

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO TRATTA RHO - GALLARATE QUADRUPPLICAMENTO RHO - PARABIAGO E RACCORDO Y PRG DI RHO

ELABORATI GENERALI

Relazione generale opere civili

SCALA:

-

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

MDL1 31 D 26 RH OC0000 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	MANITTA	SETT. 2017	BIASCO	OTT. 2017	S. Borelli		SACCHI - OTT. 2017
								ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD Dott. Ing. Francesco Sacchi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n. 23172 Sez. A

File: MDL131D26RHOC0000001A.doc

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	3
1.1	SCOPO DEL DOCUMENTO	3
1.1	CONFIGURAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO	4
1.1.1	<i>Modifiche progettuali delle OOCC nella presente rielaborazione.</i>	<i>4</i>
1.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	5
2	Inquadramento territoriale dell'intervento	7
3	Geologia e geotecnica	8
3.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO.....	8
3.2	QUADRO RIEPILOGATIVO DELLE INDAGINI EFFETTUATE	8
3.3	PROVE DI LABORATORIO	9
3.4	CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI.....	9
3.4.1	<i>Classificazione geotecnica</i>	<i>9</i>
3.4.2	<i>Permeabilità</i>	<i>10</i>
3.4.3	<i>Falda.....</i>	<i>10</i>
3.4.4	<i>Modello e caratterizzazione geotecnica</i>	<i>11</i>
3.5	CLASSIFICAZIONE SISMICA	13
4	Idrologia ed idraulica attraversamenti principali	16
4.1	ATTRAVERSAMENTO DEL FIUME OLONA	16
4.2	ATTRAVERSAMENTO DEL TORRENTE BOZZENTE.....	19
4.3	ATTRAVERSAMENTO DEL TORRENTE LURA	20
4.4	ALTRE INTERFERENZE	20
5	Idrologia ed idraulica di sede	21
5.1	SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI SEDE.....	21
6	Progetto dell'infrastruttura ferroviaria	23
7	Corpo stradale ferroviario.....	26
7.1	CRITERI DI PROGETTAZIONE DEL CORPO STRADALE FERROVIARIO	26
7.2	L'ORGANIZZAZIONE DELLA SEZIONE TIPO	26
7.3	RILEVATI FERROVIARI	30
7.4	TRINCEE.....	32
8	Opere d'arte.....	33
8.1	CRITERI DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE D'ARTE PRINCIPALI	33
8.2	VI01 - AMPLIAMENTO SOTTOVIA DI CORSO EUROPA AL KM 2+563 BRETTELLA NORD	34
8.3	IN01 - ADEGUAMENTO VIA MAGENTA AL KM 3+169 BRETTELLA NORD.....	36
1.2	VI04 - ATTRAVERSAMENTO FIUME OLONA AL KM -0+114 SINGOLO BINARIO NORD (VI04).....	38
9	Accessibilità, utilizzo e manutenzione delle opere	41
9.1	OPERE PER LA VIGILANZA E LA MANUTENZIONE	41
9.1.1	<i>Rilevati</i>	<i>41</i>
9.1.2	<i>Trincee</i>	<i>41</i>
9.1.3	<i>Cancelli pedonali e carrabili.....</i>	<i>41</i>
9.2	OPERE ACCESSORIE.....	41
9.2.1	<i>Cunetta di piattaforma a fianco del sentiero pedonale</i>	<i>41</i>
9.2.2	<i>Pozzetti.....</i>	<i>41</i>
9.2.3	<i>Parapetto di sicurezza per il rischio di caduta dall'alto</i>	<i>41</i>
9.2.4	<i>Ostacoli per il rischio di folgorazione.....</i>	<i>42</i>

1 PREMESSA

1.1 Scopo del documento

Nell'ambito del progetto di potenziamento dell'attuale tratta a doppio binario Rho-Gallarate sulla linea Rho-Arona, sono stati individuati quale fase minima funzionale gli interventi compresi tra la stazione di Rho e la radice lato Gallarate della stazione di Parabiago, nonché la realizzazione del "Raccordo Y" di collegamento tra la linea F.S. e la linea Ferrovie Nord Milano (F.N.M.) nei pressi della stazione di Busto Arsizio. Tale configurazione rappresenta il Primo Lotto Funzionale dell'intero intervento di potenziamento della linea e dal 2009 è oggetto di un complesso iter autorizzativo, come meglio descritto nella relazione generale di progetto.

Tale tratta è ubicata a nord-ovest del capoluogo lombardo ed interessa la provincia di Milano corrispondente con la fascia di territorio compresa nei comuni di Rho, Pregnana Milanese, Vanzago, Pogliano Milanese, Nerviano, Parabiago e la provincia di Varese corrispondente con la fascia di territorio compresa nei comuni di Castellanza e Busto Arsizio.

Gli interventi si sviluppano per un'estensione di circa 15 km e sono sinteticamente riassumibili in:

PRG di Rho

- realizzazione bretella di collegamento tra il binario pari della linea "Milano P.ta Garibaldi-Novara" ed il binario pari linea "Milano-Varese" nel tratto Rho – Fiera Milano;
- PRG della Stazione di Rho con collegamento fra questa e le linee Milano-Torino e Rho-Arona.

Tratta Rho(e) – Parabiago(i) e Raccordo Y

- realizzazione del quadruplicamento della linea tra Rho e Parabiago;
- realizzazione del raccordo Y di collegamento tra la linea F.S. e la linea Ferrovie Nord Milano (F.N.M.) in prossimità della stazione di Busto Arsizio.

Nell'ambito della realizzazione del fascio di 4 binari, è previsto l'adeguamento dell'attuale stazione di Parabiago e della fermata di Vanzago. Sarà invece realizzata una nuova fermata a Nerviano.

Il presente progetto definitivo è attualmente oggetto di una procedura di approvazione ai sensi dell'art. 167 comma 5 del D.Lgs. 163/2006, avviata nell'ottobre 2013, nell'ambito della quale il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con proprio parere ha ritenuto che detto "il progetto definitivo relativo al "potenziamento della linea ferroviaria Rho – Arona. Tratta Rho – Gallarate. Quadruplicamento Rho – Parabiago e Raccordo a Y debba essere rielaborato, integrato ed aggiornato secondo le osservazioni e prescrizioni riportate al fine di acquisire il parere di questo Consiglio Superiore".

La presente revisione progettuale rappresenta pertanto la rielaborazione/integrazione/aggiornamento in esito alle osservazioni e prescrizioni formulate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nel proprio Parere 98/2014 reso dall'assemblea nell'adunanza del 26 settembre 2014.

1.1 Configurazione del Progetto Definitivo

La configurazione del progetto definitivo in oggetto è di fatto quella presentata al nuovo iter autorizzativo avviato in data 24 ottobre 2013 con nota prot. RFI-AD\A0011\P\2013\0001040, che prevede tutti gli interventi risultanti dal precedente Progetto Definitivo presentato alla Conferenza dei Servizi del 2009 e dalle prescrizioni di approvazione di tale PD contenute nella delibera CIPE n.33/2010, poi annullata.

1.1.1 Modifiche progettuali delle OOCC nella presente rielaborazione.

I principali temi oggetto della presente rielaborazione sono i seguenti:

1. Progettazione di una soluzione di attraversamento ferroviario del fiume Olona a Rho conforme alle disposizioni del DM 14/1/2008, corredata di uno studio idraulico bidimensionale aggiornato.
2. Integrazione di indagini geognostiche e redazione di un nuovo studio geologico conforme alle disposizioni del DM 14/1/2008.
3. Aggiornamento del dimensionamento di tutte le opere d'arte secondo il DM 14/1/2008.
4. Aggiornamento delle interferenze con i sottoservizi e introduzione nel progetto delle opere e dei costi di risoluzione (attraverso l'interfacciamento con tutti gli Enti Gestori dei servizi per la redazione dei propri progetti di risoluzione)
5. Progettazione di una variante planimetrica di tracciato per la risoluzione della interferenza dell'intervento ferroviario con i limitrofi stabilimenti classificati RIR.
6. Adozione di un sistema di drenaggio di piattaforma indipendente dal derivatore di Parabiago, tale da svincolare la realizzazione della linea dalla necessità di realizzare il nuovo by-pass del canale Villoresi originariamente richiesto come "Opera correlata"
7. Aggiornamento all'attualità delle opere di viabilità per tener conto degli interventi nel frattempo già realizzati e/o in corso di realizzazione da parte di Terzi

1.2 Documentazione di riferimento

Per lo sviluppo del progetto sono stati presi a riferimento i seguenti documenti:

- Documentazione progettuale relativa al **Progetto Definitivo per Conferenza di Servizi sviluppato da Italferr** (2009).
- **Approvazione di RFI al Progetto Definitivo per Conferenza di Servizi** (Delibera n°54 Direzione Investimenti - Direzione Programmi Investimenti Diretrici Est Ovest Milano, del 30/07/2009).
- **Delibera Regione Lombardia n° VIII/10273 del 07/10/2009.**
- **Approvazione CIPE del 13 maggio 2010** ai sensi e per gli effetti dell'art. 165 e dell'art. 185 comma 6, del D.Lgs. 163/2006 con le prescrizioni e le raccomandazioni proposte dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, del progetto definitivo del potenziamento della tratta Gallarate – Rho della linea Arona - Rho. La Delibera n. 33/2010 è stata pubblicata nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 42 del 21-2-2011 con allegate le Prescrizioni da ottemperare nella fase di progettazione esecutiva ed in quella realizzativa.
- **Legge 5-1-1971 n° 1086:** Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica”.
- **Legge. 2 febbraio 1974, n. 64.** Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- **D.M. 14 gennaio 2008** - Norme Tecniche per le Costruzioni
- **Circolare 2 febbraio 2009, n. 617** - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- UNI EN 1992-1 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Regole generali”.
- UNI EN 1992-2 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Ponti”.
- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.
- UNI EN 206-1:2014: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI 11104: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1”.
- “Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.”.
- UNI CODE 777-2 “Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone”
- **"Manuale di Progettazione delle Opere Civili"** della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato
- **Norme Tecniche C.N.R. n. 10011-85 del 18/04/1985** – “Costruzioni di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione” e successive modificazioni ed integrazioni di cui alle CNR 10011-97 del 21/12/1997.
- **Norme Tecniche C.N.R. n. 10025-84 del 14/12/1984** - Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in conglomerato cementizio e per le strutture costruite con sistemi industrializzati di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.
- **Ministero lavori pubblici – norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade** – g.u. n° 3 del 04/01/2002.
- **Disciplinare tecnico** relativo agli schemi segnaletici, differenziati per categoria di strada, da adottare per il segnalamento temporaneo (Suppl. Straord. G.U.n. 226 del 26-9-2002).
- **EC8 - UNI ENV 1998-5** - Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

- **EC7 - UNI ENV 1997-1** - Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.
- **EC2 – UNI ENV 1992 -1-1-** Progettazione delle strutture in calcestruzzo.
- **Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE;**
- **D.lgs n. 152/2006** – T.U. dell’ambiente e aggiornamenti;
- **Direttiva Alluvioni 2007/60/CE;**
- **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).
- **Regione Lombardia – D.C.R. 15/01/2002 n. VII/0402** - Piano regionale di risanamento delle acque settori funzionali pubblici servizi acquedotto, fognatura, collettamento e depurazione.
- **Regione Lombardia - “Programma di tutela ed uso delle acque”**, ai sensi della L.R. 12 dicembre 2003, art.45, comma 3 e del D.Lgs. 11 maggio 1999, n.152, art.44, Titolo IV, Capo I.

Altre specifiche e norme di riferimento sono citate nelle relazioni specifiche del progetto definitivo.

2 Inquadramento territoriale dell'intervento

L'intervento descritto nella presente relazione si colloca all'interno della Regione Lombardia ed interessa l'area nord-ovest della provincia di Milano.

In particolare l'intero tracciato di progetto ricade all'interno del Comune di Rho.

Nella figura seguente è riportato l'inquadramento territoriale dell'intervento.

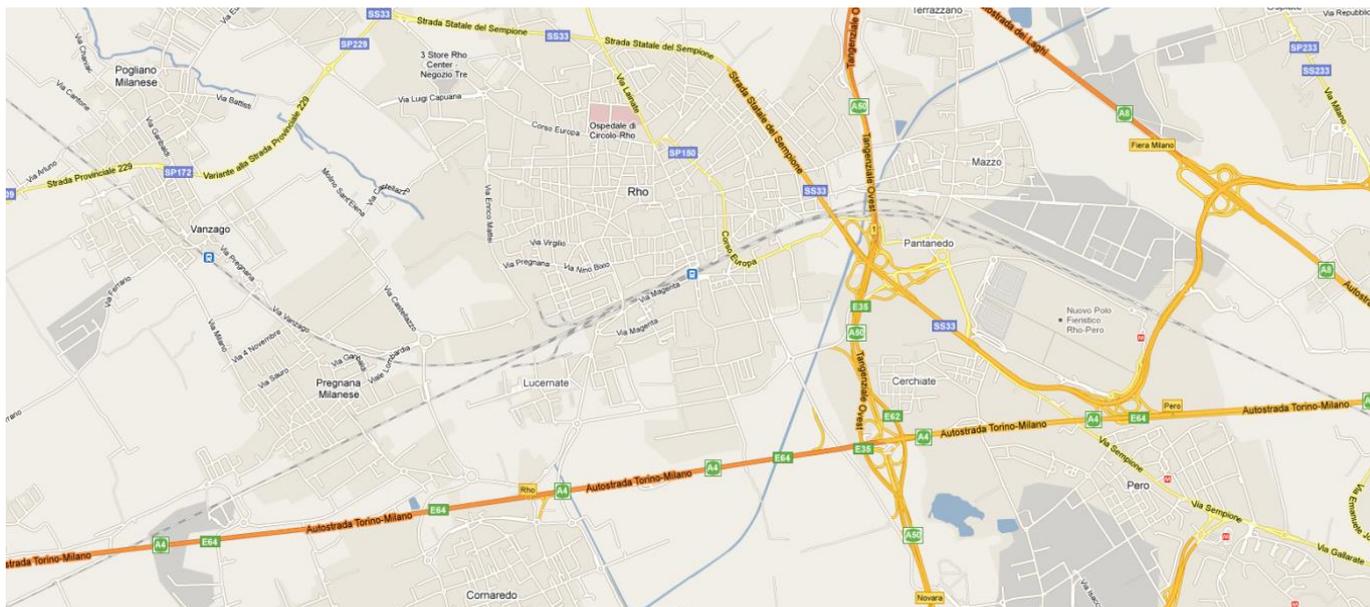


Figura 1 – Corografia dell'intervento in progetto

3 Geologia e geotecnica

3.1 Inquadramento geologico ed idrogeologico

Il tracciato ferroviario di progetto si sviluppa all'interno dell'area nord-occidentale della Pianura Padana e corrisponde al settore centrale del margine settentrionale sud-alpino.

