

<p>R.T.P.</p> <p>Capogruppo mandataria:</p>  <p>Piazzale stazione 7 35131 PADOVA</p> <p>Procuratore speciale dott. ing. Fabrizio Parboni Arquati</p> <p>Mandante:</p>  <p>Via dall'Armi 27/3 30027 San Donà di Piave (VE)</p> <p>Mandante:</p>  <p>Via Battuti Rossi 6 47121 FORLI (FC)</p> <p>Mandante:</p>  <p>Viale Maso della Pieve 4/C 39100 BOLZANO (BZ)</p>	<p>Progettista generale dott. ing. Marco Rampazzo</p> 	<p>Responsabile integrazioni specialistiche dott. ing. Fabrizio Parboni Arquati</p> 	<p>Progettista opere a rete dott. ing. Giovanni Carretta</p> 

2						
1						
0	05/2020	HMR	MCI	DPn	PROGETTO DEFINITIVO	
REV.	DATA (DATE)	REDATTO (DRWN)	CONTROL. (CHK'D)	APPROVATO (APPR'D)	DESCRIZIONE (DESCRIPTION)	
FUNZIONE O SERVIZIO (DEPARTMENT)						
DIREZIONE INGEGNERIA – PROGETTAZIONE						
PROGETTAZIONE SISTEMI A RETE – PROGETTAZIONE CLIENTI						
DENOMINAZIONE IMPIANTO O LAVORO (PLANT OR PROJECT DESCRIPTION)						
AUTOSTRADA A14 - POTENZIAMENTO DEL SISTEMA AUTOSTR./TANG. DI BOLOGNA - PASSANTE DI BOLOGNA - RISOLUZIONE INTERFERENZE						
IDENTIFICATIVO IMPIANTO (PLANT IDENTIFIER)			WBS		CODICE CUP (CUP CODE)	
			DB19120251			
 Società del Gruppo Hera HERAtech s.r.l. Viale Carlo Farini Pichat 244 40127 Bologna tel. 051.287.111 www.hera.tech.it			CODICE DOCUMENTO (CODE)		N° COMMESSA (JOB N.)	
			DG00RG0001			
			ID DOCUMENTO (DOCUMENT ID)		NOME FILE (FILE NAME)	
					TANGBO_PD_R1_00	
 HERA S.p.A. Holding Energie Ricerca Ambiente viale Carlo Farini Pichat 244 40127 Bologna tel. 051.287.111 fax 051.287.105 www.gruppohera.it			 INRETE DISTRIBUZIONE ENERGIA INRETE DISTRIBUZIONE ENERGIA S.p.A. Socio Unico Hera S.p.A. Sede operativa: Via Cristina Campo 15 40127 Bologna tel. 051.2814239 fax 051.2814289 pec: inrete_distribuzione@legalmail.it www.inretedistribuzione.it		DENOMINAZIONE DOCUMENTO (DOCUMENT DESCRIPTION)	
			RELAZIONE ATTRAVERSAMENTO LINEA FF.SS. BO-PD			
			PROGR. KM. 6+100, ACQUEDOTTO ACQ 074-4			
			SCALA (SCALE)	N° FOGLIO (SHEET N°)	DI (LAST)	
			--	1	17	

	RELAZIONE ATTRAVERSAMENTO LINEA FF.SS. BO-PD Progr. KM. 6+100, ACQUEDOTTO ACQ 074-4				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
			1	2	17
AUTOSTRADA A14 - POTENZIAMENTO DEL SISTEMA AUTOSTR./TANG. DI BOLOGNA - PASSANTE DI BOLOGNA - RISOLUZIONE INTERFERENZE					

INDICE

1	PREMESSA	3
2	RELAZIONE	3
3	CONDOTTA IDRICA DN 150 MM	6
	3.1 CALCOLO DELLO SPESSORE DELLA TUBAZIONE	6
4	CALCOLO DELLA PORTATA DELLA CONDOTTA DI PROTEZIONE IN CASO DI ROTTURA.....	8
5	VERIFICA DEI POZZETTI ALLA SPINTA IDROSTATICA	9
6	RELAZIONE DI CALCOLO DEL TUBO DI PROTEZIONE	10
7	FASI DI REALIZZAZIONE	14
8	PIANO DI MANUTENZIONE.....	14
9	OPERE PROVVISORIALI.....	14
10	SMALTIMENTO ACQUE DI SUPERFICIE.....	15
11	TEMPISTICA DI REALIZZAZIONE.....	15
12	PROTEZIONE CATODICA	15
13	PIANO DI DISMISSIONE E DI SPOSTAMENTO DELL'OPERA	15
14	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	16

	RELAZIONE ATTRAVERSAMENTO LINEA FF.SS. BO-PD PROGR. KM. 6+100, ACQUEDOTTO ACQ 074-4				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
			1	3	17
AUTOSTRADA A14 - POTENZIAMENTO DEL SISTEMA AUTOSTR./TANG. DI BOLOGNA - PASSANTE DI BOLOGNA - RISOLUZIONE INTERFERENZE					

1 PREMESSA

Per consentire la realizzazione dell'ampliamento relativo al tratto autostradale A14 denominato Passante di Bologna, utile a risolvere alcune criticità di carattere metropolitano e nazionale, che prevede il potenziamento in sede a tre corsie per senso di marcia più emergenza, nonché la rigeometrizzazione degli svincoli delle complanari oppure la realizzazione di nuovi svincoli, HERA S.p.a. ha previsto la riorganizzazione delle proprie infrastrutture interferenti con il progetto autostradale.

In fase di progettazione preliminare si è provveduto ad analizzare le migliori alternative per il superamento delle suddette interferenze, considerando più tracciati possibili, diverse tecnologie di posa nonché soluzioni progettuali dedicate.

La seguente relazione tratta dello spostamento della condotta idrica DN 160 in acciaio che attualmente percorre via Cristoforo in Bologna e che, nella futura posizione, attraverserà la linea FF.SS. Bologna-Padova in corrispondenza della progressiva chilometrica 6+100 circa.

