

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**

**RELAZIONE GENERALE  
OPERE D'ARTE MINORI:  
SCATOLARI ATTRAVERSAMENTI IDR**

IL PROGETTISTA



IL PROGETTISTA INTEGRATORE

saipem spa  
Tommaso Taranta

Dottore in Ingegneria Civile Iscritto all'albo degli Ingegneri della Provincia di Milano al n. A23775 - Sez. A Settori: a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione  
Tel. 02 52029571 - Fax 02 52029509  
CF. e P.IVA n. 0823708157

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	G	I	D	0	0	0	2	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR									Autorizzato/Data
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Consorzio <b>Cepav due</b> 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. IN0500DE2RGID00020011



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008



## INDICE

<b>RELAZIONE GENERALE</b> .....	1
<b>OPERE D'ARTE MINORI:</b> .....	1
<b>SCATOLARI ATTRAVERSAMENTI IDRAULICI</b> .....	1
1. GENERALITA' .....	3
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	4
3. INDIVIDUAZIONE DEGLI ATTRAVERSAMENTI .....	6
4. Tratto da pk 68+300.00 a pk 100+000.00 linea AC/AV; I.C. Brescia Est. ....	7
4.1 AFFIANCAMENTO A.C.P. ....	7
4.2 CONSORZI DI BONIFICA .....	8
4.3 COMUNI ATTRAVERSATI .....	8
4.4 TIPOLOGIE DI TOMBINI UTILIZZATE .....	8
4.5 ELENCO TOMBINI VERIFICATI - da pk 68+300.00 a pk 100+000.00 linea AC; I.C. Brescia Est; 9	
4.6 ATTRAVERSAMENTI SPECIALI .....	12
4.6.1 SIFONE PK 99+800.00 .....	12
5. Tratto da pk 100+000.00 a pk 140+778.00 linea AC. ....	13
5.1 AFFIANCAMENTO AUTOSTRADA A4 E LINEA STORICA MILANO- VENEZIA .....	13
5.2 CONSORZI DI BONIFICA .....	13
5.3 COMUNI ATTRAVERSATI .....	14
5.4 TIPOLOGIE DI TOMBINI UTILIZZATE .....	14
5.5 ELENCO TOMBINI VERIFICATI da pk 100+000.00 a pk 140+400.00 linea AC; .....	15
5.6 ATTRAVERSAMENTI SPECIALI .....	16
5.6.1 SIFONE PK 111+860.00 .....	16
5.6.2 SIFONE PK 125+686.00 .....	16
5.6.3 SIFONE PK 139+900.00 .....	16
6. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE IDRAULICHE DEI MANUFATTI DI ATTRAVERSAMENTO .....	17
6.4 GENERALITA' .....	17
6.5 7.2 - COSTRUZIONE DELLE SCALE DI DEFLUSSO PER IL DIMENSIONAMENTO. ....	18
6.6 AFFONDAMENTO .....	19
6.7 VERIFICHE IDRAULICHE DEI TOMBINI .....	21
6.8 VERIFICHE IDRAULICHE SIFONI .....	25

## 1. GENERALITA'

Il territorio su cui si snoda il tracciato della linea ferroviaria AC Milano-Verona è interessato da una fitta rete idrografica costituita da fiumi, torrenti, canali di bonifica, canali di irrigazione, fossi di scolo, canalette prefabbricate in cls. (pensili o appoggiate sul terreno).

In base al tracciato scelto, sono state individuate sulle planimetrie in scala 1:1000 tutte le intersezioni con la rete idrografica, a loro volta suddivise in intersezioni con corsi d'acqua principali, ovvero in accordo alle Prescrizioni tecniche per la progettazione (P.T.P.) di Italferr, quelli con area di bacino imbrifero superiore ai 10 km<sup>2</sup>, ed intersezioni con corsi d'acqua secondari (bacino imbrifero minore a 10 km<sup>2</sup>).

Per i primi si rimanda alla consultazione dell'apposita relazione idraulica riferita alla fascia chilometrica di pertinenza:

**-“RELAZIONE IDRAULICA OPERE D'ARTE MAGGIORI – TRATTO DA PK 68+300.00 A PK 100+000.00 LINEA AC E I.C. DI BRESCIA EST” codice IN0500DE2RIID0002014;**

**-“RELAZIONE IDRAULICA OPERE D'ARTE MAGGIORI – TRATTO DA PK 100+000.00 A PK 140+778.00 LINEA AC” codice IN0500DE2RIID0002015.**

La presente relazione ha la finalità di esporre l'approccio tecnico adottato per il dimensionamento degli attraversamenti idraulici asserviti ai corsi d'acqua secondari.

Il tracciato della linea ferroviaria AC Mi-Vr ha la caratteristica di stare sempre in affiancamento ad altre infrastrutture viarie, già realizzate o in fase di progettazione.

Queste sono rispettivamente:

- BREBEMI (le assunzioni di compatibilità idraulica sono state proposte dal progettista A.C.);
- ACP (in corso di realizzazione e in parte realizzata; le assunzioni di compatibilità idraulica sono state eseguite sulla base del progetto ACP disponibile e sulla base di approfondimenti tecnici del progettista A.C.);
- A4 (infrastruttura esistente);
- Linea ferroviaria storica MILANO-VENEZIA (infrastruttura esistente).

Alla luce di quanto sopra ed in base alla suddivisione in due fasce chilometriche dell'intera tratta ferroviaria si è pensato di strutturare la relazione di verifica idraulica secondo la stessa logica; in particolare sono stati individuati i seguenti intervalli chilometrici:

**1° - da pk 68+355.00 a pk 100+000.00 linea AC, e I.C. Brescia Est;**

**2° - da pk 100+000.00 a pk 140+778.00 linea AC.**

Le verifiche di ogni tombino sono riportate nella relazione idraulica relativa alla fascia chilometrica in cui cade il singolo attraversamento e da cui è possibile avere una illustrazione dettagliata delle tipologie delle opere previste.

## 2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- ✓ -"Relazione idrologica generale" codice IN0500DE2RGID0001001;
- ✓ -"Relazione idrologica tratto da pk 68+300.00 a pk 100+00.00 linea AC e i.c. Brescia est" codice IN0500DE2RIID0002010;
- ✓ -"Relazione idrologica tratto da pk 100+000.00 a pk 140+778.00 linea AC" codice IN0500DE2RIID0002011.
- ✓ -"Relazione idraulica generale opere d'arte maggiori e corsi d'acqua principali" codice IN0500DE2RGID0002002;
- ✓ -"Relazione idraulica corsi d'acqua principali: Fiume Mella" codice IN0500DE2RIID0002003;
- ✓ -"Relazione idraulica corsi d'acqua principali: Torrente Garza" codice IN0500DE2RIID0002004;
- ✓ -"Relazione idraulica corsi d'acqua principali: Fiume Chiese" codice IN0500DE2RIID0002005;
- ✓ -"Relazione idraulica corsi d'acqua principali: Fiume Mincio" codice IN0500DE2RIID0002006;
- ✓ -"Relazione idraulica opere d'arte maggiori - da pk 68+300.00 a pk 100+00.00 linea AC e i.c. Brescia est" codice IN0500DE2RIID0002014;
- ✓ -"Relazione idraulica opere d'arte maggiori - da pk 100+000.00 a pk 140+778.00 linea AC" codice IN0500DE2RIID0002015;
- ✓ -"Relazione idraulica generale opere d'arte minori" codice IN0500DE2RGID0002001;
- ✓ -"Relazione idraulica opere d'arte minori - da pk 68+300.00 a pk 100+00.00 linea AC e i.c. Brescia est" codice IN0500DE2RIID0002008;
- ✓ -" Relazione idraulica opere d'arte minori - da pk 100+000.00 a pk 140+778.00 linea AC" codice IN0500DE2RIID0002012;
- ✓ -"Relazione smaltimento acque meteoriche" codice IN0500DE2RGID0002005;

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGID0002-001

Rev.  
1

Foglio  
5 di 30

- ✓ -D.M. 23 Febbraio 1971 “ Disciplina tipo per gli attraversamenti e i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto”;
- ✓ -Legge n° 1/2000;
- ✓ -D.G.R. n° 7/7868;
- ✓ -Direttiva n° 2/99 dell’Autorità di Bacino;
- ✓ -Prescrizioni generali per la progettazione di RFI (PTP);
- ✓ -Programma di verifica idraulica D.M.R.V. versione 3.1 (software sviluppato da Snamprogetti).

