

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 BISAOLA IN40110

Pk 127+788

**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. A28/0001 Sez. A Settort
a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazion
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	8	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. IN0500DE2CLID00020181



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008



INDICE

<i>RIO BISAOLA</i>	3
1 Elaborati di riferimento	3
2 Assetto geometrico	3
3 Criteri di verifica.....	5
4 Criteri di verifica.....	5
5 Portate di piena	6
6 Sistemazione di progetto	7
6.1 Modalità di deflusso in piena	7
6.1.1 Metodo di calcolo	7
6.1.2 Condizioni di verifica.....	7
6.1.3 Portata Transitante in alveo	8
6.1.4 Portata con Tr= 500 anni	11
6.1.5 Portata con Tr= 100 anni	14
7 Verifica dello scatolare sotto la linea A.C.....	17

RIO BISAOLA

1 Elaborati di riferimento

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 Bisaola, nel tratto in esame, scorre nel territorio del comune di Castelnuovo del Garda, sotto la gestione del Consorzio di Bonifica Veronese. Nella Figura 1 è possibile vedere il tipico assetto del fosso.



Figura 1– Rio Bisaola

La geometria del fosso nel tratto a cavallo dell'attraversamento ferroviario è stata definita mediante il rilievo topografico di 5 sezioni. L'ubicazione delle sezioni unitamente al profilo longitudinale del fondo alveo esistente sono riportati nella tavola IN05-D-E2-LZ-ID00-0-2-050 mentre i profili delle sezioni sono riportati nella tavola IN05-D-E2-W9-ID00-0-2-019. I rilievi, georeferenziati in coordinate Rettilinee, sono stati sovrapposti alla cartografia in scala 1:1000 (derivante da rilievo aerofotogrammetrico), che è stata utilizzata come base per la costruzione del modello di simulazione idraulica. La posizione delle sezioni di rilievo è riportata anche nella Figura 2.