In particolare, la zona interessata dal tracciato si estende in un'area caratterizzata da una morfologia pianeggiante e da bassa sismicità, con riferimento agli eventi sismici registrati nel passato (cfr. relazione sismica – elaborato MDL131D26RBGE0005002A).

I rilievi e le indagini geologiche e geomorfologiche evidenziano che l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di una formazione ghiaiosa – sabbiosa, fino ad una profondità di 20 ÷ 25 m circa dal piano di campagna, cui segue, fino alla massima profondità indagata, una formazione prevalentemente sabbiosa.

Dalla Relazione Geologica di progetto risulta, inoltre, che dal punto di vista idrogeologico l'area è caratterizzata da più falde idriche sotterranee sovrapposte, separate tra loro da orizzonti argilloso-limosi non sempre continui, la cui presenza tende ad aumentare con la profondità. In particolare, si osserva una progressiva diminuzione della granulometria dei terreni in senso verticale, riferibile a diverse fasi di deposizione, che comporta la formazione di tre acquiferi distinti. Il primo acquifero, che interagisce con le opere in progetto, è caratterizzato dalla netta prevalenza di litotipi grossolani che presentano spessore maggiore di 35 m, con lenti limoso-argillose di limitato spessore ed estensione areale.

3.2 Quadro riepilogativo delle indagini effettuate

Per lo sviluppo della progettazione delle opere civili relative alla tratta in esame e dell'allargamento dei rilevati, sono state eseguite indagini di carattere geologico e geotecnico finalizzate:

- al riconoscimento geologico e geotecnico dei terreni di fondazione;
- alla caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione, finalizzata alla definizione dei parametri per l'esecuzione dei calcoli geotecnici e strutturali;
- alla ricostruzione dei rapporti opere-terreni.

Nel periodo settembre – dicembre 2008 sono stati eseguiti 25 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo spinti fino ad una profondità massima di 30 m. Nel periodo maggio – giugno 2017 sono stati eseguiti 8 sondaggi integrativi anch'essi spinti fino ad una profondità massima di 30 m. All'interno dei fori sono state effettuate prove penetrometriche dinamiche (SPT) e prove di permeabilità tipo Lefranc.

Al fine di rilevare la profondità della superficie piezometrica della falda freatica, dodici sondaggi sono stati strumentati con piezometri a tubo aperto (diametro di 2 pollici).

In dettaglio, per l'intero intervento di potenziamento da Rho a Gallarate, nel corso dei sondaggi sono state sviluppate le seguenti attività:

- prelievo di campioni indisturbati (n. 3) e rimaneggiati (n. 232 di cui 160 relativi al 2008 e 72 al 2017), successivamente sottoposti a prove geotecniche di laboratorio;
- n. 237 (165 relative al 2008 e 72 relative al 2017) prove SPT (Standard Penetration Test);
- n. 22 (14 relative al 2008 e 8 relative al 2017) prove di permeabilità in foro tipo Lefranc;
- rilievo del livello dell'acqua all'interno dei fori di sondaggio, durante le operazioni di perforazione;

- misure speditive della resistenza alla punta con penetrometro tascabile, limitatamente ai termini LS, presenti nei sondaggi PNMDL1R26 – SCMDL1R27;
- stratigrafie dei terreni.

Le operazioni di perforazione sono state eseguite utilizzando un carotiere semplice con valvola in testa a sfera e calice per perforazione a secco, con un diametro nominale esterno pari a 101 mm e lunghezza utile $l = 150 \div 300$ cm.

Per l'individuazione dei sondaggi e delle prove afferenti la tratta in esame si rimanda alle relazioni specifiche.

3.3 Prove di laboratorio

Sui campioni indisturbati e rimaneggiati prelevati con i sondaggi, sono state eseguite prove di laboratorio di identificazione e meccaniche. In particolare, sono state effettuate determinazioni del contenuto naturale d'acqua w , del peso dell'unità di volume γ , del peso specifico dei grani γ_s , dei limiti di consistenza w_p e w_L e della composizione granulometrica.

Sono state eseguite anche n. 8 prove di taglio diretto CD e n. 1 prova di compressione triassiale consolidata non drenata (CU).

3.4 Caratterizzazione dei terreni

3.4.1 Classificazione geotecnica

I terreni che ricadono nel volume di terreno significativo ai fini geotecnici, sono stati raggruppati in 5 classi, per ciascuna delle quali possono distinguersi i termini principali indicati nella tabella seguente.

Terreni di copertura	Ghiaia con sabbia e sabbia limosa di colore marrone, sciolta o poco addensata (S). Localmente materiale di riporto costituito di ghiaia sabbiosa, di colore grigio, con frammenti di laterizi e calcestruzzo (R).
LS	Limo sabbioso, a tratti limo argilloso debolmente sabbioso, di colore marrone.
SL	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa, di colore giallastro, con qualche elemento lapideo di dimensioni centimetriche.
SG	Sabbia ghiaiosa debolmente limosa di colore marrone.
GS - G	Ghiaia sabbiosa di colore marrone (GS), con presenza di clasti integri da arrotondati a sub angolari. Localmente si rinvencono lenti di sabbia ghiaiosa SG . A tratti è intercalata a ghiaia in matrice sabbiosa (G). Locale presenza di elementi di dimensioni maggiori di 60 mm.

Tabella 1 – Classificazione geotecnica dei terreni

I terreni GS sono stati ulteriormente suddivisi in due classi (GS' – GS'') in funzione della profondità dal piano di campagna. In particolare alla classe GS' appartengono i campioni prelevati entro i primi 5 m dal p.c., mentre alla classe GS'' appartengono i campioni più profondi. Gli stessi terreni GS includono anche livelli di ghiaia in matrice sabbiosa (indicati con la sigla G). Tali livelli, che derivano essenzialmente da considerazioni di carattere stratigrafico, vengono distinti solo negli elaborati relativi ai rapporti opere-terreni ed alla caratterizzazione geotecnica.

3.4.2 Permeabilità

I valori del coefficiente di permeabilità k sono stati desunti dalle prove di permeabilità Lefranc a carico costante.

Le ghiaie sabbiose GS'' e le sabbie limose SL mostrano valori del coefficiente di permeabilità dell'ordine di $10^{-2} \div 10^{-3}$ cm/s. Valori di un ordine di grandezza inferiore si ottengono per le sabbie ghiaiose SG ($k \cong 10^{-4}$ cm/s). Valori ancora più bassi si deducono per i terreni LS ($k \cong 10^{-5}$ cm/s).

3.4.3 Falda

Nella tabella che segue sono riportate le misure piezometriche disponibili nell'area oggetto dell'intervento, dedotte dalle stratigrafie di dettaglio e dalla Relazione Geologica di progetto MDL100D26RGGE0001001A.

Sondaggio	Tipo di piezometro	Località	Profondità falda ⁽¹⁾ [m da p.c.]	Profondità falda ⁽²⁾ [m da p.c.]	Profondità falda ⁽³⁾ [m da p.c.]
S26	a tubo aperto – 30m	Rho (MI)	7,9	6,50	6,67
S27	-		11,5		-
S28	a tubo aperto – 30m		6,8	6,70	6,90

(1): lettura al termine delle operazioni di perforazione;

(2): letture del 5/2/2009;

(3): letture del 5/3/2009 (rif. Relazione geol. MDL100D26RGGE0001001A)

Tabella 2 - Quadro delle letture piezometriche disponibili campagna 2009

Sondaggio	Tipo di piezometro	Località	Profondità falda [m da p.c.]		
			Giu-17	Ago-17	Set-17
PNMDL1O01/17	a tubo aperto – 30m	Rho (MI)	7,5	5,52	5,29

Tabella 3 - Quadro delle letture piezometriche disponibili campagna 2017

3.4.4 Modello e caratterizzazione geotecnica

In generale, lungo l'intera tratta si osserva una sequenza stratigrafica abbastanza omogenea. In particolare, partendo dall'alto si distinguono:

- **Terreni di copertura** costituiti di riporto R e sabbie limose e sabbie ghiaiose S, per spessori di $2 \div 3$ m, localmente anche maggiori di 4 m. A partire dalla stazione di Busto Arsizio, spostandosi in direzione Gallarate, gli spessori risultano più contenuti ($1 \div 2$ m). Tali terreni risultano assenti nel tratto compreso tra il sottopasso pedonale al km 13+323 ed il sottopasso al km 15+210, dove le ghiaie sabbiose GS si rinvencono fin dal piano di campagna e, localmente, in corrispondenza del sondaggio PNMDL1O14 e dell'area della stazione di Busto Arsizio.
- Un **banco di ghiaia sabbiosa GS** che assume uno spessore medio di 20 m. Nella zona di Rho si rinviene, all'interno dei terreni GS, un livello di limo sabbioso LS, a partire da una profondità di $8 \div 10$ m dal p.c. e per uno spessore medio di 1 m circa. All'interno dei terreni GS si rinvencono, inoltre, lenti di ghiaia G:
 - in corrispondenza del sondaggio PNMDL1O23;
 - in corrispondenza del sondaggio S01/17;
 - nell'area compresa tra il nuovo sottopasso ciclopedonale al km 7+470 ed il sottovia al km 8+695, a partire da una profondità di circa 8 m e per spessori di circa 3 m;
 - più superficialmente (da circa 2 m dal p.c.) a partire dall'ultimo sottovia citato, fino alla fermata di Legnano, per spessori che possono essere anche maggiori di 5 m. In tale zona, a tratti, i terreni G affiorano sul p.c.;
 - nella medesima zona della fermata di Legnano, a partire da profondità maggiori ($12 \div 20$ m);
 - tra i sondaggio SCMDL1R03 ed PNMDL1O04 a partire da una profondità media di 9 m e per spessori di circa 6 m;
 - in corrispondenza del sondaggio PNMDL1C01, in due livelli distinti, a partire, rispettivamente, da profondità di 1,3 m e 10 m e per spessori di circa 4 m e 8 m circa.
- **Sabbie ghiaiose SG** a profondità maggiori di 20 m. Tali terreni costituiscono i termini rinvenuti alla base di quasi tutti i sondaggi. Livelli di circa 2 m di sabbia limosa SL si rinvencono nell'area del sondaggio PNMDL1M28, al tetto del banco, ed in corrispondenza del sondaggio PNMDL1C01, da circa 26 m di profondità. Una lente di limo sabbioso LS è presente nel sondaggio PNMDL1U05 a fondo foro.

Per una puntuale individuazione delle caratteristiche stratigrafiche dei terreni in corrispondenza dell'intervento di progetto si rimanda ai profili geotecnici ed alla relazione geotecnica generale.

Con riferimento ai terreni che costituiscono il volume significativo ai fini del dimensionamento geotecnico delle opere in progetto, nella tabella seguente si riportano gli intervalli assunti per i principali parametri geotecnici.

Il valore del peso dell'unità di volume dei terreni superficiali R ed S è stato dedotto da dati di letteratura.

I parametri di resistenza al taglio sono stati ridotti, cautelativamente, rispetto a quanto risulta dalle elaborazioni effettuate, in considerazione dell'ampia dispersione dei valori ottenuti nel corso delle indagini. I parametri sono in linea, comunque, con i valori medi attribuibili ai terreni in esame.

In considerazione dei pochi dati disponibili, per i terreni LS, presenti prevalentemente nella zona di Rho, è stato considerato cautelativamente un intervallo di variazione di c_u tra 30 e 100 kPa. Per la caratterizzazione degli stessi terreni in termini di deformabilità, sono stati utilizzati i risultati di indagini eseguite in zone limitrofe, riportati nella Relazione Geotecnica del progetto costruttivo delle pile del viadotto di Rho sulla linea AC Milano-Torino.

Per quanto riguarda gli intervalli di variazione del modulo di Young per fondazioni ed opere di sostegno, sono stati assunti i valori ricavati con le correlazioni di N_{55} e quelli ottenuti con la formula di Jamiolkowski.

Per il calcolo dei cedimenti di fondazione dei rilevati, cautelativamente, sono stati adottati valori del modulo di Young operativo inferiori rispetto a quelli sopra citati.

Per la velocità delle onde di taglio e per il modulo dinamico sono stati adottati i valori ricavati dalla correlazione di Ohta e Goto.

I valori di N_{SPT} della ghiaia sabbiosa GS'' sono da ritenersi cautelativi, dal momento che molte prove SPT sono andate a rifiuto.

