

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

ADEGUAMENTO NODO DI PONTEDECIMO 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 0 7 0 0	0 0 1	A

Progettazione :								
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima emissione	Leonardo Strutture 	17/09/2012	Ing. F. Colla 	18/09/2012	E. Pagani 	21/09/2012	Ing. E. Ghislandi

n. Elab.:	File: IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC
-----------	-------------------------------------------

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC
	Foglio 3 di 43

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	4
1.1	Generalità	4
1.2	Confronto con il Progetto Definitivo	5
1.3	Ottemperanza alle prescrizioni del C.I.P.E.	6
1.4	Suddivisione in tratti d'opera	7
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	8
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO	10
4	INQUADRAMENTO IDROLOGICO-IDRAULICO.....	11
5	PROGETTO STRADALE	12
5.1	Descrizione del tracciato plano-altimetrico	12
5.1.1	Tratto Passerella Pedonale “dei Frati Cappuccini” – Ponte “F.lli Delle Piane”	12
5.1.2	Tratto ponte “Delle Piane” – Nuovo ponte sul T.Verde	12
5.1.3	Tratto nuovo ponte sul T.Verde – Collegamento S.P.4 - S.P.6	13
5.2	Elementi tipici della sezione trasversale	13
5.3	Calcolo della capacità della mini-rotatoria	15
6	OPERE D'ARTE	18
6.1	Viadotti lungo il torrente Verde	18
6.2	Ponte sul Torrente Verde	18
6.3	Opere d'arte minori	19
7	SMALTIMENTO ACQUE	21
7.1	Determinazione delle portate	21
7.1.1	Pluviometria	21
7.1.2	Piogge di massima intensità e breve durata	21
7.1.3	Portate di smaltimento	22
7.2	Dimensionamento idraulico collettori	22
7.3	Criteri progettuali	23
7.4	Verifica dei tratti in esame	24
7.4.1	Portate acque di piattaforma	25
7.4.2	Scala di Deflusso	27
8	OPERE IMPIANTISTICHE.....	29
8.1	Pubblica Illuminazione	29
8.2	Interferenze con servizi tecnologici a rete	29
9	SICUREZZA	30
9.1	Applicazione della normativa sulla costruzione delle strade - Analisi della sicurezza	30
9.2	Elementi marginali di sicurezza	31
9.2.1	Premesse	31
9.2.2	Protezioni previste	34
9.2.3	Barriere di sicurezza da impiegare	35
10	SEGNALETICA.....	36
11	DIMENSIONAMENTO DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE	37
11.1	Premesse	37
11.2	Sovrastruttura stradale di progetto	37
11.3	Traffico di progetto	37
11.4	Criterio di verifica	38
11.5	Numero dei passaggi sopportabili (termine $W_{8,2t}$)	38
11.6	Numero dei passaggi previsti (termine $N_{8,2t}$)	39
11.7	Verifica della sovrastruttura	43

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC</p> <p style="text-align: right;">Foglio 4 di 43</p>

1 INTRODUZIONE

1.1 Generalità

Il presente progetto si svolge nell'ambito di quello più generale relativo alla linea ferroviaria AV/AC Milano-Genova, denominata "III Valico dei Giovi", la cui progettazione e realizzazione è stata affidata da Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (RFI) al Consorzio COCIV, in qualità di General Contractor.

Si riportano di seguito alcuni dati salienti relativi a questo affidamento:

- in data 16.03.1992 Treno Alta Velocità - TAV S.p.A. (fusa per incorporazione in RFI con effetto dal 31.12.2010) e il Consorzio COCIV, in qualità di General Contractor, hanno stipulato una Convenzione avente ad oggetto la linea ferroviaria ad Alta Velocità, tratta Milano-Genova e relative infrastrutture e interconnessioni;
- il CIPE, con Deliberazione n. 80/2006 in data 29.3.2006, ha approvato il Progetto Definitivo delle opere, anche ai fini della dichiarazione di pubblica utilità, nonché ai sensi e per gli effetti di cui all'articolo 4, comma 5, del D.Lgs. n. 190/2002;
- il CIPE con Deliberazione n. 84/2010 in data 18.11.2010, ha autorizzato, ai sensi dell'articolo 2, commi 232 e seguenti, della legge 23 dicembre 2009, n. 191 (legge finanziaria 2010), l'avvio della realizzazione delle opere in 6 lotti costruttivi, contestualmente individuati, ed ai sensi dell'articolo 2, comma 232 della medesima legge ha autorizzato il primo lotto costruttivo dell'opera;
- in data 11 novembre 2011 è stato stipulato tra RFI e COCIV l'Atto Integrativo alla Convenzione del 16.03.1992, divenuto efficace in data 02.04.2012, che ha stabilito le condizioni per la progettazione esecutiva e costruzione delle opere. Tale Atto Integrativo prevede, tra l'altro, opere da consegnare a terzi.

