

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI PROGETTO ESECUTIVO

Strada di collegamento tra Via del Vapore e Via Moriassi Relazione generale

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing. G. Guagnozzi	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 1	E	C V	R G	N V 3 1 0 0	0 0 1	B

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima emissione	Vega Eng. 	23/05/2012	Ing. F. Colla 	29/05/2012	E. Pagani 	31/05/2012	Ing. E. Ghislandi
B00	Revisione a seguito istruttoria IG5101E13ISNV30 00001A del 31/07/2012	Vega Eng. 	19/10/2012	Ing. F. Colla 	23/10/2012	E. Pagani 	25/10/2012	

n. Elab.:	File: IG51-01-E-CV-RG-NV31-00-001-B00.DOC
-----------	---

CUP: F81H92000000008

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVRGNV3100001A00 IG51-01-E-CV-RG-NV31-00-001-B00.DOC

INDICE

1.	GENERALITA'	5
1.1	Oggetto	5
1.2	Normative di riferimento	5
1.3	Inquadramento sismico	6
1.4	Ottemperanza prescrizioni CIPE	6
1.5	Confronto con il progetto definitivo	7
2.	PROGETTO STRADALE	8
2.1	Descrizione dell'intervento.....	8
2.2	Piattaforma stradale.....	9
2.2.1	Elementi marginali e pavimentazioni.....	9
2.2.2	Sovrastruttura	9
2.3	Verifiche di tracciato	10
3.	OPERE COMPLEMENTARI	12
3.1	Segnaletica stradale	12
3.2	Barriere guardavia	12
3.3	Sistemazione a verde	12
4.	OPERE D'ARTE	13
5.	OPERE IMPIANTISTICHE.....	14
6.	FASI ESECUTIVE.....	15
7.	DIMENSIONAMENTO DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE	16
7.1	Sezione di progetto del pacchetto di pavimentazione.....	16
7.2	Analisi del traffico.....	16
7.3	Criterio di verifica	17
4.3.1	Numero dei passaggi sopportabili, termine W8,2t .	17
4.3.2	Numero dei passaggi previsti, termine N8,2t .	20
7.4	Verifica della sovrastruttura	24

GENERAL CONTRACTOR



Consorzio Collegamenti Integrati Veloci

ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

IG5101ECVRGNV3100001B00

Foglio
4 di 25

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5101ECVRGNV3100001B00 Foglio 5 di 25

1. GENERALITA'

1.1 Oggetto

La presente relazione illustra la progettazione esecutiva delle opere previste per la realizzazione della viabilità di collegamento tra via del Vapore e via Moriassi nel Comune di Arquata Scrivia, predisposto alla realizzazione di una tratta del terzo valico ferroviario dei Giovi.

Il progetto prevede la costruzione di una nuova strada che collega la S.S. 35 a via Moriassi, a sua volta collegata al cantiere COP 4.

Lo sviluppo del tracciato in studio è pari a circa 460 m di nuova realizzazione e un tratto di circa 120m di intervento su viabilità esistente.

1.2 Normative di riferimento

Si riportano le principali normative considerate nel progetto.

D.M. Infr. e Trasp.	05.11.2001 (*)	Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade
D.M. Infr. e Trasp.	22.04.2004, n. 67/S (*)	Modifiche al D.M. 05/11/2001
D.M. LL.PP.	16.01.1996	Norme tecniche relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi».
Circ.Min.LL.PP.	04.07.1996, n.156AA	Istruzioni relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi» di cui al D.M. 16/01/96.
Legge	05.11-1971, n. 1086	Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
D.M. LL.PP.	09.01.1996	Norme tecniche per l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
D.M. LL.PP.	04.05.1990	Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali.
D.M. LL.PP.	11.03.1988	Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
D.M. LL.PP.	16.01.1996	Norme Tecniche per le costruzioni in Zone Sismiche.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5101ECVRGNV3100001B00 Foglio 6 di 25

Ordinanza P.C.M.	20.03.2003, n. 3272 (**)	Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
D.Lgs	30.04.1992, n. 285	Codice della strada.
D.P.R.	16.12.1992, n. 495	Regolamento di attuazione del codice della strada.
D.P.R.	24.07.1996, n. 503	Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici.
D.M. LL.PP.	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

NOTE

(*) Per i tratti consistenti in adeguamenti stradali (da intendersi come adeguamenti funzionali, ovvero ammodernamenti e non come adeguamenti alla normativa) le norme contenute nel D.M. 5/11/2001 sono da considerarsi soltanto come un utile riferimento e non cogenti, ai sensi dell'art.1 del D.M. 67/S del 22/04/2004.

(**) Per quanto concerne la normativa sismica si rimanda a successivo capitolo.

1.3 Inquadramento sismico

In analogia ai criteri assunti in fase di progettazione definitiva la verifica sismica delle strutture viene svolta in accordo alla seguente normativa (cui si rimanda per approfondimento e dettagli):

- **D.M. 16/02/96** "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche"
- Circolare 10/04/97 n°65/AA.GG. – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui ad D.M. 16.01.1996
- Ordinanza della protezione civile n.2788 del 12/06/1998 "Individuazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio nazionale" GU 146 del 25/06/1998

1.4 Ottemperanza prescrizioni CIPE

La delibera di riferimento è la n.80 del 29 marzo 2006, "Primo programma delle opere strategiche (Legge n. 443/2001) - Approvazione Progetto Definitivo 'Terzo Valico dei Giovi' Linea AV/AC Milano – Genova"; in essa sono delineate le prescrizioni e le raccomandazioni proposte dal Ministero delle Infrastrutture e Dei Trasporti in seguito all'approvazione del Progetto Definitivo.