### 3. INDIVIDUAZIONE DEGLI ATTRAVERSAMENTI

L'individuazione delle sezioni di attraversamento è stata effettuata sulla cartografia in scala 1:1000. Per quanto riguarda i corsi d'acqua minori sono state considerate anche le interferenze con i tratti di ferrovia in viadotto in quanto implicano lo studio di deviazioni nel caso di interferenze con le pile o strade di ricucitura.

Durante lo studio del reticolo irriguo si è fatto in modo di preservare lo stato dei luoghi e di mantenere, il più possibile inalterato, l'alloggiamento naturale dei corsi d'acqua e la loro geometria; in primo luogo, si è provveduto ad analizzare la carta tecnica e ad individuare gli attraversamenti da considerare come irrigui, quindi canalette pensili in cls, e per quanto ipotizzato quale criterio operativo condiviso, quelli di competenza dei consorzi di bonifica.

In alcuni casi le intersezioni individuate sono state eliminate deviando planimetricamente i corsi d'acqua intercettati. In particolare ciò si è verificato quando:

- il corso d'acqua esistente non attraversa la ferrovia perpendicolarmente, ma risulta tangente o secante la sagoma di ingombro del rilevato ferroviario;
- l'andamento planimetrico del corso d'acqua o del canale presenta gomiti o diramazioni tali da richiedere un solo attraversamento del rilevato ferroviario se opportunamente deviate;
- qualora la funzionalità dei canali irrigui può essere assicurata da un'altra alimentazione.

In linea di massima ogni interferenza idraulica è stata risolta prevedendo l'utilizzo di canalizzazioni a sezione trapezia in terra, quindi un tratto di canale a U in cls di lunghezza variabile (minimo 5 m) d'imbocco al tombino scatolare per l'attraversamento della AC; un successivo tratto a U rivestito in cls allo sbocco (minimo 5 m) dello stesso manufatto per chiudere con la sezione trapezia in terra nel canale naturale.

Sono comunque state evitate brusche variazioni di percorso in presenza dei canali di dimensioni maggiori, in modo tale da mantenere inalterato, per quanto possibile, il deflusso idrico.

In alcuni casi i canali minori di distribuzione irrigua non sono stati ripristinati in quanto l'area servita, compresa tra la linea AC e l'infrastruttura in affiancamento in quel tratto, ricade nella fascia esproprianda completamente asservita alla realizzazione dei manufatti in progetto.

Per quanto riguarda le scoline, o fossetti irrigui di campo (di gestione privata) interessati dal rilevato ferroviario, sono stati tutti intercettati a monte a mezzo di un capofosso che corre in parallelo alla ferrovia e all'esterno della recinzione, verso il più prossimo tombino di attraversamento in cui recapita le sue acque.

Per rendere poi possibile l'attraversamento dei canali consortili, irrigui o di colo, da parte dei mezzi addetti alla manutenzione (due volte l'anno è previsto lo sfalcio delle sponde), è stato previsto un ponticello all'esterno della recinzione della ferrovia, parallelo alla linea ferroviaria. Particolare cura è stata posta nel garantire l'accesso e lo scavalco dei canali consortili che attraversano la fascia interclusa tra la linea AC e le infrastrutture in affiancamento.

Lo studio della soluzione idraulica, nei tratti in affiancamento, si basa sull'ipotesi comune che il tracciato plano-altimetrico degli attraversamenti idraulici della linea AC sia congruente con i manufatti esistenti (A4; linea storica), previsti dal progetto ACP e da progettare a cura di BreBeMi.

Tutti gli interventi AC descritti sono finalizzati ad ottenere un progetto di compatibilità idraulica lungo il corridoio infrastrutturale previsto.

Di seguito si procede a dare evidenza delle opere idrauliche che ricadono nelle fasce chilometriche dichiarate nel capitolo precedente, dando anche una descrizione qualitativa dell'approccio utilizzato per risolvere le problematiche di compatibilità idraulica con le infrastrutture viabilistiche principali che ricadono in ciascun intervallo di progressive.

#### **4. Tratto da pk 68+300.00 a pk 100+000.00 linea AC/AV; I.C. Brescia Est.**

##### **4.1 AFFIANCAMENTO A.C.P.**

Il tracciato del progetto A.C.P. corre, per tutto il suo sviluppo, a nord della linea AC fino alla pk 92+800.00 dove l'autostrada si discosta definitivamente e prosegue verso Nord e la ferrovia attraversa la zona di Montichiari.

Nel tratto in questione le risoluzioni idrauliche della linea AC sono state studiate tenendo conto delle prescrizioni previste dal progetto definitivo dell'autostrada stessa o di quanto realizzato. Ciò ha obbligato ad adeguare planimetricamente le soluzioni idrauliche della linea AC con quelle dell'infrastruttura in affiancamento.

Le dimensioni dei manufatti, però, sono state calcolate indipendentemente dal progetto dell'autostrada seguendo le prescrizioni delle P.T.P. di Italferr. Di conseguenza, la soluzione idraulica definitiva è quella che si spinge fino alla recinzione divisoria con A.C.P.

Inoltre sono stati previsti manufatti d'attraversamento aggiuntivi sotto l'A.C. nei tratti che l'analisi dello stato di fatto analizzato sulla cartografia in scala 1:1000 ne giustificava l'inserimento.

Il procedimento attuato ha previsto lo studio della cartografia in scala 1:1000 e il tracciamento della soluzione idraulica basandosi anche sugli studi planimetrici presenti nel progetto dell'autostrada. Nel caso in cui, i dati erano mancanti o inadeguati rispetto ai requisiti di progettazione adottati, si è ipotizzata una soluzione idraulica compatibile con A.C.P. ma che soddisfaceva i requisiti del Manuale di Progettazione

#### 4.2 CONSORZI DI BONIFICA

- -Da pk 068+300.00 a pk 083+006.00 Consorzio di Bonifica Oglio Mella;
- -da pk 083+006.00 a pk 098+483.00 Consorzio di Bonifica Chiese;
- -da pk 001+167.00 a pk 005+505.00 ICBE Consorzio di Bonifica Chiese.

#### 4.3 COMUNI ATTRAVERSATI

- -Da pk 066+010.00 a pk 069+819.00 Rovato;
- -da pk 070+000.00 a pk 073+800.00 Travagliato;
- -da pk 074+331.00 a pk 075+900.00 Lograto;
- -da pk 076+169.00 a pk 076+242.00 Torbole Casaglia;
- -da pk 076+420.00 a pk 078+143.00 Azzano Mella;
- -da pk 078+175.00 a pk 078+651.00 Castel Mella;
- -da pk 078+651.00 a pk 078+984.00 Capriano del Colle;
- -da pk 079+617.00 a pk 083+185.00 Flero;
- -da pk 083+263.00 a pk 083+692.00 San Zeno Naviglio;
- -da pk 083+764.00 a pk 084+929.00 Poncarale;
- -da pk 085+340.00 a pk 087+550.00 Montirone;
- -da pk 088+208.00 a pk 088+974.00 Ghedi;
- -da pk 090+400.00 a pk 093+512.00 Castenedolo;
- -da pk 096+230.00 a pk 098+483.00 Calcinato.
- -da pk 000+000.00 a pk 003+176.00 ICBE Calcinato;
- -da pk 003+921.00 a pk 005+505.00 ICBE Mazzano.

