

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 INFERIORE
IN40078; Pk 84+851
RELAZIONE IDRAULICA**

IL PROGETTISTA



IL PROGETTISTA INTEGRATORE

saipem spa
Tommaso Tarantini

Dottore in Ingegneria Civile Iscritto all'Albo
degli Ingegneri della Provincia di Milano
al n. A2874/01 - Sez. A Settori
a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazion
Tel. 02 52024571 Fax 02 52024508
C.F. e P.IVA 0837091097

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	4	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	GOCATO	01.07.14	DI NARDO	01.07.14	LAZZARI	01.07.14	

SAIPEM S.p.a. COMM. 032121

Data: 01.07.14

Doc. IN0500DE2RIID00020441



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008



INDICE

1. Premessa.....	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
5.1 Condizioni di verifica	7
5.1.1 Portata Transitante in alveo.....	7
5.1.2 Portata con Tr= 500 anni.....	9
5.1.3 Portata con Tr= 100 anni.....	10
5.1.4 Verifica dello scatolare sotto la linea A.C.	11

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 Naviglio Inferiore, 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 del fosso.



Figura 1 – Naviglio Inferiore

La geometria del canale nel tratto a cavallo dell'attraversamento ferroviario è stata descritta mediante il rilievo topografico di 5 sezioni. L'ubicazione delle sezioni unitamente al profilo longitudinale del fondo scorrevole esistente sono riportati nella tavola IN05DE2LZID0002043 mentre i profili delle sezioni sono riportati nella tavola IN05DE2W9ID0002016. 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. La posizione delle sezioni di rilievo è riportata anche nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

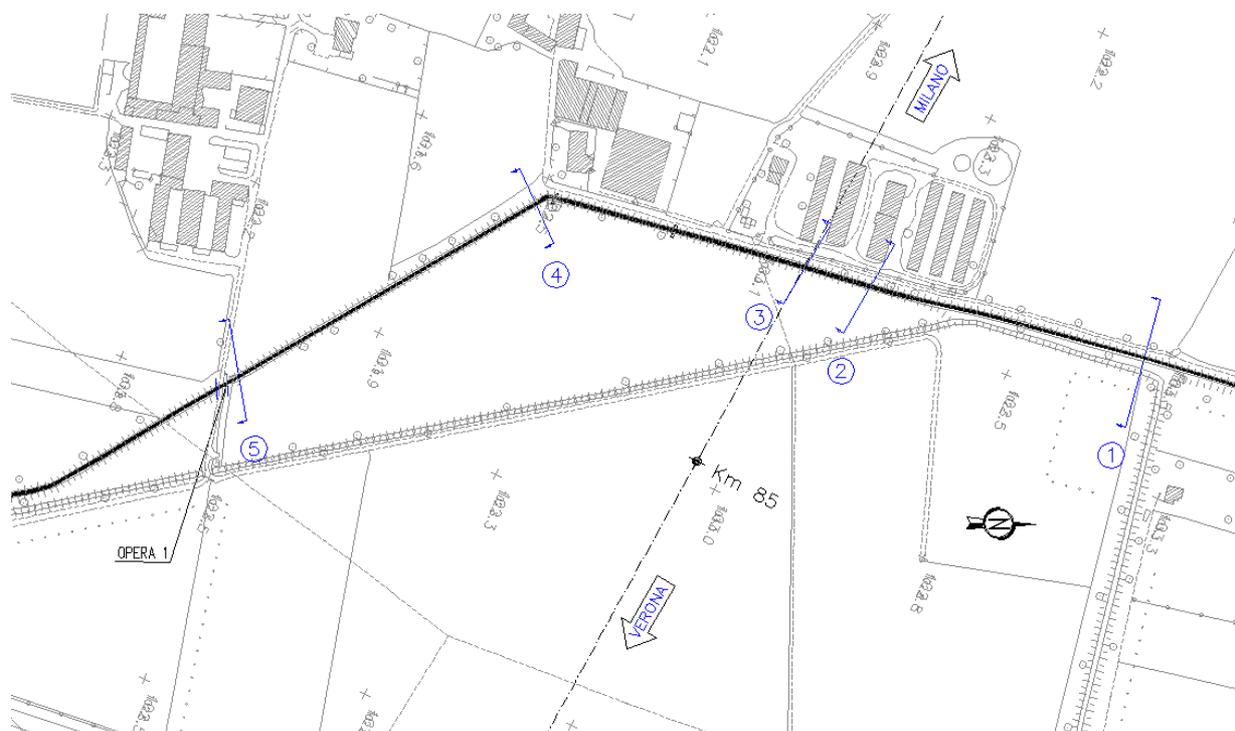


Figura 2 - Posizione sezioni rilevate

Le sezioni hanno una larghezza compresa fra 60.40 m (sezione 4) e 97.04 m (sezione 1) e coprono un tratto di alveo lungo 761.31 m. La pendenza media del fondo è dello 0.06%.