In merito agli interventi strettamente stradali oggetto della presente progettazione la suddetta delibera non riporta prescrizioni e/o raccomandazioni specifiche.

In particolare non sono riportate prescrizioni né raccomandazioni sulle caratteristiche della piattaforma stradale, sulla geometria del tracciato, sulla velocità di percorrenza proposta nel progetto definitivo relativamente alla WBS oggetto dell'intervento.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p style="text-align: right;">IG5101ECVRGNV3100001B00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 7 di 25</p>

1.5 Confronto con il progetto definitivo

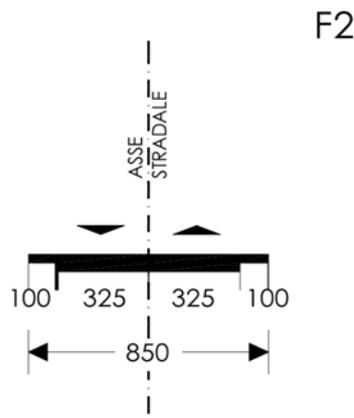
Il progetto esecutivo, pur mantenendo le scelte progettuali di fondo del definitivo, si differenzia da quest'ultimo per la modifica al tracciato stradale, finalizzata a limitare l'interferenza con l'Oleodotto Eni Praoil , che attraversa la nuova viabilità alla progressiva 369+82.

Il tracciato stradale è stato inoltre adeguato a quanto prescritto dal DM 05.11.2001, nel tratto di nuova realizzazione, soddisfacendo le verifiche previste dal suddetto DM per le strade di categoria F2.

2. PROGETTO STRADALE

2.1 Descrizione dell'intervento

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo tratto di strada classificabile come strada locale extraurbana di tipo F2 con una piattaforma di larghezza pari a 8,50 m con due corsie da 3,25 m e due banchine in destra da 1,00 m ciascuna.



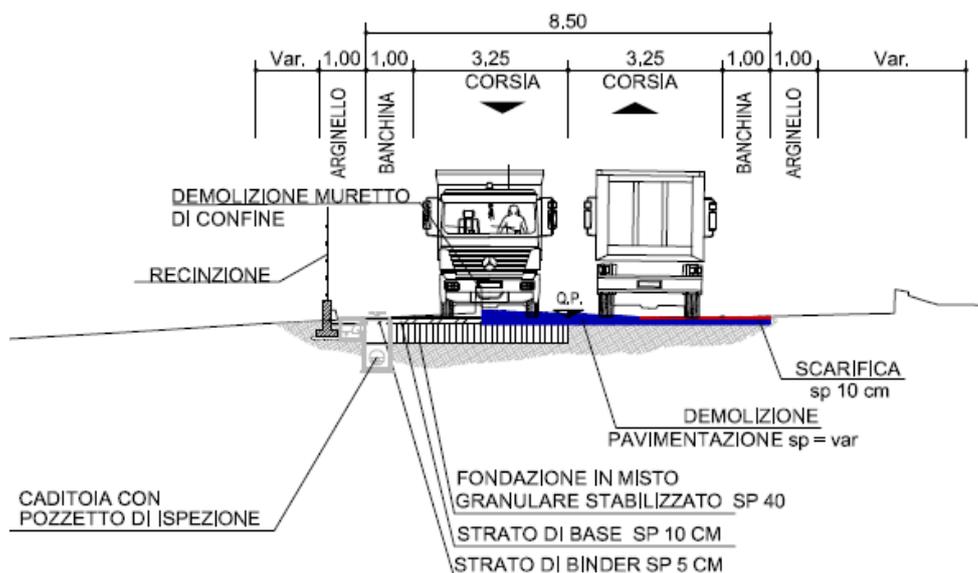
La velocità di progetto assunta per la viabilità è compresa tra 40 e 100 km/h.

Sul tracciato la velocità max ammessa è pari a 50 km/h regolata attraverso apposita cartellonistica.

La velocità sarà inoltre ulteriormente limitata nei pressi delle intersezioni e delle aree di parcheggio.

Il tracciato stradale, si sviluppa prevalentemente in rilevato con un'altezza media di circa un metro. La nuova viabilità si stacca da via Moriassi con uno svincolo a goccia canalizzato, attraversa una zona pianeggiante, parzialmente urbanizzata e pavimentata a nord della S.S. 35 e si innesta su la nuova rotatoria relativa alla WBS OV22, che interconnette via del Vapore e la S.S. 35.

SEZIONE TIPO S2



<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p style="text-align: right;">IG5101ECVRGNV3100001B00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 9 di 25</p>

Dal punto di vista planimetrico il tracciato in progetto presenta n°4 curve con raggi variabili e n°4 rettifili di raccordo.

Dal punto di vista altimetrico, la progettazione è stata sviluppata mantenendo il progetto sempre in lieve rilevato, ad eccezione della zona di innesto, a cui si riferisce il profilo longitudinale denominato Vapore 2, su via Moriassi che è caratterizzata da un rilevato di maggior entità. Le livellette hanno pendenze longitudinali che variano da 0.86% a 4.00%, raccordate fra loro da raccordi verticali, concavi e convessi, variabili fra 1600 e 255 m.