#### 4.4 TIPOLOGIE DI TOMBINI UTILIZZATE

Le tipologie di tombino sono:

- tombino circolare Ø 1500
- tombino scatolare 2.00x2.00
- tombino scatolare 3.00x1.50
- tombino scatolare 3.00x2.00
- tombino scatolare 3.00x2.50
- tombino scatolare 3.00x3.00



- tombino scatolare 4.00x2.00
- tombino scatolare 4.00x3.00
- tombino scatolare 5.00x2.00
- tombino scatolare 5.00x3.00

Il tombino Ø1500 è stato utilizzato in quanto fornisce notevoli vantaggi di dilavamento e smaltimento degli accumuli di materiale sul fondo; per dimensioni maggiori si è deciso di adottare i tombini di tipo scatolare per consentire di raccordarsi facilmente con la geometria delle canalizzazioni esistenti introducendo minori perturbazioni al deflusso dell'acqua.

#### 4.5 ELENCO TOMBINI VERIFICATI - da pk 68+300.00 a pk 100+000.00 linea AC; I.C. Brescia Est;

##### Interferenze con linea AC:

IN10130	TOMBINO Ø 1500	68,381.00
IN10131	TOMBINO 2.00X2.00	68,630.00
IN10132	TOMBINO 2.00X2.00	68,660.00
IN10133	TOMBINO 2.00X2.00	69,113.00
IN10134	TOMBINO 2.00X2.00	69,277.00
IN10135	TOMBINO Ø 1500	69,575.00
IN10136	TOMBINO Ø 1500	69,605.00
IN10137	TOMBINO 2.00X2.00	69,690.00
IN10138	TOMBINO 3.00X2.00	69,804.00
IN10139	TOMBINO 2.00X2.00	70,105.00
IN10140	TOMBINO 2.00X2.00	70,313.00
IN10141	TOMBINO Ø 1500	70,552.00
IN10142	TOMBINO Ø 1500	71,030.00
IN10143	TOMBINO 2.00X2.00	71,381.00
IN10144	TOMBINO Ø 1500	71,452.00
IN10145	TOMBINO Ø 1500	71,794.00
IN10146	TOMBINO 2.00X2.00	71,946.00
IN10147	TOMBINO Ø 1500	72,318.00
IN10148	TOMBINO 3.00X2.00	72,559.00
IN40044	TOMBINO Ø 1500	72,788.00
IN10149	TOMBINO 2.00X2.00	73,260.00

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA

Progetto  
IN05Lotto  
00Codifica Documento  
DE2RGID0002-001Rev.  
1Foglio  
10 di 30

IN10258	TOMBINO Ø 1500	73,743.00
IN10162	TOMBINO 3.00X3.00	73,982.00
IN10150	TOMBINO Ø 1500	73,988.00
IN10151	TOMBINO Ø 1500	74,365.00
IN10152	TOMBINO Ø 1500	74,630.00
IN10153	TOMBINO Ø 1500	75,162.00
IN10154	TOMBINO 2.00X2.00	75,460.00
IN10155	TOMBINO 2.00X2.00	75,565.0
IN10158	TOMBINO Ø 1500	75,936.00
IN10159	TOMBINO 2.00X2.00	76,182.00
IN10157	TOMBINO 2.00X2.00	76,224.00
IN10160	TOMBINO 2.00X2.00	76,419.00
IN10161	TOMBINO 2.00X2.00	77,080.00
IN10162	TOMBINO Ø 1500	77,245.00
IN10163	TOMBINO Ø 1500	77,475.00
IN40060	TOMBINO 2.00X2.00	79,676.00
IN40061	TOMBINO 4.00X2.00	79,926.00
IN10168	TOMBINO Ø 1500	80,076.00
IN15023	TOMBINO 5.00X3.00	80,210.00
IN10164	TOMBINO Ø 1500	80,427.00
IN10165	TOMBINO 2.00X2.00	80,959.00
IN10165*	TOMBINO 4.00X2.00	81,275.00
IN10166	TOMBINO Ø 1500	81,701.00
IN10167	TOMBINO Ø 1500	81,705.00
IN10169	TOMBINO 2.00X2.00	81,940.00
IN15025	TOMBINO 4.00X2.00	82,196.00
IN10170	TOMBINO Ø 1500	82,415.00
IN10171	TOMBINO 2.00X2.00	82,630.00
IN40063	TOMBINO Ø 1500	82,898.00
IN10172	TOMBINO Ø 1500	83,396.00
IN10173	TOMBINO Ø 1500	83,486.00
IN40067	TOMBINO 5.00 X 3.00	83,559.00
IN40068	TOMBINO 5.00 X 3.00	83,629.00
IN40069	TOMBINO 5.00 X 3.00	83,686.00
IN40071	TOMBINO 5.00 X 3.00	83,749.00
IN40128	TOMBINO Ø 1500	87,067.00
IN40134	TOMBINO Ø 1500	87,396.00
IN10176	TOMBINO Ø 1500	87,488.00
IN10177	TOMBINO 2.00X2.00	87,550.00
IN10178	TOMBINO Ø 1500	87,663.00

<b>IN10179</b>	<b>TOMBINO Ø 1500</b>	<b>88,208.00</b>
<b>IN10180</b>	<b>TOMBINO Ø 1500</b>	<b>88,670.00</b>
<b>IN10181</b>	<b>TOMBINO Ø 1500</b>	<b>88+856</b>
<b>IN10182</b>	<b>TOMBINO Ø 1500</b>	<b>88,964.00</b>
<b>IN10183</b>	<b>TOMBINO 2.00X2.00</b>	<b>89,262.00</b>
<b>IN10184</b>	<b>TOMBINO 2.00X2.00</b>	<b>89,528.00</b>
<b>IN10185</b>	<b>TOMBINO 2.00X2.00</b>	<b>89,709.00</b>
<b>IN10186</b>	<b>TOMBINO 2.00X2.00</b>	<b>89,944.00</b>
<b>IN10190</b>	<b>TOMBINO 3.00X2.00</b>	<b>91,183.00</b>
<b>IN10191</b>	<b>TOMBINO Ø 1500</b>	<b>91,230.00</b>
<b>IN10195</b>	<b>TOMBINO 3.00X3.00</b>	<b>91,980.00</b>
<b>IN10196</b>	<b>TOMBINO 3.00X2.00</b>	<b>92,103.00</b>
<b>IN10197</b>	<b>TOMBINO 3.00X2.00</b>	<b>92,368.00</b>
<b>IN10198</b>	<b>TOMBINO 2.00X2.00</b>	<b>92,670.00</b>
<b>IN10199</b>	<b>TOMBINO 2.00X2.00</b>	<b>92,793.00</b>
<b>IN10199*</b>	<b>TOMBINO 2.00X2.00</b>	<b>92,925.00</b>
<b>IN10200</b>	<b>TOMBINO 2.00X2.00</b>	<b>93,068.00</b>
<b>IN10201</b>	<b>TOMBINO 3.00X2.00</b>	<b>93,090.00</b>
<b>IN10202</b>	<b>TOMBINO 3.00X2.00</b>	<b>93,343.00</b>
<b>IN10260</b>	<b>TOMBINO Ø 1500</b>	<b>93,955.00</b>
<b>IN10204</b>	<b>TOMBINO 2.00X2.00</b>	<b>94,468.00</b>
<b>IN10205</b>	<b>TOMBINO Ø 1500</b>	<b>94,716.00</b>
<b>IN10206</b>	<b>TOMBINO Ø 1500</b>	<b>95,272.00</b>
<b>IN10207</b>	<b>TOMBINO 2.00X2.00</b>	<b>95,691.00</b>
<b>IN10208</b>	<b>TOMBINO 3.00X2.00</b>	<b>96,228.00</b>
<b>IN10209</b>	<b>TOMBINO Ø 1500</b>	<b>96,400.00</b>
<b>IN10210</b>	<b>TOMBINO Ø 1500</b>	<b>96,599.00</b>
<b>IN10211</b>	<b>TOMBINO 2.00X2.00</b>	<b>96,835.00</b>
<b>IN10212</b>	<b>TOMBINO Ø 1500</b>	<b>97,210.00</b>
<b>IN10213</b>	<b>TOMBINO Ø 1500</b>	<b>97,718.00</b>
<b>IN10214</b>	<b>TOMBINO Ø 1500</b>	<b>97,922.00</b>
<b>IN10215</b>	<b>TOMBINO 2.00X2.00</b>	<b>97,934.00</b>
<b>IN15034</b>	<b>SIFONE 2x(1.20X2.00)</b>	<b>99,800.00</b>

