

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J84H17000930009

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

**RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

OC – ELABORATI GENERALI
Relazione generale opere civili

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

NM25 03 D 26 RH OC0000 001 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Prima Emissione	G.Coppa	Aprile 2020	A.Malcangi	Aprile 2020	M. Berlingieri	Aprile 2020	A. Perego
B	Revisione interna	G.Coppa	Maggio 2020	A.Malcangi	Maggio 2020	M. Berlingieri	Maggio 2020	
C	Revisione interna	G.Coppa	Giugno 2020	A.Malcangi	Giugno 2020	M. Berlingieri	Giugno 2020	

File: NM2503D26RHOC0000001C

n. Elab.:

INDICE

1.	INQUADRAMENTO GENERALE DEL PROGETTO	6
2.	SCOPO E CONTENUTI DELL'INTERVENTO	7
3.	NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	9
3.1	NORMATIVA FERROVIARIA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	9
3.2	NORMATIVA STRADALE DI RIFERIMENTO	9
3.3	NORMATIVA STRUTTURALE DI RIFERIMENTO	9
3.4	NORMATIVA IDRAULICA	11
4.	STATO DI FATTO E DI PROGETTO DELLA LINEA FERROVIARIA.....	12
5.	INDAGINI GEOGNOSTICHE E INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO	12
5.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE E INQUADRAMENTO GEOTECNICO	12
5.1.1	<i>Indagini da fonti bibliografiche</i>	<i>13</i>
5.1.2	<i>Indagini eseguite a supporto del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica</i>	<i>14</i>
5.1.3	<i>Indagini eseguite a supporto del Progetto Definitivo</i>	<i>14</i>
5.2	MODELLO GEOLOGICO LOCALE.....	20
5.3	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	21
5.4	FALDA	23
5.4.1	<i>Monitoraggio piezometrico.....</i>	<i>23</i>
5.5	PERMEABILITÀ.....	27
5.6	PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO	27
5.7	FENOMENO DI LIQUEFAZIONE	29
5.8	RIUTILIZZI TERRE DA SCAVO	31
6.	IDROLOGIA ED IDRAULICA.....	34
6.1	VALUTAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA.....	34
6.1.1	<i>Idraulica di piattaforma ferroviaria</i>	<i>34</i>
6.1.2	<i>Attraversamenti idraulici ferroviari</i>	<i>35</i>

6.1.3	<i>Idraulica di piattaforma stradale</i>	35
6.1.4	<i>Compatibilita' idraulica delle opere attraversamenti maggiori</i>	36
6.2	IDROLOGIA E SOSTENIBILITÀ.....	37
7.	OPERE IDRAULICHE DI ATTRAVERSAMENTO.....	38
7.1	TOMBINI IDRAULICI FERROVIARI.....	38
7.2	TOMBINI IDRAULICI STRADALI.....	40
7.3	DRENAGGIO DI PIATTAFORMA.....	41
7.3.1	<i>Drenaggio Ferroviario</i>	41
7.3.2	<i>Drenaggio viabilità</i>	42
7.3.3	<i>Drenaggio Piazzali e Fabbricati</i>	42
7.4	TEMPO DI RITORNO DI PROGETTO.....	42
7.5	VASCHE DI DRENAGGIO FERROVIARIO.....	43
8.	CORPO STRADALE FERROVIARIO.....	44
8.1	CRITERI DI PROGETTAZIONE DEL CORPO STRADALE FERROVIARIO.....	44
8.1.1	<i>Sezione tipo in rilevato</i>	46
8.1.2	<i>Sezione tipo in trincea</i>	53
8.1.3	<i>Sezione ristrette</i>	55
9.	STAZIONI E FERMATE.....	56
9.1	STAZIONE DI PIADENA.....	56
9.2	STAZIONE DI BOZZOLO.....	57
9.3	STAZIONE DI MARCARIA.....	58
9.4	FERMATA DI CASTELLUCCHIO.....	59
10.	BARRIERE ANTIRUMORE E MURI DI RECINZIONE.....	61
10.1	BARRIERE ANTIRUMORE.....	62
10.2	MURI DI RECINZIONE.....	65
10.3	OPERE DI SCAVALCO.....	66

10.3.1	Scavalco BS125-450	66
10.3.1	Scavalco BS125-450	68
10.3.2	Scavalco standard L=7,50m	70
10.3.3	Scavalco muri di recinzione L=4.50m	72
10.3.4	Scavalco muri di recinzione L=7.50m	73
11.	NUOVE VIABILITÀ	74
11.1	NV22 – CATEGORIA F1 (STRADA LOCALE EXTRAURBANA)	75
11.2	NV23 – CATEGORIA F1 (STRADA LOCALE EXTRAURBANA)	76
11.3	NV24 – CATEGORIA Fu (STRADA LOCALE URBANA)	77
11.4	NV25 – CATEGORIA F1 (STRADA LOCALE EXTRAURBANA)	78
11.5	NV26 – CATEGORIA F1 (STRADA LOCALE EXTRAURBANA)	79
11.6	NV27 – CATEGORIA F1 (STRADA LOCALE EXTRAURBANA)	79
11.7	NV28 – CATEGORIA Fu (STRADA LOCALE URBANA)	80
11.8	NV29 – CATEGORIA F1 (STRADA LOCALE EXTRAURBANA)	81
11.9	NV30 – CATEGORIA F1 (STRADA LOCALE EXTRAURBANA)	82
11.10	NV31 – CATEGORIA F1 (STRADA LOCALE EXTRAURBANA)	83
11.11	NV32 – CATEGORIA F1 (STRADA LOCALE EXTRAURBANA)	84
11.12	NV33 – CATEGORIA F1 (STRADA LOCALE EXTRAURBANA)	85
11.13	NV34 – CATEGORIA Fu (STRADA LOCALE URBANA)	86
11.14	SEZIONI TIPO.....	87
11.14.1	Categoria F1 (Strada Locale Extraurbana)	87
11.14.2	Categoria Fu (Strada Locale Urbana)	87
11.15	PAVIMENTAZIONE STRADALE	88
12.	OPERE D'ARTE	89
12.1	PONTI E VIADOTTI FERROVIARI DI PROGETTO.....	89
12.1.1	VI 03 (ex IN24) - Viadotto a cassone porta ballast L=14.50m.....	89

12.1.2	<i>VI04 (ex IN4) - Viadotto a travi incorporate L=19.00m</i>	91
12.2	CAVALCAFERROVIA DI PROGETTO	96
12.3	CAVALCAFERROVIA ESISTENTI	98
12.4	SOTTOVIA, SOTTOPASSI E PASSERELLE CICLO-PEDONALI IN PROGETTO	99
12.4.1	<i>Sottopasso SL01 km 56+251</i>	99
12.4.2	<i>Sottopasso SL02 km 86+998</i>	100
12.4.3	<i>Passerella ciclo-pedonale km 83+906</i>	101
12.5	NUOVI SOTTOPASSI FERROVIARI IN PROGETTO	104
12.5.1	<i>FV11-Stazione di Piadena</i>	104
12.5.2	<i>FV12-Stazione di Bozzolo</i>	105
12.5.3	<i>FV13-Stazione di Marcaria</i>	106
12.5.4	<i>FV14-Stazione di Castellucchio</i>	108
13.	FABBRICATI TECNOLOGICI E PIAZZALI	111
13.1	PIAZZALE CABINE TE MANTOVA	111
13.2	NUOVO ACC DI MANTOVA	112
13.2.1	<i>Fabbricato tecnologico T1</i>	114
13.3	PIAZZALE DI MARCARIA	118
13.4	PIAZZALE DI BOZZOLO	118
13.5	FABBRICATO TECNOLOGICO T3 – MARCARIA E BOZZOLO	119
13.6	PPT E GARITTE RTB	121
14.	BONIFICA SISTEMATICA TERRESTRE	121
15.	DEMOLIZIONI	125

1. INQUADRAMENTO GENERALE DEL PROGETTO

Nel Programma Regionale Mobilità e Trasporti della Regione Lombardia è riportata la pianificazione di “Riqualificazione Milano – Codogno – Cremona - Mantova”. Tale voce, oltre a citare gli interventi di raddoppio conclusi nel 2015 tra la località Cavatigozzi e Cremona, riporta anche l’intervento di raddoppio, proposto in maniera selettiva, sull’intera relazione.

Recentemente sulla linea sono stati firmati impegni e convenzioni attuative che hanno interessato la Regione Lombardia e Rete Ferroviaria Italiana. L’obiettivo commerciale, alla base di questi interventi, è creare le condizioni per l’incremento della regolarità sulla relazione regionale Milano – Mantova ed un suo successivo potenziamento, nonché raggiungere la frequenza di un treno/h per direzione.

Successivi approfondimenti svolti dalle strutture territoriali di RFI congiuntamente alla Regione Lombardia, hanno messo in evidenza la necessità di approfondire la tratta prioritaria di raddoppio, anche alla luce del modello di esercizio che sarà adottato dalla Regione stessa.

La linea ha inoltre un notevole interesse merci legato, non solo alla presenza degli impianti industriali raccordati, ma anche al fatto che tale linea fa parte del corridoio alternativo al Mediterraneo.

In quest’ottica, il presente Progetto Definitivo, compendia gli interventi necessari, nell’ambito della linea Codogno – Cremona – Mantova, all’attivazione prioritaria della tratta Piadena – Mantova, 1^ fase funzionale del raddoppio della linea in oggetto.

L’opera si sviluppa nella bassa pianura lombarda, ad una quota compresa tra i 60 e i 20 metri s.l.m. andando da ovest verso est; lo sviluppo della tratta è di circa 34km tra le località di Piadena (km 55+286 LS) e Mantova (km 89+557 LS).

La 1^ fase del progetto prevede i seguenti interventi:

- Raddoppio tratta Piadena – Bozzolo: raddoppio con tratti in variante tramite la realizzazione di un nuovo binario ad interasse di circa 22.50 m dall’attuale, da eseguirsi in presenza di esercizio ferroviario;
- Raddoppio tratta Bozzolo – Mantova: raddoppio in stretto affiancamento da eseguirsi in interruzione prolungata di esercizio ferroviario.

Il progetto prevede, nell’ambito della realizzazione nuova della sede ferroviaria a doppio binario, dei relativi impianti ed apparati tecnologici e di trazione elettrica, inoltre la riqualificazione delle Stazioni e dei PRG di Piadena, Bozzolo e Marcaria, della Fermata di Castellucchio e del PRG di Mantova. È prevista, ancora, la soppressione di tutti i PL di linea tramite realizzazione di opportune nuove opere sostitutive.

L’intervento, nel suo complesso, grazie all’incremento delle prestazioni della linea, si caratterizza come un potenziamento dei collegamenti regionali e merci attualmente programmati.

2. SCOPO E CONTENUTI DELL'INTERVENTO

Lo scopo del presente documento è di illustrare gli interventi sull'infrastruttura ferroviaria previsti nel Progetto definitivo per il raddoppio ferroviario della tratta Piadena-Mantova.

Gli interventi previsti nel presente progetto vedranno il loro sviluppo lungo un'area che coinvolge sette comuni: Piadena, Tornata, Bozzolo, Marcaria, Castellucchio, Curtatone e Mantova.

Provincia	Comune	Progressiva chilometrica
CREMONA	Piadena	54+500 circa -58+750
	Tornata	58+750- 62+900
MANTOVA	Bozzolo	62+900-67+230
	Marcaria	67+230-75+650
	Castellucchio	75+650-81+550
	Curtatone	81+550-85+750
	Mantova	85+750-89+450

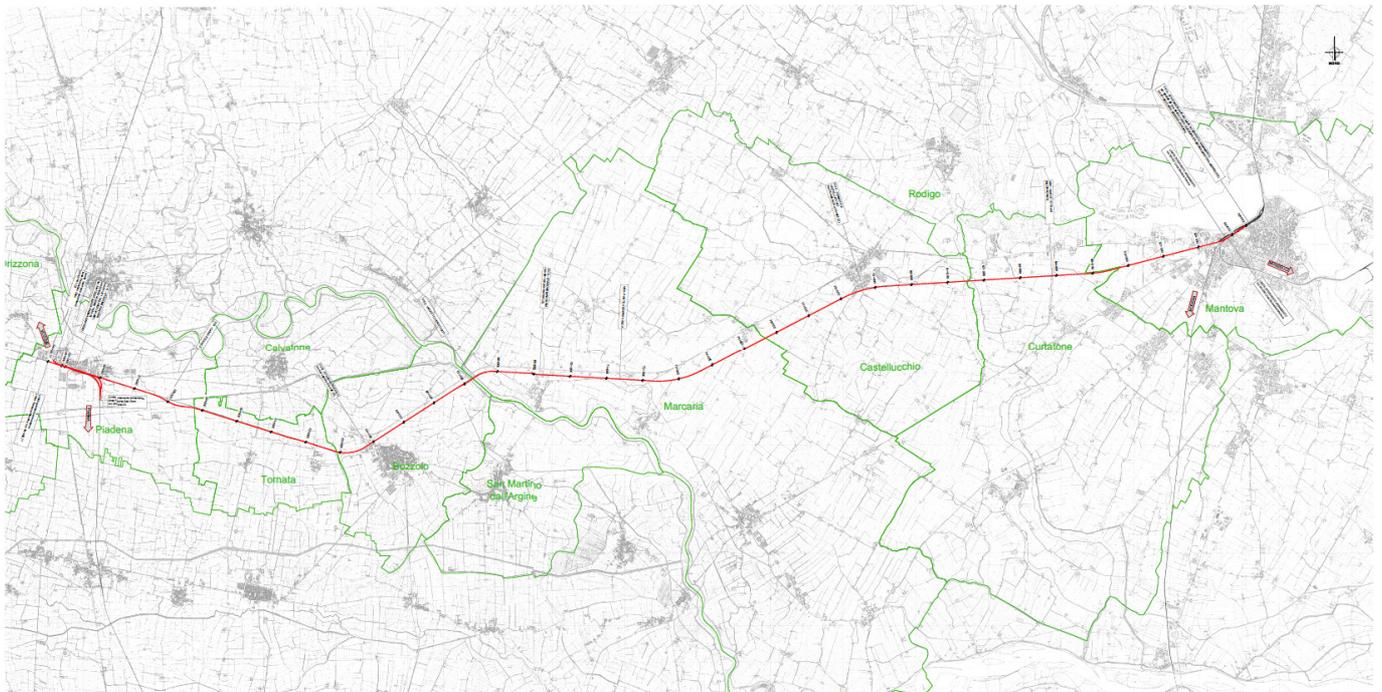


Figura 1 – Inquadramento generale dell'intervento tra Piadena e Mantova

La tratta in oggetto è interamente ubicata nella bassa pianura lombarda ad una quota compresa tra i 60 e i 20 metri s.l.m. andando da ovest verso est; lo sviluppo della tratta è di circa 34km tra le località di Piadena (km 55+286 LS)

e Mantova (km 89+557 LS) ed attraversa due importanti fiumi, il fiume Oglio e il fiume Mincio; il piano campagna varia gradualmente andando da Ovest ad Est da circa + 33 m slmm a circa +20 m slmm.

La 1^a fase del progetto prevede i seguenti interventi:

- Raddoppio tratta Piadena – Bozzolo: raddoppio con tratti in variante tramite la realizzazione di un nuovo binario ad interasse di circa 22.50 m dall'attuale, da eseguirsi in presenza di esercizio ferroviario;
- Raddoppio tratta Bozzolo – Mantova: raddoppio in stretto affiancamento da eseguirsi in interruzione prolungata di esercizio ferroviario.

Il progetto prevede, nell'ambito della realizzazione nuova della sede ferroviaria a doppio binario, dei relativi impianti ed apparati tecnologici e di trazione elettrica, inoltre la riqualificazione delle Stazioni e dei PRG di Piadena, Bozzolo e Marcaria, della Fermata di Castellucchio e del PRG di Mantova. È prevista, ancora, la soppressione di tutti i PL di linea tramite realizzazione di opportune nuove opere sostitutive.

3. **NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

3.1 **Normativa ferroviaria e documenti di riferimento**

- RFI DTC SI MA IFS 001 C – Dicembre 2018: Manuale di progettazione delle opere civili;
- RFI DTC SI SP IFS 001 C – Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili – RFI;
- Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019.

3.2 **Normativa stradale di riferimento**

- D.M. 5 novembre 2001 Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade;
- D.M. 22 aprile 2004 Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade";
- Decreto Legislativo 30 aprile 1992 n. 285 Nuovo codice della strada e s.m.i.;
- D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495 Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada;
- D.M. Min. LL.PP. 18.02.92 n° 223 Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza;
- D.M. 21/06/2004: "Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale";
- Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 21/07/2010: "Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali";
- Direttiva Ministero LL.PP. 24.10.2000: "Direttiva sulla corretta ed uniforme applicazione delle norme del Codice della Strada in materia di segnaletica e criteri per l'installazione e la manutenzione";
- Bozza 21/03/2006 "Norma per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti";
- Regione Lombardia – L.R.6 del 1989, n.6;
- Decreto 30/11/1999 n. 557 "Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili";
- D.M 19/04/2006: "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali;
- CNR n° 178 15/09/1995: "Catalogo delle pavimentazioni stradali".

3.3 **Normativa strutturale di riferimento**

- Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni";
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7: Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018;
- Legge 5 novembre 1971 n. 1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica;

- UNI EN 206:2016 – “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- UNI EN 11104:2016 – “Calcestruzzo - Specificazione. prestazione. produzione e conformità - Specificazioni complementari per l’applicazione della EN 206;
- EN 1991-2:2003/AC:2010 “Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: carichi da traffico sui ponti”;
- EN 1992-1 “Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per edifici”;
- EN 1992-1 “Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 2: ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi”;
- EN 1997-1 “Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica- Parte 1: Regole generali”;
- UNI EN 1998-1:2013 “Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1998-5:2005 “Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- Manuale di progettazione delle opere civili RFI parte II – sezione 2 – “Ponti e strutture” - RFI DTC SI PS MA IFS 001 C;
- Manuale di progettazione delle opere civili RFI parte II – sezione 3 – “Corpo stradale” - RFI DTC SI PS MA IFS 001 C.;
- RFI DTC SI SP IFS 001 C – “Capitolato Generale di Appalto delle Opere Civili”;
- Norme STI:
 - Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019; Legge. 2 febbraio 1974, n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.;
 - Regolamento (UE) N. 1300/2014/UE Specifiche Tecniche di Interoperabilità per l’accessibilità del sistema ferroviario dell’Unione europea per le persone con disabilità e le persone a mobilità ridotta del 18/11/2014, modificato con il Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/772 della Commissione del 16 maggio 2019;
 - Regolamento (UE) N° 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, rettificato dal Regolamento (UE) 2016/912 del 9 giugno 2016 e modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;
 - Regolamento UE N. 1301/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «Energia» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di Esecuzione (UE) 2018/868 del 13 giugno 2018 e dal successivo Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;
 - Regolamento (UE) N. 2016/919 della Commissione del 27 maggio 2016 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità per i sottosistemi "controllo-comando e segnalamento" del sistema

ferroviario nell'Unione europea modificata con la Rettifica del 15 giugno 2016 e dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;

- REGOLAMENTO DI ESECUZIONE (UE) 2019/772 DELLA COMMISSIONE del 16 maggio 2019 che modifica il regolamento (UE) n. 1300/2014 per quanto riguarda l'inventario delle attività al fine di individuare le barriere all'accessibilità, fornire informazioni agli utenti e monitorare e valutare i progressi compiuti in materia di accessibilità;
- REGOLAMENTO DI ESECUZIONE (UE) 2019/776 DELLA COMMISSIONE del 16 maggio 2019 che modifica i regolamenti (UE) n. 321/2013, (UE) n. 1299/2014, (UE) n. 1301/2014, (UE) n. 1302/2014, (UE) n. 1303/2014 e (UE) 2016/919 della Commissione e la decisione di esecuzione 2011/665/UE della Commissione per quanto riguarda l'allineamento alla direttiva (UE) 2016/797 del Parlamento europeo e del Consiglio e l'attuazione di obiettivi specifici stabiliti nella decisione delegata (UE) 2017/1471 della Commissione.

3.4 Normativa idraulica

- R.D. 25/07/1904, N. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie".
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale.
- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE.
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE.
- Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008).
- Dlgs 16 marzo 2009, n. 30. Protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento.
- Dm Ambiente 16 giugno 2008, n. 131. Criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici.
- Dm Ambiente 12 giugno 2003, n. 185. Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue.
- Dlgs 27 gennaio 1992, n. 132. Protezione delle acque sotterranee.
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato.
- PAI - 7. Norme di Attuazione - Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica - Allegato 3 Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense. Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.
- PdG Po – Piano di Gestione del fiume Po approvato il 3/03/2016 (DPCM 27 ottobre 2016).
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico Padano (P.G.R.A. 03/03/2016).
- Norme tecniche di attuazione del Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA) della Regione Lombardia del 2016.
- Testo coordinato del r.r. 23 novembre 2017, n. 7 «Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)» Serie Ordinaria n. 51 - Sabato 21 dicembre 2019

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
	Relazione generale opere civili	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO OC 00 00 001	REV. C

4. STATO DI FATTO E DI PROGETTO DELLA LINEA FERROVIARIA

Allo stato attuale la linea è elettrificata a singolo binario nel tratto oggetto di intervento, dalla Stazione di Piadena fino alla Stazione di Mantova; nel presente progetto definitivo è previsto il raddoppio della linea ferroviaria sostanzialmente in affiancamento alla linea storica.

In particolare, il raddoppio avviene in stretto affiancamento da inizio intervento fino alla pk di progetto 57+650 circa, in cui i due binari di progetto si distaccano dalla linea storica e vanno in variante per superare il Canale Dugale con il viadotto VI01 in struttura mista acciaio\cls.

Dopo l'attraversamento del canale, il tracciato torna ad avvicinarsi alla linea storica, intorno al km 58+900 circa. Da questo tratto in poi il nuovo tracciato si mantiene sempre in affiancamento alla linea esistente, tornando in variante in corrispondenza dell'attraversamento del fiume Oglio, mediante il viadotto VI02 con campate in acciaio.

Successivamente al fiume Oglio, la linea di progetto torna parallela alla linea storica fino a Mantova.

Per la descrizione di dettaglio circa l'armamento e le informazioni di tracciato ferroviario, si rimanda alle Relazioni descrittive specifiche.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE E INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO

5.1 Indagini geognostiche e inquadramento geotecnico

I dati stratigrafici e geotecnici riportati nella relazione geotecnica generale e nei profili geotecnici sono stati desunti dai risultati delle indagini geognostiche e di laboratorio condotte a supporto del progetto di raddoppio della linea ferroviaria in oggetto, oltre che da diverse fonti bibliografiche, come meglio dichiarato e descritto nella documentazione geologica e geotecnica di riferimento.

Nello specifico:

- Indagini geognostiche (CPTU e sondaggi) estratte dall'archivio ENSER facenti parte della campagna di indagine 2007 eseguita nell'ambito della progettazione dell'autostrada regionale Cremona-Mantova;
- Indagini geognostiche (CPT, sondaggi e pozzi) estratte dal database della Regione Lombardia e dai PGT (Piani Comunali di Governo del Territorio), eseguite tra il 1998 e il 2010 circa;
- Campagna di indagine ITALFERR 2018 eseguita nel 2018 nell'ambito della precedente fase progettuale (PFTE);
- Campagna di indagine ITALFERR 2019 eseguita tra luglio e dicembre 2019 nell'ambito della presente fase progettuale (Progetto Definitivo).

Nei paragrafi successivi è riportato il dettaglio delle indagini geognostiche, considerate per la caratterizzazione geotecnica della linea in progetto.

5.1.1 Indagini da fonti bibliografiche

In Tabella 1 si riporta una sintesi delle indagini considerate con le progressive (approssimate) di riferimento ottenute proiettando le indagini lungo la linea ferroviaria.

Tabella 1- Indagini geognostiche da fonti bibliografiche

Progressiva (km »)	ID (sigla)	Tipo di indagine (Tipo)	Campagna d'indagine (Riferimento)	GAUSS BOAGA-FUSO O		Quota (m slmm)	Profondità (m)
				X	Y		
60+570	D7E527896459	Sondaggio	Regione Lombardia	1612789	4996459	30.70	50
60+700	D7E529396479	CPT	Regione Lombardia	1612939	4996479	30.70	33
63+540	D7E556255886	CPT	Regione Lombardia	1615625	4995886	28.40	12
63+700	D7E557635930	CPT	Regione Lombardia	1615763	4995930	28.50	15
63+830	D7E559515870	CPT	Regione Lombardia	1615951	4995870	27.60	12
69+180	E7A506607920	Pozzo per acqua	Regione Lombardia	1620660	4997920	27.00	103
70+110	E7A515887933	CPT	Regione Lombardia	1621588	4997933	29.00	9.8
70+240	E7A517187929	CPT	Regione Lombardia	1621718	4997929	28.50	9.8
70+550	E7A520307900	Pozzo per acqua	Regione Lombardia	1622030	4997900	27.50	80
70+630	E7A521127899	CPT	Regione Lombardia	1622112	4997899	28.30	15
73+730	CPTU 46	CPTU	ENSER 2007	1625128	4998111	27.00	22
75+070	E7A562758807	CPT	Regione Lombardia	1626275	4998807	26.70	10
76+240	S43	sondaggio	ENSER 2007	1627363	4999261	26.00	30
76+930	S44	sondaggio	ENSER 2007	1627972	4999578	26.00	30
76+960	CPTU 49	CPTU	ENSER 2007	1628019	4999558	26.00	31
78+640	E7B495000370	Pozzo per acqua	Regione Lombardia	1629500	5000370	27.50	90
80+680	E7B415500440	Pozzo per acqua	Regione Lombardia	1631550	5000440	28.40	89
82+090	CPTU 01	CPTU	ENSER 2008	1632957	5000617	25.00	25
83+350	E7B442100780	Pozzo per acqua	Regione Lombardia	1634210	5000780	28.00	71
83+880	CPTU 03	CPTU	ENSER 2008	1634739	5000731	25.00	20
84+000	E7B448600800	Pozzo per acqua	Regione Lombardia	1634860	5000800	29.00	72
84+560	CPTU 04	CPTU	ENSER 2008	1635420	5000766	26.00	20
85+900	E7C467271005	Sondaggio	Regione Lombardia	1636727	5001005	25.30	35
85+900	CPTU 05	CPTU	ENSER 2008	1636719	5001054	25.00	6.5
86+640	E7C474691080	Pozzo per acqua	Regione Lombardia	1637469	5001080	25.00	137.5
89+090	E7C497691900	CPT	Regione Lombardia	1639769	5001900	20.60	29

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
	Relazione generale opere civili	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO OC 00 00 001	REV. C

5.1.2 Indagini eseguite a supporto del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica

In fase di PFTE sono state eseguite indagini geofisiche di tipo MASW e SCPTU.

In Tabella 2 si riporta una sintesi delle indagini considerate con le progressive (approssimate) di riferimento ottenute proiettando le indagini lungo la linea ferroviaria.

Tabella 2 – Indagini a supporto del PFTE

Progressiva (km »)	ID (sigla)	Tipo di indagine (Tipo)	Campagna d'indagine (Riferimento)	GAUSS BOAGA- FUSO O		Quota (m slmm)	Profondità (m)
				X	Y		
55+380	MASW_7	MASW	ITALFERR 2018	1607854	4998062	32.70	30
57+320	SCPTU 13	SCPTU	ITALFERR 2018	1609705	4997464	31.35	29.91
60+110	SCPTU 14	SCPTU	ITALFERR 2018	1612365	4996628	29.35	29.92
63+650	MASW_8	MASW	ITALFERR 2018	1615759	4995838	28.00	-
65+880	SCPTU 15	SCPTU	ITALFERR 2018	1617627	4997059	23.15	29.85
67+220	SCPTU 16	SCPTU	ITALFERR 2018	1618749	4997791	23.95	29.96
69+200	MASW_9	MASW	ITALFERR 2018	1620696	4997933	29.00	-

5.1.3 Indagini eseguite a supporto del Progetto Definitivo

In fase di PD sono state eseguite prove di tipo CPTU, sondaggi e prove di laboratorio oltre a indagini geofisiche di tipo MASW e SCPTU.

Indagini in sito:

- n. 55 sondaggi a carotaggio continuo (L3-S01÷S55) spinti sino a profondità variabile tra 30 e 50 m con:
 - installazione di n.48 piezometri di tipo Casagrande o tubo aperto;
 - esecuzione di n.4 prove Down-Hole nei sondaggi S12, S34, S40 ed S53.
 - esecuzione di n.552 prove penetrometriche in foro tipo SPT distribuite nei n.55 sondaggi;
 - esecuzione di n.69 prove di permeabilità tipo Lefranc;
 - esecuzione di n.7 prove pressiometriche;
 - prelievo di n.88 campioni indisturbati durante le perforazioni;
 - prelievo di n.362 campioni rimaneggiati durante le perforazioni;
 - esecuzione di prove Pocket Penetrometer sul materiale in cassetta;
- n.13 prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU) previste fino alla profondità di 20 m. CPTU-11 è andata a rifiuto alla profondità di circa 3.7 m e CPTU12 è stata interrotta a 14.0 m.

- n.10 prove penetrometriche statiche con piezocono sismico (SCPTU) previste fino alla profondità di 20 m. SCPTU 10 è andata a rifiuto alla profondità di circa 3.0 m;
- n.15 stendimenti MASW;
- n.13 pozzetti esplorativi (PT) con esecuzione di prova di carico su piastra;
- n.5 pozzetti esplorativi (K) con esecuzione di prova di permeabilità tipo Lefranc;

Prove di laboratorio sui campioni prelevati:

- descrizione e prove di classificazione;
- prove di taglio diretto (TD);
- prove triassiali consolidate isotropicamente non drenate (TxCIU);
- prove triassiali non consolidate e non drenate (TxUU);
- prove edometriche.

In

Relazione generale opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	RH	OC 00 00 001	C	16 di 127

Tabella 3 si riporta una sintesi delle indagini considerate con le progressive (approssimate) di riferimento ottenute proiettando le indagini lungo la linea ferroviaria.

Tabella 3 – Indagini a supporto del Progetto Definitivo

Progressiva	ID	Tipo di indagine	GAUSS BOAGA-FUSO O		Quota (m slmm)	Profondità (m)	SPT (n.prove)	Lefranc (n.prove)	Foro attrezzato C=Casagrande ⁽¹⁾ TA=Tubo Aperto ⁽²⁾ Down Hole	CI (#)	CR (#)
			X	Y							
55+360	L3-S35	Sondaggio	1607840	4998061	32.74	30	7	2	TA (3.8m÷15.0m)	2	7
56+525	L3-S01	Sondaggio	1608855	4997698	31.32	35	11	1	C (18.0m e 32.0m)	2	6
56+525	R1	MASW	1608926	4997676	-	35	-	-	-	-	-
56+525	PT01	Pozzetto	1608979	4997822	31.09	1.1	-	-	-	-	1
56+525	CPTU-01	CPTU	1608904	4997474	30.67	20	-	-	-	-	1
56+690	L3-S02	Sondaggio	1609105	4997625	31.13	35	9	1	C (9.0.0m e 32.0m)	2	6
57+330	L3-S03	Sondaggio	1609708	4997461	31.14	30	11	1	C (7.0.0m e 30.0m)	4	5
58+050	L3-S34-DH	Sondaggio	1610391	4997225	30.36	50	12	1	Down hole	6	7
58+160	L3-S04	Sondaggio	1610491	4997188	30.34	50	11	2	TA (5.2m÷50.0m)	4	7
58+280	SCPTU_01	SCPTU	1610612	4997157	30.00	20	-	-	-	-	-
58+580	L3-S36	Sondaggio	1610892	4997060	29.05	30	8	2	TA (2.8m÷15.0m)	2	8
59+130	L3-S37	Sondaggio	1611422	4996894	29.77	30	7	1	TA (4.2m÷15.0m)	2	8
59+590	SCPTU_02	SCPTU	1611859	4996765	30.00	20	-	-	-	-	-
60+110	L3-S05	Sondaggio	1612360	4996603	29.06	35	12	1	C (7.0m e 22.0m)	6	7
60+140	K01	Pozzetto	1612380	4996595	28.52	0.6	-	1	-	-	1
60+500	R2	MASW	1612737	4996516	-	35	-	-	-	-	-
60+570	PT02	Pozzetto	1612841	4996604	28.27	1	-	-	-	-	1
60+590	L3-S38	Sondaggio	1612809	4996449	28.79	35	8	1	TA (1.85m÷15.0m)	2	5
60+610	CPTU-02	CPTU	1612788	4996322	28.18	20	-	-	-	-	-
61+200	L3-S06	Sondaggio	1613405	4996314	28.04	30	12	1	C (9.0m e 30.0m)	6	5
61+720	L3-S39	Sondaggio	1613894	4996120	28.38	30	6	1	TA (0.85m÷15.0m)	1	6
62+240	L3-S07	Sondaggio	1614383	4995964	28.64	30	12	1	C (6.0m e 25.0m)	2	5
62+720	SCPTU_03	SCPTU	1614851	4995824	29.50	20	-	-	-	-	-
63+220	L3-S40 DH	Sondaggio	1615342	4995731	28.34	30	6	1	Down-Hole	1	6
63+780	L3-S41	Sondaggio	1615871	4995900	25.81	30	7	2	TA (1.30m÷15.0m)	-	7
63+980	L3-S08	Sondaggio	1616022	4996048	25.63	35	12	1	C (5.0m e 35.0m)	1	7
63+990	PT03	Pozzetto	1615980	4996128	24.63	1.4	-	-	-	-	1
64+070	R3	MASW	1616110	4996070	-	35	-	-	-	-	-
64+090	CPTU-03	CPTU	1616164	4996024	22.76	18.44	-	-	-	-	-

Progressiva	ID	Tipo di indagine	GAUSS BOAGA-FUSO O		Quota (m slmm)	Profondità (m)	SPT (n.prove)	Lefranc (n.prove)	Foro attrezzato C=Casagrande ⁽¹⁾ TA=Tubo Aperto ⁽²⁾ Down Hole	CI (#)	CR (#)
			X	Y							
64+180	L3-S42	Sondaggio	1616199	4996133	22.75	35	8	1	TA (0.85m÷15.0m)	3	6
64+610	L3-S43	Sondaggio	1616560	4996366	21.54	30	6	1	-	2	6
65+100	L3-S09	Sondaggio	1616975	4996634	22.27	30	12	1	C (5.0m e 30.0m)	-	5
65+340	PT04	Pozzetto	1617253	4996633	22.66	1.2	-	-	-	-	1
65+350	SCPTU_04	SCPTU	1617180	4996769	26.00	20	-	-	-	-	-
65+440	CPTU-04	CPTU	1617191	4996920	22.68	20.02	-	-	-	-	-
65+450	L3-S44	Sondaggio	1617269	4996827	23.10	35	8	1	TA (2.05m÷15.0m)	2	7
65+680	L3-S10	Sondaggio	1617457	4996950	24.06	35	11	1	C (35.0m)	3	7
65+730	K02	Pozzetto	1617507	4996972	21.85	1	-	1	-	-	1
66+230	L3-S45	Sondaggio	1617917	4997245	21.77	30	6	1	TA (1.0m÷15.0m)	1	6
66+780	L3-S11	Sondaggio	1618387	4997540	21.22	30	12	1	C (10.0m e 30.0m)	4	5
67+190	L3-S12	Sondaggio	1618734	4997763	23.69	50	12	2	C (9.0m e 46.0m)	4	7
67+360	L3-S13 DH	Sondaggio	1618879	4997852	23.43	50	12	1	Down Hole	-	7
68+020	L3-S14	Sondaggio	1619505	4998022	26.09	35	12	1	C (9.0m e 35.0m)	-	7
68+160	PT05	Pozzetto	1619650	4998138	27.41	1.1	-	-	-	-	1
68+250	R4	MASW	-	-	-	35	-	-	-	-	-
68+270	CPTU-05	CPTU	1619745	4997901	26.04	20.01	-	-	-	-	-
68+360	L3-S46	Sondaggio	1619835	4997979	25.85	35	7	1	-	2	7
68+690	SCPTU_05	SCPTU	1620165	4997961	27.00	20	-	-	-	-	-
69+120	L3-S47	Sondaggio	1620601	4997926	28.01	30	7	2	TA (5.45m÷15.0m)	2	7
69+425	PT06	Pozzetto	1620864	4997821	26.35	1	-	-	-	-	1
69+425	R5	MASW	1620869	4997944	-	35	-	-	-	-	-
69+425	CPTU-06	CPTU	1620928	4998035	25.63	20.01	-	-	-	-	-
69+425	L3-S15	Sondaggio	1620942	4997914	26.95	35	12	1	C (9.0m e 30.0m)	1	7
70+370	K03	Pozzetto	1621846	4997863	26.14	0.5	-	1	-	-	1
70+370	L3-S16	Sondaggio	1621850	4997868	26.32	30	12	1	C (6.0m e 30.0m)	1	5
70+970	SCPTU_06	SCPTU	1622448	4997826	28.00	20	-	-	-	-	-
71+360	L3-S48	Sondaggio	1622839	4997831	23.78	45	7	2	TA (3.15m÷21.0m)	1	7
71+370	L3-S17	Sondaggio	1622848	4997799	23.12	30	12	1	C (8.0m e 30.0m)	3	5
71+510	R6	MASW	1622987	4997849	-	35	-	-	-	-	-
72+380	L3-S18	Sondaggio	1623852	4997792	26.46	30	12	1	C (30.0m)	2	5

Progressiva	ID	Tipo di indagine	GAUSS BOAGA-FUSO O		Quota	Profondità	SPT	Lefranc	Foro attrezzato	CI	CR
			X	Y							
(km »)	(sigla)	(Tipo)			(m slmm)	(m)	(n.prove)	(n.prove)	C=Casagrande ⁽¹⁾ TA=Tubo Aperto ⁽²⁾ Down Hole	(#)	(#)
72+830	L3-S49	Sondaggio	1624300	4997776	26.10	30	6	1	TA (3.15m÷15.0m)	1	5
73+750	L3-S19	Sondaggio	1625170	4998078	25.40	30	12	1	C (30.0m)	0	5
74+690	CPTU-07	CPTU	1626062	4998404	24.25	20.01	-	-	-	-	-
74+720	SCPTU_07	SCPTU	1626031	4998523	26.00	20	-	-	-	-	-
74+780	L3-S20	Sondaggio	1626086	4998557	24.56	35	12	1	C (35m)	0	7
74+980	PT07	Pozzetto	1626195	4998772	24.33	1	-	-	-	-	1
75+580	CPTU-08	CPTU	1626724	4999056	24.60	20.01	-	-	-	-	-
75+590	R7	MASW	1626784	4998966	-	35	-	-	-	-	-
75+650	L3-S21	Sondaggio	1626845	4998980	25.17	35	12	1	C (35m)	0	7
76+980	L3-S22	Sondaggio	1628026	4999582	25.52	30	12	1	C (4.0m e 30.0m)	3	5
77+040	R8	MASW	1628089	4999592	-	35	-	-	-	-	-
77+970	L3-S23	Sondaggio	1628908	5000041	25.39	35	12	1	C (35.0m)	-	7
78+110	PT09	Pozzetto	1629107	4999939	24.71	1.2	-	-	-	-	1
78+110	CPTU-09	CPTU	1628903	5000373	25.21	19.7	-	-	-	-	-
78+210	R9	MASW	1629127	5000134			-	-	-	-	-
78+720	L3-S51	Sondaggio	1629590	5000346	26.05	30	7	2	TA (3.20÷15.0m)	0	7
78+750	R10	MASW	1629621	5000362	-		-	-	-	-	-
79+380	L3-S52	Sondaggio	1630255	5000414	25.65	35	11	1	TA (4.0÷35.0m)	0	6
79+500	PT10	Pozzetto	1630359	5000621	25.43	1.2	-	-	-	-	1
79+520	R11	MASW	1630387	5000453			-	-	-	-	-
79+530	CPTU-10	CPTU	1630402	5000340	25.58	20.02	-	-	-	-	-
79+630	K04	Pozzetto	1630500	5000428	25.54	0.5	-	1	-	-	1
79+630	L3-S24	Sondaggio	1630498	5000432	25.57	35	12	1	C (35.0m)	0	7
80+570	L3-S25	Sondaggio	1631432	5000525	25.45	30	12	1	C (30.0m)	0	5
81+380	SCPTU_08	SCPTU	1632250	5000561	21.00	17	-	-	-	-	-
81+540	L3-S26	Sondaggio	1632409	5000574	21.14	30	12	1	C (30.0m)	0	5
82+040	L3-S27	Sondaggio	1632901	5000573	24.71	35	11	1	C (7.5m e 35.0m)	2	7
82+040	PT11	Pozzetto	1632903	5000575	24.58	1	-	-	-	-	1
82+060	R12	MASW	1632924	5000614	-	35	-	-	-	-	-
82+080	CPTU-11	CPTU	1632957	5000411	24.48	3.71	-	-	-	-	-
82+910	L3-S28	Sondaggio	1633778	5000585	22.84	30	10	1	C (5.5m e 30.0m)	2	5

Progressiva	ID	Tipo di indagini	GAUSS BOAGA-FUSO O		Quota	Profondità	SPT	Lefranc	Foro attrezzato	CI	CR
			X	Y							
(km »)	(sigla)	(Tipo)			(m slmm)	(m)	(n.prove)	(n.prove)	C=Casagrande ⁽¹⁾ TA=Tubo Aperto ⁽²⁾ Down Hole	(#)	(#)
83+870	L3-S53-DH	Sondaggio	1634729	5000717	24.56	45	9	2	Down Hole	-	6
83+920	R13	MASW	1634785	5000630	-	-	-	-	-	-	-
83+930	L3-S29	Sondaggio	1634794	5000702	25.68	30	12	1	C (30.0m)	1	5
83+940	K05	Pozzetto	1634801	5000697	25.18	0.9	-	1	-	-	1
84+490	R14	MASW	1635348	5000720	-	35	-	-	-	-	-
84+490	CPTU-12	CPTU	1635339	5000871	24.85	13.73	-	-	-	-	-
84+610	L3-S30	Sondaggio	1635467	5000741	24.29	35	12	1	C (35.0m)	-	7
84+770	PT12	Pozzetto	1635636	5000619	23.72	1	-	-	-	-	1
85+370	SCPTU_09	SCPTU	1636218	5000844	25.00	20	-	-	-	-	-
85+750	L3-S31	Sondaggio	1636600	5000910	23.96	30	12	1	C (10.0m e 30.0m)	1	5
86+400	L3-S54	Sondaggio	1637221	5001103	23.64	30	8	1	-	2	5
87+010	L3-S32	Sondaggio	1637809	5001262	24.40	35	12	1	C (35.0m)	1	7
87+190	SCPTU_10	SCPTU	1637984	5001285	25.00	3	-	-	-	-	-
87+710	L3-S33	Sondaggio	1638493	5001412	24.40	35	12	1	C (8.0 m e 35.0m)	-	7
87+730	R15	MASW	1638502	5001449	-	35	-	-	-	-	-
87+770	PT13	Pozzetto	1638573	5001319	26.26	1.2	-	-	-	-	1
87+830	CPTU-13	CPTU	1638549	5001658	24.81	18	-	-	-	-	-
88+640	L3-S55	Sondaggio	1639380	5001674	19.72	30	7	1	TA (3.40m÷15.0m)	-	8

⁽¹⁾ = Tra parentesi la profondità della cella Casagrande
⁽²⁾ = Tra parentesi il tratto finestrato
 CI = campioni indisturbati
 CR campioni rimaneggiati/semidisturbati

5.2 Modello geologico locale

Sulla base di quanto riportato nella Carta Geologica, nella Relazione Geologica e nei profili geologici, il modello geologico individuato è il seguente:

- Le unità affioranti sono di origine continentale. Tali unità, caratteristiche di ambienti deposizionali fluviali e di età compresa tra il Pleistocene medio e l'Olocene, sono descritte di seguito dalle unità più recenti fino alle più antiche:
 - Alluvioni attuali (a3):** sono depositi ghiaiosi con lenti sabbiose o sabbioso argillose costituenti l'alveo attivo del Fiume Oglio e le forme ad esso associate (isole, barre, ecc.). (Età: Olocene).
 - Alluvioni medio-recenti (a2):** alluvioni costituenti un ripiano terrazzato di poco sospeso sull'alveo inciso del F. Oglio. Cartograficamente, il ripiano alluvionale è stato distinto nella porzione inondabile per piene

straordinarie (prossima al corso d'acqua e contenuto entro i rilevati arginali) e in quella occupato dalle acque in caso di piena catastofica (nel caso di rottura o superamento degli argini di difesa). (Età: Olocene medio-superiore).

- Fluviale Würm (fw): depositi prevalentemente sabbiosi, con lenti limose e sottili livelli ghiaiosi e con strato di alterazione superficiale di debole spessore. I depositi costituiscono il substrato del Livello Fondamentale della Pianura (o Piano Generale Terrazzato). (Età: Pleistocene superiore).
- Interglaciale Würm-Riss: depositi fluvioglaciali prevalentemente argilloso-limosi, talora con scarsi ciottolini e frequenti concrezioni calcaree. Sono i depositi più antichi tra quelli affioranti lungo la tratta (Età: Pleistocene medio-superiore).

I depositi alluvionali sono presenti localmente tra il km 64+200 ed il km 67+400 circa, e ancora tra il km 80+900 e 81+200, con spessori variabili tra 5.0 e 18.0 m circa, mentre, le formazioni F(w) e F(w-r) si alternano negli affioramenti lungo l'intero tracciato. La formazione F(w-r) si trova anche costantemente come strato intermedio (alla base delle alluvioni oppure alla base di F(w)), raggiungendo anche profondità superiori a 20.0 m ca.

- Le unità profonde e mai affioranti sono le seguenti:
 - **Fluviale Riss:** sabbie calcaree, quarzose, debolmente argillose (Età: Pleistocene).
 - **Interglaciale Riss-Mindel:** argille sabbiose fluvio-lacustri (Età: Pleistocene).

L'unità F(r) è presente lungo l'intero tracciato con spessore variabile, ma sempre alla base della formazione F(w-r) (raramente alla base di F(w)) e sopra la formazione F(r-m) quando rinvenuta, altrimenti raggiunge la massima profondità investigata.

L'unità F(r-m) è stata rinvenuta da inizio lotto fino al km 64+000 ca, e poi localmente al km 70+300. Tale unità, quando presente, è sempre alla base della formazione F(r).

5.3 Inquadramento geotecnico

A partire dal modello geologico locale riportato nel paragrafo precedente, sulla base delle descrizioni stratigrafiche riportate nei certificati dei sondaggi, dei valori di N_{spt} , dei valori di q_c e sulla base dei risultati delle prove granulometriche eseguite sui campioni di materiale raccolti, sono state identificate le unità geotecniche di seguito descritte nella successione stratigrafica incontrata. In Tabella 4 si riporta la denominazione delle unità geotecniche individuate insieme alla rispettiva unità geologica di appartenenza.