La connessione alla viabilità esistente nell'area di parcheggio sull'innesto della Via del Vapore rende comunque necessario l'adeguamento del piano stradale, pertanto si prevede la fresatura degli strati superficiali di pavimentazione ed un loro reintegro con ricarica dello strato di binder al fine di realizzare le quote di progetto.

2.2 Piattaforma stradale

2.2.1 Elementi marginali e pavimentazioni

A lato della banchina è prevista la realizzazione di un arginello erboso di larghezza 1,00 m e scarpate con pendenza al 3/2.

Data la presenza di campi e di fossi irrigui, tale area dovrà essere opportunamente bonificata mediante asportazione del parte superficiale del terreno (a questo livello progettuale si ipotizza uno strato alto 30 cm) e sostituzione con materiale arido, in aggiunta ai 20 cm previsti come scotico.

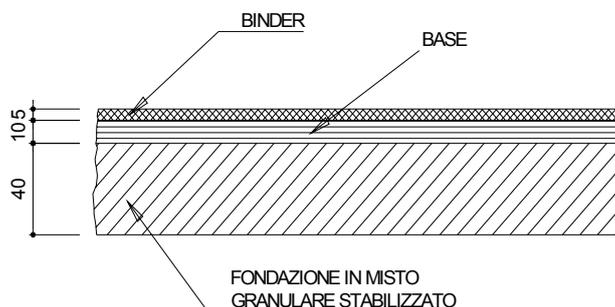
Nell'area di parcheggio prima dell'innesto con la Via del Vapore l'arginello lascia il posto ad una zanella prefabbricata per la raccolta delle acque di piattaforma con una serie di griglie per il convogliamento delle acque meteoriche verso il più vicino collettore fognario.

2.2.2 Sovrastruttura

Analizzando la sovrastruttura stradale, il pacchetto di pavimentazione per l'asse principale risulta così costituito:

- Fondazione stradale in misto granulare stabilizzato s=40.00 cm
- Strato di base in conglomerato bituminoso s=10.00 cm
- Strato di collegamento (binder) s=5.00 cm.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVRGNV3100001B00 Foglio 10 di 25



Per le zone attualmente già pavimentate, come detto, si prevede una fresatura degli strati bituminosi per uno spessore di circa 3 cm, e successiva ricostruzione alle quote progetto; analogo trattamento è previsto per le tratte di raccordo con la viabilità esistente.

2.3 Verifiche di tracciato

L'intervento, come già sottolineato, può essere diviso in due parti con un primo tratto di nuova realizzazione, che collega Via Moriassi, attraverso una intersezione a goccia, a Via del Vapore ed è compreso tra le progressive pk 50.00 e pk 460.00. La seconda parte è un intervento di riqualifica della viabilità esistente e quindi si limita ad adeguare, ove necessario, la larghezza della sezione stradale per uniformarla a quanto previsto per la categoria F2.

L'intero tratto di nuova viabilità è stato progettato in accordo a quanto previsto dalla normativa specifica, soddisfacendo le relative verifiche di cui al DM 5.11.2001 circa le norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade.

In particolare, nella pagina successiva, sono riportate le verifiche e i diagrammi di visibilità redatti sulla base del relativo diagramma di velocità.

Per garantire la visibilità per l'arresto lungo l'intero nuovo tracciato, e al contempo l'inserimento della barriera di sicurezza con una lunghezza di funzionamento adeguata alla tipologia utilizzata, è previsto un allargamento della carreggiata, in corrispondenza dell'inserimento della barriera di sicurezza all'interno della curva alla progressiva pk. 391+48 così da garantire, anche nel tratto suddetto, la distanza di visuale libera per l'arresto del veicolo.

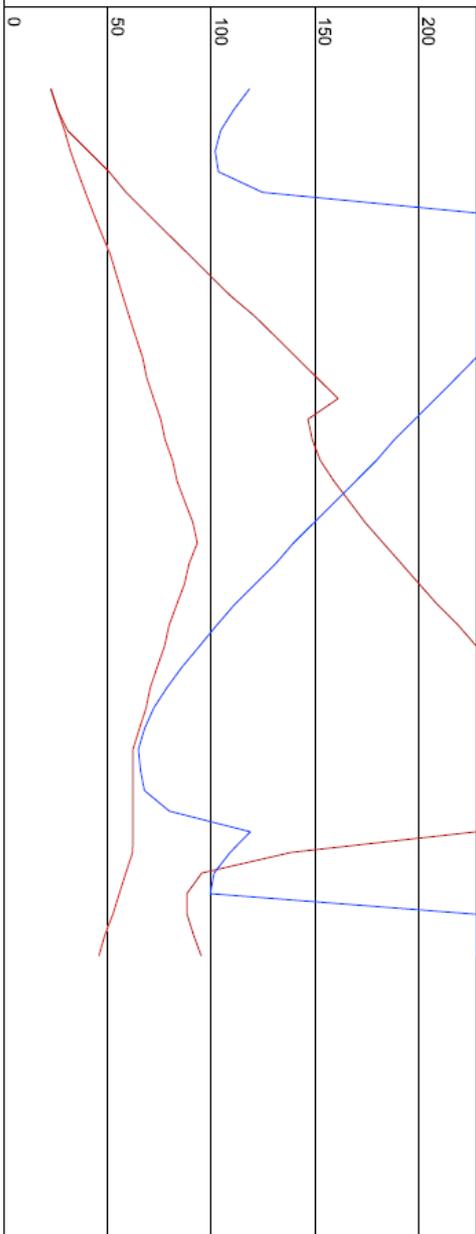
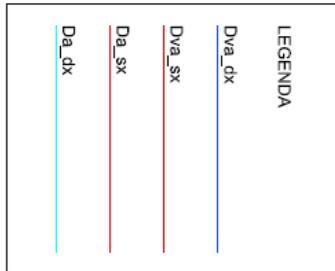
La visibilità (visuale libera) è stata calcolata per un'altezza dell'occhio del conducente, al centro della corsia di marcia, pari a 1,10 metri dal piano viabile e per un ostacolo al suolo a 10 cm. dal piano viabile, anch'esso al centro della carreggiata. Nel caso specifico, la verifica della visuale libera risulta soddisfatta.