Parametri	TERRENI						
	G	GS'	GS''	SG	SL	LS	S/R
Profondità dal p.c. [m]	intercalate a GS	0 ÷ 5	5 ÷ 25	20 ÷ 25	20 ÷ 25	6 ÷ 12	0 ÷ 5
Peso di volume γ [kN/m ³]	20	19 ÷ 20.5	19 ÷ 20.5	20 ÷ 21	20 ÷ 21.5	20	18
Densità relativa D_r [%]	30 ÷ 80	30 ÷ 90	30 ÷ 90	30 ÷ 75	50 ÷ 70		
Angolo d'attrito operativo ϕ' [°]	38	35 ÷ 37	37 ÷ 39	32 ÷ 35	30 ÷ 32	25 ÷ 30	30
Coesione efficace c' [kPa]						10 ÷ 30	
Coesione non drenata c_u [kPa]						30 ÷ 100	
Velocità delle onde di taglio V_s [m/s]		200 ÷ 350	250 ÷ 450	300 ÷ 450			
Modulo di taglio a piccole deformazioni G_0 [MPa]		70 ÷ 250	150 ÷ 400	200 ÷ 450			
Modulo di Young operativo per fondazioni [MPa]	40 ÷ 50	20 ÷ 40	15 ÷ 45	15 ÷ 30	18 ÷ 20	10 ÷ 20	
Modulo di Young operativi per opere di sostegno flessibili [MPa]	40 ÷ 50	20 ÷ 40	15 ÷ 45	15 ÷ 30	18 ÷ 20	10 ÷ 20	
Modulo di Young operativo per il calcolo dei cedimenti di fondazioni di rilevati [MPa]	30 ÷ 40	10 ÷ 30	10 ÷ 35	10 ÷ 20	10 ÷ 15	10 ÷ 15	10 ÷ 20
Modulo edometrico [MPa]		15 ÷ 40	20 ÷ 50	20 ÷ 40	10 ÷ 30	10 ÷ 15	
Valore di N_{SPT} di riferimento nel calcolo dei pali di fondazione [colpi/30cm]		4 ÷ 37	25 ÷ 60	30 ÷ 60			
Coefficiente di consolidazione						3×10^{-3} (1)	

primaria C_v [cm ² /s]						5×10^{-3} (2)	
Coefficiente di consolidazione secondaria c_α [%]						-	
Coefficiente di permeabilità k [cm/s]			$10^{-2} \div 10^{-3}$	10^{-4}	10^{-3}	10^{-5}	

Tabella 3 - Parametri geotecnici di riferimento

G = Ghiaia intercalata ai terreni GS
GS' = Ghiaia sabbiosa - livelli superficiali (0 ÷ 5)
GS'' = Ghiaia sabbiosa - livelli profondi (5 ÷ 25)
SG = Sabbia ghiaiosa
SL = Sabbia limosa
LS = Limo sabbioso
S = Sabbia limosa ghiaiosa superficiale
R = Riporto

- (1) Valore valido per lo strato di limo più superficiale
 (2) Valore valido per gli altri strati di limo mediamente profondi o profondi.

3.5 Classificazione sismica

Il tracciato di progetto si sviluppa all'interno dell'area nord-occidentale della Pianura Padana e corrisponde alla parte centrale del margine settentrionale sud-alpino.

In particolare, la zona interessata dal tracciato si estende in un'area caratterizzata da una morfologia pianeggiante, caratterizzata da bassa sismicità con riferimento agli eventi sismici registrati nel passato.

La storia sismica dei comuni attraversati dal tracciato di progetto, ricostruita attraverso la consultazione del "database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani" a cura dell'INGV¹, è caratterizzata da pochi eventi sismici rilevati, con intensità al sito I_s (MCS) generalmente compresa tra il III ed il IV grado. Il terremoto storico più significativo è quello che ha interessato il Comune di Gallarate nel 1901 ($I_s=6$) con area epicentrale Salò (BS).

Nelle seguenti tabelle (2.A÷2.D) si riportano tutte le osservazioni macrosismiche² in corrispondenza dei principali comuni attraversati dalla linea ferroviaria di progetto, estratte dal sito <http://emidius.mi.ingv.it/>.

Effetti	In occasione del terremoto:									
	I_s	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	I_o	Mw
	5	1914	10	27	09	22		GARFAGNANA	7	5.79
	3	1960	03	23	23	08	49	Vallese	6-7	5.36
	NF	1905	04	29	01	46	45	Alta Savoia	7-8	5.79
	NF	1909	01	13	45			BASSA PADANA	6-7	5.53
	NF	1983	11	09	16	29	52	Parmense	6-7	5.10

Tab. 2.A - Storia Sismica di Rho (MI)

¹ Stucchi et alii. (2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzato per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>. Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38.

² Le sigle che figurano nelle tabelle 2.A÷2.D indicano: I_s = intensità macrosismica, I_o = Intensità epicentrale, Mw = magnitudo, AE = Area epicentrale, Me = mese, Gi = giorno, Or = ora, Mi = minuto, Se = secondo.

Effetti										In occasione del terremoto:									
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE		Io	Mw									
4	1968	06	18	05	27		BARD		6	5.18									
3	1972	10	25	21	56		PASSO CISA		5	4.95									
2	1960	03	23	23	08	49	Vallese		6-7	5.36									

Tab. 2.B - Storia Sismica di Parabiago (MI)

Effetti										In occasione del terremoto:									
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE		Io	Mw									
4	1983	11	09	16	29	52	Parmense		6-7	5.10									
F	1976	05	06	20			FRIULI		9-10	6.43									
2-3	1960	03	23	23	08	49	Vallese		6-7	5.36									
2-3	1972	10	25	21	56		PASSO CISA		5	4.95									
2	1898	03	04				CALESTANO		6-7	5.07									
NF	1913	11	25	20	55		VAL DI TARO		5	4.85									

Tab. 2.C - Storia Sismica di Busto Arsizio (VA)

Effetti										In occasione del terremoto:									
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE		Io	Mw									
6	1901	10	30	14	49	58	Salo'		8	5.67									
5	1914	10	27	09	22		GARFAGNANA		7	5.79									
4-5	1913	12	07	01	28		NOVI LIGURE		5	4.72									
4	1887	02	23	05	21	50	Liguria occidentale		9	6.29									
F	1891	06	07	01	06	14	Valle d'Illasi		8-9	5.71									
3	1960	03	23	23	08	49	Vallese		6-7	5.36									
3	1983	11	09	16	29	52	Parmense		6-7	5.10									

Tab. 2.D - Storia Sismica di Gallarate (VA)

Sulla base dei dati storici di cui sopra si evince che il territorio in esame è stato interessato negli anni da scarsi eventi sismici e che la massima intensità macrosimica Is rilevata è pari a 6. La zona in esame può quindi essere considerata a basso grado di sismicità.

Per quanto riguarda le verifiche a liquefazione la normativa di riferimento (NTC 2008) permette di escluderle quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 3.A nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 3.B nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Considerando il punto 2, essendo l'accelerazione massima attesa al piano campagna in condizioni di campo libero pari a (Tab. 3.G):

- **0.069g < 0.1g** per l'infrastruttura,
- **0.075g < 0.1g** per i fabbricati,

la verifica a liquefazione per i terreni in esame può essere omessa.

Pertanto, si può concludere che i terreni in oggetto non sono potenzialmente liquefacibili, se soggetti a sollecitazioni di tipo ciclico.

4 Idrologia ed idraulica attraversamenti principali

Nella realizzazione delle opere in progetto si incontrano tre interferenze con corsi d'acqua principali.

La più importante è l'attraversamento del fiume Olona (corso d'acqua naturale, con regime idrologico dipendente dalle condizioni meteorologiche), per il quale il potenziamento della linea ferroviaria richiede la realizzazione di un nuovo attraversamento in affiancamento lato nord a quello esistente.

Vi sono poi l'interferenza con il torrente Bozzente, per la quale l'opera di attraversamento esistente viene adeguata al nuovo assetto ferroviario senza ricadute dal punto di vista idraulico, e quella con il torrente Lura, che non è oggetto di interventi, in quanto in corrispondenza dell'attraversamento la configurazione della sede ferroviaria di progetto è ricompresa nei limiti del sedime ferroviario esistente.

Il territorio interessato dal progetto rientra interamente all'interno del bacino idrografico del fiume Olona, che si estende nel territorio delle province di Varese, Milano e marginalmente quella di Como, oltre ad interessare marginalmente anche il territorio svizzero. L'origine del corso d'acqua trova ubicazione presso le pendici dei monti a nord di Varese ad una quota di circa 1000 m s.m.m. e dopo un tragitto di circa 60 km entra nell'abitato di Milano, da cui esce con il nome di Lambro Meridionale. Lungo il suo percorso lambisce la città di Varese, riceve, in sinistra, il contributo del torrente Bevera e, in destra, le acque del Rio Velone; poco più a sud, in località Valle Folla, raccoglie le acque del Rio Ranza, il cui corso ha origine dalle pendici del Monte San Giorgio, in territorio svizzero.

Il bacino dell'Olona, chiuso in corrispondenza dell'immissione nel tombino appena a monte di Milano ha un'estensione complessiva di circa 475 km², che include sia il bacino del torrente Bozzente, avente un'estensione di 79 km², sia il bacino del torrente Lura con superficie di 150 km², che si immettono nell'Olona poco a monte della sezione di chiusura del bacino complessivo.

I caratteri morfologici del bacino idrografico si differenziano in maniera netta in una parte montana e in una pianeggiante. La prima si chiude in corrispondenza di Ponte Gurone, nel comune di Malnate, e presenta una superficie di 95 km². La seconda si estende dalla sezione di Ponte Gurone fino alla chiusura.

Al confine del territorio del Comune di Rho è posta l'opera di scolmo delle piene denominata "Presa Olona 1", la quale è stata progettata per deviare verso il canale scolmatore di Nord-Ovest una portata pari a 25 m³/s mediante il Ramo Olona. Poco a monte della "Presa Olona 1" viene immessa la portata di scolmo delle piene del Bozzente (circa 13 m³/s) mediante uno scolmatore tombinato che devia le portate del Bozzente stesso a nord dell'abitato di Rho, in località Biringhello. La seconda presa dell'Olona, denominata "Presa Olona 2", a sud dell'abitato di Rho, è dimensionata per poter scaricare direttamente nel CSNO (Canale Scolmatore di Nord Ovest) sino a 15 m³/s.

Tra le due prese vi sono le confluenze di Bozzente e Lura, i cui bacini idrografici delimitano ad est il bacino dell'Olona: il primo immette la portata di magra (3 m³/s) e il secondo circa 18 m³/s.

Per alleggerire i carichi idraulici sul reticolo idrografico che entra in Milano, all'inizio degli anni '80 fu realizzato il **Canale Scolmatore di Nord Ovest (CSNO)**, che scolma i contributi di piena a nord di Milano, intercettando i corsi d'acqua a partire dal Seveso, per sversarli nel Ticino all'altezza di Abbiategrasso. Lungo il percorso intercetta le portate eccedenti dell'Olona, derivate alle prese denominate Olona1 e Olona2; le portate provenienti da quest'ultima sversano nel canale scolmatore al nodo di Cornaredo, da dove parte il Deviatore Olona, realizzato recentemente per convogliare le portate in eccesso dell'Olona, che non possono essere scaricate nel CSNO. Il Deviatore aggira a ovest l'abitato di Milano e si collega, presso Gratosoglio, al Lambro meridionale.

4.1 Attraversamento del Fiume Olona

Il fiume Olona attraversa la linea ferroviaria in prossimità della stazione di Rho.



Figura Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..2 – Foto attraversamento ferroviario attuale (Google Earth)

L'attraversamento rappresenta uno dei punti critici dal punto di vista della sicurezza idraulica che si incontrano lungo il fiume Olona. La sezione utile al deflusso è alquanto esigua rispetto alle portate di piena e la quota di intradosso del ponte non presenta elevati franchi di sicurezza nemmeno nelle condizioni idrologiche ordinarie.



Figura Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..3 – Foto attraversamento ferroviario esistente sul Fiume Olona

Il ponte è caratterizzato da una struttura ad arco con quota di intradosso variabile tra il paramento di monte e quello di valle.

Poco a monte dell'attraversamento l'alveo dell'Olona (vedi Figura 2.3) presenta, sulla sponda sinistra, una diramazione costituita da un piccolo canale secondario, anch'esso destinato a sottopassare la linea ferroviaria per immettersi, subito a valle di essa, nuovamente nel fiume principale. Tale diramazione appare perlopiù ostruita.



*Figura **Errore**. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..4 – Foto attraversamento canale secondario esistente sul Fiume Olona*

Poco a valle dell'attraversamento, e precisamente subito dopo il suo ingresso nel territorio comunale di Pero, il fiume Olona si immette entro una tombinatura di molti chilometri, per riemergere solamente a valle di Milano. Tale tombinatura è un'altra delle singolarità presenti lungo il corso d'acqua e, come per il ponte ferroviario esistente, risulta dimensionata per una portata diversa e di molto inferiore a quella idrologica che si avrebbe nella sezione di chiusura del bacino. Naturalmente ogni singolarità produce effetti differenti, infatti se il ponte ferroviario risulta uno dei punti più critici per la sicurezza idraulica questo non è vero per la tombinatura, in cui, invece, le condizioni al contorno sono tali da garantire il corretto funzionamento dell'opera.

Il nuovo ponte in progetto, necessario per la realizzazione di un nuovo Singolo binario, è disposto immediatamente a monte dell'attuale attraversamento ferroviario.

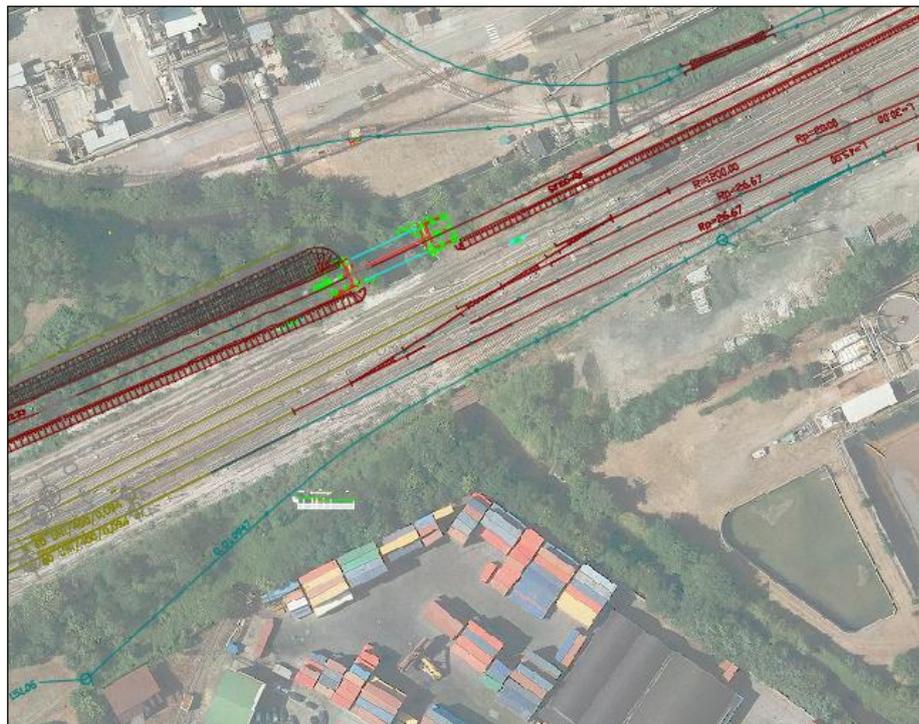


Figura Erronea. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..5 – Planimetria nuovo attraversamento ferroviario sul Fiume Olona

La distanza tra l'asse del binario del nuovo ponte in progetto e l'ingombro dell'opera esistente è di 8,75 m.