Tabella 4 - Corrispondenza tra unità geotecniche e geologiche (da legenda profilo geotecnico)

LEGENDA UNITA' GEOTECNICHE		
UNITA' GEOTECNICA	DESCRIZIONE MATERIALE	UNITA' GEOLOGICA
Aa	Deposito alluvionale limoso sabbioso, da debolmente argilloso ad argilloso e/o argilla da limosa a con limo.	A3/A2
As	Deposito alluvionale di sabbia limosa, localmente argillosa, con rara ghiaia.	A3/A2
Ws1	Sabbia da limosa a con limo, localmente argillosa.	F (w)
Wa1	Limo argilloso o con argilla, debolmente sabbioso o sabbioso e/o argilla limosa	F (w)
WRa1	Limo argilloso, debolmente sabbioso o sabbioso e/o argilla limosa.	F (w-r)
WRs1	Sabbia da limosa a con limo, localmente debolmente argillosa e/o ghiaiosa e/o con clasti.	F (w-r)
WRa2	Argilla limosa sabbiosa e/o limo argilloso sabbioso e/o argilla con sabbia con possibili livelli centimetrici di presenza organica.	F (w-r)
WRs2	Sabbia limosa, da debolmente argillosa ad argillosa.	F (w-r)
Rs1	Sabbia da debolmente limosa a limosa, localmente debolmente argillosa e/o limo sabbioso.	F (r)
Rs2	Sabbia da debolmente limosa a limosa, localmente ghiaiosa.	F (r)
Ra1	Limo sabbioso e/o argilla limosa debolmente sabbiosa.	F (r)
RMa	Limo argilloso sabbioso o e/o argilla limosa sabbiosa con frequenti intercalazioni di livelli sabbiosi. Possibili livelli centimetrici di materia organica e/o torba.	F (r-m)
RMs	Sabbia da debolmente limosa a con limo.	F (r-m)

Dal punto di vista geotecnico, la stratigrafia e le unità geotecniche individuate sono le seguenti:

- **Unità Aa e As:** Depositi alluvionali costituiti rispettivamente da limi sabbiosi, argille limose e/o con limo e da sabbie eterometriche limose e/o debolmente limose con rara ghiaia. I depositi a grana fine Aa, affiorano a piano campagna ed hanno spessori variabili tra circa 2.0 e 4.0 m, alla loro base l'unità As raggiunge invece profondità variabili tra 10.0 e 18.0 m da pc. I depositi alluvionali Aa e As sono presenti localmente tra il km 64+200 ed il km 67+400 circa e ancora tra il km 80+900 e 81+200.
- **Unità Wa1 e Ws1:** Depositi fluvioglaciali costituiti rispettivamente da limo sabbioso o debolmente sabbioso/limo con argilla e/o argilla limosa o limo e argilla (unità Wa1) e sabbia da limosa a con limo, localmente argillosa (unità Ws1). Costituiscono lo strato superficiale raggiungendo profondità variabili tra 1.0 e circa 4.0-5.0 m per la formazione Wa1 e tra 1.5 e circa 8.0-9.0 m per la formazione Ws1. Sono distribuiti a intermittenza lungo l'intero tracciato alternandosi con le unità geotecniche WRa1/WRs1.
- **Unità WRa1 e WRs1:** Depositi fluvioglaciali costituiti rispettivamente da limo argilloso sabbioso o debolmente sabbioso color nocciola / limo con argilla /limo e argilla o argilla limosa (WRa1) e sabbia da limosa a con limo, localmente debolmente argillosa e/o localmente ghiaiosa e/o con presenza di clasti (WRs1). Costituiscono lo strato superficiale con spessori variabili tra circa 0.5 m, fino a raggiungere profondità massime pari a circa 8-9 m. L'unità WRs1 è spesso affiorante ma non è presente una successione stratigrafica

costante. Sono distribuiti a intermittenza lungo l'intero tracciato alternandosi con le unità geotecniche WRa1/WRs1.

- **Unità WRa2:** Depositi fluvioglaciali costituiti da argilla limosa sabbiosa/argilla con sabbia/limo argilloso sabbioso, con possibile presenza di materia organica in livelli centimetrici. Tale unità geotecnica non è mai affiorante ma è intermedia tra quelle sopra citate e le successive. È rinvenuta da inizio lotto fino al km 77+500, localmente al km 80+700ca e dal km 81+800 ca. al km 85+500.
- **Unità WRs2:** depositi fluvioglaciali costituiti da sabbia con limo/sabbia limosa da argillosa a debolmente argillosa. Tale unità geotecnica non è mai affiorante ma è intermedia tra quelle sopra citate e le successive. È presente a intermittenza da inizio lotto e fino al km 85+500.
- **Unità Rs1:** unità geotecnica rinvenuta in profondità, sempre sottostante alle unità F(r) o F(w-r) e costituita da sabbia da debolmente limosa a limosa, localmente debolmente argillosa. Tale unità è presente lungo tutta la tratta con spessori variabili da 2.0 a 15 m.
- **Unità Rs2:** unità geotecnica rinvenuta in profondità e costituita da sabbia debolmente limosa, localmente ghiaiosa. Tale unità è presente localmente dal km 64+000 al km 65+400 ca alla profondità di 22.0, fino alla massima profondità investigata pari a 30.0 m e successivamente dal km 76+700 fino a fine lotto a partire da profondità variabili tra 3.0 e 15.0 m da pc, fino a raggiungere le massime profondità investigate.
- **Unità Ra1:** unità geotecnica rinvenuta a profondità sempre superiori a 15.0 m da pc e costituita da limo sabbioso e/o argilla limosa localmente sabbiosa. Tale unità geotecnica è stata rinvenuta localmente dal km 64+000 al km 65+400 ca al di sopra dell'unità geotecnica Rs2 per uno spessore pari a 3.0-4.0 m ca., al km 63+200 ca. tra 43.0 a 50.0 m da pc., al km 77+950 e al km 87+900 con spessori pari rispettivamente a 3.0 e 4.5 m e successivamente a fine tratta in corrispondenza della stazione di Mantova con spessore pari a 6.0 m ca.
- **Unità RMa:** unità geotecnica costituita da limo argilloso sabbioso e/o argilla limosa sabbiosa o argilla con limo. Sono spesso presenti livelli centimetrici di materia organica e/o torba. Tale unità geotecnica è presente da inizio lotto fino al km 64+00 ca a profondità variabili tra 12.0 e 25.0 m da pc e fino alla massima profondità investigata (35.0-50.0m), e poi localmente al km 70+300 tra 28.0 e 30.0 m da pc.
- **Unità RMs:** Unità geotecnica costituita da sabbia da debolmente limosa a con limo. Tale unità è stata rinvenuta localmente tra il km 58+000 ca. (S34-DH) ed il km 58+200 ca. (S4) ad una profondità compresa tra 25.0 e 30.0 m ca. all'interno della formazione RMa.

5.4 Falda

Il modello idrogeologico dell'area è riportato in un capitolo dedicato nella Relazione geologica. Le letture piezometriche disponibili sono riportate in Tabella 5.

La falda di progetto è quella riportata nei profili geologici e richiamata in quelli geotecnici, ed è la minima soggiacenza misurata, desumibile anche dalla Tabella 5, disponibile al momento della redazione del presente progetto.

5.4.1 Monitoraggio piezometrico

In Tabella 5 si riportano le letture piezometriche disponibili al momento della stesura della Progetto Definitivo, relativamente alla strumentazione installata in ambito della campagna indagini di PD. I valori dei livelli di falda sono espressi come soggiacenza della stessa in metri dal piano campagna.

In Figura 2 si riportano le letture contenute in Tabella 5, rappresentate secondo le progressive chilometriche dei sondaggi proiettati lungo il tracciato ferroviario.

Tabella 5 – Letture piezometriche (Cas= Piezometri tipo Casagrande, T.A.=Piezometri a tubo aperto)

PIEZOMETRO	TUBO PIEZOMETRICO		STATO A		STATO A		STATO A		STATO A	
	Denominazione	Lunghezza e Tipo	20/10/2019		29/11/2020		23/01/2020		24/02/2020	
			tubo A	tubo B						
			m da pc	m da pc						
S1 Cella 1	18.00	Cas.	5.84	5.84	4.31	4.31	4.46	4.46	4.51	4.51
S1 Cella 2	32.00	Cas.	5.90	5.90	5.44	5.44	5.14	5.14	5.16	5.16
S2 Cella 1	9.00	Cas.	5.75	5.75	3.95	3.95	4.02	4.02	4.03	4.03
S2 Cella 2	32.00	Cas.	5.97	5.97	5.31	5.31	5.34	5.34	5.38	5.38
S3 Cella 1	7.00	Cas.	5.73	5.73	3.48	3.48	3.69	3.69	3.71	3.71
S3 Cella 2	30.00	Cas.	5.75	5.75	4.36	4.36	4.52	4.52	4.63	4.63
S4	50.00	T.A.	5.52		5.03		5.08		5.05	
S5 Cella 1	7.00	Cas.	2.61	2.61	1.00	1.00	1.34	1.34	1.33	1.33
S5 Cella 2	22.00	Cas.	3.68	3.68	2.47	2.47	2.79	2.79	2.80	2.80
S6 Cella 1	9.00	Cas.	2.71	2.71	0.81	0.81	0.97	0.97	0.99	0.99
S6 Cella 2	30.00	Cas.	3.91	3.91	3.01	3.01	3.03	3.03	3.03	3.03
S7 Cella 1	6.00	Cas.	2.81	2.81	1.27	1.27	2.70	2.70	2.77	2.77
S7 Cella 2	25.00	Cas.	3.18	3.18	2.49	2.49	2.04	2.04	2.15	2.15
S8 Cella 1	5.00	Cas.	2.11	2.11	2.06	2.06	2.00	2.00	2.03	2.03
S8 Cella 2	35.00	Cas.	2.82	2.82	2.39	2.39	2.42	2.42	2.41	2.41
S9 Cella 1	5.00	Cas.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S9 Cella 2	30.00	Cas.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S10 Cella 1	35.00	Cas.	2.71	2.71	1.55	1.55	1.51	1.51	1.53	1.53
S11 Cella 1	10.00	Cas.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S11 Cella 2	30.00	Cas.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S12 Cella 1	9.00	Cas.	1.46	1.46	1.22	1.22	1.32	1.32	1.34	1.34
S12 Cella 2	46.00	Cas.	2.11	2.11	0.56	0.56	0.66	0.66	0.68	0.68
S14 Cella 1	9.00	Cas.	3.47	3.47	3.50	3.50	3.46	3.46	3.51	3.51
S14 Cella 2	35.00	Cas.	4.11	4.11	5.60	5.60	5.62	5.62	5.63	5.63
S15 Cella 1	9.00	Cas.	4.74	4.74	3.98	3.98	4.01	4.01	4.07	4.07
S15 Cella 2	30.00	Cas.	4.94	4.94	3.97	3.97	4.03	4.03	4.06	4.06
S16 Cella 1	6.00	Cas.	2.90	2.90	1.40	1.40	1.98	1.98	2.01	2.01
S16 Cella 2	30.00	Cas.	4.41	4.41	3.12	3.12	3.51	3.51	3.54	3.54

PIEZOMETRO	TUBO PIEZOMETRICO		STATO A		STATO A		STATO A		STATO A	
	Denominazione	Lunghezza e Tipo	20/10/2019		29/11/2020		23/01/2020		24/02/2020	
S17 Cella 1	8.00	Cas.	1.53	1.53	0.60	0.60	0.68	0.68	0.71	0.71
S17 Cella 2	30.00	Cas.	1.24	1.24	0.14	0.14	0.41	0.41	0.52	0.52
S18	30.00	T.A.	3.12		3.29	0.20	3.48		3.55	
S19 Cella 1	30.00	Cas.	3.06	3.06	1.59	1.59	1.83	1.83	1.84	1.84
S20 Cella 1	35.00	Cas.	2.05	2.05	1.53	1.53	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S21 Cella 1	35.00	Cas.	2.50	2.50	1.59	1.59	1.46	1.46	1.53	1.53
S22 Cella 1	4.00	Cas.	1.56	1.56	1.45	1.45	1.10	1.10	1.15	1.15
S22 Cella 2	30.00	Cas.	2.52	2.52	2.71	2.71	1.86	1.86	1.98	1.98
S23 Cella 1	35.00	Cas.	2.00	2.00	1.72	1.72	1.95	1.95	2.03	2.03
S24 Cella 1	35.00	Cas.	4.25	4.25	3.69	3.69	3.74	3.74	3.84	3.84
S25 Cella 1	30.00	Cas.	4.78	4.78	4.80	4.80	4.52	4.52	4.63	4.63
S26 Cella 1	30.00	Cas.	1.56	1.56	1.29	1.29	1.21	1.21	1.29	1.29
S27 Cella 1	7.50	Cas.	4.67	4.67	3.95	3.95	3.86	3.86	3.94	3.94
S27 Cella 2	35.00	Cas.	5.27	5.27	5.18	5.18	5.08	5.08	5.15	5.15
S28 Cella 1	5.50	Cas.	5.22	5.22	1.66	1.66	1.75	1.75	1.84	1.84
S28 Cella 2	30.00	Cas.	4.79	4.79	3.54	3.54	3.59	3.59	3.63	3.63
S29 Cella 1	30.00	Cas.	6.91	6.91	6.73	6.73	6.41	6.41	6.48	6.48
S30 Cella 1	35.00	Cas.	5.42	5.42	5.30	5.30	4.91	4.91	4.93	4.93
S31 Cella 1	10.00	Cas.	4.50	4.50	3.58	3.58	3.61	3.61	3.67	3.67
S31 Cella 2	30.00	Cas.	5.41	5.41	4.59	4.59	4.68	4.68	4.71	4.71
S32 Cella 1	35.00	Cas.	6.77	6.77	5.98	5.98	5.99	5.99	6.03	6.03
S33 Cella 1	8.00	Cas.	8.17	8.17	7.03	7.03	6.95	6.95	6.99	6.99
S33 Cella 2	35.00	Cas.	8.24	8.24	6.84	6.84	6.82	6.82	6.85	6.85
S35	15.00	T.A.	-	-	3.41	-	3.72	-	3.84	-
S38	15.00	T.A.	-	-	1.42	-	1.60	-	1.64	-
S39	15.00	T.A.	-	-	1.53	-	2.01	-	2.09	-
S41	15.00	T.A.	-	-	1.39	-	1.35	-	1.38	-
S42	15.00	T.A.	-	-	0.88	-	0.82	-	0.87	-
S44	15.00	T.A.	-	-	1.49	-	1.79	-	1.81	-
S45	15.00	T.A.	-	-	0.78	-	0.84	-	0.88	-
S47	15.00	T.A.	-	-	5.93	-	5.31	-	5.33	-
S48	21.00	T.A.	-	-	1.73	-	1.66	-	1.71	-
S49	15.00	T.A.	-	-	2.25	-	2.21	-	2.19	-
S50	15.00	T.A.	-	-	0.89	-	1.35	-	1.39	-
S51	15.00	T.A.	-	-	3.02	-	3.15	-	3.21	-

PIEZOMETRO	TUBO PIEZOMETRICO		STATO A		STATO A		STATO A		STATO A	
	Denominazione	Lunghezza e Tipo	20/10/2019		29/11/2020		23/01/2020		24/02/2020	
S52	35.00	T.A.	-	-	3.40	-	3.55	-	3.57	-
S55	15.00	T.A.	-	-	3.31	-	3.31	-	3.33	-

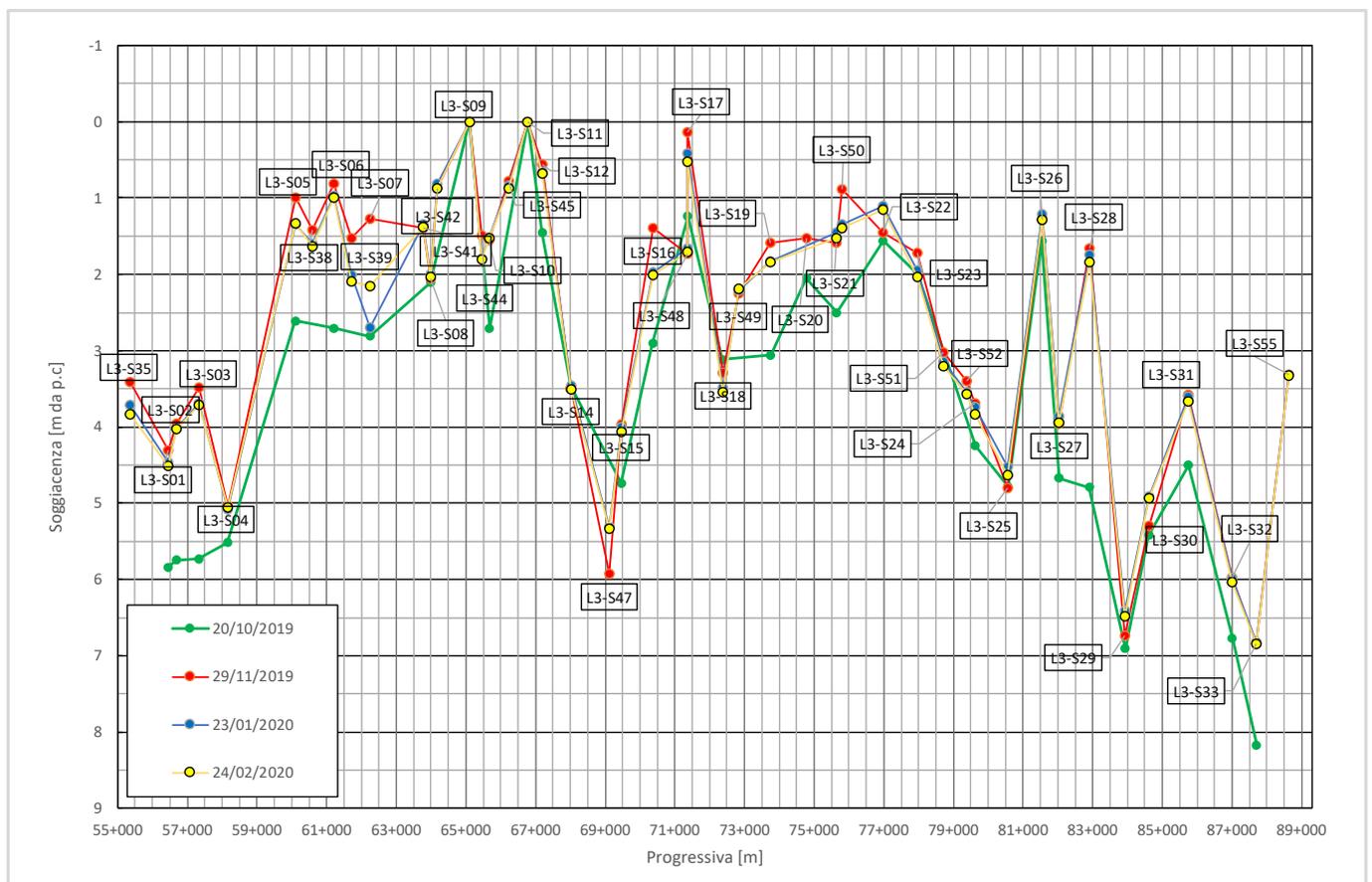


Figura 2: Letture piezometriche

5.5 Permeabilità

Nell'ambito della campagna d'indagine di PD sono state eseguite diverse prove di permeabilità tipo Lefranc a carico variabile.

I valori dei coefficienti di permeabilità di progetto sono stati stimati sulla base dei risultati delle prove Lefranc e sulla base dei riferimenti bibliografici considerando la litologia del materiale.

I valori di progetto sono riportati nel paragrafo successivo.

5.6 Parametri geotecnici di progetto

Dall'analisi delle prove disponibili, condotte sia in sito che in laboratorio, e presentate nella Relazione Geotecnica Generale, si sono determinati i parametri geotecnici associati alle diverse unità stratigrafiche individuate. Una sintesi di tali valori è riportata nella tabella successiva.

Nella Relazione Geotecnica sono state sviluppate per ogni singola opera in progetto, delle schede geotecniche di riferimento con l'indicazione geotecnica specifica, richiamata poi nelle relative relazioni di calcolo.

Per maggiori dettagli riguardanti i criteri utilizzati per la caratterizzazione geotecnica, si faccia riferimento alla Relazione Geotecnica Generale.

UNITA'	DESCRIZIONE	q _c	N _{SPT}	γ _n	Parametri di resistenza			Parametri di deformabilità							
					φ'	c'	Cu ⁽¹⁾	G ₀ ⁽¹⁾	E ₀ ⁽¹⁾	OCR	CR	RR	C _{ae}	v'	k _v
(Nome)	(-)	(MPa)	(colpi/30)	(kN/m ³)	(°)	(kPa)	(kPa)	(MPa)	(MPa)	(-)	(-)	(-)	(%)	(-)	(m/s)
Aa	L(S) [A]; A(L); A,L	0.5-1.0	2-8	19.0	26	0	30-60	20-60	50-150	1.0	0.18	0.036	0.12	0.25	5E-8
As	S(L); S(L)(A); S	4.0-8.0	6-20	19.0	33	0	-	30-80	75-200	-	-	-	-	0.25	5E-7
Wa1	L(A); L,A[S]; L(S); A(L)	0.5-4.0	5-35	19.0	25	0	30-60	30-60	75-150	3.0	0.18	0.036	0.12	0.25	5E-8
Ws1	S(L); S,L(A)	5.0-10.0	4-30	19.0	32÷34	0	-	30-80	75-200	-	-	-	-	0.25	2E-7
WRa1	L(A)[S]; L(S); A(L)	1.0-3.0	5-35	19.0	27	0	50-90	30-80	75-200	3.0	0.18	0.036	0.12	0.25	5E-8
WRs1	S(L); S,L; S(L)[A]	2.0-8.0	10-40	19.0	33÷34	0	-	40-80	100-200	-	-	-	-	0.25	2E-7
WRa2	A(L)(S); L(A)(S); A(S)	0.5-1.5	5-20	19.0	25	0	40-70	50-70	125-175	2.0	0.16	0.032	0.15	0.25	1E-8
WRs2	S(L)[A], S(L)(A)	4.0-8.0	6-22	19.0	32÷33	0	-	60-100	150-250	-	-	-	-	0.25	5E-7
Rs1	S[L]; S(L); S[A]	5.0-15.0	8-30	19.0	33	0	-	80-120	200-300	-	-	-	-	0.25	5E-7
Rs2	S[L]; S(L)(G)	10.0- 20.0	20-50	19.0	34	0	-	80-150	200-375	-	-	-	-	0.25	1E-6
Ra1	L(S); A(L)[S]	1.5-3.0	10-30	19.0	24	0	50-70	70-80	175-200	1.0	0.18	0.036	0.15	0.25	1E-8
RMa	L(A)(S); A(L)(S) con livelli	1.0-10.0	10-30	19.0	25	0	60-100	70-90	175-225	1.0	n.d.	n.d.	n.d.	0.25	1E-8
RMs	S[L]; S,L	n.d.	23-27	19.0	33	0	-	120	300	-	-	-	-	0.25	1E-7

⁽¹⁾ Nella presente tabella è riportata per completezza la forchetta dei valori assunti lungo l'intero lotto e alle diverse profondità. I valori da considerare alle diverse progressive chilometriche e per le verifiche geotecniche sulle principali opere incontrate, sono riportati rispettivamente nei relativi capitoli come i moduli operativi

Legenda:

q_c = valori di riferimento ottenuti da prove CPT/CPTU nella tratta in oggetto;

N_{spt} = valori di riferimento ottenuti da prove SPT nella tratta in oggetto;

γ_n = peso di volume naturale;

φ' = angolo di attrito "operativo";

c' = intercetta di coesione "operativa"

Cu = resistenza al taglio non drenata;

G₀ = modulo di taglio iniziale riferito alle pressioni efficaci geostatiche;

OCR = Grado di sovraconsolidazione

CR e RR = coefficienti di consolidazione primaria nel piano e - log (s), CR = rapporto di compressione e RR rapporto di ricomprensione

c_{ae} = coefficiente di consolidazione secondaria nel piano e - log(s)

k_v = coefficiente di permeabilità riferito a pressioni di consolidazione pari a quelle geostatiche e a problemi di flusso diretto principalmente nella direzione verticale.

5.7 Fenomeno di liquefazione

Sono state condotte le verifiche a liquefazione ed i risultati ottenuti sono stati letti tenendo conto del dato stratigrafico e dei risultati delle indagini di laboratorio.

In particolare, le verifiche sono state condotte:

- sulle prove CPT del database Regione Lombardia e archivio Enser dove disponibili i file editabili;
- sulle prove SCPT e CPT della campagna di indagine di PFTE ITALFERR 2018;
- sulle prove CPT e SCPT e SPT della campagna di indagine della corrente fase progettuale (PD) ITALFERR 2019.

Di seguito, si allegano i soli risultati delle verifiche condotte sulle indagini di Progetto Definitivo.

Per maggiori dettagli, sui metodi di verifica adottati e per i risultati delle verifiche condotte sulle diverse prove, si rimanda alla Relazione Geotecnica Generale.

Si segnala che laddove per profondità della falda o per le caratteristiche granulometriche dei materiali la verifica non era necessaria, come indicato da normativa, questa è stata ovviamente omessa.

In sintesi, seppur presenti alcuni spessori di materiale suscettibile, come mostrato in Tabella 6 (per la linea ferroviaria) e in Tabella 7 (per i cavalcaferrovia), per i quali i valori dei cedimenti post-sisma ottenuti e i valori degli LPI stimati risultano non nulli (per i cavalcaferrovia sono riportati tutti i risultati ottenuti), i valori ottenuti di LPI sono da ritenersi trascurabili ai fini progettuali escludendo quindi il rischio di liquefazione nella tratta in esame.

Pertanto non sono previsti in progetto interventi specifici atti a mitigare eventuali fenomeni di liquefazione.

Tabella 6 - Sintesi risultati verifiche a liquefazione per la linea ferroviaria.

Progressiva	Indagini di riferimento	Tipo di indagine	Spessore materiale potenzialmente liquefacibile	Profondità		FL	LPI (*) Classe di pericolosità	Stima cedimento post-sisma atteso (*)
			[m]	da [m slm]	a [m slm]			
63+540	D7E556255886 (Regione Lombardia)	CPT	-	-	-	-	0.22 (Bassa)	1.10
63+700	D7E557635930 (Regione Lombardia)	CPT	-	-	-	-	0.22 (Bassa)	1.90
64+090	CPTU 03 (ITALFERR 2019)	CPTU	0.50	0.45	0.95	< 1	0.3 (Bassa)	7.00
65+350	SCPTU_04 (ITALFERR 2019)	SCPTU	0.25	0.00	0.25	<1	0.3 (Bassa)	3.20
65+440	CPTU 04 (ITALFERR 2019)	CPTU	-	-	-	-	0.3 (Bassa)	3.20

65+880	SCPTU 15 (ITAFERR 2018)	SCPTU	0.10	0.00	0.10	<1	0.15 (Bassa)	2.60
67+220	SCPTU 16 (ITAFERR 2018)	SCPTU	-	-	-	-	0.06 (Nessuna/Bassa)	1.10
70+970	SCPTU 06 (ITAFERR 2019)	SCPTU	-	-	-	-	0.14 (Bassa)	1.50

Tabella 7 - Sintesi risultati verifiche a liquefazione per i cavalcaferrovia

Nome di opera	Progressiva	Indagini di riferimento	Tipo di indagine	Spessore materiale potenzialmente liquefacibile	Profondità		FL	LPI (*) Classe di pericolosità	Stima cedimento post-sisma atteso (*)
				[m]	da [m slm]	a [m slm]			
NV22	56+542	L3-S01 (ITAFERR 2019)	Sondaggio	-	-	-	-	0.00	0.00
		L3-S02 (ITAFERR 2019)	Sondaggio	-	-	-	-	0.00	1.00
		CPTU 01 (ITAFERR 2019)	CPTU	-	-	-	-	0.00	2.00
NV 23	59+575	SCPTU 02 (ITAFERR 2019)	SCPTU	-	-	-	-	0.00	2.40
NV 24	64+075	L3-S08 (ITAFERR 2019)	Sondaggio	-	-	-	-	0.00	1.40
		CPTU 03 (ITAFERR 2019)	CPTU	2.5	0	2.5	< 1	4.00 (Media)	14.50
		L3-S42 (ITAFERR 2019)	Sondaggio	-	-	-	-	1.00 (Bassa)	19.90
NV25	65+375	SCPTU 04 (ITAFERR 2019)	SCPTU	0.4	0	0.4	< 1	0.9 (Bassa)	5.80
		CPTU 04 (ITAFERR 2019)	CPTU	1	2	3	< 1	1.1 (Bassa)	5.90
		L3-S44 (ITAFERR 2019)	Sondaggio	-	-	-	-	0.00	0.00
NV26	68+180	L3-S14 (ITAFERR 2019)	Sondaggio	-	-	-	-	0.00	1.80
		CPTU 05 (ITAFERR 2019)	CPTU					0.00	0.50
		L3-S46 (ITAFERR 2019)	Sondaggio	-	-	-	-	0.00	0.30
NV27	69+425	CPTU 06 (ITAFERR 2019)	CPTU	-	-	-	-	0.00	0.70
		L3-S27 (ITAFERR 2019)	Sondaggio	-	-	-	-	0.4 (Bassa)	8.20
NV28	74+770	CPTU 07 (ITAFERR 2019)	CPTU	-	-	-	-	0.00	0.60
		SCPTU 07 (ITAFERR 2019)	SCPTU					0.00	1.90

Nome di opera	Progressiva	Indagini di riferimento	Tipo di indagine	Spessore materiale potenzialmente liquefacibile	Profondità		FL	LPI (*) Classe di pericolosità	Stima cedimento post-sisma atteso (*)
				[m]	da [m slm]	a [m slm]			
		L3-S20 (ITAFERR 2019)	Sondaggio	-	-	-	-	0.00	4.10
		E7A562758807 (Regione Lombardia)	CPT	-	-	-	-	0.00	0.10
NV29	76+175	CPTU 08 (ITAFERR 2019)	CPTU	-	-	-	-	0.00	0.90
		L3-S27 (ITAFERR 2019)	Sondaggio	-	-	-	-	0.00	2.40
NV30	78+066	CPTU 09 (ITAFERR 2019)	CPTU	-	-	-	-	0.00	0.20
		L3-S23 (ITAFERR 2019)	Sondaggio	-	-	-	-	0.00	0.00
NV31	79+465	L3-S52 (ITAFERR 2019)	Sondaggio	-	-	-	-	0.00	0.60
		CPTU 10 (ITAFERR 2019)	CPTU	-	-	-	-	0.00	0.30
NV 32	82+089	L3-S27 (ITAFERR 2019)	Sondaggio	-	-	-	-	0.00	2.50
		CPTU 11 (ITAFERR 2019)	CPTU	-	-	-	-	0.00	0.00
NV 33	84+550	CPTU 12 (ITAFERR 2019)	CPTU	-	-	-	-	0.00	0.00
		L3-S30 (ITAFERR 2019)	Sondaggio	-	-	-	-	0.00	7.30
NV 34	87+685	L3-S33 (ITAFERR 2019)	Sondaggio	-	-	-	-	0.00	3.50
		CPTU 13 (ITAFERR 2019)	CPTU	-	-	-	-	0.00	0.00

5.8 Riutilizzi terre da scavo

Secondo la vigente normativa in materia ambientale, le terre e le rocce provenienti da attività di scavo non sono classificate come rifiuti e pertanto, a seguito di determinate verifiche condotte, se soddisfano i requisiti stabiliti, possono essere reimpiegate quali materiali da costruzione per rilevati, trincee, riempimenti.

In base a quanto riportato nel documento RFI “Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili –Parte II – Sezione 5”, nella formazione del corpo del rilevato dovranno essere innanzitutto impiegate le terre provenienti da scavi di sbancamento, di fondazione o di galleria appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A2-6, A2-7, A3 e A4, di cui alla classificazione delle terre della norma UNI 11531-1/2014, e inoltre terre provenienti da cave di prestito, appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A2-6, A2-7, A3.

Non dovranno inoltre essere impiegate terre del gruppo A3 con coefficiente di disuniformità minore o uguale a 7, inteso quale rapporto tra i passanti ai setacci 0,4 mm e 0,063 mm.

Sono stati qui considerati i campioni di terreno prelevati fino ad una profondità di 10 metri da p.c. lungo tutto il lotto 3 della linea ferroviaria. La classificazione delle terre, applicata sui campioni prelevati e suddivisi nelle diverse unità geotecniche, è riportata nella Tabella successiva.

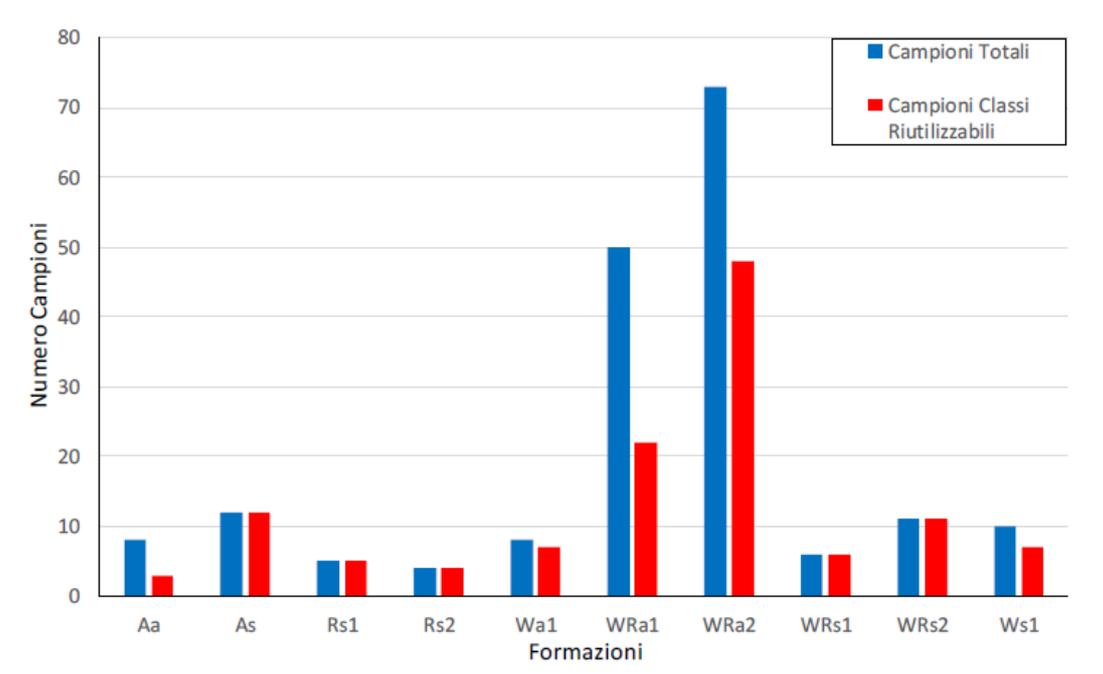
NUMERO CAMPIONI - CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006													
	A1		A2				A3*	A4	A5	A6	A7		A8
	A1-a	A1-b	A2-4	A2-5	A2-6	A2-7	A3	A4	A5	A6	A7-5	A7-6	A8
Aa	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	5	0
As	0	4	2	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0
Rs1	0	0	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0
Rs2	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Wa1	0	0	0	0	0	0	0	7	0	1	0	0	0
WRa1	0	0	0	0	0	0	0	22	1	19	0	8	0
WRa2	0	0	0	0	0	0	0	48	0	16	3	6	0
WRs1	0	0	4	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
WRs2	0	0	8	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Ws1	0	1	4	0	0	0	4 (1)**	1	0	0	0	0	0

■ Terreni riutilizzabili per la costruzione di rilevati ■ Terreni riutilizzabili per la costruzione di rilevati previo trattamento a calce

* I Terreni di tipo A3 devono essere caratterizzati da un coefficiente di disuniformità maggiore di 7

** Tra i campioni di tipo A3 dell'unità geotecnica Ws1 solamente un campione rispetta il requisito riportato in *.

La stessa informazione è riportata nella seguente figura in forma di istogramma per evidenziare la percentuale dei campioni che rispettano i requisiti di riutilizzo del materiale sui campioni totali prelevati.



Dai risultati sopra esposti si osserva come le unità geotecniche As, Rs1, Rs2, WRs1 e WRs2 siano caratterizzate da una percentuale pari al 100% di campioni che soddisfano i requisiti di riutilizzo del materiale rispetto ai campioni prelevati.

La percentuale più bassa è data dall'unità geotecnica Aa, la quale però è localizzata in una breve tratta del lotto.

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
	Relazione generale opere civili	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO OC 00 00 001	REV. C

6. IDROLOGIA ED IDRAULICA

6.1 Valutazione di compatibilità idraulica

Le opere in progetto fanno parte del progetto di Raddoppio della linea ferroviaria Codogno-Cremona-Mantova nel tratto Piadena – Mantova dal km 55+780 al km 89+731.83 – Lotto 3.

Nello studio effettuato è stata valutata la compatibilità idraulica dell’infrastruttura di progetto con il territorio ed è stata analizzata la sicurezza del corpo ferroviario, identificando in termini di funzionalità e sicurezza i manufatti di presidio idraulico più opportuni, garantendo la minima interferenza delle opere ferroviarie con il normale deflusso delle acque.

Per valutare la compatibilità idraulica del tracciato nel suo complesso è stato effettuato uno studio in funzione delle mappe di pericolosità idraulica fornite dal PGRA e PAI. Sono stati rilevati alcuni tratti di ferrovia interferenti con aree a bassa pericolosità (Fascia C) oltre alle aree riferite strettamente a gli attraversamenti principali di cui si parlerà in seguito. Per le parti di opera ricadenti in fascia C, l’analisi dei PGT comunali non ha rilevato vincoli particolari tali da precludere la realizzazione delle opere in progetto, per le quali sono stati comunque eseguiti studi volti a definire la trasparenza rispetto al deflusso idrico e a verificare l’influenza non significativa rispetto alla capacità di invaso.

Anche in corrispondenza dell’area di esondazione del Tartaro Fabrezza IN24, è stato evidenziato che l’opera in progetto non altera la condizione attuale di rischio ma anzi sono state previste opere di protezione volte ad aumentare il livello di sicurezza dell’infrastruttura ferroviaria.

Per quanto riguarda il progetto in esame non si comportano variazioni o riduzioni delle aree inondabili e si garantisce comunque la trasparenza idraulica mediante la realizzazione di nuovi tombini ed attraversamenti adeguati alle normative vigenti (NTC2018 e circolare 2019).

6.1.1 Idraulica di piattaforma ferroviaria

Il territorio in esame è sottoposto alla legislazione prevista dalla Regione Lombardia, che recentemente ha diffuso una serie di linee guida atte a definire una regolamentazione ben preciso sul tema dell’invarianza idraulica (Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7 “Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12” e successivi aggiornamenti).

La compatibilità idraulica del sistema di smaltimento delle acque di piattaforma rispetto al tema dell’invarianza idraulica ed idrologica è stato quindi assunto alla base della progettazione ed ha guidato le scelte tecniche e metodologiche. Gli interventi di sistemazione per lo smaltimento delle acque meteoriche lungo la piattaforma ferroviaria prevedono la raccolta delle acque stesse mediante la realizzazione di un sistema di canalette, pozzetti, embrici e opere di smaltimento a dispersione nel terreno quali trincee e fossi drenanti e vasche disperdenti. Il recapito diretto nel reticolo idrografico è stato limitato a casi di impossibilità tecnica di realizzare sistemi a dispersione (condizioni idrogeologiche non favorevoli) e comunque contenendo le portate ai valori massimi consentiti dal Regolamento Regionale in funzione della superficie impermeabile dell’intervento, della criticità dell’area e della classe di impermeabilizzazione dell’opera.

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
	Relazione generale opere civili	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO OC 00 00 001	REV. C

La scelta di tali opere è stata fatta in funzione delle sezioni dell'infrastruttura ferroviaria:

- Sezione in rilevato;
- Sezione in trincea, con la presenza di muri e senza tali opere;
- Sezione in viadotto.

Le opere di smaltimento idraulico sono state progettate in generale con lo scopo di:

- assicurare l'adeguatezza a sostenere eventi con il periodo di ritorno previsto per la sicurezza dell'infrastruttura ferroviaria;
- diminuire le eventuali condizioni di rischio, eliminando o riducendo eventuali esondazioni nella zona di intervento;
- non alterare le condizioni di deflusso idrico e solido nel tratto oggetto di studio;

Particolari accorgimenti sono stati adottati per una corretta manutenzione delle opere, onde poter ridurre al minimo gli interventi atti a garantirne l'efficienza e, in ogni caso, a ridurre a livelli minimi i costi delle opere.

Le soluzioni prescelte seguono gli indirizzi indicati nelle norme nazionali e nelle norme Regionali, in quanto:

- il potenziamento della infrastruttura ferroviaria in progetto risponde a specifiche esigenze di sviluppo ed è legata a fattori di pubblico interesse;
- l'impermeabilizzazione dell'area dove verrà realizzata la nuova infrastruttura ferroviaria non comporterà l'estensione delle aree soggette ad allagamento in quanto tale infrastruttura è provvista di opere di trasparenza idraulica e le acque di piattaforma verranno opportunamente smaltite come descritto nella presente relazione senza alterare il naturale deflusso delle acque, prediligendo sistemi di infiltrazione.

6.1.2 Attraversamenti idraulici ferroviari

Gli attraversamenti idraulici minori sono stati progettati per garantire il deflusso delle portate di progetto secondo le prescrizioni di normativa e nel rispetto della trasparenza del reticolo irriguo esistente.

6.1.3 Idraulica di piattaforma stradale

Il sistema di drenaggio previsto è costituito da un sistema di raccolta, collettamento e smaltimento delle acque meteoriche afferenti alla piattaforma stradale.

In funzione della sezione tipologica sono stati individuate differenti tipologie di smaltimento delle acque di piattaforma:

- Sezioni in rilevato: è affidato agli embrici e fossi di guardia trapezoidali in terra;
- Sezioni in trincea: è affidato alle canalette alla francese laterali in cls recapito in fosso in terra;
- Sezioni in cavalca ferrovia: nel caso dei cavalca ferrovia sono griglie in ghisa, collegate mediante bocchettoni in acciaio alla sottostante tubazione di raccolta in acciaio e da qui al recapito finale.

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
	Relazione generale opere civili	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO OC 00 00 001	REV. C

Il Sistema prevede quindi un recapito interamente a dispersione negli strati superficiali del suolo, nel rispetto del Regolamento Regionale sull'invarianza idraulica ed idrologica.

6.1.4 *Compatibilita' idraulica delle opere attraversamenti maggiori*

Con riferimento alle NTC 2018, al Cap. 5, si asserisce:

*“Il manufatto non dovrà interessare con spalle, pile e rilevati la sezione del corso d’acqua interessata dalla piena di progetto e, se arginata, i corpi arginali. **Qualora fosse necessario realizzare pile in alveo, la luce netta minima tra pile contigue, o fra pila e spalla del ponte, non deve essere inferiore a 40 m misurati ortogonalmente al filone principale della corrente.** Nel caso di pile e/o spalle in alveo, cura particolare è da dedicare al problema delle escavazioni in corrispondenza delle fondazioni e alla protezione delle fondazioni delle pile e delle spalle tenuto anche conto del materiale galleggiante che il corso d’acqua può trasportare. In tali situazioni, una stima anche speditiva dello scalzamento è da sviluppare fin dai primi livelli di progettazione. **Il franco idraulico, definito come la distanza fra la quota liquida di progetto immediatamente a monte del ponte e l'intradosso delle strutture, è da assumersi non inferiore a 1.50 m, e comunque dovrà essere scelto tenendo conto di considerazioni e previsioni sul trasporto solido di fondo e sul trasporto di materiale galleggiante, garantendo una adeguata distanza fra l'intradosso delle strutture e il fondo alveo. Quando l'intradosso delle strutture non sia costituito da un'unica linea orizzontale tra gli appoggi, il franco idraulico deve essere assicurato per una ampiezza centrale.**”*

I viadotti in progetto sui corsi d’acqua maggiori (VI01, sul Canale Dugale Tagliata, e VI02 sul Fiume Oglio) sono caratterizzati da luci e franchi nel rispetto della normativa vigente. E’ rispettato infatti il franco minimo di 1,5 metri nei confronti del livello idrico corrispondente alla piena di progetto (*Tr300*), nonché la distanza minima tra pile contigue (o tra pila e spalla) in alveo (40 metri), e tra il fondo alveo e la quota di intradosso di impalcato.

E’ stato trattato il tema relativo alle escavazioni in corrispondenza delle fondazioni delle pile interessate dalla piena di progetto e alle protezioni delle fondazioni delle pile.

E’ da sottolineare che il confronto tra i risultati in termini di aree potenzialmente inondabili, livelli idrici e velocità, ottenuti nelle simulazioni numeriche bidimensionali effettuate, non ha evidenziato differenze significative (a meno del VI01 sul Canale Dugale Tagliata) tra le configurazioni ante e post operam, a dimostrazione della totale trasparenza idraulica delle opere di attraversamento in progetto (e.g. sul Fiume Oglio, VI02). A tal proposito, con riferimento alla norme tecniche di attuazione (NTA) della pianificazione di bacino (PGRA, AdB Po, 2016), le opere in progetto non comportano aumenti della pericolosità idraulica nelle aree limitrofe, nè precludono la

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
	Relazione generale opere civili	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO OC 00 00 001	REV. C

possibilità in futuro di attuare interventi di mitigazione del rischio idraulico sul territorio. Inoltre, gli interventi previsti, laddove ricadenti in aree di pericolosità idraulica (e.g. tratto tra Bozzolo e Mantova), sono comunque consentiti (ricadendo nella fattispecie di “*opere di ristrutturazione e ampliamento di infrastrutture pubbliche non altrimenti delocalizzabili*”), come indicato nelle NTA della pianificazione di bacino, previo studio di compatibilità idraulica.

In definitiva, le analisi e le verifiche idrauliche svolte dimostrano la compatibilità delle opere maggiori in progetto (viadotto VI01, VI02), dell’infrastruttura ferroviaria, nonché delle opere annesse (i.e. viabilità, fabbricati,.....), in termini sia di franco di sicurezza sia di possibile interferenza con le aree potenzialmente inondabili. Laddove interferenti con le aree di esondazione, i rilevati sono stati inoltre opportunamente dotati di opere di protezione delle scarpate, in accordo al Manuale di Progettazione RFI.

- Al fine di mantenere la configurazione dell’alveo il più possibile inalterata tra lo stato attuale e di progetto sono state previste infine adeguate opere di sistemazione idraulica in tutte le aree interessate dai lavori di costruzione dei viadotti e per un’estensione pari agli allagamenti che si verificano con tempo di ritorno trecentennale.

6.2 Idrologia e sostenibilità

Lo studio idrologico effettuato per la stima delle portate di progetto, sia per le opere di attraversamento idraulico che per quelle di smaltimento delle acque meteoriche dio piattaforma, è stato eseguito sulla base normative vigenti, vedi elaborato “NM2503D26RHID0000001A” e ricavando le portate di piena mediante l’utilizzo delle curve di possibilità pluviometrica fornite dall’ARPA Lombardia e successivamente l’applicazione di modelli idrologici afflussi-deflussi.