### Interferenze con l'interconnessione Brescia Est

IN10520	TOMBINO Ø 1500	714.00
IN10501	TOMBINO Ø 1500	1,088.00
IN10502	TOMBINO Ø 1500	1,112.00
IN10503	TOMBINO 2.00X2.00	1,650.00
IN10504	TOMBINO 2.00X2.00	1,660.00
IN10505	TOMBINO Ø 1500	2,035.00
IN10506	TOMBINO 2.00X2.00	2,192.00
IN10507	TOMBINO Ø 1500	2,420.00
IN10508	TOMBINO 2.00X2.00	2,589.00
IN10509	TOMBINO Ø 1500	2,812.00
IN10510	TOMBINO Ø 1500	2,929.00
IN10511	TOMBINO Ø 1500	3,432.00
IN10512	TOMBINO Ø 1500	3,860.00
IN10513	TOMBINO Ø 1500	4,120.00
IN10514	TOMBINO 2.00X2.00	4,234.00
IN10521	TOMBINO Ø 1500	4,729.00
IN10515	TOMBINO Ø 1500	4,746.00
IN10516	TOMBINO 2.00X2.00	4,860.00
IN10517	TOMBINO Ø 1500	5,030.00
IN10518	TOMBINO Ø 1500	5,236.00
IN10519	TOMBINO 2.00X2.00	5,430.00

#### 4.6 ATTRAVERSAMENTI SPECIALI

Si riporta una breve descrizione dell'unico attraversamento idraulico insistente sulla fascia chilometrica in oggetto, che per insormontabili problematiche legate alla plano-altimetria dello stato di fatto è necessario far scavalcare la linea ferroviaria per mezzo di un manufatto funzionante a sifone.

##### 4.6.1 SIFONE PK 99+800.00

L'intervento di sistemazione idraulica del canale naturale alla pk 99+780.00 prevede l'attraversamento della linea AC per mezzo di un sifone alla pk 99+800.00.

Il sifone si innesca a monte del binario dispari dell'interconnessione Brescia Est, sottopassa la linea AC e sbuca a ridosso del binario pari dell'interconnessione Brescia Est; questo è sottopassato per mezzo di un tombino 1.50x1.50 m seguito da un canale artificiale che si raccorda al tombino esistente sotto l'autostrada A4 Milano-Venezia.

Il manufatto è costituito da due pozzi scatolari verticali entrambi provvisti di paratoie e sgrigliatori; il condotto orizzontale, collegante i pozzi, è realizzato da due cunicoli rettangolari ispezionabili in cls (con rivestimento di resine epossiamminiche) di 1.20x2.00 m funzionanti in alternativa e posti a quote variabili lungo lo sviluppo. Il primo tratto dell'attraversamento (sotto il binario dispari

dell'interconnessione) corre ad una quota di 131.00 m s.l.m.; successivamente, sotto la linea AC, la quota è di 124.30 m s.l.m.

La quota di imbocco del pozzetto verticale è 133.35 m s.l.m. e quella di sbocco è 133.00 s.l.m.; lo sviluppo orizzontale misura circa 45.00 m e i franchi rispetto all'estradosso delle strutture sovrastanti il sifone sono da verificare in conformità alla normativa D.M. 23.02.71 e successive modifiche.

Il tombino a valle dello sbocco del sifone e, sottopassante il binario pari dell'Interconnessione Brescia Est, collega la sistemazione idraulica della linea AC con il tombino esistente sotto l'autostrada A4.

## 5. Tratto da pk 100+000.00 a pk 140+778.00 linea AC.

### 5.1 AFFIANCAMENTO AUTOSTRADA A4 E LINEA STORICA MILANO- VENEZIA

I tratti in affiancamento alla A4 e alla linea storica Mi-Ve sono stati affrontati entrambi, facendo in modo di conservare gli attraversamenti esistenti. L'affiancamento con l'autostrada comincia alla pk 2+857,70 ICBE; attraversa la linea AC in corrispondenza della galleria artificiale Calcinato I e la affiancata a Sud. Alla pk 106+350,00 l'autostrada si sposta a nord della linea AC in corrispondenza della galleria Lonato; successivamente la riattraversa sulla galleria S. Giorgio e si allontana definitivamente verso Sud.

Rispetto alla linea storica Mi/Ve, la ferrovia AC la affianca, sempre a Sud, in corrispondenza delle interconnessioni e poi dalla pk 135+600,00 fino alla pk 140+779,664, compresa l'interconnessione Verona Mercè.

L'analisi della cartografia ha permesso di svolgere lo studio planimetrico individuando gli attraversamenti esistenti. Le deviazioni idrauliche della linea AC sono state studiate anche altimetricamente in modo da mantenere in efficienza gli attraversamenti delle infrastrutture affiancate. Le dimensioni dei manufatti sono state definite in base ai requisiti delle prescrizioni tecniche per la progettazione di Italferr.

Le sistemazioni idrauliche definitive si spingono fino alla recinzione della linea in progetto; il tratto successivo funge come raccordo con il tombino della infrastruttura in affiancamento.

### 5.2 CONSORZI DI BONIFICA

- -Da pk 100+159.00 a pk 107+251.00 Consorzio di Bonifica Chiese;
- -da pk107+251.00 a pk 120+049.00 Consorzio di Bonifica Garda Chiese;
- -da pk 120+049.00 a pk 140+104.00 Consorzio di Bonifica Veronese.

### 5.3 COMUNI ATTRAVERSATI

- -Da pk 100+159.00 a pk 103+817.00 Calcinato;
- -da pk 104+057.00 a pk 107+251.00 Lonato;
- -da pk 112+324.00 a pk 117+340.00 Desenzano del Garda;
- -da pk 118+000.00 a pk 120+049.00 Pozzolengo;
- -a pk 120+651.00 Peschiera del Garda;
- -da pk 121+537.00 a pk 122+200.00 Desenzano del Garda;
- -da pk 123+374.00 a pk 125+110.00 Peschiera del Garda;
- -da pk 125+656.00 a pk 127+774.00 Castelnuovo del Garda;
- -da pk 129+600.00 a pk 134+405.00 Sona;
- -da pk 138+810.00 a pk 140+104.00 Sona e Sommacampagna.

