

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01
LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA
Lotto Funzionale Brescia-Verona
PROGETTO DEFINITIVO**

RIO TIONELLO

IN40112-P.K. 129+600

RELAZIONE DI CALCOLO

OPERE DI SISTEMAZIONE

IL PROGETTISTA

IL PROGETTISTA INTEGRATORE



salpem spa
Tommaso Tarantè

Dottore in Ingegneria Civile Iscritto all'albo
degli Ingegneri della Provincia di Milano
al n. A23063 - Sez. A Settort
a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione
Tel. 02.52024511 - Fax 02.52028009
CF. e P.IVA 00823700157

ALTA SORVEGLIANZA



Verificato	Data	Approvato	Data

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

I	N	0	5	0	0	D	E	2	C	L	I	D	0	0	0	2	0	1	9	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR									Autorizzato/Data
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Consorzio Cepav due Project Director (Ing. F. Lombardi) Data: _____
0	31.03.14	Emissione per CdS	M.T.	31.03.14	DI NARDO	31.03.14	LAZZARI	31.03.14	
1	01.07.14	Revisione per CdS	COCCATO	01.07.14	DI NARDO	01.07.14	LAZZARI	01.07.14	

SAIPEM S.p.a. COMM. 032121

Data: 01.07.14

Doc. IN0500DE2CLID00020191



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2 CL ID0002 019

Rev.
1

Foglio
2 di 16

INDICE

<u>RIO TIONELLA</u>	3
1. Premessa	3
2. Assetto geometrico	3
3. Manufatti interferenti.....	4
4. Criteri di verifica.....	7
5. Portate di piena	8
6. Modalità di deflusso in piena.....	8
7. Metodo di calcolo	8
6.1 Condizioni di verifica.....	10
6.1.1 Situazione attuale.....	11
6.1.2 Situazione di progetto.....	13
8. Verifica idraulica dell'attraversamento della linea AC	16

RIO TIONELLA

1. Premessa

Nella presente relazione, dopo una breve descrizione della configurazione geometrica del tratto di corso d'acqua immediatamente a monte ed a valle dell'attraversamento della linea A.V./A.C., sono riportati i risultati delle verifiche idrauliche effettuate secondi i criteri dettagliatamente descritti nella relazione idraulica corsi d'acqua maggiori, Elaborato n. IN0500DE2RIID0002003).

2. Assetto geometrico

Il Rio Tionello scorre nella bassa pianura veronese. Nella Figura 1 è possibile vedere il tipico assetto del corso d'acqua.



Figura 1 – Fiume Tionello

La geometria del corso d'acqua nel tratto a cavallo dell'attraversamento ferroviario è stata definita mediante il rilievo di 5 sezioni. L'ubicazione ed i profili delle sezioni sono illustrati negli elaborati grafici IN05 00 DE2 LZ ID 00 02 051 e IN05 00 DE2 W9 ID 00 02 086 dove sono riportati

rispettivamente gli stralci planimetrici e le sezioni rilevate. I rilievi, georeferenziati in coordinate Gauss Boaga, sono stati sovrapposti alla Cartografia vettoriale in scala 1:5.000, che è stata utilizzata come base per la costruzione del modello di simulazione. La posizione delle sezioni di rilievo è riportata anche nella Figura 2.