L’applicazione di tali modelli ha comportato la conoscenza del regime delle precipitazioni di forte intensità nel territorio di interesse, sintetizzato nelle cosiddette Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) che legano l’altezza h , la durata t della pioggia e il tempo di ritorno Tr .

Per il calcolo del regime pluviometrico sono state considerati i parametri a ed n delle LSPP più gravosi in termini di intensità di pioggia. Tali valori sono stati individuati analizzando l’intera area oggetto di studio (Da Mantova a Cremona) scegliendo quelli in prossimità di Cremona in quanto massimizzavano i valori delle altezze di pioggia.

Oltre allo studio delle piogge orarie, si sono applicate metodologie che hanno consentito la stima delle piogge di forte intensità e breve durata, normalmente utilizzate per piccoli bacini idrologici e per l’idraulica di piattaforma.

Nel caso in esame, dopo un’analisi delle metodologie presenti in letteratura, si sono utilizzati i coefficienti di riduzione ricavati dal pluviografo Milano Monviso, tale strumento è più pertinente alla stima dei dati di pioggia intensa in quanto è più prossimo all’area di intervento, si ottiene la relazione che lega l’altezza di pioggia con la durata per eventi meteorici di notevole intensità e breve durata con i tempi di ritorno oggetto di studio.

E' stata inoltre svolta una valutazione su le variazioni delle precipitazioni per scenari futuri, tenendo in conto studi disponibili sui cambiamenti climatici, giungendo alla conclusione che gli aumenti previsti non sarebbero tali da ridurre il grado di efficienza idraulica dei manufatti di drenaggio progettati e la sicurezza dell'infrastruttura.

7. OPERE IDRAULICHE DI ATTRAVERSAMENTO

7.1 Tombini idraulici ferroviari

L'opera presenta diverse interferenze con il reticolo idrografico dell'area interessata, tali interferenze sono disomogenee in quanto si intercettano fossi di scolo, piccoli canali irrigui, grandi canali di scolo e corsi d'acqua.

Di seguito l'elenco dei tombini idraulici ferroviari previsti in progetto:

WBS	Descrizione	pk	Comune
IN01	SIFONE	86+414,61	Mantova
IN03	D1500	85+726,72	Curtatone
IN05	2.0x1.5	82+872,11	Curtatone
IN06	4.0 x 2.5	81+755,82	Curtatone
IN07	4.0x2.5	81+461,18	Castellucchio
IN08	2.0 x 1.5	81+352,87	Castellucchio
IN09	D1500	80+519,90	Castellucchio
IN10	D1500	77+706,51	Castellucchio
IN11	2.0x1.5	77+447,84	Castellucchio
IN12	2,0 x 1.5	76+342,83	Castellucchio
IN13	2,0 x 1,5	75+687,44	Castellucchio
IN14	D1500	75+390,17	Marcaria
IN15	D1500	74+979,53	Marcaria
IN17	D1500	74+660,78	Marcaria
IN18	D1500	74+364.61	Marcaria
IN20	D1500	73+963.00	Marcaria
IN21	2.0x1.5	72+797.03	Marcaria
IN22	DN1500	72+660,31	Marcaria
IN23	2.0 x 2.0	72+194,27	Marcaria
IN25	2,0x(1.5 x 1.5)	70+085,32	Marcaria
IN28	D1500	67+622,12	Marcaria
IN29	D1500	66+950.00	Marcaria
IN30	2.0 x 2.0	66+749,45	Bozzolo
IN31	D1500	66+685,00	Bozzolo
IN32	D1500	65+878,54	Bozzolo

IN33	2.0 x 2.0	65+055,41	Bozzolo
IN34	D1500	64+868,40	Bozzolo
IN35	2.0 x 2.0	64+507,41	Bozzolo
IN36	D1500	64+180,03	Bozzolo
IN38	2.5x2.0	61+745,82	Tornata
IN40	SIFONE	60+613,89	Tornata
IN42	D1500	60+109,56	Tornata
IN43	D1500	59+464,59	Tornata
IN44	SIFONE	58+745,62	Piadena
IN46	D1500	58+209,39	Piadena
IN49	D1500	57+704,36	Piadena
IN50	D1500	57+542,38	Piadena
IN51	D1500	57+282,01	Piadena
IN52	D1500	57+133,49	Piadena
IN53	D1500	56+306,45	Piadena

Lo studio idraulico ha individuato diverse tipologie di opere quali tombini in cls circolari dal diametro pari a 1500mm, tombini scatolari in cls e ponti. Lo studio per il dimensionamento idraulico dei tombini è stato eseguito partendo dallo studio affluissi/deflussi eseguito nello studio idrologico in funzione dei bacini individuati e delle piogge di progetto.

Tutte le opere sono state verificate in moto permanente, nel caso dei tombini ferroviari, essendo realizzati in cls, si assume un valore per il parametro di scabrezza k [m/3s-1] pari a 67. Le principali assunzioni progettuali alla base del dimensionamento idraulico sono state:

- la capacità di far defluire la portata stimata per il tempo di ritorno $T_r=200$ anni;
- un grado di riempimento GR, rapporto tra l'altezza liquida e altezza/diametro del tombino, minore o uguale al 67%
- funzionamento del tombino a pelo libero;
- la velocità di sbocco deve mantenersi al di sotto di un valore massimo cautelativo di 5m/s per evitare fenomeni erosivi localizzati.
- Dimensione minima in altezza per i tombini d di 1.50 m per gli scatolari e ϕ 1500 per i circolari
- Pendenza minima del tombino pari al 2‰ come previsto dal manuale di progettazione Italferr;
- Franco di sicurezza minimo tra livello massimo di piena ed estradosso dell'impalcato pari a 1,50m (per le opere VI03 e VI04).

7.2 Tombini idraulici stradali

Le nuove viabilità presentano intercettano piccoli canali irrigui, per il calcolo e la verifica dei tombini idraulici lungo la viabilità, si è proceduto individuando le varie tipologia di fossi attraversati dalle nuove viabilità determinandone le attuali dimensioni. Tale studio ha evidenziato che le sezioni utili attuali sono comprese tra i 0.60m e 1.20m, si è deciso di realizzare tombini idraulici a sezione circolare in cls di diametro $\Phi 1500$.

Di seguito l'elenco dei tombini idraulici ferroviari previsti in progetto:

WBS	Descrizione	Viabilità di riferimento	Comune
IN60	8.6x3.7	NV22	Piadena
IN61	D1500	NV22	Piadena
IN62	D1500	NV22	Piadena
IN63	D1500	NV23	Tornata
IN64	D1500	NV23	Tornata
IN65	D1500	NV23	Tornata
IN66	D1500	NV23	Tornata
IN67	D1500	NV23	Tornata
IN68	D1500	NV23	Tornata
IN69	D1500	NV23	Tornata
IN70	D1500	NV23	Tornata
IN71	D1500	NV23	Tornata
IN72	D1500	NV23	Tornata
IN73	D1500	NV23	Tornata
IN74	D1500	NV24	Bozzolo
IN75	D1500	NV24	Bozzolo
IN76	D1500	NV25	Bozzolo
IN77	D1500	NV25	Bozzolo
IN78	D1500	NV25	Bozzolo
IN79	D1500	NV25	Bozzolo
IN80	D1500	NV28	Marcaria
IN81	D1500	NV29	Castellucchio
IN82	D1500	NV29	Castellucchio
IN83	D1500	NV29	Castellucchio
IN84	D1500	NV30	Castellucchio
IN85	D1500	NV30	Castellucchio
IN86	D1500	NV30	Castellucchio
IN87	D1500	NV32	Curtatone
IN88	D1500	NV32	Curtatone

È stata calcolata la portata massima per tale sezione imponendo un riempimento del 67% come previsto delle NTC2018 ed una pendenza minima del 2‰ come riportato nel manuale di progettazione Italfer. Per poter stimare tale portata si è uguagliata la portata massima smaltibile dal collettore utilizzando la formulazione di Chezy ed uguagliandola alla portata calcolabile con il metodo razionale si è riuscita ad individuare, in funzione del coefficiente di deflusso medio pari a 0.33, l'area massima del bacino drenato. Tale area è pari a 61ha. Il passo successivo è stato quello di individuare le aree di pertinenza dei vari tombini e confrontarle con la suddetta area, tale confronto ha evidenziato che tutti gli attraversamenti idraulici possono essere realizzati mediante l'utilizzo di sezioni circolari in cls $\Phi 1500$.

7.3 Drenaggio di piattaforma

7.3.1 Drenaggio Ferroviario

Il drenaggio di piattaforma ferroviaria verrà realizzato mediante l'utilizzo di embrici, canalette e opere di drenaggio nel terreno. Avendo individuato come recapito finale il terreno, è stato eseguito in primo luogo lo studio del livello di falda per poter valutare le capacità drenanti delle opere in progetto.

Per lo smaltimento delle acque meteoriche di piattaforma, laddove il livello di falda lo permette, verranno realizzate trincee drenanti a sezione rettangolare riempite di materiale drenante ad alta porosità (minimo 30%), avvolto in geotessuto e con all'interno un tubo di distribuzione orizzontale fessurato in PEAD. Il riempimento del sistema avviene puntualmente attraverso pozzetti di sedimentazione disposti circa ogni 60 metri, che raccolgono l'acqua di piattaforma e l'acqua meteorica che interessa il rilevato, attraverso una canaletta trapezia in cls posta al piede del rilevato stesso. Il sistema è carrabile e può quindi ospitare una viabilità di servizio sopra di esso. In prossimità dei canali viene posizionato un pozzetto in cls in cui è presente uno scarico di troppo pieno ad una quota convenientemente bassa rispetto al p.c. compatibilmente con il livello massimo raggiungibile nel canale (si considera una quota di sfioro a circa 20 cm dal p.c.). Tubi di piccolo diametro verranno disposti ortogonalmente al tubo di distribuzione sia verticalmente verso il piano campagna (per pulizia e manutenzione), sia orizzontalmente per facilitare la distribuzione dell'acqua anche in senso trasversale. Ove possibile è stata utilizzata questa soluzione per il drenaggio di piattaforma, in situazioni differenti (sezioni in trincea o tra muri, tratti in stazione, in presenza di falda in prossimità del p.c.) le acque sono raccolte e convogliate tramite un sistema di canalette e tubi a fossi in terra con fondo drenante per lo smaltimento delle acque.

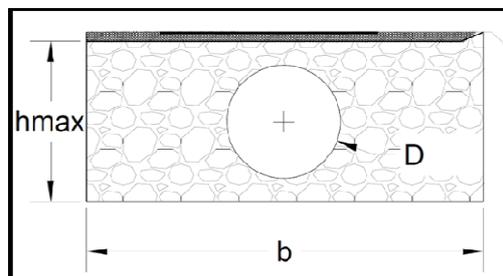


Figura 3 - Bauletto drenante

Dove il livello di falda è risultato prossimo al p.c. si è adottato, come opera di drenaggio, un fosso di guardia disperdente. Tale opera consente di poter drenare l'acqua di piattaforma nel terreno realizzando uno scavo minimo per la sua costruzione. Il pacchetto drenante sarà avvolto in geotessuto ed in corrispondenza degli embrici il fosso verrà rivestito in c.a. o materassi, per evitare erosione localizzata delle scarpate del fosso stesso. Con le stesse condizioni con cui sono stati verificati i bauletti drenanti, si è proceduto alla verifica dei fossi disperdenti.

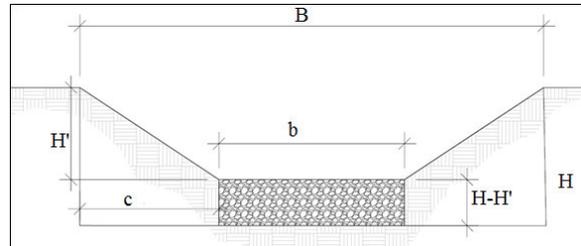


Figura 4 - Fossi disperdenti

7.3.2 Drenaggio viabilità

Il drenaggio di piattaforma stradale verrà realizzato mediante l'utilizzo di embrici, fossi di guardia in terra e collettori in acciaio lungo i cavalcaferrovia.

7.3.3 Drenaggio Piazzali e Fabbricati

Il sistema di drenaggio previsto è costituito da un sistema di raccolta e smaltimento delle acque pluviali della copertura e di tutte le superfici impermeabili il cui recapito finale della rete di raccolta delle opere in progetto è un sistema di infiltrazione negli strati superficiali del sottosuolo realizzato con moduli parallelepipedi in materiale plastico con volume di ritegno pari al 95% del volume totale, o vasche di dispersione in terra a cielo aperto, a meno dei piazzali e fabbricati presso Bozzolo dove il recapito finale è una vasca di accumulo in cls.

Il sistema di raccolta delle acque del fabbricato prevede la captazione e l'invio delle acque della copertura, attraverso le grondaie, all'interno dei pluviali presenti su entrambi i lati lunghi del fabbricato. L'acqua raccolta nei pluviali verrà raccolta da canalette in cls grigliate e inviata al recapito finale.

La rete di smaltimento è quindi costituita da:

- Discendenti di opportuno diametro;
- Canalette grigliate in cls opportunamente dimensionate;
- Tubazioni circolari in PVC di diametri adeguati allo smaltimento idrico.

7.4 Tempo di Ritorno di Progetto

Il tempo di ritorno utilizzato per il progetto e la verifica delle opere idrauliche di attraversamento è pari a 200 anni come riportato nel manuale di progettazione Italferr S.p.a., per quanto riguarda le opere di drenaggio della piattaforma ferroviaria il tempo di ritorno utilizzato è pari a 100 anni in ottemperanza con quanto riportato nel manuale di progettazione Italferr S.p.a., mentre per il drenaggio di piattaforma stradale il tempo di ritorno adottato è pari a 25 anni. Nel Progetto Definitivo in esame sono previsti deviazioni di alcuni dei canali interferiti. Tali deviazioni verranno eseguite nei tratti dove la nuova linea si discosta dalla linea storica, di conseguenza i nuovi tombini idraulici verranno realizzati con una nuova configurazione rispetto a quelli attuali. Per la fase di cantierizzazione si è calcolato un Tr per le opere provvisionali pari a 10 anni.

7.5 Vasche di drenaggio ferroviario

Dallo studio dei livelli di falda è emerso che per alcuni tratti non è stato possibile realizzare fossi e/o bauletti drenanti a causa della superficialità della falda, per poter garantire lo smaltimento delle acque di drenaggio della piattaforma ferroviaria verranno realizzate delle vasche di drenaggio collocate in punti specifici che consentiranno la dispersione delle acque di piattaforma lungo i tratti suddetti. Verranno realizzate delle canalette in cls che raccoglieranno i contributi idrici della piattaforma e li convoglieranno all'interno delle vasche.

I manufatti verranno realizzati mediante scavo del terreno e con arginelli in terra di circa 0.50m. Il manufatto di imbocco è costituito da un pozzetto dissabbiatore che impedisce a tutti i corpi esterni di grandi dimensioni trascinati dalle acque meteoriche di essere dispersi all'interno delle vasche stesse. Le vasche verranno dotate di rampa di accesso per consentire la manutenzione ordinaria e straordinaria, tale rampa servirà anche da sfioratore. Le vasche verranno perimetrate con della recinzione tipo Orso Grill h 2m.

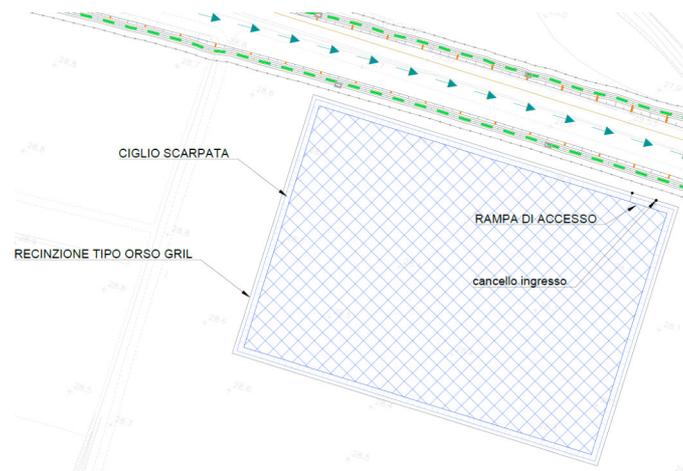


Figura 5 - Vasche di Drenaggio

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
	Relazione generale opere civili	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO OC 00 00 001	REV. C

8. *CORPO STRADALE FERROVIARIO*

8.1 Criteri di progettazione del corpo stradale ferroviario

I criteri di progetto del corpo stradale ferroviario risultano fortemente influenzati dalla presenza della linea ferroviaria esistente. La realizzazione dei nuovi binari, prevista senza l'interruzione dell'esercizio ferroviario tra le stazioni di Piadena e Bozzolo e con interruzione tra Bozzolo e Mantova, è stata impostata su scelte progettuali legate essenzialmente a:

- definizione delle altezze minime del corpo stradale ferroviario, o generalmente pari all'attuale nei tratti di affiancamento;
- caratteristiche della piattaforma ferroviaria;
- sistema di smaltimento delle acque meteoriche;
- risoluzione delle interferenze viarie e con il reticolo idraulico esistente;
- organizzazione della sezione tipo;
- mantenimento, per quanto possibile, delle opere di attraversamento viarie

La sede esistente attualmente presenta larghezza compatibile con il singolo binario, senza stradelli di servizio. L'attuale sede non risulta predisposta con sub-ballast e la massicciata ferroviaria fonda direttamente sul supercompattato.

Nell'ambito del presente Progetto la sede ferroviaria viene sviluppata essenzialmente:

- in affiancamento alla sede esistente; posizionando generalmente il primo binario di progetto a minimo 5,50m dall'esistente e, successivamente, riposizionando il secondo a 4 m dal primo; la distanza di 5,50m aumenta fino ad un massimo di 8,60m all'aumentare del dislivello tra p.f. esistente e p.f. della linea storica.
- adeguando la sede esistente con spostamenti di binari contenuti nel sedime attuale, soprattutto per gli interventi in ambito di PRG;
- tratti di nuova sede in variante, in prossimità dei due attraversamenti idraulici principali (VI01 Canale Dugale e VI02 Fiume Oglio)

La metodologia realizzativa del raddoppio in affiancamento è vincolata dalla necessità di mantenere attivo l'esercizio sulla linea ferroviaria esistente nel tratto tra Piadena e Bozzolo: la distanza di 5,50 m fra l'attuale binario unico ed il binario dispari di progetto consente, infatti, la realizzazione della nuova porzione di sede senza l'interruzione del traffico sulla linea esistente, mediante l'allargamento del rilevato previa idonea gradonatura della scarpata in essere.

Per i dettagli relativi alla fasizzazione delle lavorazioni eseguite in affiancamento alla linea storica in esercizio, si vedano gli elaborati "Sezioni tipo in rilevato – fasi realizzative raddoppio".

Nella tabella seguente sono riportati i tratti di sede in Rilevato e in Trincea con riferimento alla WBS di progetto con indicazione del Comune attraversato.

WBS	Inizio pk	Fine pk	L _{TOT}	Comune
RI01	54+499.77	55+271.16	771.39	Piadena
RI02	55+271.16	56+000.00	728.84	Piadena
RI03	56+000.00	57+650.00	1650.00	Piadena
RI04	57+650.00	57+900.00	250.00	Piadena
RI05	57+985.00	61+750.00	3765.00	Piadena/Tornata
RI06	61+750.00	62+150.00	400.00	Tornata
RI07	64+000.00	67+128.40	3128.40	Bozzolo
RI08	67+438.00	68+400.00	962.00	Marcaria
RI09	69+800.00	71+383.00	1583.00	Marcaria
RI10	71+383.00	72+300.00	917.00	Marcaria
RI11	72+450.00	78+150.00	5700.00	Castellucchio
RI12	80+100.00	81+750.00	1650.00	Castellucchio/Curtatone
RI13	82+200.00	83+850.00	1650.00	Curtatone
RI14	83+900.00	86+350.00	2450.00	Curtatone/Mantova

WBS	Inizio pk	Fine pk	L _{TOT}	Comune
TR01	62+150.00	64+000.00	1850.00	Tornata/Bozzolo
TR02	68+400.00	69+800.00	1400.00	Marcaria
TR03	72+300.00	72+450.00	150.00	Marcaria
TR04	78+150.00	80+100.00	1950.00	Castellucchio
TR05	81+750.00	82+200.00	450.00	Curtatone
TR06	86+350.00	89+461.60	3111.60	Mantova

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
	Relazione generale opere civili	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO OC 00 00 001	REV. C

Nel seguito vengono descritte le tipologie di sezioni tipo in rilevato ed in trincea adottate per il progetto del corpo ferroviario.

8.1.1 Sezione tipo in rilevato

La sezione tipo in rilevato prevede il caso di piattaforma a doppio binario. Questa sezione viene utilizzata in diverse varianti a seconda del tratto di zona attraversata, a seconda della distanza tra linea storica e primo binario di progetto, dislivello tra piano ferro esistente e piano ferro di progetto.

Nei casi di raddoppio in stretto affiancamento in presenza di esercizio con distanza di raddoppio dal binario esistente $i = 5.50$ m e dislivello tra binario esistente e binario di progetto $H < 30$ cm, la sezione tipo in rilevato si realizza secondo le seguenti fasi:

- demolizione parziale, con gradonatura del rilevato esistente, sul lato del binario di raddoppio, con esercizio sulla LS
- allargamento del rilevato esistente sul lato del binario di raddoppio (supercompattato e subballast), con esercizio sulla LS e posa armamento nuovo binario con successivo spostamento dell'esercizio sul nuovo binario di raddoppio
- demolizione del binario esistente con rimozione parziale del rilevato esistente, per realizzazione nuova piattaforma ferroviaria con subballast e rettifica geometria della scarpata, con esercizio sul binario di raddoppio
- completamento rilevato e posa armamento a 4.00m dal binario di raddoppio, con esercizio sul binario di raddoppio e successiva attivazione dell'esercizio su entrambi i binari di progetto

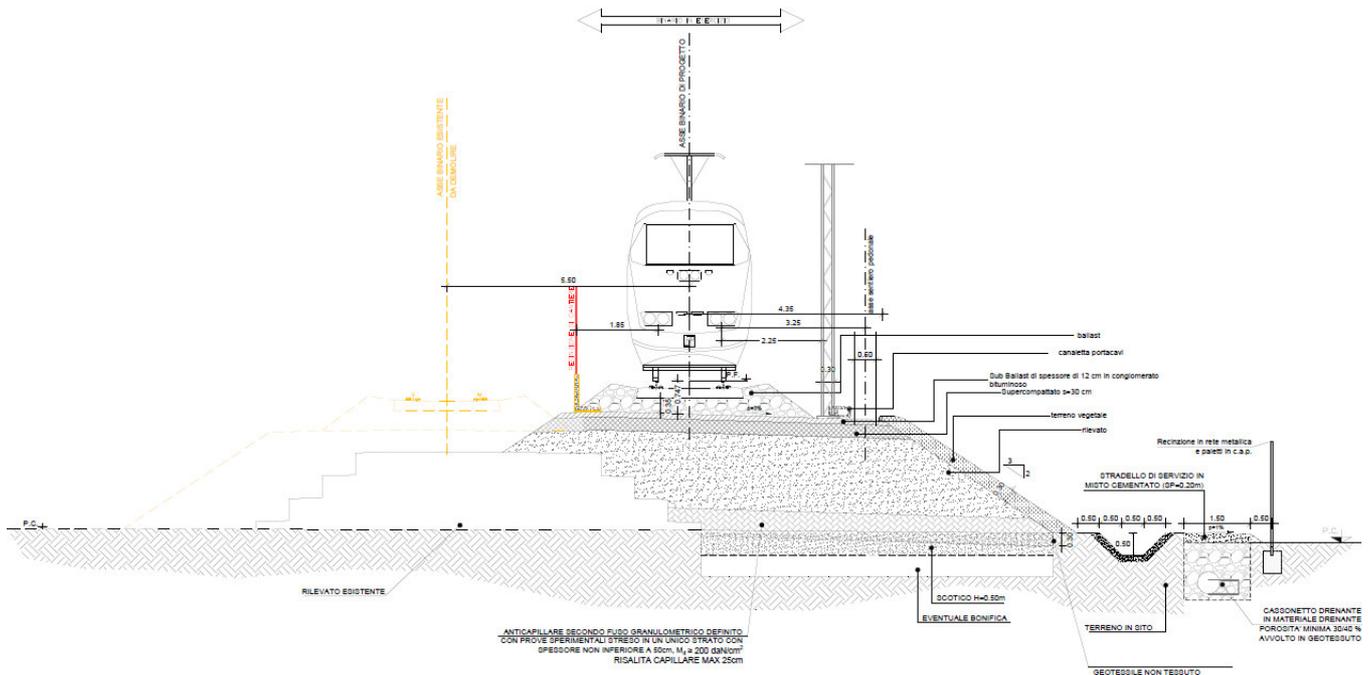


Figure 1: sezione tipo in rilevato in affiancamento a 5.50 m e dislivello tra binario esistente e binario di progetto $H < 30\text{cm}$ in presenza di esercizio

Nei casi di raddoppio in stretto affiancamento in presenza di esercizio con dislivello tra binario esistente e binario di progetto $30\text{cm} < H < 220\text{cm}$ e distanza di raddoppio dal binario esistente variabile fra $5.50\text{m} < i < 8.60\text{m}$, la sezione tipo in rilevato si realizza secondo le seguenti fasi:

- demolizione parziale, con gradonatura del rilevato esistente, sul lato del binario di raddoppio, con esercizio sulla LS
- innalzamento della nuova porzione di rilevato alle quote di progetto, con completamento dello stesso (supercompattato e subballast) e realizzazione armamento del binario di raddoppio, con esercizio sulla LS
- demolizione del binario esistente con rimozione parziale del rilevato della linea storica, per realizzazione nuova piattaforma ferroviaria con subballast alla quota di progetto e rettifica geometria della scarpata con esercizio sul binario di raddoppio
- posa definitiva dell'armamento del secondo binario di progetto, a interasse 4.00m dal binario di raddoppio, con esercizio sul binario di raddoppio

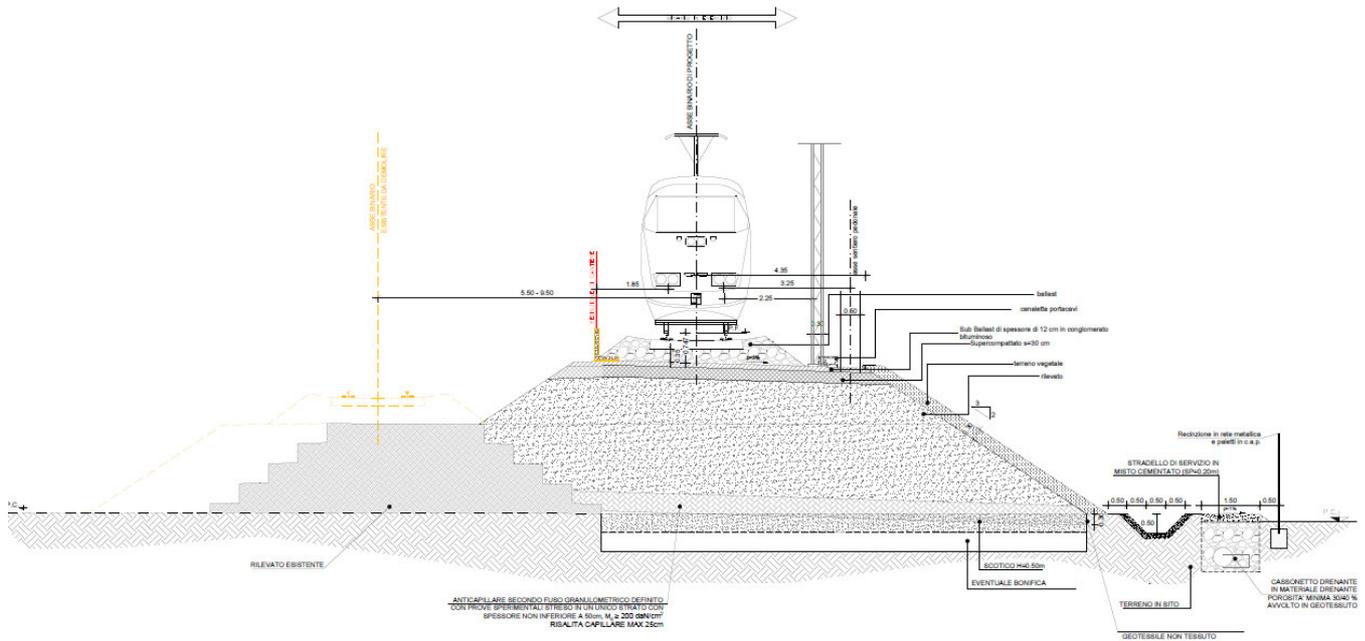


Figure 2: sezione tipo in rilevato in affiancamento a $5.50m < i < 8.60 m$ e dislivello tra binario esistente e binario di progetto $30cm < H < 220cm$ in presenza di esercizio

Nei casi di raddoppio in stretto affiancamento in presenza di esercizio con distanza di raddoppio dal binario esistente variabile fra $4.00m < i < 5.50 m$, con dislivello tra il binario esistente e il binario di progetto convenzionalmente inferiore ai $H < 30cm$, la sezione tipo in rilevato si realizza secondo le seguenti fasi:

- demolizione parziale, con gradonatura del rilevato esistente, sul lato del binario di raddoppio, con esercizio sulla LS
- allargamento del rilevato esistente sul lato del binario di raddoppio (solo supercompattato), con esercizio sulla LS e posa armamento nuovo binario con successivo spostamento dell'esercizio sul nuovo binario di raddoppio
- demolizione del binario esistente con rimozione parziale del rilevato esistente, per realizzazione nuova piattaforma ferroviaria senza subballast e rettifica geometria della scarpata, con esercizio sul binario di raddoppio
- completamento rilevato e posa armamento a 4.00m dal binario di raddoppio, con esercizio sul binario di raddoppio e successiva attivazione dell'esercizio su entrambi i binari di progetto.

In questo ultimo caso non è prevista la realizzazione del subballast in quanto l'interasse tra la linea storica e quella di progetto non garantiscono gli spazi sufficienti per completare la stesura dello strato per fasi.

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
	Relazione generale opere civili	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO OC 00 00 001	REV. C

Nei casi di raddoppio in stretto affiancamento in assenza di esercizio, gli interventi vengono realizzati senza fasi legate al mantenimento del transito dei treni sulla linea storica.

Sia che l'esercizio ferroviario venga mantenuto sia che venga interrotto, le sezioni tipo saranno organizzate con o senza muro di recinzione o di sostegno, e con o senza barriera antirumore.

Per le informazioni di dettaglio si rimanda ai capitoli relativi ai muri di recinzione e alle Barriere antirumore oltre che agli elaborati specifici di progetto.

La piattaforma ferroviaria ha come piano di scivolamento delle acque lo strato di supercompattato dello spessore di 30 cm sormontato da uno strato di subballast dello spessore di 12cm, mentre le scarpate sono inerbite mediante uno strato di terreno vegetale dello spessore non inferiore a 30 cm. La pendenza trasversale delle falde dello strato di supercompattato è pari a al 3%, permettendo così il deflusso delle acque. Ai bordi della piattaforma è presente un cordolo in risalto che guida l'acqua verso gli embrici posti sulle scarpate del rilevato ferroviario.

L'organizzazione della piattaforma ferroviaria prevede sul lato esterno di ciascun binario un sentiero pedonale di larghezza minima pari a 1,50 m per consentire al personale di servizio di spostarsi con la massima sicurezza rispetto alla circolazione dei rotabili; l'asse del sentiero pedonale è posto a 3,25 m dall'interno della rotaia. Il filo interno del palo TE è posto ad una distanza di 2.25 m dall'interno della rotaia più vicina.

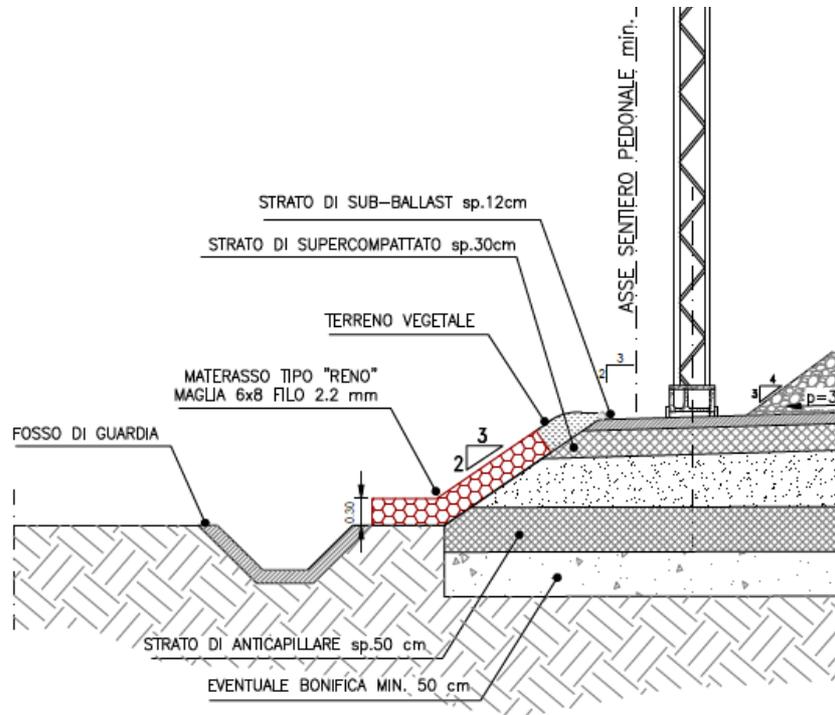
Le piste di servizio, chiamate "stradelli", avranno larghezza pari a 1.50 m. La pavimentazione è costituita da misto stabilizzato dello spessore finito di 0.20 m. Laddove i vincoli al contorno non permettono la realizzazione degli stradelli, è comunque garantita comunque la predisposizione di camminamenti pedonali.

Il corpo del rilevato ferroviario e lo strato di fondazione verranno realizzati sia con terre provenienti da cava sia con terre provenienti da scavo, a seconda degli effettivi riutilizzi del materiale di risulta degli scavi. Le scarpate del rilevato presentano una pendenza costante trasversale con rapporto 3 in orizzontale e 2 in verticale. Lo strato di fondazione del corpo del rilevato ferroviario viene realizzato prevedendo uno scotico del piano campagna di 0.50 m e l'inserimento di uno strato capillare di spessore minimo pari a 0.50 m.

Localmente, in alcuni tratti dove il rilevato di progetto ha altezze importanti, è previsto uno strato di bonifica, oltre alla sostituzione terreni di spessore 50cm prevista sempre, di spessore pari a 2,00m, a garanzia della stabilità globale del rilevato stesso. Tale intervento è previsto in approccio al viadotto VI02 sul fiume Oglio, da pk 66+400 a pk 67+128 e da pk 67+438 a pk 67+700.

Alla base del piede del rilevato è prevista la raccolta delle acque meteoriche di piattaforma; per le indicazioni progettuali sullo smaltimento acque di piattaforma si rimanda ai successivi paragrafi oltre che agli elaborati specifici di progetto.

Nei tratti di sede in approccio al VI02 – viadotto Oglio lato Mantova (da pk 67+408 a pk 67+719) e prima e dopo il Viadotto VI03 (da pk 71+000 a pk 72+200), trovandosi in area di esondazione, le scarpate dei rilevati ferroviari vengono protette con materassi tipo Reno con un franco di 50cm sul livello di massima piena. Di seguito un dettaglio della protezione riportato sulla sezione tipo di riferimento e sulle planimetrie di progetto:



Nelle figure di seguito, verranno rappresentate le casistiche più rilevanti. Per maggiori dettagli, si rimanda agli elaborati specifici.

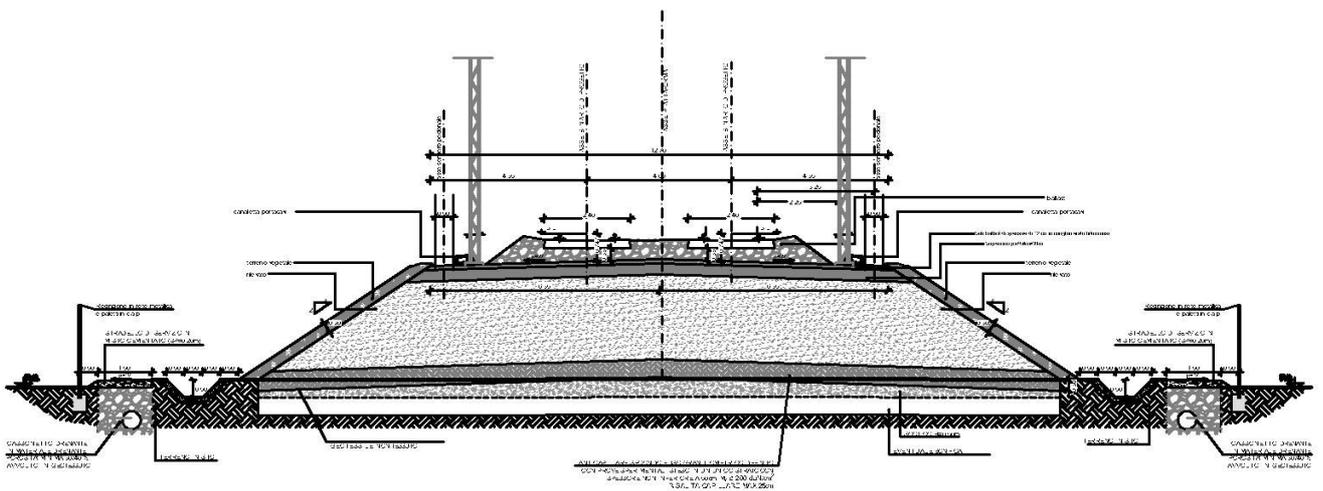


Figure 4: sezione tipo rilevato in affiancamento in assenza di esercizio

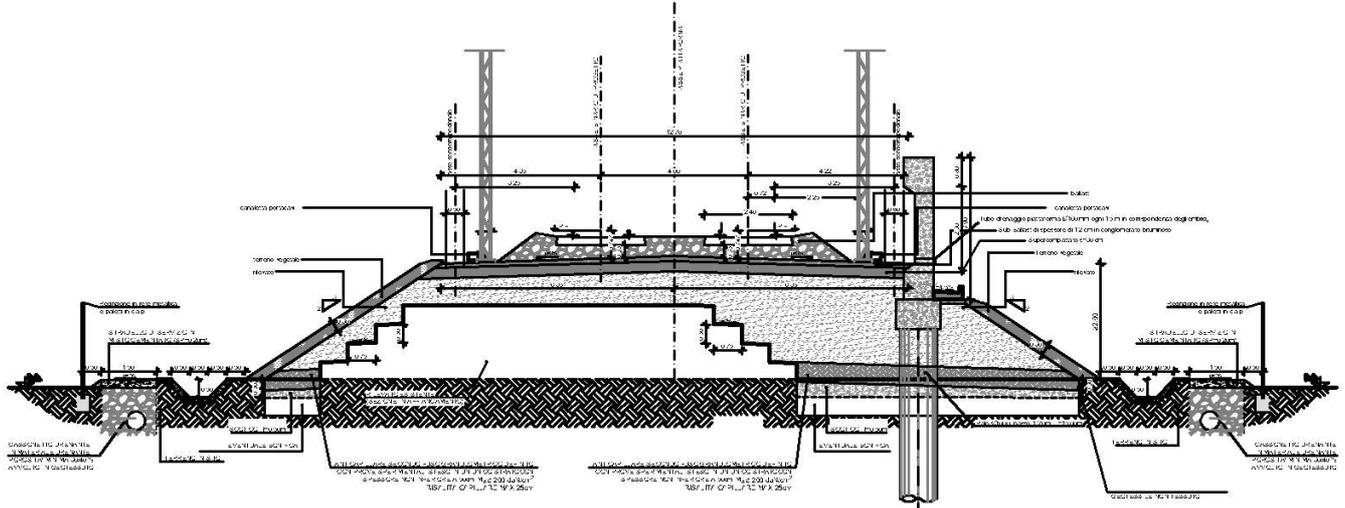


Figure 5: sezione tipo rilevato con muro di recinzione in affiancamento in assenza di esercizio

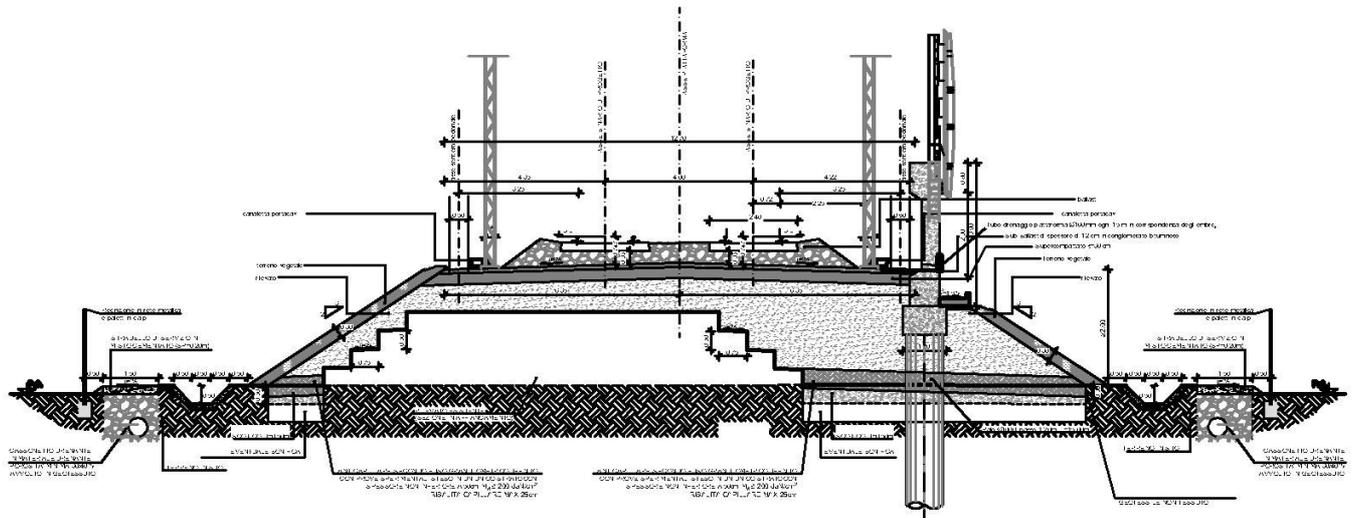


Figure 6: sezione tipo rilevato con muro di recinzione e barriera antirumore in affiancamento in assenza di esercizio

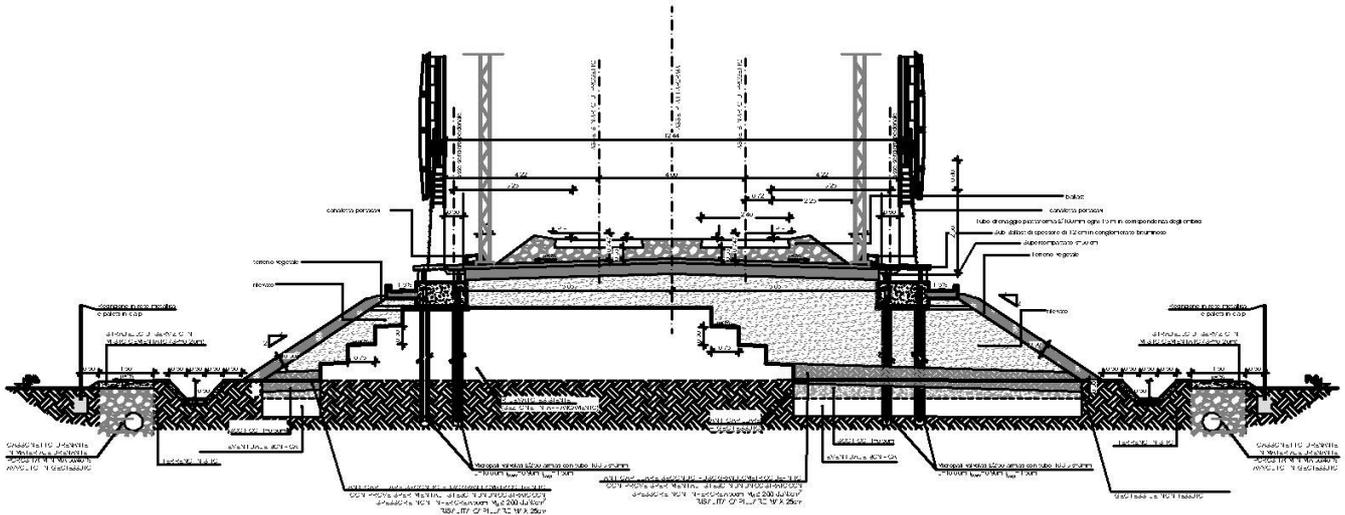


Figure 7: sezione tipo rilevato con barriere antirumore in affiancamento in assenza di esercizio

8.1.2 Sezione tipo in trincea

La sezione tipo in trincea prevede il caso di piattaforma a doppio binario. L'interasse dei binari di progetto è pari a 4.00 m.

L'organizzazione e gli elementi della piattaforma ferroviaria sono i medesimi di quelli descritti per il rilevato ferroviario. La piattaforma ferroviaria ha come piano di scivolamento delle acque lo strato di supercompattato dello spessore di 30 cm sormontato da uno strato di subballast dello spessore di 12cm, mentre le scarpate sono inerbite mediante uno strato di terreno vegetale dello spessore non inferiore a 30 cm. La pendenza trasversale delle falde dello strato di supercompattato è pari a al 3%, permettendo così il deflusso delle acque. Ai bordi della piattaforma è presente generalmente una canaletta rettangolare che guida l'acqua verso i recapiti.

Per le indicazioni progettuali sullo smaltimento acque di piattaforma si rimanda ai successivi paragrafi.

Le scarpate della trincea presentano una pendenza costante trasversale con rapporto 2 in orizzontale e 1 in verticale. In questa fase non si è ritenuto necessario prevedere localmente uno strato di bonifica.

Alla testa della trincea sono previsti fossi di guardia rivestiti in conglomerato cementizio che garantiscono la continuità idraulica del sistema.

Nelle figure di seguito, verranno rappresentate le casistiche più rilevanti. Per maggiori dettagli, si rimanda agli elaborati specifici.

