

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**

**NAVIGLIO SAN ZENONE
IN40076; Pk 84+498
RELAZIONE IDRAULICA**

IL PROGETTISTA



IL PROGETTISTA INTEGRATORE

saipem spa
Tommaso Taranta

Dottore in Ingegneria Civile Iscritto all'Albo
degli Ingegneri della Provincia di Milano
al n. A23466 (Sez. A Settore
a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione

Tel. 02.52023511 - 02.52023509
CF. e P.IVA 10923790157

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	R	I	I	D	0	0	0	2	0	4	3	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	GOCCATO	01.07.14	DI NARDO	01.07.14	LAZZARI	01.07.14	

SAIPEM S.p.a. COMM. 032121

Data: 01.07.14

Doc. IN0500DE2RIID00020431



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2 RI ID0002 043

Rev.
1

Foglio
2 di 13

INDICE

NAVIGLIO SAN ZENONE	3
1 Elaborati di riferimento	3
2 Assetto geometrico	3
3 Criteri di verifica.....	5
4 Portate di piena	5
5 Sistemazione di progetto	6
6 Modalità di deflusso in piena.....	7
6.1 Metodo di calcolo	7
6.2 Condizioni di verifica.....	7
6.3 Portata Transitante in alveo	7
6.4 Portata con Tr= 500 anni	9
6.5 Portata con Tr= 100 anni	11
7 Verifica dell'attraversamento sotto la linea A.C.	13



NAVIGLIO SAN ZENONE

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 Naviglio San Zenone, nel tratto in esame, scorre nel territorio del comune di Poncarale (BS), sotto la gestione del Consorzio di Bonifica Oglio Mella. Nella Figura 1 è possibile vedere il tipico assetto della roggia.



Figura 1– Naviglio San Zenone

La geometria della roggia nel tratto a cavallo dell'attraversamento ferroviario è stata definita mediante il rilievo topografico di 5 sezioni.

L'ubicazione delle sezioni è riportata nella tavola IN05DE2LZID0002042 unitamente al profilo longitudinale del fondo alveo esistente e al rilievo delle opere presenti, il profilo delle sezioni è riportato nell'elaborato IN05DE2W9ID0002015. 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 3- Opera 1 alla prog. 0+496.60

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 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%.

4 Portate di piena

La portata transitante in alveo nello stato attuale è stata valutata in 8.00 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 dalla Relazione Idrologica (Rif. IN05DE2RGID0001001) e sono pari a:

- $Q_{100} = 18.33 \text{ m}^3/\text{s}$ per $Tr = 100$ anni;
- $Q_{200} = 20.27 \text{ m}^3/\text{s}$ per $Tr = 200$ anni;
- $Q_{500} = 21.97 \text{ m}^3/\text{s}$ per $Tr = 500$ anni.

5 Sistemazione di progetto

In corrispondenza della PK 84+498.42 avviene l'intersezione tra il Naviglio San Zenone e l'asse ferroviario di progetto: in questo tratto la linea transita in viadotto (viadotto Gardesana), pertanto non si rende necessaria l'introduzione di uno scatolare per oltrepassare la linea. Inoltre il tracciato esistente del naviglio non interferisce con alcuna delle pile del viadotto Gardesana.

La sistemazione prevede solo il rivestimento del Naviglio esistente con massi nei tratti in corrispondenza degli attraversamenti.

6 Modalità di deflusso in piena

6.1 Metodo di calcolo

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

6.2 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 del fondo nell'ultimo tratto, pari a 0.09%.

Come scabrezze sono stati considerati valori, secondo la formulazione di Manning, pari a $n=0.025$ in alveo (alveo in cls con materiale depositato sul fondo) e $n=0.04$ nelle zone golenali inerbite. I coefficienti di contrazione ed espansione sono stati definiti rispettivamente pari a 0.1 e 0.3. Le strutture presenti sono state schematizzate come tombini a sezione rettangolare o ponti, utilizzando la formulazione della conservazione dell'energia.