### 5.4 TIPOLOGIE DI TOMBINI UTILIZZATE

Le tipologie di tombino sono:

- tombino circolare Ø 1500
- tombino scatolare 2.00x2.00
- tombino scatolare 3.00x1.50
- tombino scatolare 3.00x2.00
- tombino scatolare 3.00x2.50
- tombino scatolare 3.00x3.00
- tombino scatolare 4.00x2.00
- tombino scatolare 4.00x3.00
- tombino scatolare 5.00x2.00
- tombino scatolare 5.00x3.00

Il tombino Ø1500 è stato utilizzato in quanto fornisce notevoli vantaggi di dilavamento e smaltimento degli accumuli di materiale sul fondo; per dimensioni maggiori si è deciso di adottare i tombini di tipo scatolare per consentire di raccordarsi facilmente con la geometria delle canalizzazioni esistenti introducendo minori perturbazioni al deflusso dell'acqua.

## 5.5 ELENCO TOMBINI VERIFICATI da pk 100+000.00 a pk 140+400.00 linea AC;

### Interferenze con linea AC:

IN10217	TOMBINO 2.00X2.00	100,157.00
IN10218	TOMBINO Ø 1500	100,249.00
IN10219	TOMBINO Ø 1500	100,260.00
IN10220	TOMBINO 2.00X2.00	100,350.00
IN10221	TOMBINO 2.00X2.00	101,122.00
IN10222	TOMBINO Ø 1500	101,450.00
IN10223	TOMBINO 3.00X1.50	102,275.00
IN10224	TOMBINO 2.00X2.00	102,814.00
IN10225	TOMBINO Ø 1500	102,890.00
IN10226	TOMBINO 2.00X2.00	103,002.00
IN10227	TOMBINO 2.00X2.00	103,280.00
IN10228	TOMBINO Ø 1500	103,400.00
IN10229	TOMBINO Ø 1500	103,722.00
IN10230	TOMBINO Ø 1500	104,052.00
IN10231	TOMBINO 2.00X2.00	104,279.00
IN15039	SIFONE 2X□2000	111,860.00
IN10232	TOMBINO 2.00X2.00	112,652.00
IN10233	TOMBINO Ø 1500	113,283.00
IN10234	TOMBINO Ø 1500	113,800.00
IN10235	TOMBINO 2.00X2.00	113,895.00
IN10236	TOMBINO 2.00X2.00	114,193.00
IN10237	TOMBINO 3.00X2.00	114,989.00
IN10238	TOMBINO 3.00X2.00	115,203.00
IN15027	TOMBINO 4.00X2.00	115,870.00
IN15028	TOMBINO 4.00X2.00	118,007.00
IN10239	TOMBINO 3.00X2.00	118,905.00
IN10240	TOMBINO Ø 1500	119,108.00
IN15030	TOMBINO 5.00X3.00	119,963.00
IN15035	SIFONE 2x(1.20X2.00)	125,686.00
IN10244	TOMBINO Ø 1500	127,159.00
IN10245	TOMBINO Ø 1500	128,858.00
IN10246	TOMBINO 2.00X2.00	129,759.00
IN10247	TOMBINO 3.00X2.00	134,413.00
IN10248	TOMBINO Ø 1500	134,898.00
IN10249	TOMBINO Ø 1500	135,957.00
IN10250	TOMBINO Ø 1500	136,350.00
IN10252	TOMBINO Ø 1500	137,451.00
IN10253	TOMBINO Ø 1500	137,946.00
IN10254	TOMBINO Ø 1500	138,447.00
IN10255	TOMBINO Ø 1500	139,400.00
IN15036	SIFONE 2x(1.20X2.00)	139,900.00
IN10257	TOMBINO Ø 1500	140,400.00

## 5.6 ATTRAVERSAMENTI SPECIALI

Si riporta una breve descrizione di ciascun attraversamento idraulico insistente sulla fascia chilometrica in oggetto, che per insormontabili problematiche legate alla plano-altimetria dello stato di fatto è necessario far scavalcare la linea ferroviaria per mezzo di un manufatto funzionante a sifone.

### 5.6.1 SIFONE PK 111+860.00

Per quanto concerne il sifone in oggetto, che si collega al tombino esistente passante sotto l'autostrada A4 Milano – Venezia, in corrispondenza della GA07 Galleria Artificiale di Lonato Est, alla pk 111+860, si rimanda alla Relazione Finale relativa al sopralluogo ed indagine speleologica a cura dell'Associazione Speleologica Bresciana, riportata in Allegato 1 della Relazione Idraulica Opere d'Arte Minori – 3°tratto da pk 100+000 a pk 140+778 linea AC.

### 5.6.2 SIFONE PK 125+686.00

L'intervento di sistemazione idraulica del canale naturale alla pk 125+650.00 prevede l'attraversamento della linea AC per mezzo di un sifone alla pk 125+686.00.

Il sifone si collega al tombino esistente passante sotto l'autostrada A4 Milano-Venezia e in corrispondenza della galleria GA14 Galleria Artificiale Paradiso.

La portata di progetto l'interferenza ferroviaria attraverso il sifone seguito da un canale di raccordo all'alveo naturale.

Il manufatto è costituito da due pozzi scatolari verticali entrambi provvisti di paratoie e sgrigliatori e l'imbocco prevede un breve raccordo con il tombino esistente sotto l'autostrada.

Il condotto orizzontale collegante i pozzi, è realizzato da due cunicoli rettangolari ispezionabili in cls (con rivestimento di resine epossiamminiche) di 1.20x2.00 m funzionanti in alternativa.

La quota di imbocco del pozzetto verticale è 96.26 m s.l.m. e la quella di sbocco è 95.60 s.l.m.; lo sviluppo orizzontale misura circa 43.00 m e i franchi rispetto all'estradosso delle strutture sovrastanti sono da verificare in conformità alla normativa D.M. 23.02.71 e successive modifiche.

### 5.6.3 SIFONE PK 139+900.00

L'intervento di sistemazione idraulica del canale naturale alla pk 139+890.00 prevede l'attraversamento della linea AC per mezzo di un sifone alla pk 139+900.00.

Il sifone si collega alla sistemazione esistente che attraversa la linea storica Milano-Venezia e in corrispondenza dello sfiocco dell'interconnessione Verona merci.



La portata di progetto supera l'interferenza ferroviaria attraverso il sifone seguito da un canale di raccordo alla sistemazione idraulica di linea.

Il manufatto è costituito da due pozzi scatolari verticali entrambi provvisti di paratoie e sgrigliatori e l'imbocco prevede un canale di collegamento alla sistemazione sotto la linea storica.

Il condotto orizzontale, collegante i pozzi, è realizzato da due cunicoli rettangolari ispezionabili in cls (con rivestimento di resine epossiamminiche) di 1.20x2.00 m funzionanti in alternativa.

La quota di imbocco del pozzetto di monte è 86.23 m s.l.m. e la quella di sbocco di quello di valle è 85.25 s.l.m.; lo sviluppo orizzontale misura circa 55.00 m e i franchi rispetto all'estradosso delle strutture sovrastanti il sifone sono da verificare in conformità alla normativa D.M. 23.02.71 e successive modifiche.

## 6. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE IDRAULICHE DEI MANUFATTI DI ATTRAVERSAMENTO

### 6.4 GENERALITA'

Il dimensionamento di base della canna dei tombini è stato effettuato per mezzo delle scale di deflusso costruite in condizioni di moto uniforme, per le varie tipologie previste.

E' stata successivamente effettuata una verifica di maggior dettaglio dell'intero attraversamento, costituito da canna, imbocchi e canale afferente, che ha consentito di definire più accuratamente i livelli idrici e di dimensionare le sezioni di monte e di valle. Da sottolineare che la verifica ha riguardato solo gli attraversamenti relativi alla linea AC, pertanto nella relazione non sono trattate le verifiche relative ad eventuali opere connesse quali viabilità extralinea ed analoghe.

Nella fase di ottimizzazione si è proceduto, in primo luogo, ad analizzare la carta tecnica e ad individuare gli attraversamenti da considerare come irrigui, quindi canalette pensili in cls. e per quanto ipotizzato quale criterio operativo condiviso, quelli di competenza dei consorzi di bonifica. In questi casi il dimensionamento è stato svolto imponendo un riempimento della sezione coerente con l'altimetria desunta dalla carta tecnica in scala 1:1000 e confermata da una serie di sopralluoghi in sito.