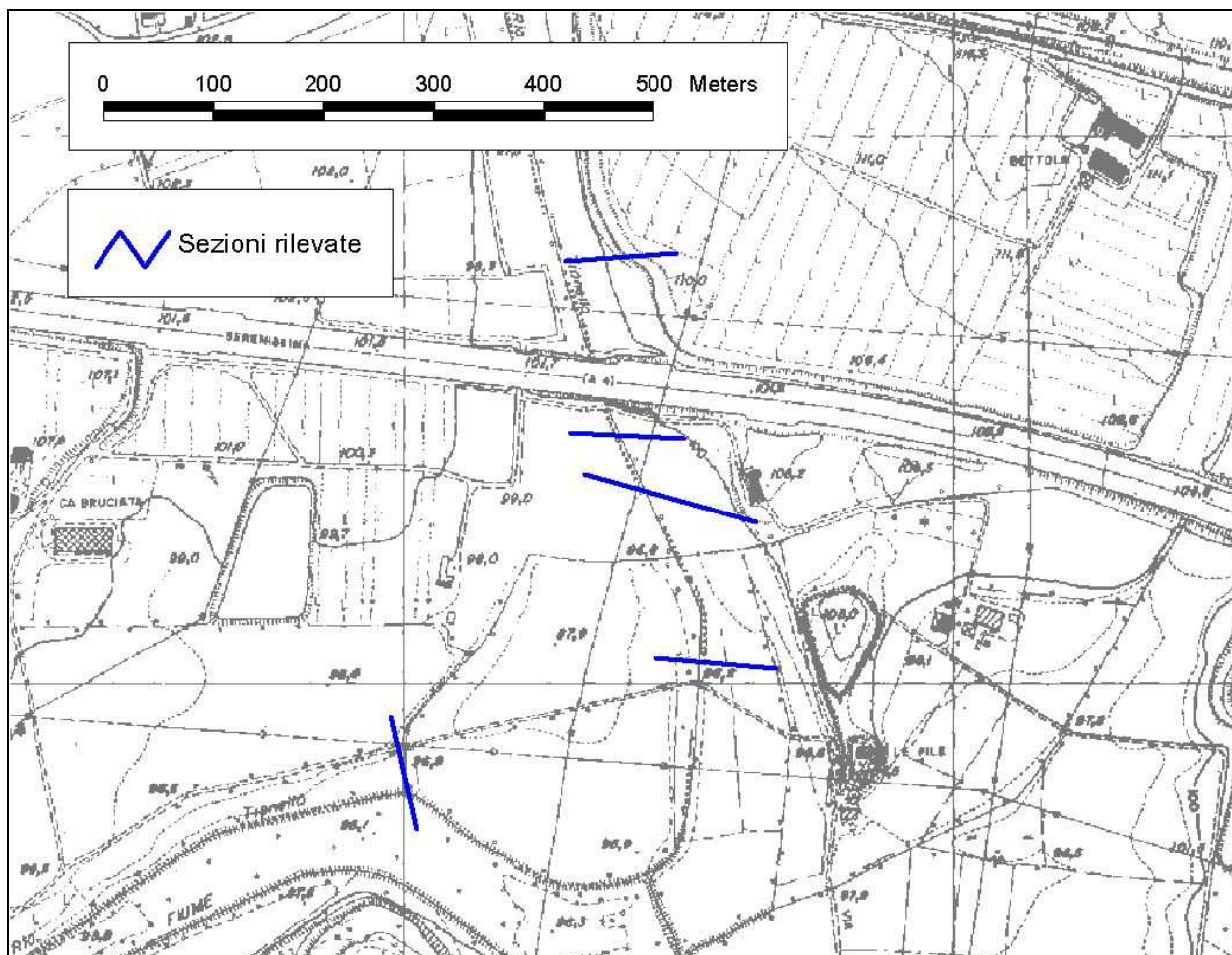


Figura 2 – Posizione sezioni rilevate

Le sezioni hanno una larghezza media di circa 120 m con un alveo di larghezza media di 3 m. Il tratto analizzato ha una lunghezza di circa 900 m. La pendenza media del fondo è dello 0.1%.

3. Manufatti interferenti

Nel tratto analizzato sono presenti 3 strutture. La prima è il ponte dell'autostrada, costituito da uno scatolare di luce 4.24 m e altezza circa 2.10, di lunghezza pari a quasi 50 m (Figura 3).



Figura 3 – Ponte dell'autostrada

Immediatamente a valle di tale struttura è presente un ponticello ad unica campata di luce 5.75 m (Figura 4). Circa 250 m a valle dell'autostrada è presente un secondo ponticello di luce circa 4.25 m (Figura 5).

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due 

ALTA SORVEGLIANZA

 **ITALFERR**

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2 CL ID0002 019

Rev.
1

Foglio
6 di 16



Figura 4 – Ponticello a valle dell'autostrada



Figura 5 – Ponte 250 m a valle dell'autostrada

4. Criteri di verifica

La verifica idraulica di tutti gli attraversamenti è stata effettuata in conformità a quanto definito dal Manuale di progettazione ITALFERR che è stato il documento di riferimento per la progettazione delle opere in oggetto.

In sintesi, in esso riporta una serie di direttive da seguirsi per il corretto dimensionamento delle tombature, sotto l'aspetto del tempo di ritorno da utilizzarsi per le valutazioni idrologico-idrauliche e dei franchi idraulici da rispettarsi.