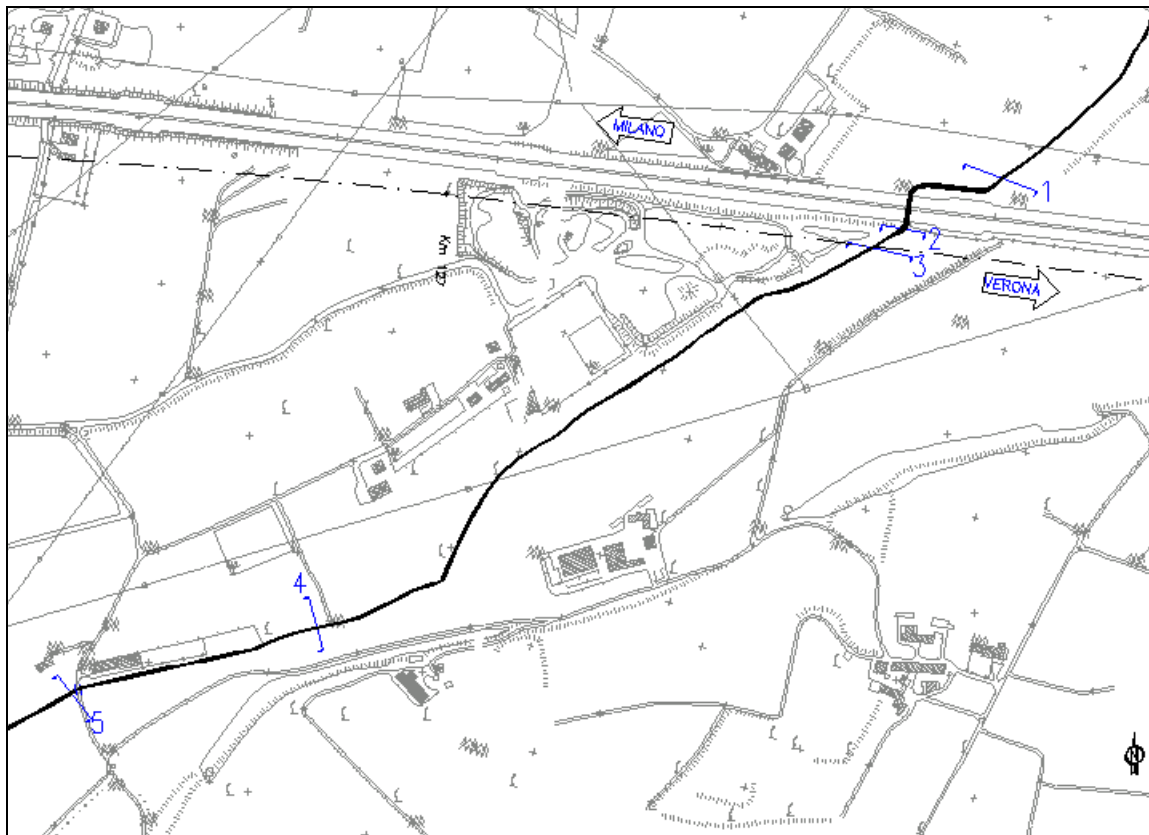


Figura 2 – Posizione sezioni rilevate

Le sezioni hanno una larghezza compresa fra 53.61 m (sezione 2) e 93.41 m (sezione 1) e coprono un tratto di alveo lungo 1365.59 m. La pendenza media del fondo è dello 0.17%.

La sezione del canale è irregolare, in testa la larghezza è di 4.94-8.69 m, la profondità oscilla fra 1.23 e 2.18 m. Il fondo della roggia è in terra, le sponde sono ricoperte di vegetazione.

Lungo il tracciato analizzato sono presenti due manufatti interferenti con il canale nella situazione attuale, costituiti da un ponte a solettone sull'autostrada A.4. e da un piccolo ponticello a servizio di una strada che attraversa il Rio Bisaola. (v. Figura 3).



Figura 3– Ponte a solettone sull'autostrada A.4. prog. 0+124.02

3 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 tombinature, 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%.

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

La portata transitante in alveo nello stato attuale è stata valutata in 1.50 m³/s ed è stata ricavata mediante una serie di simulazioni effettuate con il codice di calcolo HEC-RAS: La portata transitante in alveo è il massimo valore di portata che determina una superficie libera interamente contenuta in alveo in corrispondenza dell'attraversamento delle linea A.V. / A.C..

Le portate di piena di progetto derivano dallo Studio Idrologico (Rif. IN05DE2RGID0001001) e sono pari a:

- $Q_{100} = 18.00 \text{ m}^3/\text{s}$ per $Tr = 100$ anni;
- $Q_{500} = 24.00 \text{ m}^3/\text{s}$.per $Tr = 500$ anni.

6 Sistemazione di progetto

La sistemazione di progetto del Rio Bisaola prevede la deviazione del canale e la regolarizzazione della sezione nel tratto deviato, cui viene conferita forma rettangolare di dimensioni 5.00 x 2.00 m. Planimetricamente, la sistemazione del canale inizia subito a monte dell'interferenza del canale con l'autostrada A.4. alla progressiva 0+000.00 dell'asse di progetto. L'attraversamento, in direzione ortogonale alla linea A.C., per mezzo di un tombino scatolare 5.00x3.00 è previsto alla progressiva 0+095.80. A valle dell'attraversamento della linea A.C., alla Pk 127+787.57, il canale si riporta sul tracciato esistente e la deviazione finisce alla progressiva 0+226.02.

6.1 Modalità di deflusso in piena

6.1.1 Metodo di calcolo

Per il calcolo dei profili idraulici è stato utilizzato il codice di calcolo HEC-RAS descritto nella relazione generale capitolo 2 secondo la metodologia descritta nel capitolo 3.

Oltre alle sezioni di rilievo, sono state inserite nel modello altre sezioni, necessarie per la definizione delle strutture, in modo tale da poter costruire un modello completo.

6.1.2 Condizioni di verifica

Le verifiche sono state effettuate con le portate definite nel paragrafo 3, considerando come condizione al contorno di valle una pendenza della linea dell'energia pari a quella media del fondo, pari a 0.17%.

Come scabrezze sono stati considerati valori, secondo la formulazione di Manning, pari a $n=0.02$ in alveo (alveo pulito con fondo e sponde in calcestruzzo gettato in opera) e $n=0.04$ nelle zone golenali. I coefficienti di contrazione ed espansione sono stati definiti rispettivamente pari a 0.1 e 0.3, 0.5 e 1 per gli imbocchi/sbocchi dei tombini.

Le strutture presenti sono state schematizzate come tombini a sezione rettangolare, utilizzando la formulazione della conservazione dell'energia.



6.1.3 Portata Transitante in alveo

I risultati della simulazione a moto permanente per le situazioni attuale e di progetto con portata $1.50 \text{ m}^3/\text{s}$ sono riportati nelle tabelle seguenti. Le sezioni nuove estratte dalla cartografia sono indicate in corsivo.

Nella situazione di progetto si nota un generale abbassamento del livello idrico nelle sezioni legato alla regolarizzazione della sezione. Da ciò si deduce che la portata è interamente contenuta in alveo lungo tutto il tratto di asta considerato.