2 RELAZIONE

Via Cristoforo Colombo, situata alla progressiva chilometrica 12+507 dell'asse principale autostradale, è una strada urbana di quartiere, categoria E, costituita da una carreggiata unica con due corsie di senso opposto separate da doppia linea bianca centrale ed aventi banchine laterali di 50 centimetri: le corsie centrali hanno larghezza pari a 3,00 metri mentre quelle esterne sono da 3,5 metri, la piattaforma è affiancata da un marciapiede e da una pista ciclo-pedonale.

Dal punto di vista planimetrico l'intervento per la ridefinizione della strada ricalca il sedime esistente ad eccezione del tratto centrale di scavalco dove si ha uno scostamento di circa 4 metri, necessario al fine di evitare possibili interferenze tra le spalle in progetto e quelle del cavallo ferroviario esistente posto subito ad Ovest. Da un punto di vista altimetrico l'intervento prevede una riprofilatura dell'esistente per circa 275 metri dalla pk 0+50 alla pk 0+325 permettendo di avere un franco libero nel punto più critico pari a 5.20m. L'intervento, che rientra quindi nell'ambito dei lavori di realizzazione della nuova tangenziale di Bologna, prevede la ricalibratura della zona relativa al sottovia ferroviario di via Colombo a mezzo spinta di monolite e contemporanea demolizione delle strutture esistenti.

Per la spinta del monolite di riprofilatura del sottovia di via Cristoforo Colombo si rende quindi necessario lo spostamento dei sottoservizi HERA che attualmente risultano posizionati al di sotto del piano stradale, in particolare della condotta di acquedotto DN 160 mm, denominata ACQ 074/4.

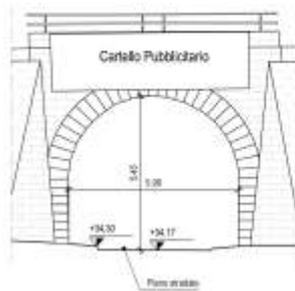


RELAZIONE ATTRAVERSAMENTO LINEA FF.SS. BO-PD Progr. KM. 6+100, ACQUEDOTTO ACQ 074-4

N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
		1	4	17

AUTOSTRADA A14 - POTENZIAMENTO DEL SISTEMA AUTOSTR./TANG. DI BOLOGNA - PASSANTE DI BOLOGNA - RISOLUZIONE INTERFERENZE

PROSPETTO SUD
SCALA 1:100



SEZIONE TRASVERSALE
SCALA 1:100

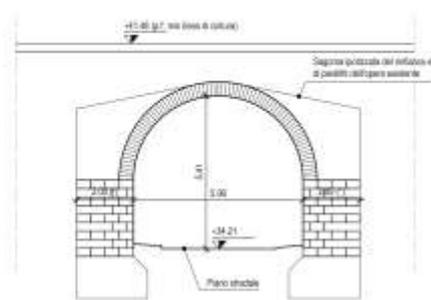


Figura 1 – Sottovia ferroviario via Colombo, stato di fatto: prospetto sud e sezione trasversale

SEZIONE LONGITUDINALE
SCALA 1:100

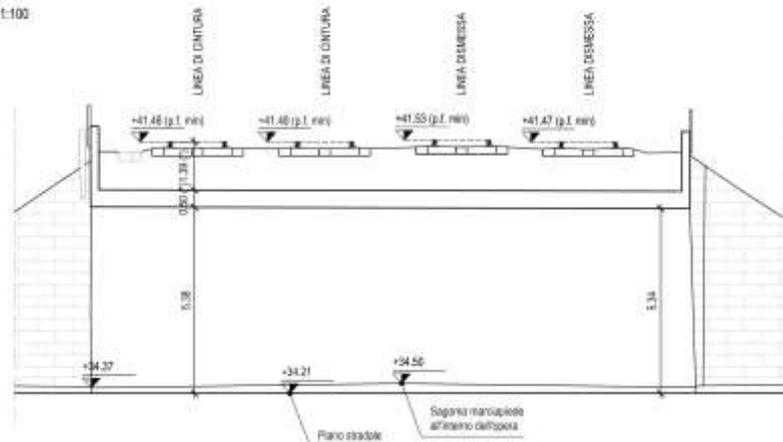


Figura 2 - Sottovia ferroviario via Colombo, stato di fatto: sezione longitudinale

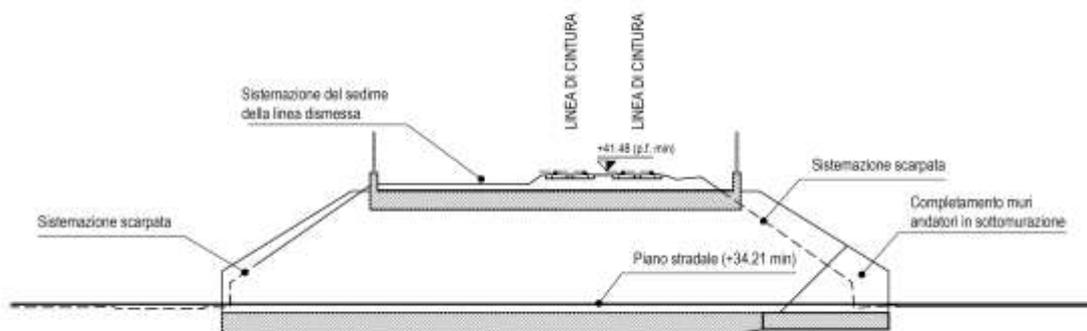


Figura 3 – Sottovia ferroviario via Colombo, progetto: sezione longitudinale

Le caratteristiche dell'attraversamento della condotta oggetto della presente relazione, rispondono alle norme tecniche emanate dal Ministero dei Trasporti con D.M. 4 Aprile 2014, e non è richiesta posa in deroga.