In particolare, per corsi d'acqua aventi un bacino con superficie superiore a 10 km², il tempo di ritorno di riferimento è 500 anni ed occorre rispettare i seguenti franchi idraulici rispetto ai livelli relativi a tale tempo di ritorno:

- franco idraulico tra intradosso manufatto e livello della superficie libera superiore a 1 m;
- franco idraulico tra intradosso manufatto e quota di carico idraulico totale superiore a 50 cm.

Per corsi d'acqua aventi un bacino con superficie inferiore a 10 km², il tempo di ritorno di riferimento è 200 anni ed occorre rispettare la condizione di grado di riempimento del tombino inferiore al 70%.



5. Portate di piena

Le portate di piena adottate nel presente studio sono state dedotte dallo studio idrologico elaborato IN05 00 DE2 RG ID 00 01 001, dal quale derivano, per i vari tempi di ritorno, i seguenti valori di portata:

-Q=23 m³/s per Tr=100 anni;

-Q=25 m³/s per Tr=200 anni.

6. Modalità di deflusso in piena

Il deflusso di piena è stato assunto in regime di moto stazionario definendo le condizioni al contorno alla sezione di monte in termini di portata costante e alla sezione di valle in termini di altezza di moto uniforme sia nella configurazione attuale sia in quella di progetto.

7. Metodo di calcolo

Per il calcolo dei profili idraulico è stato utilizzato il codice di calcolo HEC-RAS descritto nella relazione IN05 00 DE2 RG ID 00 02 001 capitolo 2 secondo la metodologia descritta nel capitolo 3.

Il DEM è stato costruito sulla base delle 5 sezioni rilevate e della Carta Vettoriale in scala 1:5.000. Il DEM ottenuto è schematicamente riportato nella Figura 6.