In particolare si è ipotizzato il riempimento a piene rive dei canali interferenti e si è verificato che questo non ingeneri il superamento del 70% dell'area utile del tombino sotto il rilevato ferroviario, unitamente al soddisfacimento del requisito di compatibilità idrologica (rispetto alle portate di progetto con Tr200 anni).

La verifica è stata svolta seguendo le prescrizioni delle PTP (prescrizioni tecniche per la progettazione del Manuale di progettazione R.F.I.), la normativa regionale D.G.R. 7/7868, la direttiva

n° 2/99 dell'Autorità di Bacino. Le PTP prevedono il riempimento a piene rive dei canali interferenti e il non superamento del 70% dell'area utile del tombino sotto il rilevato ferroviario, unitamente al soddisfacimento del requisito di compatibilità idrologica.

Il manuale di progettazione ITALFERR prescrive che la portata di dimensionamento e verifica sia quella con tempo di ritorno  $Tr=200$  anni.

Si è riscontrato infine, che esistono canali irrigui non ottimizzabili nel senso che le considerazioni sopra esposte farebbero optare per un manufatto di attraversamento le cui dimensioni sono incompatibili rispetto sia alla D.G.R. 7/7868 che rispetto alle PTP di Italferr.

## 6.5 7.2 - COSTRUZIONE DELLE SCALE DI DEFLUSSO PER IL DIMENSIONAMENTO.

Per ciascuna tipologia di tombino è stata costruita la scala di deflusso in condizioni di moto uniforme adottando l'espressione:

$$Q = k A R^{2/3} p^{1/2}$$

Dove:

Q = portata in  $m^3/s$ ;

k =  $1/n$  coefficiente di scabrezza secondo Manning;

A = sezione bagnata in  $m^2$ ;

R = raggio idraulico (sezione bagnata/perimetro bagnato) in m;

p = pendenza di fondo in m/m.

Per strutture in calcestruzzo è stato assunto il coefficiente di scabrezza  $n = 0,015$

I calcoli sono stati eseguiti per le seguenti pendenze di fondo:

p = 0,0010

p = 0,0015

p = 0,0020 (considerata la più idonea alla luce di quanto previsto dalle PTP)

Come già specificato lo smaltimento della portata di massima piena è previsto che sia effettuato con un grado di riempimento non superiore al 70% della sezione totale del tombino, cui corrisponde nella sezione scatolare un tirante massimo di  $0,7 H$  (dove H è l'altezza interna del tombino).

Nella tabella 1 sono stati riportati, per ciascuna sezione e pendenza di fondo, la portata massima ammissibile e la corrispondente velocità dell'acqua.

Nella pratica, il tipo e la pendenza di fondo del tombino saranno scelti fissando, nei limiti del possibile una velocità massima dell'acqua di  $2,0 m/s$ .

Tab. 1 – Portata ammissibile per varie pendenze di fondo del tombino

Tipo di tombino m		p = 0.0010		p = 0.0015		p = 0.0020	
		Qamm m3/s	V m/s	Qamm m3/s	V m/s	Qamm m3/s	V m/s
Circolare Ø							
Ø1500	0.99	1.48	1.2	1.82	1.47	2.1	1.69
Scatolare LxH							
2.00x2.00	1.4	4.08	1.46	5.00	1.78	5.77	2.06
3.00x2.00	1.4	7.07	1.68	8.66	2.06	10.00	2.38
3.00x1.50	1.05	4.77	1.51	5.84	1.85	6.74	2.14
3.00x2.50	1.75	9.50	1.81	11.64	2.22	13.44	2.56
3.00x3.00	2.1	12.03	1.91	14.73	2.34	17.01	2.70
4.00x2.00	1.4	10.27	1.83	12.58	2.25	14.52	2.59
4.00x3.00	2.1	17.82	2.12	21.82	2.60	25.20	3.00
5.00x2.00	1.4	13.59	1.94	16.65	2.38	19.22	2.75
5.00x3.00	2.1	23.93	2.28	29.31	2.79	33.85	3.22

## 6.6 AFFONDAMENTO

Riguardo l'affondamento si è proceduto in maniera diversa a seconda che la deviazione idraulica riguarda un corso d'acqua principale o minore.

Relativamente ai primi si è fissato un valore di affondamento del manufatto mediamente pari a 20 cm, in modo da ottimizzare la superficie di scorrimento del tratto della sistemazione idraulica in progetto soprattutto lungo le aste con basse pendenze in funzione, anche, di possibili riprofilature dell'alveo.

Per i minori si è optato di fissare l'affondamento pari a 0.00 m in modo da garantire la continuità altimetrica dei canali afferenti e deferenti rispetto alla canna del manufatto.

In alcuni casi si è presentata la necessità di garantire un affondamento diverso da zero anche per gli attraversamenti minori; questo perché il manufatto sotto AC si trova insistente su un tratto di rilevato a livelletta bassa. Dato che gli spessori strutturali dei manufatti e il ricoprimento del rilevato sono fissi, al fine di inserire il tombino sotto la linea è stato necessario imporre un abbassamento della quota di scorrimento.

Ai fini della verifica idraulica il requisito di riempimento massimo dell'area utile pari al 70% con portata  $T_r = 200$  anni non sempre è stato soddisfatto per oggettive problematiche plano-altimetriche di canali adibiti all'irrigazione.

Si è comunque garantito che il tombino non funzioni in pressione derogando così sul valore del riempimento.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGID0002-001

Rev.  
1

Foglio  
20 di 30

Sarà comunque cura del progettista concordare, tali scelte con le evidenze tecniche del caso, con il cliente (Italferr) e/o Enti competenti.

## 6.7 VERIFICHE IDRAULICHE DEI TOMBINI

### Metodologia utilizzata

Per la verifica dei tombini, è stata utilizzata la metodologia adottata dalla “U.S. Department of Transportation – Federal Highway Administration”, pubblicata dalla stessa su “Hydraulic Design Seires n° 5”.

Tale metodologia, testata da più di 30 anni di utilizzo, con migliaia di applicazioni in tutto il mondo, consente di verificare l’attraversamento nel suo complesso, tenendo in considerazione la geometria e le caratteristiche del canale, degli imbocchi e della canna del tombino.

In questo modo viene garantita una elevata precisione nella valutazione dei livelli idrici, con un errore, stimato attraverso prove in laboratorio e studi effettuati sulle opere realizzate, contenuto sotto il 10%. Viene inoltre effettuato il dimensionamento dei canali di monte e di valle contestualmente a quello della canna, a garanzia del corretto funzionamento dell’opera.

Viene di seguito fornita una sintetica descrizione della procedura di progettazione e verifica dei tombini della “Federal Highway Administration”.

La procedura si basa sull’utilizzo di abachi e di normogrammi su base teorico-sperimentale. Per una più efficace applicazione, nell’ambito del presente progetto, sono stati utilizzati appositi software che automatizzano l’input dei dati e l’elaborazione dei normogrammi, e permettono una immediata conversione delle unità di misura nel sistema metrico decimale.

I dati di progetto vengono inseriti nel modulo di fig.2 (D.M.R.V.) il quale implementa gli algoritmi della citata metodologia di verifica F.H.W.A. “Federal Highway Administration”, ed inoltre creato allo scopo di raccogliere e sistematizzare i dati necessari alla verifica del tombino.

Operativamente, nella parte superiore del modulo sono raccolte le informazioni necessarie all’identificazione dell’attraversamento, il valore di portata, la descrizione della geometria dell’opera. Nella parte inferiore vengono indicati i risultati della verifica idraulica.