	RELAZIONE ATTRAVERSAMENTO LINEA FF.SS. BO-PD Progr. Km. 6+100, ACQUEDOTTO ACQ 074-4				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
			1	5	17
AUTOSTRADA A14 - POTENZIAMENTO DEL SISTEMA AUTOSTR./TANG. DI BOLOGNA - PASSANTE DI BOLOGNA - RISOLUZIONE INTERFERENZE					

Nella fattispecie, la condotta di acquedotto attualmente in acciaio DN 160 mm, sarà posizionata più ad est, ancora a mezzo tubi in acciaio saldati e rivestiti in polietilene per acqua, qualità L235 carico minimo unitario di snervamento 235 N/mm² (UNI EN 10224); diametro esterno di mm 168.3; spessore di mm 4.0; rivestimento esterno del tipo di polietilene applicato per estrusione R3R secondo UNI 9099 o DIN 30670. Il riposizionamento sarà in corrispondenza della progressiva chilometrica 6+100 della linea FF.SS. Bologna- Padova.

Nel tratto in attraversamento, così come prescritto dal DM 04/04/2014, sarà protetta da tubo esterno in acciaio (fodero) saldato, qualità L 275 UNI EN 10224, carico minimo unitario di snervamento 275 N/mm², UNI 10208-1 (a saldare) del diametro esterno di mm 355.6 e di spessore di mm 6.3. Il tubo di protezione avrà sviluppo totale di circa 70.00 m.

Il tubo di protezione a monte e a valle dell'attraversamento, ad una distanza non inferiore a 10 m dalla rotaia più vicina, sarà dotato di due pozzetti adeguatamente dimensionati dotati per la raccolta e drenaggio dell'acqua derivante dall'eventuale rottura del tubo di servizio. Le condotte di drenaggio opportunamente dimensionate e collegate ai suddetti pozzetti, convogliano l'acqua di risulta nella rete fognaria di Via Cristoforo Colombo. Sia il controtubo che la condotta avranno, in corrispondenza del manufatto, una pendenza non inferiore al 2‰. La concentricità tra il fodero e la condotta verrà realizzata a mezzo di distanziatori di materiale isolante appositamente disposti.

L'attraversamento per il passaggio inferiore della condotta, formerà con l'asse dei binari e del tunnel, un angolo di circa 85° in quanto dovrà seguire il tracciato e l'allineamento della sede stradale di Via Cristoforo Colombo.



Figura 4 - Stato di fatto e di progetto condotta acquedotto DN 160 mm su via Cristoforo Colombo

L'intervento di posa sarà realizzato a mezzo tecnologia no-dig utilizzando uno spingitubo/pressotrivella a partire dalla fossa di spinta lato sud ferrovia, localizzata nell'area verde a sud est del sottovia, fino all'incrocio con via del Sostegno: nelle due stesse posizioni saranno

	RELAZIONE ATTRAVERSAMENTO LINEA FF.SS. BO-PD Progr. KM. 6+100, ACQUEDOTTO ACQ 074-4				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
			1	6	17
AUTOSTRADA A14 - POTENZIAMENTO DEL SISTEMA AUTOSTR./TANG. DI BOLOGNA - PASSANTE DI BOLOGNA - RISOLUZIONE INTERFERENZE					

messi in opera due pozzetti di inizio/fine attraversamento per il contenimento del tubo camicia in acciaio.

3 CONDOTTA IDRICA DN 150 MM

La nuova condotta di acquedotto avrà una pressione di progetto DP di 5.8 bar circa, e sarà costituita da tubi in acciaio saldati e rivestiti in polietilene per acqua, qualità L235 carico minimo unitario di snervamento 235 N/mm² (UNI EN 10224); diametro esterno di mm 168.3; spessore di mm 4.0; rivestimento esterno del tipo di polietilene applicato per estrusione R3R secondo UNI 9099 o DIN 30670.

Caratteristiche della condotta per l'attraversamento interrato

Diametro esterno	De 168.3 mm
Spessore	s 4 mm
Diametro interno	Di 160.3 mm
Pressione di progetto	DP 5.8 bar
Pressione massima di progetto	MDPa 8.8 bar
Pressione di prova del sistema	STP 13.8 bar
Materiale della condotta acciaio	L235 UNI EN 10224
Peso specifico del materiale	γt 7850 Kg/mc

3.1 CALCOLO DELLO SPESSORE DELLA TUBAZIONE

Si riporta qui di seguito lo svolgimento del calcolo per la scelta dello spessore della tubazione in attraversamento della linea ferroviaria, tenendo conto i seguenti valori di pressione:

- Pressione di progetto DP: in riferimento al punto 3.1.4 della UNI EN 805:2002 tale sigla indica la *pressione di esercizio massima del sistema o della zona di pressione fissata dal progettista considerando gli sviluppi futuri ma escludendo il colpo d'ariete*;
- Pressione massima di progetto MDP: in riferimento al punto 3.1.5 della UNI EN 805:2002 tale sigla indica la *pressione di esercizio massima del sistema o della zona di pressione fissata dal progettista considerando gli sviluppi futuri e includendo il colpo d'ariete*, dove:
 - MDP è designata MDPa, quando vi è una tolleranza fissa per il colpo ariete;
 - MDP è designata MDPc, quando il colpo d'ariete è calcolato.
- Pressione di prova del sistema STP: in riferimento al punto 3.1.10 della UNI EN 805:2002 indica la *pressione idrostatica applicata a una condotta di nuova posa in opera al fine di assicurarne integrità e tenuta*, e sempre in riferimento al punto 11.3.2 della suddetta norma viene così calcolata:
 - Pressione del colpo d'ariete calcolata:

	RELAZIONE ATTRAVERSAMENTO LINEA FF.SS. BO-PD PROGR. KM. 6+100, ACQUEDOTTO ACQ 074-4				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
			1	7	17
AUTOSTRADA A14 - POTENZIAMENTO DEL SISTEMA AUTOSTR./TANG. DI BOLOGNA - PASSANTE DI BOLOGNA - RISOLUZIONE INTERFERENZE					

STP=MDP_c+100 kPa

- Pressione del colpo d'ariete non calcolata:

STP=min(MDP_a x 1.5; MDP_a + 500) kPa

Sempre il punto 11.3.2 stabilisce che “La tolleranza fissa per la pressione del colpo d'ariete inclusa in MDP_a non deve essere minore di 200 kPa”, mentre la tabella III del Decreto 12/12/1985 impone che per Pressioni idrostatiche fino a 6 kgf/cm² si valuti la sovrappressione di colpo d'ariete con 3 kgf/cm²: si considera quindi il maggiore tra questi due valori nel calcolo di STP come criterio di sicurezza. Risulta:

DP = 5.80 bar

MDP_a = 5.80 + 3.00 = 8.80 bar

STP = min(MDP_a x 1.5; MDP_a + 500) = min(8.80 x 1.5; 8.80 + 5) = 13.80 bar

$$s = \frac{200 \cdot \frac{S}{K_s} + P \cdot D_e}{200 \cdot \frac{S}{K_s} + 2 \cdot P}$$

Dove:

s = spessore del tubo in mm;

S = carico di snervamento minimo (espresso in kg/mm²) pari a 235 N/mm² (23.96 Kg/mm²);

K_s = coefficiente di sicurezza minimo pari a 2;

P = MDP_a, pressione massima (espressa in kg/cm²) pari a 13.80 bar;

D_e = diametro esterno della condotta pari a 168.30 mm;

$$s = \frac{200 \cdot \frac{23.96}{2} + 13.80 \cdot 168.3}{200 \cdot \frac{23.96}{2} + 2 \cdot 13.80} = 1.95$$

Si è adottato il tubo in acciaio saldato, qualità L 235, UNI EN 10224, del diametro esterno di 168.3 mm e spessore 4.0 mm.

	RELAZIONE ATTRAVERSAMENTO LINEA FF.SS. BO-PD Progr. KM. 6+100, ACQUEDOTTO ACQ 074-4				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
			1	8	17
AUTOSTRADA A14 - POTENZIAMENTO DEL SISTEMA AUTOSTR./TANG. DI BOLOGNA - PASSANTE DI BOLOGNA - RISOLUZIONE INTERFERENZE					

4 CALCOLO DELLA PORTATA DELLA CONDOTTA DI PROTEZIONE IN CASO DI ROTTURA

Nel presente capitolo si riporta la verifica della capacità del tubo di protezione in acciaio DN 350 mm di smaltire la portata convogliata dalla linea di acquedotto in caso di rottura di quest'ultima: il sistema è costituito quindi dal controtubo in acciaio che al suo interno contiene la tubazione DN 150 mm, per una lunghezza pari a quella dell'attraversamento, ossia 52.00 m, tra i pozzetti di inizio e fine interferenza.

Modello per il dimensionamento del diametro dei tubi di protezione per gli attraversamenti inferiori di ferrovie

da: "Norme tecniche per gli attraversamenti e per i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto"

DM 23 febbraio 1971

Verifica di capacità della tubazione di protezione a smaltire a gravità tutta la portata della condotta interna, assunte come ipotesi di base la pendenza dello 0,2% imposta dalla normativa ed un grado di riempimento pari ad 1

o: diametro interno del tubo di protezione	D =	0,344
p: diametro esterno della condotta (in prossimità del giunto a bicchiere)	d =	0,168
q: Ks di Strickler	Ks =	90
r: portata da smaltire [m ³ /s]	Q_s =	0,018
area liquida del tubo di protezione [m ²]	Af =	0,0932
area liquida occupata dalla condotta interna [m ²]	Ai =	0,0222
area liquida effettiva (Af-Ai-Area distanziatori (max 25%)) [m ²]	A =	0,0532
perimetro bagnato sul tubo di protezione [m]	Ce =	1,0820
perimetro bagnato sulla condotta interna [m]	Ci =	0,5287
perimetro bagnato Ce + Ci [m]	P =	1,6107
raggio idraulico [m]	Rh =	0,0330
portata smaltita [m ³ /s]	Q =	0,0220

CONTROLLO: Q > Q_s ?

SI

Verificato in quanto $Q_{75\%} = 22.00 \text{ l/s} > 18.00 \text{ l/s}$

Per quanto lo smaltimento delle acque dei pozzetti a monte e a valle, il deflusso è garantito da un tubo PVC DN 250 mm che recapita l'acqua verso la pubblica fognatura presente sul lato nord in corrispondenza di via del Sostegno. Si assume, compatibilmente alle caratteristiche della rete acquedottistica, una portata massima da smaltire pari a 20 l/s.

Si calcola la massima portata smaltibile dal tubo con la formula di Gauckler-Strickler, assunto un riempimento del 75%, un coefficiente di scabrezza 80, e una pendenza del 3 ‰. Dalla tabella sottostante risulta una portata smaltibile pari a circa 31 l/s.

	RELAZIONE ATTRAVERSAMENTO LINEA FF.SS. BO-PD Progr. KM. 6+100, ACQUEDOTTO ACQ 074-4				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
			1	9	17
AUTOSTRADA A14 - POTENZIAMENTO DEL SISTEMA AUTOSTR./TANG. DI BOLOGNA - PASSANTE DI BOLOGNA - RISOLUZIONE INTERFERENZE					

VERIFICA DEL MOTO A PELO LIBERO NELLE TUBAZIONI PER I VARI GRADI DI RIEMPIMENTO

(Note le caratteristiche della tubazione, diametro, materiale e pendenza ottengo: portata velocità e tensione tangenziale al fondo per i vari gradi di riempimento utilizzando la formula di Gauckler-Strickler).