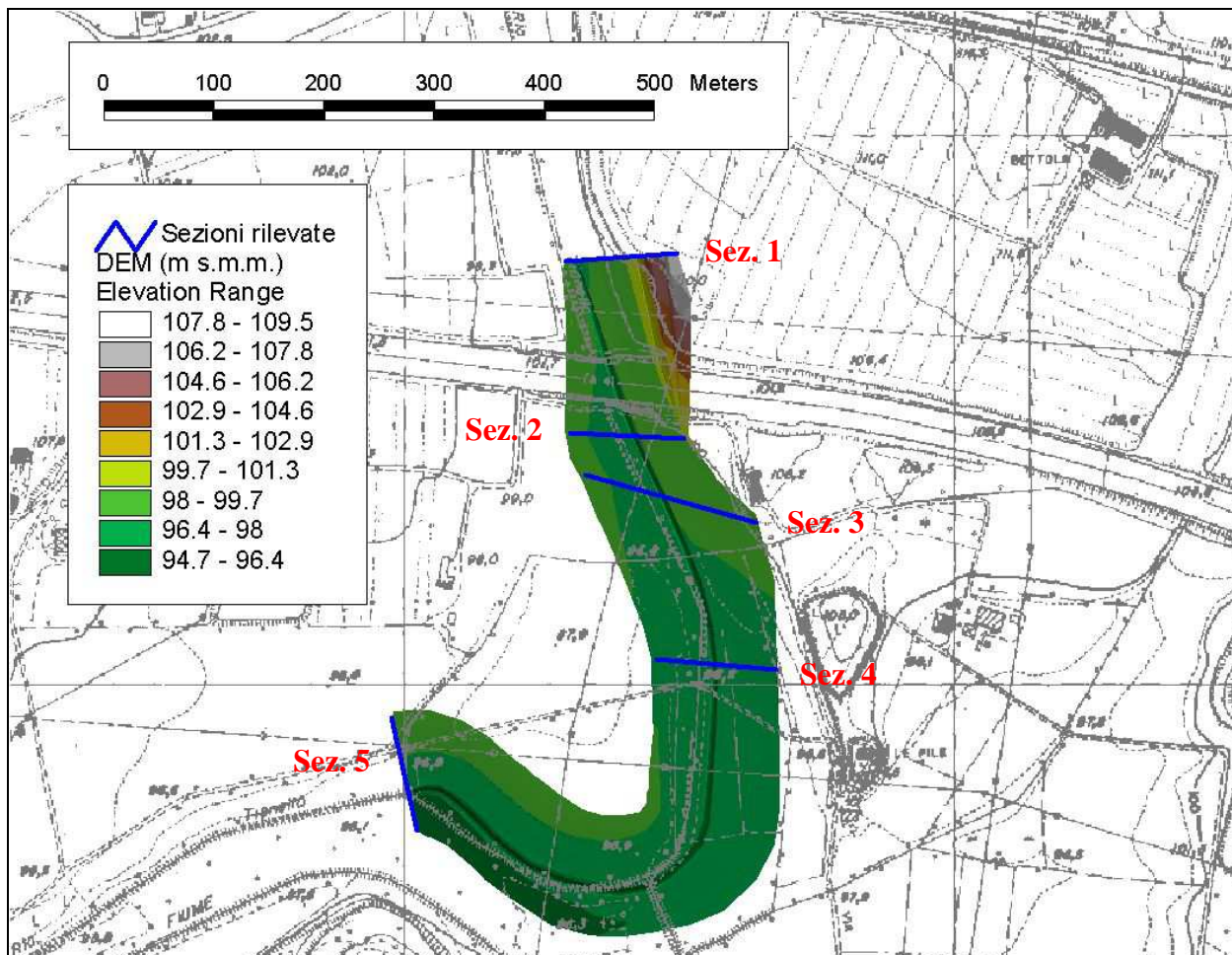


Figura 6 – DEM del tratto analizzato

Dal DEM sono state estratte le sezioni utilizzate nel modello. Oltre alle sezioni di rilievo, perpendicolari al corso d'acqua, sono state estratte anche altre sezioni, per esempio quelle per la definizione delle strutture, in modo tale da poter costruire un modello completo. Nella Figura 7 sono riportate le tracce delle sezioni estratte per la costruzione del modello.