La sezione del canale è irregolare, in testa la larghezza è di 9.85-12.42 m, la profondità oscilla fra 1.85 e 2.92 m. Il fondo della roggia è in terra, le sponde sono ricoperte di vegetazione.

Presente un solo manufatto interferente con il canale nella situazione attuale, costituito da un piccolo ponticello per l'attraversamento del fosso. Nella Figura 3 è riportata l'immagine di tale opera.



Figura 3 - Ponticello alla prog. 0+720.59

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. Portate di piena

La portata transitante in alveo nello stato attuale è stata valutata in 4.00 m³/s ed è stata ricavata mediante una serie di simulazioni effettuate con il codice di calcolo HEC-RAS: il massimo valore di

portata determinante una superficie libera interamente contenuta nell'alveo esistente è stato assunto come portata transitante in alveo.

Le portate di piena di progetto derivano dalla Relazione Idrologica (Rif. IN05DE2RGID0001001) e sono pari a:

Tr= 100 anni: $Q_{100} = 17.05 \text{ m}^3/\text{s}$;

Tr= 200 anni: $Q_{200} = 18.86 \text{ m}^3/\text{s}$

Tr= 500 anni: $Q_{500} = 20.44 \text{ m}^3/\text{s}$.

5. Sistemazione di progetto

La sistemazione di progetto del Naviglio inferiore prevede la regolarizzazione della sezione, cui viene conferita una forma trapezoidale con pendenza delle sponde 3/2 e larghezza del fondo pari a 4.82 m.

Il canale viene rivestito internamente con pietrame di diametro medio 0.20 m.

6. Modalità di deflusso in piena

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.

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.

5.1 Condizioni di verifica

Le verifiche sono state effettuate con le portate definite nel paragrafo 2, considerando come condizione al contorno di valle una pendenza della linea dell'energia pari a quella del fondo nell'ultimo tratto, pari a 0.06%.

Come scabrezze sono stati considerati valori, secondo la formulazione di Manning, pari a $n=0.025$ in alveo (alveo con fondo e sponde in massi intasati con malta) 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.

5.1.1 Portata Transitante in alveo

I risultati della simulazione a moto permanente per le situazioni attuale e di progetto con portata 4.00 m^3/s sono riportati nelle tabelle seguenti. Le sezioni nuove ricavate dalla cartografia sono indicate in corsivo.

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

Naviglio Inferiore - Situazione attuale - Q= 4.00 m³/s

Sezione	Q Totale	Quota Fondo Alveo	Quota Superficie Libera	Quota Altezza Critica.	Quota Linea dei Carichi Totali	Pendenza Linea Carichi Totali	Velocità in Alveo	Area di Deflusso	Larghezza Pelo libero	N°Froude in Alveo
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)		(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
1 - 50_1	4.00	100.08	101.46	100.55	101.47	0.00041	0.49	8.20	7.84	0.15
2 - 40_2	4.00	99.90	101.37	100.45	101.38	0.00043	0.49	8.10	7.87	0.16
3 - 30_3	4.00	99.82	101.36	100.33	101.37	0.00025	0.40	9.96	8.89	0.12
4 - 20_4	4.00	99.88	101.29	100.34	101.30	0.00044	0.44	9.17	10.97	0.15
15 - 0_5	4.00	99.64	101.17	100.18	101.18	0.00049	0.52	7.67	6.94	0.16
8	Opera 1									
6	4.00	99.74	101.03	100.32	101.05	0.00095	0.65	6.11	6.65	0.22
3	4.00	99.59	101.01	100.13	101.03	0.00064	0.58	6.94	6.68	0.18