L'intervento oggetto della presente relazione è ubicato nella frazione di Pontedecimo del Comune di Genova ed è denominato:

WBS NV07 – Adeguamento Nodo di Pontedecimo.

L'intervento è posto totalmente in ambito urbano e lungo la sponda destra dei torrenti Polcevera e Verde. Esso risulta molto articolato e prevede, fra l'altro, la realizzazione di due nuovi tratti stradali, l'adeguamento funzionale di una intersezione esistente, nonché l'adeguamento funzionale, tramite completo rifacimento, di un preesistente collegamento tra la S.P. 4 (in sponda destra – zona campo sportivo) e la S.P. 6 (in sponda sinistra – tratto compreso tra Pontedecimo e Campomorone). Per quest'ultimo sub-intervento si prevede quindi la realizzazione di un nuovo ponte sul T. Verde, in sostituzione di quello esistente di cui è prevista la demolizione.

Tale intervento, alla stregua di molti altri similmente previsti, è rivolto al miglioramento della viabilità ed ha lo scopo di prevenire i problemi che si potrebbero determinare a seguito del transito dei mezzi di cantiere legati alla realizzazione della linea ferroviaria ad alta capacità, con particolare riferimento a quelli adibiti al trasporto dello smarino e di altri materiali pesanti, dai siti di scavo o di cantiere alle aree di scarica e, in direzione opposta, dei materiali da costruzione in approvvigionamento degli stessi cantieri.

In ogni caso si tratta di un intervento destinato anche ad indurre benefici a lungo termine per la collettività, in termini di aumento della scorrevolezza e sicurezza del traffico e della vivibilità del centro abitato, in quanto forte potenziamento della viabilità all'interno della frazione, oggi assai carente da questo punto di vista.

Tutti i tratti stradali interessati dall'intervento sono classificabili nella categoria F urbana, di cui al D.M. 05.11.2001.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC Foglio 5 di 43

1.2 Confronto con il Progetto Definitivo

Il Progetto Esecutivo ricalca fedelmente le ipotesi progettuali e le tipologie di intervento previste nel Progetto Definitivo (nel seguito P.D.).

Nell'affinamento della progettazione propria della fase esecutiva sono emersi comunque elementi di dettaglio che sono stati aggiunti, integrati o modificati a seconda delle necessità.

Ripercorriamo di seguito gli elementi essenziali della progettazione e le opere d'arte maggiori e minori previste:

- Il piano delle demolizioni, che è rimasto nelle previsioni del P.D. per quanto riguarda le opere di una certa consistenza, quali fabbricati, opere infrastrutturali (come l'attuale ponte sul T.Verde presso il campo sportivo) ed annessi, è stato affinato inserendo anche interventi minori, quali la demolizione di parapetti (vedi zona rotatoria), la scapitozzatura di muri esistenti (visibile negli elaborati di dettaglio relativi ai muri);
- Il tracciato stradale planoaltimetrico è rimasto integralmente quello del P.D., così come le dimensioni della sezione trasversale. Sono stati definiti meglio i confini dell'intervento e le superfici stradali da ripavimentare come:
 - ad inizio lotto (curva di Via Coni Zugna);
 - presso la rotatoria (tratto finale di Via del Ricreatorio e tratto di Via Gallino);
 - alla fine del Viadotto 2;
 - a fine lotto.
- Le opere di protezione, quali parapetti metallici e barriere di sicurezza, sono rimaste quelle previste nel P.D.;
- le opere per lo smaltimento delle acque di piattaforma sono rimaste quelle del P.D., salvo affinamenti nei dettagli esecutivi;
- Per i Viadotti V1 e V2, nonostante gli affinamenti del calcolo sono state pienamente rispettate le previsioni di dimensionamento delle carpenterie delle parti in elevazione di pile e spalle, mentre vi è stato qualche affinamento in termini di posizione e talvolta di numero di micropali. Per quanto riguarda l'impalcato, questo ha mantenuto il numero delle travi e le dimensioni della soletta in c.a. del P.D.. Le opere provvisoriale a contenimento degli scavi, già previste nel P.D., sono state in questa fase verificate e dimensionate nel dettaglio (micropali e tiranti);
- Il nuovo ponte sul Torrente Verde non ha avuto modifiche rispetto al P.D., né per l'impalcato, né per le sottostrutture. Per le opere provvisoriale vale quanto detto sopra;
- Il dimensionamento dei muri di sostegno del corpo stradale e di controripa rimane anch'esso uguale a quello proposto nel P.D., salvo il maggior dettaglio di rappresentazione. In generale è stato sostituito, ove presente in precedenza, il tacco di fondazione per la resistenza alla scorrimento orizzontale con l'inclinazione verso l'esterno della superficie di appoggio della fondazione stessa; ciò in quanto tale soluzione offre maggiori garanzie di funzionamento rispetto alle ipotesi teoriche assunte nel calcolo;
- Le opere a sbalzo sul torrente, fortemente condizionate nella loro posizione e dimensione dal tracciato planoaltimetrico e dalla necessità di rispettare il franco idraulico di 50 cm al di sopra della quota di massima piena di progetto, sono rimaste prevalentemente le stesse. Si segnala soltanto una redistribuzione planimetrica, per l'intervento CS01, delle mensole ad U per evitare l'interferenza con lo sbocco di un tombino nel torrente (fermo restando l'interasse ed il numero delle stesse);
- A seguito della revisione ed integrazione del rilievo celerimetrico sono stati riverificati gli accessi alle proprietà limitrofe. A tal fine si è resa necessaria, lungo il nuovo tratto stradale che si sovrappone a Via Lungotorrente Verde, la previsione di due rampe, per garantire l'accesso carrabile ad un piazzale condominiale e ad un esercizio commerciale.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC	Foglio 6 di 43

1.3 Ottemperanza alle prescrizioni del C.I.P.E.

Di seguito si riportano le prescrizioni di carattere generale e se presenti quelle specifiche relative alla WBS in esame, di cui alla Delibera del C.I.P.E n. 80/2006, in data 29.03.2006. Di seguito a ciascuna di esse una sintetica descrizione delle modalità con cui vi si è potuto o meno ottemperare nel Progetto esecutivo:

1) Viabilità

- i) *In ambito di progetto esecutivo si raccomanda un approfondimento circa le opere di raccolta e smaltimento delle acque, specialmente mediante una realizzazione o miglioria delle cunette poste a monte della carreggiata, sia nella zona ove sono previsti allargamenti, sia in quella ove le sezioni attuali sono ritenute già idonee, in linea con i tempi e i costi previsti.*

Ottemperanza:

Sono state inserite in progetto, secondo quanto necessario, le opere di drenaggio delle acque di piattaforma, con particolare riferimento ai tratti di nuova viabilità, come risulta dagli specifici elaborati.

10) Raccomandazioni

- c) *Si raccomanda, in fase di progettazione esecutiva delle rotonde stradali, una specifica analisi della capacità delle nuove viabilità e dei relativi incroci, di porre particolare attenzione allo smaltimento delle acque e a provvedere che i terrapieni posti all'interno delle rotonde siano di altezza sufficiente ad impedire la visuale oltre il terrapieno stesso, con lo scopo di indurre il conducente a ridurre la velocità in ingresso.*

Ottemperanza:

Tra le opere comprese nel presente intervento vi è un'unica rotonda, classificabile come "minirotonda" (cfr. DM 19.04.2006), posta nel pieno centro abitato di Pontedecimo, all'imboccatura del ponte "Giovanni e Serafino Delle Piane".



Fig. 1 – Stato attuale dell'intersezione (fonte: Google Earth).

La geometria della stessa che, dato il limitato diametro, è stata prevista con isola centrale completamente sormontabile, è totalmente determinata dalle condizioni al contorno. Il suo dimensionamento dunque non è stato determinato in base alla capacità, bensì sulla base della situazione preesistente (v. figura).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC
	Foglio 7 di 43

Nel prosieguo della presente Relazione è stato comunque condotto un calcolo in *back-analysis* della capacità, con il metodo CERTU, suggerito dalle Norme Tecniche della Regione Lombardia, che è uno dei più affidabili per le rotatorie urbane.

