

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 ESECUTIVO

DOPPIO SIFONE RIO LAVAGNONE (IN90)

Pk 121+860

Relazione idraulica

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio Cepav due Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio (Ing. T. Tarantini)	Valido per costruzione
Data: _____	Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TPO.DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 1	E	E 2	R I	I N 9 0 0 6	0 0 1	A

PROGETTAZIONE						IL PROGETTISTA	
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Data	
A	Emissione	LUCIA	29/10/18	MERLINI	29/10/18	29/10/18	
B							
C							

CIG. 751447334A

File: ANOR11EE2RIIN9006001A_03.docx



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H9100000008

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RI IN 900 6 001

Rev.
A

Foglio
2 di 12

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	3
1.1.	OGGETTO E SCOPO	3
1.2.	DESCRIZIONE DELL'OPERA	3
1.3.	OPERE PROVVISORIALI.....	5
1.4.	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA	5
2.	ELABORATI DI RIFERIMENTO	9
3.	NORMATIVE E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO.....	10
3.1.	SPECIFICHE TECNICHE DI RIFERIMENTO.....	10
4.	VERIFICHE IDRAULICHE DEL SIFONE.....	11
4.1.	METODOLOGIA DI VERIFICA	11
4.2.	RISULTATI.....	12

1. INTRODUZIONE

1.1. Oggetto e scopo

La presente relazione ha per oggetto il doppio sifone in corrispondenza della progressiva chilometrica 121+860 che sottopassa la galleria artificiale Lonato Est (GA07) della tratta AV Brescia – Verona in oggetto, e che si collega al tombino esistente passante sotto l'autostrada A4 Milano – Venezia. Il manufatto sottopassa entrambe le canne singole a sezione scatolare (sezione tipica S1) ed è caratterizzato, rispettivamente, da una lunghezza di circa 38.0 m e da una larghezza di circa 12.0 metri, con asse del manufatto alla progressiva chilometrica, con riferimento al Binario Pari, 121+862.12. Lo scopo della relazione è di esaminare gli aspetti idraulici di tale opera idraulica.

1.2. Descrizione dell'opera

Il manufatto sottopassa entrambe le gallerie artificiali della Lonato Est (GA07) con asse alla progressiva chilometrica, con riferimento al Binario Pari, 121+862.12.

Il tratto di opera in oggetto è situato nel comune di Desenzano del Garda ad Est dell'abitato di Colombara e a Sud dell'autostrada A4.

La galleria artificiale e il sifone si pongono all'interno dei depositi fluvio-glaciali dell'allogruppo di Lonato e San Giorgio caratterizzati dalla presenza di ghiaie e sabbie, ghiaie e sabbie limose, ghiaia fine con ciottoli, ghiaia grossolana con ciottoli e con presenza di clasti. Le letture piezometriche condotte sui piezometri installati in prossimità di tale zona mostrano come la falda sia prevalentemente situata al di sotto delle quote di fondo scavo o, in alcune tratte di limitata estensione, coincidente o di poco superiore alla quota di fondo scavo. In Figura 1.1 è riportata una planimetria generale della zona in cui è presente il sifone.