Fig. 1 - Modulo D.M.R.V. contenente i dati di verifica idraulica dei tombini



**Verifica idraulica di un tombino col metodo F.H.A. versione 1.3 by D.M.R.V.**

**Dati base del tombino**

Rettangolare  Circolare

Portata m<sup>3</sup>/s: 1.5  
 Larghezza m: 2  
 Altezza m: 2  
 Lunghezza m: 30.8  
 Affondamento m: 0.2  
 Manning s/m<sup>1/3</sup>: 0.015  
 Quota d'imbocco m: 42.40  
 Quota di sbocco m: 42.30

**Dati base del canale**

Larghezza alla base m: 0.9  
 Altezza m: 1.5  
 Pendenza sponde m/m: 1.5  
 Pendenza canale m/m: 0.0017  
 Manning s/m<sup>1/3</sup>: 0.025

Livello imposto:  sì  no

Coeff. Ki: 0.5    Coeff. Ku: 1    Coeff. K: 0.061    Coeff. m: 0.75    Coeff. c: 0.04    Coeff. Y: 0.8

	Tombino		Canale
Altezze critiche m	0.39		0.50
Velocità critiche m/s	1.92		1.83
Altezze moto unif. m	0.44		0.77
Velocità moto unif. m/s	1.72		0.94
Carico di inlet control m	0.65		
Carico di outlet control m	0.78		
Livelli in /out m	0.68	0.77	
Riempimento %	43		34

Calcola    Salva    Esci

Dopo aver raccolto i dati di progetto nel modulo, inizia la fase di verifica, partendo dalla dimensione della sezione della canna calcolata, per la portata di progetto, attraverso le scale di deflusso in moto uniforme.

Occorre innanzitutto stabilire quale sia il tipo controllo di flusso che si instaura nell'attraversamento.

Alla base della classificazione e della scelta della formula di verifica da utilizzare, sta infatti la localizzazione della sezione di controllo del moto che può trovarsi all'imbocco o allo sbocco

dell'attraversamento. Nel posizionamento della sezione di controllo, gioca un ruolo fondamentale il tipo di moto che si instaura nell'attraversamento, sia esso subcritico, supercritico o in pressione.

Quando la sezione di controllo si posiziona a monte dell'attraversamento, si instaura quello che in letteratura viene definito *inlet control*.

Nella pratica questo si verifica quando la canna del tombino è dimensionata in modo tale da consentire il deflusso di una portata superiore a quella che l'imbocco è in grado di accettare.

Viceversa, nel caso in cui la canna del tombino non sia in grado di smaltire tutta la portata che l'imbocco sarebbe in grado di convogliare, si instaura l'*outlet control* e la sezione di controllo si posiziona allo sbocco della canna o immediatamente a valle della stessa.

La procedura prevede che la verifica venga effettuata sia per l'*outlet* che per l'*inlet control*, al fine di stabilire quale dei due tipi di controllo si instauri.

#### Inlet control

Viene prima eseguito il calcolo nel caso di *inlet control* per determinare il carico idraulico ed il livello idrico necessario per far defluire nell'attraversamento la portata di progetto in funzione del tipo di imbocco prescelto. Per mezzo dei normogrammi in funzione della forma (circolare, rettangolare, ecc) della canna, del materiale utilizzato per la costruzione (calcestruzzo, metallo) e del tipo di imbocco utilizzato viene determinato il livello idrico di monte in caso di prevalenza dell'*inlet control*.

#### Outlet control

Si passa ad eseguire il calcolo nel caso di *outlet control* attraverso il quale si determina il carico idraulico ed il livello idrico necessari a smaltire la portata di progetto nel caso in cui la sezione di controllo si posizioni a valle dello sbocco. Occorre in questo caso determinare l'altezza che si stabilisce nel canale di valle, in prossimità dello sbocco, con la portata di progetto indicata in letteratura anglosassone come *tailwater*, che può essere determinata attraverso una analisi di tipo backwater o in prima approssimazione posta all'altezza di moto uniforme nel canale di valle. Si determina poi l'altezza critica nella canna per la portata di progetto e le perdite di carico nella struttura.

Si calcola quindi il carico idraulico allo sbocco come somma:

$$EL_{ho} = EL_o + ho$$

$EL_o$  = quota fondo canale allo sbocco

$H$  = perdite di carico

$ho$  = valore più elevato tra tailwater e la semisomma dell'altezza critica e dell'altezza della canna del tombino.

Tale valore misura l'energia necessaria per far passare la portata di progetto attraverso il tombino, che si concretizza in un incremento del livello idrico a monte dell'imbocco.

Il carico idraulico che controlla il deflusso è dato dal maggiore dei due valori calcolati per l'inlet e l'outlet control.

Le soluzioni idrauliche di seguito analizzate sono descritte nei documenti Progetto Definitivo "Tavole Idrauliche". Le sistemazioni demarcate dall'ellisse indicano la compatibilizzazione con le altre infrastrutture esistenti o in fase di progetto quindi non sono state oggetto di verifica.



## 6.8 VERIFICHE IDRAULICHE SIFONI

Quando l'interferenza idraulica con la linea AC attraversa l'infrastruttura per mezzo di un manufatto a sifone, la verifica idraulica consiste essenzialmente in:

- calcolo della perdita di carico totale lungo il sifone per la portata di progetto al fine di confrontarla con il dislivello idrico disponibile tra imbocco e sbocco dell'opera.
- calcolo delle velocità di scorrimento nelle condotte al fine di verificarne la compatibilità con i materiali di realizzazione.

Di seguito si riportano le indicazioni riguardo le perdite di carico relative al sifone:

Perdita concentrata imbocco canale – pozzetto scatolare

$$L_1 = 0.10 \frac{V_0^2}{2g} \quad (\text{m})$$

Perdita concentrata allargamento pozzo piccolo – pozzo grande secondo Borda

$$L_2 = \frac{1.10}{2g} \cdot V_0^2 \cdot \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 \quad (\text{m})$$

Perdita concentrata in curva

$$L_3 = 0.40 \frac{V_1^2}{2g} \quad (\text{m})$$

Perdita concentrata imbocco pozzetto scatolare – cunicolo

$$L_4 = 0.10 \frac{V_1^2}{2g} \quad (\text{m})$$

Perdita continua nel cunicolo

$$L_5 = \frac{L^* \cdot (n \cdot V_2)^2}{\left(\frac{A_c}{C}\right)^{\frac{4}{3}}} \quad (\text{m})$$

Perdita concentrata allargamento cunicolo – pozzo in uscita secondo Borda

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGID0002-001

Rev.  
1

Foglio  
26 di 30

$$L_6 = \frac{1.10}{2g} \cdot V_2^2 \cdot \left(1 - \frac{A_c}{A_{p2}}\right)^2 \quad (\text{m})$$

Perdita concentrata in curva cunicolo – imbocco pozzo uscita

$$L_7 = 0.40 \frac{V_2^2}{2g} \quad (\text{m}).$$

Perché il sifone sia considerato verificato dovrà essere rispettata la disuguaglianza:

$$\Delta h > L_{tot}$$

dove

$\Delta h$  = differenza tra quota di imbocco e sbocco del sifone;

$L_{tot}$  = somma delle perdite di carico nel sifone.

Nelle tabelle successive si riportano i risultati delle verifiche dei sifoni.