Per quanto riguarda il terrapieno centrale, questo risulta assente proprio in virtù della soluzione funzionale adottata, essendo sostituito da una zona rialzata (a cupola molto ribassata) opportunamente raccordata con la corsia anulare, mentre sono previste normali opere per lo smaltimento delle acque, connesse alla rete urbana.

Delibera CIPE 80/2006 - Annesso A

1 Viabilità

1b Nodo di Pontedecimo

- *Si prescrive di prevedere il rivestimento con pietra dei muri a vista per ottenere il migliore inserimento paesaggistico e ambientale.*

Ottemperanza:

Tutti i muri a vista, salvo limitatissime eccezioni in contesti nei quali non vi sono necessità di inserimento paesaggistico in quanto l'opera risulta pochissimo visibile (ad es. muri prospicienti resedi private con orientamento opposto al torrente) sono previsti dotati di paramento in pietra, di norma realizzato con pannelli prefabbricati.

1.4 Suddivisione in tratti d'opera

Ai fini della progettazione, tutti gli interventi relativi al nodo di Pontedecimo sono stati considerati come un unico intervento, avente codice WBS NV07, a sua volta suddiviso in n. 7 "tratti d'opera", costituiti da tratte parziali come segue:

NV07 1 - strada	da progr. -20,00	a progr. 126,95;
NV07 2 - Viadotto 1 cinque campate	da progr. 126,95	a progr. 198,85;
NV07 3 - strada	da progr. 198,85	a progr. 501,80;
NV07 4 - Viadotto 2 cinque campate	da progr. 501,80	a progr. 599,20;
NV07 5 - strada	da progr. 599,20	a progr. 687,44;
NV07 6 - Ponte sul T. Verde (su ramo A)	da progr. 6,23	a progr. 47,73;
NV07 7 - strada ramo A B	da progr. 47,73	a progr. 188,50.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC</p> <p style="text-align: right;">Foglio 8 di 43</p>

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Se ne riportano le principali:

a)	D.M. Infr. e Trasp.	05.11.2001 (*)	Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade
b)	D.M. Infr. e Trasp.	22.04.2004, n. 67/S (*)	Modifiche al D.M. 05/11/2001
c)	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».
d)	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.
e)	Legge	05.11.1971, n.1086	Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
f)	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.
g)	D.M. LL.PP.	04.05.1990	Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali.
h)	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.
i)	D.M.LL.PP.	16.01.1996	Norme Tecniche per le costruzioni in Zone Sismiche.
l)	Ordinanza P.C.M.	20.03.2003, n. 3274 (**)	Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
m)	D. Lgs.	30.04.1992, n. 285	Codice della strada.
n)	D.P.R.	16.12.1992, n. 495	Regolamento di attuazione del codice della strada.
o)	D.P.R.	24.07.1996, n. 503	Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC</p> <p style="text-align: right;">Foglio 9 di 43</p>

- (*) 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. 05/11/2001 sono da considerarsi soltanto come un utile riferimento e non cogenti, ai sensi dell'art.1 del D.M. n. 67/S del 22/04/2004. In questo caso gli aspetti relativi alla sicurezza, di cui all'art. 4 dello stesso D.M. saranno descritti nel successivo specifico paragrafo. Diversamente, per i tratti di nuova realizzazione (fra l'altro di breve lunghezza e collocati in ambito urbano con presenza di varie intersezioni) si è già richiesta nel P.D. specifica deroga al citato D.M. 05/11/2001, come meglio specificato nello stesso suddetto paragrafo.
- (**) Nell'analisi in condizioni sismiche delle opere d'arte viene recepita la normativa vigente all'epoca della stesura del P.D., che neppure all'epoca risultava cogente, costituita dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003, per quanto riguarda la sola classificazione sismica del territorio nazionale. E' invece mantenuta la modalità di verifica delle strutture secondo la normativa previgente, in quanto il periodo di non cogenza della suddetta Ordinanza è stato via via prorogato, fino all'entrata in vigore del D.M. 14.01.2008. In particolare, il Comune di Genova a cui appartiene la frazione di Pontedecimo, risultava appartenere alla classe 4 di sismicità.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC
	Foglio 10 di 43

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO

Per quanto riguarda le considerazioni geologico-geotecniche si rinvia alle relazioni specialistiche, individuate dagli elaborati:

- | | |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IG51-01-E-CVAZ-NV07-00-001-A00 | Adeguamento nodo di Pontedecimo - Geologia / Geotecnica - Profilo e sezioni geologico - geotecnico generale - |
| IG51-01-E-CVRG-NV07-00-003-A00 | Adeguamento nodo di Pontedecimo - Geologia - Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica |
| IG51-01-E-CVRB-NV07-00-002-A00 | Adeguamento nodo di Pontedecimo - Geologia / Geotecnica - Relazione geotecnica |

In via generale si riportano tuttavia alcune considerazioni, utili alla comprensione delle scelte progettuali e costruttive.