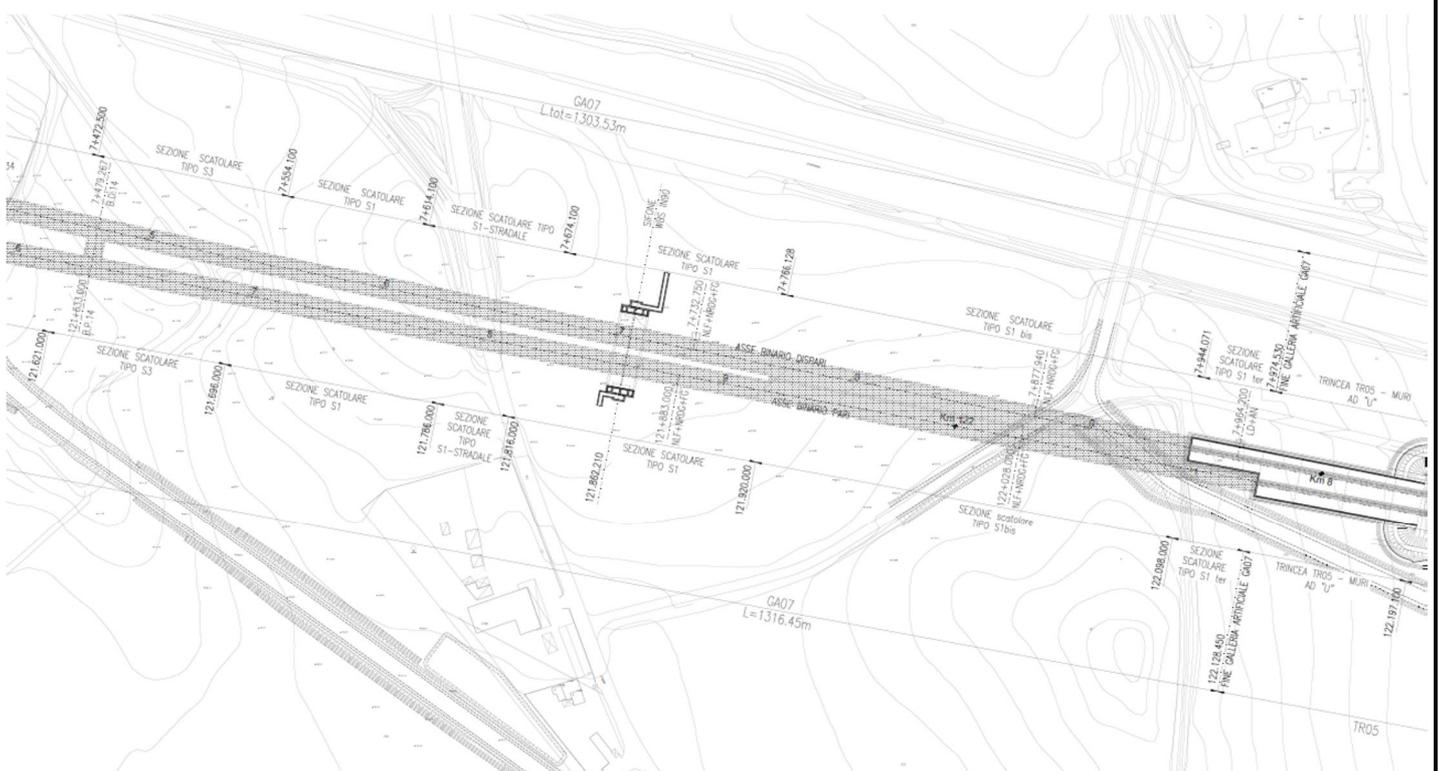


Figura 1.1: Planimetria generale della GA07 nella zona del Sifone

La struttura è necessaria per risolvere l'interferenza tra la galleria e il condotto interrato rilevato nell'area. Le informazioni che si hanno sono relative alla relazione di progetto definitivo IN0500DE2RIID00020120 "Relazione idraulica opere d'arte minori tratto da pk 100+000 a pk 140+778 linea AC".

Nella seguente Figura, ripresa da tale relazione è mostrato il tracciato di tale condotto interrato il cui tracciato è stato ricavato mediante un apposito sopralluogo effettuato nel novembre 2011 che ha contemplato la stessa ispezione dello stesso condotto per una lunghezza di circa 800 m.