Diametro condotta **D** (m) = 0,25

Pendenza condotta **i** = 0,003

Coeff. scabrezza Gauckler-Strickler **Ks** (m^{1/3}s⁻¹): 80

Grado riemp. Y/D	Altez. liquida Y (m)	Area liquida A (m²)	Raggio idra. Rh	Portata Q (l/s)	Velocità V (m/s)	Tau al fondo T (kg/m²)
0,05	0,0125	0,001	0,008	0,163	0,177	0,024
0,1	0,025	0,003	0,016	0,707	0,277	0,048
0,15	0,0375	0,005	0,023	1,647	0,357	0,070
0,2	0,05	0,007	0,030	2,966	0,424	0,090
0,25	0,0625	0,010	0,037	4,640	0,484	0,110
0,3	0,075	0,012	0,043	6,634	0,536	0,128
0,35	0,0875	0,015	0,048	8,907	0,582	0,145
0,4	0,1	0,018	0,054	11,415	0,623	0,161
0,45	0,1125	0,021	0,058	14,110	0,659	0,175
0,5	0,125	0,025	0,062	16,937	0,690	0,187
0,55	0,1375	0,028	0,066	19,841	0,717	0,199
0,6	0,15	0,031	0,069	22,758	0,740	0,208
0,65	0,1625	0,034	0,072	25,623	0,759	0,216
0,7	0,175	0,037	0,074	28,361	0,773	0,222
0,75	0,1875	0,039	0,075	30,889	0,782	0,226
0,8	0,2	0,042	0,076	33,111	0,787	0,228
0,85	0,2125	0,044	0,076	34,906	0,785	0,227
0,9	0,225	0,047	0,075	36,103	0,776	0,224
0,95	0,2375	0,048	0,072	36,399	0,756	0,215
1	0,25	0,04909	0,062	33,875	0,690	0,187

5 VERIFICA DEI POZZETTI ALLA SPINTA IDROSTATICA

Si prevede di installare pozzetti d'ispezione idonei per carichi stradali di 1° categoria accompagnati dalle relative certificazioni e quindi l'eventuale spinta idrostatica interna e/o esterna

	RELAZIONE ATTRAVERSAMENTO LINEA FF.SS. BO-PD PROGR. KM. 6+100, ACQUEDOTTO ACQ 074-4				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
			1	10	17
AUTOSTRADA A14 - POTENZIAMENTO DEL SISTEMA AUTOSTR./TANG. DI BOLOGNA - PASSANTE DI BOLOGNA - RISOLUZIONE INTERFERENZE					

sarà opportunamente contrastata dalla resistenza esercitata dal manufatto stesso nonché dal terreno di rinfianco.

6 RELAZIONE DI CALCOLO DEL TUBO DI PROTEZIONE

Così come prescritto dal DM 04/04/2014 nel tratto in attraversamento, la condotta sarà protetta da ulteriore tubazione DN 350 mm in acciaio (fodero) saldato, qualità L 275 UNI EN 10224, carico minimo unitario di snervamento 275 N/mm², UNI 10208-1 (a saldare) del diametro esterno di mm 355.6 e di spessore di 6.30 mm.

Il tubo di protezione avrà sviluppo totale di circa 52.00 ml.

Il tubo di protezione a monte e a valle dell'attraversamento sarà dotato di due pozzetti adeguatamente dimensionati dotati per la raccolta e drenaggio dell'acqua derivante dall'eventuale rottura del tubo di servizio. Le condotte di drenaggio opportunamente dimensionate e collegate ai suddetti pozzetti, convoglieranno l'acqua di risulta nella rete fognaria di Via Bologna. Sia il controtubo che la condotta avranno, in corrispondenza del manufatto, una pendenza non inferiore al 2%. La concentricità tra il fodero e la condotta verrà realizzata a mezzo di distanziatori di materiale isolante appositamente disposti.

Le caratteristiche del tubo di protezione per l'attraversamento superiore sono le seguenti:

Diametro esterno	De 355.6 mm
Spessore	s 6.30 mm
Diametro interno	Di 343.00 mm
Materiale del tubo	Acciaio L275 UNI EN 10224
Peso specifico del materiale	γ _t 7850 kg/mc

Il calcolo dello spessore del tubo di protezione è stato eseguito determinando le sollecitazioni agenti sullo stesso mediante le formule contenute nel DM 04/04/2014, dove i carichi gravanti su un tratto del tubo di protezione di un metro sono stati assunti pari a:

- **carico uniformemente ripartito, dovuto ai carichi mobili e al peso della massicciata**

$$p = \gamma_t \cdot H + \alpha \quad (\text{N/m}^2)$$

dove:

γ_t = peso specifico del terreno (N/m³);

H = profondità di interrimento tubo di protezione (m);

α = carico mobile transitante come indicato nel DM paragrafo 2.4.3 punto B (N/m²)

- **pressione uniforme dovuta alle spinte orizzontali**

$$q = \gamma_t \cdot H \cdot K + \alpha \cdot K' \quad (\text{N/m}^2)$$

dove:

K = coefficiente di spinta passiva variabile da 1 a 4 (prudenzialmente si adotta 1);

	RELAZIONE ATTRAVERSAMENTO LINEA FF.SS. BO-PD PROGR. KM. 6+100, ACQUEDOTTO ACQ 074-4				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
			1	11	17
AUTOSTRADA A14 - POTENZIAMENTO DEL SISTEMA AUTOSTR./TANG. DI BOLOGNA - PASSANTE DI BOLOGNA - RISOLUZIONE INTERFERENZE					

$K' =$ coefficiente di spinta attiva =0,333.

- **pressione variabile dovuta alle spinte orizzontali**

$$z = \gamma_t * D * K \text{ (N/m}^2\text{)}$$

dove:

$K =$ coefficiente di spinta passiva variabile da 1 a 4 (prudenzialmente si adotta 1);

$D =$ Diametro esterno del tubo di protezione (m)

- **reazione totale**

$$Q = \gamma_t * H * D + \alpha * D + \text{peso tubo protezione (N)}$$

Con le espressioni di cui sopra si è tenuto conto del peso del terreno sovrastante la tubazione, del carico mobile transitante sul binario ed inoltre della collaborazione offerta dal terreno circostante al tubo. Il tubo si estenderà da una parte e dall'altra della ferrovia per una lunghezza non inferiore a quella prevista dall'art. 2.4.7 del DM.