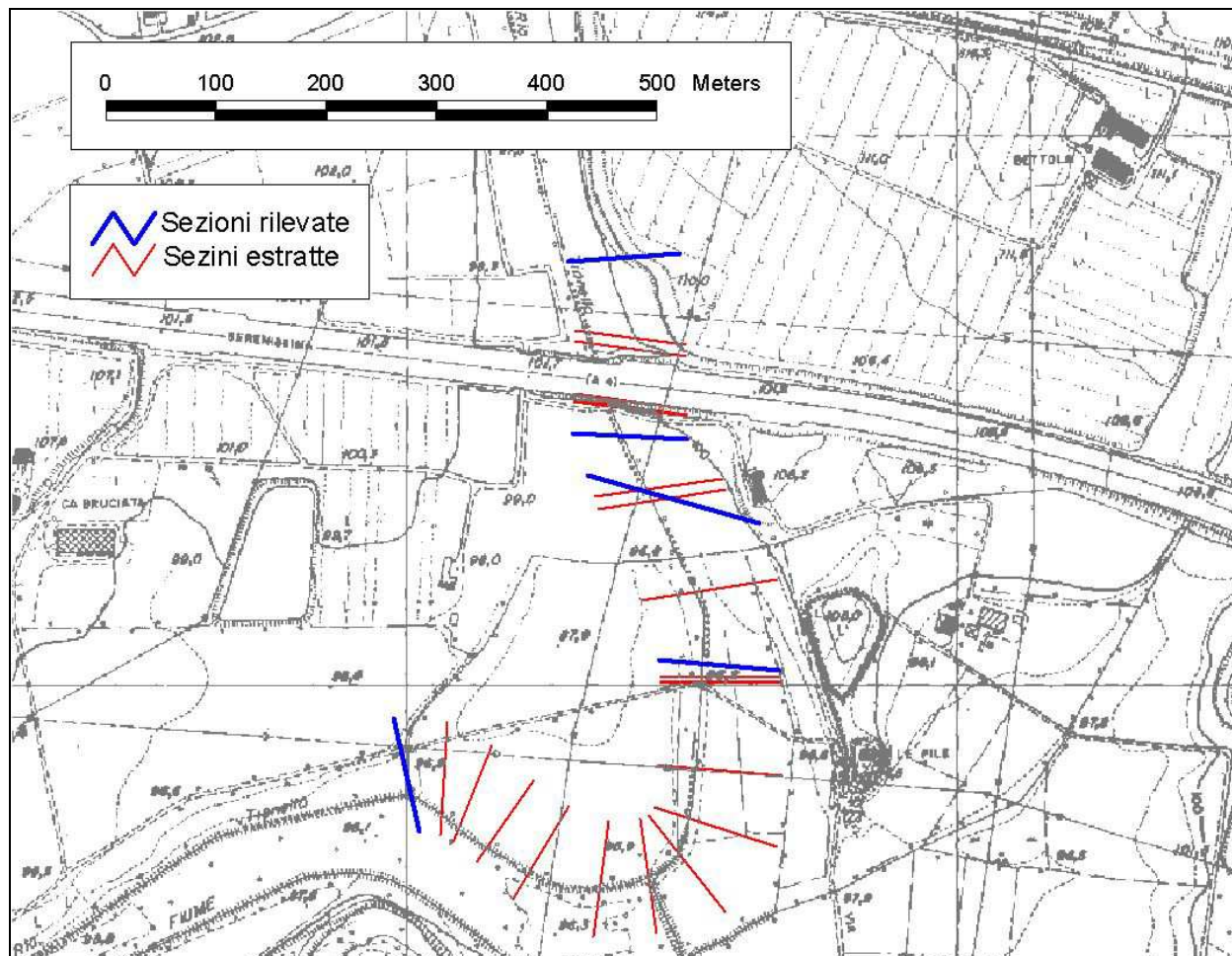


Figura 7 – Posizione delle sezioni estratte per il modello rispetto a quelle rilevate.

6.1 Condizioni di verifica

Le verifiche sono state effettuate con le portate riportate nel paragrafo 4, considerando come condizione al contorno di valle una pendenza della linea dell'energia pari a quella del fondo nell'ultimo tratto, pari a 0.1%.

Come scabrezze sono stati considerati valori, secondo la formulazione di Manning, pari a $n=0.04$ per il fondo alveo, per le sponde e per le zone golenali; infatti, le sponde presentano manutenzione praticamente nulla e sono ricoperte in molti tratti da sterpaglie piuttosto fitte: la vegetazione presente aumenta le perdite di energia. I coefficienti di contrazione ed espansione sono stati definiti rispettivamente pari a 0.1 e 0.3.

Il rigurgito provocato dai ponti è stato calcolato utilizzando la formulazione della conservazione dell'energia.

Tale metodologia è stata improntata sia nella modellazione dello stato attuale sia nella verifica della configurazione di progetto.

6.1.1 Situazione attuale

I risultati della simulazione a moto permanente per la situazione attuale, per i diversi tempi di ritorno delle portate, sono riportati nelle tabelle seguenti.

Tionello Situazione attuale $T_r=100$ anni $Q=23$ m³/s

Sezioni	Prog.	Quota fondo	Livello	Livello critico	Carico totale	Velocità media	Velocità alveo	N° Froude Totale	N° Froude alveo
	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m/s)	(m/s)		
Sezione 1	0.00	96.44	99.20	98.22	99.21	0.48	0.64	0.15	0.15
	69.62	96.34	99.19	97.96	99.20	0.42	0.62	0.14	0.13
	80.62	96.32	99.19	97.91	99.20	0.40	0.58	0.13	0.13
Scitolare Autostrada									
	133.13	96.22	98.23	97.73	98.55	2.48	2.48	0.59	0.59
	134.03	96.22	98.42	97.69	98.46	0.73	1.02	0.29	0.27
Ponticello									
	138.86	96.21	98.38	97.66	98.44	0.85	1.28	0.35	0.31
	141.02	96.21	98.39	97.83	98.42	0.71	1.01	0.29	0.27
Sezione 2	167.99	96.16	98.34	97.94	98.36	0.62	0.89	0.25	0.25
	218.77	96.13	98.02	97.83	98.12	1.10	1.67	0.52	0.46
Sezione 3	230.62	96.11	97.98	97.81	98.07	1.08	1.67	0.51	0.46
	320.92	95.72	97.68	97.49	97.76	1.03	1.49	0.48	0.43
Sezione 4	389.60	95.41	97.55	97.39	97.56	0.45	0.67	0.20	0.20
	400.13	95.39	97.53	97.39	97.55	0.46	0.69	0.21	0.20
Ponticello									
	404.44	95.39	97.52	97.40	97.54	0.49	0.82	0.22	0.22
	406.44	95.39	97.52	97.39	97.53	0.47	0.70	0.21	0.21
	484.68	95.27	97.41	97.13	97.42	0.48	0.68	0.21	0.20
	534.51	95.20	97.35	96.93	97.36	0.44	0.60	0.18	0.18
	575.75	95.14	97.31	96.84	97.32	0.46	0.59	0.18	0.17
	616.59	95.09	97.26	96.75	97.28	0.55	0.66	0.21	0.20
	663.98	95.02	97.21	96.67	97.22	0.54	0.63	0.20	0.19
	728.90	94.92	97.12	96.65	97.14	0.64	0.72	0.21	0.21
	772.91	94.86	97.04	96.56	97.07	0.73	0.81	0.24	0.24
	808.95	94.81	96.98	96.47	97.00	0.65	0.74	0.22	0.22
	835.25	94.77	96.94	96.41	96.96	0.58	0.66	0.19	0.19
Sezione 5	864.99	94.73	96.88	96.38	96.91	0.70	0.77	0.24	0.22