Data la particolare posizione nel contesto urbano, le problematiche del corso d'acqua in termini di esondazioni e la necessità di limitare l'incremento di quota del piano ferro, al fine di rispettare i limiti di normativa definiti dal DM 2008 in merito al franco idraulico, si è scelto di optare per un ponte a via inferiore con travi portanti di bordo estradossate che consente di limitare lo spessore dell'impalcato ad 1,36 m. Tale struttura permette di scavalcare una luce netta tra gli allineamenti degli appoggi di 25 m.

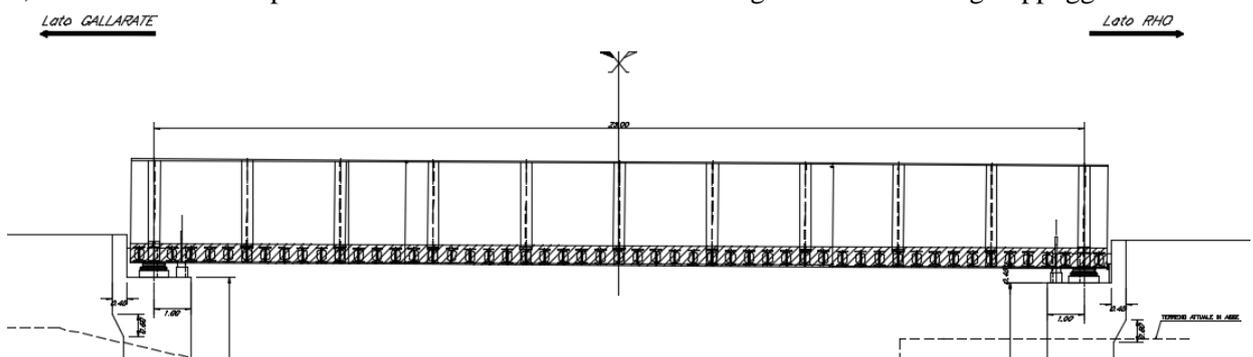


Figura Erronea. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..6 – Sezione impalcato nuovo ponte

4.2 Attraversamento del torrente Bozzente

Il torrente Bozzente attraversa le linee FS circa 300 m a ovest della stazione di Rho, in direzione Gallarate. La struttura di attraversamento esistente è costituita da uno scatolare, che sostiene anche, sul lato sud del sedime ferroviario, l'attuale tracciato di via Magenta. Le modifiche di tracciato della ferrovia e della viabilità previste in progetto sono tali da non richiedere un allungamento della struttura esistente, ma solo, come meglio descritto nel paragrafo specifico, il rifacimento di un tratto della soletta

superiore attualmente impegnato dalla strada, per renderlo adatto a sopportare i maggiori carichi dovuti al transito dei convogli ferroviari. Ne consegue che le caratteristiche idrauliche dell'attraversamento rimangono inalterate rispetto alla situazione attuale.

4.3 Attraversamento del torrente Lura

L'interferenza con il torrente Lura avviene circa 550 m ad est della stazione di Rho, in un tratto in cui il corso d'acqua, come evidente dalla figura che segue, scorre all'interno di una copertura semitrasparente.



Figura 3 - Veduta aerea della zona di attraversamento del torrente Lura

A progetto non sono previsti interventi sull'opera di attraversamento esistente, poiché nel tratto in esame la sede ferroviaria di progetto resta contenuta nei limiti dell'attuale sedime ferroviario. Durante la fase realizzativa dovranno essere rilevate le opere esistenti, oggi non accessibili, al fine di inserirle correttamente nel contesto del nuovo intervento.

4.4 Altre interferenze

Le altre interferenze idrauliche incontrate nella realizzazione del progetto di ampliamento della sede ferroviaria sono costituite dalle tombinature per l'attraversamento di collettori di drenaggio appartenenti al reticolo secondario, che si prevede di adeguare mantenendo la stessa sezione di deflusso.

5 Idrologia ed idraulica di sede

La curva di possibilità pluviometrica adottata per il dimensionamento dei manufatti destinati alla raccolta ed allontanamento delle acque di piattaforma fa riferimento ad un periodo di ritorno pari a 100 anni. Rimandando alla relazione idrologica i necessari approfondimenti, in tale sede si riporta unicamente la legge di pioggia adottata espressa in forma monomia valida per eventi di durata inferiori all'ora:

$$h_T = a_T d^n$$

con h espresso in mm e d in ore. Nella tabella che segue si riportano i valori dei coefficienti della legge di possibilità pluviometrica per differenti periodi di ritorno.

Tabella 4 Parametri della legge di possibilità pluviometrica

T (anni)	20	25	50	100	200
a (mm/h ⁿ)	65.35	67.43	73.67	79.64	85.36
n (-)	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22

Nella figura che segue si riporta in forma grafica la legge di possibilità pluviometrica per i periodi di ritorno di interesse.

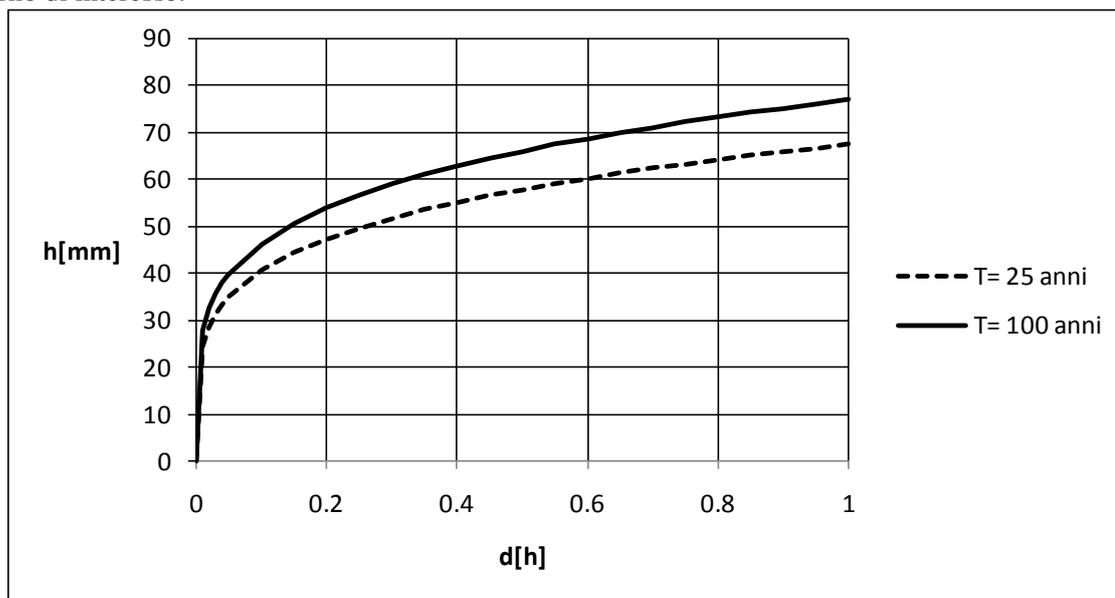


Figura 7 - Curve di possibilità pluviometrica

5.1 Smaltimento delle acque di sede

Il drenaggio superficiale delle acque di piattaforma, relativamente alla sede ferroviaria in ampliamento, si realizza mediante canalette di scolo che intercettano le acque meteoriche precipitate sulla piattaforma ferroviaria e le convogliano per poi scaricarle nei recapiti finali, costituiti da un sistema di fossi disperdenti di dimensioni variabili, a seconda della portata da smaltire nei vari tratti della linea.

Trattandosi di un ampliamento di una linea esistente, lo studio dello smaltimento di piattaforma interesserà il lato del rilevato sul quale verrà realizzato l'ampliamento, ovvero l'adeguamento dell'esistente sistema di smaltimento dove anche la linea attuale subisce variazioni. Tale adeguamento (o sostituzione) del sistema di drenaggio esistente dovrà essere effettuato anche all'atto della posa delle barriere antirumore, da realizzarsi in appalto successivo, andando a ripristinare eventuali fossi o canalette preesistenti oppure prevedendo opportuni manufatti sostitutivi che consentano l'allontanamento o la dispersione delle acque meteoriche.

La tipologia costruttiva prevista per la rete di drenaggio a servizio del tratto ferroviario in oggetto prevede generalmente una o due canalette rettangolari in cls, di dimensioni B x H = 0.5 x 0.8 m. Per alcuni tratti il valore dell'altezza della canaletta è stato opportunamente incrementato sino ad un massimo di 1.4 m.

6 Progetto dell'infrastruttura ferroviaria

L'intervento descritto nella presente relazione vede la realizzazione del Progetto Definitivo (PD) del potenziamento della linea Rho-Arona, relativamente all'area che abbraccia la zona in entrata alla stazione di Rho, la stazione di Rho ed il collegamento fra questa e le linee Milano-Torino e Rho-Arona (quest'ultima quadruplicata). In particolare l'intervento in progetto ha origine lato Milano in prossimità della fermata di Rho Fiera Milano e si conclude ad ovest della stazione di Rho, circa 450 m dopo l'attraversamento del fiume Olona.

Gli interventi compresi nell'area di intervento si sviluppano per circa 5.50 km e sono sintenticamente riassumibili in:

- realizzazione bretella di collegamento tra il binario pari linea "Milano P.ta Garibaldi-Novara" ed il binario pari linea "Milano-Varese" nel tratto Rho – Fiera Milano;
- PRG della Stazione di Rho con collegamento fra questa e le linee Milano-Torino e Rho-Arona (quest'ultima quadruplicata).

Di seguito si riporta una sintesi delle principali caratteristiche della linea in progetto:

Pendenza massima	12.615% in linea (Bretella Nord)
Velocità di tracciato	<p>Linea Milano P.ta Garibaldi-Novara V=140 km/h bin dispari linea Mi P.ta G-No (da km 11+195.41 a km 12+000) V=150 km/h bin dispari linea Mi P.ta G-No (oltre km 12+000 fino all'FV) V=100 km/h bin pari linea Mi P.ta G-No (da km 11+172.96 fino all'FV)</p> <p>Linea Milano-Torino V=150 km/h bin dispari linea Mi-To (da km a 132+870.80 a km 133+500) V=100 km/h bin dispari linea Mi-To (da km 133+500 a km 133+800) V=150 km/h bin dispari linea Mi-To (da km 133+800 fino all'FV) V=150 km/h bin pari linea Mi-To (da km a 132+870.80 a km 133+500) V=100 km/h bin pari linea Mi-To (da km 133+500 fino all'FV)</p> <p>Linea Milano-Varese V=120 km/h bin dispari linea Mi-Va (da km 19+151.13 a km 20+500) V=150 km/h bin dispari linea Mi-Va (oltre km 20+500) V=120 km/h bin pari linea Mi-Va (da km 19+163.96 a km 20+150) V=140 km/h bin pari linea Mi-Va (da km 20+150 a km 20+600) V=150 km/h bin pari linea Mi-Va (da km 20+600 a km 21+800) V=60 km/h bin pari linea Mi-Va (oltre km 21+800)</p> <p>Bretella Sud V=100 km/h (immissione sul bin pari Novara a 60 km/h)</p> <p>Bretella Nord V=100 km/h (da km 0+000 a km 1+150) V=120 km/h (da km 1+150 a km 2+200) V=150 km/h (oltre km 2+200)</p> <p>Singolo binario Nord V=100 km/h (da km -0+817.42 a km -0+550) V=120km/h (da km -0+550 a km 0+100) V=130 km/h (oltre km 0+100 fino a fine intervento AR1)</p> <p>Singolo binario Sud V=60 km/h (da km 0+000 a km 0+290) V=100 km/h (oltre km 0+290 fino a fine intervento AR1)</p> <p>Linea Rho-Arona V=60 km/h (da km 0+000 a km 0+300) V=105 km/h (oltre km 0+300 fino a fine intervento AR1)</p>
Raggio minimo planimetrico	620 m per V=60km/h di tracciato 800 m per V=100 km/h di tracciato 662 m per V=120 km/h di tracciato 1700 m per V=140 km/h di tracciato 1400 m per V=150km/h di tracciato
Raggio minimo altimetrico	4225 m
Categoria peso assiale	D4 (22.5 t/asse, 8 t/m) - Massima categoria

Codifica traffico combinato	P/C 50
Profilo minimo degli ostacoli	P.M.O. 5 per le linee nuove; la configurazione attuale per le linee esistenti
Sagoma cinematica	C
Armamento e traverse	Armamento tradizionale del tipo 60E1 su ballast a scartamento 1435 mm Traverse in C.A.P. 240 e 260 con attacco indiretto
Interasse binari di corsa	Interasse della linea esistente nei tratti in cui vengono mantenuti gli attuali binari Interasse 4 m tra binari linea L.L. Rho-Arona dove si interviene sull'attuale sede Normalmente 6.50 m nel tratto quadruplicato tra i due nuovi binari singoli nord e sud ed i binari della linea esistente
Interasse binari di stazione	Come per la linea. Per i binari secondari come da normativa
Tensione di alimentazione	3000 V cc
Modulo binari di stazione	Relazioni da Milano verso Torino-Novara: 276 m Relazioni da Torino-Novara verso Milano: 284 m
Rango di velocità	A, B, C, P
Accelerazione max non compensata	0.6 m/sec ²
Massima sopraelevazione in curva	160 mm
Pendenza max long. delle stazioni	2 ‰ a Rho (situazione esistente)
Altezza marciapiedi	Normalmente 0.55 m; 0.25 m per il marciapiede afferente i fabbricati di stazione
Larghezza marciapiedi	Larghezza esistente
Lunghezza marciapiede	250 m

Tabella 6 - Principali caratteristiche della linea in progetto

L'intervento infrastrutturale è caratterizzato essenzialmente dalla realizzazione di rilevati in affiancamento all'attuale sede esistente con altezze variabili (circa 2.50 m massimo) a raggiungere il piano campagna.