Il tubo di protezione sarà posato con una pendenza uniforme non inferiore allo 0.2%, le sue estremità saranno chiuse con adeguato sistema che assicuri la chiusura stagna dell'intercapedine, verrà munito ai due estremi di un tubo di sfiato e, nell'estremità più bassa, di un tubo di spurgo dell'intercapedine.

	RELAZIONE ATTRAVERSAMENTO LINEA FF.SS. BO-PD Progr. KM. 6+100, ACQUEDOTTO ACQ 074-4				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
			1	12	17
AUTOSTRADA A14 - POTENZIAMENTO DEL SISTEMA AUTOSTR./TANG. DI BOLOGNA - PASSANTE DI BOLOGNA - RISOLUZIONE INTERFERENZE					

Modello per il dimensionamento dello spessore dei tubi di protezione in acciaio per gli attraversamenti inferiori di ferrovie

da: "Norme tecniche per gli attraversamenti e per i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto"
DM a Aprile 2014

Dati di partenza:

a: raggio medio della tubazione [m]	r =	0,17465	
b: distanza minima tra piano inf. delle traverse e generatrice superiore della tubazione [m]	H =	8,48	
c: spessore della tubazione [m]	s =	0,0063	N.B.(spessore min = 4 mm)
d: peso specifico del materiale costituente la tubazione [kgf/m ³]	γ_{tubo} =	7850	
e: peso specifico del terreno di ricoprimento della tubazione [kgf/m ³]	γ_{terra} =	1800	
f: coefficiente di spinta a riposo	k₀ =	0,8	
g: tipo di ferrovia:		tipo =	2
	1 binario semplice		
	2 binario doppio		
h: Tensione di snervamento del materiale costituente la tubazione [kgf/cm ²]	f_y =	2804,23	controllo
			OK

Calcolo carichi esterni:

i: carico ripartito superiore [kgf/m*metro di condotta]	p =	16405,87
l: carico ripartito laterale [kgf/m*metro di condotta]	q =	13124,69
m: carico triangolare laterale [kgf/m*metro di condotta]	z =	502,99
n: carico verticale totale [kgf/metro di condotta]	Q =	5784,84

Calcolo sollecitazioni:

		peso proprio	carico ripartito superiore	carico ripartito laterale	carico triangolare laterale	reazione radiale costante settore 60°	totale	Tensione massima [kgf/cm ²]
sezione verticale superiore	M = [kgf*m/metro di condotta]	0,75	149,83	-100,08	-1,60	-7,38	41,52	661,07
	N = [kgf/metro di condotta]	4,32	-304,01	2292,23	27,45	85,71	2105,71	
sezione orizzontale mediana	M = [kgf*m/metro di condotta]	-0,86	-153,47	100,08	1,92	7,59	-44,74	722,10
	N = [kgf/metro di condotta]	13,57	2865,28	0,00	0,00	0,00	2878,85	
sezione verticale inferiore	M = [kgf*m/metro di condotta]	2,26	293,85	-100,08	-2,24	-112,80	80,99	1277,54
	N = [kgf/metro di condotta]	4,32	304,01	2292,23	60,40	689,32	3350,27	

Tensione massima: 1277,54 kgf/cm²

Nota:

La normativa impone che la tensione massima ammissibile per un tubo di protezione in acciaio sia inferiore alla META' della tensione minima di snervamento per la classe del materiale utilizzato

	RELAZIONE ATTRAVERSAMENTO LINEA FF.SS. BO-PD Progr. KM. 6+100, ACQUEDOTTO ACQ 074-4				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
			1	13	17
AUTOSTRADA A14 - POTENZIAMENTO DEL SISTEMA AUTOSTR./TANG. DI BOLOGNA - PASSANTE DI BOLOGNA - RISOLUZIONE INTERFERENZE					

La tensione massima sul tubo di protezione risulta pari a 1277.54 Kgf/cm², che come da decreto, risulta inferiore alla metà del carico di snervamento ammissibile per la classe di materiale utilizzato per il tubo di protezione ossia:

$$\sigma_{max} = 1277.54 < \frac{f_y}{2} = \frac{2804.23}{2} = 1402.12 \left[\frac{kgf}{cm^2} \right]$$

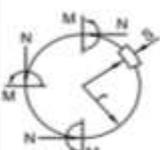
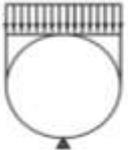
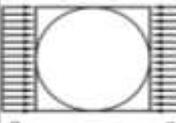
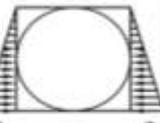
	A	B	C	D	E
	PESO PROPRIO	CARICO RIPARTITO SUPERIORE	CARICO RIPARTITO LATERALE	CARICO TRIANGOLARE LATERALE	REAZIONE RADIALE COSTANTE SETTORE 2φ=60°
SCHEMA					
SEZIONE VERTICALE SUPERIORE	$M = \frac{1}{2} \gamma_1 s r^2$ $N = -\frac{1}{2} \gamma_1 s r$	$M = \left(\frac{4}{3\pi} - \frac{1}{8} \right) p r^2 = 0,29941 p r^2$ $N = -\frac{1}{3\pi} p r = -0,10610 p r$	$M = -\frac{1}{4} q r^2$ $N = q r$	$M = -\frac{5}{48} z r^2 = -0,10417 z r^2$ $N = \frac{5}{16} z r = 0,31250 z r$	$Q =$ (reazione totale) $M =$ -0,0073038 Q r $N = 0,014817 Q$
SEZIONE ORIZZONTALE MEDIANA	$M = -\frac{\pi-2}{2} \gamma_1 s r^2 = -0,57080 \gamma_1 s r^2$ $N = \frac{\pi}{2} \gamma_1 s r = 1,57080 \gamma_1 s r$	$M = \left(\frac{1}{3\pi} - \frac{5}{96} \right) p r^2 = -0,30669 p r^2$ $N = p r$	$M = \frac{1}{4} q r^2 =$ $N = 0$	$M = \frac{1}{8} z r^2 = 0,125 z r^2$ $N = 0$	$M = 0,0075118 Q r$ $N = 0$
SEZIONE VERTICALE INFERIORE	$M = \frac{3\pi}{2} \gamma_1 s r^2$ $N = \frac{1}{2} \gamma_1 s r$	$M = \left(\frac{2}{3\pi} + \frac{5}{96} \right) p r^2 = 0,58721 p r^2$ $N = \frac{1}{3\pi} p r = 0,10610 p r$	$M = -\frac{1}{4} q r^2$ $N = q r$	$M = -\frac{7}{48} z r^2 = -0,14583 z r^2$ $N = \frac{11}{16} z r = 0,68750 z r$	$M = -0,11165 Q r$ $N = 0,11916 Q$
<p>M = momento flettente N = sforzo assiale p = carico uniformemente ripartito, dovuto ai carichi mobili ed al peso della massicciata q = pressione uniforme dovuta alle spinte orizzontali z = pressione variabile dovuta alle spinte orizzontali r = raggio medio della tubazione</p> <p>s = spessore della tubazione γ₁ = peso specifico del materiale costituente la tubazione Q = reazione radiale totale</p>					