DIAGRAMMA DI VISIBILITA'

Scala X 1: 2000,000

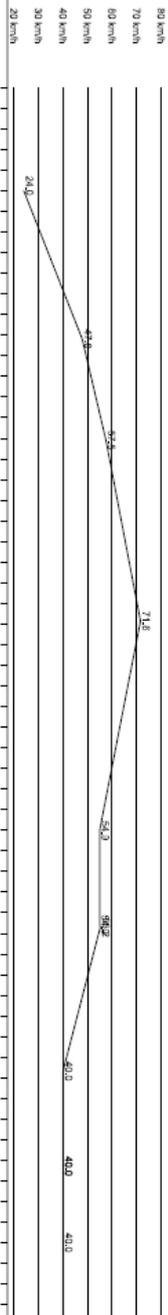
Scala Y 1: 2000,000



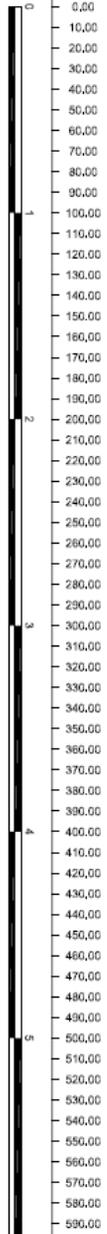
AND PLANIMETRICO



DIAGR.VELOCITA'



PROGRESSIVE



ETTOMETRICHE

Da_dx	Da_sx	Dva_sx > Da_sx	Dva_dx	Dva_dx - Da_dx
25.89	25.89	25.89	110.89	
29.24	29.24	29.24	104.61	
32.11	32.11	32.11	101.94	
35.65	35.65	35.65	103.51	
36.32	36.32	36.32	124.87	
43.12	43.12	43.12	205.12	
47.11	47.11	47.11	287.13	
51.28	51.28	51.28	277.18	
54.28	54.28	54.28	267.06	
57.29	57.29	57.29	258.02	
60.40	60.40	60.40	248.09	
63.61	63.61	63.61	238.16	
66.04	66.04	66.04	228.22	
68.03	68.03	68.03	218.28	
72.26	72.26	72.26	208.32	
75.70	75.70	75.70	198.35	
77.80	77.80	77.80	188.36	
81.39	81.39	81.39	179.76	
83.56	83.56	83.56	169.76	
87.32	87.32	87.32	159.76	
91.20	91.20	91.20	149.76	
93.31	93.31	93.31	139.76	
89.36	89.36	89.36	131.17	
87.11	87.11	87.11	121.17	
83.33	83.33	83.33	111.17	
79.67	79.67	79.67	102.58	
77.53	77.53	77.53	94.39	
74.03	74.03	74.03	86.05	
70.63	70.63	70.63	78.75	
68.60	68.60	68.60	72.30	
65.38	65.38	65.38	67.86	
62.27	62.27	62.27	64.91	
62.26	62.26	62.26	65.88	
62.26	62.26	62.26	67.79	
62.26	62.26	62.26	70.86	
62.26	62.26	62.26	118.92	
62.08	62.08	62.08	109.15	
58.82	58.82	58.82	101.44	
55.65	55.65	55.65	99.59	
52.58	52.58	52.58	429.50	
48.70	48.70	48.70	429.50	
45.86	45.86	45.86	429.50	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5101ECVRGNV3100001B00 Foglio 12 di 25

3. OPERE COMPLEMENTARI

3.1 Segnaletica stradale

La segnaletica verticale è realizzata con pannelli in lamiera di alluminio dello spessore di 25/10 mm, rivestiti nella parte anteriore con pellicola retroriflettente di classe 2: sono previsti N°1 segnali di Stop in corrispondenza dell'isola a goccia; N°4 segnali di dare precedenza; N°2 segnali di preavviso di precedenza; N°4 segnali di direzione, N.4 segnali di limitazione di velocità, N.2 segnali di divieto di sorpasso, N.4 segnali di obbligo di direzione e N.3 delineatori speciali di ostacolo.

Per quel che riguarda la segnaletica orizzontale sul tracciato principale si prevedono strisce della larghezza di 15 cm: continue quelle a delimitazione delle corsie di marcia.

3.2 Barriere guardavia

Nel progetto sono state previste barriere guardavia dove l'altezza del rilevato risulta > di 1,00 m, si rimanda alla specifica relazione per gli approfondimenti di dettaglio.