Sono previsti anche dei tratti in trincea nella zona iniziale dell'intervento, per un'altezza massima delle scarpate di circa 7 m.

7 Corpo stradale ferroviario

7.1 Criteri di progettazione del corpo stradale ferroviario

I criteri di progetto del corpo stradale ferroviario risultano fortemente vincolati dalla presenza della linea ferroviaria esistente. La realizzazione dei nuovi binari, senza prevedere l'interruzione od il sostanziale spostamento dell'attuale linea, ha condizionato le scelte progettuali legate essenzialmente a:

- definizione delle altezze minime del corpo stradale ferroviario;
- caratteristiche della piattaforma ferroviaria;
- sistema di smaltimento delle acque meteoriche;
- risoluzione delle interferenze viarie e con il reticolo idraulico esistente;
- organizzazione della sezione tipo.

Si riportano di seguito alcune considerazioni sulle principali caratteristiche del corpo stradale ferroviario, demandando alle relazioni specifiche un maggior approfondimento sui temi esposti.

7.2 L'organizzazione della sezione tipo

Nell'ambito del progetto la sede ferroviaria viene sviluppata essenzialmente:

- allargando in affiancamento la sede esistente;
- adeguando la sede esistente con spostamenti di binari contenuti nel sedime attuale;
- realizzando brevi tratti di nuova sede, in trincea nella zona di Rho Fiera ed in rilevato per il singolo binario Nord nel tratto di attraversamento del fiume Olona.

La distanza fra gli assi dei binari è variabile a seconda della zona d'intervento. In generale l'interasse esistente dei binari che vengono mantenuti in esercizio non viene modificato, mentre i nuovi binari realizzati in affiancamento vengono posizionati a 6.50 m dall'asse del binario esistente più vicino.

Tale situazione, tuttavia, non è costante lungo tutto l'intervento, in quanto in alcuni tratti è previsto anche lo spostamento dei binari esistenti al fine di consentire l'inserimento dell'infrastruttura nel rispetto dei vincoli territoriali.

La sede esistente attualmente presenta larghezze variabili ed in alcuni tratti, in particolare nell'ambito della stazione di Rho, è già parzialmente idonea all'inserimento dei binari in progetto, senza necessità di allargamenti. Inoltre l'attuale sede non risulta predisposta con sub-ballast, per cui la massicciata ferroviaria fonda direttamente sul supercompattato.

Tale situazione, in particolare, ha condizionato l'organizzazione della sezione tipo in affiancamento. L'assenza del sub-ballast sulla linea storica implica il mantenimento, per omogeneità di comportamento, della medesima tipologia di piattaforma anche per la nuova sede realizzata in affiancamento in quei tratti in cui la distanza fra le linee non consente di realizzare una nuova sede completamente indipendente.

La situazione di indipendenza fra le sedi, e quindi la possibilità di realizzare una sede con sub-ballast, si verifica nei tratti in trincea in zona Rho Fiera e per il rilevato del singolo binario Nord in corrispondenza dell'attraversamento del fiume Olona.

La monta interna è prevista con pendenza del 3%, con colmo posizionato in corrispondenza dell'asse della linea. Per il singolo binario nord in zona Olona è stata adottata un'unica pendenza trasversale che induce lo scarico delle acque di pioggia verso il limite nord della piattaforma ferroviaria.

Al piede del rilevato (solo dal lato dove sono previsti gli interventi di ampliamento della sede) è previsto un fosso di guardia non rivestito di forma trapezia.

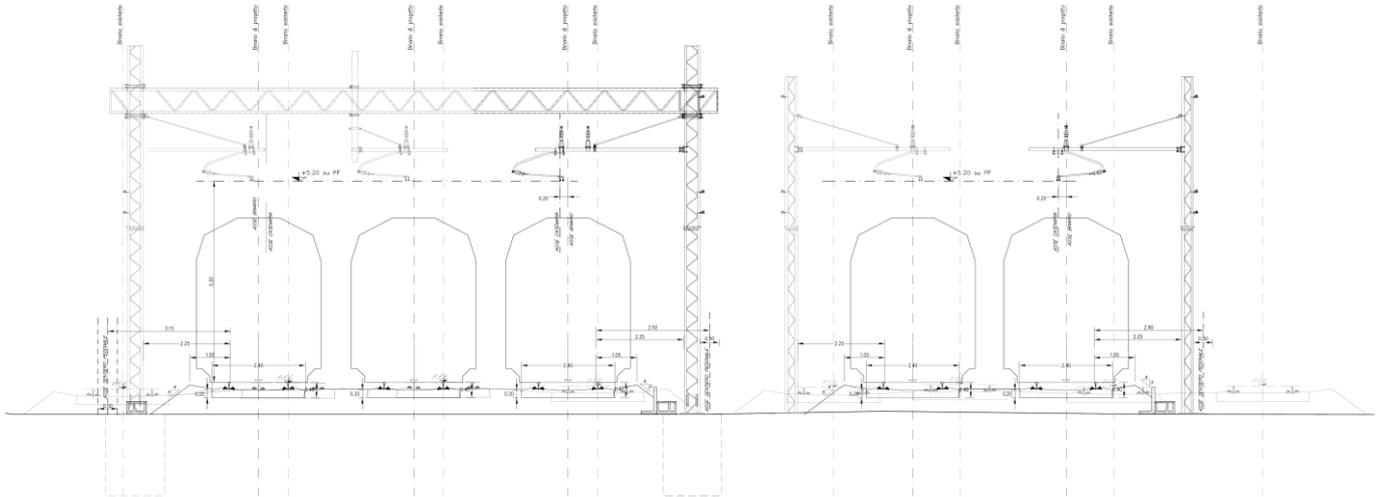


Figura 6 – Sezione tipo con spostamento binari in sede esistente

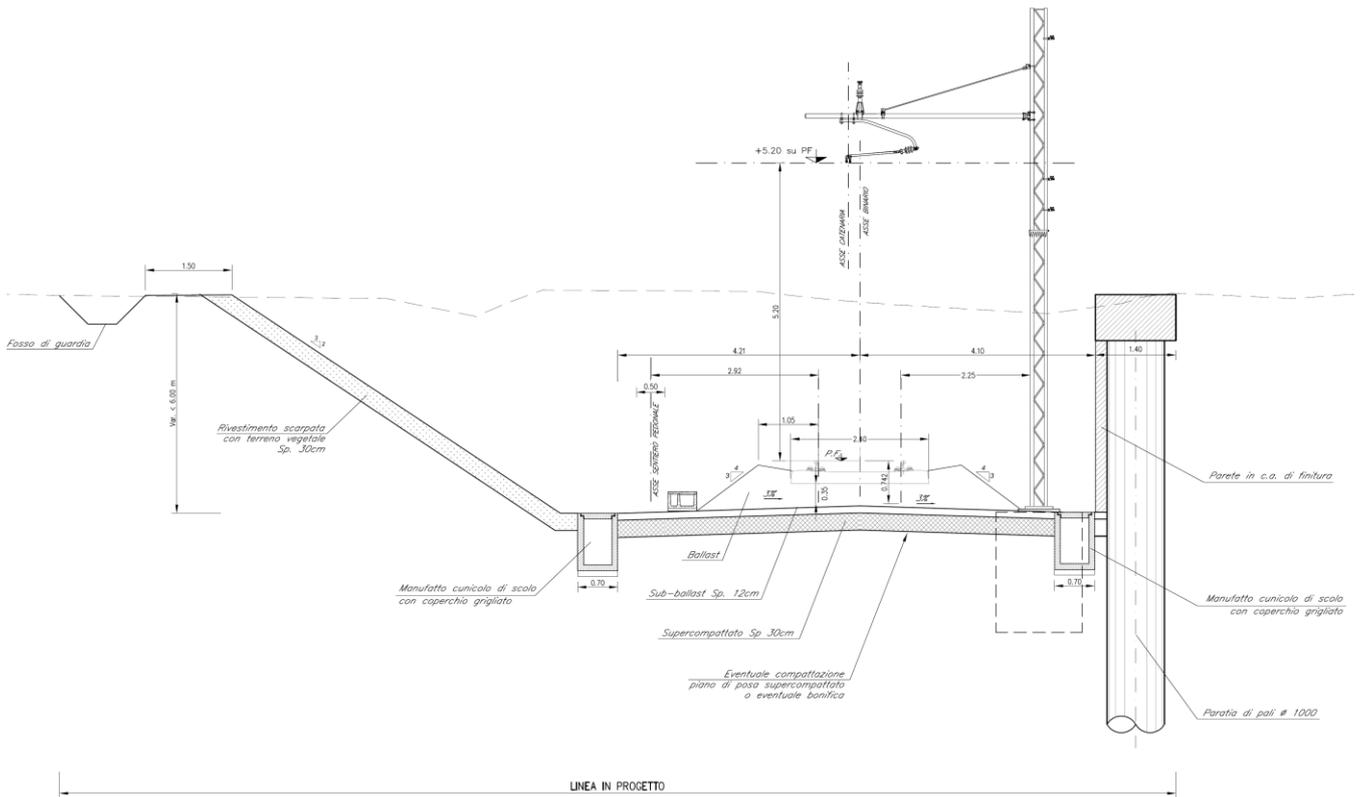


Figura 7 – Sezione tipo in trincea

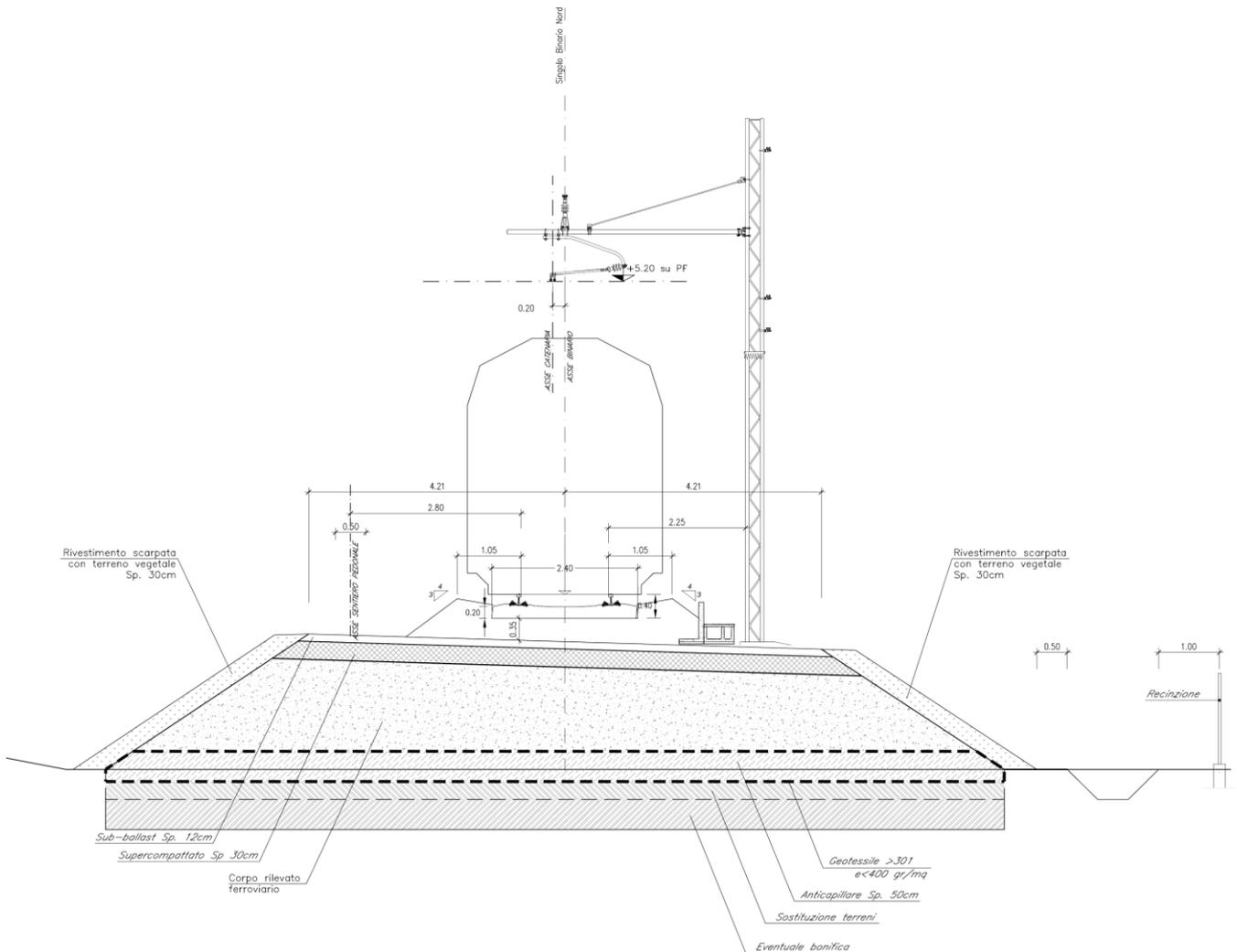


Figura 8 – Sezione tipo singolo binario nord

La posa delle barriere antirumore, della tipologia standard di RFI, non è prevista nell'intervento in esame, ma è ricompresa in un altro appalto. La sezione tipo in rilevato, pertanto, non prevede la realizzazione dei cordoli per l'ancoraggio delle barriere, ma è stata studiata in modo tale da mantenere invariato l'ingombro al piede del rilevato rispetto alla situazione finale, che vedrà presenti le barriere ed i relativi cordoli. Le barriere, inoltre, non interferiranno né con la canaletta portacavi né con lo stradello di servizio ordinari.

In corrispondenza dei muri di sostegno, invece, è prevista già in questa fase d'intervento la realizzazione di un cordolo di testa che consenta l'appoggio e l'ancoraggio delle barriere. Anche in questo caso non ci sono variazioni per la canaletta portacavi e per lo stradello interno. Lo smaltimento delle acque dalla piattaforma avviene attraverso delle lesene realizzate nel muro ogni 15.00 m, che consentono l'allontanamento dell'acqua che, scorrendo lungo lo stradello interno, si raccoglie in un pozzetto.

La delimitazione dei nuovi limiti della proprietà ferroviaria è individuata mediante le seguenti tipologie di recinzione:

- recinzione tipo FS su muretto continuo in c.a.;
- recinzione metallica su muretto continuo in c.a.;
- recinzione metallica con fondazione puntuale.