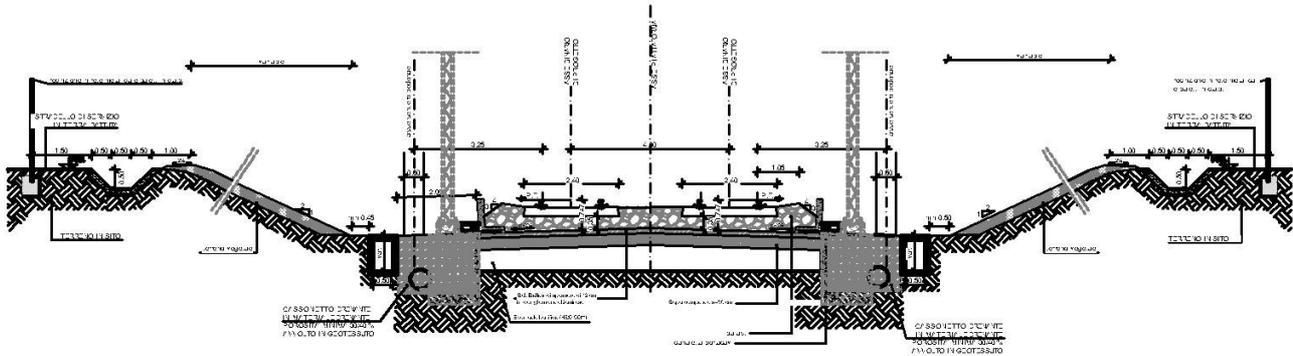


Figure 11: sezione tipo trincea in affiancamento in assenza di esercizio

8.1.3 Sezione ristrette

Localmente, sia in trincea che in rilevato, nei tratti di raddoppio in ambito urbano o comunque in prossimità di edifici o strutture esistenti da mantenere, sono state studiate “sezioni ristrette” al fine di limitare le interferenze con le preesistenze.

In tali sezioni viene generalmente interrotto lo stradello di servizio, garantendo comunque, sia lato binario pari che lato binario dispari, un camminamento di 50cm, la piattaforma ferroviaria mantiene sempre larghezza 12,70m con la possibilità di inserire muri di recinzione o barriere antirumore.

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
	Relazione generale opere civili	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO OC 00 00 001	REV. C

9. STAZIONI E FERMATE

Nello sviluppo del tracciato di progetto, la linea attraversa le seguenti stazioni e fermate esistenti che vengono mantenute:

- Stazione di Piadena
- Stazione di Bozzolo
- Stazione di Marcaria
- Fermata di Castellucchio
- Stazione di Mantova (esclusi interventi di OO.CC.)

9.1 Stazione di Piadena

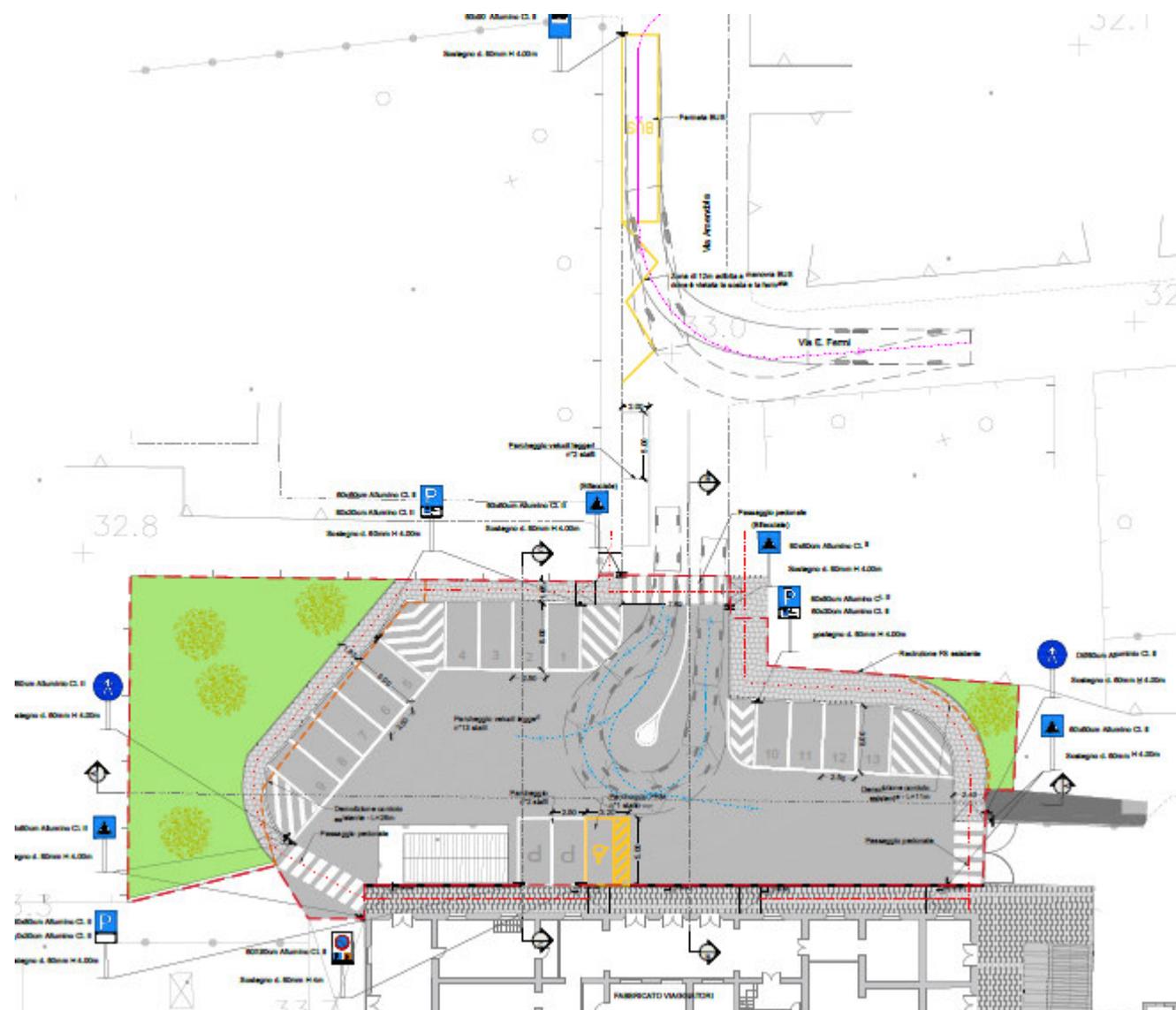
L'intervento oggetto del presente progetto inizia nella Stazione di Piadena. In questa stazione è previsto il mantenimento del sottopasso di stazione esistente oltre alle rampe scale lato Mantova, da adeguare per l'innalzamento dei marciapiedi esistenti. E' invece previsto il rifacimento delle rampa scale del II e III marciapiede, lato Cremona per permettere l'inserimento del vano ascensore a servizio dei marciapiedi. Un vano ascensore è previsto a servizio anche del I marciapiede.

I marciapiedi e la rampe scale saranno coperte con pensiline; per i dettagli di progetto si rimanda agli elaborati architettonici specifici.

Tutti gli interventi vengono realizzati con la linea ferroviaria in esercizio, pertanto devono essere fasizzati compatibilmente con le fasi di esercizio.

Esternamente alla Stazione è prevista la sistemazione del piazzale esistente con il ripristino di parcheggi e percorsi pedonali per l'accesso alla stazione.

Infine viene previsto una fermata autobus su via Amendola, in ingresso al piazzale di Stazione, come indicato nello stralcio riportato nella figura successiva



Sistemazione Area Piazzale Piadena

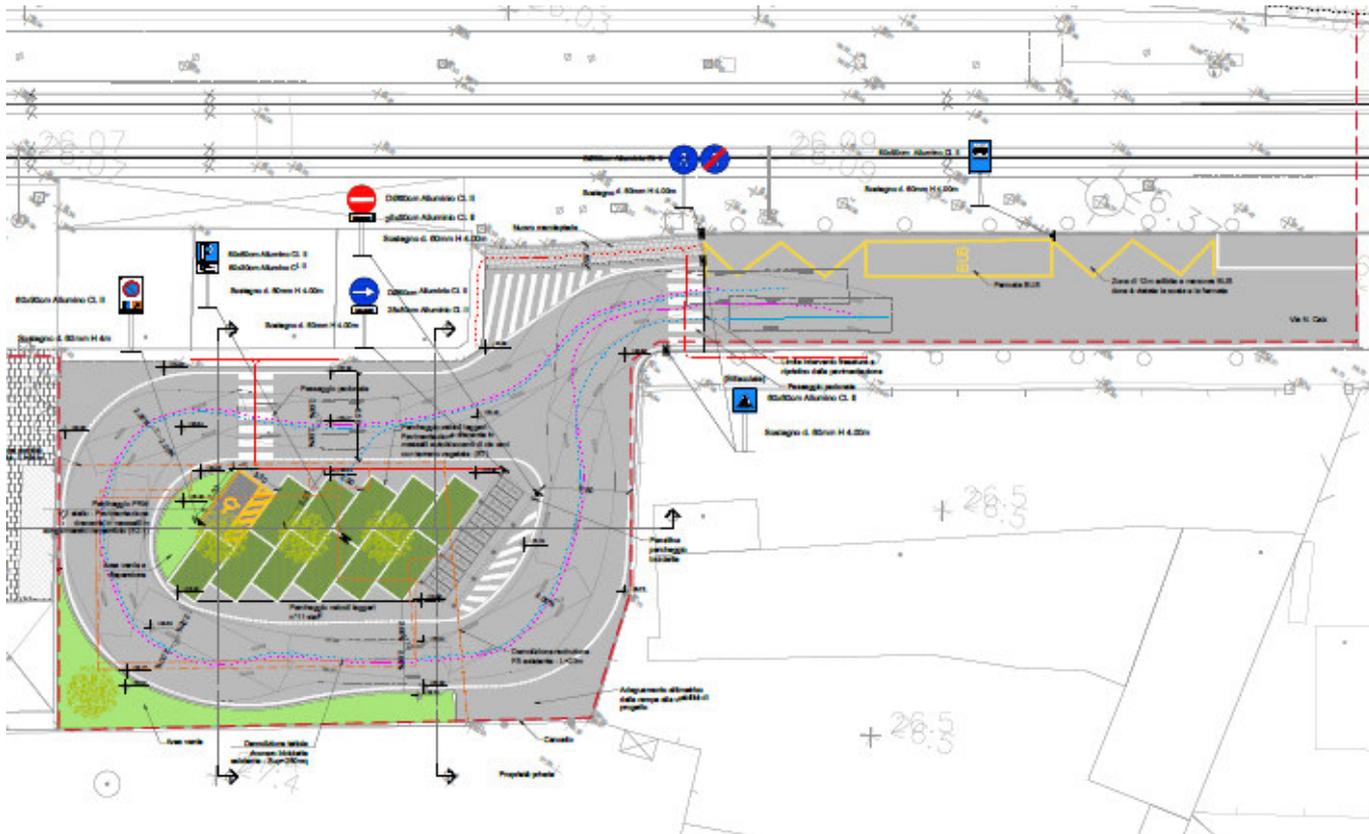
9.2 Stazione di Bozzolo

Nella Stazione esistente di Bozzolo il progetto prevede la realizzazione del nuovo sottopasso dotato di rampe scale e ascensori per l'accesso ai marciapiedi; il rifacimento dei marciapiedi esistenti prevedendo marciapiedi alti

I marciapiedi e la rampe scale saranno coperte con pensiline; per i dettagli di progetto si rimanda agli elaborati architettonici specifici.

Tutti gli interventi vengono realizzati con la linea ferroviaria in esercizio, pertanto si prevedono fasi realizzative compatibili con le fasi di esercizio.

Esternamente alla Stazione è prevista la sistemazione del piazzale esistente con il ripristino di parcheggi e percorsi pedonali per l'accesso alla stazione.



Sistemazione Area Piazzale Bozzolo

Internamente alla proprietà ferroviaria è prevista la realizzazione di un Fabbricato tecnologico e della Cabina consegna Enel, con la sistemazione del piazzale ferroviario esistente.

9.3 Stazione di Marcaria

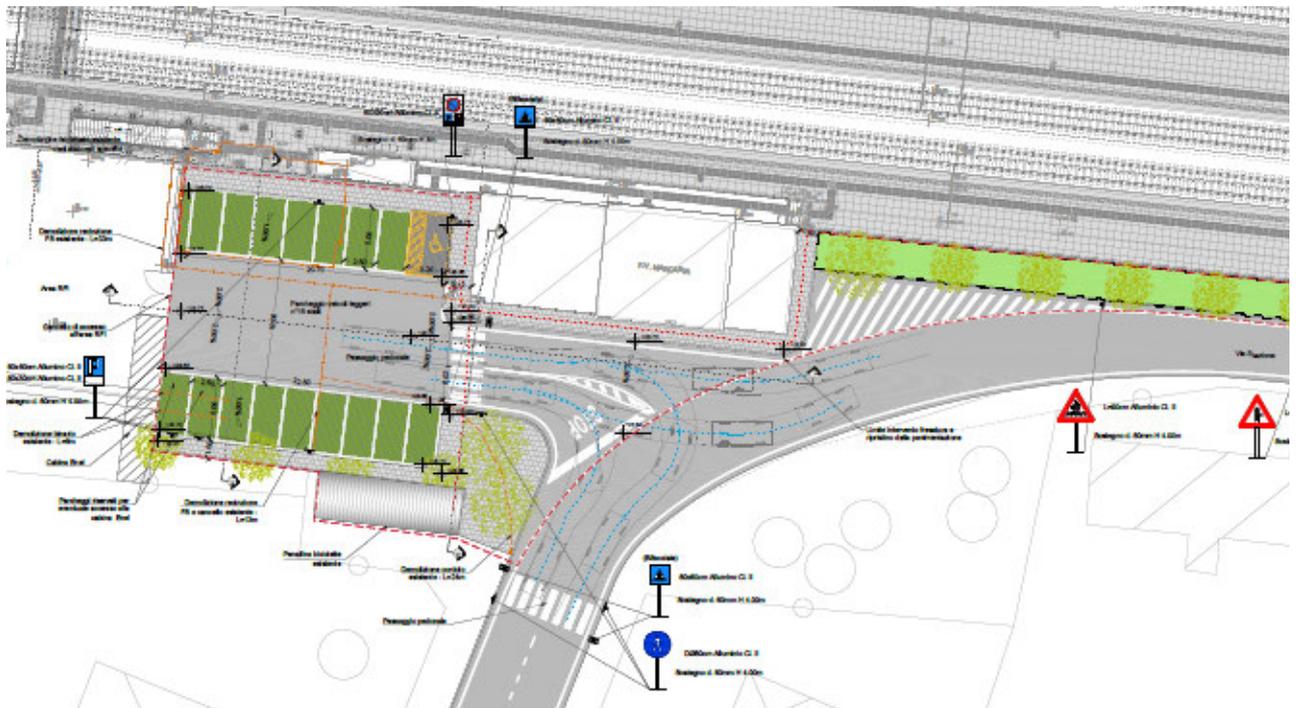
Nella Stazione esistente di Marcaria il progetto prevede la realizzazione del nuovo sottopasso dotato di rampe scale e ascensori per l'accesso ai marciapiedi; il rifacimento dei marciapiedi prevedendo marciapiedi alti.

Il sottopasso sarà passante in modo tale da creare un collegamento pedonale tra monte e valle della stazione, ripristinando la continuità pedonale interrotta dalla soppressione del PL al km 69+450 circa su via S.Giovanni SP68, in prossimità della Stazione ferroviaria.

I marciapiedi e la rampe scale saranno coperte con pensiline; per i dettagli di progetto si rimanda agli elaborati architettonici specifici.

Tutti gli interventi vengono realizzati con l'interruzione totale dell'esercizio ferroviario, pertanto non si prevedono particolari fasi realizzative.

Esternamente alla Stazione è prevista la sistemazione del piazzale esistente con il ripristino di parcheggi e percorsi pedonali per l'accesso alla stazione.



Sistemazione Area Piazzale Marcaria

Internamente alla proprietà ferroviaria è prevista la realizzazione di un Fabbricato tecnologico e della Cabina consegna Enel, con la sistemazione del piazzale ferroviario esistente.

9.4 Fermata di Castellucchio

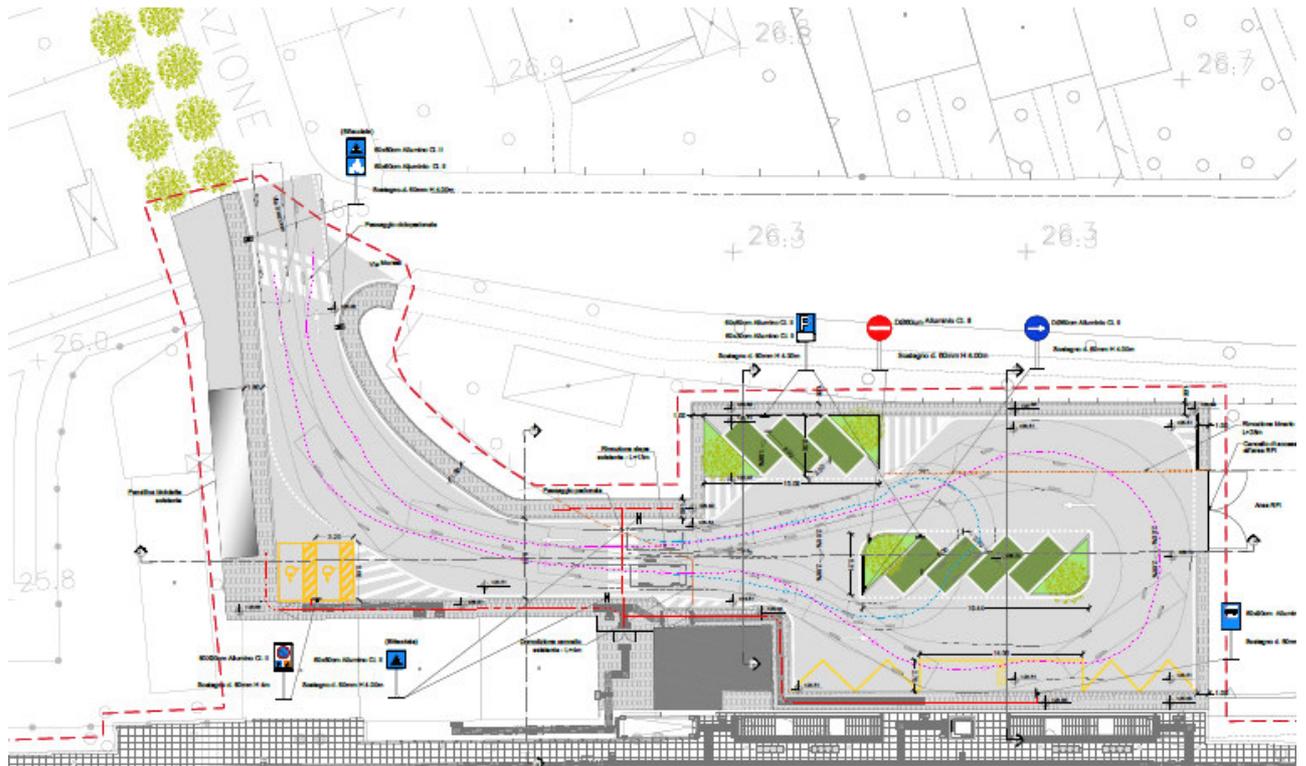
Nella Fermata di Castellucchio il progetto prevede la realizzazione del nuovo sottopasso dotato di rampe scale e ascensori per l'accesso ai marciapiedi; il rifacimento dei marciapiedi esistenti prevedendo marciapiedi alti.

Il sottopasso sarà passante in modo tale da creare un collegamento pedonale tra monte e valle della stazione, ripristinando la continuità pedonale interrotta dalla soppressione del PL al km 78+463 su via Gabbiana, in prossimità della Stazione ferroviaria.

I marciapiedi e la rampe scale saranno coperte con pensiline; per i dettagli di progetto si rimanda agli elaborati architettonici specifici.

Tutti gli interventi vengono realizzati con l'interruzione totale dell'esercizio ferroviario, pertanto non si prevedono particolari fasi realizzative.

Esternamente alla Stazione è prevista la sistemazione del piazzale esistente con il ripristino di parcheggi e percorsi pedonali per l'accesso alla stazione.



Sistemazione Area Piazzale Castelluccio

10. BARRIERE ANTIRUMORE E MURI DI RECINZIONE

Lo studio acustico condotto ha permesso di individuare i tratti di linea ferroviaria su cui intervenire con opere di mitigazione acustica per rientrare nei valori dei limiti di emissione acustica previsti dal DPR 459/98 (decreto sul rumore ferroviario).

L'obiettivo è stato quello di privilegiare gli interventi lungo linea (Barriere Antirumore) per l'abbattimento delle eccedenze acustiche dai limiti di norma.

La barriera Standard RFI è nello specifico composta da un basamento in calcestruzzo fino a 2 m sul p.f. per un'altezza complessiva di 2,80 m, sormontato da una pannellatura leggera fino all'altezza di barriera indicata dal dimensionamento acustico.

Vista la presenza di lunghi tratti di opere di sostegno di recinzione sono state applicate le barriere antirumore tipo "HS" rettificata (cfr. All.26 alla Sezione I – Parte II del MDP RFI 2018). In alcuni casi è stata privilegiata la soluzione tipo da rilevato (manufatto prefabbricato fondato su cordolo e micropali) come da Figura 6; in altre, la presenza di opere di sostegno ha portato a selezionare la soluzione senza manufatto prefabbricato direttamente fondata sull'opera di sostegno con un'elevazione in altezza tale da rispettare la quota acustica riferita sempre al piano ferro. In altri casi è stata adottata la soluzione da impalcato ferroviario.

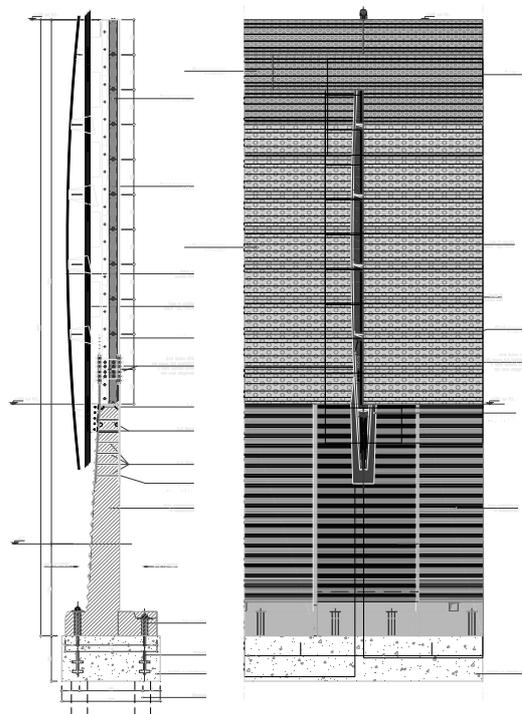


Figura 6– Tipologico BA "HS" rettificato

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
	Relazione generale opere civili	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO OC 00 00 001	REV. A

10.1 Barriere antirumore

Nelle successive tabelle sono individuati i tratti di applicazione delle barriere antirumore lungo la linea Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati di dettaglio.

WBS	Lato	Linea	Modalità realizzazione	Altezza da p.f.	Km inizio	km fine	Lunghezza m	Tipologia Sede Ferroviaria
BA02	Pari	Codogno-Mantova	H3V	4.00 m	Km 54+696	Km 54+970	274 m	Raso/Rilevato
	Pari	Codogno-Mantova	H10V	7.50 m	Km 55+169	Km 55+262	93m	Raso/Rilevato
BA14	Pari	Codogno-Mantova	H2V	3.00 m	Km 63+816	Km 63+944	126m	Raso/Rilevato
	Pari	Codogno-Mantova	H10V	7.50 m	Km 63+944	Km 64+072	129m	Raso/Rilevato
BA19	Pari	Codogno-Mantova	H3V	4.00 m	Km 69+170	Km 69+469	303 m	Raso/Trincea
BA21	Pari	Codogno-Mantova	H2V	3.00 m	Km 70+348	Km 70+519	171 m	Raso/Rilevato
BA25	Pari	Codogno-Mantova	H3V	4.00 m	Km 72+116	Km 72+312	196 m	Raso/Rilevato
BA28	Pari	Codogno-Mantova	H0V	2.00 m	Km 74+380	Km 74+603	223m	Raso/Rilevato
BA29	Pari	Codogno-Mantova	H3V	4.00 m	Km 74+815	Km 74+912	97m	Raso/Rilevato
BA35	Pari	Codogno-Mantova	H3V	4.00 m	Km 78+150	Km 78+463	313m	Raso/Rilevato
BA41	Pari	Codogno-Mantova	H0V	2.00 m	Km 80+528	Km 80+739	211 m	Raso/Rilevato
BA42	Pari	Codogno-Mantova	H0V	2.00 m	Km 80+915	Km 81+120	205m	Raso/Rilevato

Relazione generale opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	RH	OC 00 00 001	C	63 di 127

WBS	Lato	Linea	Modalità realizzazione	Altezza da p.f.	Km inizio	km fine	Lunghezza m	Tipologia Sede Ferroviaria
BA45	Pari	Codogno-Mantova	H0V	2.00 m	Km 82+716	Km 83+220	504m	Raso/Rilevato
BA48	Pari	Codogno-Mantova	H2V	3.00 m	Km 84+600	Km 84+708	108m	Raso/Rilevato
BA49	Pari	Codogno-Mantova	H0V	2.00 m	Km 85+275	Km 85+406	131m	Raso/Rilevato
	Pari	Codogno-Mantova	H3V	4.00 m	Km 85+585	Km 85+738	153m	Raso/Rilevato
BA52	Pari	Codogno-Mantova	H5V	5.00 m	Km 86+459	Km 86+985	955 m	Raso/Trincea
	Pari	Codogno-Mantova	H0V	2.00 m	Km 87+414	Km 87+908	494 m	Raso/Trincea
	Pari	Codogno-Mantova	H3V	4.00 m	Km 87+908	Km 88+400	492 m	Raso/Rilevato

WBS	Lato	Linea	Modalità realizzazione	Altezza da p.f.	Km inizio	km fine	Lunghezza m	Tipologia Sede Ferroviaria
BA01	Dispari	Codogno-Mantova	H3V	4.00 m	Km 54+950	Km 55+095	145m	Raso/Trincea
BA05	Dispari	Codogno-Mantova	H3V	4.00 m	Km 55+309	Km 55+652	343m	Raso/Trincea
	Dispari	Codogno-Mantova	H3V	4.00 m	Km 55+652	Km 55+766	114m	Raso/Trincea
	Dispari	Codogno-Mantova	H2V	3.00 m	Km 55+960	Km 56+300	340m	Raso/Trincea
	Dispari	Codogno-Mantova	H1V	2.50 m	Km 62+150	Km 62+325	175m	Raso/Trincea
BA09	Dispari	Codogno-Mantova	H1V	2.50 m	Km 62+150	Km 62+325	175m	Raso/Trincea
BA13	Dispari	Codogno-Mantova	H10V	7.50 m	Km 63+830	Km 63+966	136m	Raso/Trincea

Relazione generale opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	RH	OC 00 00 001	C	64 di 127

WBS	Lato	Linea	Modalità realizzazione	Altezza da p.f.	Km inizio	km fine	Lunghezza m	Tipologia Sede Ferroviaria
BA17	Dispari	Codogno-Mantova	H3V	4.00 m	Km 69+190	Km 69+318	128m	Raso/Trincea
BA22	Dispari	Codogno-Mantova	H0V	2.00 m	Km 71+150	Km 71+350	200m	Raso/Rilevato
BA24	Dispari	Codogno-Mantova	H0V	2.00 m	Km 71+902	Km 72+026	124 m	Raso/Rilevato
BA27	Dispari	Codogno-Mantova	H0V	2.00 m	Km 73+533	Km 73+794	261m	Raso/Rilevato
BA36	Dispari	Codogno-Mantova	H3V	4.00 m	Km 78+300	Km 78+649	349m	Raso/Trincea
BA39	Dispari	Codogno-Mantova	H3V	4.00 m	Km 79+516	Km 79+652	136 m	Raso/Trincea
BA43	Dispari	Codogno-Mantova	H0V	2.00 m	Km 81+465	Km 81+635	170m	Raso/Rilevato
BA44	Dispari	Codogno-Mantova	H0V	2.00 m	Km 82+800	Km 83+050	250m	Raso/Rilevato
BA46	Dispari	Codogno-Mantova	H0V	2.00 m	Km 83+828	Km 84+101	273 m	Raso/Rilevato
BA47	Dispari	Codogno-Mantova	H0V	2.00 m	Km 84+550	Km 84+725	175 m	Raso/Rilevato
BA51	Dispari	Codogno-Mantova	H2V	3.00 m	Km 86+375	Km 87+050	675m	Raso/Trincea
BA54	Dispari	Codogno-Mantova	H2V	3.00 m	Km 88+116	Km 88+565	449 m	Raso/Trincea

10.2 Muri di recinzione

I muri di recinzione sono previsti a protezione dei fabbricati limitrofi alla ferrovia contro un potenziale svio del convoglio.

L'altezza del muro di recinzione sul P.F. è pari a 2,00 m. L'altezza totale del paramento, invece, varia in funzione della profondità di scavo rispetto al profilo del terreno: in alcuni casi il muro ha anche la funzione di opera di sostegno.

Il muro è fondato su pali $\Phi 1000$ di lunghezza $L = 10$ m, ad interasse di 2,20 m, collegati in testa da un cordolo di dimensioni $b \times h = 1.20 \times 1.00$ m.

Nei conchi di estremità la palificata di fondazione viene infittita e i pali si prevedono con analoghe caratteristiche geometriche ma con passo 1,20m

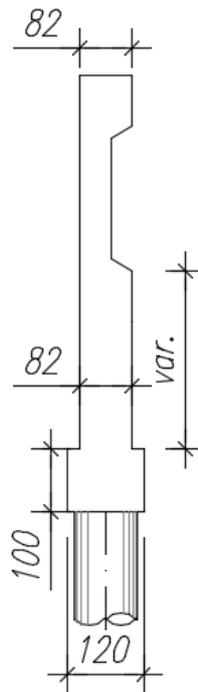


Figura 7 Sezione tipo muro di recinzione

	Binario		Muro Antisvio	
			da pk	a pk
MU01	BP	pari	54+538,6	55+832,7
MU02	BD	dispari	55+508,2	56+409,4
MU03	BP	pari	56+144,3	56+640,5
MU04	BP	pari	62+798,9	63+312,6
MU05	BP	pari	63+744,4	64+276,8
MU06	BD	dispari	63+636,8	64+260,4

MU07	BD	dispari	68+544,8	69+498,4
MU08	BP	pari	70+156,7	70+672,6
MU09	BP	pari	71+911,5	72+484,2
MU10	BD	dispari	72+049,3	72+533,4
MU11	BP	pari	74+604	75+117,6
MU12	BD	dispari	76+514,7	77+009
MU13	BP	pari	78+040,8	78+677,2
MU14	BD	dispari	78+090,4	78+701
MU15	BD	dispari	78+817,2	79+333
MU16	BD	dispari	79+335,2	79+837,2
MU17	BP	pari	84+382,8	84+902,9
MU18	BP	pari	85+406,5	85+948,5
MU19	BD	dispari	85+568,7	86+056,8
MU20	BD	dispari	87+635,1	88+697,2
MU21	BP	pari	88+048	88+763,6
MU22	BD	dispari	88+852,3	89+349,1

10.3 Opere di scavalco

Lungo il tracciato, sia le barriere antirumore su micropali sia i muri di recinzione possono risultare interferenti con opere esistenti, di progetto o con i manufatti afferenti alla TE.

Per quanto riguarda le barriere antirumore su micropali si farà riferimento alle soluzioni standard previste dal MdP, di seguito descritte.

10.3.1 Scavalco BS125-450

La base in cls denominata BS125-450 si applica per barriere con altezza fino all'H7. La faccia esterna di tali moduli ha lunghezza circa 4,50 m e presenta un'asola di 2.94 m nella suola orizzontale a contatto col terreno in cui si trova l'oggetto interferente. La fondazione è costituita da due plinti gettati in opera, posti in battuta al cordolo continuo della barriera, da un lato, ed eventualmente, dall'altro.

Le dimensioni della fondazione sono 135x87x65.

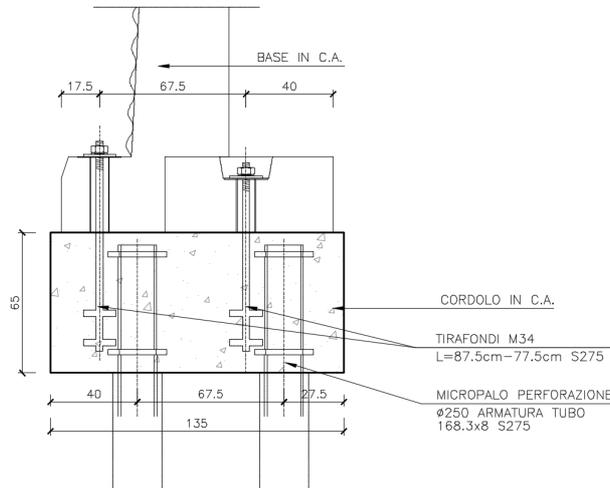


Figura 9 – Dettaglio fondazione modulo BS125-450

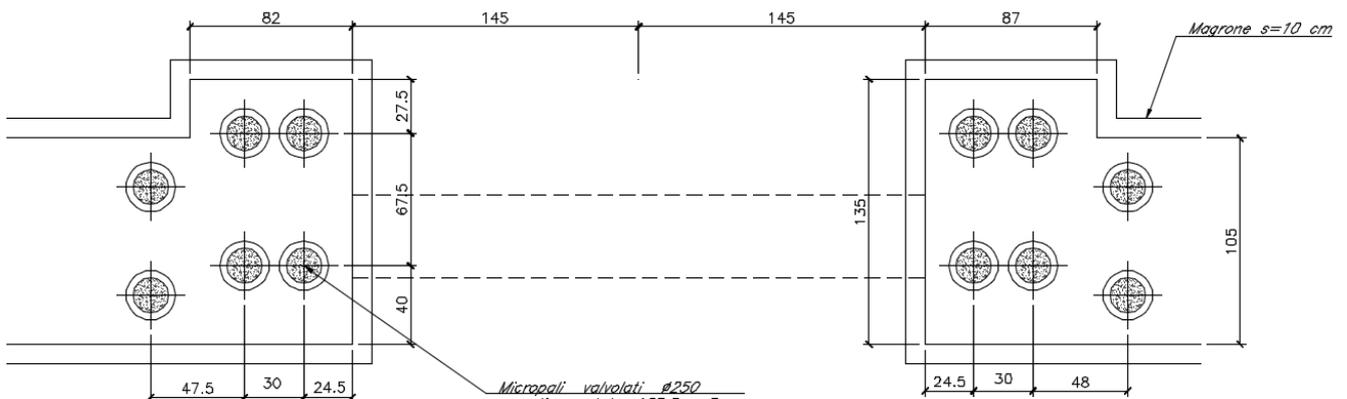


Figura 10 – Pianta fondazione modulo BS125-450

10.3.1 Scavalco BS125-450

La base in cls denominata BS145-450 si applica per barriere con altezza dall'H8 all'H10. La faccia esterna di tali moduli ha lunghezza circa 4,50 m e presenta un'asola di 2.94 m nella suola orizzontale a contatto col terreno in cui si trova l'oggetto interferente. La fondazione è costituita da due plinti gettati in opera, posti in battuta al cordolo continuo della barriera, da un lato, ed eventualmente, dall'altro.

Le dimensioni della fondazione sono 155x87x75.

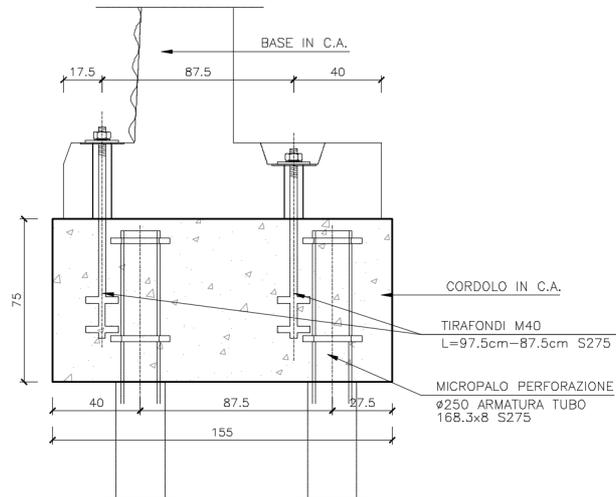


Figura 12 – Dettaglio fondazione modulo BS145-450

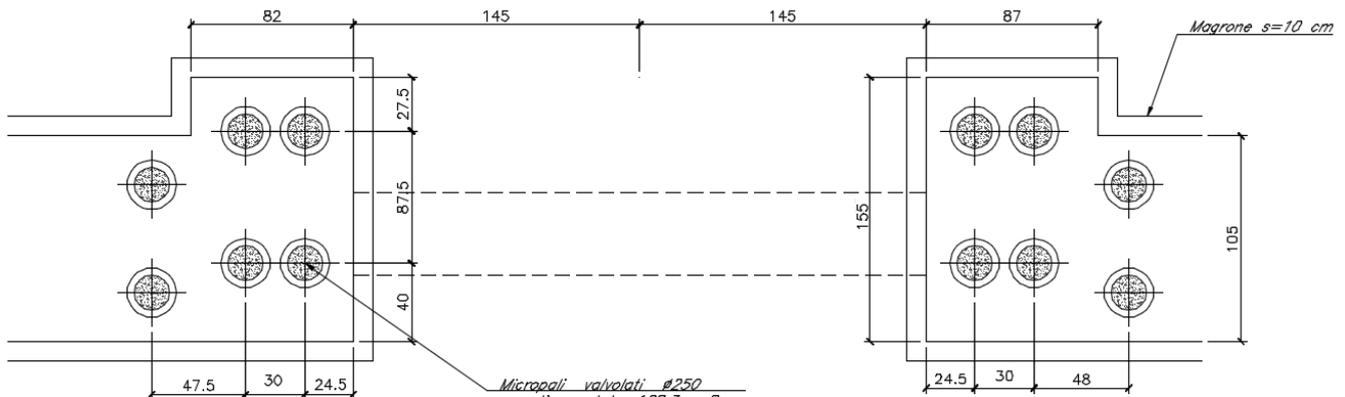


Figura 13 – Pianta fondazione modulo BS145-450

10.3.2 Scavalco standard L=7,50m

In particolare modo si farà riferimento alla soluzione con luce massima di scavalco di L=7.50m, per barriere con altezza fino ad H7. La faccia esterna di tali moduli ha lunghezza circa 7,50 m e presenta un'asola di 5.3 m nella suola orizzontale a contatto col terreno in cui si trova l'oggetto interferente. La fondazione è costituita da due plinti gettati in opera, posti in battuta al cordolo continuo della barriera, da un lato, ed eventualmente, dall'altro.

Le dimensioni della fondazione sono 135x87x65.

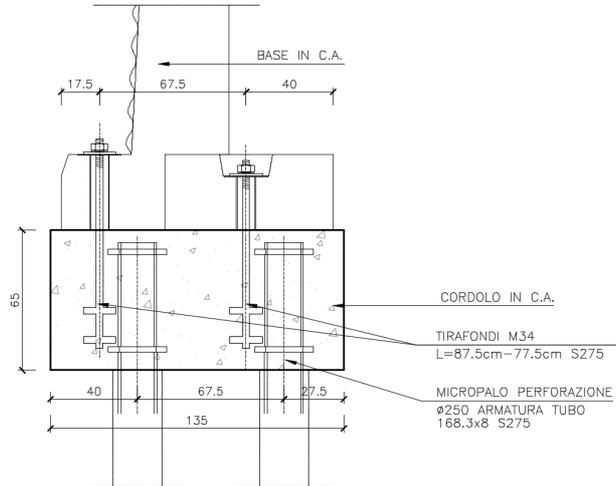


Figura 14 – Dettaglio fondazione modulo BS145-450



Figura 15 – Pianta fondazione scavalco L=7.50m

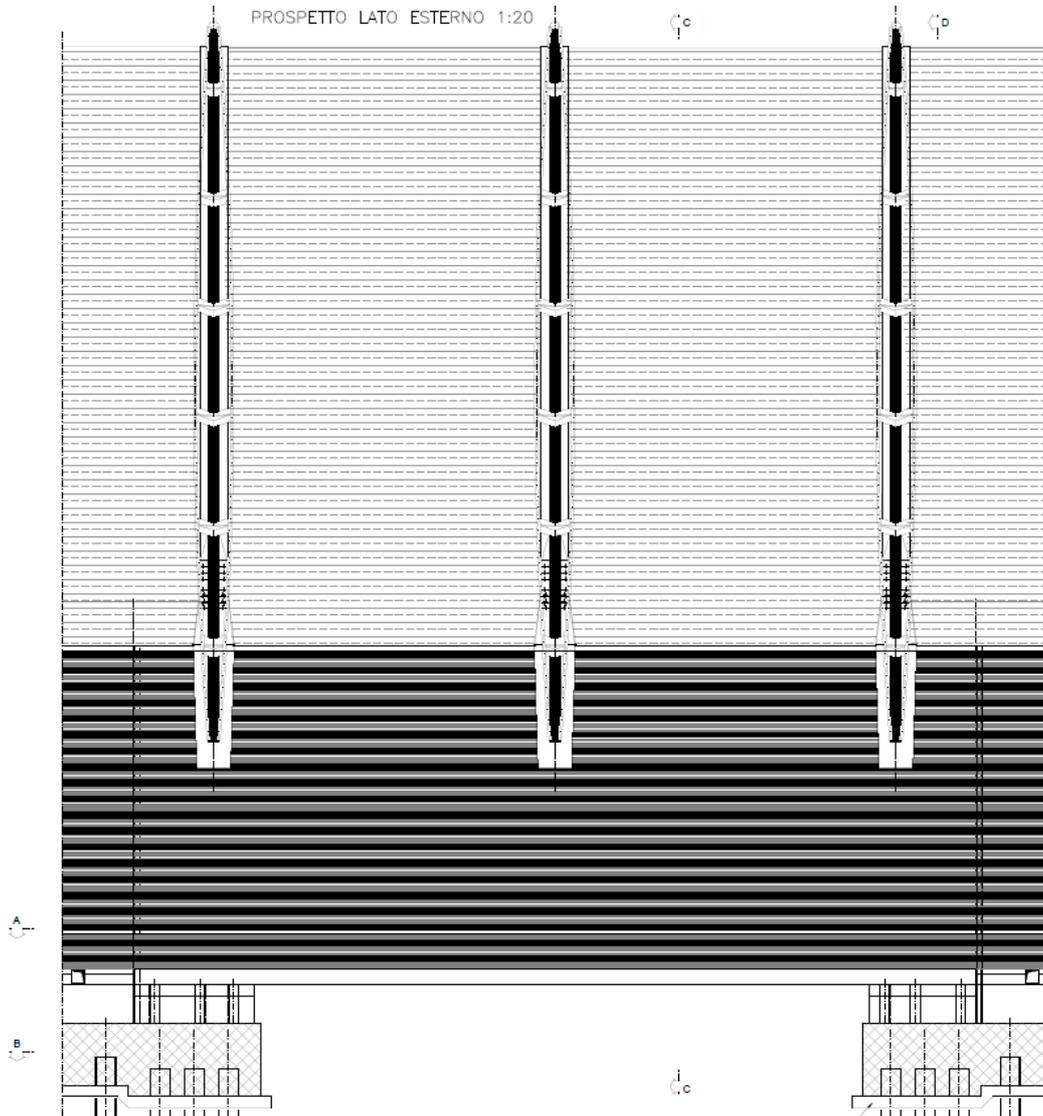


Figura 16 – Prospetto scavalco L=7.50m

10.3.3 Scavalco muri di recinzione L=4.50m

Opera di scavalco di luce L=4,50m con funzione di mitigazione dell’impatto ferroviario, realizzata con portale in c.a. gettato in opera su fondazioni profonde; il paramento ha spessore massimo in testa e in fondazione di 0.82m con massima altezza di spinta di 3,00m. La suola di fondazione ha spessore 1,00m e larghezza 4,00m. I pali di fondazione sono disposti su doppia fila, con interasse longitudinale e trasversale di 2,40m, diametro Ø800 e profondità massima di 20,00m. In testa al muro verrà installata una barriera antirumore di altezza massima H10.

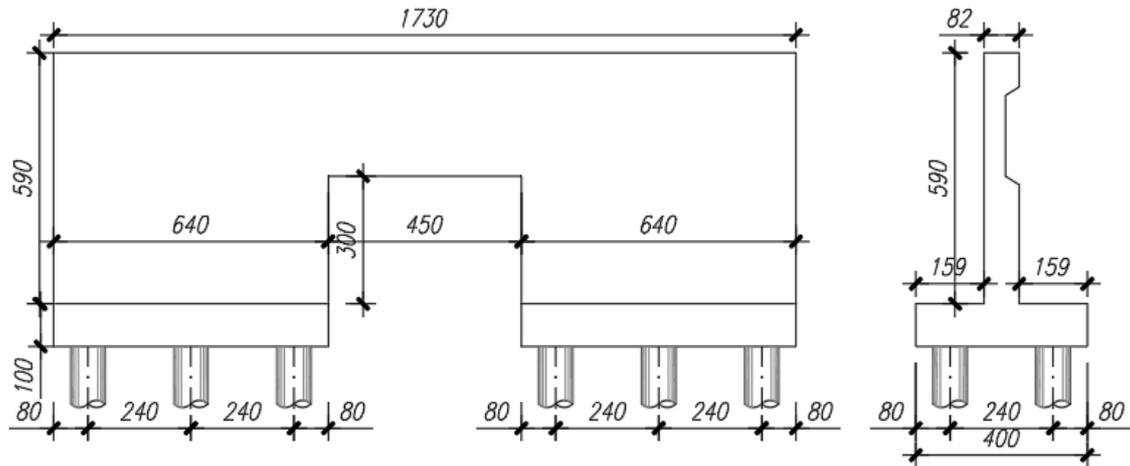


Figura 17 Prospetto e sezione portale di scavalco L=4,50m

10.3.4 Scavalco muri di recinzione L=7.50m

Opera di scavalco di luce L=4,50m con funzione di mitigazione dell’impatto ferroviario, realizzata con portale in c.a. gettato in opera su fondazioni profonde; il paramento ha spessore massimo in testa e in fondazione di 0.82m con massima altezza di spinta di 3,00m. La suola di fondazione ha spessore 1,00m e larghezza 5,00m I pali di fondazione sono disposti su doppia fila, con interasse longitudinale e trasversale di 3,00m, diametro Ø1000 e profondità massima di 20,00m. In testa al muro verrà installata una barriera antirumore di altezza massima H10.

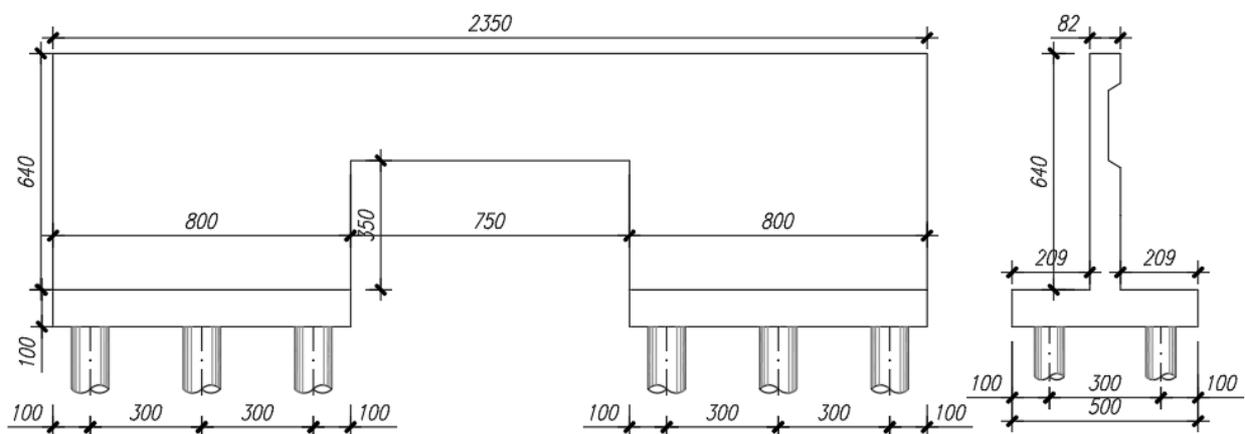


Figura 18 Prospetto e sezione portale di scavalco L=7.50m

11. NUOVE VIABILITÀ

In congruenza con gli input progettuali e nel rispetto delle indicazioni nonché esigenze emerse nel corso degli incontri effettuati con i vari Comuni interessati dal progetto del raddoppio ferroviario, si prevede la soppressione di tutti i passaggi a livello.