Naviglio Inferiore - Situazione di progetto - Q= 4.00 m³/s

Sezione	Q Totale	Quota Fondo Alveo	Quota Superficie Libera	Quota Altezza Critica.	Quota Linea dei Carichi Totali	Pendenza Linea Carichi Totali	Velocità in Alveo	Area di Deflusso	Larghezza Pelo libero	N°Froude in Alveo
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)		(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
1a - 60	4.00	100.10	101.41	100.56	101.42	0.00050	0.52	7.68	7.70	0.17
50	Attraversamento rampa di svincolo									
1b - 45	4.00	100.07	101.40	100.54	101.41	0.00047	0.51	7.83	7.74	0.16
2a - 43	4.00	99.91	101.32	100.47	101.34	0.00051	0.53	7.62	7.73	0.17
40	Attraversamento Autostrada A.C.P.									
35	4.00	99.83	101.31	100.39	101.32	0.00042	0.49	8.15	7.88	0.15
3a - 33	4.00	99.83	101.31	100.23	101.32	0.00006	0.38	10.43	9.26	0.12
	Attraversamento Linea A.C. Viadotto Gardensana									
3 - 30_3	4.00	99.82	101.31	100.22	101.32	0.00006	0.38	10.55	9.30	0.11
3b - 25	4.00	99.79	101.31	100.19	101.32	0.00005	0.37	10.79	9.38	0.11
4 - 20_4	4.00	99.88	101.29	100.34	101.30	0.00044	0.44	9.17	10.97	0.15
5 - 10_5	4.00	99.64	101.17	100.18	101.18	0.00049	0.52	7.67	6.94	0.16
8	Opera 1									
6	4.00	99.74	101.03	100.32	101.05	0.00095	0.65	6.11	6.65	0.22
3	4.00	99.59	101.01	100.13	101.03	0.00064	0.58	6.94	6.68	0.18

5.1.2 Portata con $T_r = 500$ anni

I risultati della simulazione a moto permanente per le situazioni attuale e di progetto con portata $20.44 \text{ m}^3/\text{s}$ sono riportati nelle tabelle seguenti. Le sezioni nuove, ricavate dalla cartografia, sono indicate in corsivo.

La sistemazione dell'alveo nella configurazione di progetto determina, anche in questo caso, l'abbassamento dei livelli sulle sezioni. Nella situazione di progetto i livelli risultano tutti compresi nella sezione di progetto per tutto il tratto deviato.

Naviglio Inferiore - Situazione attuale – $Q_{500} = 20.44 \text{ m}^3/\text{s}$

Sezione	Q Totale	Quota Fondo Alveo	Quota Superficie Libera	Quota Altezza Critica.	Quota Linea dei Carichi Totali	Pendenza Linea Carichi Totali	Velocità in Alveo	Area di Deflusso	Larghezza Pelo libero	N°Froude in Alveo
	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)		(m/m)	(m/s)	(m^2)	(m)	
1 - 50_1	20.44	100.08	102.60	101.28	102.66	0.00109	1.10	18.61	10.41	0.26
2 - 40_2	20.44	99.90	102.37	101.21	102.43	0.00117	1.07	23.54	45.01	0.27
3 - 30_3	20.44	99.82	102.34	101.01	102.38	0.00079	0.93	26.53	37.46	0.23
4 - 20_4	20.44	99.88	102.29	101.12	102.30	0.00018	0.45	56.22	60.40	0.11
15 - 0_5	20.44	99.64	102.20	101.00	102.22	0.00061	0.77	39.74	76.10	0.19
8	Opera 1									
6	20.44	99.74	102.16	101.11	102.18	0.00075	0.83	37.02	76.10	0.21
3	20.44	99.59	102.14	100.95	102.16	0.00062	0.78	37.65	64.76	0.19

Naviglio Inferiore - Situazione di progetto – $Q_{500} = 20.44 \text{ m}^3/\text{s}$

Sezione	Q Totale	Quota Fondo Alveo	Quota Superficie Libera	Quota Altezza Critica.	Quota Linea dei Carichi Totali	Pendenza Linea Carichi Totali	Velocità in Alveo	Area di Deflusso	Larghezza Pelo libero	N°Froude in Alveo
	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)		(m/m)	(m/s)	(m^2)	(m)	
1a - 60	20.44	100.10	102.70	101.29	102.75	0.00097	1.05	19.45	10.60	0.25
50	Attraversamento rampa di svincolo									
1b - 45	20.44	100.07	102.59	101.26	102.65	0.00109	1.10	18.61	10.41	0.26
2a - 43	20.44	99.91	102.45	101.22	102.49	0.00095	0.99	26.22	46.62	0.25
40	Attraversamento Autostrada A.C.P.									
35	20.44	99.83	102.30	101.14	102.36	0.00119	1.08	23.23	44.46	0.28
3a - 33	20.44	99.83	102.31	100.92	102.35	0.00021	0.97	21.08	12.23	0.24
	Attraversamento Linea A.C. Viadotto Gardensana									
3 - 30_3	20.44	99.82	102.30	100.91	102.35	0.00021	0.96	21.22	12.27	0.23
3b - 25	20.44	99.79	102.30	100.88	102.34	0.00020	0.95	21.49	12.34	0.23
4 - 20_4	20.44	99.88	102.29	101.13	102.30	0.00018	0.45	56.20	60.40	0.11
5 - 10_5	20.44	99.64	102.20	101.00	102.22	0.00061	0.77	39.70	76.10	0.19
8	Opera 1									
6	20.44	99.74	102.15	101.11	102.18	0.00076	0.83	36.79	76.10	0.21
3	20.44	99.59	102.13	100.95	102.16	0.00	0.79000	37.43	64.76	0.20

5.1.3 Portata con Tr= 100 anni

I risultati della simulazione a moto permanente per le situazioni attuale e di progetto con portata centenaria $Q_{100} = 17.05 \text{ m}^3/\text{s}$ sono riportati nelle tabelle seguenti. Le sezioni nuove ricavate dalla cartografia sono indicate in corsivo.