La tipologia metallica è adottata in ambito extraurbano mentre la tipologia FS è prevista in prossimità dei centri abitati, quale segno identificativo dell'infrastruttura.

7.3 Rilevati ferroviari

Per la realizzazione del corpo del rilevato è prevista l'adozione dei materiali ordinari previsti nel capitolato di costruzione delle opere civili. Non sono state individuate particolari situazioni critiche lungo il tracciato in progetto.

I rilevati presentano in sintesi le seguenti caratteristiche:

- pendenza massima delle scarpe due in verticale su tre in orizzontale;
- materiale del rilevato costituito da terre secondo CNR-UNI 10006;
- scotico variabile in funzione delle caratteristiche del terreno e comunque con uno spessore minimo di 50 cm;
- strato anticapillare di spessore non inferiore ai 50 cm, steso su uno strato di geotessile non tessuto;
- eventuale bonifica dei terreni con caratteristiche meccaniche non idonee a sostenere i rilevati, mediante sostituzione di terre;

Per i rilevati ordinari sono previste le seguenti lavorazioni:

▪ Scotico

Prima della formazione del rilevato, il terreno al di sotto del piano di campagna andrà asportato per uno spessore minimo di 50 cm (scotico) e comunque per tutto lo strato di terreno vegetale; il riempimento verrà effettuato con materiale di classe A1.

Il piano di posa è previsto con una pendenza del 3% e dovrà essere costipato mediante rullatura in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69).

Il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra non dovrà essere inferiore a 20 MPa.

▪ **Strato granulare anticapillare**

Alla base del rilevato è stato previsto l'inserimento di uno strato anticapillare. Tale strato, posto al di sopra del piano di posa, dovrà avere uno spessore di 50 cm (materiale compattato) e dovrà essere costituito da pietrischetto e/o ghiaietto con dimensioni comprese tra 2 e 25 mm.

Lo strato sarà costipato mediante rullatura in modo da avere permeabilità sufficiente ad impedire che la risalita capillare sia superiore all'altezza di metà strato e in modo che il modulo di deformazione sia:

- $M_d \geq 20$ MPa al centro e ≥ 15 MPa ai bordi (ovvero a distanza inferiore a 1 m dai bordi del rilevato) per rilevati di altezza superiore a 2.35 m,
- $M_d \geq 20$ MPa per rilevati di altezza compresa tra 1.80 m e 2.35 m,
- $M_d \geq 40$ MPa per rilevati di altezza inferiore a 1.80 m.

Per rilevati di altezza inferiore a 1.80 m lo strato anticapillare sarà costituito da materiale di classe A1 e dovrà avere un modulo di deformazione ≥ 40 MPa.

L'anticapillare andrà inoltre posizionato con una conformazione a schiena d'asino avente una pendenza finale pari al 3 %.

▪ **Geotessile non tessuto**

Tra lo strato anticapillare e il sottofondo dovrà essere interposto un filtro in tessuto non tessuto di peso non inferiore a 300 g/m^2 e di resistenza a trazione maggiore di 18 kN/m, risvoltato per almeno 3 m da entrambi i lati sulla superficie superiore a condizione che lo strato che sormonta l'anticapillare abbia contenuto di fino (passante al setaccio UNI 0.075) $< 35\%$; in caso contrario o se i terreni sovrastanti appartengono alle classi A2 e A4 il geotessile dovrà ricoprire completamente lo strato anticapillare.

▪ **Rilevato**

Il rilevato è costituito da un materiale tipo A1, A2-4, A2-5, A2-6, A2-7, A3 e A4, di cui alla norma CNR-UNI 10006; non dovranno essere impiegate terre del gruppo A3 con coefficiente di disuniformità inferiore a 7.

Le caratteristiche di tale materiale sono riassunte nella seguente tabella:

Peso di volume (kN/m^3)	20
Angolo di attrito ($^\circ$)	38 - 40
Coesione (kPa)	0
Densità	$> 95\%$ AASHTO mod. (CNR-BU n. 69)
M_d (MPa)	40 (per le zone centrali del rilevato)
	20 (per le zone a distanza < 1 m dai bordi del rilevato)

Tabella 7 - Caratteristiche del terreno costituente il rilevato

Le scarpate verranno ricoperte da uno strato di spessore 20 cm di terreno vegetale, per consentirne l'inerbimento e quindi diminuire l'impatto ambientale dell'opera; in accordo con le normative si assumono pendenze di progetto per le scarpate pari a 2/3.

Nei tratti di rilevato che si affiancano al rilevato ferroviario esistente, al fine di garantire un migliore ammorsamento tra le due strutture, è da prevedere una riprofilatura del rilevato esistente tramite uno scotico di 50 cm e la formazione di gradoni dell'altezza massima di 50 cm con una pendenza del 3%.

▪ **Supercompattato**

L'ultimo strato del rilevato, caratterizzato da un elevato grado di costipamento (supercompattato), costituisce il piano posa del sub-ballast ed ha uno spessore non inferiore a 30 cm.

Il modulo di deformazione M_d , misurato mediante prova di carico su piastra in condizioni di umidità prossime a quella ottima di costipamento, non dovrà essere inferiore a 80 MPa.

Sopra questo strato è da prevedere, per le sole sezioni di completa nuova realizzazione, uno strato di conglomerato bituminoso (sub-ballast) di spessore pari a 12 cm.

7.4 Trincee

Le trincee previste nell'ambito del progetto si differenziano in trincee con scarpate sostenute (fra muri di controripa o paratie di pali) o in trincea con scavo a sezione aperta.

Le principali caratteristiche delle trincee risultano essere:

- pendenza massima delle scarpate due in verticale su tre in orizzontale (da verificare in relazione alle caratteristiche geotecniche dei terreni);
- presenza di un fosso di guardia a monte del ciglio superiore della scarpata;
- sistemazione a verde delle scarpate mediante idrosemina su terreno vegetale.

Si riporta di seguito una sezione trasversale tipologica di trincea in un tratto con scavo a sezione aperta.

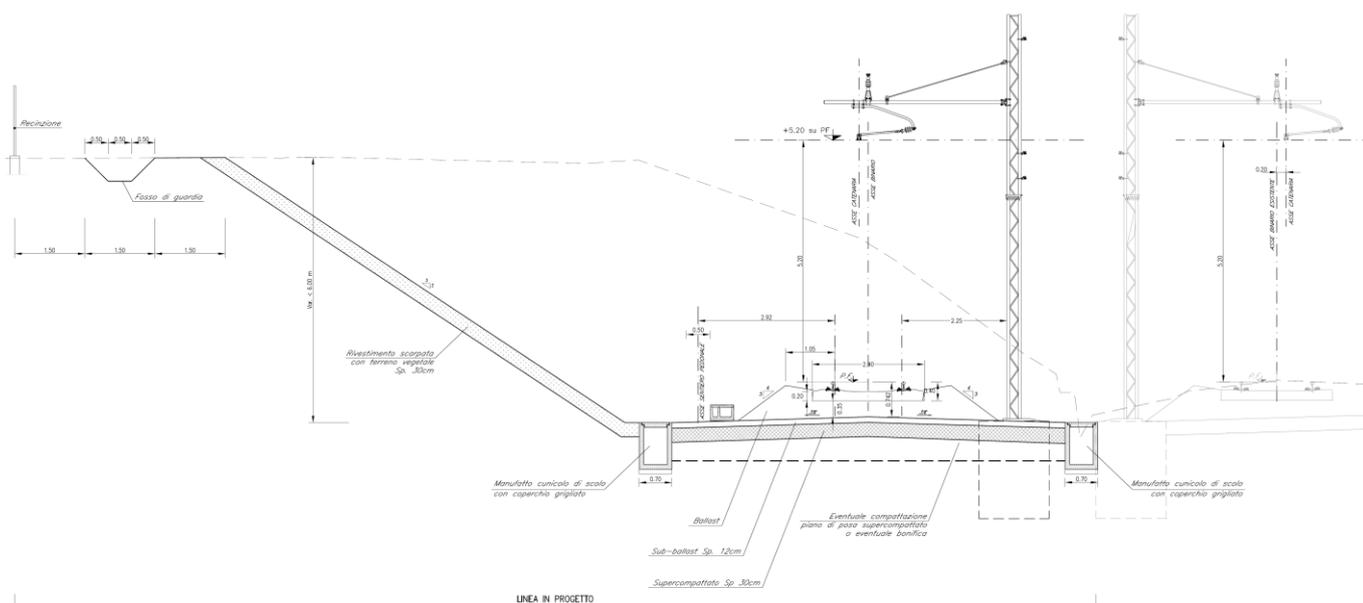


Figura 9 – Sezione tipo in trincea con scavo a sezione aperta

8 Opere d'arte

8.1 Criteri di progettazione delle opere d'arte principali

È prevista a progetto la realizzazione delle seguenti opere d'arte principali:

- Ampliamento sottovia di corso Europa al km 2+563 Bretella Nord (VI01);
- Adeguamento via Magenta al km 3+169 Bretella Nord (IN01);
- Attraversamento fiume Olona al km -0+114 Singolo Binario Nord (VI04);

Per una breve descrizione delle singole opere si rimanda ai paragrafi seguenti, mentre per la definizione degli standard costruttivi ed i criteri di dimensionamento si rimanda agli elaborati di progetto.

In generale per tutte le opere si è cercato di adottare, per quanto possibile, delle modalità d'intervento che arrecassero il minor disturbo possibile alla linea ferroviaria esistente, nonché allo stato dei luoghi esistente ed alla funzionalità della viabilità o del sottoservizio interferito.

In tal senso per l'ampliamento del sottovia di corso Europa, non potendo prescindere dalla demolizione e ricostruzione delle spalle d'impalcato, sono state studiate delle fasi realizzative che, con l'esclusione delle operazioni di rimozione dell'esistente impalcato a travi gemelle, permettessero di mantenere aperto al traffico veicolare il sottovia, seppure su sede stradale parzializzata.

Allo stesso modo per il tombino idraulico di via Magenta, essendo previsto l'allargamento del rilevato ferroviario su una porzione di struttura attualmente occupata dalla sede stradale, si è optato per il rifacimento non dell'intero tratto di struttura ma della sola soletta superiore, mediante la realizzazione di un solettone fondato su micropali esternamente allo scatolare esistente. In tal modo risulta possibile adeguare il tombino ai carichi ferroviari senza indurre, come già si è avuto modo di evidenziare nel par. 4.1, perturbazioni sul regime idraulico del torrente Bozzente.

In merito alle barriere antirumore, la cui posa è oggetto di un altro appalto, si è agito predisponendo opportunamente le opere destinate ad accoglierle, ossia il sottovia di corso Europa ed il prolungamento del tombino idraulico di via Magenta. Nel primo caso viene predisposto un cordolo di adeguata larghezza all'estremità dello sbalzo di soletta, sormontato da un parapetto nel periodo transitorio fino alla posa delle barriere. Sulla soletta del tombino, invece, non essendo possibile prevedere la posa dei tirafondi al momento della realizzazione delle barriere, i tirafondi saranno annegati direttamente nel getto della soletta, mediante apposita dima e protetti, nel transitorio, da un apposito carter in acciaio zincato.

8.2 VI01 - Ampliamento sottovia di corso Europa al km 2+563 Bretella Nord

L'ampliamento del sottovia di corso Europa consiste nel mantenimento dell'esistente ponte ad arco in cls, che è interessato solo da marginali spostamenti dei binari che vi transitano, e nella sostituzione del contiguo impalcato metallico a travi gemelle, attualmente a servizio di un binario in disuso, con un nuovo impalcato a travi in acciaio incorporate nel calcestruzzo.

La situazione esistente è rappresentata nella figura sottostante:



Figura 10 – Attuale sottovia di corso Europa

La nuova opera è costituita da un impalcato monobinario a travi incorporate di poco meno di 12 m di luce teorica, semplicemente appoggiato su due spalle in cls fondate su micropali, da realizzare in sostituzione delle spalle esistenti.

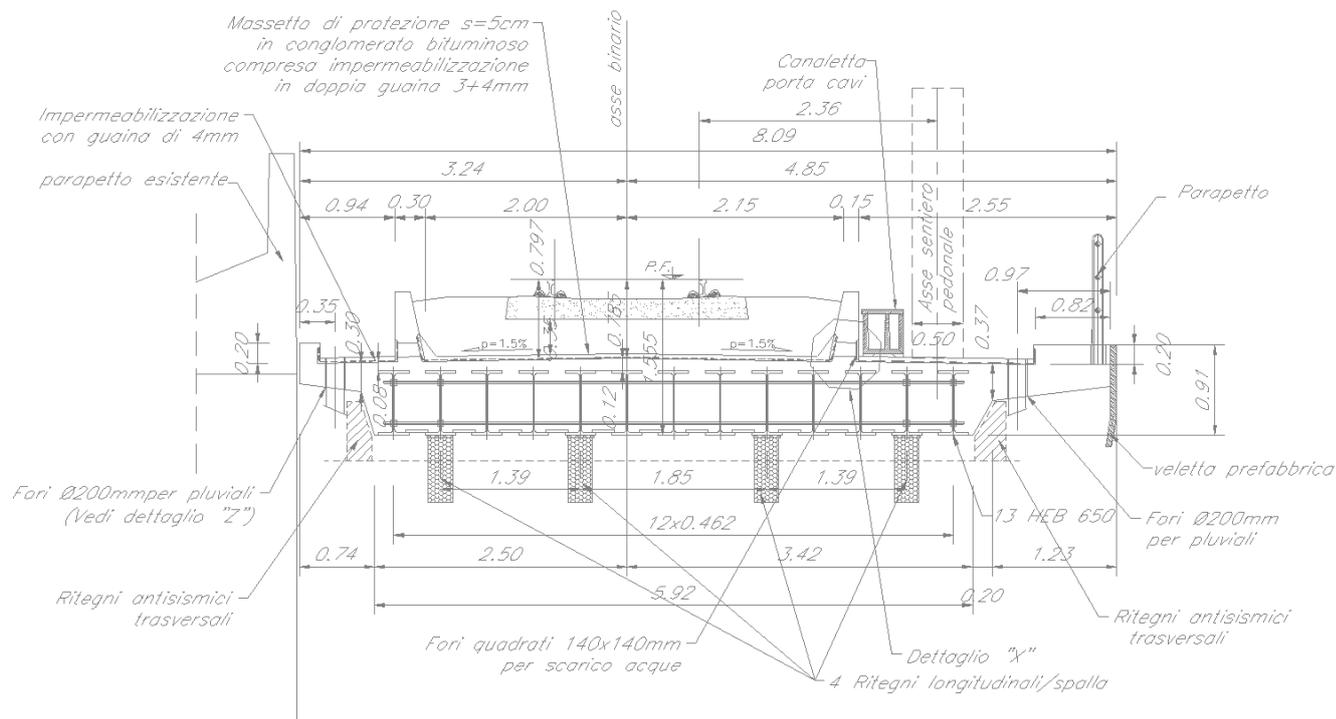


Figura 11 – Sezione trasversale nuovo viadotto a travi incorporate

Contestualmente alla realizzazione della nuova opera verrà realizzata una riprofilatura della sede stradale di corso Europa, in modo tale da garantire lungo tutto il sottovia un franco minimo di 4.5 m (rispetto ai circa 3.7 m attuali).