3.3 Sistemazione a verde

Per quanto riguarda le scarpate si prevede un ricoprimento delle scarpate con terreno vegetale sp 30 cm e la fornitura di sementi per la formazione di prato fiorito.

4. OPERE D'ARTE

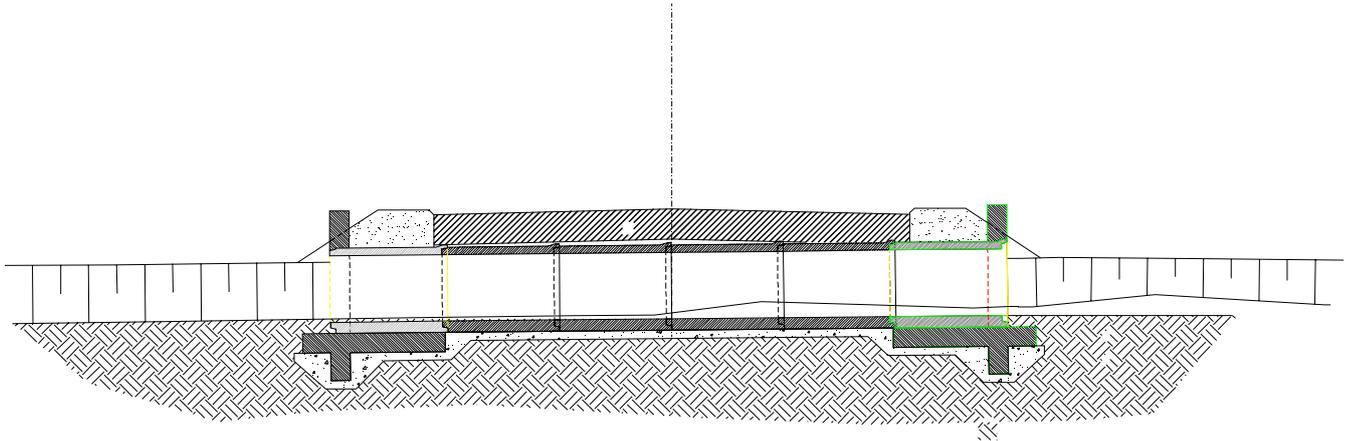
Nel presente progetto non sono comprese opere d'arte di particolare rilevanza ma solamente un'opera d'arte minore costituita da un'attraversamento idraulico alla sezione 25 del nuovo tracciato dell'NV31 che sostituisce una attuale tombinatura di diam 600 ad uso di attraversamento campestre in stato di abbandono. Il corso d'acqua risulta essere un fosso secondario compreso fra i bacini del rio Campora e del fosso Pradella, affluenti di sinistra del torrente Scrivia.

La superficie del bacino di competenza risulta poco significativa, e comunque non facilmente determinabile pertanto per le valutazioni idrauliche si è proceduto garantendo il mantenimento delle attuali capacità di deflusso.

Il fosso risulta avere sezioni di superficie prossime a 1 m^2 .

Si prevede pertanto di mantenere sezioni minime di sistemazione con superfici pari ad almeno 1 m^2 ; per il tratto tombinato, della lunghezza di circa 10 m, si prevede di utilizzare una condotta di diametro 1200 mm ($S \approx 1.13 \text{ m}^2$).

SEZIONE B-B 1:50



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG5101ECVRGNV3100001B00</p>	<p>Foglio 14 di 25</p>

5. OPERE IMPIANTISTICHE

Dal rilievo a disposizione non si evidenzia la presenza di particolari interferenze impiantistiche nell'area interessata dall'intervento.

Gli attraversamenti aerei delle linee ENEL rilevati si trovano a quote superiori a 14m dal piano viario.

Nell'area di parcheggio della zona artigianale/industriale prima dell'innesto con la Via del Vapore è stata rilevata la presenza di numerose griglie e di collettori fognari aventi funzione di raccolta delle acque di piattaforma dell'area.

Nel progetto si prevede quindi, per i tratti in cui è prevista la risagomatura della pavimentazione il rialzamento delle griglie fino alla quota di progetto.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p style="text-align: right;">IG5101ECVRGNV3100001B00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 15 di 25</p>

6. FASI ESECUTIVE

L'intervento non presenta difficoltà realizzative tali da rendere necessaria una fasizzazione particolare delle lavorazioni.

Le zone di intervento sono essenzialmente di tre diverse tipologie:

- area di nuova realizzazione attualmente costituita da terreni agricoli in cui non si riscontrano particolari difficoltà esecutive;
- area di parcheggio della zona artigianale/industriale prima dell'innesto con la Via del Vapore attualmente interdetta al transito dei veicoli e per la quale le lavorazioni prevederanno anche fresature e demolizioni ma che non si ritiene che comportino particolari difficoltà;
- area di innesto sulla Via Moriassi, anch'essa oggetto di intervento, in questo caso le lavorazioni dovranno essere tali da garantire il transito quantomeno in senso unico alternato sull'attuale Via Moriassi.

