprofilatura dell'area golenale destra a tergo dell'attuale pista ciclabile. In particolare per una lunghezza di circa 190 m è previsto l'innalzamento dell'area golenale raggiungendo una quota superiore al livello idrico per la portata con tempo di ritorno pari a 300 anni. Per la stabilità dell'intervento è prevista la protezione della sponda con gabbioni e materassi tipo Reno e l'idrosemina superficiale.

L'intervento si è reso necessario per proteggere le opere di sostegno del viadotto durante il passaggio delle piene di progetto evitando le conseguenze derivanti da fenomeni di erosione localizzata.



ASSE FERROVIARIO MONACO – VERONA
 ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA – VERONA
 LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA
 PROGETTO DEFINITIVO

IDRAULICA

RELAZIONE IDRAULICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D 11 RI	ID 00 02 001	A	15 di 17

4.1 Verifiche idrauliche

Per l'attraversamento del Fiume Isarco è stata condotta una modellazione in moto permanente con le portate stimate nella relazione idrologica per i periodi di ritorno richiesti dalle specifiche ITALFERR (T=200 e 300 anni), valutando che le opere di attraversamento non interagissero sul normale deflusso dei corsi d'acqua, con i criteri e verifiche riportate nei piani di bacino competenti. Si rimanda alla *Relazione Idraulica Fiume Isarco* per l'analisi dei risultati. Per completezza nella tabella seguente si riportano i franchi idraulici ed energetici in corrispondenza delle piene in progetto per tempi di ritorno pari a 200 e 300 anni.

	Q.ta Piano Ferro (m s.m.m.)	Q.ta Intradosso Arco (m s.m.m.)	T=200 anni				T=300 anni			
			Livello idrico (m s.m.m.)	Franco idrico (m)	Livello energetico (m s.m.m.)	Franco energetico (m)	Livello idrico (m s.m.m.)	Franco idrico (m)	Livello energetico (m s.m.m.)	Franco energetico (m)
			Viadotto B.D.	567.59	562.95	535.68	27.27	536.06	26.89	535.85
Viadotto B.P.	567.16	562.52	535.59	26.93	536.02	26.50	535.76	26.76	536.20	26.32

	ASSE FERROVIARIO MONACO – VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA – VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA PROGETTO DEFINITIVO					
IDRAULICA RELAZIONE IDRAULICA GENERALE	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D 11 RI	DOCUMENTO ID 00 02 001	REV. A	FOGLIO 16 di 17

5 ATTRAVERSAMENTI SECONDARI

5.1 Criteri di progetto

Nel dimensionamento delle opere d'attraversamento e presidio in corrispondenza dei corsi d'acqua minori realizzati con tombini si è cercato di:

- garantire l'assenza di rigurgiti sia in corrispondenza delle portate di magra che in quelle delle portate di progetto;
- evitare l'innescò di fenomeni effossori in prossimità dell'opera prevedendo, nei raccordi a monte ed a valle, la realizzazione di opere di presidio flessibili (scoliere, materassi e gabbioni);
- assicurare, con il periodo di ritorno previsto, la sicurezza dell'infrastruttura ferroviaria.

L'obiettivo è stato, inoltre, evitare restringimenti significativi delle sezioni del corso d'acqua verificando che i massimi livelli per l'evento di progetto non determinino gradi di riempimento superiori al 60% dell'altezza dell'opera.

Tale valore si è ritenuto sufficientemente cautelativo in considerazione che le principali opere di attraversamento sono posizionate nel tratto delle aste fluviali al passaggio tra i tronchi montani e quelli di fondo valle.

Tali zone possono essere interessate, in corrispondenza di piene, da fenomeni di colate detritiche che potrebbero con i loro depositi inficiare la funzionalità delle opere di attraversamento.

Particolari accorgimenti sono adottati per una corretta manutenzione dell'opera, onde poter ridurre al minimo gli interventi atti a garantirne l'efficienza ed, in ogni caso, a ridurre a livelli minimi i costi delle opere.



ASSE FERROVIARIO MONACO – VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA – VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

PROGETTO DEFINITIVO

IDRAULICA

RELAZIONE IDRAULICA GENERALE

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

IBL1

10

D 11 RI

ID 00 02 001

A

17 di 17

5.2 Interventi di inalveazione e di raccordo

Sono previsti raccordi tra incisione naturale e manufatto in cls, realizzati con scogliere in massi o materassi tipo Reno/gabbioni. Gli interventi presentano a monte e a valle taglioni di ammorsamento realizzati in gabbioni metallici o massi.

5.3 Protezione del rilevato

Laddove i rilevati ferroviari sono lambiti dai livelli di piena è prevista una protezione al piede in scogliere/gabbioni e materassi.

In corrispondenza delle anse dei corsi d'acqua, per bloccare la divagazione del medesimo, è previsto il rivestimento della sponda dell'alveo in pietrame. L'intervento è completato con un taglione di ammorsamento a monte e a valle.