### SIFONE A PK 99+800.00

#### DATI GEOMETRICI RELATIVI AL SIFONE

Dimensione pozzo verticale (BxH)	2.00x2.00m
Dimensione cunicolo (BxH)	1.20x2.00m
Lunghezza cunicolo (da predimensionamento)	45m

#### DATI DI PROGETTO E VALORE DEI COEFFICIENTI DI PERDITA

Portata di progetto Q	1.63(m <sup>3</sup> /s)
Coefficiente di scabrezza n Manning canale di monte	0.015(s/m <sup>1/3</sup> )
Coefficiente di scabrezza n Manning cunicolo (cls)	0.015(s/m <sup>1/3</sup> )
Coefficiente per le perdite imbocco a spigoli arrotondati	0.10
Coefficiente per le perdite in curva	0.40
Coefficiente per le perdite sbocco a spigoli arrotondati (Borda)	1.10

#### VALORI DELLE PERDITE DI CARICO

Perdita concentrata all'imbocco collettore – pozzo	L <sub>1</sub>	<b>0.00827 (m)</b>
Perdita di allargamento collettore - pozzo scatolare (Borda)	L <sub>2</sub>	<b>0.04204 (m)</b>
Perdita in curva	L <sub>3</sub>	<b>0.00339 (m)</b>
Perdita all'imbocco del cunicolo	L <sub>4</sub>	<b>0.00085 (m)</b>
Perdita continua nel cunicolo	L <sub>5</sub>	<b>0.02495 (m)</b>
Perdita di allargamento cunicolo - pozzo scatolare (Borda)	L <sub>6</sub>	<b>0.00414 (m)</b>
Perdita in curva	L <sub>7</sub>	<b>0.00940 (m)</b>
<b>Perdita di carico totale nel sifone</b>	<b>L<sub>tot</sub></b>	<b>0.09303 (m)</b>

$$\Delta h = 0.35 \text{ m}$$

$L_{tot} = 0.09303 \text{ m}$

$\Delta h > L_{tot}$

Pertanto il sifone risulta idraulicamente verificato.

### SIFONE A PK 111+780.00

#### DATI GEOMETRICI RELATIVI AL SIFONE

Dimensione pozzo verticale (BxH)	2.50 x 5.8 m
Dimensione cunicolo (2 condotte circolari)	$\Phi$ 2000
Lunghezza cunicolo ( da predimensionamento)	30 m

#### DATI DI PROGETTO E VALORE DEI COEFFICIENTI DI PERDITA

Portata di progetto Q	2.00 (m <sup>3</sup> /s)
Coefficiente di scabrezza n Manning canale di monte	0.015 (s/m <sup>1/3</sup> )
Coefficiente di scabrezza n Manning cunicolo (cls)	0.011 (s/m <sup>1/3</sup> )
Coefficiente per le perdite imbocco a spigoli arrotondati	0.10
Coefficiente per le perdite in curva	0.40
Coefficiente per le perdite sbocco a spigoli arrotondati (Borda)	1.10

#### VALORI DELLE PERDITE DI CARICO

Perdita concentrata all'imbocco collettore – pozzo	L <sub>1</sub>	<b>0.00722 (m)</b>
Perdita di allargamento collettore - pozzo scatolare (Borda)	L <sub>2</sub>	<b>0.06266 (m)</b>
Perdita in curva	L <sub>3</sub>	<b>0.00036 (m)</b>
Perdita all'imbocco del cunicolo	L <sub>4</sub>	<b>0.00009 (m)</b>
Perdita continua nel cunicolo	L <sub>5</sub>	<b>0.00084 (m)</b>
Perdita di allargamento cunicolo - pozzo scatolare (Borda)	L <sub>6</sub>	<b>0.00192 (m)</b>
Perdita in curva	L <sub>7</sub>	<b>0.00207 (m)</b>
<b>Perdita di carico totale nel sifone</b>	<b>L<sub>tot</sub></b>	<b>0.07516 (m)</b>

$\Delta h = 0.20 \text{ m};$

$L_{tot} = 0.07516 \text{ m}.$

$\square h > L_{tot}$

pertanto il sifone risulta idraulicamente verificato.

### SIFONE A PK 125+686.00

#### DATI GEOMETRICI RELATIVI AL SIFONE

Dimensione pozzo verticale (BxH)	1.50x1.50 m
Dimensione cunicolo (BxH)	1.20x2.00 m
Lunghezza cunicolo (da predimensionamento)	43 m

#### DATI DI PROGETTO E VALORE DEI COEFFICIENTI DI PERDITA

Portata di progetto Q	0.92(m <sup>3</sup> /s)
Coefficiente di scabrezza n Manning canale di monte	0.015(s/m <sup>1/3</sup> )
Coefficiente di scabrezza n Manning cunicolo (cls)	0.015(s/m <sup>1/3</sup> )
Coefficiente per le perdite imbocco a spigoli arrotondati	0.10
Coefficiente per le perdite in curva	0.40
Coefficiente per le perdite sbocco a spigoli arrotondati (Borda)	1.10

#### VALORI DELLE PERDITE DI CARICO

Perdita concentrata all'imbocco collettore – pozzo	L <sub>1</sub>	<b>0.00634 (m)</b>
Perdita di allargamento collettore - pozzo scatolare (Borda)	L <sub>2</sub>	<b>0.02797 (m)</b>
Perdita in curva	L <sub>3</sub>	<b>0.00341 (m)</b>
Perdita all'imbocco del cunicolo	L <sub>4</sub>	<b>0.00085 (m)</b>
Perdita continua nel cunicolo	L <sub>5</sub>	<b>0.00795 (m)</b>
Perdita di allargamento cunicolo - pozzo scatolare (Borda)	L <sub>6</sub>	<b>0.00004 (m)</b>
Perdita in curva	L <sub>7</sub>	<b>0.00300 (m)</b>
<b>Perdita di carico totale nel sifone</b>	<b>L<sub>tot</sub></b>	<b>0.04954 (m)</b>

$$\Delta h = 0.66 \text{ m}$$

$$L_{tot} = 0.04954 \text{ m}$$

$$\Delta h > L_{tot}$$

Pertanto il sifone risulta idraulicamente verificato.

**SIFONE A PK 139+900.00**

## DATI GEOMETRICI RELATIVI AL SIFONE

Dimensione pozzo verticale (BxH)	1.50x1.50m
Dimensione cunicolo (BxH)	1.20x2.00m
Lunghezza cunicolo (da predimensionamento)	55m

## DATI DI PROGETTO E VALORE DEI COEFFICIENTI DI PERDITA

Portata di progetto Q	0.87(m <sup>3</sup> /s)
Coefficiente di scabrezza n Manning canale di monte	0.015(s/m <sup>1/3</sup> )
Coefficiente di scabrezza n Manning cunicolo (cls)	0.015(s/m <sup>1/3</sup> )
Coefficiente per le perdite imbocco a spigoli arrotondati	0.10
Coefficiente per le perdite in curva	0.40
Coefficiente per le perdite sbocco a spigoli arrotondati (Borda)	1.10

## VALORI DELLE PERDITE DI CARICO

Perdita concentrata all'imbocco collettore – pozzo	L <sub>1</sub>	<b>0.00610 (m)</b>
Perdita di allargamento collettore - pozzo scatolare (Borda)	L <sub>2</sub>	<b>0.02808 (m)</b>
Perdita in curva	L <sub>3</sub>	<b>0.00305 (m)</b>
Perdita all'imbocco del cunicolo	L <sub>4</sub>	<b>0.00076 (m)</b>
Perdita continua nel cunicolo	L <sub>5</sub>	<b>0.00820 (m)</b>
Perdita di allargamento cunicolo - pozzo scatolare (Borda)	L <sub>6</sub>	<b>0.00003 (m)</b>
Perdita in curva	L <sub>7</sub>	<b>0.00268 (m)</b>
<b>Perdita di carico totale nel sifone</b>	<b>L<sub>tot</sub></b>	<b>0.04890 (m)</b>

$$\Delta h = 0.98 \text{ m}$$

$$L_{tot} = 0.04890 \text{ m}$$

$$\Delta h > L_{tot}$$

Pertanto il sifone risulta idraulicamente verificato.