Di seguito sono riportati i risultati della verifica del fosso esistente al transitare delle portate di progetto.

6.3 Portata Transitante in alveo

I risultati delle simulazioni in moto permanente per le situazioni attuale e di progetto con portata $8.00 \text{ m}^3/\text{s}$ sono riportati nella tabelle seguenti. Le sezioni per le quali si prevede una regolarizzazione e rivestimento sono riportate in corsivo.

Si nota un leggero abbassamento della superficie libera (0.14 m in asse linea A.C.), accompagnato da un leggero aumento delle velocità in alveo da 0.70 a 0.80 m/s.

Naviglio San Zenone - Situazione attuale - $Q= 8.00 \text{ m}^3/\text{s}$

Sezione	Q Totale	Quota Fondo Alveo	Quota Superficie Libera	Quota Altezza Critica.	Quota Linea dei Carichi Totali	Velocità in Alveo	N°Froude in Alveo
	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
1	8.00	100.53	101.81	101.03	101.83	0.67	0.21
1_49	8.00	100.52	101.80	101.02	101.82	0.66	0.21
1_47	8.00	100.48	101.78	100.99	101.81	0.65	0.20
2	8.00	100.26	101.67	100.82	101.70	0.70	0.21
3	8.00	100.19	101.63	100.80	101.65	0.70	0.21
4	8.00	99.77	101.37	100.56	101.41	0.89	0.26
4_19	8.00	99.77	101.34	100.67	101.40	1.08	0.32
	Opera 1						
4_17	8.00	99.77	101.24	100.67	101.31	1.18	0.36
4_14	8.00	99.34	101.18	100.18	101.20	0.60	0.17
	Opera 2						
4_12	8.00	99.34	101.14	100.19	101.16	0.63	0.18
5	8.00	99.88	101.11	100.28	101.13	0.53	0.17
5_9	8.00	99.71	101.10	100.29	101.12	0.67	0.19
	Opera 3						
5_7	8.00	99.71	101.01	100.29	101.03	0.73	0.22

Naviglio San Zenone - Situazione di progetto - $Q= 8.00 \text{ m}^3/\text{s}$

Sezione	Q Totale	Quota Fondo Alveo	Quota Superficie Libera	Quota Altezza Critica.	Quota Linea dei Carichi Totali	Velocità in Alveo	N°Froude in Alveo
	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
1	8.00	100.53	101.62	101.03	101.66	0.80	0.27
1_49	8.00	100.52	101.61	101.02	101.64	0.80	0.27
1_47	8.00	100.48	101.59	100.99	101.62	0.80	0.27
2a	8.00	100.28	101.50	100.84	101.54	0.84	0.27
2	8.00	100.26	101.50	100.82	101.54	0.83	0.26
3a	8.00	100.22	101.50	100.73	101.53	0.76	0.23
3	8.00	100.19	101.49	100.70	101.52	0.74	0.23
3b	8.00	100.17	101.49	100.68	101.52	0.73	0.22
4	8.00	99.77	101.37	100.56	101.41	0.89	0.26
4_19	8.00	99.77	101.34	100.67	101.40	1.08	0.32
	Opera 1						
4_17	8.00	99.77	101.24	100.67	101.31	1.18	0.36
4_14	8.00	99.34	101.18	100.18	101.20	0.60	0.17
	Opera 2						
4_12	8.00	99.34	101.14	100.19	101.16	0.63	0.18
5	8.00	99.88	101.11	100.28	101.13	0.53	0.17
5_9	8.00	99.71	101.10	100.28	101.12	0.67	0.19
	Opera 3						
5_7	8.00	99.71	101.01	100.29	101.03	0.73	0.22

6.4 Portata con $T_r = 500$ anni

I risultati delle simulazioni in moto permanente per le situazioni attuale e di progetto con portata $21.97 \text{ m}^3/\text{s}$ sono riportati nelle tabelle seguenti.