Il tracciato si snoda principalmente sui depositi alluvionali, terreni dalle caratteristiche geotecniche buone, poggianti su un substrato roccioso argillitico che si presenta da compatto a fortemente foliato. Il percorso corre lungo il fondovalle, costeggiando il torrente Verde e non presenta tratti su versanti.

Dall'analisi della carta della suscettività al dissesto e della franosità reale del Piano di Bacino del Torrente Polcevera non emergono situazioni di particolare criticità. L'unico dissesto rilevabile non interessa direttamente il percorso ed è una frana di scivolamento o scorrimento.

L'ampliamento della sede stradale interessa tuttavia, sia a monte, sia a valle, i riempimenti superficiali che richiedono opere di sostegno preventive allo scavo.

Le opere geotecniche previste sono perlopiù costituite da fondazioni superficiali dei manufatti sul substrato roccioso, da muri e paratie "berlinesi" provvisorie e definitive: queste ultime si rendono necessarie vista la limitatezza degli spazi disponibili e la necessità di contenere gli ingombri sulle adiacenti proprietà e vista la presenza dei riempimenti superficiali sopra descritti.

L'opera più complessa dal punto di vista geotecnico risulta comunque la realizzazione dei due brevi viadotti che richiedono l'impiego di paratie di micropali a contenimento degli scavi ed il Ponte sul Torrente Verde.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC
	Foglio 11 di 43

4 INQUADRAMENTO IDROLOGICO-IDRAULICO

La redazione delle verifiche e il dimensionamento idraulico delle opere connesse alla viabilità del nodo di Pontedecimo interferente con il torrente Verde, in comune di Genova, sono rimandate agli specifici elaborati di seguito elencati:

IG51-01-E-CV	RG	NV	07	0	0	002	A00	- Relazione idrologica
IG51-01-E-CV	RI	NV	07	0	0	001	A00	- Relazione idraulica
IG51-01-E-CV	P8	NV	07	0	0	001	A00	- Planimetria con indicazione livelli di piena - Tav. 1/2
IG51-01-E-CV	P8	NV	07	0	0	002	A00	- Planimetria con indicazione livelli di piena - Tav. 2/2

Lo studio condotto è finalizzato alla verifica di compatibilità idraulica dell'intervento, con particolare riferimento alla nuova viabilità in sponda destra ed al nuovo ponte, ubicato a valle del ponte ferroviario.

La normativa idraulica di riferimento è costituita dal Piano di Bacino Stralcio per la difesa idrogeologica, geomorfologica, per la salvaguardia della rete idrografica e per la compatibilità delle attività estrattive del torrente Polcevera, approvato con DCP n. 14 del 2/04/03 e con DCP n. 38 del 30/09/2004.

Le verifiche del torrente Verde sono state condotte attraverso il calcolo del profilo di rigurgito in moto permanente gradualmente variato nella configurazione attuale dell'alveo e nello stato di progetto, con la portata di massima piena 200-ennale risultante dal Piano, pari a 580 m³/s.

Per le interferenze minori e per quelle caratterizzate da tratti con pendenze superiori al 10% sono state condotte verifiche di tipo puntuale assumendo valori di portata determinati applicando i contributi unitari previsti dal Piano.

Lo studio ha dimostrato la compatibilità idraulica dell'intervento.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC
	Foglio 12 di 43

5 PROGETTO STRADALE

5.1 Descrizione del tracciato plano-altimetrico

5.1.1 Tratto Passerella Pedonale “dei Frati Cappuccini” – Ponte “F.lli Delle Piane”

Nel tratto in oggetto attualmente non esiste alcun collegamento viario, ma sono presenti cortili e piazzali di pertinenza a fabbricati per civile abitazione e ad una scuola. Tali proprietà sono confinanti con il torrente con muri arginali in cemento armato in buono stato di conservazione. Tra la quota del piazzale del “Ricreatorio” e la quota strada del ponte “Delle Piane” si stima un dislivello pari a circa 5 m.