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2 CL ID0002 019Rev.
1Foglio
12 di 16Tionello Situazione attuale $Tr=200$ anni $Q=25$ m³/s

Sezioni	Prog.	Quota fondo	Livello	Livello critico	Carico totale	Velocità media	Velocità alveo	N° Froude Totale	N° Froude alveo
	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m/s)	(m/s)		
Sezione 1	0.00	96.44	99.40	98.26	99.41	0.44	0.58	0.13	0.13
	69.62	96.34	99.40	98.03	99.40	0.37	0.54	0.11	0.11
	80.62	96.32	99.39	97.99	99.40	0.35	0.51	0.11	0.11
Scitolare Autostrada									
	133.13	96.22	98.23	97.77	98.60	2.71	2.71	0.64	0.64
	134.03	96.22	98.46	97.94	98.50	0.75	1.05	0.30	0.28
Ponticello									
	138.86	96.21	98.41	97.85	98.47	0.87	1.31	0.35	0.31
	141.02	96.21	98.42	97.94	98.46	0.73	1.03	0.29	0.28
Sezione 2	167.99	96.16	98.37	97.97	98.40	0.63	0.90	0.25	0.25
	218.77	96.13	98.06	97.87	98.15	1.11	1.69	0.51	0.46
Sezione 3	230.62	96.11	98.02	97.84	98.11	1.09	1.69	0.50	0.46
	320.92	95.72	97.71	97.53	97.79	1.04	1.52	0.52	0.44
Sezione 4	389.60	95.41	97.58	97.42	97.60	0.46	0.67	0.20	0.19
	400.13	95.39	97.57	97.41	97.58	0.47	0.69	0.20	0.20
Ponticello									
	404.44	95.39	97.56	97.40	97.57	0.49	0.82	0.21	0.22
	406.44	95.39	97.56	97.41	97.57	0.48	0.70	0.21	0.20
	484.68	95.27	97.45	97.22	97.46	0.48	0.67	0.20	0.20
	534.51	95.20	97.39	97.01	97.41	0.44	0.60	0.18	0.17
	575.75	95.14	97.36	96.91	97.37	0.46	0.59	0.18	0.17
	616.59	95.09	97.31	96.81	97.33	0.55	0.67	0.21	0.20
	663.98	95.02	97.26	96.74	97.27	0.55	0.64	0.20	0.19
	728.90	94.92	97.17	96.65	97.19	0.65	0.74	0.23	0.21
	772.91	94.86	97.09	96.56	97.12	0.75	0.83	0.24	0.24
	808.95	94.81	97.02	96.47	97.05	0.68	0.75	0.22	0.22
	835.25	94.77	96.99	96.41	97.01	0.60	0.67	0.19	0.19
Sezione 5	864.99	94.73	96.93	96.40	96.96	0.72	0.78	0.24	0.22



I risultati delle simulazioni numeriche riportati negli elaborati grafici di seguito elencati attraverso il profilo idraulico e le sezioni rilevate con indicazione dei livelli d'acqua per i diversi tempi di ritorno analizzati. Nella tavola IN05 00 DE2 LZ ID 00 02 051 è riportato il profilo longitudinale del Fiume Tionello allo stato attuale con i livelli idrici corrispondente ai diversi tempi di ritorno; nella tavola e IN05 00 DE2 W9 ID 00 02 086 sono riportate le sezioni di rilievo con indicazione del livello idraulico corrispondente alla portata duecentennale.