In asse alla linea A.C. la situazione risulta immutata, mentre un abbassamento del livello si riscontra sulle sezioni di monte (- 16 cm). Non si verifica esondazione nelle sezioni di progetto, le velocità sono dell'ordine di 1.20-1.30 m/s. La verifica pertanto può considerarsi soddisfatta.

Naviglio San Zenone - Situazione attuale – $Q_{500} = 21.97 \text{ m}^3/\text{s}$

Sezione	Q Totale	Quota Fondo Alveo	Quota Superficie Libera	Quota Altezza Critica.	Quota Linea dei Carichi Totali	Velocità in Alveo	N°Froude in Alveo
	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
1	21.97	100.53	102.52	101.44	102.58	1.06	0.27
1_49	21.97	100.52	102.51	101.42	102.57	1.06	0.27
1_47	21.97	100.48	102.49	101.40	102.54	1.05	0.27
2	21.97	100.26	102.27	101.28	102.34	1.22	0.32
3	21.97	100.19	102.17	101.25	102.25	1.26	0.33
4	21.97	99.77	102.21	101.12	102.21	0.10	0.02
4_19	21.97	99.77	102.18	101.23	102.21	0.92	0.21
	Opera 1						
4_17	21.97	99.77	102.04	101.23	102.10	1.26	0.30
4_14	21.97	99.34	102.03	100.63	102.04	0.48	0.11
	Opera 2						
4_12	21.97	99.34	102.03	100.63	102.04	0.49	0.11
5	21.97	99.88	102.01	100.62	102.02	0.55	0.13
5_9	21.97	99.71	101.99	100.68	102.02	0.77	0.17
	Opera 3						
5_7	21.97	99.71	101.81	100.68	101.85	0.97	0.22

Naviglio San Zenone - Situazione di progetto – $Q_{500} = 21.97 \text{ m}^3/\text{s}$

Sezione	Q Totale	Quota Fondo Alveo	Quota Superficie Libera	Quota Altezza Critica.	Quota Linea dei Carichi Totali	Velocità in Alveo	N°Froude in Alveo
	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
1	21.97	100.53	102.36	101.44	102.43	1.18	0.31
1_49	21.97	100.52	102.35	101.42	102.42	1.18	0.31
1_47	21.97	100.48	102.32	101.40	102.39	1.18	0.31
2a	21.97	100.28	102.19	101.31	102.28	1.31	0.35
2	21.97	100.26	102.19	101.28	102.27	1.29	0.34
3a	21.97	100.22	102.18	101.19	102.26	1.22	0.31
3	21.97	100.19	102.17	101.16	102.25	1.21	0.31
3b	21.97	100.17	102.17	101.14	102.24	1.19	0.30
4	21.97	99.77	102.21	101.12	102.21	0.10	0.02
4_19	21.97	99.77	102.18	101.23	102.21	0.92	0.21
	Opera 1						
4_17	21.97	99.77	102.04	101.23	102.10	1.26	0.30
4_14	21.97	99.34	102.03	100.63	102.04	0.48	0.11
	Opera 2						
4_12	21.97	99.34	102.03	100.63	102.04	0.49	0.11
5	21.97	99.88	102.01	100.62	102.02	0.55	0.13
5_9	21.97	99.71	101.99	100.68	102.02	0.77	0.17
	Opera 3						
5_7	21.97	99.71	101.81	100.68	101.85	0.97	0.22

6.5 Portata con $T_r = 100$ anni

I risultati delle simulazioni in moto permanente per le situazioni attuale e di progetto con portata $18.33 \text{ m}^3/\text{s}$ sono riportati nella tabella seguente.

Come nel caso precedente, i benefici maggiori in termini di abbassamento della superficie libera si hanno sulle sezioni a monte della sistemazione (max -11 cm), mentre in asse binario non si registra variazione di livello. Come nel caso della Q_{500} non si ha esondazione, se non nelle sezioni di valle.