La strada di progetto inizia sulla curva dell’attuale strada di lungo torrente (in zona denominata Via Coni Zugna) in corrispondenza della passerella pedonale denominata “dei frati Cappuccini”; in questo primo tratto si adagia a raso sui piazzali esistenti per circa 90 m. Il marciapiede in destra strada sarà realizzato sopraelevato a quota sommità dei muri esistenti, leggermente a sbalzo sia per garantire l’accessibilità alla sopra citata passerella, sia per il rispetto del franco idraulico in relazione alle quote di massima piena. Il tracciato si sviluppa prima in rettilineo e poi in curva R=500, in modo da evitare il primo fabbricato esistente. Opere in Dx : Muri M01- M02

Proseguendo verso il ponte “Delle Piane” è prevista la realizzazione di una rampa con pendenza pari a circa il 6% .In questo tratto ci avviciniamo all’angolo lato torrente del fabbricato detto “Ricreatorio”.

La rampa sarà realizzata, prima sopraelevando i muri arginali esistenti da un lato (M03-M04) e con muri andatori dall’altro (M05), e poi con un viadotto (V01) a 5 campate di luce variabile L=12.50/15,00m, parzialmente a sbalzo sul torrente, le cui caratteristiche tecniche sono descritte nel successivo capitolo “Opere d’arte”.

Alla Spalla A del Viadotto si esaurisce il primo tratto della sotto WBS NV071 ed inizia il tratto NV072 fino alla fine del viadotto 1 alla spalla B.

Tale soluzione consente di evitare la demolizione parziale del fabbricato, prevista nel progetto preliminare e poi eliminata nel P.D. con questo nuovo tracciato, di rispettare le prescrizioni idrauliche e i franchi rispetto alla quota di massima piena e di ridurre l’impatto della strada sul cortile della scuola che si sarebbe trovato confinato tra due muri di considerevole altezza.

In corrispondenza dell’intersezione tra il ponte “Delle Piane”, la nuova strada di progetto, via Ospedale Gallino e Via del Ricreatorio è stata proposta la realizzazione di una mini-rotatoria (cfr. DM 19.04.2006). La geometria della stessa, prevista con diametro esterno di 20,00 e con isola centrale completamente sormontabile dato il limitato diametro, è totalmente determinata dalle condizioni al contorno. Più avanti sono riportate alcune valutazioni in merito alla sua capacità (vedi par.5.3).

5.1.2 Tratto ponte “Delle Piane” – Nuovo ponte sul T.Verde

Dopo la rotatoria in corrispondenza del ponte “Delle Piane” la nuova viabilità segue il tracciato plano-altimetrico di Via di Cadore mantenendo il ciglio sinistro invariato sul ciglio marciapiede esistente e predisponendo l’allargamento lato torrente. Tale intervento comporta la demolizione del fabbricato multipiano al civico n. 9 dopo l’esecuzione di una paratia provvisoria di micropali ed alla realizzazione di un nuovo muro di sponda arginale, in cemento armato (M07).

Il tracciato prosegue su via Lungotorrente Verde la cui livelletta necessariamente deve alzarsi rispetto al piano strada attuale per garantire il franco idraulico di 50 cm al di sotto dell’intradosso delle strutture a sbalzo che sostengono l’allargamento della sede stradale da realizzare mediante nervature conformate a “C” con fondazioni dirette in alveo e solette in c.a. gettate su coppelle prefabbricate. Sul lato sinistro è prevista la realizzazione di un percorso pedonale alla quota esistente, per garantire l’accesso ai fabbricati esistenti lato monte. Sarà inoltre garantito l’accesso carrabile ad un piazzale condominiale e ad un esercizio commerciale mediante due rampe contenute da muretti in c.a.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC</p> <p style="text-align: right;">Foglio 13 di 43</p>

Per consentire l'allargamento della piattaforma stradale in questo tratto dovranno essere demoliti alcuni manufatti ad uso ricovero e autorimesse (in conformità a quanto già previsto nel piano delle demolizioni del P.D.).

La viabilità attuale si interrompe di fronte ad un corpo di fabbrica costituito da n. 6 alloggi che interferisce parzialmente con il tracciato di progetto. E' prevista da parte del Comune la totale demolizione e la sua ricostruzione in sito con una diversa forma planimetrica che non andrà ad interferire con il nuovo tracciato.