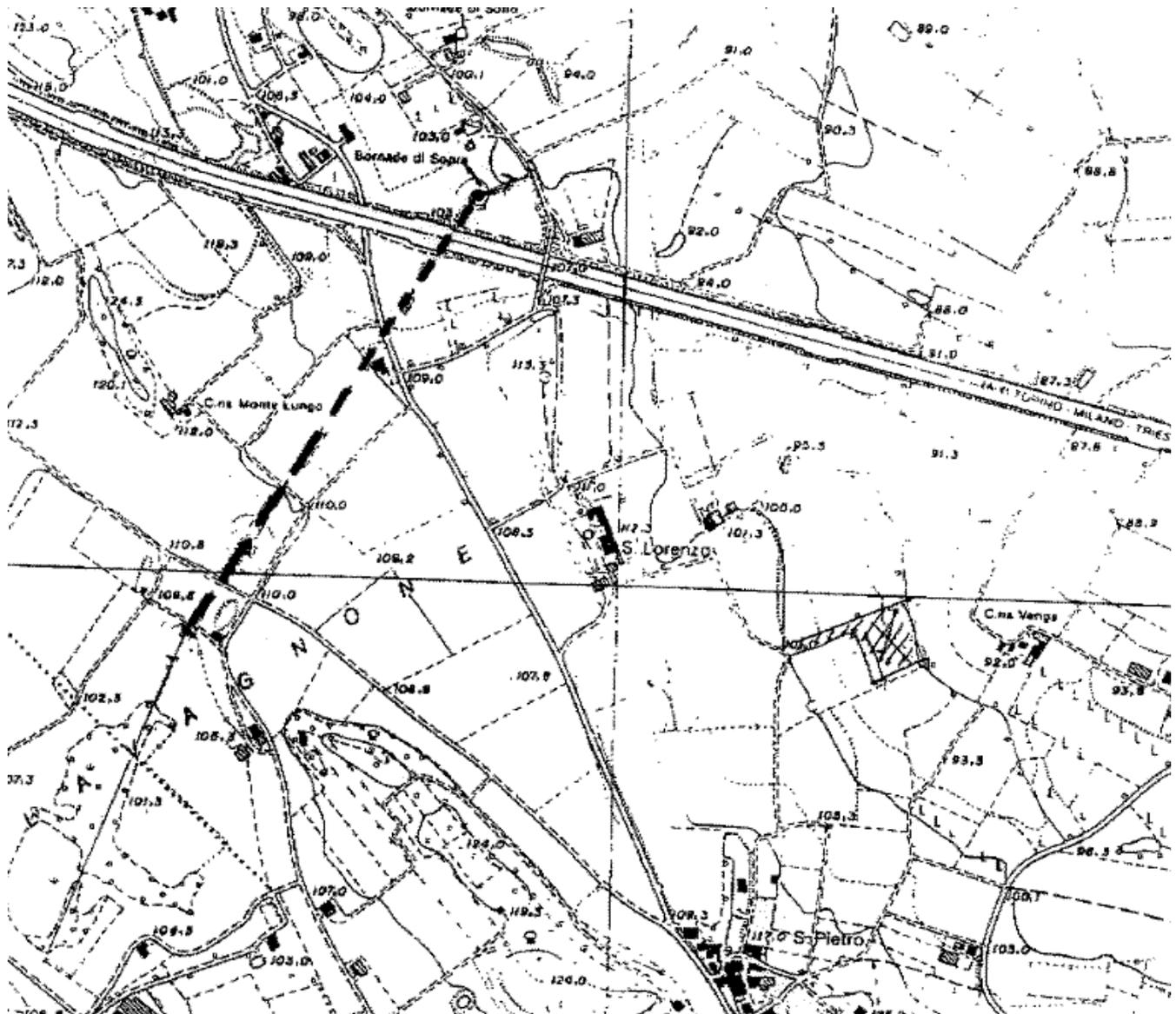


Figura 1.2 – Tracciato del condotto sulla base del sopralluogo e indagine speleologica all'interno del cunicolo di drenaggio delle acque effettuata dalla Associazione Speleologica Bresciana.

Come si può notare la condotta passa al di sotto dell'autostrada A4 e raccoglie le acque, mediante un apposito tombino, della piattaforma autostradale.

Sempre con riferimento al sopralluogo e indagine condotta dall'associazione speleologica bresciana, il condotto è interamente costruito con prismi di cemento con un soffitto a volta; le sue dimensioni medie sono di circa 0.6-0.7 m di larghezza con una altezza variabile che inizialmente è di 2.5 m, ma che si riduce in modo costante fino a essere nella

parte finale ispezionata, di poco inferiore al metro. Il pavimento, costruito in calcestruzzo, presenta dell'acqua che scorre verso Nord, con livello iniziale di circa 10-15 cm.

1.3. Opere provvisionali

Nelle planimetrie in Figura 1.3 si riportano gli scavi provvisionali necessari al raggiungimento del piano di imposta del sifone.