L'innalzamento del franco all'interno del sottovia comporta un aumento di pendenza delle due rampe d'accesso; la pendenza finale, tuttavia, si attesta su valori contenuti (circa il 4%).

La realizzazione della riprofilatura, con tutte le opere accessorie connesse (abbassamento marciapiedi, adeguamento degli accessi e dei numerosi sottoservizi esistenti) avverrà contestualmente alla realizzazione delle spalle del nuovo sottovia, e quindi in fasi distinte per le due corsie stradali, in modo tale da garantire comunque il transito su corso Europa, anche se a senso unico alternato regolato da semaforo.

Come detto in precedenza, sarà necessario demolire integralmente l'opera esistente, comprese le spalle; a tal fine sarà preventivamente necessario realizzare delle opere provvisorie di sostegno del rilevato ferroviario in esercizio e di alcune aree private. Numerosi sono i sottoservizi che attraversano proprio in quel punto la ferrovia e che necessariamente dovranno essere spostati.

Le fasi realizzative previste sono le seguenti:

- Fase 0. Spostamento sottoservizi interferenti.
- Fase 1. Rimozione dell'armamento e delle travate metalliche esistenti. In questa fase la viabilità nel sottovia dovrà essere interrotta completamente.
- Fase 2. Si opererà su una spalla. In questa fase il traffico veicolare avverrà a senso unico alternato regolarizzato da semaforo, su carreggiata ridotta delimitata da new-jersey provvisorio.

2.1 Realizzazione della paratia di micropali $\phi 300$ a sostegno degli scavi;

2.2 Demolizione spalla esistente compreso il plinto di fondazione e progressivo scavo di sbancamento;

2.3 Realizzazione della vasca di sollevamento attigua alla spalla;

2.4 Realizzazione della palificata di fondazione della spalla costituita da micropali $\phi 300$;

2.5 Getto plinto ed elevazione spalla;

2.6 Rinterro e sistemazione scarpate e marciapiedi, con riprofilatura della sede stradale sulla carreggiata ridotta e riorganizzazione dei sottoservizi;

- Fase 3. Si ripetono le stesse operazioni sulla spalla opposta deviando il traffico sempre a senso unico alternato.
- Fase 4. Posa in opera travi metalliche e getto cls del solettone; in questa fase, peraltro di durata limitata, il traffico veicolare verrà integralmente deviato su viabilità alternative, come più avanti descritto.
- Fase 5. Riapertura al traffico normale a doppio senso di marcia e realizzazione delle finiture sia sulla sede ferroviaria che sulle scarpate.

La viabilità alternativa proposta per ovviare alla momentanea chiusura al traffico veicolare e pedonale del sottovia di corso Europa è quella illustrata nella mappa della pagina successiva, corrispondente al seguente percorso:

Via Ghisolfa ⇒ Via Magenta ⇒ Sovrappasso della ferrovia ⇒ Via Nino Bixio ⇒ Via Buon Gesù ⇒ Corso G.Garibaldi ⇒ Via Milano.

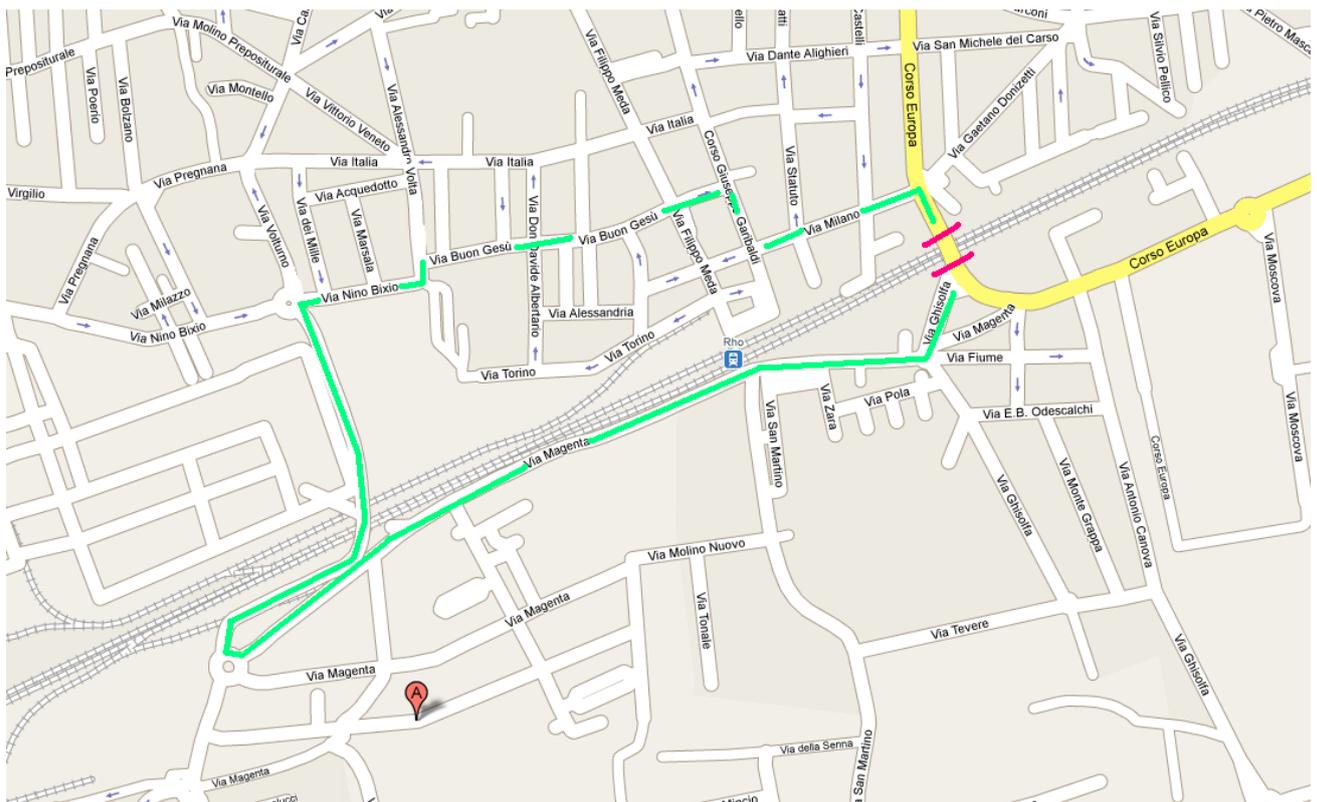


Figura 12 – Viabilità alternativa durante le fasi di chiusura totale del traffico nel sottovia di corso Europa

8.3 IN01 - Adeguamento via Magenta al km 3+169 Bretella Nord

In corrispondenza dell'attuale via Magenta a Rho la sistemazione del PRG di stazione richiede un ampliamento della sede ferroviaria di circa 6 m sull'attuale sedime di via Magenta. Si rende quindi necessario rilocare la viabilità, prevedendone lo spostamento verso sud per un'entità massima di circa 7 m.

Nel tratto rilocato la configurazione prevista per la sede stradale è quella di una viabilità di categoria F2, con due corsie di larghezza 3.25 m e banchine laterali larghe 1.00 m. Lo stretto affiancamento fra l'infrastruttura stradale e quella ferroviaria viene risolto proteggendo la ferrovia dall'eventuale svio di automezzi mediante l'interposizione di una barriera H4 bordo ponte e di una rete metallica alta 2.50 m a contenimento di piccoli oggetti che dovessero staccarsi dai veicoli durante l'urto contro la barriera. La figura che segue mostra la sezione trasversale corrente di via Magenta nel tratto in adeguamento di tracciato.

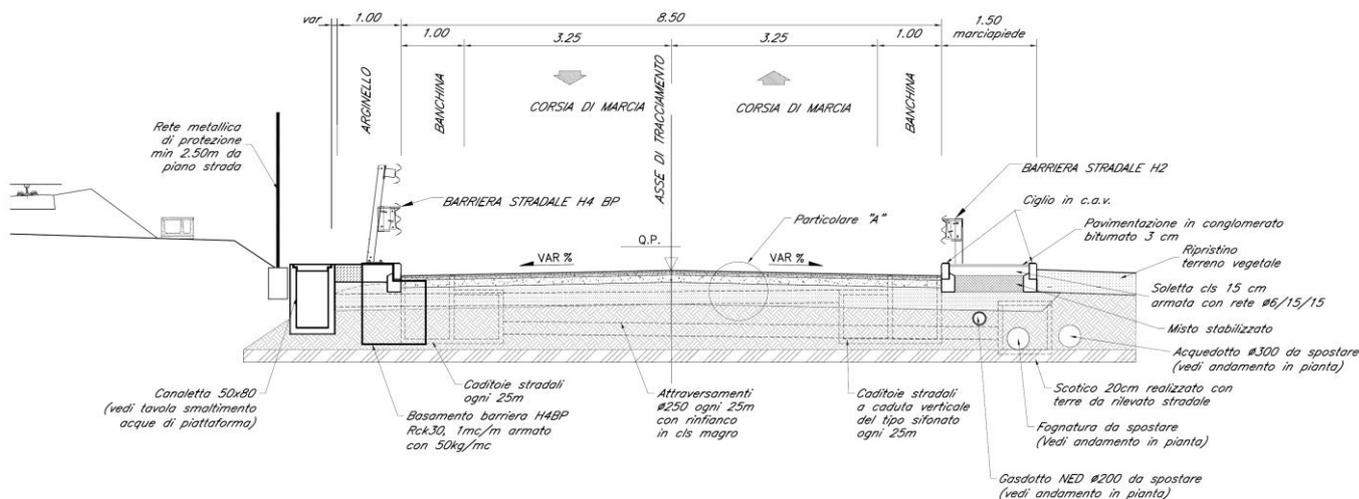


Figura 13 – Sezione trasversale tipo di via Magenta nel tratto rilocato

Particolare attenzione in sede realizzativa dovrà essere posta alle interferenze di alcuni sottoservizi che percorrono via Magenta, per i quali sarà necessario prevedere una deviazione. Tali interferenze sono adeguatamente evidenziate nelle tavole allegate al progetto.

All'altezza della progressiva 3+169 della Bretella Nord il tracciato di via Magenta interseca il torrente Bozzente. L'attraversamento della strada e della ferrovia avviene mediante una struttura scatolare della quale non è stato possibile reperire informazioni complete sulla carpenteria e sui criteri di dimensionamento. A seguito dell'allargamento del sedime ferroviario, nella configurazione finale il tracciato della ferrovia andrà ad insistere su settori della struttura scatolare attualmente sottoposti ai carichi stradali. In ragione dell'aumento dei carichi e delle incertezze sopra accennate sulle caratteristiche dell'opera esistente, si è valutato necessario predisporre delle opere di rinforzo del tombino, prevedendo la sostituzione della soletta superiore con una struttura indipendente a cavalletto sostenuta da micropali, atta a sostenere la maggiore entità dei carichi ferroviari rispetto a quelli stradali. La sezione finale del tombino sarà costituita, pertanto, dalla vasca preesistente, mentre al posto della soletta di copertura demolita sarà realizzata una soletta in cls di 60 cm di spessore (50 cm nel tratto stradale), fondata in modo continuo su micropali $\phi 300$ posti ad interasse di 40 cm.

Prima dell'avvio della fase realizzativa sarà comunque necessario effettuare delle indagini approfondite sull'opera esistente, al fine di confermarne le dimensioni attese.

Le caratteristiche dell'intervento di adeguamento previsto sono rappresentate nelle due sezioni di seguito riportate.