7. DIMENSIONAMENTO DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE

Il presente capitolo tratta la verifica del pacchetto di pavimentazione stradale previsto per la strada in oggetto che, sulla base del DM del 5.11.2001, è del tipo **F2 extraurbana** (piattaforma di larghezza pari a 8,50 m con due corsie da 3,25 m e due banchine in destra da 1,00 m ciascuna). Ai fini della scelta delle barriere guardavia a tale infrastruttura è stato associato un **tipo di traffico III** sulla base di un **TGM > 1000** veicoli annui nei due sensi di marcia e assumendo,cautelativamente, una percentuale di veicoli pesanti pari al 15% di veicoli eventi massa > 3,5 [tonn], essendo previsto il transito di mezzi di cantiere nei primi anni di realizzazione della nuova viabilità

7.1 Sezione di progetto del pacchetto di pavimentazione

Per la strada in oggetto è stata ipotizzata la seguente sezione tipo del pacchetto di pavimentazione:

Strati	Spessore [cm]	Materiale costituente
Binder	5	Conglomerato bituminoso
Base	10	Misto bitumato
Fondazione	40	Misto granulare stabilizzato
<i>Totale</i>	55	

7.2 Analisi del traffico

Come anticipato in premessa al presente capitolo alla strada in oggetto è stato associato un TGM > 1000 veicoli annui nei due sensi di marcia e, nello specifico, abbiamo ipotizzato cautelativamente un **TGM = 10.000** veicoli annui nei due sensi di marcia e ad esso si applicano i seguenti coeff. moltiplicativi:

1. Aliquota di distribuzione del traffico per senso di marcia: $pd = 0,50$
2. Numero giorni commerciali annui: $ggc = 250$
3. Percentuale di Veicoli commerciali: $p = 15\%$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5101ECVRGNV3100001B00 Foglio 17 di 25

4. Aliquota veicoli commerciali sulla corsia lenta: $pl = 1,00$

5. Coefficiente di dispersione delle traiettorie: $d = 0,80$

Numero di veicoli pesanti (commerciali) che transitano all'anno "zero":

$$Nvc0a = TGM \times pd \times ggc \times pd \times p \times pl \times d = 150\ 000 \text{ [veic. comm.]}$$

Ipotizzando i seguenti valori ai fini della proiezione futura del traffico stimato:

- Tasso d'incremento annuo di motorizzazione: $r = 1.5\%$
- Vita Utile: $n = 10$ [anni]

Numero di veicoli pesanti (commerciali) che transitano durante la Vita Utile:

$$Nvc = Nvc0a \times [(1 + r)^n - 1]/r = 1\ 605\ 408 \text{ [veic. comm.]}$$

7.3 Criterio di verifica

Per la verifica del dimensionamento del pacchetto di pavimentazione è stato adottato il **metodo AASHTO Interim Guide "modificato"**. E' un metodo empirico-statistico basato sull'usura dovuta al traffico commerciale. Fondamentale è il confronto tra il Numero di passaggi di assi standard equivalenti da 8,2 [ton] sopportabili da una pavimentazione di assegnate caratteristiche, indicato con $W_{8,2t}$, ed il Numero di passaggi di assi standard equivalenti da 8,2 [ton] previsti nell'arco della Vita Utile della pavimentazione, indicato con $N_{8,2t}$. Affinché l'ipotizzato pacchetto di pavimentazione di progetto risulti essere in grado di mantenersi funzionale nell'arco della Vita Utile è necessario che sia verificata la condizione:

$$W_{8,2t} > N_{8,2t}$$

4.3.1 Numero dei passaggi sopportabili, termine $W_{8,2t}$.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVRGNV3100001B00 Foglio 18 di 25

La metodologia di dimensionamento proposta dall'AASHTO Guide Design of Pavement Structures si basa sulla quantificazione della capacità strutturale della pavimentazione attraverso il Numero di Struttura (SN, Structural Number) e si fonda su 4 diversi fattori:

1. Traffico di progetto, *numero di passaggi sopportabili* ($W_{8,2t}$).
2. Grado di Affidabilità del procedimento di dimensionamento.
3. Caratteristiche degli strati, attraverso lo Structural Number (SN).
4. Decadimento limite ammissibile della sovrastruttura.

La relazione fondamentale di dimensionamento vede il termine $W_{8,2t}$ legato a vari parametri attraverso la seguente funzione di regressione:

$$\log(W_{8,2t}) = Z_r \cdot S_o + 9,36 \cdot \log((SN / 2,54) + 1) - 0,20 + \frac{\log\left(\frac{PSI_i - PSI_f}{4,2 - 1,5}\right)}{0,40 + \frac{1094}{((SN / 2,54) + 1)^{5,19}}} + 2,32 \cdot \log(Mr^*) - 3,056$$

Z_r = parametro tabellato in funzione dell' Affidabilità R(%) Reliability, a sua volta tabellata in funzione del tipo di strada [vedi classificazione secondo il D.M. 5/11/2001].

S_o = parametro che assume valori compresi nell'intervallo [0.40 -- 0.50]

$$SN = a_1 \cdot s_1 + a_2 \cdot s_2 + a_3 \cdot s_3 + m_4 \cdot a_4 \cdot s_4$$

SN [cm] *Structural Number* (oppure Is = Indice di spessore), dove Si sono gli *spessori* [cm] ipotizzati per gli strati che compongono il pacchetto di pavimentazione, ai sono i *coefficienti strutturali* i cui valori (tabellati) dipendono dalle caratteristiche meccaniche dei materiali costituenti i vari strati ed m_4 il *coefficiente di drenaggio* (valore 1.0 -- 3.0) degli strati "non legati".