Gli interventi sulle viabilità sono stati definiti nel rispetto delle normative cogenti e delle condizioni locali esistenti, ambientali, locali, paesaggistiche ed economiche, garantendo sicurezza e funzionalità.

La progettazione degli interventi di risoluzione delle viabilità è di seguito elencata ed è stata eseguita sulla base dei relativi dati in input:

DENOMINAZIONE VIABILITÀ	PROG. KM	PL SOPPRESSO	CATEGORIA STRADALE	INTERVALLO VELOCITÀ DI PROGETTO	SVILUPPO
NV 22	56+514.126	Via S.Lorenzo	F1 (Strada locale extraurbana)	40÷100 km/h	825.146 m
NV 23	59+573.505	SP 31	F1 (Strada locale extraurbana)	40÷100 km/h	2907.745 m
NV 24	64+080.970	Via Cremona	F (Strada locale urbana)	25÷60 km/h	469.990 m
NV 25	65+363.780	SP 64	F1 (Strada locale extraurbana)	40÷100 km/h	594.874 m
NV 26	68+187.610	SP 67	F1 (Strada locale extraurbana)	40÷100 km/h	635.200 m
NV 27	69+464.000	SP 68	F1 (Strada locale extraurbana)	40÷100 km/h	609.970 m
NV 28	74+767.460	Strada Campo Brondino	F (Strada locale urbana)	25÷60 km/h	713.968 m
NV 29	75+184.500	Strada Laghetto	F1 (Strada locale extraurbana)	40÷100 km/h	1283.438 m
NV 30	78+061.640	Via della Repubblica	F1 (Strada locale extraurbana)	40÷100 km/h	812.767 m
NV 31	79+398.730	SP 55	F1 (Strada locale extraurbana)	40÷100 km/h	643.560 m
NV 32	82+088.500	Via Morante	F1 (Strada locale extraurbana)	40÷100 km/h	981.191 m
NV 33	84+555.530	Via dei Toscani	F1 (Strada locale extraurbana)	40÷100 km/h	1043.685 m
NV 34	87+685.240	Strada Circonvallaz. Sud	F (Strada locale urbana)	25÷60 km/h	577.684 m

11.1 NV22 – CATEGORIA F1 (STRADA LOCALE EXTRAURBANA)

Il progetto di risoluzione della NV22 prevede una sostanziale variazione del tracciato preesistente al fine di sopprimere l'attuale passaggio a livello, risolvendo l'interferenza col corpo ferroviario per mezzo del cavalcaferrovia IV22.

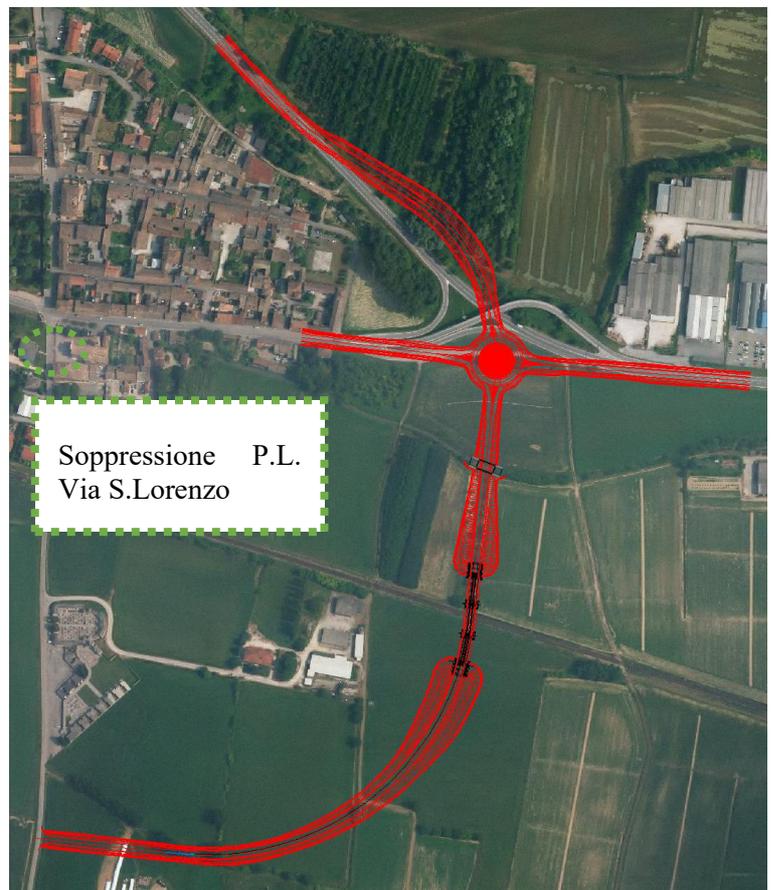
L'asse di progetto, a sud del corpo ferroviario, si innesta sull'esistente con un'intersezione a raso tale da permettere all'utenza locale di servirsi della preesistente viabilità, mantenendo così la fruibilità degli accessi ai poderi compresi tra la NV22 e la ferrovia.

Planimetricamente, l'asse si compone di due rettifili ed una curva, opportunamente raccordata per mezzo di clotoidi, tra essi interclusa di raggio 262,50 m. A nord della ferrovia, ci si riconnette alla viabilità locale di Piadena (Via Matteotti) e alla SP10 per mezzo di un'intersezione a rotatoria, il cui diametro è pari a 50 m. Essa ha quattro bracci d'approccio, di cui la stessa NV22 (ramo sud). I rami est ed ovest ricalcano planimetricamente le viabilità preesistenti, mentre quello nord prevede una variante planimetrica tale da garantire un giusto approccio all'intersezione.

Intorno alla km 0+720,00 l'asse di progetto intercetta un fosso di drenaggio delle acque bianche del comune di Piadena, il quale inoltre rappresenta una delle principali fonti di approvvigionamento per l'irrigazione di poderi circostanti. Al fine di mantenere inalterato il reticolo idraulico, è prevista la costruzione di uno scatolare in CLS armato di dimensioni 8,00x3,70m.

Altimetricamente, l'asse principale rapidamente si distacca da piano campagna per permettere lo scavalco del corpo ferroviario, garantendo un franco di sicurezza dal P.F. pari almeno a 6,90m. I rami est ed ovest, che riconnettono alle viabilità preesistenti, invece, rimangono sostanzialmente a raso, variando la propria altimetria solamente in approccio alla rotatoria. La variante planimetrica rispetto all'esistente del ramo nord implica, invece, altresì un cambiamento altimetrico, con la necessità di alzarsi abbastanza rapidamente dalla quota dell'esistente, facendo sì di approcciarsi alla rotatoria in maniera corretta.

Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque di piattaforma, si prevede di garantire la continuità di cunette, canalette e fossi di guardia esistenti, operandone le adeguate ricuciture a monte e valle del tratto in progetto.



11.2 NV23 – CATEGORIA F1 (STRADA LOCALE EXTRAURBANA)

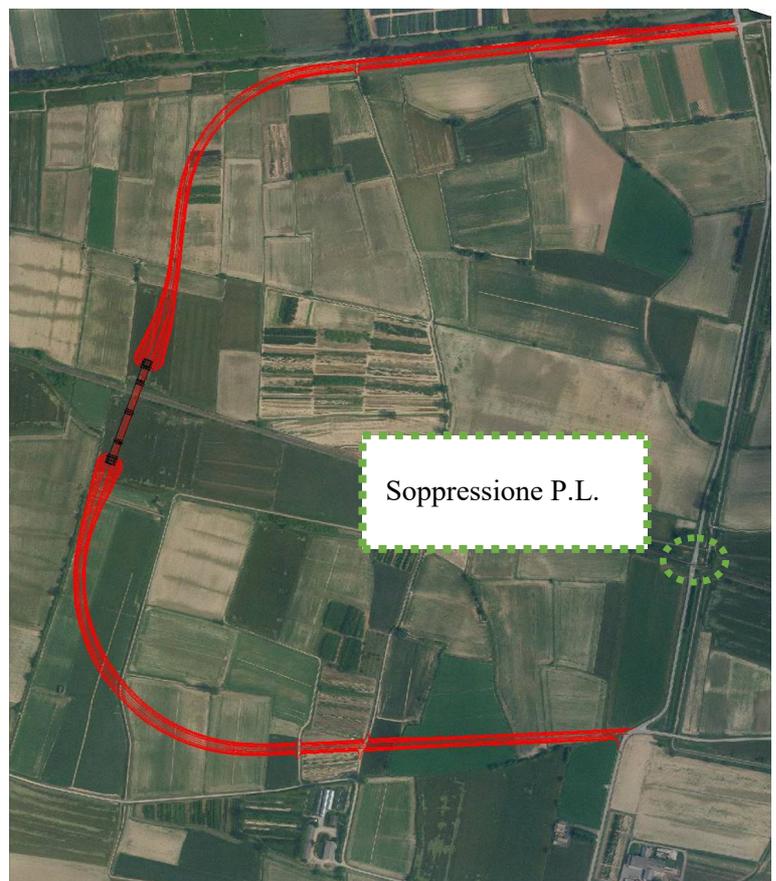
Il progetto di risoluzione della NV23 prevede una sostanziale variazione del tracciato preesistente al fine di sopprimere l'attuale passaggio a livello, risolvendo l'interferenza col corpo ferroviario per mezzo del cavalcaferrovia IV23.

L'asse di progetto, a sud del corpo ferroviario, si innesta sull'esistente con un'intersezione a raso tale da permettere all'utenza locale di servirsi della preesistente viabilità, mantenendo così la fruibilità degli accessi ai poderi compresi tra la NV23 e la ferrovia.

Planimetricamente, l'asse si compone di quattro rettifili e tre curve, opportunamente raccordate per mezzo di clotoidi, tra essi intercluse, di raggio minimo pari a 260,00 m e massimo pari a 600,00 m. A nord della ferrovia, ci si riconnette alla viabilità locale per mezzo di un'intersezione a raso.

Altimetricamente, l'asse principale rapidamente si distacca da piano campagna per permettere lo scavalco del corpo ferroviario, garantendo un franco di sicurezza dal P.F. pari almeno a 6,90m. Inoltre, l'asse di progetto intercetta il sistema di irrigazione dei poderi preesistenti. Per garantire il mantenimento del reticolo idraulico, è stato pensato, intorno alla km 0+900,00, un attraversamento idraulico per mezzo di un tombino circolare di diametro pari a 1,50 m. In quel tratto, il profilo longitudinale della NV23 si alza in maniera tale da garantire almeno 1,00 m di ricoprimento oltre l'estradosso superiore del tombino.

Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque di piattaforma, si prevede di garantire la continuità di cunette, canalette e fossi di guardia esistenti, operandone le adeguate ricuciture a monte e valle del tratto in progetto.



11.3 NV24 – CATEGORIA Fu (STRADA LOCALE URBANA)

Il progetto di risoluzione della NV24 prevede una sostanziale variazione del tracciato preesistente al fine di sopprimere l'attuale passaggio a livello, risolvendo l'interferenza col corpo ferroviario per mezzo del cavalcaferrovia IV24.

L'asse di progetto, a sud del corpo ferroviario, si innesta direttamente sulla viabilità urbana del comune di Bozzolo. La viabilità compresa fra la NV24 e il P:L. soppresso sarà mantenuta fruibile. A tal fine, sarà predisposta una variazione del flusso veicolare, come mostrato nella Figura 2.

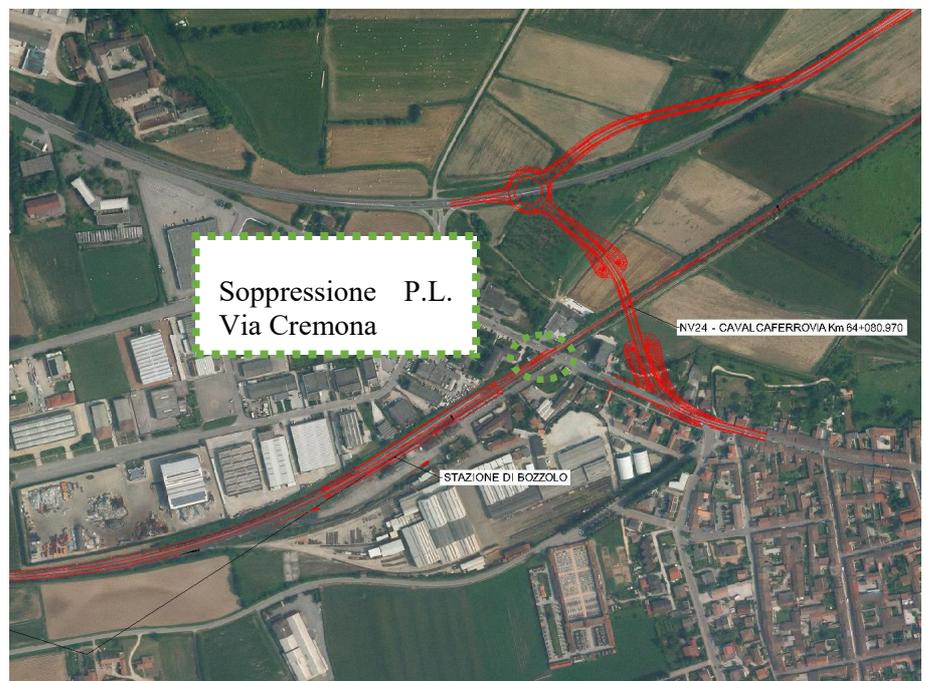
Come si vede, l'utenza stradale proveniente da Via Cremona, per immettersi sulla nuova viabilità, dovrà sfruttare Via del Dosso come direttrice principale. Questo provvedimento garantirà la risoluzione del nodo, conciliando sicurezza e funzionalità.

Essendo in zona urbana, la riduzione degli ingombri e l'assenza di demolizioni hanno rappresentato un vincolo di progetto importante: a tal fine, in prossimità del cavalcavia, tra la km 0+325,00 e 0+355,00 circa, è stato ridotto l'ingombro del corpo stradale in sinistra tramite l'adozione di un muro di sostegno. In tal modo, è stata evitata qualsiasi tipo d'interferenza con i caseggiati esistenti, mantenendo allo stesso tempo fruibile il loro accesso.

Planimetricamente, l'asse si compone di tre rettifili e due curve, opportunamente raccordate per mezzo di clotoidi, tra essi intercluse, di raggio minimo pari a 92,00 m e massimo pari a 136,00 m. A nord della ferrovia, ci si riconnette alla viabilità locale di Bozzolo (Via Cremona) e alla SP10 per mezzo di un'intersezione a rotatoria, il cui diametro è pari a 50 m. Essa ha quattro bracci d'approccio, di cui la stessa NV24 (ramo sud). I rami est, ovest e sud-ovest riconnettono alle viabilità preesistenti.

Altimetricamente, l'asse principale rapidamente si distacca da piano campagna per permettere lo scavalco del corpo ferroviario, garantendo un franco di sicurezza dal P.F. pari almeno a 6,90m. I rami est, ovest, e sud-ovest, invece, rimangono sostanzialmente a raso, variando la propria altimetria solamente in approccio alla rotatoria.

Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque di piattaforma, si prevede di garantire la continuità di cunette, canalette e fossi di guardia esistenti, operandone le adeguate ricuciture a monte e valle del tratto in progetto.



11.4 NV25 – CATEGORIA F1 (STRADA LOCALE EXTRAURBANA)

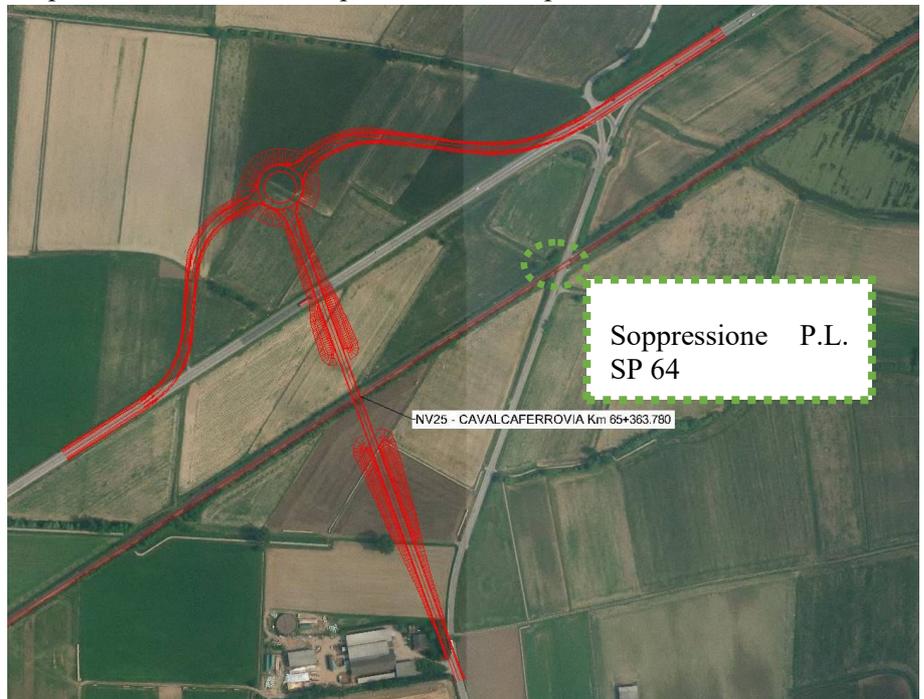
Il progetto di risoluzione della NV25 prevede una sostanziale variazione del tracciato preesistente al fine di sopprimere l'attuale passaggio a livello, risolvendo l'interferenza col corpo ferroviario per mezzo del cavalcaferrovia IV25.

L'asse di progetto, a sud del corpo ferroviario, diparte dall'esistente proseguendo il rettilineo esistente e sopprimendo l'attuale curva che porta al passaggio a livello.

Planimetricamente, l'asse si compone di un solo rettilineo. A nord della ferrovia, ci si riconnette alla SP10 per mezzo di un'intersezione a rotatoria, il cui diametro è pari a 50 m. Essa ha tre bracci d'approccio, di cui la stessa NV25 (ramo sud). I rami est ed ovest ricalcano planimetricamente le in parte la viabilità preesistenti e soltanto nel tratto finale divergono per ottenere un ottimale approccio alla rotatoria.

Altimetricamente, l'asse principale rapidamente si distacca da piano campagna per permettere lo scavalco del corpo ferroviario, garantendo un franco di sicurezza dal P.F. pari almeno a 6,90m. I rami est ed ovest, che riconnettono alle viabilità preesistenti, invece, rimangono sostanzialmente a raso, variando la propria altimetria solamente in approccio alla rotatoria.

Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque di piattaforma, si prevede di garantire la continuità di cunette, canalette e fossi di guardia esistenti, operandone le adeguate ricuciture a monte e valle del tratto in progetto.



11.5 NV26 – CATEGORIA F1 (STRADA LOCALE EXTRAURBANA)

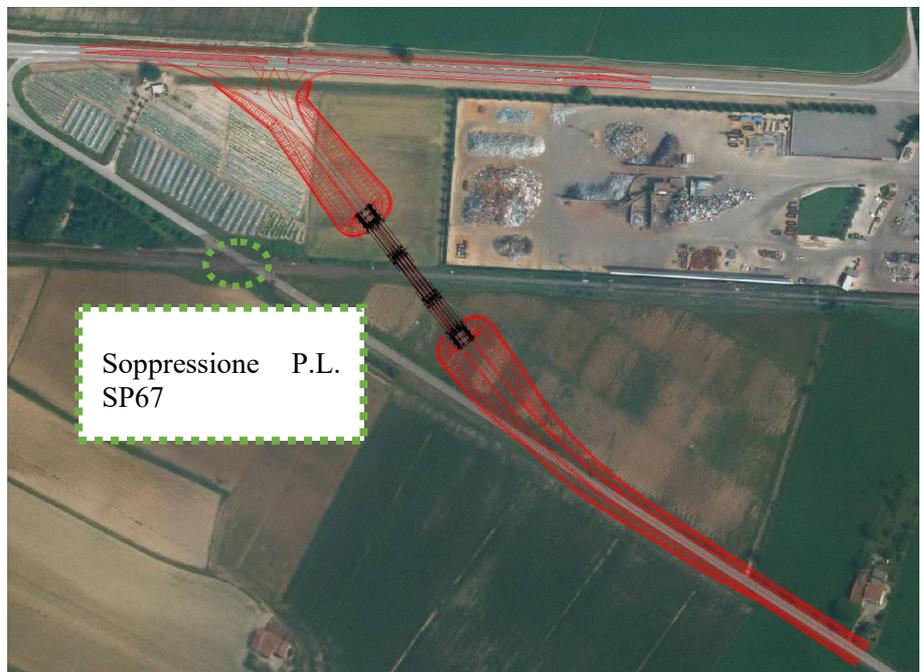
Il progetto di risoluzione della NV26 prevede una sostanziale variazione del tracciato preesistente al fine di sopprimere l'attuale passaggio a livello, risolvendo l'interferenza col corpo ferroviario per mezzo del cavalcaferrovia IV26.

L'asse di progetto, a sud del corpo ferroviario, si innesta sull'esistente con un'intersezione a raso tale da permettere all'utenza locale di servirsi della preesistente viabilità, mantenendo così la fruibilità degli accessi ai poderi compresi tra la NV26 e la ferrovia.

Planimetricamente, l'asse si compone di due rettifili ed una curva, opportunamente raccordata per mezzo di clotoidi, tra essi interclusa, di raggio pari a 400,00 m. A nord della ferrovia, ci si riconnette alla SP10 per mezzo di un'intersezione a raso canalizzata, che dunque prevederà la predisposizione di una corsia di accumulo per la svolta a sinistra sulla viabilità preesistente.

Altimetricamente, l'asse principale rapidamente si distacca da piano campagna per permettere lo scavalco del corpo ferroviario, garantendo un franco di sicurezza dal P.F. pari almeno a 6,90m.

Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque di piattaforma, si prevede di garantire la continuità di cunette, canalette e fossi di guardia esistenti, operandone le adeguate ricuciture a monte e valle del tratto in progetto.



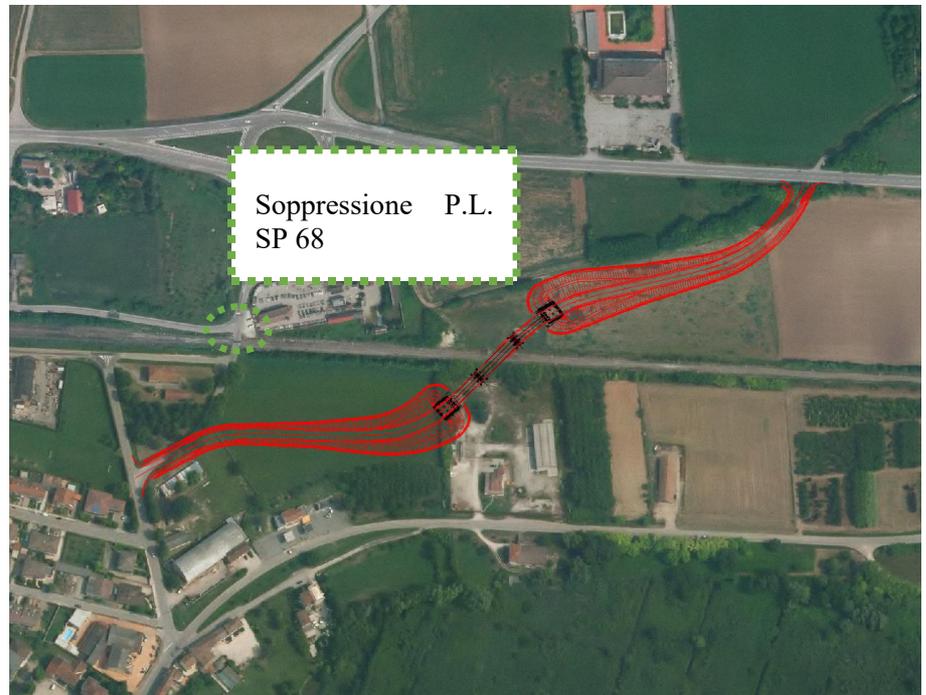
11.6 NV27 – CATEGORIA F1 (STRADA LOCALE EXTRAURBANA)

Il progetto di risoluzione della NV27 prevede una sostanziale variazione del tracciato preesistente al fine di sopprimere l'attuale passaggio a livello, risolvendo l'interferenza col corpo ferroviario per mezzo del cavalcaferrovia IV27.

L'asse di progetto, a sud del corpo ferroviario, si innesta sull'esistente con un'intersezione a raso tale da permettere all'utenza locale di servirsi della preesistente viabilità, mantenendo così la fruibilità degli accessi ai poderi compresi tra la NV27 e la ferrovia.

Planimetricamente, l'asse si compone di quattro rettifili ed altrettante curve, opportunamente raccordate per mezzo di clotoidi, di raggio compreso fra il valore minimo di 80,00 m ed il massimo di 105,00 m. A nord della ferrovia, ci si riconnette alla SP10 per mezzo di un'intersezione a raso.

Altimetricamente, l'asse principale rapidamente si distacca da piano campagna per permettere lo scavalco del corpo ferroviario, garantendo un franco di sicurezza dal P.F. pari almeno a 6,90m. I rami est ed ovest, che riconnettono alle viabilità preesistenti, invece, rimangono sostanzialmente a raso, variando la propria altimetria solamente in approccio alla rotatoria. La variante planimetrica rispetto all'esistente del ramo nord implica, invece, altresì un cambiamento altimetrico, con la necessità di alzarsi abbastanza rapidamente dalla quota dell'esistente, facendo sì di approcciarsi alla rotatoria in maniera corretta.

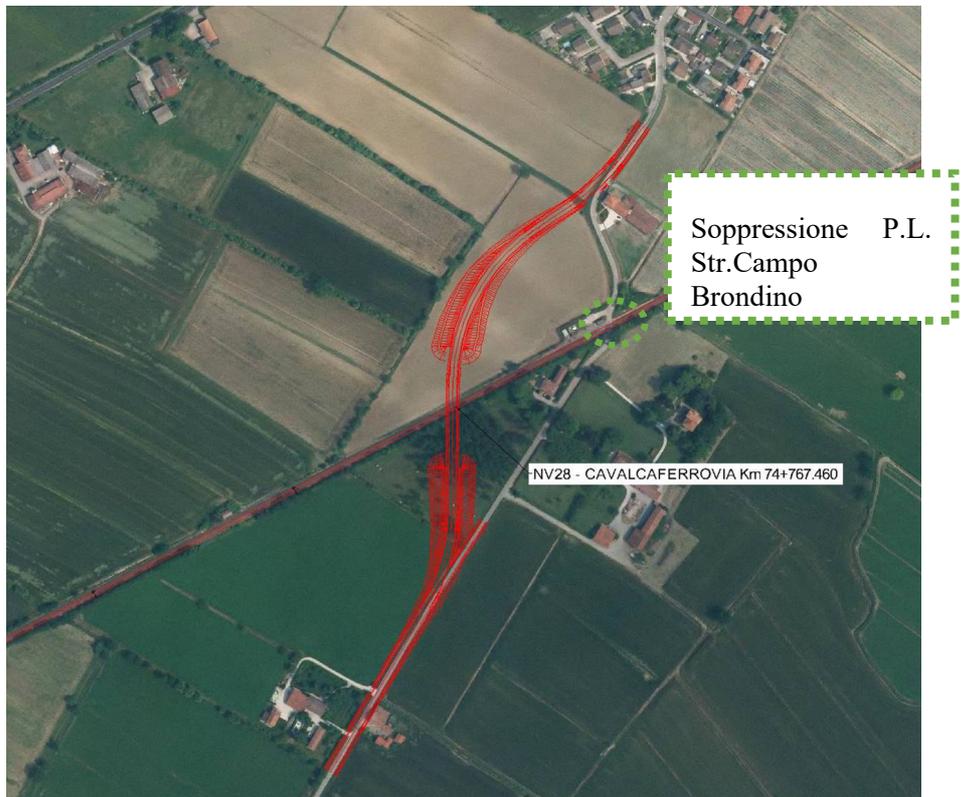


11.7 NV28 – CATEGORIA Fu (STRADA LOCALE URBANA)

Il progetto di risoluzione della NV28 prevede una sostanziale variazione del tracciato preesistente al fine di sopprimere l'attuale passaggio a livello, risolvendo l'interferenza col corpo ferroviario per mezzo del cavalcaferrovia IV28.

L'asse di progetto, a sud del corpo ferroviario, si innesta direttamente sulla viabilità esistente, permettendo così all'utenza locale la fruibilità degli accessi ai poderi compresi tra la NV28 e la ferrovia.

Planimetricamente, l'asse si compone di quattro rettili e tre curve, opportunamente raccordate per mezzo di clotoidi, tra essi intercluse, di raggio minimo pari a 172,00 m e massimo pari a 187,00 m. A nord della ferrovia, ci si riconnette in asse alla viabilità



locale di Ospitaletto (Via G.Mazzini).

Altimetricamente, l'asse principale rapidamente si distacca da piano campagna per permettere lo scavalco del corpo ferroviario, garantendo un franco di sicurezza dal P.F. pari almeno a 6,90m.

Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque di piattaforma, si prevede di garantire la continuità di cunette, canalette e fossi di guardia esistenti, operandone le adeguate ricuciture a monte e valle del tratto in progetto.

11.8 NV29 – CATEGORIA F1 (STRADA LOCALE EXTRAURBANA)

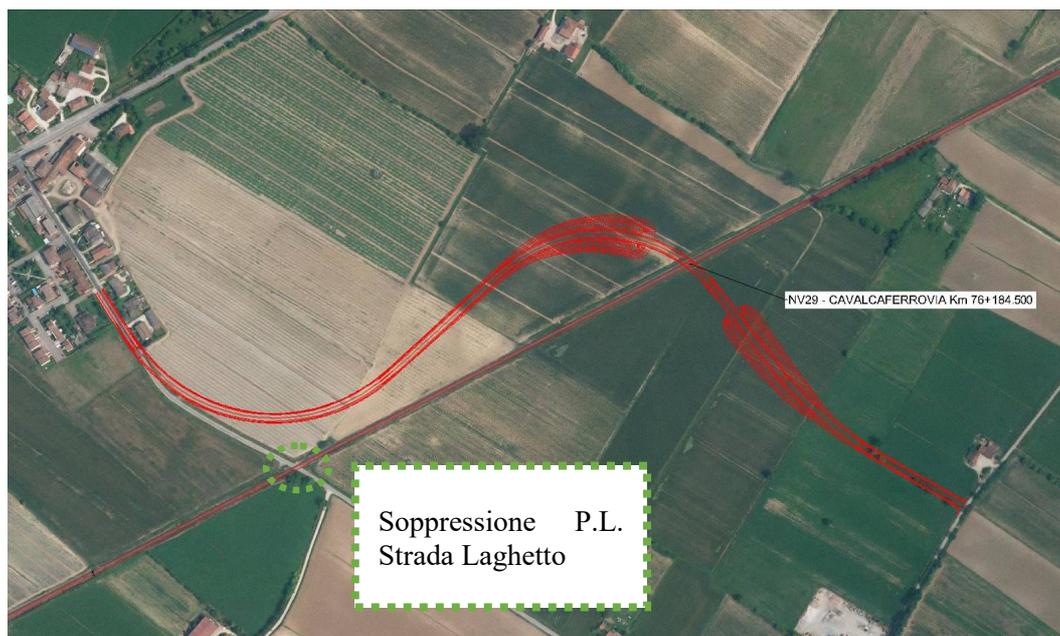
Il progetto di risoluzione della NV29 prevede una sostanziale variazione del tracciato preesistente al fine di sopprimere l'attuale passaggio a livello, risolvendo l'interferenza col corpo ferroviario per mezzo del cavalcaferrovia IV29.

L'asse di progetto, a sud del corpo ferroviario, si innesta sull'esistente con un'intersezione a raso tale da permettere all'utenza locale di servirsi della preesistente viabilità, mantenendo così la fruibilità degli accessi ai poderi compresi tra la NV29 e la ferrovia.

Planimetricamente, l'asse si compone di quattro rettili e tre curve, opportunamente raccordate per mezzo di clotoidi, tra essi intercluse, di raggio minimo pari a 170,00 m e massimo pari a 400,00 m. A nord della ferrovia, ci si riconnette direttamente alla viabilità locale di Ospitaletto (Strada Laghetto).

Altimetricamente, l'asse principale rapidamente si distacca da piano campagna per permettere lo scavalco del corpo ferroviario, garantendo un franco di sicurezza dal P.F. pari almeno a 6,90m.

Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque di piattaforma, si prevede di garantire la continuità di cunette, canalette e fossi di guardia esistenti, operandone le adeguate ricuciture a monte e valle del tratto in progetto.



11.9 NV30 – CATEGORIA F1 (STRADA LOCALE EXTRAURBANA)

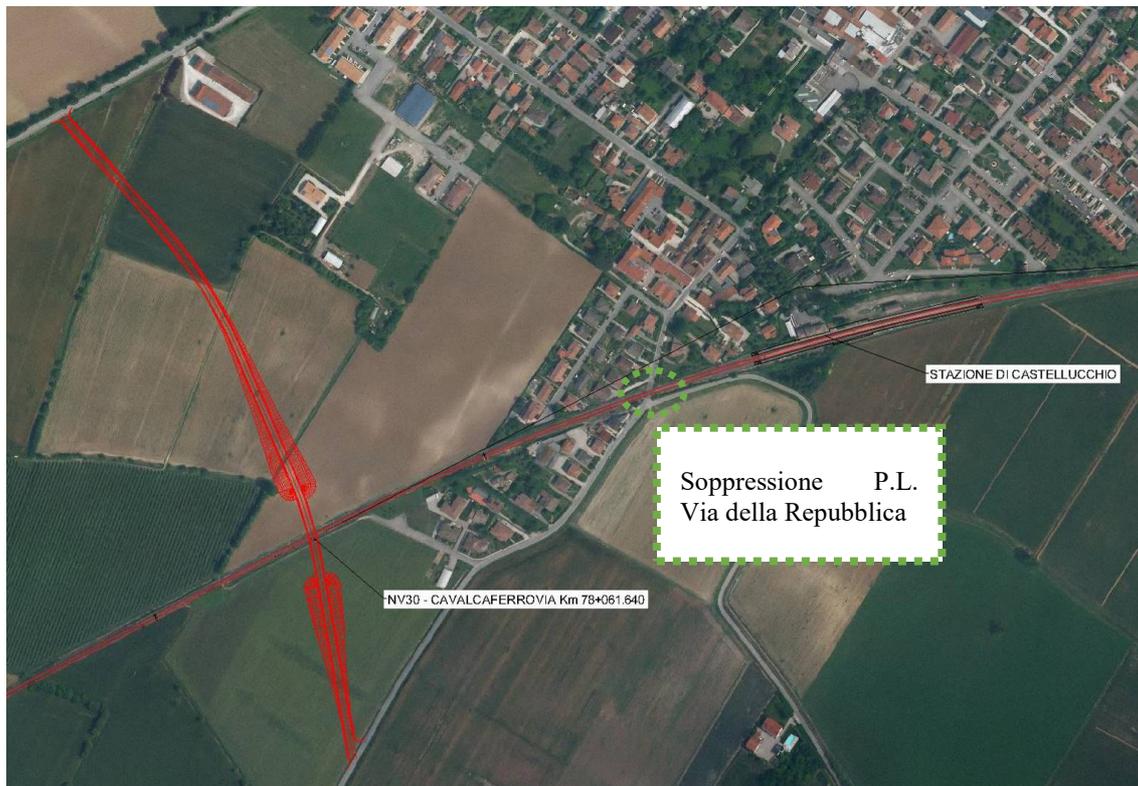
Il progetto di risoluzione della NV30 prevede una sostanziale variazione del tracciato preesistente al fine di sopprimere l'attuale passaggio a livello, risolvendo l'interferenza col corpo ferroviario per mezzo del cavalcaferrovia IV30.

L'asse di progetto, a sud del corpo ferroviario, si innesta sull'esistente con un'intersezione a raso tale da permettere all'utenza locale di servirsi della preesistente viabilità, mantenendo così la fruibilità degli accessi ai poderi compresi tra la NV30 e la ferrovia.

Planimetricamente, l'asse si compone di tre rettifili e due curve, opportunamente raccordate per mezzo di clotoidi, tra essi intercluse, di raggio minimo pari a 370,00 m e massimo pari a 500,00 m. A nord della ferrovia, ci si riconnette alla SP10 per mezzo di un'intersezione a T.

Altimetricamente, l'asse principale rapidamente si distacca da piano campagna per permettere lo scavalco del corpo ferroviario, garantendo un franco di sicurezza dal P.F. pari almeno a 6,90m.

Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque di piattaforma, si prevede di garantire la continuità di cunette, canalette e fossi di guardia esistenti, operandone le adeguate ricuciture a monte e valle del tratto in progetto.



11.10 NV31 – CATEGORIA F1 (STRADA LOCALE EXTRAURBANA)

Il progetto di risoluzione della NV31 prevede una sostanziale variazione del tracciato preesistente al fine di sopprimere l'attuale passaggio a livello, risolvendo l'interferenza col corpo ferroviario per mezzo del cavalcaferrovia IV31.

L'asse di progetto, a sud del corpo ferroviario, si innesta sull'esistente con un'intersezione a raso tale da permettere all'utenza locale di servirsi della preesistente viabilità, mantenendo così la fruibilità degli accessi ai poderi compresi tra la NV31 e la ferrovia.

Planimetricamente, l'asse si compone di tre rettifili e due curve, opportunamente raccordata per mezzo di clotoidi, tra essi intercluse, di raggio minimo pari a 130,00 m e massimo pari a 255,00 m. A nord della ferrovia, ci si riconnette alla viabilità locale di Castellucchio (Via G.Falcone) e alla SP55 per mezzo di un'intersezione a rotonda, il cui diametro è pari a 50 m. Essa ha quattro bracci d'approccio, di cui la stessa NV31 (ramo sud). I rami est ed ovest ricalcano planimetricamente le viabilità preesistenti, mentre quello nord prevede una variante planimetrica tale da garantire un giusto approccio all'intersezione.

Altimetricamente, l'asse principale rapidamente si distacca da piano campagna per permettere lo scavalco del corpo ferroviario, garantendo un franco di sicurezza dal P.F. pari almeno a 6,90 m. I rami nord, est ed ovest rimangono sostanzialmente a raso, variando la propria altimetria solamente in approccio alla rotonda.

Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque di piattaforma, si prevede di garantire la continuità di cunette, canalette e fossi di guardia esistenti, operandone le adeguate ricuciture a monte e valle del tratto in progetto.



11.11 NV32 – CATEGORIA F1 (STRADA LOCALE EXTRAURBANA)

Il progetto di risoluzione della NV32 prevede una sostanziale variazione del tracciato preesistente al fine di sopprimere l'attuale passaggio a livello, risolvendo l'interferenza col corpo ferroviario per mezzo del cavalcaferrovia IV32.

L'asse di progetto, a sud del corpo ferroviario, si innesta sull'esistente con un'intersezione a raso tale da permettere all'utenza locale di servirsi della preesistente viabilità, mantenendo così la fruibilità degli accessi ai poderi compresi tra la NV32 e la ferrovia.

Planimetricamente, l'asse si compone di tre rettifili e due curve, opportunamente raccordate per mezzo di clotoidi, tra essi intercluse, di raggio minimo pari a 150,00 m e massimo pari a 450,00 m. A nord della ferrovia, ci si riconnette alla viabilità locale di Grazie (SP1) e alla SP10 per mezzo di un'intersezione a rotatoria, il cui diametro è pari a 50 m. Essa ha quattro bracci d'approccio, di cui la stessa NV32 (ramo sud). I rami est ed ovest ricalcano planimetricamente la SP10, mentre quello nord si innesta direttamente sulla viabilità provinciale di Grazie (SP1).

Altimetricamente, l'asse principale rapidamente si distacca da piano campagna per permettere lo scavalco del corpo ferroviario, garantendo un franco di sicurezza dal P.F. pari almeno a 6,90m. I rami nord, est ed ovest rimangono sostanzialmente a raso, variando la propria altimetria solamente in approccio alla rotatoria.

Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque di piattaforma, si prevede di garantire la continuità di cunette, canalette e fossi di guardia esistenti, operandone le adeguate ricuciture a monte e valle del tratto in progetto.



11.12 NV33 – CATEGORIA F1 (STRADA LOCALE EXTRAURBANA)

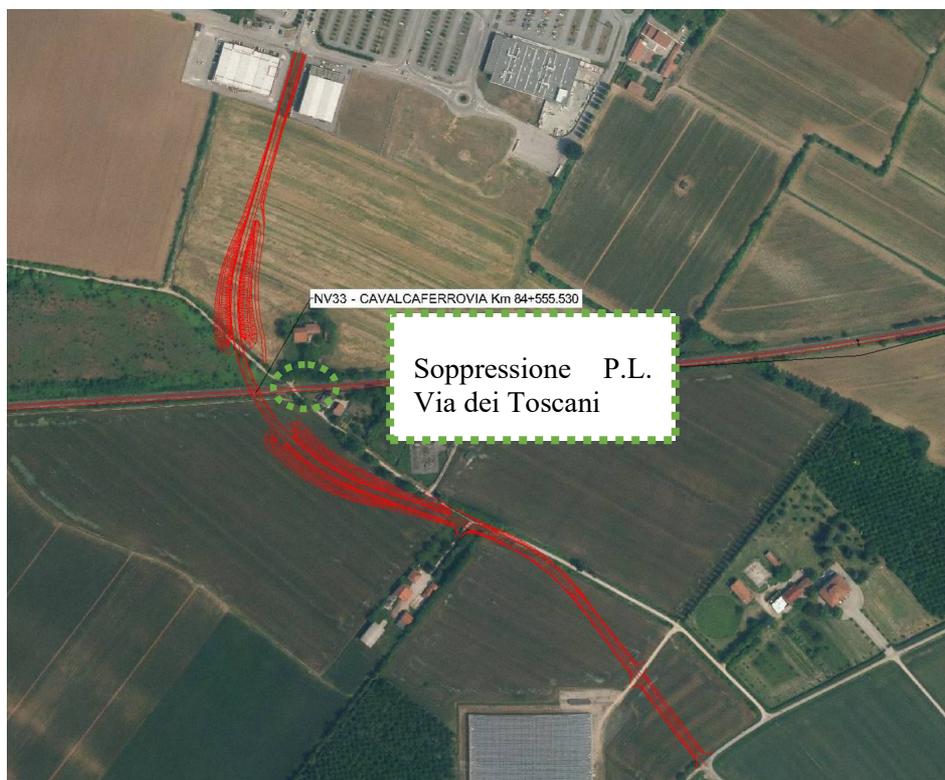
Il progetto di risoluzione della NV33 prevede una sostanziale variazione del tracciato preesistente al fine di sopprimere l'attuale passaggio a livello, risolvendo l'interferenza col corpo ferroviario per mezzo del cavalcaferrovia IV33.

L'asse di progetto, a sud del corpo ferroviario, si innesta sull'esistente con un'intersezione a raso tale da permettere all'utenza locale di servirsi della preesistente viabilità, mantenendo così la fruibilità degli accessi ai poderi compresi tra la NV33 e la ferrovia. Inoltre, sono garantiti tutti gli accessi alle viabilità poderali laterali all'asse principale.

Planimetricamente, l'asse si compone di tre rettifili e due curve, opportunamente raccordata per mezzo di clotoidi, tra essi intercluse, di raggio minimo pari a 210,00 m e raggio massimo pari a 220,00 m. A nord della ferrovia, si riconnette direttamente alla viabilità locale di Curtatone (Via dei Napoletani).

Altimetricamente, l'asse principale rapidamente si distacca da piano campagna per permettere lo scavalco del corpo ferroviario, garantendo un franco di sicurezza dal P.F. pari almeno a 6,90m.

Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque di piattaforma, si prevede di garantire la continuità di cunette, canalette e fossi di guardia esistenti, operandone le adeguate ricuciture a monte e valle del tratto in progetto



11.13 NV34 – CATEGORIA Fu (STRADA LOCALE URBANA)

Il progetto di risoluzione della NV34 prevede una sostanziale variazione del tracciato preesistente al fine di risolvere l'interferenza col corpo ferroviario per mezzo del cavalcaferrovia IV34.

L'asse di progetto, a sud del corpo ferroviario, si innesta su un'intersezione a rotatoria esistente, in un'area fortemente urbanizzata (periferia di Mantova, incrocio strada Dosso del Corso e Viale Italia), costeggiando edifici ad uso commerciale.

Planimetricamente, l'asse si compone di tre rettifili e due curve, opportunamente raccordata per mezzo di clotoidi, tra essi intercluse, di raggio minimo pari a 150,00 m e massimo pari a 250,00 m. Anche a nord della ferrovia, ci si riconnette alla viabilità locale di Mantova (Via Cremona), intestandosi su un'intersezione a rotatoria esistente. Anche in questo caso, l'area interessata è fortemente urbanizzata e la nuova viabilità costeggia il cimitero comunale. In questo tratto, difatti, il corpo stradale presenta un muro di sostegno, al fine di evitare la possibile interferenza tra il muro di recinzione del cimitero e il corpo del rilevato.

Altimetricamente, l'asse principale rapidamente si distacca da piano campagna per permettere lo scavalco del corpo ferroviario, garantendo un franco di sicurezza dal P.F. pari almeno a 6,90m.

Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque di piattaforma, si prevede di garantire la continuità di cunette, canalette e fossi di guardia esistenti, operandone le adeguate ricuciture a monte e valle del tratto in progetto.



11.14 SEZIONI TIPO

11.14.1 Categoria F1 (Strada Locale Extraurbana)

Per quanto riguarda le strade locali extraurbane, che ricadono pertanto nella categoria F1 definita dal “D.M. 05/11/2001 - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, la sezione tipo è ad unica carreggiata, composta da:

- due corsie, una per senso di marcia, di larghezza 3,50 m;
- banchina laterale di larghezza 1,00 m.

In rilevato gli elementi marginali sono costituiti da arginelli erbosi, di larghezza minima pari a 1,50 m. ove alloggiavano le barriere di sicurezza, delimitati a bordo piattaforma da un cordolo in conglomerato bituminoso. La conformazione delle scarpate, rivestite con terra vegetale, di norma ha una pendenza strutturale massima del 2/3 con banca di 2,00 m per altezze del rilevato superiori a 5.00 m.