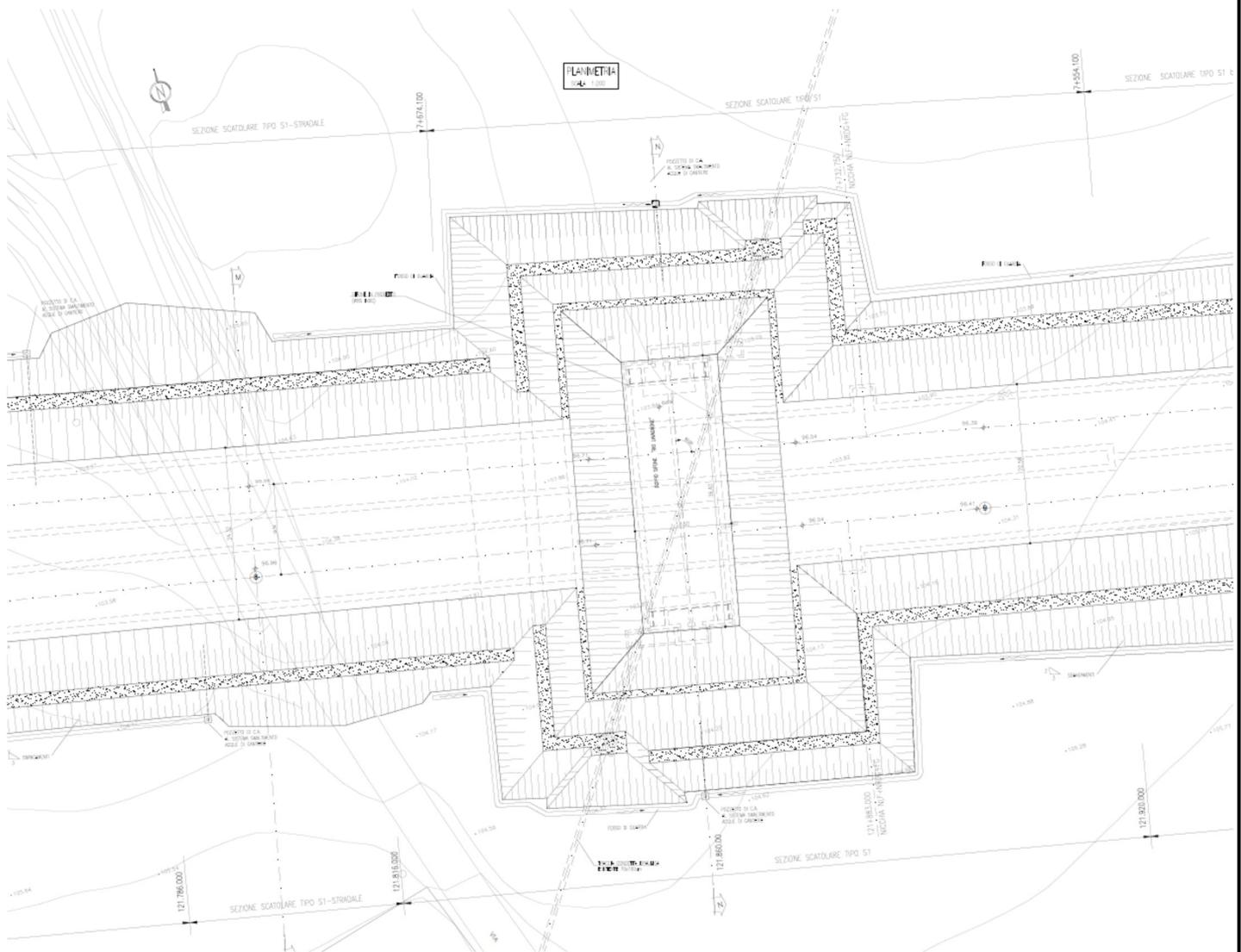


Figura 1.3 – Planimetria di scavo

Gli scavi avranno una pendenza 3:2 (orizzontale : verticale) con la presenza di berme della larghezza di 2 m ogni 5 m di altezza.

1.4. Geometria della struttura

La struttura necessaria per il sotto attraversamento idraulico della GA07 è composta da

- due condotte di estensione scatolari di dimensioni interne 1,68 m x 2,10 m e pareti di spessore 0,3 m che prendono le acque del condotto e le convogliano verso i pozzettoni di ingresso;

- due pozzettoni di ingresso a cielo aperto collegati strutturalmente al sifone di larghezza pari a 2 m e altezza pari a 4,65 m che convogliano l'acqua verso i camini;
- due camini a 4 camere verticali di cui 2 per l'ingresso dell'acqua di dimensioni interne pari a 2,9 m x 2,5 m e altezza massima pari a 13,95 m e 2 camere per la manutenzione di dimensioni interne pari a 2,5 m x 1,6 m per la manutenzione; le pareti dei camini hanno spessore 50 cm fino alla quota di estradosso della soletta superiore e 80 cm al di sotto;
- la soletta di copertura su cui poggia la GA07 ha uno spessore di 80 cm ed ha dimensioni 31,45 m x 10,5 m;
- la soletta di fondazione ha uno spessore di 80 cm nella zona dei camini e 1,1 m nella zona dei tubi in acciaio e ha dimensioni in pianta pari a 38,05 m x 12,10 m;
- due tubi del diametro di 2000 mm in acciaio dello spessore di 10 mm.