Figura 5 - Allegato decreto 4 aprile 2014

	RELAZIONE ATTRAVERSAMENTO LINEA FF.SS. BO-PD Progr. KM. 6+100, ACQUEDOTTO ACQ 074-4				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
			1	14	17
AUTOSTRADA A14 - POTENZIAMENTO DEL SISTEMA AUTOSTR./TANG. DI BOLOGNA - PASSANTE DI BOLOGNA - RISOLUZIONE INTERFERENZE					

7 FASI DI REALIZZAZIONE

Le fasi operative per la realizzazione dello spostamento della condotta di acquedotto DN 150 mm sono descritte sul seguito: essendo in previsione la riprofilatura del sottovia ferroviario di via Colombo a mezzo spinta monolite, si rende necessario lo spostamento preventivo dei sottoservizi presenti sulla sede stradale, con conseguente predisposizione dei nuovi tratti e successiva rimozione dei primi.

Si prevede inizialmente l'accantieramento per la preparazione delle aree oggetto di intervento, a cui segue la realizzazione della fossa di spinta con relativo muro, utili all'installazione della presso trivella.

Successivamente si inizierà la vera e propria posa del controtubo in acciaio DN 350 mm mediante trivellazione del terreno con contemporanea evacuazione del materiale di risulta per mezzo di una testa di perforazione provvista di coclea: la tubazione in acciaio verrà spinta assemblando una serie di tubi uniti da saldatura. Alla fine della trivellazione verranno recuperate le coclee ed infilate le tubazioni della nuova linea di acquedotto DN 150 mm.

Verranno poi predisposti i pozzetti di inizio e fine attraversamento ad una distanza non inferiore di quella richiesta dal DM 4 aprile 2014, pari alla lunghezza del controtubo in acciaio. In questa fase, rendendosi necessaria la continuità del servizio erogato da HERA S.p.a., sarà possibile il taglio/dismissione delle infrastrutture esistenti sul sedime stradale di via Colombo, in modo anche da permettere la spinta del nuovo monolite che costituirà il nuovo sottovia ferroviario.

8 PIANO DI MANUTENZIONE

Come richiesto dal D.M. 04/04/2014, si prevede la verifica con cadenza annuale, nell'ambito dei piani aziendali di manutenzione, dei seguenti aspetti:

- Rintracciabilità, coerenza cartografica e assenza di dispersioni nel tratto in attraversamento e nei tratti in parallelismo;
- Verifica della tenuta della tubazione;
- Verifica dei pozzetti di inizio/fine attraversamento;
- Verifica della botola di copertura dei pozzetti di ispezione;
- Rintracciabilità, accessibilità e corretto funzionamento dello scarico;
- Rintracciabilità, stato conservazione e verifica assenza acqua intercapedine del fodero.

9 OPERE PROVVISORIALI

L'opera provvisoria che si rende necessaria per la realizzazione dell'attraversamento ferroviario consiste negli elementi di sostegno per lo scavo della fossa di spinta della pressotrivella. Si valuterà se intervenire a mezzo palancole in acciaio o blindaggio dello scavo, a seconda dei gradi di libertà che tali elementi possono conferire alla lavorazione tramite

	RELAZIONE ATTRAVERSAMENTO LINEA FF.SS. BO-PD PROGR. KM. 6+100, ACQUEDOTTO ACQ 074-4				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
			1	15	17
AUTOSTRADA A14 - POTENZIAMENTO DEL SISTEMA AUTOSTR./TANG. DI BOLOGNA - PASSANTE DI BOLOGNA - RISOLUZIONE INTERFERENZE					

pressotrivella, alla movimentazione dei conci di tubazione da saldare e alle eventuali vibrazioni che possono conferire o meno agli edifici limitrofi la zona di cantiere.

10 SMALTIMENTO ACQUE DI SUPERFICIE

L'intervento in progetto non implica la realizzazione di zone pavimentate, per cui non risulta necessario presentare un piano di smaltimento delle acque di superficie.

11 TEMPISTICA DI REALIZZAZIONE

Si riporta di seguito il cronoprogramma di progetto definitivo che potrebbe subire variazioni prima dell'affidamento dei lavori.

TOTALE DURATA LAVORI ED ASFALTI gg. Nat. Cons. = 75	mese											
	settimana											
	1			2			3					
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Attraversamento Linea FF.SS. Bologna-Padova Fodero in acciaio DN 350 mm ACQ DN 150 mm Ltot=52.00 m	accantieramento pressotrivella											
	realizzazione fossa di spinta											
	esecuzione trivellazione e spinta ed inserimento tubazione											
	predisposizione pozzetti inizio e fine attraversamento											
	rinterri/ripristini provvisionali											
	opere di finitura											
	collaudo											

Figura 6 Cronoprogramma dei lavori.

12 PROTEZIONE CATODICA

Il tratto di nuova condotta di acquedotto in acciaio in attraversamento alla linea ferroviaria Bologna-Padova sarà provvisto di protezione catodica.