In trincea l'elemento marginale è costituito da una cunetta triangolare; la scarpata avrà pendenza congruente con le condizioni di stabilità degli scavi, usualmente 1/2. La trincea è protetta al ciglio di un fosso di guardia. Per maggiori dettagli si consultino gli elaborati specifici.

11.14.2 Categoria Fu (Strada Locale Urbana)

Per quanto riguarda le strade locali urbane, che ricadono pertanto nella categoria Fu definita dal “D.M. 05/11/2001 - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, la sezione tipo è ad unica carreggiata, composta da:

- due corsie, una per senso di marcia, di larghezza 3,50 m;
- banchina laterale di larghezza 1,00 m;
- marciapiede di larghezza 1,50 m.

I percorsi pedonali sono protetti dalla carreggiata stradale per mezzo di guard-rail in conglomerato cementizio prefabbricato (tipo New Jersey). In rilevato gli elementi marginali sono costituiti da arginelli erbosi, di larghezza minima pari a 1,65 m. ove alloggiavano le barriere di sicurezza. La conformazione delle scarpate, rivestite con terra vegetale, di norma ha una pendenza strutturale massima del 2/3 con banca di 2,00 m per altezze del rilevato superiori a 5.00 m.

In trincea l'elemento marginale è costituito da una canaletta rettangolare prefabbricata; la scarpata avrà pendenza congruente con le condizioni di stabilità degli scavi, usualmente 1/2. La trincea è protetta al ciglio di un fosso di

11.15 PAVIMENTAZIONE STRADALE

Il pacchetto di pavimentazione stradale adottato per tutte le viabilità, visto l'ambito e l'uso che la caratterizza ed in base alle caratteristiche del terreno, è composta dai seguenti strati:

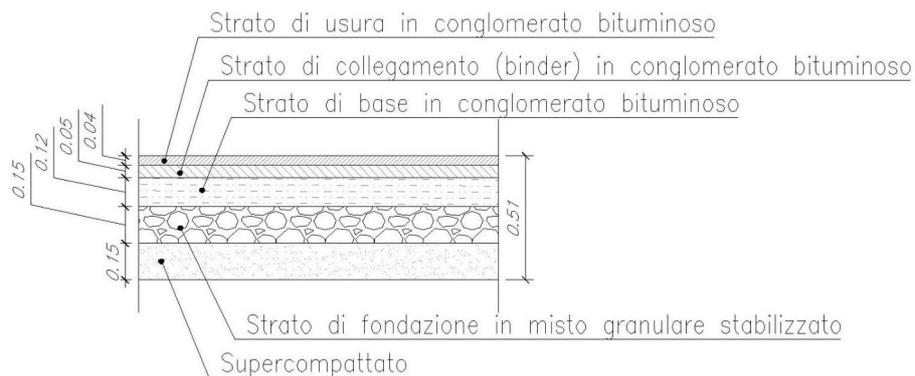
Strato	Spessore [cm]
Usura	4
Collegamento (binder)	5
Base	12
Fondazione	15
Supercompattato	15

per uno spessore complessivo di 51 cm.

Per il calcolo della pavimentazione flessibile, si è preso in considerazione il modello dettato dal catalogo delle pavimentazioni stradali. Sono stati presi in considerazione i seguenti dati di input:

1. Modulo resiliente del sottofondo: 90N/mm²;
2. Numero di passaggi di veicoli commerciali: 1 500 000;
3. Strade Extraurbane Secondarie – Ordinarie.

Tale spessore è stato incrementato di 15cm inserendo un ulteriore strato di Super-compattato rispettando così quanto imposto dal capitolato 2019 -parte II Sez.5. *“La superficie costituente il piano di posa della sovrastruttura stradale, sia in trincea che in rilevato, sarà realizzata mediante formazione di uno strato di terra fortemente compattato di spessore non inferiore a 30cm (spessore finito)”*.



12. OPERE D'ARTE

12.1 Ponti e viadotti ferroviari di progetto

I viadotti previsti in progetto sono sintetizzati nella seguente tabella

WBS	Descrizione	Inizio pk	Fine pk	L _{TOT}	Comune
VI01	Viadotto Canale Dugale	57+907.73	57+975.98	68.25	Piadena
VI02	Viadotto Oglio	67+161.36	67+407.84	246.48	Bozzolo/Marcaria
VI03	Ponte a doppia vasca	71+360.10	71+374.60	14.50	Marcaria
VI04	Ponte a travi incorporate	83+865.43	83+884.43	19.00	Curtatone

Per le descrizioni di dettaglio dei viadotti VI 01 e VI02 si rimanda ai documenti specifici di progetto, in particolare "VI01_Ponte sul Canale Dugale Tagliata e VI02_Viadotto sul Fiume Oglio - Relazione Tecnico-Descrittiva delle Opere Civili" - NM2503D09RGVI00000001.

Di seguito la descrizione degli altri viadotti previsti.

12.1.1 VI 03 (ex IN24) - Viadotto a cassone porta ballast L=14.50m

Il ponte VI03, ubicato dal km 71+360.10 al km 71+374.60, è costituito da un'unica campata di luce agli appoggi pari a 14.50m.

L'impalcato è del tipo a cassone in acciaio con rivestimento interno in c.a. ed appartiene alla categoria degli impalcato a cassone a via inferiore con armamento su ballast. Tale tipologia consente il contenimento dell'altezza dell'impalcato, la manutenzione agevole del binario, la riduzione del livello di rumorosità e di vibrazione, la realizzazione in continuità del ballast in corrispondenza delle spalle.

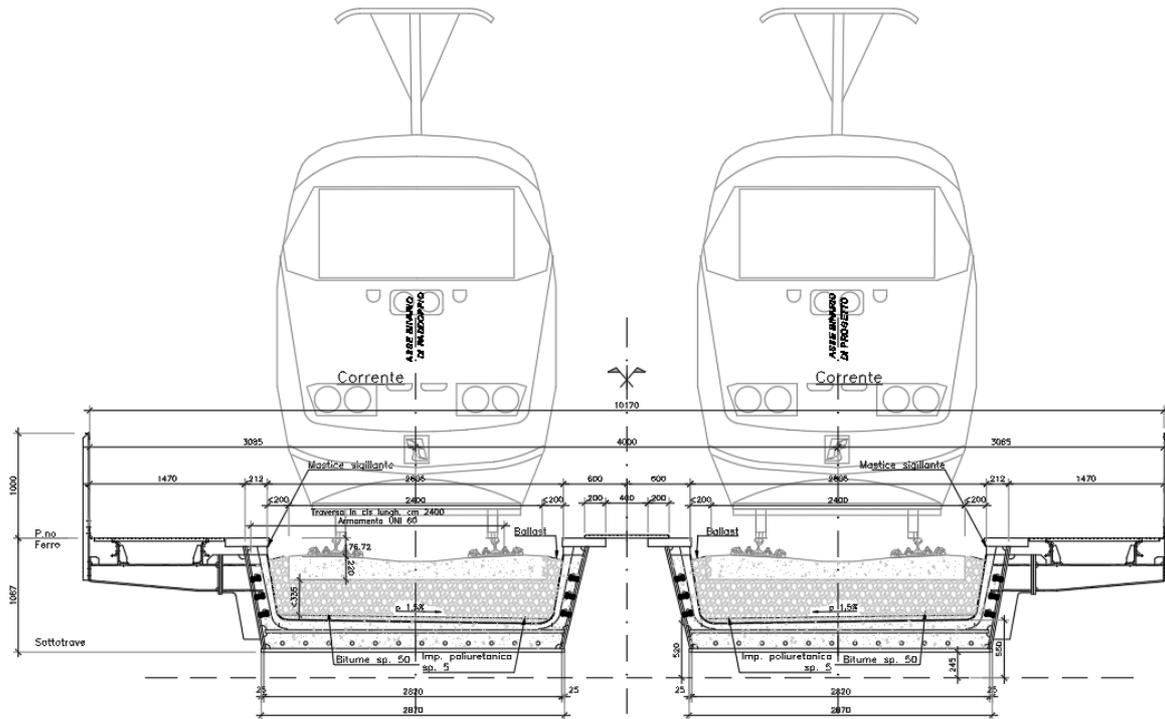


Figura 19 - Sezione trasversale dell'impalcato

Il vincolo dell'impalcato con le sottostrutture è realizzato, per ciascuna vasca, mediante il seguente schema:

- su un lato sono previsti due appoggi fissi con centraggio variabile;
- sul lato opposto sono previsti un appoggio unidirezionale, con possibilità di scorrimento in senso longitudinale, e un appoggio multidirezionale.

Le sottostrutture sono di tipo tradizionale:

- Spalla A - fissa, poggia su 9 pali di diametro \varnothing 1500;
- Spalla B - mobile, poggia su 9 pali di diametro \varnothing 1500;

La spalla A è caratterizzata da un'altezza massima pari a 8.00m dallo spiccatto di fondazione. Il muro frontale è alto 6.65m, spesso 1.60m e presenta una larghezza di 8.85m. Il muro paraghiaia ha uno spessore di 0.40m ed un'altezza massima di 1.35m.

La fondazione di tipo indiretto è costituita da un plinto su pali. La platea ha uno spessore 2.00m e presenta dimensioni in pianta 12.00x12.00 rispettivamente in direzione trasversale e longitudinale. La palificata si compone di 9 pali \varnothing 1500 di lunghezza 39m.

I due muri andatori hanno uno spessore di 1.20m ed un'altezza pari 8.70m.

La spalla B presenta le medesime caratteristiche geometriche della spalla A

12.1.2 VI04 (ex IN4) - Viadotto a travi incorporate L=19.00m

Il ponte VI04, ubicato dal km 83+865.43 al km 83+884.43, è costituito da un'unica campata di luce agli appoggi pari a 19.00m

L'impalcato oggetto del presente documento prevede 20 travi in acciaio tipo HEB1000 (classe 1), disposte secondo un interasse di 46.2cm, inglobate per tutto lo spessore in un getto di calcestruzzo con un ricoprimento minimo del lembo superiore di 12cm. La solidarizzazione trasversale delle travi è garantita inoltre dalla presenza di tiranti in acciaio superiori e inferiori passanti attraverso l'anima dei profili.

La larghezza complessiva dell'impalcato, interessato dal passaggio di due binari posti ad interasse di 4.00m, è pari a 12.40m.

La velocità di progetto della linea è inferiore a 250km/h, pertanto non si prevede una precompressione trasversale a mezzo di barre.

L'asse dei binari non prevede un'inclinazione rispetto all'asse ortogonale a quello degli appoggi.

Il vincolo dell'impalcato con le sottostrutture è realizzato mediante l'impiego di appoggi del tipo a disco elastomerico confinato.

Nelle Figure riportate di seguito si forniscono le immagini della carpenteria dell'impalcato in esame, nonché dello schema di vincolo adottato. Si rimanda agli elaborati grafici per l'ottenimento di dettagli ulteriori.

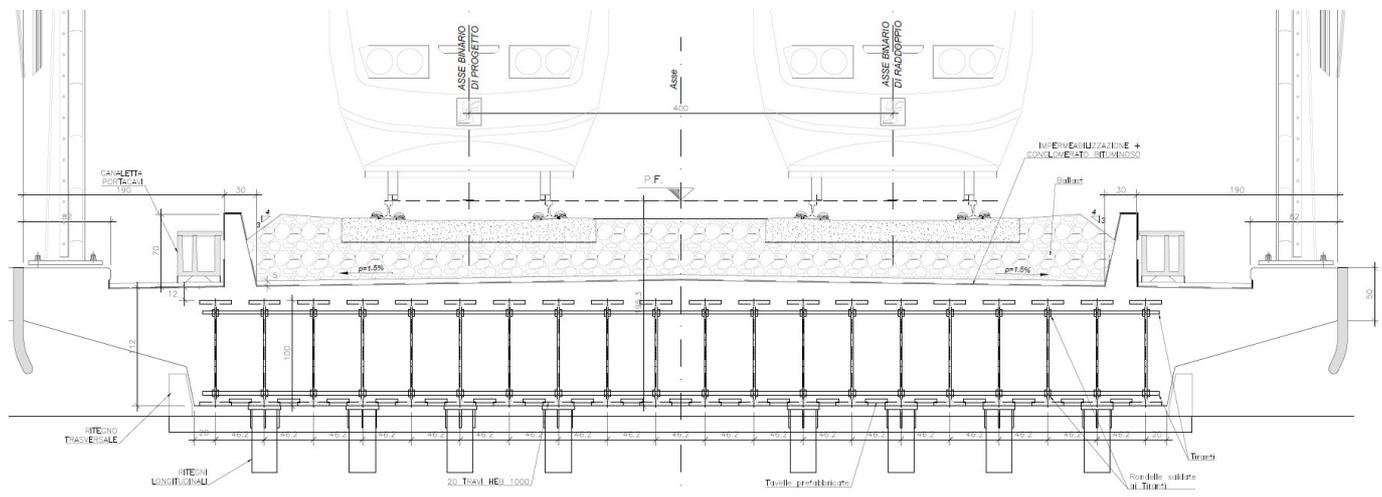


Figura 20 - Sezione trasversale dell'impalcato

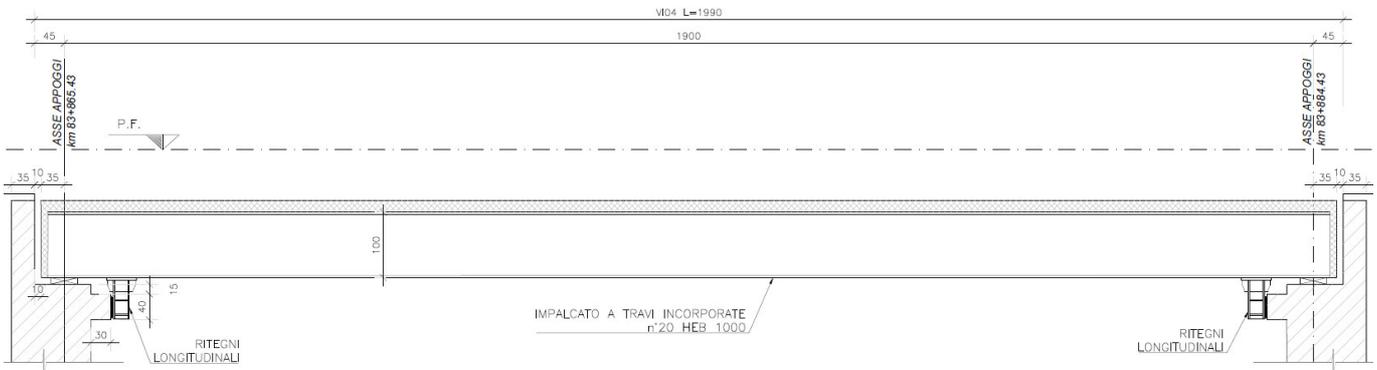


Figura 21: Sezione longitudinale dell'impalcato

Il vincolo dell'impalcato con le sottostrutture è realizzato mediante il seguente schema:

- su un lato sono previsti n.16 appoggi fissi a rigidità variabile e n.4 di tipo multidirezionale;
- sul lato opposto sono previsti n.16 appoggi unidirezionali, con possibilità di scorrimento in senso longitudinale, e n.4 appoggi multidirezionali.

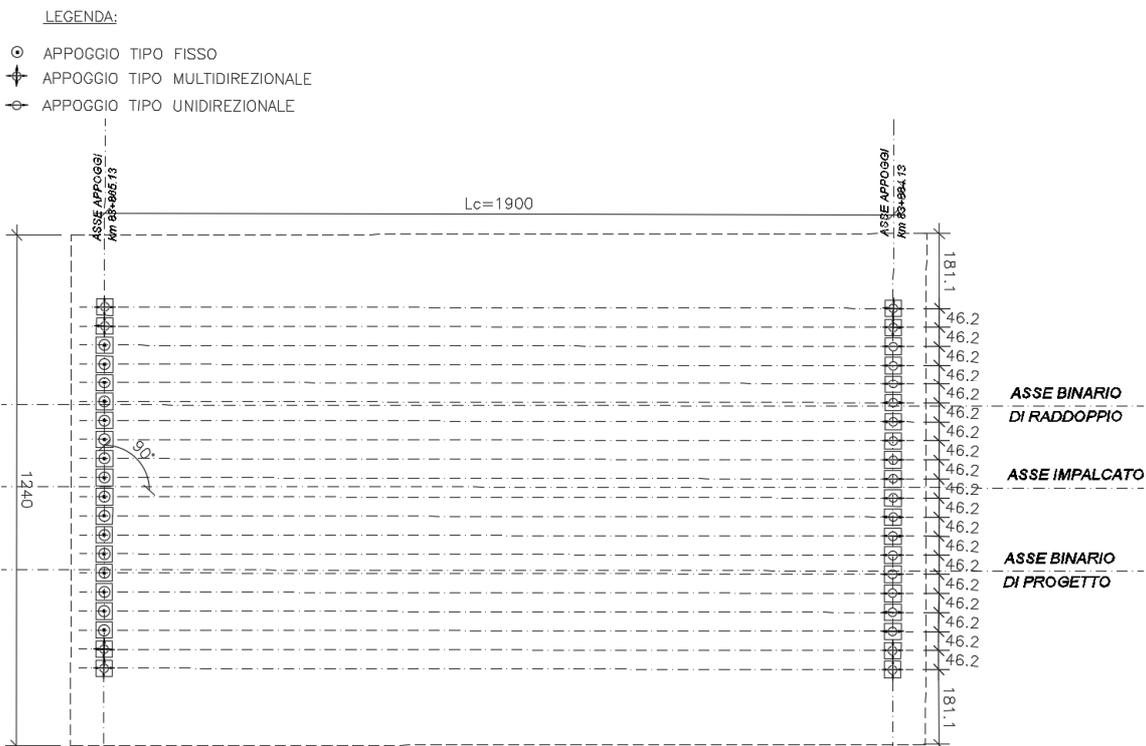


Figura 22 Schema di vincolo dell'impalcato tipo

Le sottostrutture sono di tipo tradizionale:

- Spalla A, poggia su 12 pali di diametro \varnothing 1500;
- Spalla B, poggia su 12 pali di diametro \varnothing 1500;

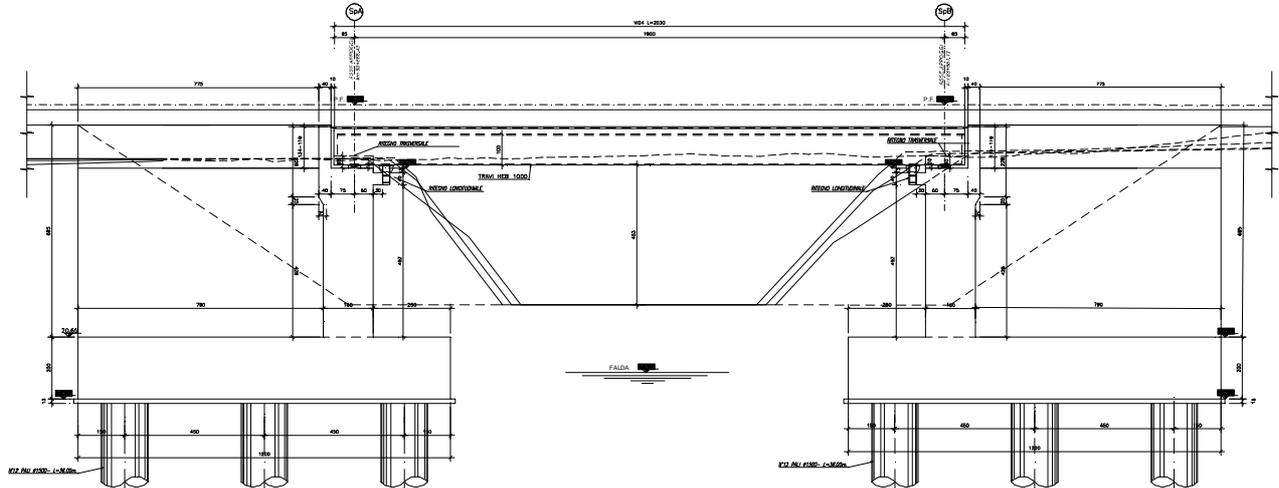


Figure 13 Profilo longitudinale

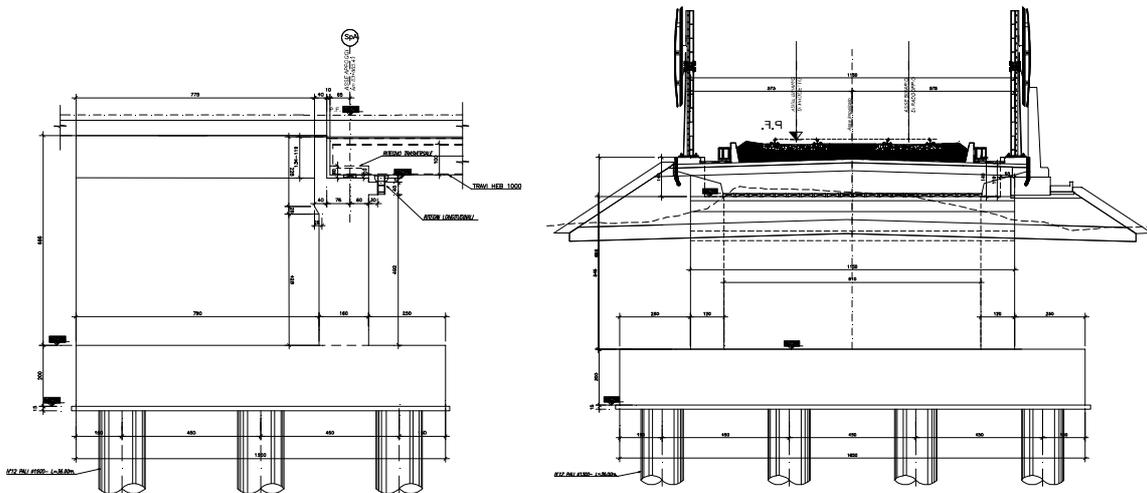


Figure 14 Carpenteria spalle A

12.2 Cavalcaferrovia di progetto

Le interferenze stradali con il raddoppio ferroviario hanno reso necessario prevedere la realizzazione di nuove opere di scavalco, di seguito elencate:

Tabella 8– Cavalcaferrovia di progetto

OPERA	PROG. KM	IMPALCATI	PILA				FONDAZIONE		STRADE STRATEGICHE	V _N	C _U
			Altezza			Tipo sezione	Tipo fondazione	Lunghezza pali			
			P1	P2	P3	SIGLA					
IV22	56+514,00	30+30+30	9.00	8.30		A	F2	45	NO	50	1.5
IV23	59+574,00	30+55+55+30	10.00	9.10	9.70	B	F3	45	SI	50	2
IV24	64+081,00	30+40+30	9.50	9.50		C	F1	32	NO	50	1.5
IV25	65+364,00	30+30+30	10.40	10.10		A	F1	28	SI	50	2
IV26	68+188,00	30+40+30	9.10	9.10		B	F1	30	NO	50	1.5
IV27	69+646,00	30+40+30	9.10	9.10		B	F1	28	SI	50	2
IV28	74+767,00	30+30+30	8.30	9.20		A	F1	29	SI	50	2
IV29	76+185,00	30+40+55	10.10	9.90		D	F1	34	SI	50	2
IV30	78+062,00	30+30+30	8.60	8.80		A	F1	29	SI	50	2
IV31	79+399,00	30+30+30	8.00	7.80		A	F1	26	SI	50	2
IV32	82+089,00	30+30+30	8.40	8.30		A	F1	26	SI	50	2
IV33	84+556,00	30+40+30	10.10	9.10		E	F1	27	SI	50	2
IV34	87+685,00	30+40+30	9.10	9.10		F	F1	20	SI	50	2

Nelle tabelle seguenti si riportano i dettagli per la caratterizzazione geometrica:

Tabella 9 - Tipologie impalcati

TIPOLOGIA IMPALCATO	
Luce [m]	Tipo [-]
30	Cassoncini cls precompressi
40	Acciaio-cls (travi)
55	Acciaio-cls (travi)

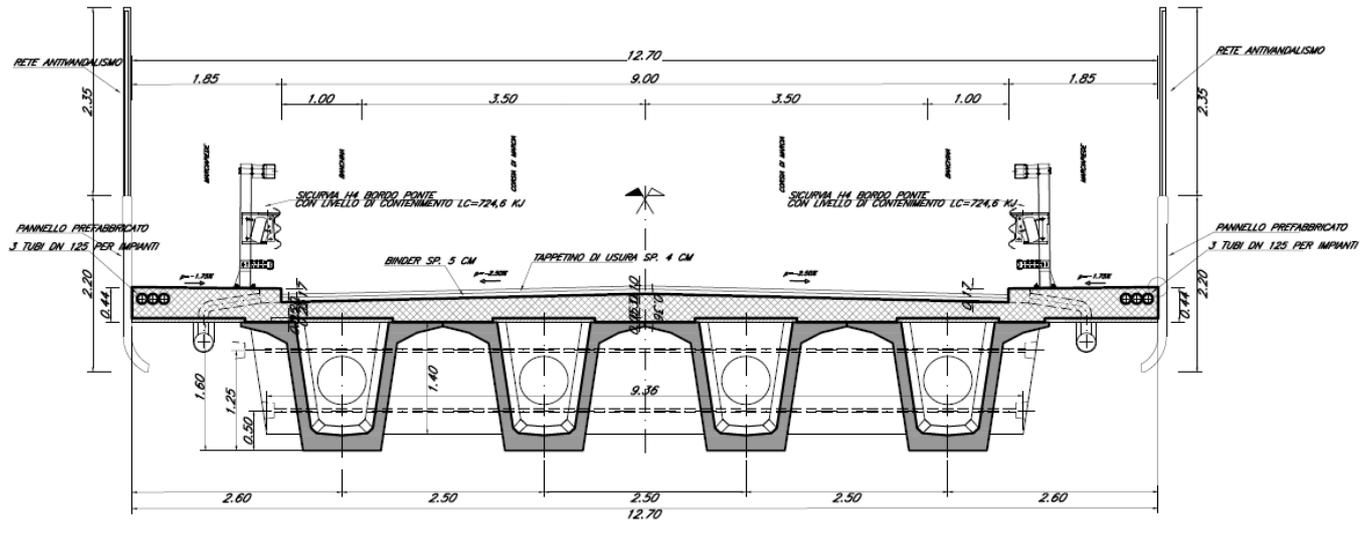


Figura 23 – Sezione trasversale di campata dell'impalcato L=30m

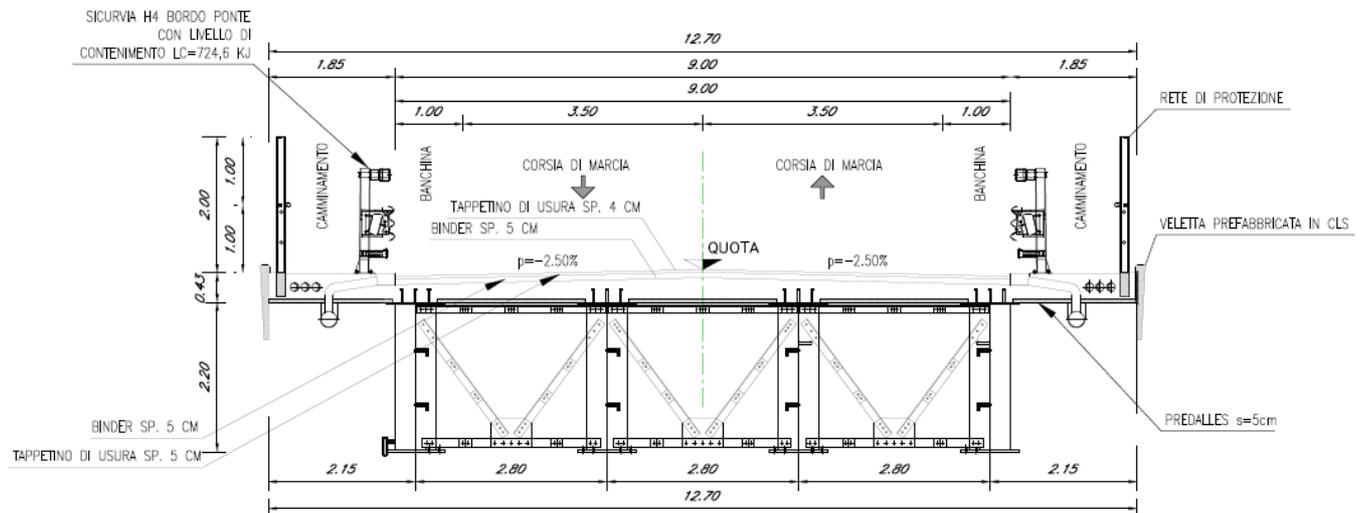


Figura 24- Sezione trasversale tipo dell'impalcato L=40m e L=55m

Tabella 10 - Tipologie pile

TIPOLOGIA PILA (per geometria)		GEOMETRIA PILA				
Sigla	Descrizione	A	I _y	I _z	B _T	B _L
		Sezione fusto [m ²]	Inerzia dir. trasversale [mm ⁴]	Inerzia dir. longitudinale [mm ⁴]	Lunghezza pila [m]	Larghezza pila [m]
[-]	[-]	[m ²]	[mm ⁴]	[mm ⁴]	[m]	[m]
A	Rettangolare 7,60x1,80	13.68	6.58464E+13	3.6936E+12	7.6	1.8
B	Rettangolare 8,60x1,80	15.48	9.54084E+13	4.1796E+12	8.6	1.8
C	Rettangolare 7,80x1,80	14.04	7.11828E+13	3.7908E+12	7.8	1.8
D	Rettangolare 6,80x1,80	12.24	4.71648E+13	3.3048E+12	6.8	1.8
E	Rettangolare 7,20x1,80	12.96	5.59872E+13	3.4992E+12	7.2	1.8
F	Rettangolare 8,00x1,80	14.4	7.68E+13	3.888E+12	8	1.8

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
	Relazione generale opere civili	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RH	DOCUMENTO OC 00 00 001	REV. C

Tabella 11- Tipologie plinti

TIPOLOGIA PLINTO (per geometria)		GEOMETRIA PLINTO			RICOPRIMENTO	PALI	
Sigla	Descrizione	B _L	B _T	s	S _{terr}	n	f
		Dimensione in pianta in direz. parallela all'asse del viadotto	Dimensione in pianta in direz. trasversale rispetto all'asse del viadotto	Spessore	Spessore medio	Numero pali	diametro
[-]	[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]	[mm]
F1	8.6x13.2x2	8.6	13.2	2	1.0	11	1200
F2	12x16.5x2	12	16.5	2	1.0	11	1500
F3	13.2x13.2x2	13.2	13.2	2	1.0	16	1200

12.3 Cavalcaferrovia esistenti

Lungo la linea ferroviari esistente sono presenti 3 cavalcaferrovia che vengono mantenuti anche con il raddoppio della linea di progetto.

Tali opere hanno geometria tale da risultare compatibili con il raddoppio della linea in progetto.

In particolare si tratta di:

- Strada Salvo D'Acquisto – Sp78 (Marcaria) opera di scavalco al km 72+425
- tangenziale di Mantova - opera di scavalco al km 85+950 circa
- via Cremona (Mantova) – opera di scavalco al km 88+575 circa

Per tali opere in progetto non sono previsti interventi di protezione, con particolare riferimento all'urto da svio.

Infatti va osservato che la normativa di riferimento (UIC 777 - 2 R, richiamata dall'Eurocodice 1 – Parte 1-7 a sua volta richiamata dalla NTC2018) dedica uno specifico capitolo alle strutture di classe B esistenti, in cui ricadrebbero le opere di scavalco di cui sopra, evidenziando che se nella vicinanza di strutture esistenti non vi è la presenza di intersezioni e deviatori non è necessario adottare provvedimenti di protezione.

12.4 Sottovia, sottopassi e passerelle ciclo-pedonali in progetto

In Tabella 12 vengono riportati tutti i sottovia stradali e pedonali.

Tabella 12 - Sottovia e passerelle pedonali

WBS	Descrizione	Progressiva
SL01	Sottopasso ciclo-pedonale	56+251
SL02	Sottopasso ciclo-pedonale	86+998
IV37	Nuova passerella ciclo-pedonale	83+906

12.4.1 Sottopasso SL01 km 56+251

Il sottopasso SL01 è costituito da una struttura scatolare realizzata in conglomerato cementizio gettato in opera, di dimensioni interne 4.00 x 3.00m, con soletta di copertura di spessore 0.50m, piedritti di spessore 0.50m e soletta di fondazione di spessore 0.60m. L'opera di approccio al sottopasso è costituita da un muro ad U realizzato in conglomerato cementizio gettato in opera, di dimensioni interne 4.00 x 4.00m, con piedritti di spessore 0.60m e soletta di fondazione di spessore 0.70m. Il sottopasso viene realizzato a spinta.

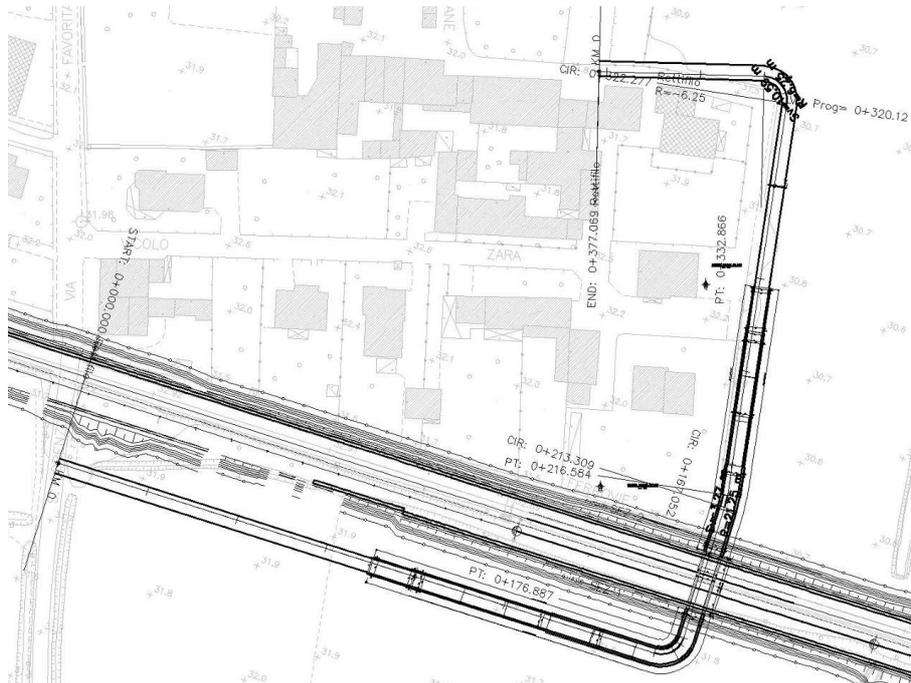


Figura 25: inquadramento planimetrico pista ciclo-pedonale

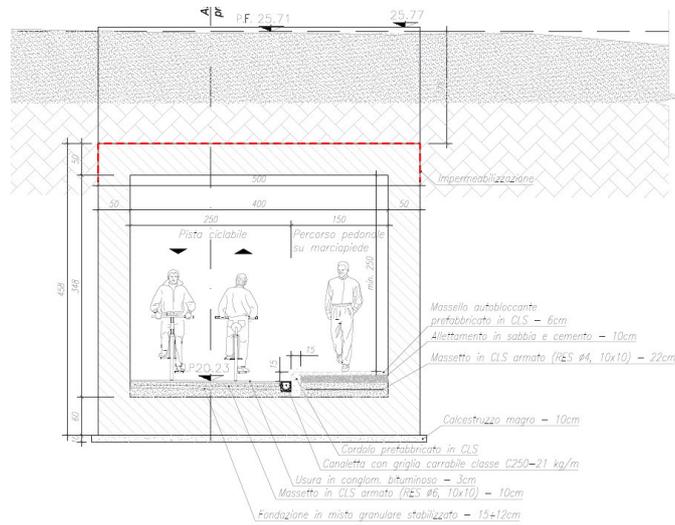


Figura 26: Sezione trasversale

12.4.2 Sottopasso SL02 km 86+998

Il sottopasso SL02 è costituito da una struttura scatolare realizzata in conglomerato cementizio gettato in opera, di dimensioni interne 4.00 x 3.48m, con soletta di copertura di spessore 0.50m, piedritti di spessore 0.50m e soletta di fondazione di spessore 0.60m. L'opera di approccio al sottopasso è costituita da un muro ad U realizzato in conglomerato cementizio gettato in opera, di dimensioni interne 4.00 x 6.00m, con piedritti di spessore 0.60m e soletta di fondazione di spessore 0.70m.

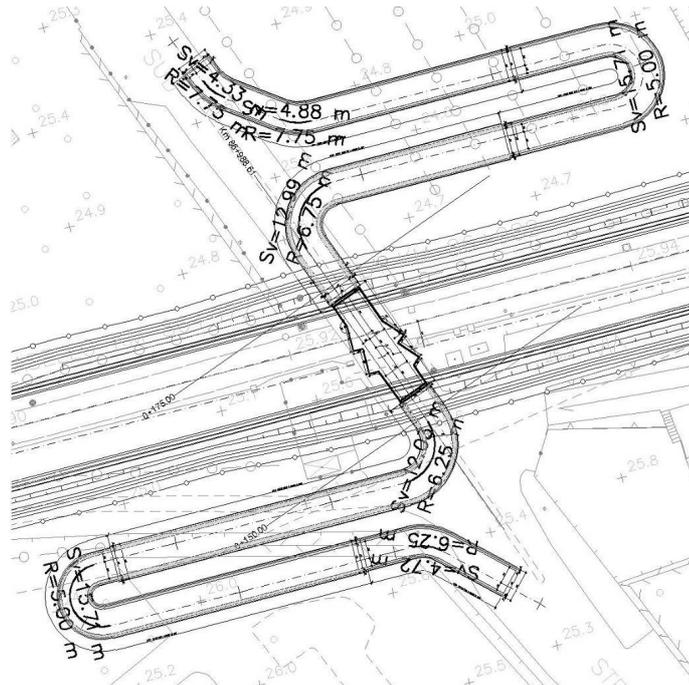


Figura 27: inquadramento planimetrico pista ciclo-pedonale

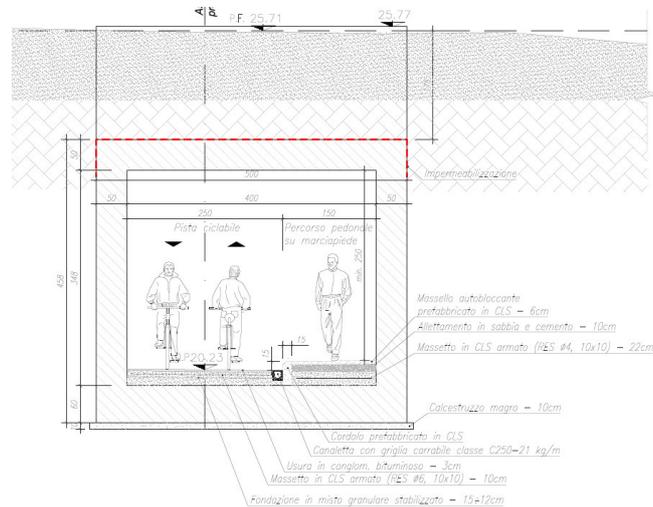


Figura 28: Sezione trasversale

12.4.3 Passerella ciclo-pedonale km 83+906

La passerella pedonale IV37, ubicata al km 83+906.38, viene realizzata tramite una struttura in acciaio costituita da due travi metalliche collegate mediante connettori al solaio con lamiera grecata di tipo HI-BOND con spessore 1 mm e getto di completamento di spessore di 6cm. Il profilo longitudinale presenta travi ad altezza costante di 120 cm, poste ad interasse 250cm.

La luce netta, in asse appoggi, è di 25,00m mentre la altezza totale dell'impalcato è di 4,60m.

La geometria delle sezioni trasversali dell'impalcato è riportata nelle figure seguenti:

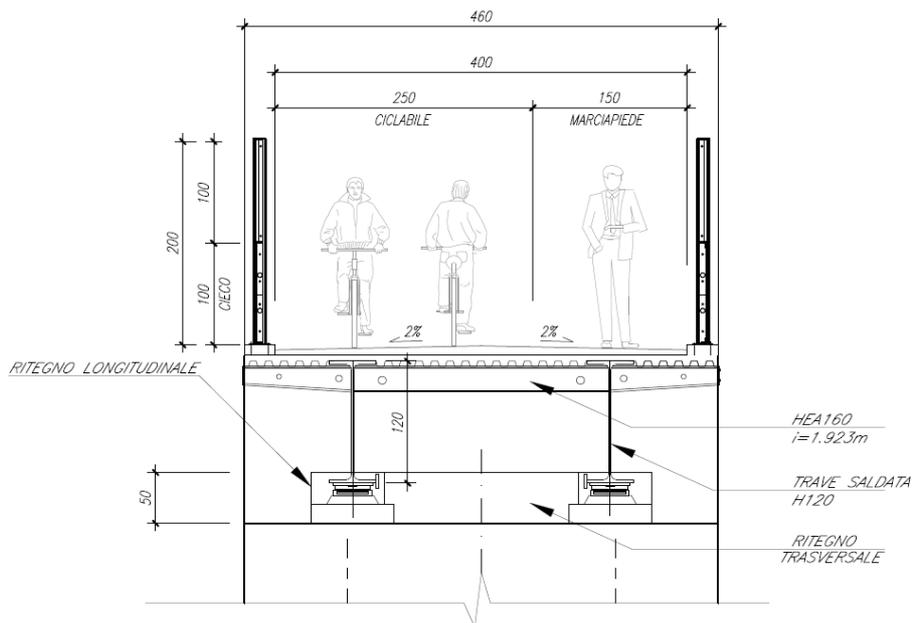


Figura 29- Sezione trasversale tipo dell'impalcato: sezione corrente

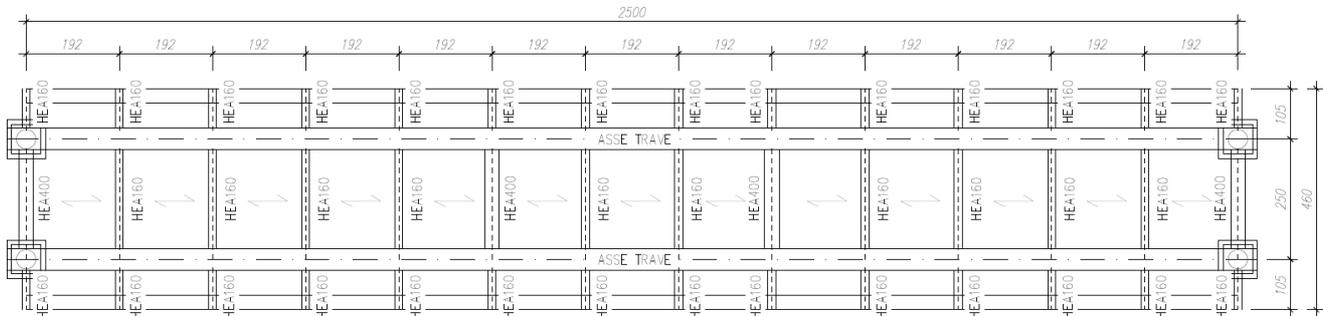


Figura 30 Carpenteria impalcato

Le sottostrutture in corrispondenza della spalla in esame sono rappresentate da:

- spalla 1 (SP1);
- spalla 2 (SP2).

La spalla è caratterizzata da un'altezza massima pari a 10.32m dallo spiccato di fondazione. Il muro frontale è alto 8.75m, spesso 1.50m e presenta una larghezza di 4.60m. Il muro paraghiaia ha uno spessore di 0.50m ed un'altezza massima di 2.17m.

La fondazione di tipo indiretto è costituita da un plinto su pali. La platea ha uno spessore 1.80m e presenta dimensioni in pianta 8.00x11.50 rispettivamente in direzione trasversale e longitudinale. La palificata si compone di 12 pali Ø 1200.

I due muri andatori hanno uno spessore di 1.00m.

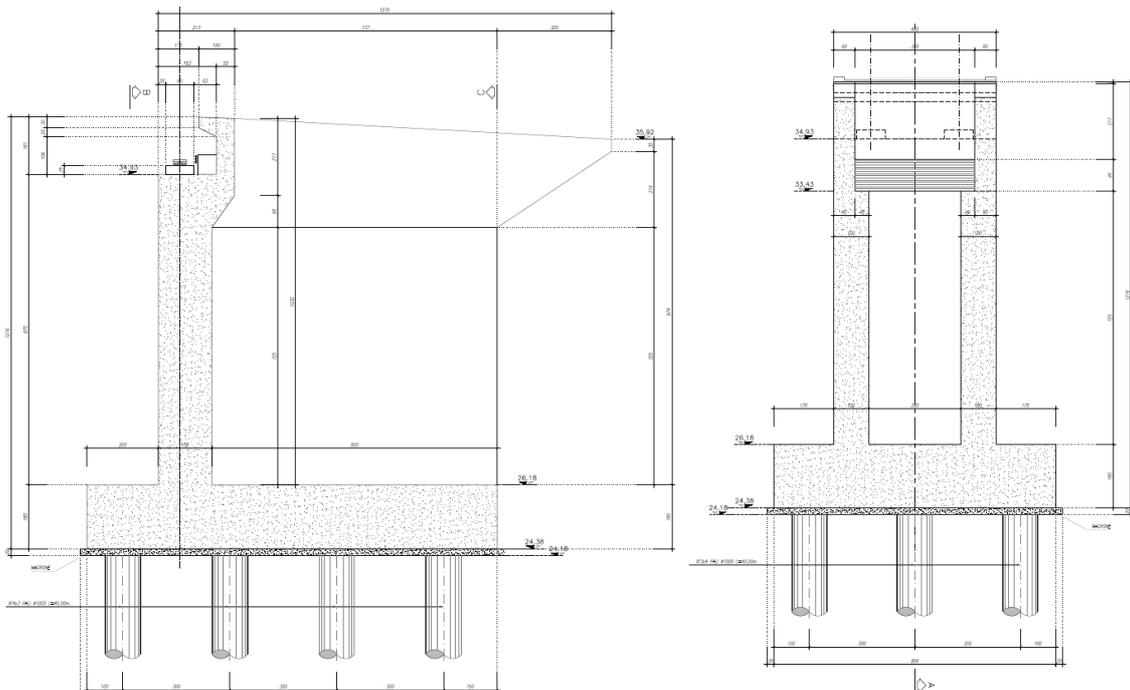


Figura 31 Sezioni spalle

La spalla 2 è inoltre affiancata da un muro su pali di sostegno del rilevato stradale, di lunghezza 11,48m. Il paramento ha altezza massima di 9,92m con uno spessore variabile da 1,00m alla base e 0,30 in sommità; la porzione a spessore inferiore ha altezza da 2,03m a 0,63m. la suola di fondazione ha spessore 1,80m, larghezza 8,00m ed è fondata su 12 pali Ø1000.