Rio Bisaola – Situazione attuale – Q=1.50 mc/s

Sezione	Q Totale (m ³ /s)	Quota Fondo Alveo (m)	Quota Superficie Libera (m)	Quota Altezza Critica (m)	Quota Linea dei Carichi Totali	Pendenza Linea Carichi Totali (m/m)	Velocità in Alveo (m/s)	Area di Deflusso (m ²)	Larghezza Pelo libero (m)	N° Froude in Alveo
1-5.1	1.50	94.08	94.80	94.54	94.84	0.00421	0.90	1.67	3.69	0.43
4.6	1.50	94.08	94.71	94.54	94.77	0.00179	1.09	1.38	3.40	0.55
4.3	1.50	93.85	94.62	94.31	94.65	0.00078	0.80	1.87	3.87	0.37
4.25	Opera 1									
4.2	1.50	93.85	94.58	94.31	94.62	0.00094	0.86	1.74	3.75	0.40
2-4.2	1.50	94.06	94.47	94.46	94.59	0.00557	1.54	0.98	3.48	0.93
3.5	1.50	93.99	94.48	94.39	94.55	0.00281	1.20	1.25	3.89	0.67
3-3.3	1.50	93.62	94.45	94.02	94.47	0.00116	0.54	2.78	5.19	0.23
4-2.4	1.50	92.06	92.88	92.55	92.92	0.00329	0.86	1.74	3.16	0.37
1.8	1.50	91.85	92.61	92.16	92.63	0.00043	0.65	2.32	3.51	0.25
1.7	Opera 2									
1.6	1.50	91.85	92.60	92.16	92.62	0.00046	0.66	2.26	3.47	0.26
5-1.5	1.50	91.67	92.60	92.12	92.62	0.00169	0.67	2.25	3.67	0.27

Rio Bisaola – Situazione di progetto – Q=1.50 mc/s

Sezione	Q. Totale (m ³ /s)	Quota Fondo Alveo (m)	Quota Superficie Libera (m)	Quota Altezza Critica. (m)	Quota Linea dei Carichi Totali	Pendenza Linea Carichi Totali (m/m)	Velocità in Alveo (m/s)	Area di Deflusso (m ²)	Larghezza Pelo libero (m)	N°Fronde in Alveo
1.1 - 7_11	1.50	93.91	94.32	94.12	94.35	0.00083	0.72	2.07	5.00	0.36
1.2 - 6_12	1.50	93.85	94.31	94.06	94.33	0.00060	0.65	2.30	5.00	0.31
5.5	Attraversamento autostrada A.4. Ponte a solettone									
1.3 - 5_13	1.50	93.85	94.24	94.06	94.27	0.00105	0.78	1.93	5.00	0.40
2.1 - 4.5_21	1.50	93.84	94.23	94.05	94.26	0.00100	0.77	1.95	5.00	0.39
4.2	Attraversamento Linea A.C.									
3.1 - 4_31	1.50	93.75	94.23	93.96	94.25	0.00054	0.63	2.38	5.00	0.29
3.2 - 3.5_32	1.50	93.56	94.20	93.77	94.21	0.00022	0.47	3.20	5.00	0.19
3.3 - 2.9_33	1.50	93.54	94.17	93.95	94.21	0.00100	0.84	1.79	4.34	0.42
4 - 2_4	1.50	92.06	92.87	92.55	92.91	0.00336	0.87	1.73	3.15	0.37
1.8	1.50	91.85	92.62	92.16	92.64	0.00042	0.64	2.34	3.52	0.25
1.7	Opera 2									
1.6	1.50	91.85	92.60	92.16	92.62	0.00045	0.66	2.28	3.48	0.26
5 - 1_5	1.50	91.67	92.60	92.12	92.62	0.00169	0.67	2.25	3.67	0.27

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2 CL ID0002 018

Rev.
1

Foglio
11 di 17

6.1.4 Portata con $T_r = 500$ anni

I risultati della simulazione a moto permanente per le situazioni attuale e di progetto con portata $24.00 \text{ m}^3/\text{s}$ sono riportati nelle tabelle seguenti. Le sezioni nuove, ricavate dalla cartografia, sono indicate in corsivo.

Si nota un innalzamento della superficie idrica nella configurazione di progetto, che porta ad avere esondazione a monte dell'A4 anche in fase di progetto, mentre a valle della linea A.C. la portata resta in alveo, quando si avrebbe esondazione nella configurazione attuale.