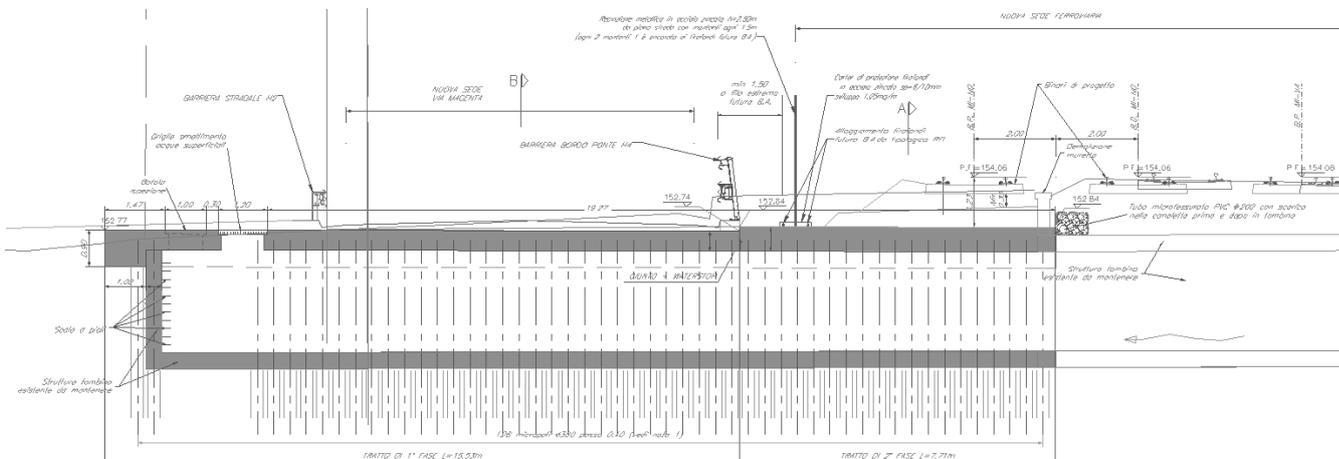


Figura 14 – Sezione longitudinale dell'intervento di adeguamento dello scatolare sul torrente Bozzente

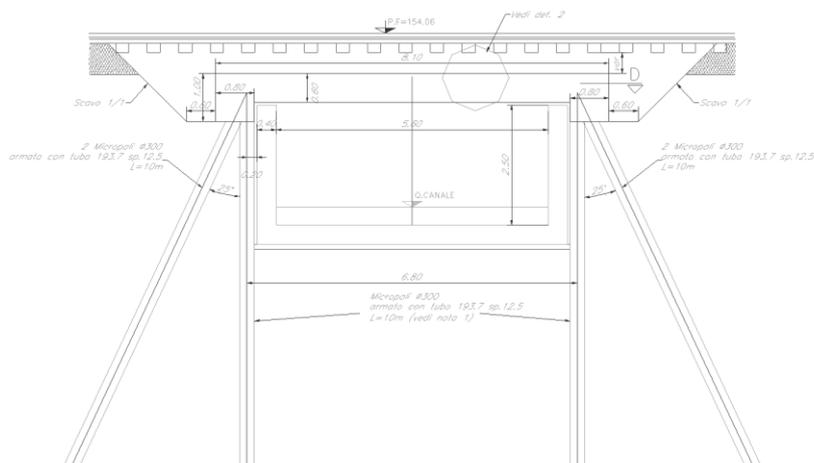


Figura 15 – Sezione trasversale dell'intervento di adeguamento dello scatolare sul torrente Bozzente

1.2 VI04 - Attraversamento fiume Olona al km -0+114 singolo binario Nord (VI04)

L'attraversamento del fiume Olona da parte del singolo binario nord è previsto in progetto in corrispondenza della progressiva chilometrica 0-1114.

La distanza tra l'asse del binario del nuovo ponte in progetto e l'ingombro dell'opera esistente di attraversamento della linea storica è di 8,75 m. Questa ultima è costituita da un tombino ad arco di luce 6.8 m e intradosso in chiave a quota 152.27 m.

Data la particolare posizione nel contesto urbano, le problematiche del corso d'acqua in termini di esondazioni e la necessità di limitare l'incremento di quota del piano ferro, al fine di rispettare i limiti di normativa definiti dal DM 2008 in merito al franco idraulico, si è scelto di optare per un ponte a via inferiore con travi portanti di bordo estradossate che consente di limitare lo spessore dell'impalcato ad 1,36 m.

Tale struttura permette di scavalcare una luce netta tra gli allineamenti degli appoggi di 25 m (campata di luce pari a $L=26.25\text{m}$).

L'impalcato comprende nella piattaforma un binario ed è composto da 2 travi metalliche di altezza pari a 2.8 m, a interasse 7 m, irrigidite da traversi HEA400 ogni 0.50m.

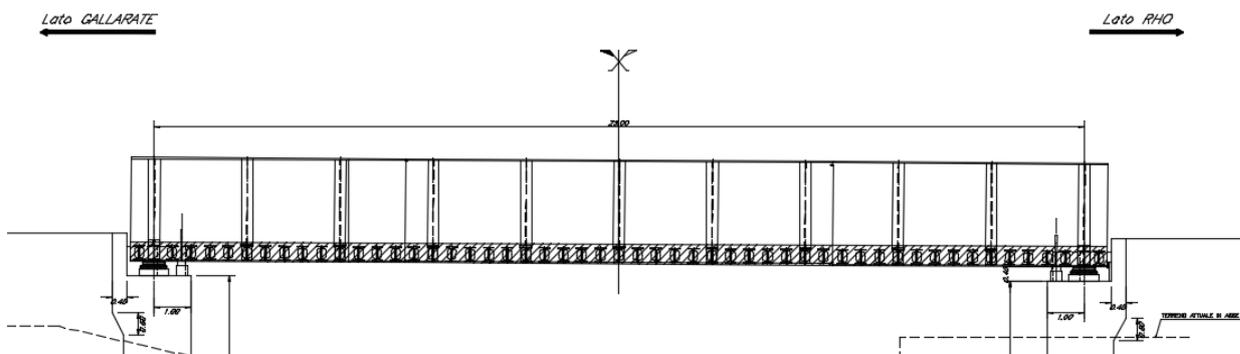


Figura 16 – Sezione impalcato nuovo ponte

L'intersezione fra il binario in progetto e il fiume Olona avviene in prossimità di un tratto in curva dell'alveo che si immette nel tombino esistente.

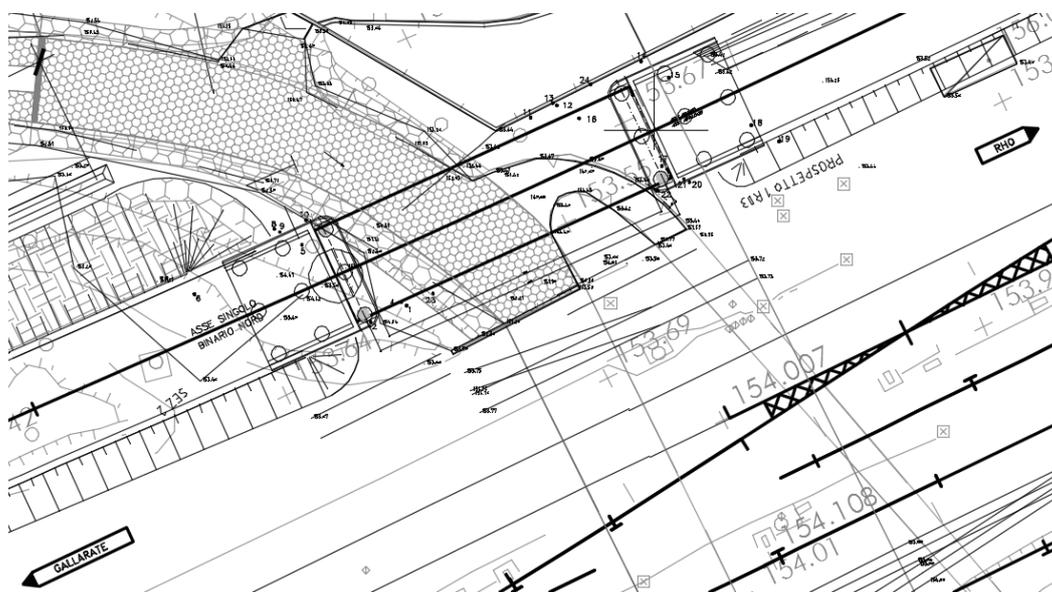


Figura 17 - Stralcio planimetrico dell'intervento

La fondazione delle spalle è costituita da un plinto su pali. Il plinto di fondazione è spesso 1.8m e presenta dimensioni in pianta pari a $9.20 \times 9.20\text{m}$. La palificata si compone di 9 pali lunghi 32m aventi diametro pari ad 1.2m e disposti con interasse nelle due direzioni pari a 3.60m.

La sistemazione idraulica è relativa alla sola parte geometrica dell'alveo nel tratto immediatamente a monte del ponte ferroviario esistente e prevede un primo tratto, di lunghezza 20 m, caratterizzato da una protezione delle sponde in massi (Figura 6.11).

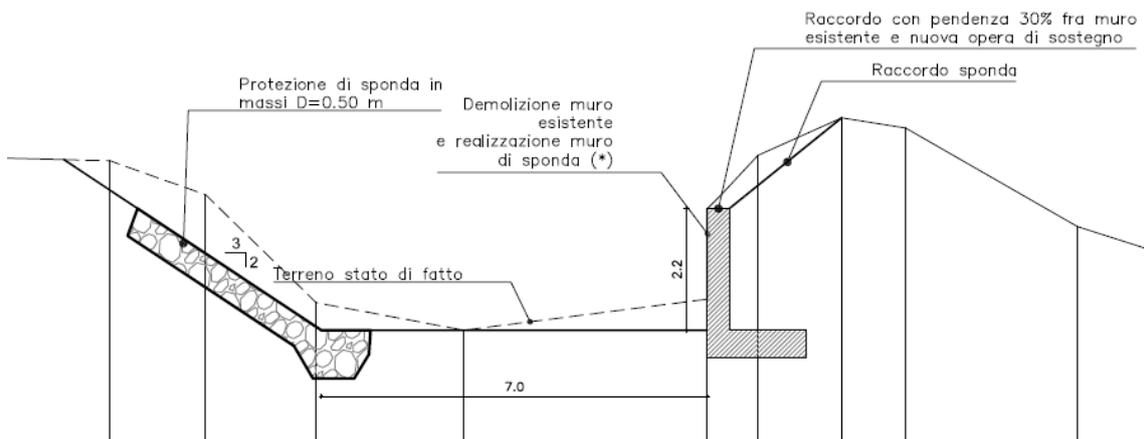


Figura 18 – Sistemazione idraulica dell'alveo – primo tratto

La sezione utilizzata per la riprofilatura ha una larghezza di 10 m che corrisponde alla dimensione massima che l'alveo può assumere immediatamente a monte dell'attraversamento ferroviario. La figura seguente riporta la sezione di progetto in corrispondenza del nuovo attraversamento ferroviario.

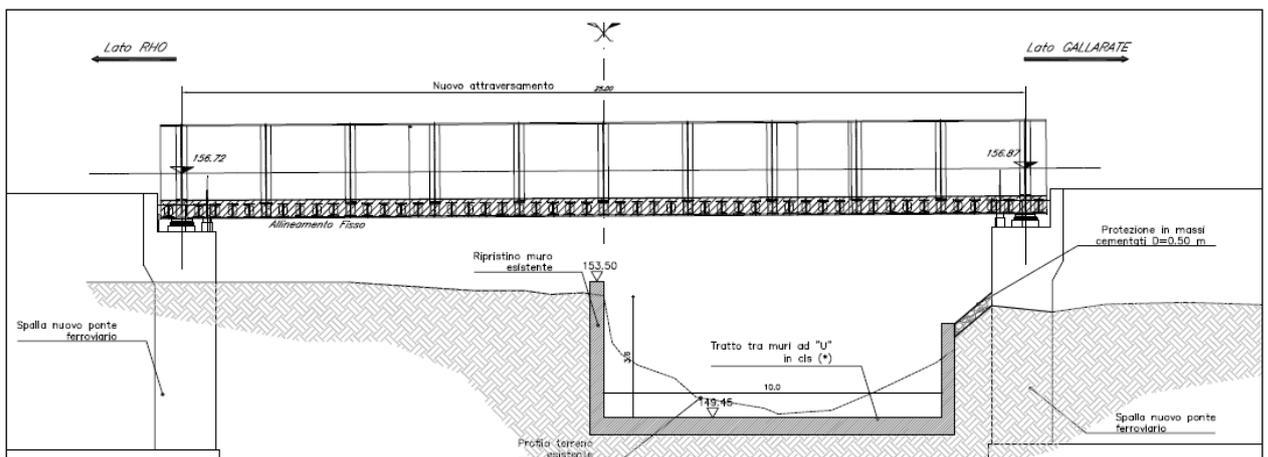


Figura 19 – Sistemazione idraulica dell'alveo – primo tratto

9 Accessibilità, utilizzo e manutenzione delle opere

9.1 Opere per la vigilanza e la manutenzione

9.1.1 Rilevati

Al piede dei rilevati, all'interno della proprietà ferroviaria, sono previsti, ovunque possibile, camminamenti pedonali di servizio di 1 m di larghezza, come indicato nelle sezioni tipo, per consentire la manutenzione e la pulizia dei fossi e delle canalette.

Data l'elevata urbanizzazione del contesto, non è stato possibile prevedere la continuità di tale camminamento per tutta la lunghezza dell'intervento. I camminamenti saranno accessibili da cancelli pedonali ubicati in aree prevalentemente pubbliche.

9.1.2 Trincee

Per la configurazione in trincea è previsto, per motivi di sicurezza, il solo ingresso pedonale nella proprietà ferroviaria. Questo deve essere permesso da cancelli pedonali raggiungibili dalla viabilità esterna.

9.1.3 Cancelli pedonali e carrabili

La proprietà ferroviaria sarà accessibile da cancelli pedonali nella recinzione, posti come riportato sugli elaborati di progetto in modo tale da non avere dei tratti di linea senza la possibilità di ingresso nella proprietà ferroviaria.

La chiusura dei cancelli sarà prevista con catena e lucchetto anticesoia.

9.2 Opere accessorie

9.2.1 Cunetta di piattaforma a fianco del sentiero pedonale

Ai fini della sicurezza del personale lungo linea le cunette di piattaforma a fianco del sentiero pedonale di profondità maggiore od uguale a 50 cm saranno coperte con griglie o plotte che permettano comunque il recapito delle acque nelle cunette stesse.

9.2.2 Pozzetti

Per i pozzetti di profondità maggiore di 1.20 m sarà prevista la scaletta d'ispezione. Tutte le coperture rimovibili di cunette o pozzetti dovranno avere peso tale che ciascuno degli addetti alla manutenzione non sollevi un carico maggiore di 25 kg. Pertanto sarà previsto un adeguato numero di maniglie per addetto in relazione al peso della copertura (ad esempio per copertura di 100 Kg saranno previste 4 maniglie). In tal caso le maniglie saranno a scomparsa.

9.2.3 Parapetto di sicurezza per il rischio di caduta dall'alto

Il parapetto di sicurezza deve essere previsto per altezze con rischio di caduta dall'alto maggiori od uguali a 2 m. Pertanto, oltre che sugli impalcati dei viadotti, dei sottovia e dei muri andatori in genere, sarà inserito anche sui muri d'ala di spalle dei viadotti, sottovia, tombini, muri di sottoscarpa in rilevato e muri di controripa in trincea.

9.2.4 Ostacoli per il rischio di folgorazione

Per il rischio di folgorazione del personale preposto alle visite lungo linea in relazione alle distanze dai conduttori in tensione, saranno previste opportune protezioni (ostacoli) determinate in accordo con la norma CEI.