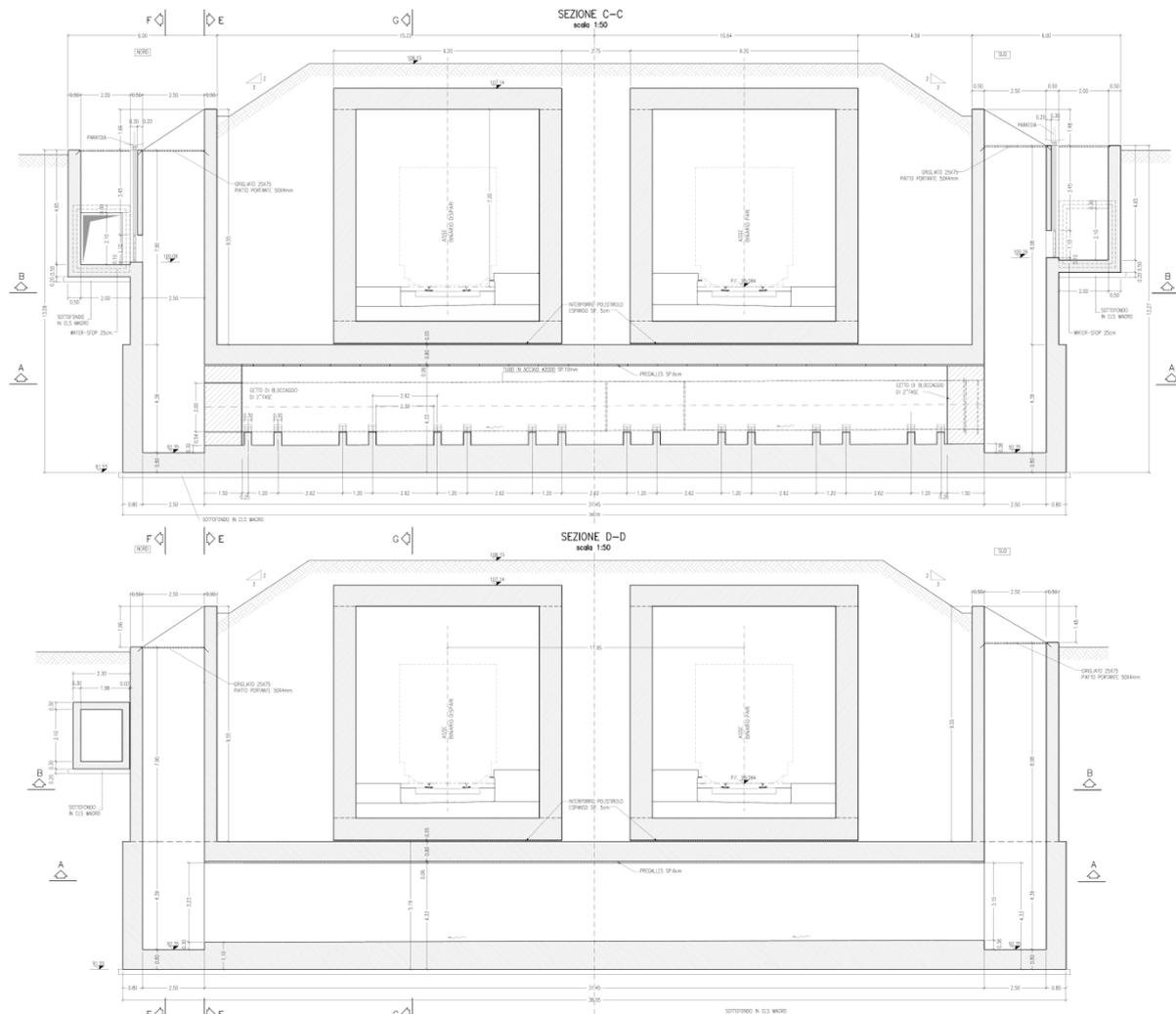


Figura 1.4 – Carpenteria sifone: sezioni

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RI IN 900 6 001

Rev.
A

Foglio
7 di 12

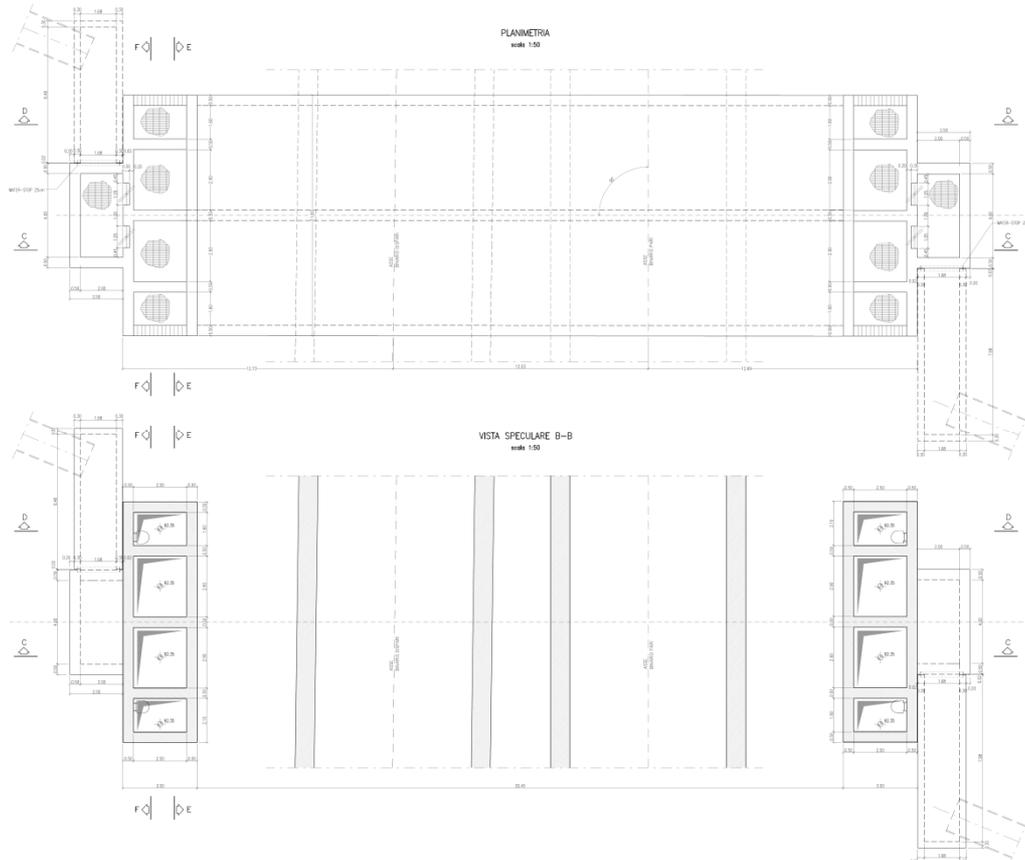


Figura 1.5 – Carpenteria sifone: vista dall'alto e sezione superiore

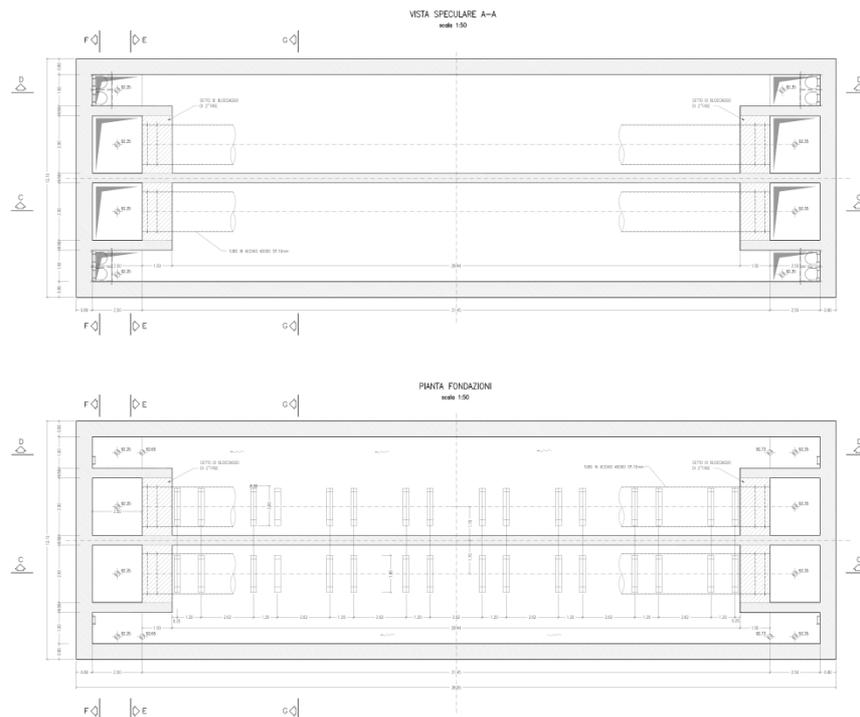


Figura 1.6 – Carpenteria sifone: piante