Rio Bisaola – Situazione attuale – $Q_{500}=24.00$ mc/s

Sezione	Q Totale (m ³ /s)	Quota Fond Alveo (m)	Quota Superficie Libera (m)	Quota Altezza Cilica (m)	Quota Linea di Canti Totali	Perimetro Linea di Canti Totali (m ²)	Velocità in Alveo (m/s)	Area di Deflusso (m ²)	Larghezza Fond (m)	N° Fondi in Alveo
1-5.1	2400	9408	9599	9564	9602	000181	1.04	2956	45.76	032
46	2400	9408	9587	9571	9598	000152	1.80	2435	43.76	053
43	2400	9385	9579	9546	9586	000079	1.40	3133	45.84	043
425	Q para 1									
42	2400	9385	9546	9546	9569	000332	2.42	1757	39.90	084
2-4.2	2400	9406	9530	9520	9544	000272	2.23	1941	31.18	077
35	2400	9399	9531	9513	9541	000193	1.95	2182	31.35	066
3-3.3	2400	9362	9532	9493	9534	000186	0.77	4047	56.45	023
4-2.4	2400	9206	9404	9386	9409	000307	1.27	2661	57.30	041
18	2400	9185	9355	9345	9362	000095	1.55	2494	60.79	043
1.7	Q para 2									
16	2400	9185	9345	9345	9359	000185	2.05	1929	58.51	059
5-1.5	2400	9167	9352	9328	9355	000169	1.12	3349	64.35	031

Rio Bisaola - Situazione di progetto – $Q_{500} = 24.00 \text{ m}^3/\text{s}$

Sezione	Q Totale (m ³ s)	Quota Fondo Alveo (m)	Quota Superficie Libera (m)	Quota Altezza Critica. (m)	Quota Linea dei Carichi Totali	Pendenza Linea Carichi Totali (m/m)	Velocità in Alveo (m/s)	Area di Deflusso (m ²)	Larghezza Pelo libero (m)	N° Froude in Alveo
1.1 - 7_11	24.00	93.91	96.46	95.23	96.62	0.00084	1.82	14.63	9.25	0.36
1.2 - 6_12	24.00	93.85	96.44	95.18	96.60	0.00078	1.79	15.04	9.38	0.35
5.5	Attraversamento autostrada A.4. Ponte a solettone									
1.3 - 5_13	24.00	93.85	96.05	95.18	96.15	0.00075	1.56	23.52	20	0.34
2.1 - 4.5_21	24.00	93.84	96.05	95.17	96.14	0.00074	1.56	23.54	20.00	0.34
4.2	Attraversamento Linea A.C.									
3.1 - 4_31	24.00	93.75	95.59	95.08	95.94	0.00251	2.61	9.21	5.00	0.61
3.2 - 3.5_32	24.00	93.56	95.20	94.89	95.63	0.00349	2.93	8.18	5.00	0.73
3.3 - 2.9_33	24.00	93.54	95.34	95.05	95.54	0.00158	2.16	14.89	14.26	0.62
4 - 2_4	24.00	92.06	94.06	93.87	94.09	0.00211	1.07	37.27	105.43	0.34
1.8	24.00	91.85	93.53	93.45	93.61	0.00126	1.76	24.10	74.18	0.49
1.7	Opera 2									
1.6	24.00	91.85	93.48	93.45	93.60	0.00165	1.96	20.83	64.45	0.56
5 - 1_5	24.00	91.67	93.53	93.27	93.56	0.00180	1.16	38.54	99.61	0.32

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2 CL ID0002 018

Rev.
1

Foglio
14 di 17

6.1.5 Portata con $T_r = 100$ anni

I risultati della simulazione a moto permanente per le situazioni attuale e di progetto con portata centenaria $Q_{100} = 18.00 \text{ m}^3/\text{s}$ sono riportati nelle tabelle seguenti. Le sezioni nuove ricavate dalla cartografia sono indicate in corsivo.

Nella configurazione di progetto i livelli risultano tutti compresi nella sezione di progetto per tutto il tratto deviato.