PSI_i , PSI_f = *Indici di Servizio* (Present Serviceability Index), per quello Iniziale si assume un valore pari a 4.2 e per quello Finale si assume un valore pari a 2.5 oppure 3.0 a seconda se si tratti di strade a minore o maggiore importanza. [decadimento ammissibile della sovrastruttura]

Mr = *Modulo Resiliente* [MPa] del Sottofondo,

ottenuto dalla relazione $Mr = 10 \text{ CBR}(\%)$,

dove CBR (Californian Bearing Ratio) = *Indice di Portanza* del Sottofondo

tale che $CBR(\%) = 0.2 \text{ Md}$,

dove Md = *Modulo di Deformazione* [MPa]=[N/mm²] del Sottofondo che deve

risultare di valore pari ad almeno 40 [Mpa] oppure 50 [Mpa] rispettivamente per strade di minore importanza e le Autostrade.

Da sottolineare che il valore di $W_{8,2t}$ aumenta al crescere dei valori di **SN** e **Mr**.

Riprendendo il pacchetto di pavimentazione ipotizzato:

Strati	Spessore [cm]	Materiale costituente	Coefficiente Strutturale (a i)	Coefficiente Drenaggio (m i)
Binder	5	Conglomerato bituminoso	0,37	/
Base	10	Misto bitumato	0,24	/
Fondazione	40	Misto granulare stabilizzato	0,13	1,0
<i>totale</i>	55			

Considerando la funzione di regressione introdotta alla precedente pagina si inseriscono i seguenti dati input:

Tipologia Strada	Classe	Affidabilità D.M. 5/11/2001	Zr	So	PSI i	PSI f
4. Strada extraurbana secondaria ordinaria	F2	85%	- 1.037	0.45	4.2	2.5

In merito alle caratteristiche di portanza del Sottofondo si ritiene sufficiente considerare un valore medio del CBR pari all' 8%, corrispondente al valore minimo di 40 [MPa] consigliato per il Modulo di Deformazione (Md) del sottofondo.

Questo comporta un valore del Modulo Resiliente del sottofondo stesso pari a:

$$Mr = 10 \text{ CBR}(\%) = 80 \text{ [Mpa]}$$

Con questi dati input da inserire nella formula di regressione precedentemente introdotta si ottiene quanto segue:

$W_{8,2t} = 5\,398\,371$ Numero dei Passaggi di assi standard equivalenti da 8,2 [ton] sopportabili dal pacchetto di pavimentazione in progetto.

4.3.2 Numero dei passaggi previsti, termine N8,2t .

Il valore del termine **N_{8,2t}** deriva dall'Analisi del traffico e dipende dal Tipo di strada in base alla classificazione del D.M. 5/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione di strade" e dal conseguente Spettro dei Veicoli Commerciali (percentuale delle diverse tipologie di veicoli commerciali che si prevede vi possano transitare).

Quali siano i tipi di Veicoli Commerciali previsti viene estrapolato dal cosiddetto Spettro dei Veicoli Commerciali che dipende dal tipo di strada in oggetto, come rilevabile dalla seguente tabella estratta dalla Normativa:

TIPO DI STRADA	TIPO DI VEICOLO															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.Autostrada extraurbana	12.2	-	24.4	14.6	2.4	12.2	2.4	4.9	2.4	4.9	2.4	4.9	0.10	-	-	12.2
2.Autostrada urbana	18.2	18.2	16.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	18.2	27.3	-
3.Strade extr. principali e secondarie a forte traffico	-	13.1	39.5	10.5	7.9	2.6	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.6	0.5	-	-	10.5
4.Strade extr. secondarie ordinarie	-	-	58.8	29.4	-	5.9	-	2.8	-	-	-	-	0.2	-	-	2.9
5.Strade extr. secondarie turistiche	24.5	-	40.8	16.3	-	4.15	-	2	-	-	-	-	0.05	-	-	12.2
6.Strade urbane di scorrimento	18.2	18.2	16.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	18.2	27.3	-
7. Strade urbane di quartiere e locali	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-
8. Corsie Preferenziali	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47	53	-

Per la strada, classificata secondo il D.M. 5/11/2001 come F2 extraurbana, andiamo a considerare cautelativamente lo spettro dei veicoli commerciali previsto per le strade di Tipo 4 "Strade extraurbane secondarie ordinarie" (vedi soprastante tabella).

In base allo spettro dei veicoli commerciali corrispondente alla nostra strada è possibile suddividere il Numero totale di passaggi previsti di veicoli pesanti in base alle diverse percentuali d'incidenza di ciascuna tipologia di veicolo commerciale stesso (**N_{vc i}**).

Numero di passaggi Previsti per ogni Tipo di Veicolo commerciale		
Tipo di Veicolo Commerciale	Spettro dei Veicoli Commerciali	Nvc i
1	0.00%	0
2	0.00%	0
3	58.80%	943 980
4	29.40%	471 990
5	0.00%	0
6	5.90%	94 719
7	0.00%	0
8	2.80%	44 951
9	0.00%	0
10	0.00%	0
11	0.00%	0
12	0.00%	0
13	0.20%	3 211
14	0.00%	0
15	0.00%	0
16	2.90%	46 557
Nvc (totale)	100.00%	1 605 408

Di seguito si rapporta il Numero di passaggi di veicoli commerciali (pesanti) al corrispondente Numero di passaggi di assi standard equivalenti di 8,2 [t].