Anche in questo caso la sistemazione dell'alveo nella configurazione di progetto provoca l'abbassamento dei livelli sulle sezioni. Nella situazione di progetto i livelli risultano tutti compresi nella sezione di progetto per tutto il tratto deviato.

Naviglio Inferiore - Situazione attuale - $Q_{100} = 17.05 \text{ m}^3/\text{s}$

Sezione	Q Totale	Quota Fondo Alveo	Quota Superficie Libera	Quota Altezza Critica.	Quota Linea dei Carichi Totali	Pendenza Linea Carichi Totali	Velocità in Alveo	Area di Deflusso	Larghezza Pelo libero	N°Froude in Alveo
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)		(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
1 - 50_1	17.05	100.08	102.49	101.16	102.54	0.00091	0.98	17.45	10.15	0.24
2 - 40_2	17.05	99.90	102.29	101.09	102.34	0.00104	0.99	19.95	39.22	0.26
3 - 30_3	17.05	99.82	102.26	100.90	102.29	0.00069	0.85	23.54	37.28	0.21
4 - 20_4	17.05	99.88	102.22	101.02	102.22	0.00016	0.42	51.68	60.40	0.10
15 - 0_5	17.05	99.64	102.13	100.87	102.15	0.00059	0.74	34.44	76.10	0.19
8	Opera 1									
6	17.05	99.74	102.07	100.99	102.10	0.00073	0.79	31.05	66.63	0.21
3	17.05	99.59	102.05	100.82	102.08	0.00062	0.76	32.35	64.70	0.19

Naviglio Inferiore - Situazione di progetto - $Q_{100} = 17.05 \text{ m}^3/\text{s}$

Sezione	Q Totale	Quota Fondo Alveo	Quota Superficie Libera	Quota Altezza Critica.	Quota Linea dei Carichi Totali	Pendenza Linea Carichi Totali	Velocità in Alveo	Area di Deflusso	Larghezza Pelo libero	N°Froude in Alveo
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)		(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
1a - 60	17.05	100.10	102.53	101.17	102.58	0.00086	0.96	17.75	10.22	0.23
50	Attraversamento rampa di svincolo									
1b - 45	17.05	100.07	102.46	101.15	102.51	0.00093	0.98	17.32	10.12	0.24
2a - 43	17.05	99.91	102.32	101.10	102.37	0.00099	0.97	20.69	40.48	0.25
40	Attraversamento Autostrada A.C.P.									
35	17.05	99.83	102.22	101.02	102.27	0.00104	0.99	19.97	39.25	0.26
3a - 33	17.05	99.83	102.23	100.81	102.27	0.00017	0.85	20.17	12.01	0.21
	Attraversamento Linea A.C. Viadotto Gardensana									
3 - 30_3	17.05	99.82	102.23	100.80	102.26	0.00016	0.84	20.31	12.05	0.21
3b - 25	17.05	99.79	102.22	100.77	102.26	0.00016	0.83	20.59	12.12	0.20
4 - 20_4	17.05	99.88	102.22	101.02	102.22	0.00016	0.42	51.68	60.40	0.10
5 - 10_5	17.05	99.64	102.13	100.87	102.15	0.00059	0.74	34.44	76.10	0.19
8	Opera 1									
6	17.05	99.74	102.07	100.99	102.10	0.00	0.79000	31.05	66.63	0.21
3	17.05	99.59	102.05	100.82	102.08	0.00	0.76000	32.35	64.70	0.19

5.1.4 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. L'attraversamento della Linea A.C. si realizza per mezzo del viadotto Gardesana.

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

Sezione di inizio viadotto

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	17,5	102,23	102,26	111,13	8,9	8,87
500	20,44	102,3	103,35	111,13	8,83	8,78

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	17,5	102,23	102,26	111,13	8,9	8,87
500	20,44	102,3	103,35	111,13	8,83	8,78

Sezione di fine viadotto

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	17,5	102,23	102,26	111,13	8,9	8,87
500	20,44	102,3	103,35	111,13	8,83	8,78

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2 RI ID0002 044

Rev.
1

Foglio
12 di 12

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.