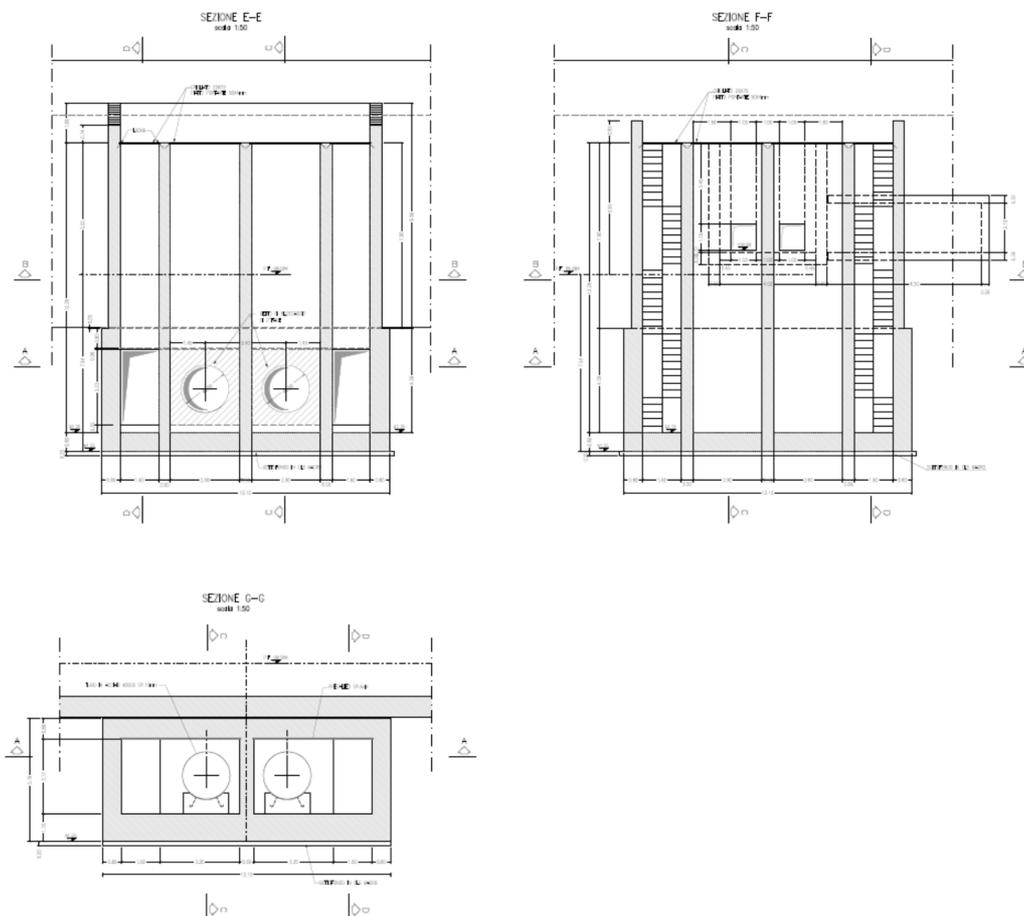


Figura 1.7 – Carpenteria sifone: sezioni camini e asse galleria

La quota di imbocco è pari a 100,26 m s.l.m. mentre la quota di sbocco è pari a 100,08 m m.s.l. per una differenza di 18 cm.

Come si può notare la struttura del sifone è completamente indipendente dalle due canne di galleria artificiale. I conchi di GA sono stati studiati in maniera tale che il contatto con il sifone cada in prossimità della metà del conchio.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



ITALFERR

GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 RI IN 900 6 001Rev.
AFoglio
9 di 12

2. ELABORATI DI RIFERIMENTO

Nel seguito si riporta l'elenco elaborati della WBS IN90, di cui la presente relazione idraulica costituisce parte integrante:

Codifica documento	DOPPIO SIFONE "RIO LAVAGNONE" (IN90)
INOR11EE2ROIN9000002	DOPPIO SIFONE RIO LAVAGNONE (IN90) - PK 121+860 - Relazione di confronto P.D. / P.E.
INOR11EE2ROIN9000001	DOPPIO SIFONE RIO LAVAGNONE (IN90) - PK 121+860 - Relazione Generale
INOR11EE2CLIN9000001	DOPPIO SIFONE RIO LAVAGNONE (IN90) - PK 121+860 - Relazione di calcolo
INOR11EE2CLIN9000002	DOPPIO SIFONE RIO LAVAGNONE (IN90) - PK 121+860 - Relazione di calcolo - allegati numerici
INOR11EE2RIIN9006001	DOPPIO SIFONE RIO LAVAGNONE (IN90) - PK 121+860 - Relazione idraulica
INOR11EE2P9IN9001001	DOPPIO SIFONE RIO LAVAGNONE (IN90) - PK 121+860 - Fasi esecutive - Planimetria
INOR11EE2BBIN9000001	DOPPIO SIFONE RIO LAVAGNONE (IN90) - PK 121+860 - Carpenteria (TAV. 1/4)
INOR11EE2BBIN9000002	DOPPIO SIFONE RIO LAVAGNONE (IN90) - PK 121+860 - Carpenteria (TAV. 2/4)
INOR11EE2BBIN9000003	DOPPIO SIFONE RIO LAVAGNONE (IN90) - PK 121+860 - Carpenteria (TAV. 3/4)
INOR11EE2BBIN9000004	DOPPIO SIFONE RIO LAVAGNONE (IN90) - PK 121+860 - Carpenteria (TAV. 4/4)
INOR11EE2BBIN9000005	DOPPIO SIFONE RIO LAVAGNONE (IN90) - PK 121+860 - Armatura (TAV. 1/4)
INOR11EE2BBIN9000006	DOPPIO SIFONE RIO LAVAGNONE (IN90) - PK 121+860 - Armatura (TAV. 2/4)
INOR11EE2BBIN9000007	DOPPIO SIFONE RIO LAVAGNONE (IN90) - PK 121+860 - Armatura (TAV. 3/4)
INOR11EE2BZIN9000001	DOPPIO SIFONE RIO LAVAGNONE (IN90) - PK 121+860 - Armatura (TAV. 4/4)
INOR11EE2BBIN9009001	DOPPIO SIFONE RIO LAVAGNONE (IN90) - PK 121+860 - Impermeabilizzazione e opere di drenaggio. Particolari costruttivi
INOR11EE24TIN9000001	DOPPIO SIFONE RIO LAVAGNONE (IN90) - PK 121+860 - Tabella Materiali



3. NORMATIVE E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO

Il quadro normativo alla base della presente opera e relazione è di seguito riportato:

- **D. M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 (NTC 2008)** "Nuove Norme tecniche per le costruzioni"
- **CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617** "Istruzione per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008"
- **Legge 05.11.1971 n. 1086** "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"
- **UNI EN 1992-1-1 novembre 2005 (EC2)** "Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1: Regole generali e regole per edifici"
- **UNI EN 1998-5 gennaio 2005 (EC8)** "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica– Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici"
- **Regolamento U.E. nr. 1299/2014 della commissione del 18 novembre 2014** relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea. Pubblicato su Gazzetta Ufficiale anno 156° n°10 del 5 febbraio 2015.
- **Regolamento U.E. nr. 1303/2014 della commissione del 18 novembre 2014** relativo alla specifica tecnica di interoperabilità concernente la «sicurezza nelle gallerie ferroviarie» del sistema ferroviario dell'Unione europea (*norma STI*)

3.1. Specifiche Tecniche di Riferimento

Il presente progetto fa riferimento ai seguenti documenti di RFI.

- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 4 – Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 3 – Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 6 – Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 A). Emissione 30/12/2016;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 2 – Ponti e strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- Specifica funzionale per il sistema di protezione e controllo accessi delle Gallerie Ferroviarie (RFI DPO PA LG A). Emissione 5/5/2008;

4. VERIFICHE IDRAULICHE DEL SIFONE

4.1. Metodologia di verifica

La verifica idraulica è consistita 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 in oggetto:

Perdita concentrata imbocco canale (situato alla quota 100.16 m s.l.m.) – 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

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

Perdita concentrata allargamento cunicolo – pozzo in uscita secondo Borda

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

Perdita concentrata in curva cunicolo – imbocco pozzo uscita

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



4.2. Risultati

Un attraversamento realizzato con sifone è verificato nel momento in cui viene rispettata la disuguaglianza:

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

dove

Δh = differenza tra quota di imbocco e sbocco del sifone;

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

Nella Tabella 4.1 e nella Tabella 4.2 si riportano i risultati delle verifiche del sifone in oggetto. Occorre evidenziare che la portata di progetto assunta è stata pari a quella già definita in sede di progetto definitivo e riportata nel documento IN0500DE2RIID0002012 dal titolo "Relazione idraulica opere d'arte minori tratto da pk 1000+000 a pk 140+778 linea AC".

Tabella 4.1 – Dati di progetto e valore dei coefficienti di perdita.

Portata di progetto Q	2.00 (m ³ /s)
Coefficiente di scabrezza n Manning canale di monte	0.015(s/m ^{1/3})
Coefficiente di scabrezza n Manning cunicolo (cls)	0.011(s/m ^{1/3})
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

Tabella 4.2 – Valori delle perdite di carico.

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

Come si può notare la verifica è soddisfatta in quanto $\Delta h = 100.26 - 100.08 = 18$ cm, risulta maggiore di $L_{tot} = 7.516$ cm.