Per quanto riguarda il numero e il relativo peso degli assi di ciascuno dei 16 tipi di veicoli commerciale ci basiamo sulla seguente tabella estratta dalla Normativa:

Tipo di veicolo	N° Assi			Carichi per asse o set di assi		
	S	T	Td			
1) AUTOCARRI LEGGERI	2			↓ 10	↓ 20	
2) " "	2			↓ 15	↓ 30	
3) AUTOCARRI MEDI E PESANTI	2			↓ 40	↓ 80	
4) " "	2			↓ 50	↓ 110	
5) AUTOCARRI PESANTI	1			↓ 40	↓ ↓ 80+80	
6) " "	1			↓ 60	↓ ↓ 100+100	
7) AUTOTRENI E AUTOARTICOLATI	4			↓ 40	↓ 90	↓ 80 ↓ 80
8) " "	4			↓ 60	↓ 100	↓ 100 ↓ 100
9) " "	1	2		↓ 40	↓ ↓ 80+80	↓ ↓ 80+80
10) " "	1	2		↓ 60	↓ ↓ 90+90	↓ ↓ 100+100
11) " "	2		1	↓ 50	↓ 100	↓ ↓ ↓ 80+80+80
12) " "	2		1	↓ 60	↓ 110	↓ ↓ ↓ 90+90+90
13) MEZZI D'OPERA	2		1	↓ 50	↓ 130	↓ ↓ ↓ 130+130+130
14) AUTOBUS	2			↓ 40	↓ 80	
15) " "	2			↓ 60	↓ 100	
16) " "	2			↓ 50	↓ 80	

Nella soprastante tabella i pesi degli assi sono riportati in [KN]
 (1 [t] = 1.000 [Kg] = 1.000 [dN] = 10.000 [N] = 10 [KN])

Per convertire il peso di ciascun asse da X [t] al peso standard di 8,2 [t] si considerano i seguenti coefficienti di equivalenza ottenuti attraverso l'espressione di Yoder :

x [t]	$Ex = 2^{(2,78 (x - 8,2))}$
1 [t]	0,0204
1,5 [t]	0,0267
2 [t]	0,0350
3 [t]	0,0601
4 [t]	0,1032
5 [t]	0,1773
6 [t]	0,3044
8 [t]	0,8975
9 [t]	1,5411
10 [t]	2,6463
11 [t]	4,5441
12 [t]	7,8028

13 [t]

13,3985

		TIPI DI VEICOLI COMMERCIALI															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
PESO [t] DEGLI ASSI	1	1															
	1.5		1														
	2	1															
	3		1														
	4			1		1		1		1		1			1		
	5				1									1			1
	6						1		1		1		1			1	
	8			1		2		2		4		3			1		1
	9							1			2		3				
	10						2		3		2	1					
	11				1								1				
	12													1			
	13													3			

Dalla soprastante matrice (a_{ki} di dimensioni 13x16) si deduce, per ogni Tipo di veicolo, il Numero degli Assi presenti ed il relativo Peso (in tonnellate). Ad esempio il Veicolo Commerciale di Tipo 9 presenta 1 asse da 4 [t] e 4 assi da 8 [t], ovvero le componenti matriciali $(a_{5,9})=1$ e $(a_{8,9})=4$.

Effettuando il prodotto matriciale tra la soprastante matrice 13x16 e la matrice 16x1 [vettore colonna \mathbf{Nvc}_i] relativa al Numero di passaggi per ogni Tipo di veicolo commerciale si ricava la matrice 13x1 [vettore colonna \mathbf{Nx}] del Numero di passaggi previsti per ogni "classe" x [tonn] di Peso d'Asse. Moltiplicando poi ciascun valore ottenuto per il corrispondente coefficiente d'equivalenza \mathbf{Ex} si ricava il Numero di passaggi previsti per l'Asse standard da 8.2 [t], ovvero il termine \mathbf{Nx} eq 8,2.

Vettore colonna 13x1 dei termini: $\mathbf{Nx} = \sum (a_{ki}) \times \mathbf{Nvc}_i$

Vettore colonna 13x1 dei termini: \mathbf{Nx} eq 8,2 = $(\mathbf{Nx}) \times \mathbf{Ex}$

Numero di passaggi Previsti di Assi standard da 8,2 [t]		
Classe di Peso d'Asse	Vettore Nx	Nx eq 8,2
1	0	0
1,5	0	0
2	0	0
3	0	0
4	943 980	97 452
5	521 758	92 491
6	136 671	42 515
8	990 537	889 017
9	0	0
10	324 292	858 189
11	471 990	2 144 778
12	3 211	25 053
13	9 632	129 060
N 8,2t (Totale)		4 278 554

N_{8,2t} = 4 278 554 Numero dei Passaggi di assi standard equivalenti da 8,2 [ton] **previsti** nei 10 anni di vita utile della strada in progetto.

7.4 Verifica della sovrastruttura

W_{8,2t} = 5 398 371 Passaggi Sopportabili > **N_{8,2t} = 4 278 554** Passaggi Previsti

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRGNV3100001B00	Foglio 25 di 25

In virtù di quanto detto al paragrafo 1.3 il pacchetto di pavimentazione ipotizzato risulta idoneo a sopportare il traffico pesante previsto nei **10 anni di vita utile** della strada in progetto.