Naviglio San Zenone - Situazione attuale - $Q_{100} = 18.33 \text{ m}^3/\text{s}$

Sezione	Q Totale	Quota Fondo Alveo	Quota Superficie Libera	Quota Altezza Critica.	Quota Linea dei Carichi Totali	Velocità in Alveo	N°Froude in Alveo
	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
1	18.33	100.53	102.47	101.34	102.51	0.91	0.24
1_49	18.33	100.52	102.46	101.33	102.50	0.91	0.24
1_47	18.33	100.48	102.44	101.30	102.48	0.90	0.23
2	18.33	100.26	102.29	101.18	102.34	1.00	0.26
3	18.33	100.19	102.23	101.14	102.28	1.01	0.26
4	18.33	99.77	102.26	100.99	102.26	0.06	0.02
4_19	18.33	99.77	102.24	101.11	102.26	0.68	0.15
	Opera 1						
4_17	18.33	99.77	101.91	101.11	102.00	1.40	0.35
4_14	18.33	99.34	101.92	100.53	101.93	0.47	0.11
	Opera 2						
4_12	18.33	99.34	101.91	100.53	101.92	0.48	0.11
5	18.33	99.88	101.90	100.54	101.91	0.51	0.13
5_9	18.33	99.71	101.88	100.59	101.91	0.75	0.17
	Opera 3						
5_7	18.33	99.71	101.68	100.59	101.72	0.93	0.22

Naviglio San Zenone - Situazione di progetto - $Q_{100} = 18.33 \text{ m}^3/\text{s}$

Sezione	Q Totale	Quota Fondo Alveo	Quota Superficie Libera	Quota Altezza Critica.	Quota Linea dei Carichi Totali	Velocità in Alveo	N°Froude in Alveo
	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
1	18.33	100.53	102.36	101.34	102.41	0.99	0.26
1_49	18.33	100.52	102.34	101.33	102.39	0.98	0.26
1_47	18.33	100.48	102.32	101.30	102.37	0.98	0.26
2a	18.33	100.28	102.25	101.20	102.30	1.05	0.28
2	18.33	100.26	102.24	101.18	102.30	1.04	0.27
3a	18.33	100.22	102.24	101.09	102.29	0.98	0.25
3	18.33	100.19	102.23	101.06	102.28	0.97	0.24
3b	18.33	100.17	102.23	101.04	102.28	0.96	0.24
4	18.33	99.77	102.26	100.99	102.26	0.06	0.02
4_19	18.33	99.77	102.24	101.11	102.26	0.68	0.15
	Opera 1						
4_17	18.33	99.77	101.91	101.11	102.00	1.40	0.35
4_14	18.33	99.34	101.92	100.53	101.93	0.47	0.11
	Opera 2						
4_12	18.33	99.34	101.91	100.53	101.92	0.48	0.11
5	18.33	99.88	101.90	100.54	101.91	0.51	0.13
5_9	18.33	99.71	101.88	100.59	101.91	0.75	0.17
	Opera 3						
5_7	18.33	99.71	101.68	100.59	101.72	0.93	0.22

7 Verifica dell'attraversamento sotto la linea A.C.

Come detto in precedenza, le simulazioni sono state condotte inserendo nel modello le opere interferenti con l'alveo. La linea A.C. supera il canale per mezzo del viadotto Gardesana.

I risultati della verifica sono contenuti nelle tabelle seguenti, per le sezioni di inizio impalcato, asse binario pari e fine impalcato:

Sezione di monte

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	18.33	102.24	102.29	108.97	6.73	6.68
500	21.97	102.18	102.26	108.97	6.79	6.71

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	18.33	102.23	102.28	108.97	6.74	6.69
500	21.97	102.17	102.25	108.97	6.80	6.72

Sezione di valle

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	18.33	102.23	102.28	108.97	6.74	6.69
500	21.97	102.17	102.24	108.97	6.80	6.73

In accordo con quanto richiesto dal Manuale di Progettazione ITALFERR sono soddisfatte le seguenti condizioni di franco, in relazione alla portata con tempo di ritorno 500 anni:

- 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,