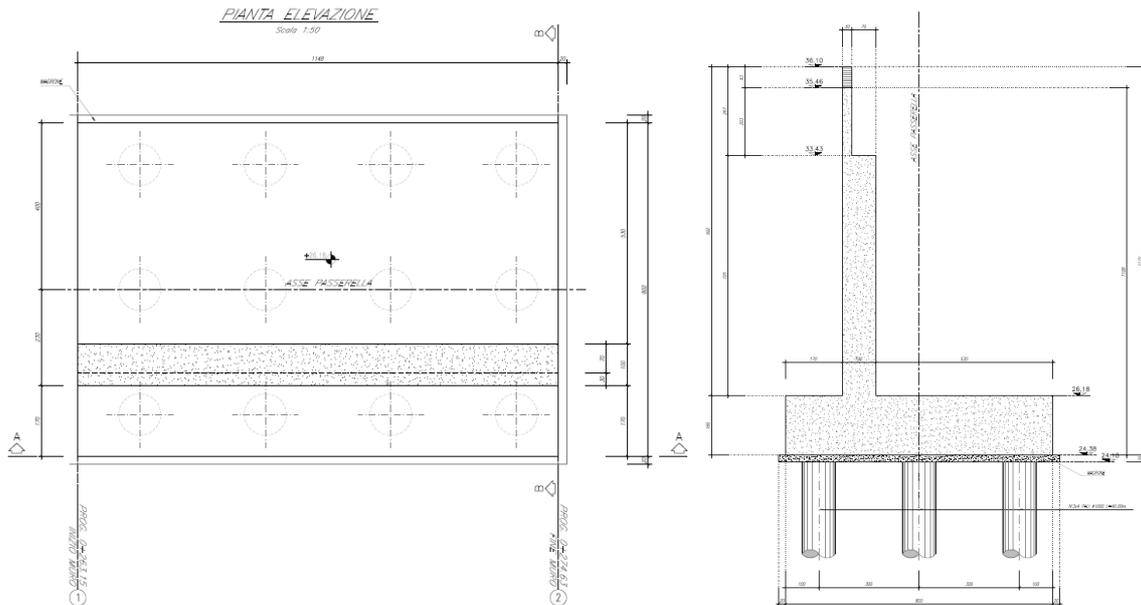


Figura 32 Carpenteria muro in dx

Si riportano a seguire le immagini della carpenteria dell'opera in oggetto, per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici.

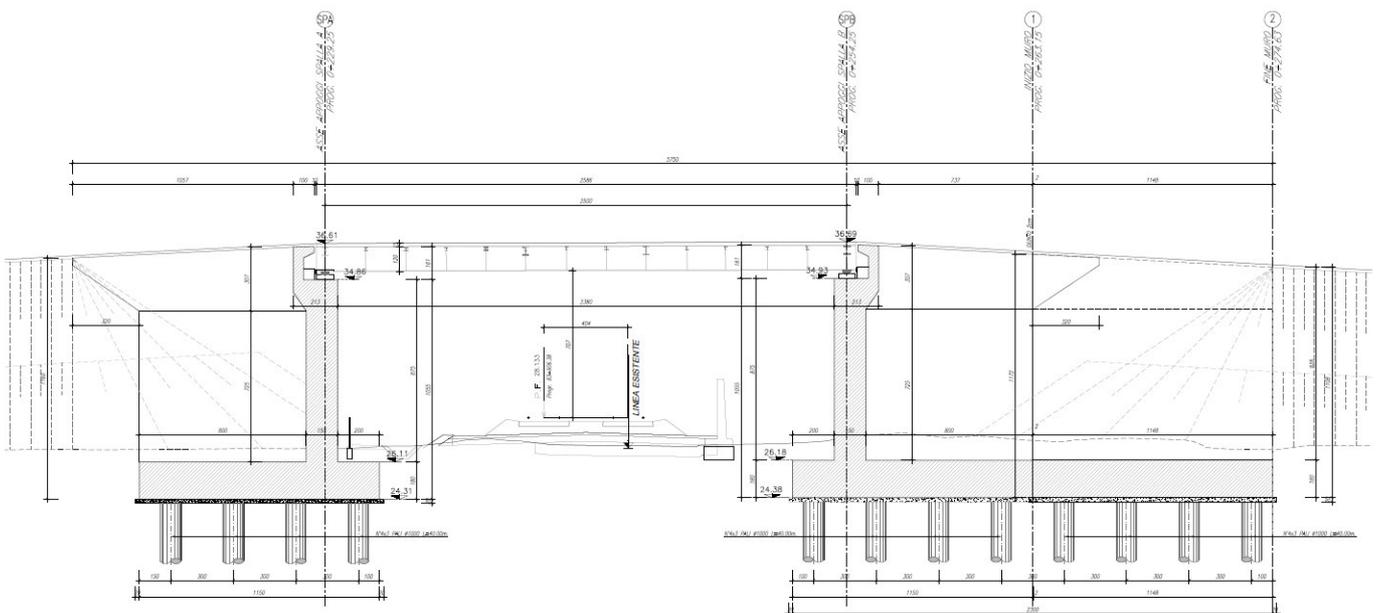


Figura 33 Profilo longitudinale

12.5 Nuovi sottopassi ferroviari in progetto

12.5.1 FV11-Stazione di Piadena

Per la stazione di Piadena è prevista la realizzazione delle rampe scale, dei vani ascensori e dei relativi locali tecnici, al fine di migliorare e rendere più sicura la fruibilità dei servizi di trasporto. I 2 corpi scala sono realizzati con strutture scatolari in calcestruzzo gettato in opera, i cui spessori di solette e pareti sono uguali tra loro e pari a 0,50m. Le rampe coprono il dislivello tra la quota +33.57 e la quota +29.05 e si ricollegano al sottopasso esistente tramite l'apertura di vani nella struttura scatolare.

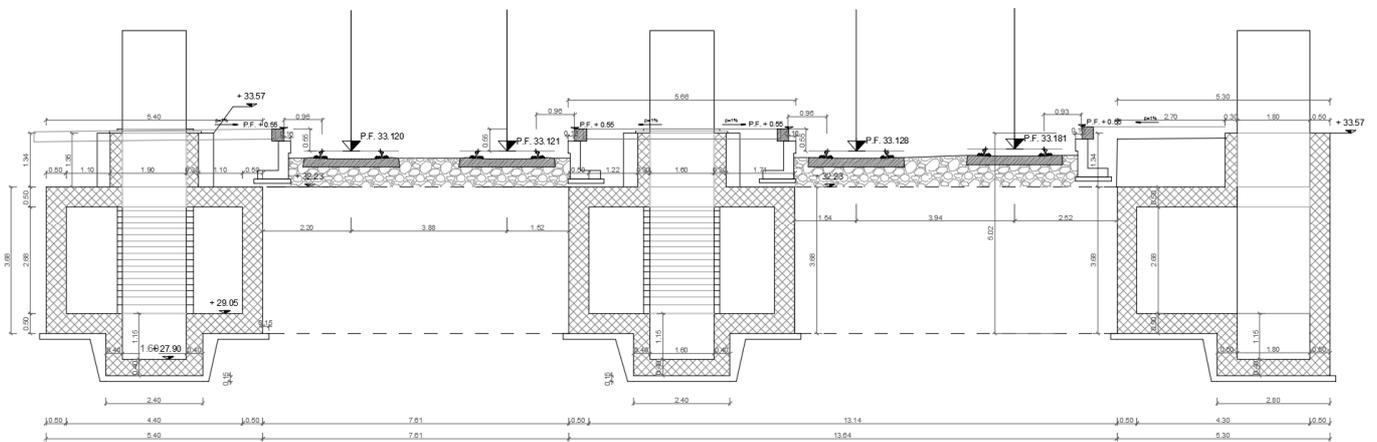


Figura 34 - Sezione trasversale

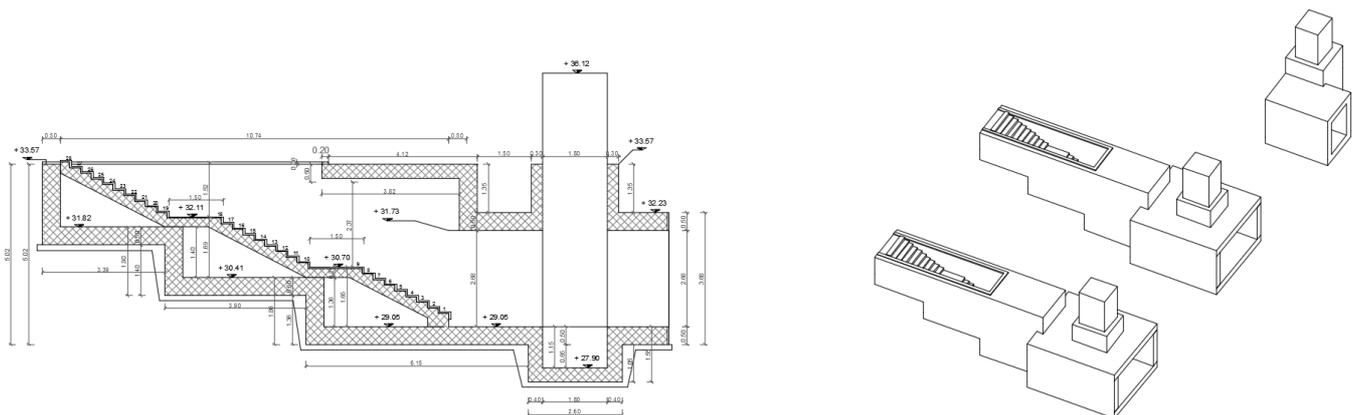


Figura 35 - Sezione longitudinale e vista 3D

12.5.2 FV12-Stazione di Bozzolo

Per la stazione di Bozzolo è prevista la realizzazione di un sottopasso scatolare per l'accesso alle due banchine di stazione. L'intervento prevede inoltre la realizzazione delle rampe scale, dei vani ascensori e dei relativi locali tecnici, al fine di migliorare e rendere più sicura la fruibilità dei servizi di trasporto.

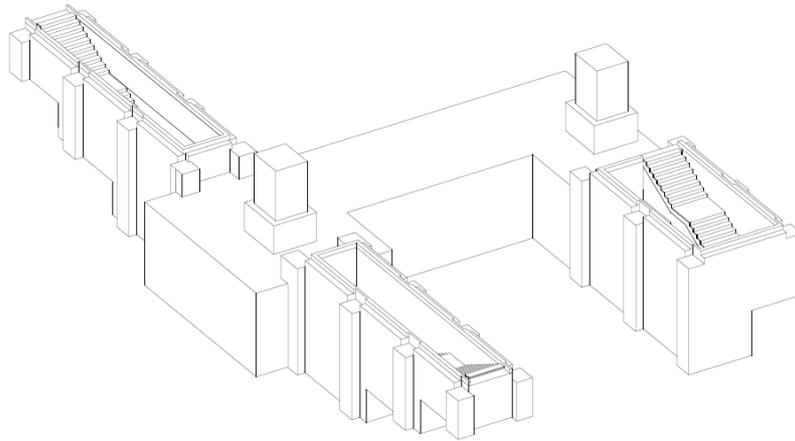


Figura 36 Vista assometrica corpi scale e sottopasso di stazione

Il sottopasso, ubicato al km 63+798,3, è costituito da una struttura scatolare realizzata in conglomerato cementizio gettato in opera, di dimensioni interne 4.40 x 3.26m, con soletta di copertura di spessore 0.50m, piedritti di spessore 0.50m e soletta di fondazione di spessore 0.50m. La distanza tra la quota del piano del ferro e l'estradosso della soletta superiore è pari a 1.00 m.

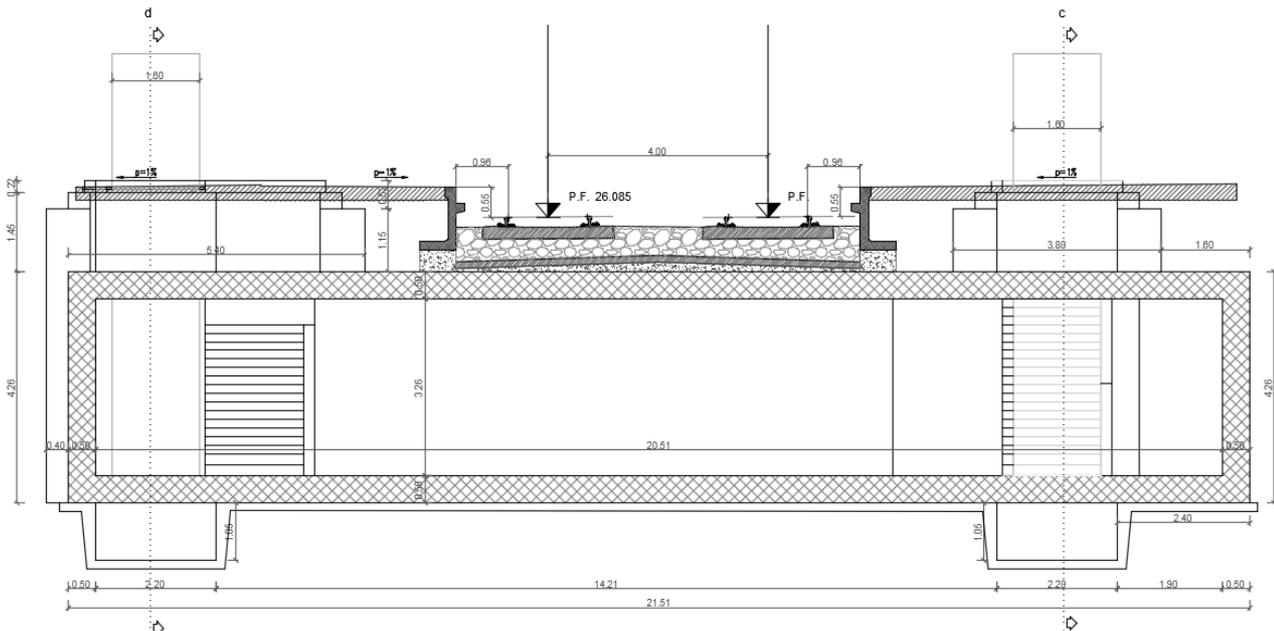


Figura 37 Sezione trasversale lungo il sottopasso

I 2 corpi scala sono realizzati con strutture scatolari in calcestruzzo gettato in opera, i cui spessori di solette e pareti sono uguali tra loro e pari a 0,50m. Le rampe coprono il dislivello tra la quota +0.55 e la quota -4.76 rispetto a P.F. e si ricollegano al sottopasso precedentemente descritto.

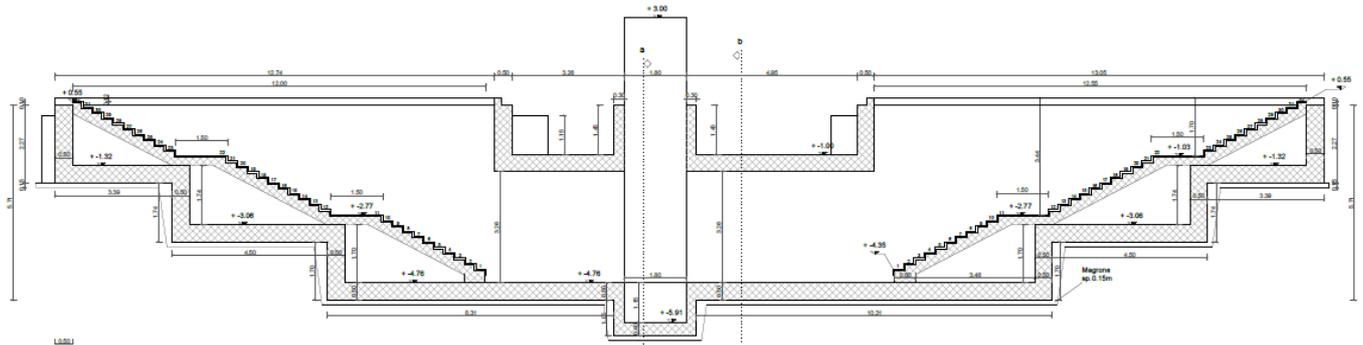


Figura 38 Sezione longitudinale corpo scale

12.5.3 FV13-Stazione di Marcaria

Per la stazione di Marcaria è prevista la realizzazione di un sottopasso scatolare per l'accesso alle due banchine di stazione. L'intervento prevede inoltre la realizzazione delle rampe scale, dei vani ascensori e dei relativi locali tecnici, al fine di migliorare e rendere più sicura la fruibilità dei servizi di trasporto. Per poter collegare il piano strada al sottopasso di stazione, viene realizzata una rampa pedonale costituita da una sezione a U in calcestruzzo armato gettato in opera, di spessore costante pari a 0,50m. Nelle sezioni di scavo maggiore, invece, quest'ultima presenta anche una soletta superiore caratterizzata anch'essa da uno spessore di 0,50m.

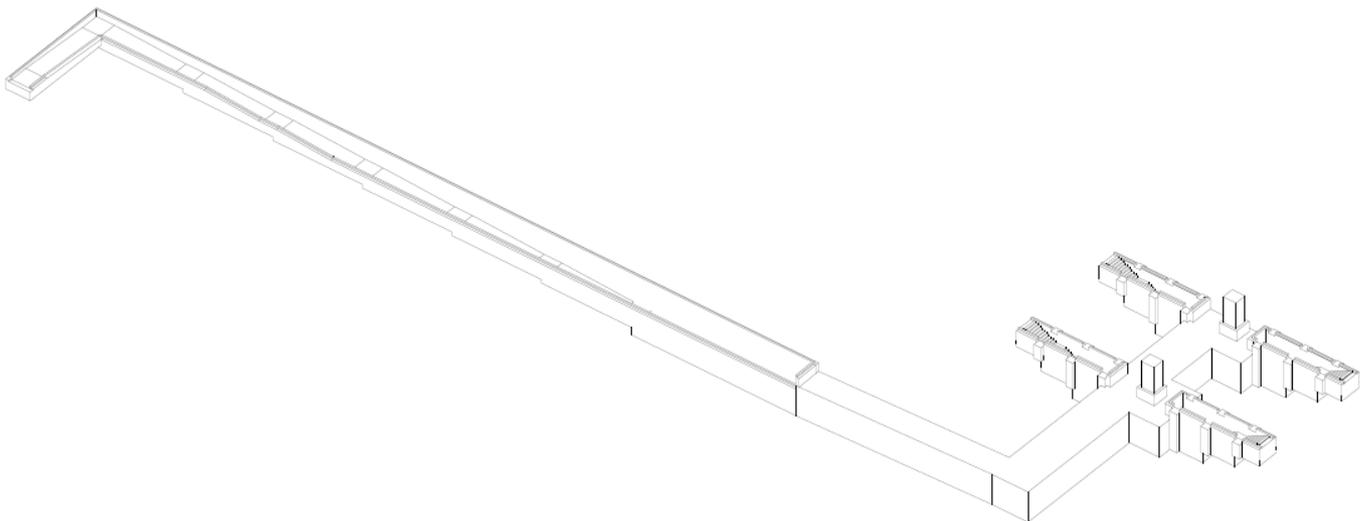


Figura 39 Vista assometrica del sottopasso e dei vani ascensore

Il sottopasso ferroviario, ubicato al km 69+158.29, è costituito da una struttura scatolare realizzata in conglomerato cementizio gettato in opera, di dimensioni interne 4.40 x 3.26m, con soletta di copertura di spessore 0.50m, piedritti di spessore 0.50m e soletta di fondazione di spessore 0.50m. La distanza tra la quota del piano del ferro e l'estradosso della soletta superiore è pari a 1.00 m.

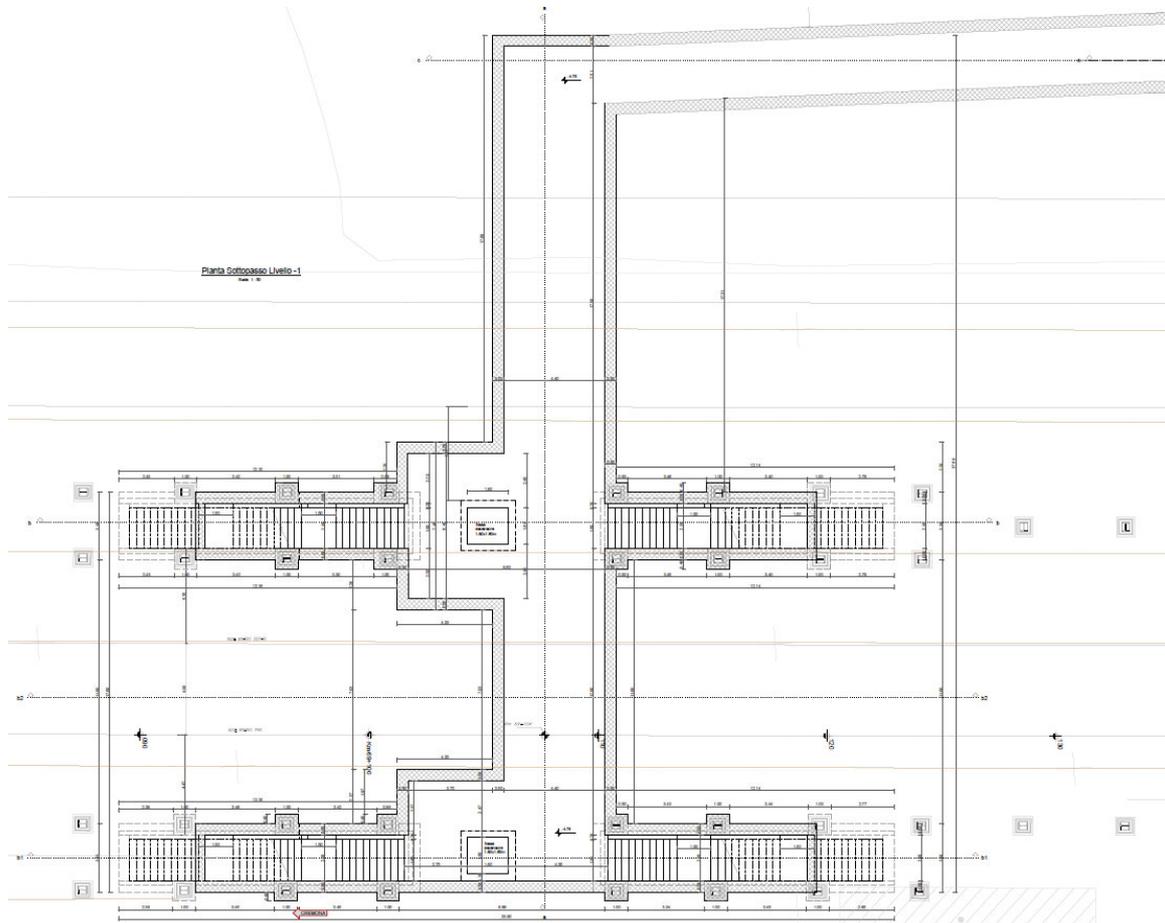


Figura 40 Pianta del sottopasso e dei corpi scala

I 2 corpi scala sono realizzati con strutture scatolari in calcestruzzo gettato in opera, i cui spessori di solette e pareti sono uguali tra loro e pari a 0,50m. Le rampe coprono il dislivello tra la quota +0.55 e la quota -4.76 rispetto a P.F. e si ricollegano al sottopasso precedentemente descritto.

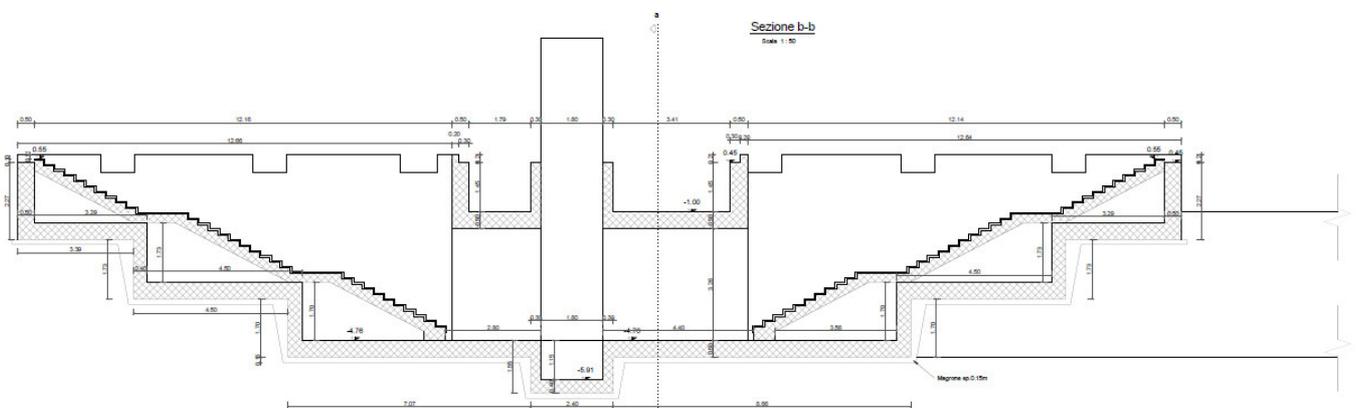


Figura 41 Sezione longitudinale corpi scala

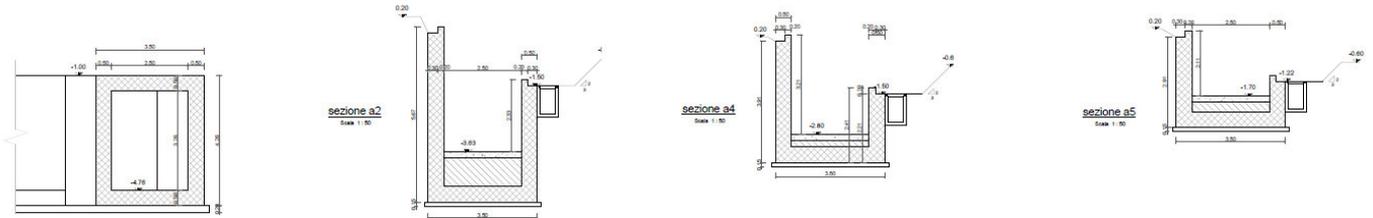


Figura 42 Sezioni trasversali muro a U

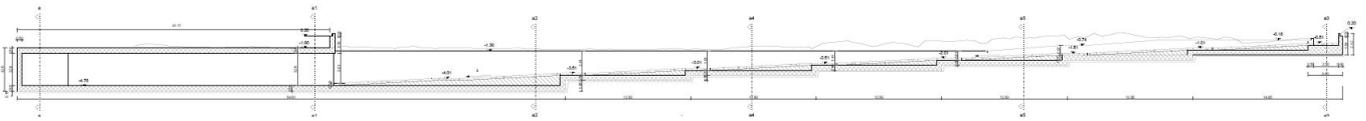


Figura 43 Sezione longitudinale rampa di accesso

12.5.4 FV14-Stazione di Castellucchio

Per la stazione di Castellucchio è prevista la realizzazione di un sottopasso scatolare per l'accesso alle due banchine di stazione. L'intervento prevede inoltre la realizzazione delle rampe scale, dei vani ascensori e dei relativi locali tecnici, al fine di migliorare e rendere più sicura la fruibilità dei servizi di trasporto.

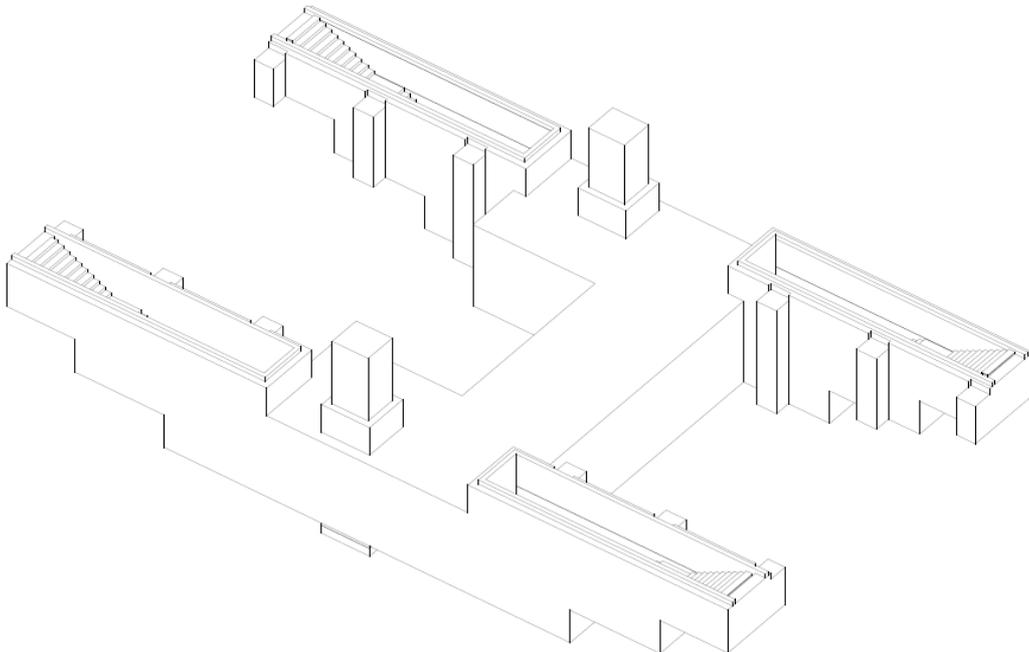


Figura 44 Vista assometrica del sottopasso e dei vani ascensore

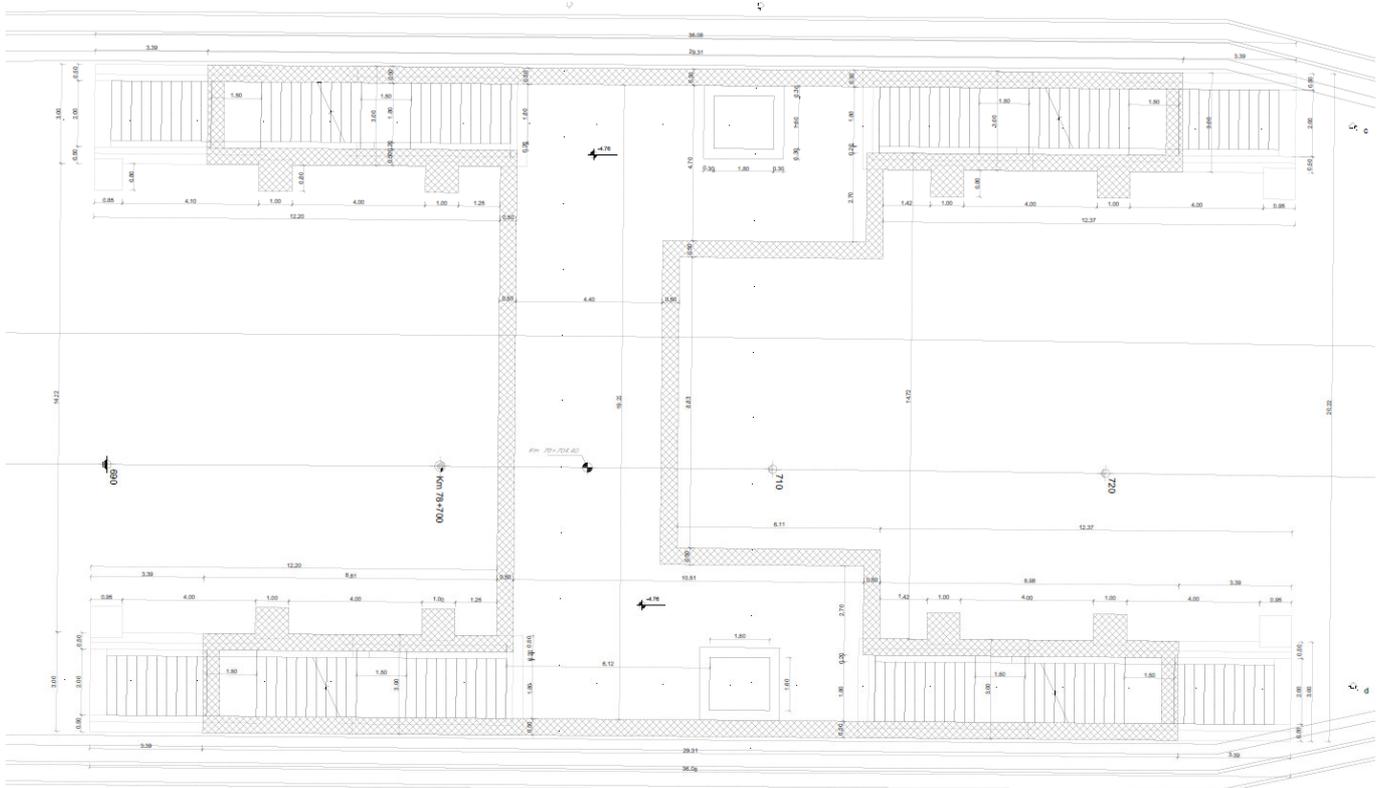


Figura 45 Pianta del sottopasso e dei corpi scala

Il sottopasso ferroviario, ubicato al km 78+664,80, è costituito da una struttura scatolare realizzata in conglomerato cementizio gettato in opera, di dimensioni interne 4.40 x 3.26m, con soletta di copertura di spessore 0.50m, piedritti di spessore 0.50m e soletta di fondazione di spessore 0.50m. La distanza tra la quota del piano del ferro e l'estradosso della soletta superiore è pari a 1.00 m.

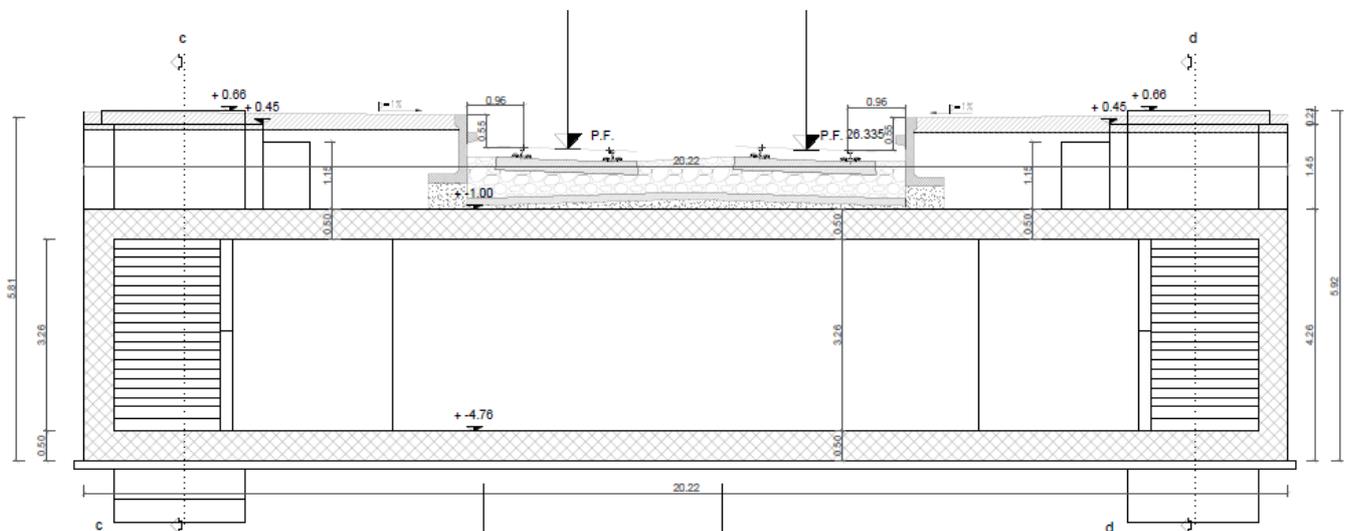


Figura 46 Sezione trasversale in asse al sottopasso

I 2 corpi scala sono realizzati con strutture scatolari in calcestruzzo gettato in opera, i cui spessori di solette e pareti sono uguali tra loro e pari a 0,50m. Le rampe coprono il dislivello tra la quota +0.55 e la quota -4.76 rispetto a P.F. e si ricollegano al sottopasso precedentemente descritto.

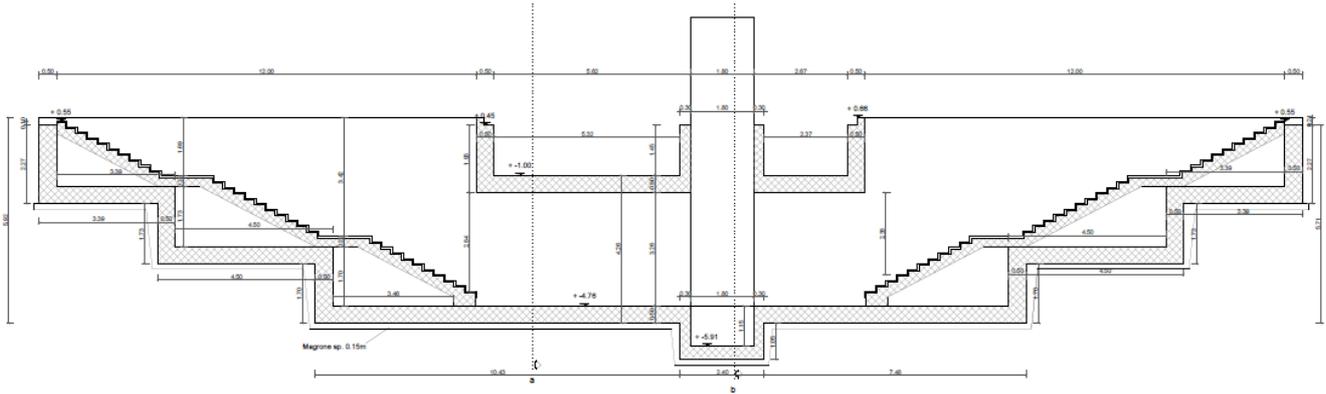


Figura 47 Sezione longitudinale corpi scala

13. FABBRICATI TECNOLOGICI E PIAZZALI

Le esigenze del progetto tecnologico hanno richiesto di prevedere lungo linea alcuni fabbricati che potesse accogliere la strumentazione necessaria al funzionamento e gestione del raddoppio ferroviario. In particolare tali fabbricati sono stati ubicati in appositi piazzali tecnologici, sfruttando quelli già esistenti (non oggetto del presente intervento) sulla linea e predisponendone di nuovi. Di seguito si riporta l'elenco dei piazzali dei fabbricati tecnologici e delle dotazioni impiantistiche:

- Cabina TE Mantova (esistente) - km 88+800;
- SSE Curtatone (esistente) km 84+765;
- Fabbricato tecnologico IS - Mantova (T1) km 89+020.00;
- Fabbricato tecnologico IS - Marcaria (T3) km 69+160.00;
- Fabbricato tecnologico IS - Bozzolo (T3) km 63+650.00;
- PPT 301 km59+450;
- PPT 302 km73+741;
- PPT 303 km79+662;
- PPT 304 km 83+750.

13.1 Piazzale Cabine TE Mantova

Il piazzale esistente al km 88+800, di superficie iniziale 845m², viene ampliato con l'aggiunta di un'area di 220m². All'interno del piazzale è già presente una cabina TE, non oggetto dell'intervento; sono inoltre presenti le seguenti dotazioni impiantistiche:

- Pali sezionatori di I e II fila (PS1/PS2);
- Paline per l'illuminazione.

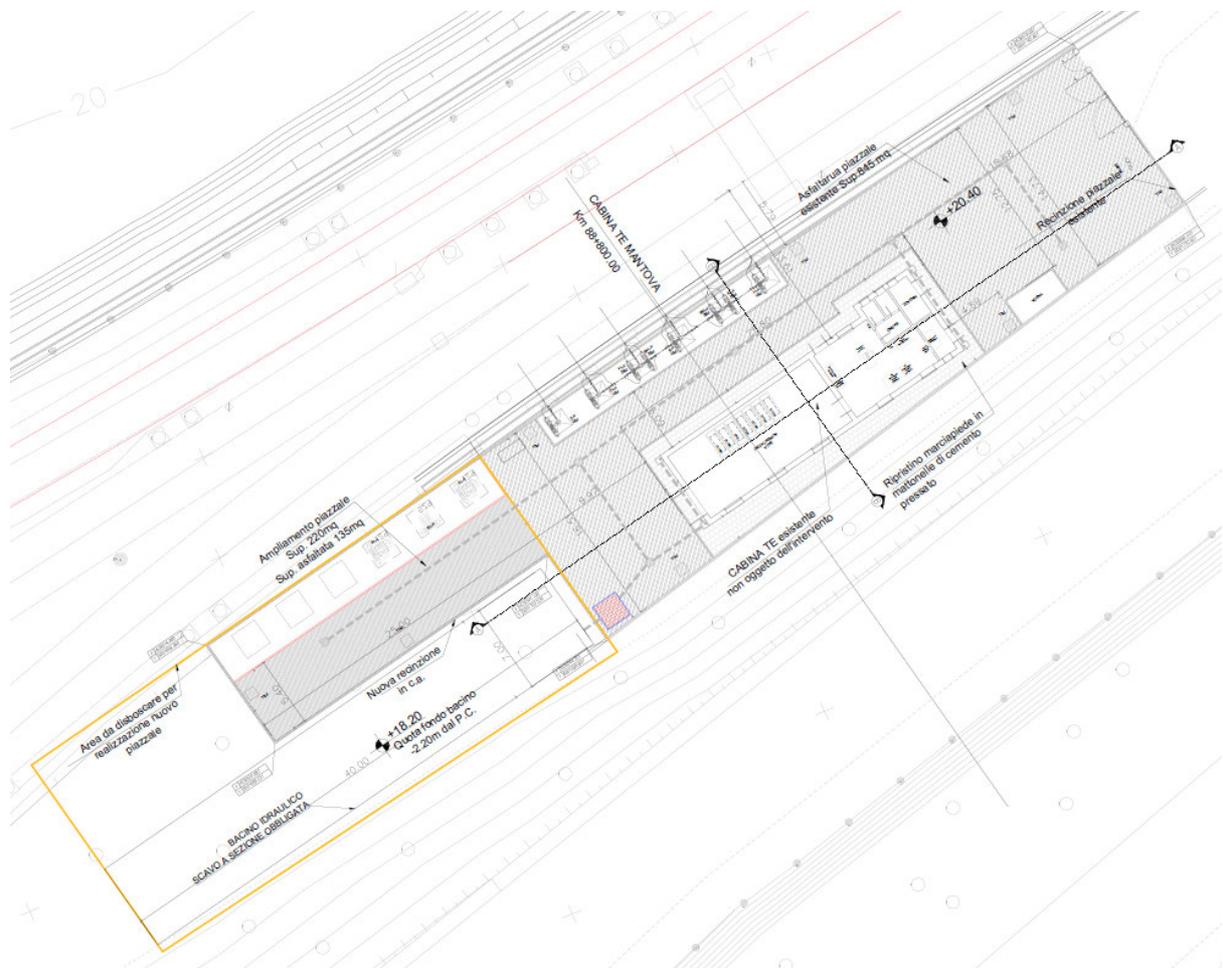


Figura 48 Piazzale della cabina TE di Mantova

13.2 Nuovo ACC di Mantova

Il nuovo piazzale tecnologico di Mantova è ubicato al km 89+020 e presenta una superficie totale di 1125m². Al suo interno è posizionato il fabbricato tecnologico T1 con annessa vasca per gruppo elettrogeno; è inoltre presente una cabina di consegna.

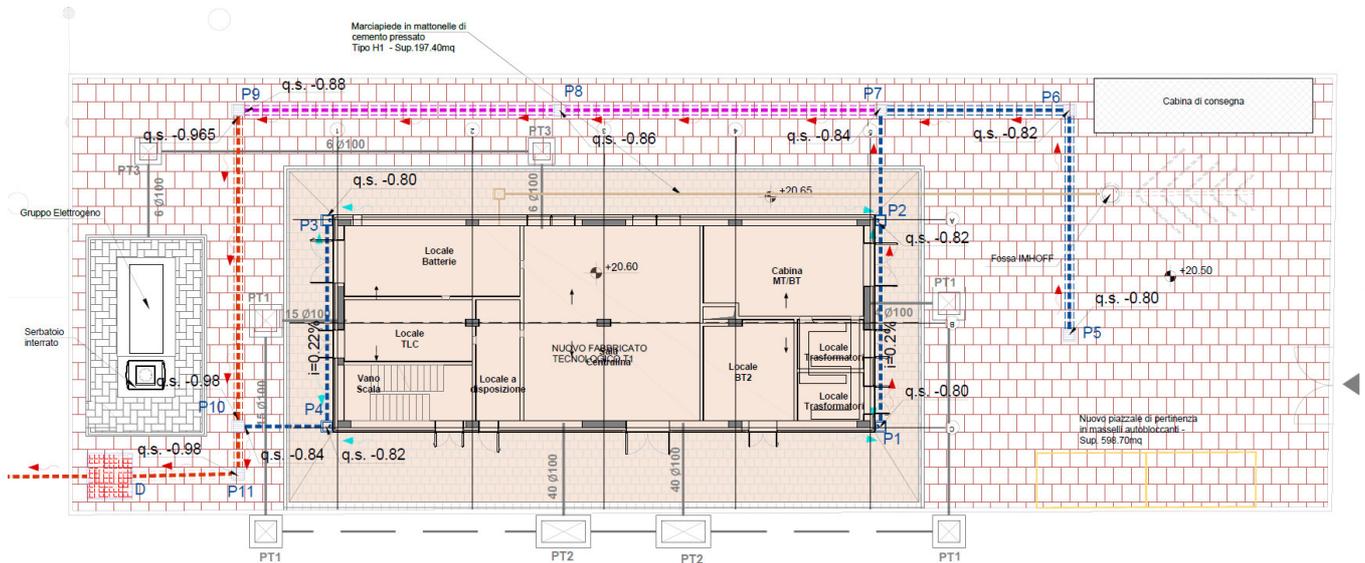


Figura 49-Planimetria di piazzale

Oltre all'Ufficio Movimento previsto all'interno del nuovo ACC, il progetto prevede la ripristino di alcuni locali esistenti all'interno dell'attuale Fabbricato di Stazione.

In particolare si prevede di occupare alcuni locali attualmente non in uso ma che in passato ospitavano un Ufficio Movimento.

Di seguito lo stralcio planimetrico rappresenta il layout di progetto con l'individuazione dei locali e la previsione di utilizzo futuro.

Per i locali esistenti si prevedono interventi di manutenzione ordinaria, con riferimento alle finiture interne, alla realizzazione di pavimenti flottanti dove necessario e dove attualmente non sono previsti.

Infine nel locale che avrà funzione di U.M. andrà prevista la realizzazione di una seconda apertura sulla parete esistente (indicata in giallo nel layout sotto), della dimensione compatibile con lo schema strutturale del fabbricato stesso, in modo da mettere in comunicazione i due vani

I solai sono realizzati con lastre parzialmente prefabbricate di tipo predalle, con blocchi di alleggerimento in polistirolo e getto di completamento realizzato in opera, per uno spessore totale rispettivamente di 30 cm (4+22+4) per il solaio di piano e di 20 cm per il solaio di sottotetto. Il solaio di copertura è caratterizzato sempre da uno spessore totale di 20 cm ma, non essendo prevista una soletta superiore di ripartizione dei carichi, lo spessore complessivo del pacchetto di solaio si suddivide in 4 cm di lastra predalle e 16 cm di blocchi di alleggerimento.

La fondazione è realizzata con una platea di 40 cm di spessore, caratterizzata da nervature laterali e interne alte rispettivamente 95 cm e 40 cm rispetto all’estradosso della fondazione.