Rio Bisaola - Situazione attuale - $Q_{100} = 18.00 \text{ m}^3/\text{s}$

Sezione	Q Totale (m ³ /s)	Quota Fondo Alveo (m)	Quota Superficie Libera (m)	Quota Altezza Critica (m)	Quota Linea dei Carichi Totali	Pendenza Linea Carichi Totali (m/m)	Velocità in Alveo (m/s)	Area di Deflusso (m ²)	Larghezza Peli libero (m)	N°Fruste in Alveo
1-5_1	1800	94.08	95.85	95.64	95.89	0.00191	1.00	23.70	43.41	0.32
4.6	1800	94.08	95.73	95.64	95.84	0.00162	1.72	18.65	40.53	0.59
4.3	1800	93.85	95.66	95.41	95.72	0.00078	1.30	25.25	44.25	0.42
4.25	Opera 1									
4.2	1800	93.85	95.41	95.41	95.58	0.00270	2.09	14.94	38.29	0.75
2-4-2	1800	94.06	95.19	95.12	95.32	0.00264	2.06	16.05	30.95	0.75
3.5	1800	93.99	95.20	95.05	95.29	0.00175	1.76	18.52	31.12	0.62
3-3-3	1800	93.62	95.21	94.88	95.23	0.00083	0.72	34.11	56.24	0.22
4-2-4	1800	92.06	93.94	93.84	93.99	0.00316	1.21	21.28	54.10	0.41
1.8	1800	91.85	93.48	93.39	93.54	0.00087	1.43	20.69	53.08	0.41
1.7	Opera 2									
1.6	1800	91.85	93.39	93.39	93.51	0.00169	1.90	15.58	55.70	0.56
5-1_5	1800	91.67	93.42	93.22	93.45	0.00169	1.06	27.31	62.00	0.30

Rio Bisaola - Situazione di progetto - $Q_{100} = 18.00 \text{ m}^3/\text{s}$

Sezione	Q. Totale (m ³ /s)	Quota Fondo Alveo (m)	Quota Superficie Libera (m)	Quota Altezza Critica. (m)	Quota Linea dei Carichi Totali	Pendenza Linea Carichi Totali (m/m)	Velocità in Alveo (m/s)	Area di Deflusso (m ²)	Larghezza Pelo libero (m)	N°Froude in Alveo
1.1 - 7_11	18.00	93.91	95.85	95.00	96.03	0.00122	1.85	9.72	5.00	0.42
1.2 - 6_12	18.00	93.85	95.83	94.94	96.00	0.00116	1.82	9.89	5.00	0.41
5.5	Attraversamento autostrada A4. Ponte a solettone									
1.3 - 5_13	18.00	93.85	95.56	94.95	95.79	0.00173	2.10	8.55	5.00	0.51
2.1 - 4.5.21	18.00	93.84	95.55	94.94	95.78	0.00173	2.10	8.56	5.00	0.51
4.2	Attraversamento Linea A.C.									
3.1 - 4_31	18.00	93.75	95.37	94.85	95.62	0.00201	2.22	8.11	5.00	0.56
3.2 - 3.5_32	18.00	93.56	95.16	94.66	95.42	0.00210	2.25	8.00	5.00	0.57
3.3 - 2.9_33	18.00	93.54	95.23	94.90	95.37	0.00123	1.82	13.21	14.03	0.54
4 - 2_4	18.00	92.06	93.95	93.84	93.98	0.00267	1.11	26.46	88.43	0.37
1.8	18.00	91.85	93.47	93.39	93.54	0.00097	1.50	20.26	62.60	0.43
1.7	Opera 2									
1.6	18.00	91.85	93.39	93.39	93.51	0.00172	1.91	15.48	55.62	0.56
5 - 1_5	18.00	91.67	93.43	93.22	93.46	0.00185	1.12	29.48	83.68	0.32

7 Verifica dello scatolare sotto la linea A.C.

Come detto in precedenza, le simulazioni sono state condotte inserendo nel modello le opere interferenti con l'alveo, tra cui lo scatolare 5.00x3.00 m sotto la linea A.C..

I risultati della verifica sono contenuti nelle tabelle seguenti, per l'imbocco, la sezione in asse binario pari e lo sbocco:

Sezione di imbocco

Tr	Q	Quota superficie libera	Quota carico totale	Quota Intradosso	Franco sulla Superficie Libera	Franco sul Carico Totale
anni	m ³ /s	m	m	m	m	m
100	18.00	95.55	95.78	96.64	1.09	0.86
500	24.00	96.05	96.14	96.64	0.59	0.50

Sezione in asse binario pari

Tr	Q	Quota superficie libera	Quota carico totale	Quota Intradosso	Franco sulla Superficie Libera	Franco sul Carico Totale
anni	m ³ /s	m	m	m	m	m
100	18.00	95.47	95.71	96.59	1.12	0.88
500	24.00	95.84	96.05	96.59	0.75	0.54

Sezione sbocco

Tr	Q	Quota superficie libera	Quota carico totale	Quota Intradosso	Franco sulla Superficie Libera	Franco sul Carico Totale
anni	m ³ /s	m	m	m	m	m
100	18.00	95.37	95.62	96.55	1.18	0.93
500	24.00	95.59	95.94	96.55	0.96	0.61