6.1.2 Situazione di progetto

La sistemazione del Fiume Tionello inizia a valle della sezione 2 di rilievo. Il percorso del corpo idrico viene mantenuto uguale a quello attuale, e nel tratto sistemato passa sotto il viadotto in progetto. Complessivamente la sistemazione interessa un tratto di 170 m circa; sarà realizzata con sezione trapezia delle dimensioni di 3 m al fondo, 7 m sulla base maggiore e 2 m d'altezza, con una pendenza delle sponde quindi pari a 1/1. L'intera sezione sarà rivestita di pietrame del diametro medio di 20 cm intasato con malta per uno spessore variabile da 30 cm a 50 cm dalla sommità spondale al fondo alveo.

Negli elaborati grafici IN05 00 DE2 LZ ID 00 02 107 e IN05 00 DE2 W9 ID 00 02 087 sono riportati rispettivamente gli stralci planimetrici e le sezioni trasversali della configurazione di progetto.

Le simulazioni condotte nella configurazione di progetto sono state improntate con le medesime condizioni al contorno adottate nella modellazione dello stato attuale.

I risultati della simulazione a moto permanente per la configurazione di progetto, per i diversi tempi di ritorno delle portate, sono riportati nelle tabelle che seguono.

I risultati delle simulazioni numeriche riportati negli elaborati grafici di seguito elencati attraverso il profilo idraulico e le sezioni rilevate con indicazione dei livelli d'acqua per i diversi tempi di ritorno analizzati. Nella tavola IN05 00 DE2 LZ ID 00 02 107 è riportato il profilo longitudinale del Tionello nella configurazione di progetto con i livelli idrici corrispondenti ai diversi tempi di ritorno; nella tavola IN05 00 DE2 W9 ID 00 02 087 sono riportate le sezioni del progetto con indicazione del livello idraulico corrispondente alla portata duecentennale.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2 CL ID0002 019Rev.
1Foglio
14 di 16

Tionello Situazione di progetto Tr=100 anni Q=23 m³/s

Sezioni	Prog.	Quota fondo	Livello	Livello critico	Carico totale	Velocità media	Velocità alveo	N° Froude Totale	N° Froude alveo
	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m/s)	(m/s)		
	0.0	96.44	99.24	98.22	99.25	0.46	0.62	0.14	0.14
Sezione 1	69.6	96.34	99.22	97.96	99.24	0.40	0.59	0.13	0.13
	80.6	96.32	99.22	97.91	99.23	0.38	0.56	0.12	0.12
Scitolare Autostrada									
	133.1	96.22	98.13	97.73	98.48	2.63	2.63	0.64	0.64
	134.0	96.22	98.34	97.69	98.39	0.84	1.19	0.36	0.33
Ponticello									
	138.9	96.21	98.27	97.66	98.36	1.04	1.53	0.47	0.38
	141.0	96.21	98.29	97.83	98.35	0.84	1.22	0.37	0.33
inizio intervento	148.5	96.18	97.70	97.70	98.27	3.35	3.35	1.00	1.00
monte 1° viadotto	242.1	95.97	97.71	97.04	97.86	1.71	1.71	0.46	0.46
valle 1° viadotto	256.8	95.94	97.69	97.02	97.84	1.70	1.70	0.45	0.45
monte 2° viadotto	271.1	95.90	97.67	96.98	97.82	1.67	1.67	0.44	0.44
valle 2° viadotto	285.3	95.87	97.66	96.94	97.80	1.65	1.65	0.44	0.44
fine intervento	353.5	95.72	97.57	96.80	97.70	1.58	1.58	0.41	0.41
sezione 4	420.7	95.41	97.59	97.39	97.60	0.41	0.61	0.18	0.18
	431.2	95.39	97.59	97.39	97.60	0.42	0.61	0.18	0.18
Ponticello									
	435.5	95.39	97.58	97.40	97.59	0.43	0.72	0.19	0.19
	437.5	95.39	97.40	97.39	97.57	1.51	2.15	0.77	0.66
	515.8	95.27	97.28	97.13	97.30	0.62	0.91	0.30	0.29
	565.6	95.20	97.22	96.93	97.24	0.56	0.77	0.25	0.24
	606.8	95.14	97.18	96.84	97.20	0.56	0.73	0.24	0.23
	647.7	95.09	97.14	96.75	97.16	0.66	0.80	0.25	0.25
	695.1	95.02	97.09	96.67	97.11	0.63	0.75	0.23	0.23
	760.0	94.92	97.02	96.65	97.05	0.71	0.83	0.25	0.25
	804.0	94.86	96.97	96.56	97.00	0.79	0.90	0.27	0.27
	840.0	94.81	96.93	96.47	96.96	0.69	0.78	0.23	0.23
	866.3	94.77	96.92	96.41	96.93	0.59	0.68	0.20	0.20
Sezione 5	896.1	94.73	96.88	96.38	96.91	0.70	0.77	0.24	0.22