Le tamponature esterne sono realizzate con blocchi forati di spessore pari a 30 cm posti in asse ai pilastri del fabbricato, intonacati internamente e rivestiti esternamente con uno strato coibentante in EPS di 10 cm di spessore, protetto da un ulteriore strato di forati da 8 cm a loro volta intonacati sull’esterno.

La pavimentazione interna è realizzata con un pavimento flottante con plenum di 60 cm, poggiato su una soletta di ripartizione di 5 cm posta al di sopra di uno strato di XPS ad alta densità di 8 cm; questo a sua volta è posto su un vespaio aerato costituito da igloo di 27 cm e soletta in c.a. di 5 cm armata con rete elettrosaldata.

In adiacenza al fabbricato è prevista la collocazione del Gruppo Elettrogeno e del corrispondente serbatoio.

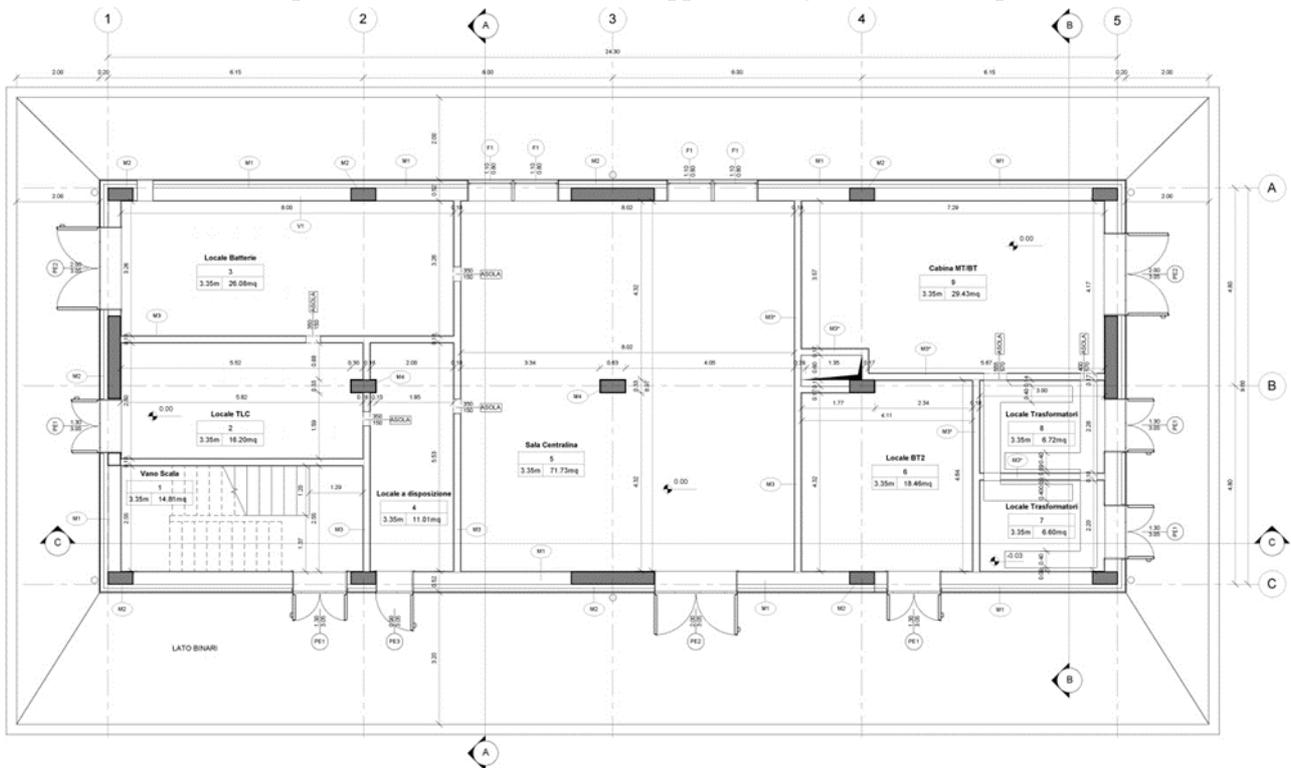


Figura 50. Pianta architettonica piano terra

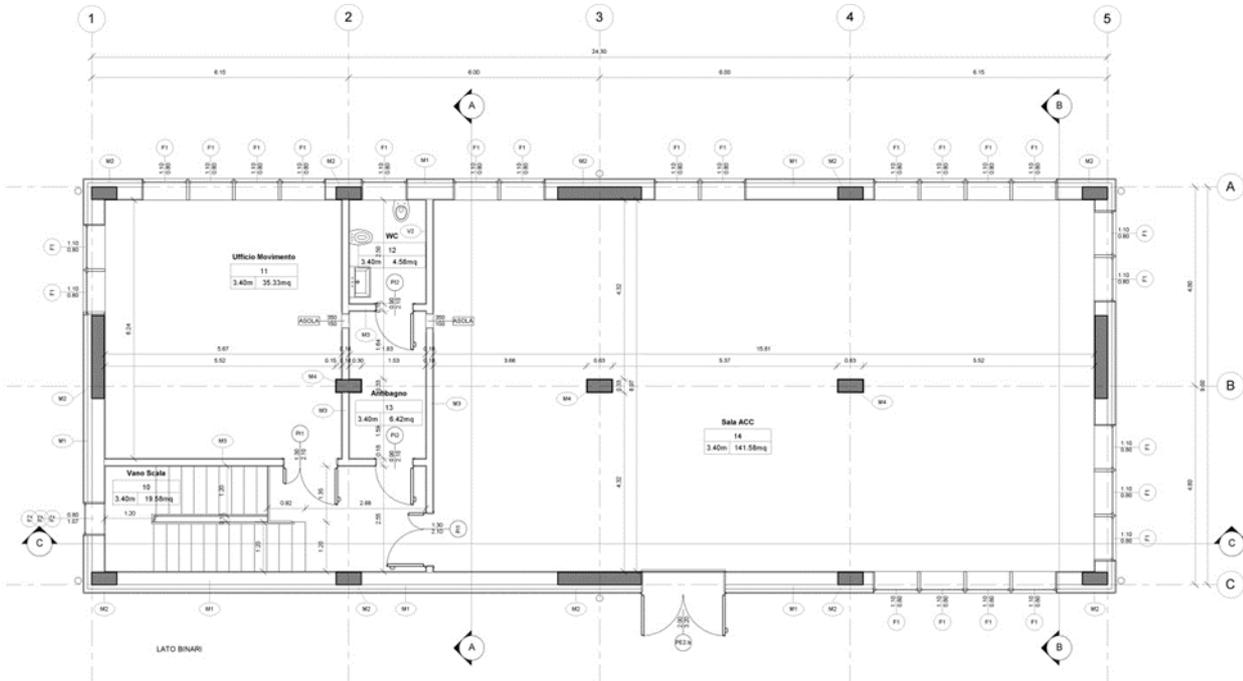


Figura 51. Pianta architettonica piano primo

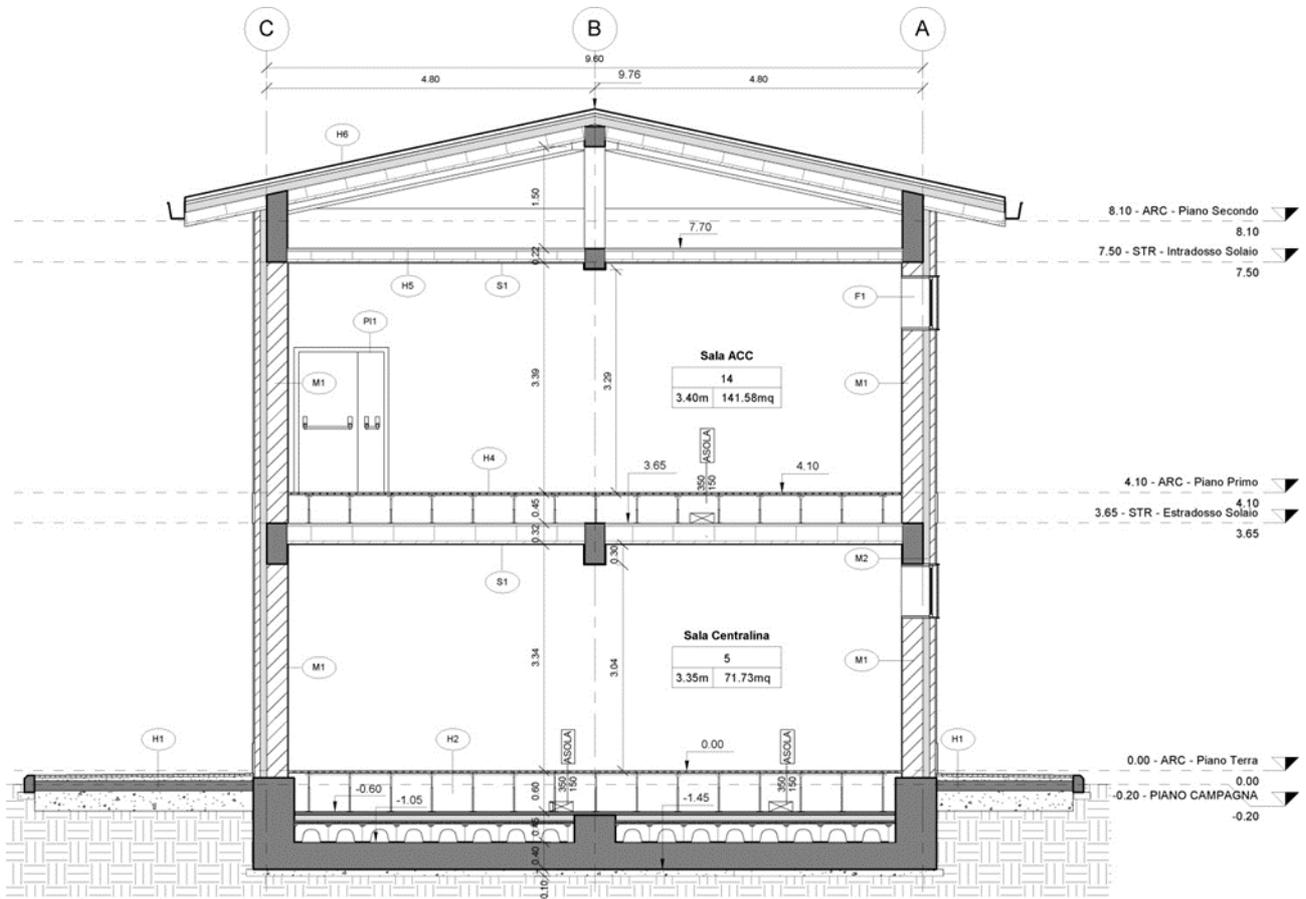


Figura 52. Sezione A-A

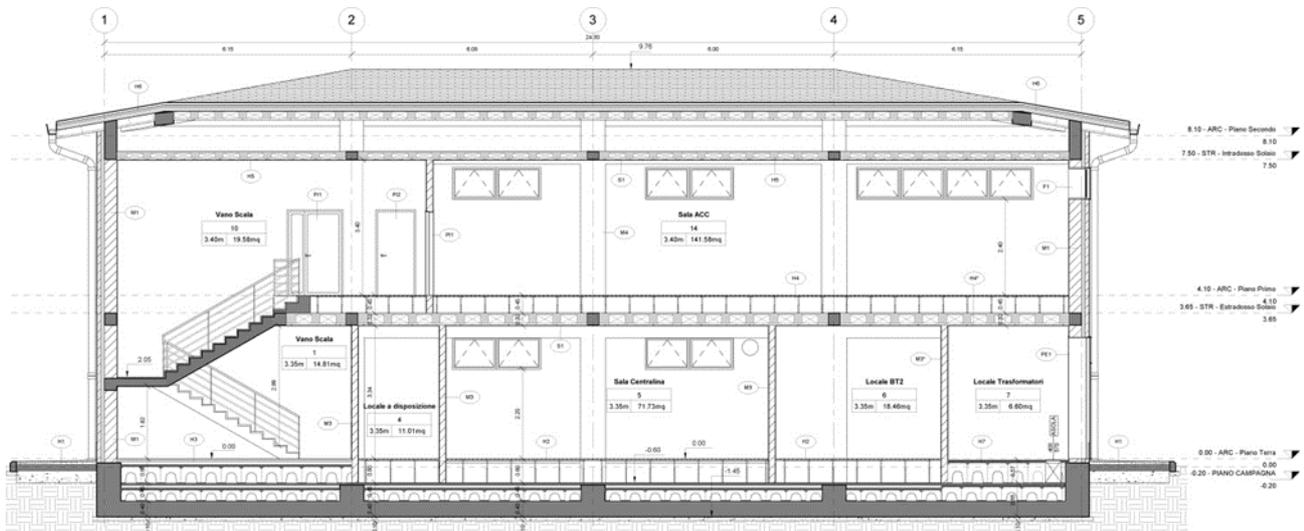


Figura 53. Sezione C-C

13.3 Piazzale di Marcaria

Il nuovo piazzale tecnologico di Marcaria è ubicato al km 69+036 e presenta una superficie totale di 51120m². Al suo interno è posizionato il fabbricato tecnologico T3 con annessa vasca per gruppo elettrogeno; è inoltre presente una cabina di consegna.

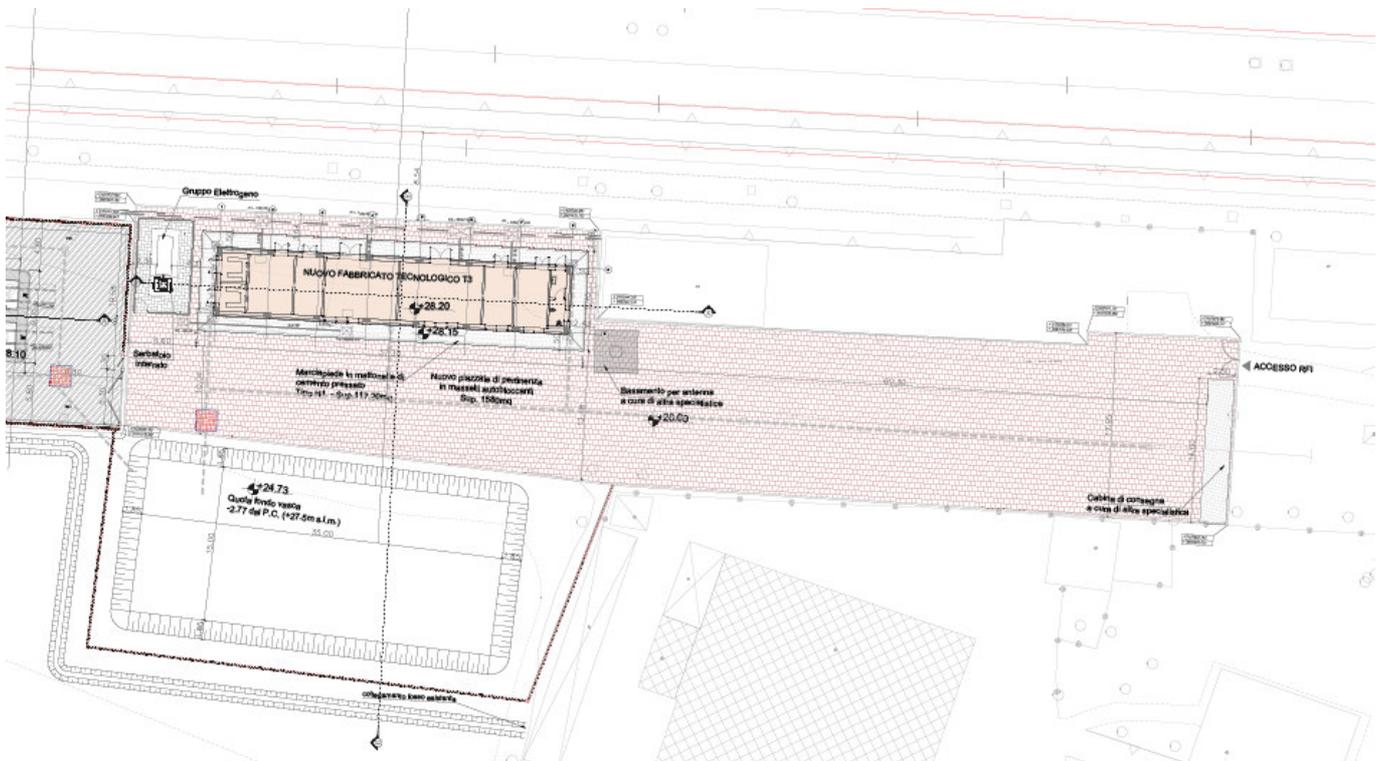


Figura 54-Planimetria di piazzale

13.4 Piazzale di Bozzolo

Il nuovo piazzale tecnologico di Bozzolo è ubicato al km 63+664.00 e presenta una superficie totale di 2345m². Al suo interno è posizionato il fabbricato tecnologico T3 con annessa vasca per gruppo elettrogeno; è inoltre presente una cabina di consegna.

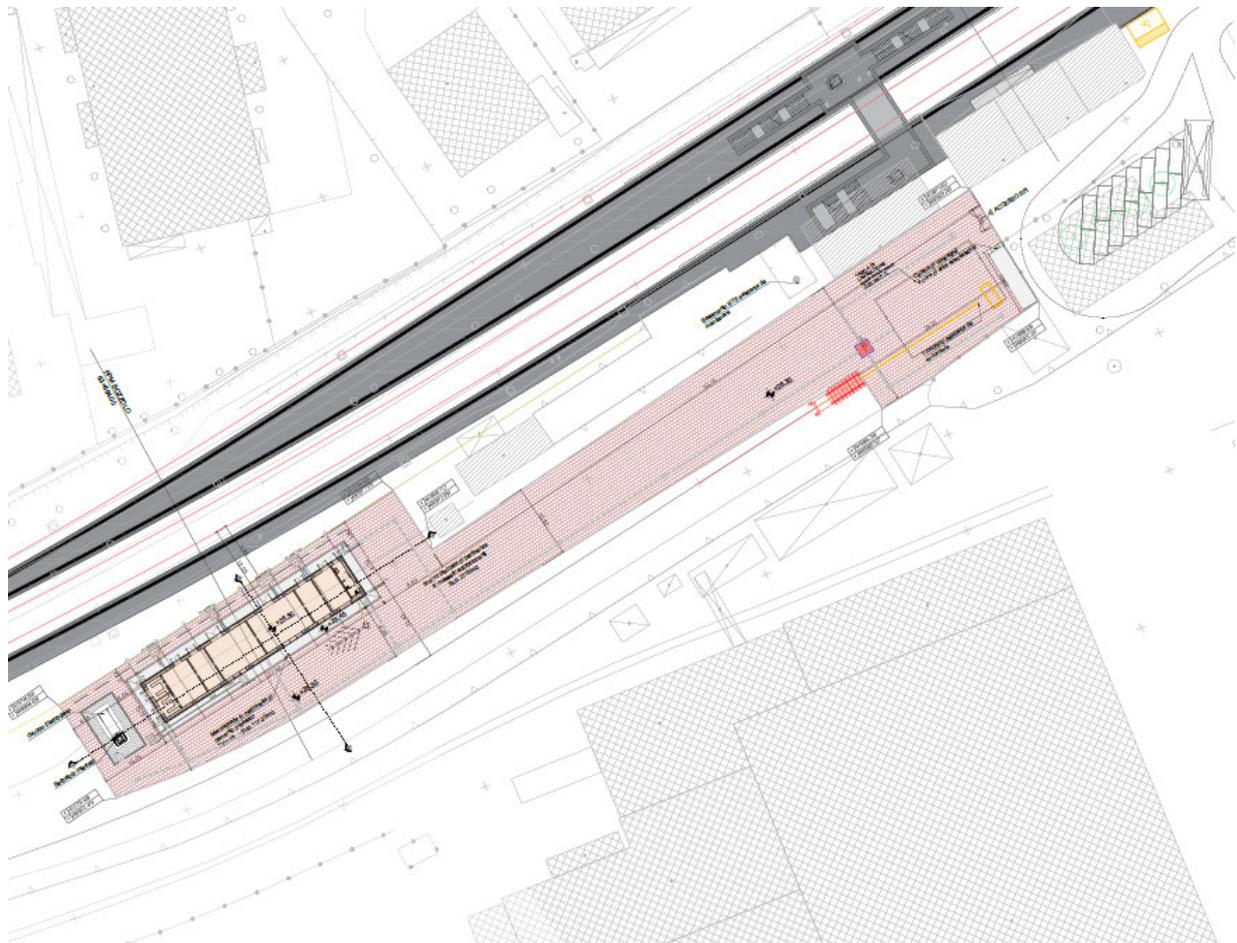


Figura 55-Planimetria di piazzale

13.5 Fabbricato tecnologico T3 – Marcaria e Bozzolo

Il fabbricato ha dimensioni in pianta di circa 33,90x6,30 m ed è caratterizzato da una copertura a capanna la cui altezza massima in corrispondenza del colmo è circa pari a 4,60 m.

Nel complesso la struttura è costituita da 8 telai in cemento armato di larghezza pari a 6 m e interasse di 4,80 m. Gli elementi strutturali verticali di ciascun telaio sono due pilastri di sezione 30x60 cm, mentre in sommità è presente una capriata triangolare in cemento armato, costituita da due correnti superiori di 30x25 cm ricalati rispetto allo spessore del solaio di copertura e un tirante inferiore di 30x30 cm. Le travi di bordo che collegano i vari telai hanno sezione estradossata di 30x58 cm mentre la trave di colmo ha una sezione di forma convessa inglobata nel getto dei solai.

Questi ultimi, orditi parallelamente alla pendenza della falda di copertura, sono realizzati con lastre parzialmente prefabbricate di tipo predalle, con blocchi di alleggerimento in polistirolo e getto di completamento realizzato in opera. Vista l'esiguità dei carichi che interessano la copertura, non è prevista soletta superiore di ripartizione dei carichi per il solaio, il cui spessore totale è di 16 cm (12+4).

La fondazione è realizzata con una platea di 30 cm di spessore, caratterizzata da nervature laterali alte 95 cm rispetto all'estradosso della fondazione.

Le tamponature esterne sono realizzate con blocchi forati di spessore pari a 30 cm posti in asse ai pilastri del fabbricato, intonacati internamente e rivestiti esternamente con uno strato coibentante in EPS di 10 cm di spessore, protetto da un ulteriore strato di forati da 8 cm a loro volta intonacati sull'esterno.

La pavimentazione interna è realizzata con un pavimento flottante con plenum di 60 cm, poggiate su una soletta di ripartizione di 5 cm posta al di sopra di uno strato di XPS ad alta densità di 8 cm; questo a sua volta è posto su un vespaio aerato costituito da igloo di 27 cm e soletta in c.a. di 5 cm armata con rete elettrosaldata.

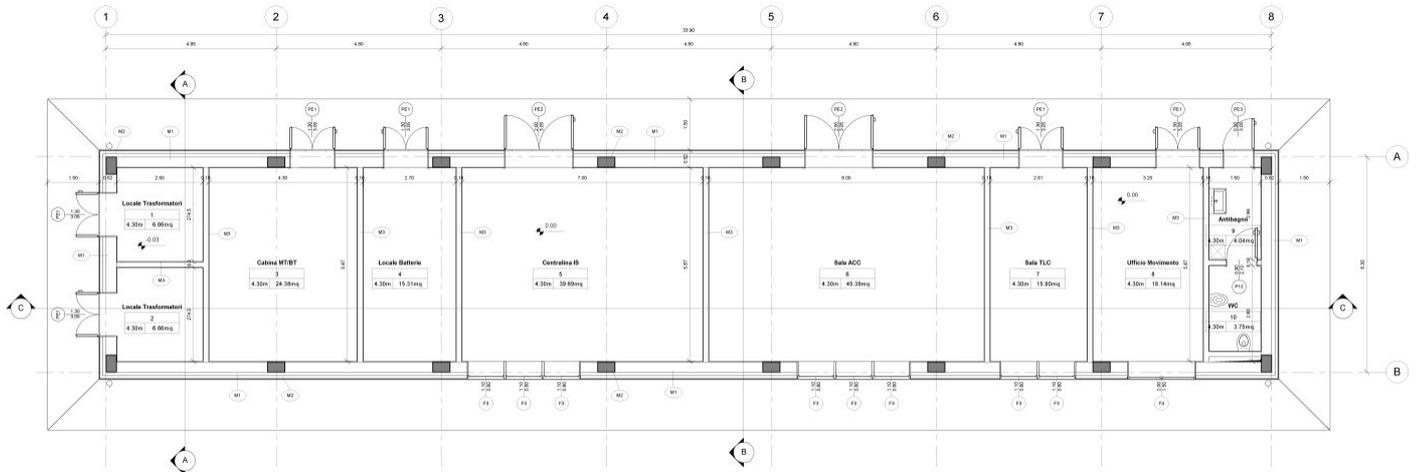


Figura 56. Pianta architettonica piano terra

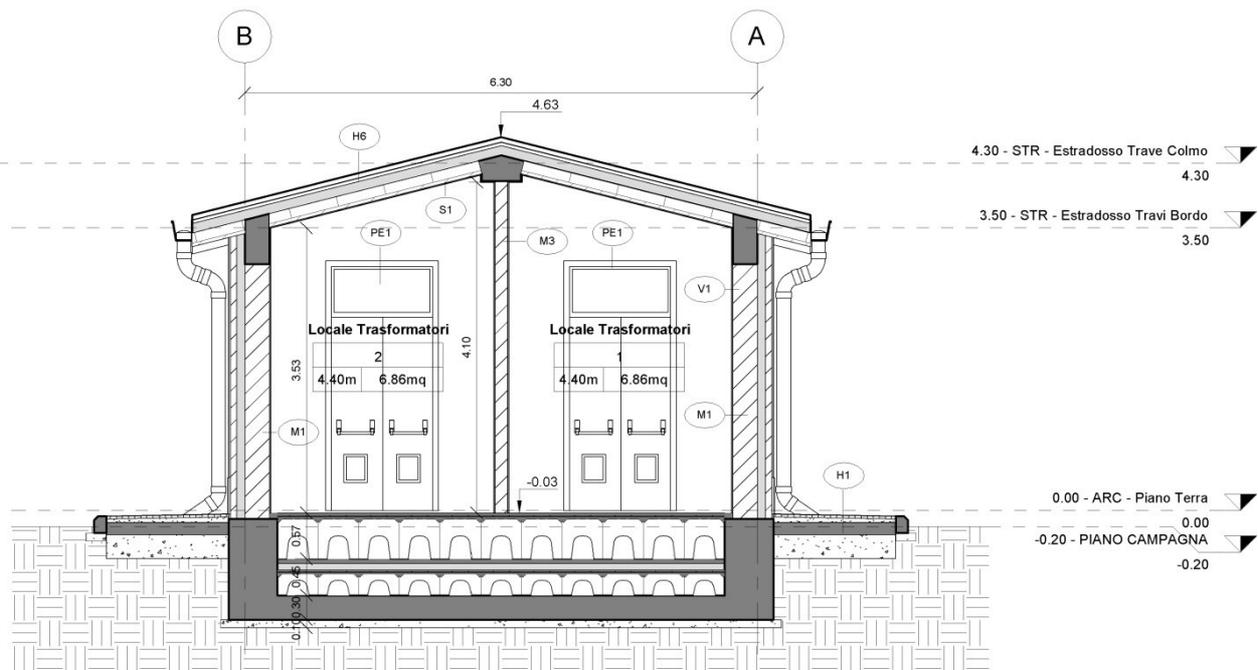


Figura 57. Sezione A-A

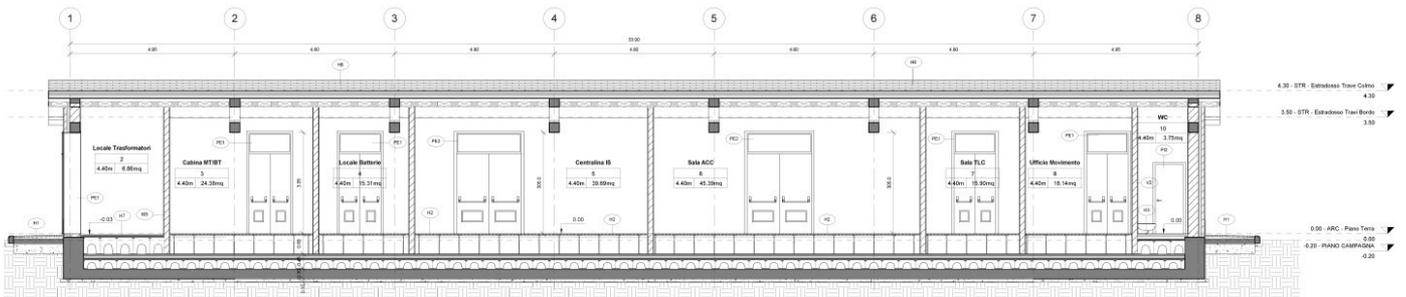


Figura 58. Sezione C-C

13.6 PPT e Garitte RTB

Lo shelter prefabbricato ha dimensioni 9.00 x 2.50 x 3.00 ed è posizionato su una platea di dimensioni 9.50 x 3.00 m di spessore pari a 50 cm. Per la platea sono ipotizzate quattro forometrie principali per il passaggio dei cavi, delle quali due di 20x170 cm e due di 40x280 cm.

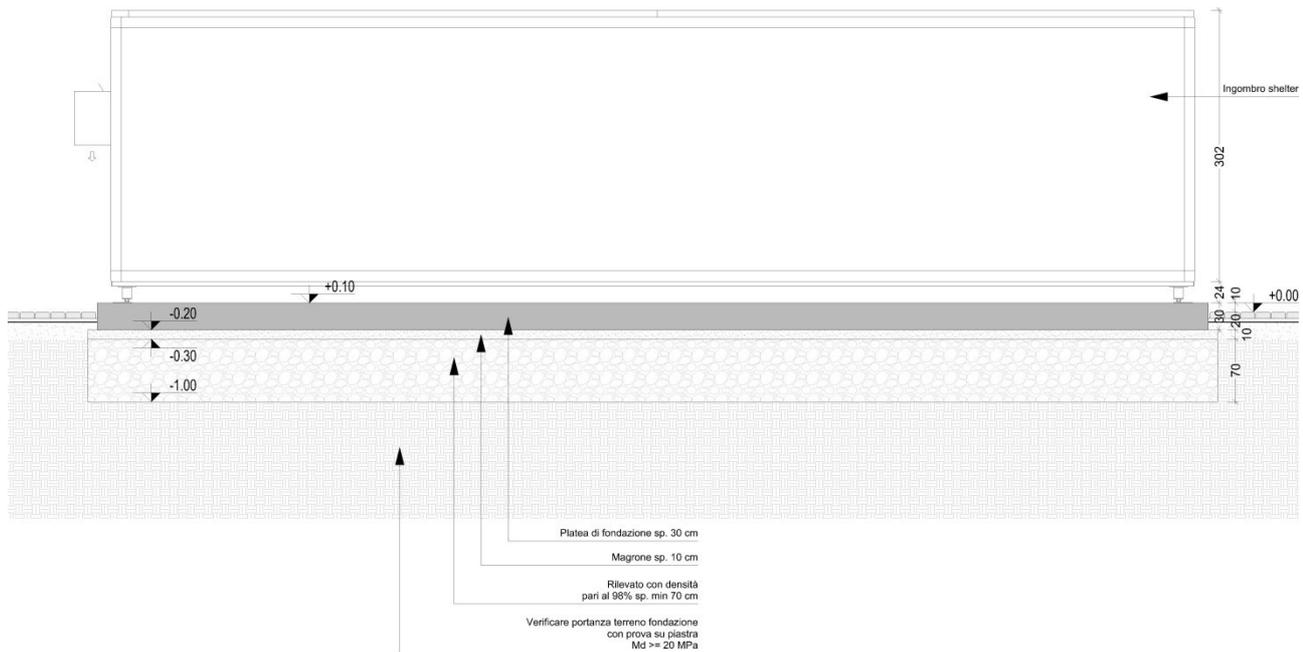


Figura 59- Sezione shelter e basamento

Analoghe strutture di fondazione sono previste per le garitte RTB, il cui basamento ha dimensioni 5.00x3,50m.

14. BONIFICA SISTEMATICA TERRESTRE

Le lavorazioni principali legate alla bonifica sistematica terrestre sono:

- taglio della vegetazione;
- bonifica di superficie (propedeutica a qualsiasi bonifica profonda) per la ricerca, localizzazione e rimozione di mine, ordigni ed altri manufatti bellici interrati, sia interra che in acqua, fino a 100 cm di profondità dal p.c. con l'impiego di apparati rilevatori da eseguirsi su tutta l'area interessata dai lavori, più un'area di sicurezza di 1,50 m lungo il perimetro della predetta area;
- bonifica di profondità, sia in terra che in acqua, per la ricerca, localizzazione e rimozione di mine, ordigni ed altri manufatti bellici interrati.

Nella tabella riportata di seguito vengono elencate le WBS di riferimento per la bonifica. Per i dettagli si rimanda alla documentazione specifica di progetto.

OP	TdO	PdO	Pk iniziale	Pk finale	B.O.B. Superficial e (m2)	B.O.B. Profonda con perforazioni e fino a - 3m da PC (m ²)	B.O.B. Profonda con perforazioni e fino a - 5m da PC (m ²)	B.O.B. Profonda con perforazioni e fino a - 7m da PC (m ²)	Scavo cauto
BB01	BB01A	BB10001	54+499,77	54+900,00	3.065	1.356	351	738	2.401
BB01	BB01B	BB10002	54+900,00	55+271,16	4.329	1.580	0	1.193	2.227
BB01	BB01C	BB10003	55+100,00	55+471,16	2.163	554	584	407	1.452
BB02	BB02A	BB10004	55+271,16	55+550,00	2.068	0	0	1.000	1.673
BB02	BB02B	BB10005	55+550,00	56+000,00	5.689	1.235	2.577	818	2.700
BB02	BB02D	BB10006	55+950,00	56+400,00	7.458	2.952	3.831	0	3.280
BB03	BB03A	BB10007	56+000,00	57+650,00	26.343	7.549	16.177	905	9.900
BB03	BB03B	BB10008	56+000,00	57+650,00	9.064	6.932	0	432	9.900
BB04	BB04A	BB10009	57+650,00	57+900,00	7.936	1.999	5.431	0	750
BB05	BB05A	BB10010	57+985,00	60+000,00	59.354	18.809	35.330	0	6.690
BB05	BB05B	BB10011	60+000,00	61+750,00	51.962	18.542	29.722	0	10.500
BB06	BB06A	BB10012	61+750,00	62+150,00	6.057	1.869	3.625	84	2.400
BB06	BB06B	BB10013	61+750,00	62+150,00	2.853	1.905	370	52	2.400
BB07	BB07A	BB10014	62+150,00	62+700,00	13.943	3.735	7.678	1.408	3.300
BB07	BB07B	BB10015	62+700,00	63+400,00	25.921	5.278	16.328	2.319	4.200
BB07	BB07C	BB10016	63+400,00	63+600,00	4.258	660	3.616	168	1.200
BB07	BB07D	BB10017	63+600,00	63+900,00	10.558	4.095	4.478	945	1.800
BB07	BB07E	BB10018	63+900,00	64+000,00	2.005	413	944	372	600
BB08	BB08A	BB10019	64+000,00	65+050,00	33.052	13.699	15.432	790	6.300
BB08	BB08B	BB10020	65+050,00	67+128,40	86.748	31.269	49.617	589	12.470
BB09	BB09A	BB10021	67+438,00	68+400,00	31.920	8.940	19.536	0	5.772

OP	TdO	PdO	Pk iniziale	Pk finale	B.O.B. Superficial e (m ²)	B.O.B. Profonda con perforazioni e fino a - 3m da PC (m ²)	B.O.B. Profonda con perforazioni e fino a - 5m da PC (m ²)	B.O.B. Profonda con perforazioni e fino a - 7m da PC (m ²)	Scavo cauto
BB10	BB10A	BB10022	68+400,00	69+000,00	18.396	6.557	9.132	1.729	3.600
BB10	BB10B	BB10023	69+000,00	69+336,70	18.607	6.742	8.354	1.237	2.020
BB10	BB10C	BB10024	69+336,70	69+800,00	10.192	3.723	4.131	1.426	2.780
BB11	BB11A	BB10025	69+800,00	71+350,00	36.794	12.114	19.478	1.926	9.300
BB12	BB12A	BB10026	71+383,00	72+300,00	33.100	14.776	14.823	1.165	5.502
BB13	BB13A	BB10027	72+300,00	72+450,00	3.063	980	1.133	546	900
BB14	BB14A	BB10028	72+450,00	74+450,00	43.603	15.757	22.574	902	12.000
BB14	BB14B	BB10029	74+450,00	75+550,00	24.888	9.150	10.849	2.788	6.600
BB14	BB14C	BB10030	75+550,00	77+000,00	31.714	11.996	15.044	2.233	8.700
BB14	BB14D	BB10031	77+000,00	78+150,00	24.502	9.508	11.646	1.290	6.900
BB15	BB15A	BB10032	78+150,00	78+593,00	7.507	1.796	3.192	1.616	2.658
BB15	BB15B	BB10033	78+593,00	78+856,00	7.085	2.589	2.254	1.008	1.578
BB15	BB15C	BB10034	78+856,00	80+100,00	29.279	11.148	12.777	2.546	7.464
BB16	BB16A	BB10035	80+100,00	81+300,00	29.378	12.220	13.636	873	7.200
BB16	BB16B	BB10036	81+300,00	81+750,00	11.686	4.086	6.587	377	2.700
BB17	BB17A	BB10037	81+750,00	82+200,00	11.776	4.284	5.262	0	2.700
BB18	BB18A	BB10038	82+200,00	83+850,00	41.084	17.267	18.041	2.045	9.900
BB19	BB19A	BB10039	83+900,00	85+150,00	33.504	16.418	13.497	1.545	7.500
BB19	BB19B	BB10040	85+150,00	86+350,00	26.533	10.080	11.777	2.430	7.200
BB20	BB20A	BB10041	86+350,00	87+350,00	22.607	7.120	9.781	3.100	6.000
BB20	BB20B	BB10042	87+350,00	88+350,00	15.106	2.931	7.283	2.901	6.000
BB20	BB20C	BB10043	88+350,00	89+461,60	27.298	6.718	15.709	2.758	6.670
BB21	BB21A	BB10044	56+528,96	56+528,96	41.903	37.726	0	772	2.401
BB22	BB22A	BB10045	59+575,00	59+575,00	64.741	58.512	0	886	2.227
BB23	BB23A	BB10046	64+073,00	64+073,00	35.192	31.668	0	772	1.452
BB24	BB24A	BB10047	65+392,00	65+392,00	43.627	39.501	0	772	1.673
BB25	BB25A	BB10048	68+187,65	68+187,65	19.030	16.821	0	772	2.700
BB26	BB26A	BB10049	69+825,00	69+825,00	15.490	13.400	0	772	3.280
BB27	BB27A	BB10050	74+767,52	74+767,52	20.836	18.473	0	771	9.900
BB28	BB28A	BB10051	75+651,77	75+651,77	31.475	28.126	0	772	9.900
BB29	BB29A	BB10052	78+065,83	78+065,83	20.488	17.980	0	772	1.500
BB30	BB30A	BB10053	79+459,30	79+459,30	27.087	23.744	0	772	12.090
BB31	BB31A	BB10054	82+088,10	82+088,10	29.637	25.854	0	772	10.500
BB32	BB32A	BB10055	84+540,40	84+540,40	27.376	24.375	0	772	2.400
BB33	BB33A	BB10056	87+684,25	87+684,25	14.209	12.278	0	772	2.400

Relazione generale opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	RH	OC 00 00 001	C	124 di 127

OP	TdO	PdO	Pk iniziale	Pk finale	B.O.B. Superficial e (m2)	B.O.B. Profonda con perforazioni e fino a - 3m da PC (m ²)	B.O.B. Profonda con perforazioni e fino a - 5m da PC (m ²)	B.O.B. Profonda con perforazioni e fino a - 7m da PC (m ²)	Scavo cauto
BB34	BB34A	BB10057	57+902,50	57+967,50	0	0	0	0	0
BB35	BB35A	BB10058	67+178,80	67+401,30	0	0	0	0	0
BB36	BB36A	BB10059	71+360,10	71+374,60	392	369	0	288	1.200
BB37	BB37A	BB10060	83+865,43	83+884,43	344	520	0	246	1.800
		SL01			2.523	1.300	431	0	0

15. DEMOLIZIONI

Il progetto di raddoppio della linea ferroviaria in alcuni punti particolari prevede la demolizione di strutture esistenti (fabbricati, tettoie, ecc...)

In particolare sulle planimetrie di progetto sono evidenziate le demolizioni previste in progetto e sintetizzate nella tabella riportata di seguito:

UBICAZIONE			OPERA	TIPOLOGIA OPERA	Motivo della demolizione		
COMUNE	Pk progetto	riferimento demolizione			Opera interferente con l'impronta della nuova sede	Opera da demolire per motivi idraulici	Opera da demolire per elevata vicinanza BA in progetto (<3m) interferenza con scavi
Piadena	54+844	D01	fabbricati/tettoie	fabbricato residenziale			X
Piadena	54+880	D01BIS	fabbricati/tettoie	fabbricato residenziale			X
Piadena	55+027	D01TER	fabbricati/tettoie	box			X
Piadena	55+074	D02	fabbricati/tettoie	fabbricato - sede AVIS Piadena			X
Piadena	55+688	D04	fabbricati/tettoie	fabbricato industriale	X (*)		
Piadena	56+100	D05	fabbricati/tettoie	tettoia	X		
Piadena	56+123	D06	fabbricati/tettoie	tettoia	X		
Piadena	58+050	-	viadotto canale Dugale	ponte		X	
Tornata	62+746	D07	fabbricati/tettoie	tettoia	X		
Bozzolo	63+320	D08	fabbricati/tettoie	tettoia	X		
Bozzolo	63+760	D08BIS	fabbricati/tettoie	fabbricato servizi FS	X		
Bozzolo	63+948	D09	fabbricati/tettoie	fabbricato (proprietà FS)	X		
Bozzolo	65+620	D10	fabbricati/tettoie	tettoia (proprietà FS)	X		
Bozzolo	65+656	D11	fabbricati/tettoie	tettoia (proprietà FS)	X		
Bozzolo\Marcaria	67+280	-	viadotto Oglio	ponte		X	
Marcaria	68+500	D12	fabbricati/tettoie	tettoia	X		
Marcaria	68+500	D13	fabbricati/tettoie	tettoia	X		
Marcaria	68+500	D14	fabbricati/tettoie	tettoia	X		
Marcaria	68+910	D15	fabbricati/tettoie	fabbricato residenziale	X		
Marcaria	68+940	D15bis	fabbricati/tettoie	capannoni attività artigianali	X		
Marcaria	69+123	D16	fabbricati/tettoie	fabbricato servizi FS	X		
Marcaria	70+373	D17	fabbricati/tettoie	tettoia	X		

Relazione generale opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	RH	OC 00 00 001	C	126 di 127

Marcaria	70+380	D18	fabbricati/tettoie	manufatto agricolo	X		
Marcaria	70+400	D19	fabbricati/tettoie	fabbricati ricovero mezzi agricoli	X		
Marcaria	70+445	D20	fabbricati/tettoie	deposito	X		X
Marcaria	70+590	D21	fabbricati/tettoie	tettoia	X		
Marcaria	70+610	D22	fabbricati/tettoie	tettoia	X		
Marcaria	71+215	D23	fabbricati/tettoie	fabbricato (rudere prop. FS)	X		
Marcaria	71+368	-	viadotto V103 canale	ponticello	X		
Marcaria	72+275	D24	fabbricati/tettoie	fabbricato (ex casello prop FS)	X		
Marcaria	74+533	D25	fabbricati/tettoie	fabbricato (proprietà FS)	X		
Marcaria	74+850	D26	fabbricati/tettoie	box	X		
Marcaria	74+850	D27	fabbricati/tettoie	box	X		
Castellucchio	77+000	D28	fabbricati/tettoie	fabbricato (ex casello prop FS)	X		
Castellucchio	78+333	D29	fabbricati/tettoie	deposito	X		
Castellucchio	78+353	D30	fabbricati/tettoie	fabbricato ricovero mezzi	X		
Castellucchio	78+425	D31	fabbricati/tettoie	tettoia	X		
Castellucchio	78+565	D32	fabbricati/tettoie	box	X		
Castellucchio	78+583	D33	fabbricati/tettoie	tettoia	X		
Castellucchio	80+328	D34	fabbricati/tettoie	fabbricato (rudere prop FS)	X		
Castellucchio	81+550	D35	fabbricati/tettoie	fabbricato (ex casello prop FS)	X		
Castellucchio	81+560	D36	fabbricati/tettoie	garitta (proprietà FS)	X		
Curtatone	82+850	D37	fabbricati/tettoie	fabbricato (proprietà FS)	X		
Curtatone	83+975	-	viadotto V104 canale	ponticello	X		
Curtatone	83+900	D38	fabbricati/tettoie	garitta (proprietà FS)	X		
Curtatone	84+632	D39	fabbricati/tettoie	fabbricato residenziale	X		
Curtatone	85+623	D40	fabbricati/tettoie	fabbricato attività artigianale	X		
Curtatone	85+683	D41	fabbricati/tettoie	box	X		
Mantova	85+778	D42	fabbricati/tettoie	garitta (proprietà FS)	X		
Mantova	85+778	D43	fabbricati/tettoie	garitta (proprietà FS)	X		
Mantova	85+810	D44	fabbricati/tettoie	tettoia	X		
Mantova	85+820	D45	fabbricati/tettoie	box	X		
Mantova	86+537	D46	fabbricati/tettoie	box	X		
Mantova	86+975	D47	fabbricati/tettoie	fabbricato residenziale	X		
Mantova	87+325	D48	fabbricati/tettoie	tettoia	X		
Mantova	87+779	D49	fabbricati/tettoie	fabbricato (proprietà FS)	X		
Mantova	87+974	D50	fabbricati/tettoie	tettoia	X		
Mantova	88+255	D52	fabbricati/tettoie	fabbricato (proprietà FS)	X		
Mantova	88+450	D53	fabbricati/tettoie	edificio commerciale	X		
Mantova	89+000	D54	fabbricati/tettoie	magazzino\edificio commerciale	X		

Relazione generale opere civili

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	RH	OC 00 00 001	C	127 di 127

Mantova	89+100	D55	fabbricati/tettoie	tettoia FS	X		
Mantova	89+130	D56	fabbricati/tettoie	fabbricato FS	X		
Mantova	89+170	D57	fabbricati/tettoie	fabbricato FS	X		
Mantova	89+370	D58	fabbricati/tettoie	fabbricato (ex benzinaio)	X		

Oltre a fabbricati e tettoie e Viadotti di linea, è previsto l'abbandono delle opere idrauliche minori esistenti in quanto non idonee dal punto di vista idraulico, e la realizzazione di nuovi attraversamenti.

Per tali tombini è previsto l'intasamento con calcestruzzo margo e alcune puntuali demolizione di porzioni di opera che possano interferire con la sede ferroviaria in progetto.