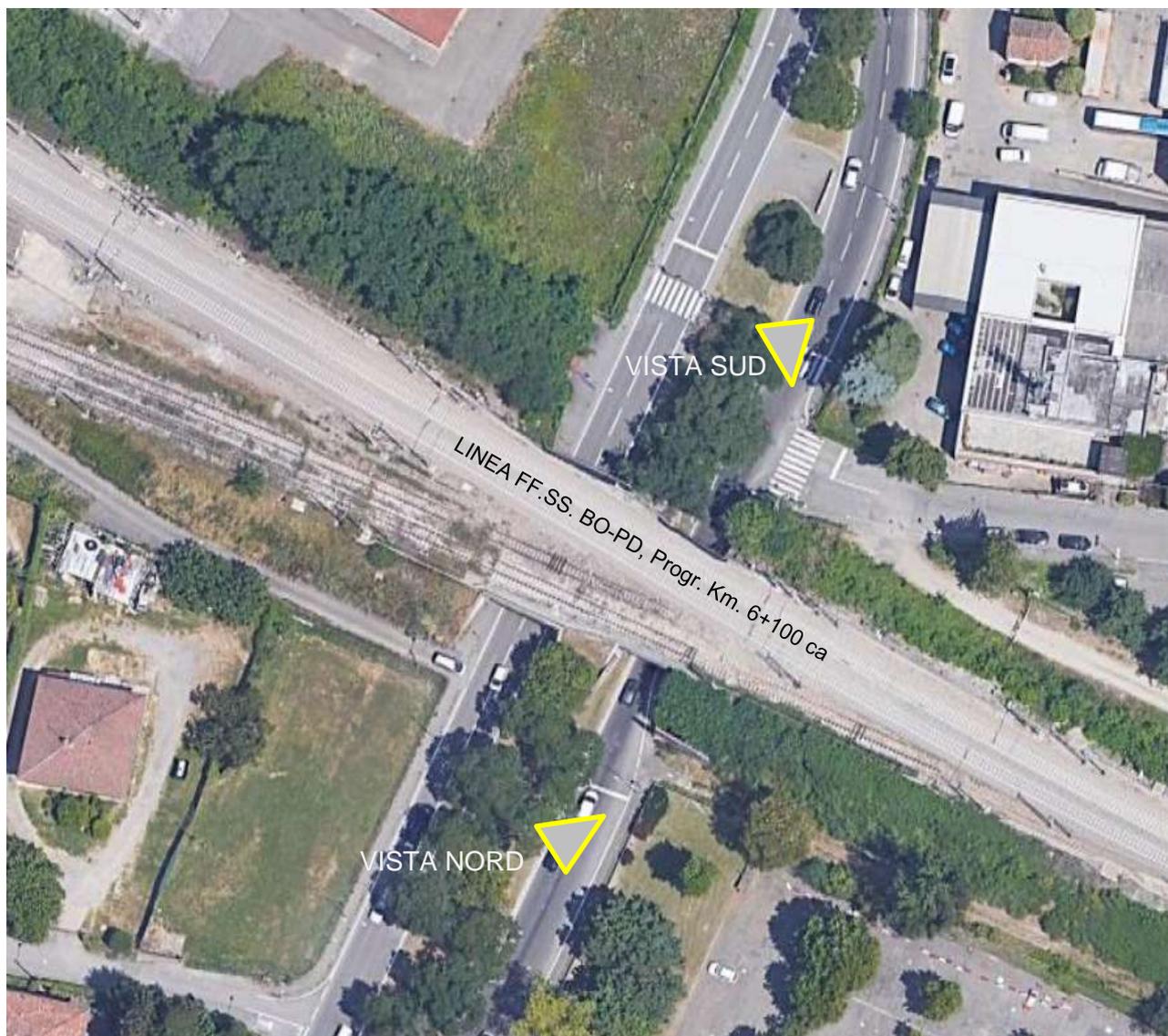
13 PIANO DI DISMISSIONE E DI SPOSTAMENTO DELL'OPERA

Con riferimento al Piano di dismissione della presente opera si specifica che nei programmi aziendali di intervento sulle reti non è prevista la dismissione della condotta in progetto né questa attività appare prevedibile in tempi brevi, ma, nel caso in cui nel futuro si intenda procedere in tal senso, sarà prevista la rimozione della tubazione interna in acciaio ed il riempimento del tubo protettore con calcestruzzo fluido o altro materiale definito in accordo con RFI e previa acquisizione delle prescritte autorizzazioni e prescrizioni che saranno impartite da Rete Ferroviaria Italiana Spa.

	RELAZIONE ATTRAVERSAMENTO LINEA FF.SS. BO-PD Progr. KM. 6+100, ACQUEDOTTO ACQ 074-4				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
			1	16	17
AUTOSTRADA A14 - POTENZIAMENTO DEL SISTEMA AUTOSTR./TANG. DI BOLOGNA - PASSANTE DI BOLOGNA - RISOLUZIONE INTERFERENZE					

Con riferimento al Piano di spostamento si specifica che qualora si rendesse necessario lo spostamento della condotta per esigenze di RFI o del Gruppo HERA, si provvederà, in accordo con RFI e previa acquisizione delle prescritte autorizzazioni e prescrizioni che saranno impartite da Rete Ferroviaria Italiana Spa, a definire la posizione più idonea del nuovo tracciato per garantire la sicurezza della sovrastruttura ferroviaria e la continuità del servizio di acquedotto.

14 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



	RELAZIONE ATTRAVERSAMENTO LINEA FF.SS. BO-PD Progr. KM. 6+100, ACQUEDOTTO ACQ 074-4				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
			1	17	17
AUTOSTRADA A14 - POTENZIAMENTO DEL SISTEMA AUTOSTR./TANG. DI BOLOGNA - PASSANTE DI BOLOGNA - RISOLUZIONE INTERFERENZE					



Figura 7 – Vista attraversamento linea FF.SS. BO-PD vista nord



Figura 8 – Vista attraversamento linea FF.SS. BO-PD vista sud