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2 CL ID0002 019Rev.
1Foglio
15 di 16

Tionello Situazione di progetto Tr=200 anni Q=25 m³/s

Sezioni	Prog.	Quota fondo	Livello	Livello critico	Carico totale	Velocità media	Velocità alveo	N° Froude Totale	N° Froude alveo
	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m/s)	(m/s)		
	0.0	96.44	99.43	98.26	99.44	0.43	0.57	0.13	0.12
Sezione 1	69.6	96.34	99.42	98.03	99.42	0.36	0.53	0.11	0.11
	80.6	96.32	99.41	97.99	99.42	0.35	0.50	0.11	0.10
Scotolare Autostrada									
	133.1	96.22	98.19	97.77	98.58	2.76	2.76	0.66	0.66
	134.0	96.22	98.43	97.94	98.47	0.78	1.10	0.31	0.29
Ponticello									
	138.9	96.21	98.39	97.85	98.45	0.91	1.37	0.38	0.33
	141.0	96.21	98.40	97.94	98.44	0.75	1.07	0.30	0.29
inizio intervento	148.5	96.18	97.78	97.78	98.37	3.41	3.41	1.00	1.00
monte 1° viadotto	242.1	95.97	97.67	97.10	97.86	1.91	1.91	0.52	0.52
valle 1° viadotto	256.8	95.94	97.65	97.07	97.83	1.90	1.90	0.51	0.51
monte 2° viadotto	271.1	95.90	97.63	97.04	97.81	1.87	1.87	0.50	0.50
valle 2° viadotto	285.3	95.87	97.60	97.00	97.78	1.86	1.86	0.50	0.50
fine intervento	353.5	95.72	97.48	96.85	97.65	1.84	1.84	0.49	0.49
sezione 4	420.7	95.41	97.46	97.42	97.48	0.59	0.90	0.28	0.28
	431.2	95.39	97.44	97.41	97.47	0.61	0.93	0.29	0.29
Ponticello									
	435.5	95.39	97.43	97.40	97.46	0.64	1.13	0.31	0.31
	437.5	95.39	97.43	97.41	97.45	0.62	0.95	0.30	0.29
	515.8	95.27	97.32	97.22	97.34	0.62	0.90	0.29	0.28
	565.6	95.20	97.26	97.01	97.28	0.56	0.77	0.24	0.23
	606.8	95.14	97.23	96.91	97.25	0.57	0.73	0.23	0.22
	647.7	95.09	97.18	96.81	97.21	0.67	0.80	0.26	0.25
	695.1	95.02	97.14	96.74	97.16	0.65	0.76	0.23	0.23
	760.0	94.92	97.07	96.65	97.10	0.73	0.84	0.25	0.25
	804.0	94.86	97.01	96.56	97.05	0.81	0.92	0.27	0.27
	840.0	94.81	96.98	96.47	97.01	0.71	0.80	0.24	0.24
	866.3	94.77	96.96	96.41	96.98	0.61	0.69	0.20	0.20
Sezione 5	896.1	94.73	96.93	96.40	96.96	0.72	0.78	0.24	0.22

8. Verifica idraulica dell'attraversamento della linea AC

La presenza del viadotto in progetto non causa discontinuità geometriche che possano influenzare il profilo longitudinale dovuto al passaggio dell'onda di piena del Fiume Tionello.

Per quanto riguarda la verifica idraulica dell'intradosso del manufatto in oggetto si è fatto riferimento al Manuale di progettazione ITALFERR.

Nella tabella seguente è riportata la verifica del franco di progetto.

Profilo	Portata	livello	Velocità in alveo	Carico cinetico	Carico totale	Intradosso viadotto	Franco verifica AdB	Franco verifica Italfer
	(m ³ /s)	(m s.m.)	(m/s)	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m)	(m)
Tr=100	23	97.70	1.71	0.15	97.85	105.20	7.50	7.35
Tr=200	25	97.67	1.91	0.19	97.86	105.20	7.53	7.34

In accordo con quanto richiesto dal Manuale di Progettazione ITALFERR è soddisfatta la seguente condizione di franco, in relazione alla portata con tempo di ritorno 200 anni:

-grado di riempimento tombino inferiore al 70%.