La strada deve coprire un dislivello di circa 8,00 m per raggiungere la quota della strada Via Pieve Cadore con una pendenza longitudinale pari al 6,4%. Come nel tratto precedente per evitare la realizzazione di muri anche di notevole altezza sia lato monte che lato torrente è stata adottata la soluzione di un viadotto a sei campate di luce 15,00 m, la cui descrizione si rimanda al paragrafo relativo alle opere d'arte (denominato V02).

Alla spalla A del Viadotto 2 termina la WBS NV073 e inizia la NV074 fino alla spalla B ove termina e inizia la NV075.

Raggiunta la strada in riva destra (l'inizio dell'attuale S.P.6), il limite dell'intervento (con la fine della NV075) risulta poco prima del viadotto della ferrovia. In continuità lungo la S.P.4 si trova l'inizio della WBS NV08 intervento denominato "Adeguamento SP4".

L'intervento oggetto della presente continua con l'attraversamento del torrente Verde con un nuovo ponte.

5.1.3 Tratto nuovo ponte sul T.Verde – Collegamento S.P.4 - S.P.6

Attualmente è presente un collegamento viario tra la S.P.4 in riva dx e la S.P.6. in riva Sx del torrente Verde attraverso un ponte esistente con pila centrale in alveo ed una strada di modeste dimensioni trasversali e tracciato altimetrico con forti pendenze (16% circa). Tale collegamento è indispensabile per l'accesso ad alcuni condomini che altrimenti rimarrebbero interclusi, fabbricati 24c e 24d di Via Campomorone ed una autorimessa.

Il P.D. approvato ed il presente Progetto Esecutivo prevede la realizzazione di un nuovo ponte sul torrente subito a valle del ponte esistente, del quale è prevista la demolizione.

L'intervento previsto produrrà un miglioramento della sezione idraulica in quanto l'attuale ponte ha una pila centrale in alveo mentre il nuovo sarà a campata unica di luce utile pari a circa 41,50m (asse appoggi).

La descrizione delle tipologie strutturali del ponte è rimandata al successivo capitolo Opere d'arte.

Dopo l'attraversamento del torrente, la strada di progetto sale alla S.P. 6 (Via di Campomorone) con forte pendenza (13.8 %) e con andamento planimetrico tortuoso con curva e controcurva di raggio R=20.00 m. Tale tracciato risulta obbligato dalla quota e posizione della S.P. 6 e dalla presenza dei piloni del ponte della Ferrovia.

Il tracciato planoaltimetrico risulta comunque accettabile nell'ipotesi che la strada in questo tratto sia destinata ad un traffico locale urbano.

Il tratto descritto nel presente capitolo risulta identificato nella WBS NV076 (il ponte) e la successiva NV077 (la strada).

5.2 Elementi tipici della sezione trasversale

Alla luce delle problematiche evidenziate nella descrizione del tracciato si propone la realizzazione di una strada classificabile come categoria F (strada locale) in ambito urbano, avente tuttavia banchine pavimentate ridotte a 0.25 m e corsie di larghezza costante maggiorate a 3.50 o 3.25 m, per meglio consentire il transito di veicoli pesanti, come descritto più avanti.

Il tracciato si snoda complessivamente sempre in un contesto urbano, ove l'acquisizione degli spazi utili per la realizzazione della nuova strada risulta sempre difficile. Sono comunque state individuate due diverse situazioni di criticità con applicazione di sezioni trasversali leggermente diverse.

Da inizio lotto alla nuova rotatoria in corrispondenza del ponte "delle Piane", la piattaforma stradale risulterà così composta:

- due corsie da 3.50 m con due banchine laterali ridotte a 0.25 m, per una larghezza complessiva della parte pavimentata pari a 7.50 m;
- lato torrente si prevede un marciapiede del tipo non sormontabile con altezza al ciglio pari a 15 cm con parapetto di altezza 1.00 m;
- lato interno si prevede, a seconda dei tratti, un raccordo ai marciapiedi o piazzali esistenti, oppure un cordolo o muro in c.a. con barriera guardavia tipo H2 sulle rampe e sui viadotti.

Incorporato nel marciapiede esterno lato torrente si prevede una polifora per l'inserimento di eventuali sottoservizi costituita da n.3 Tubi $\Phi 120$ e n.1 $\Phi 160$.

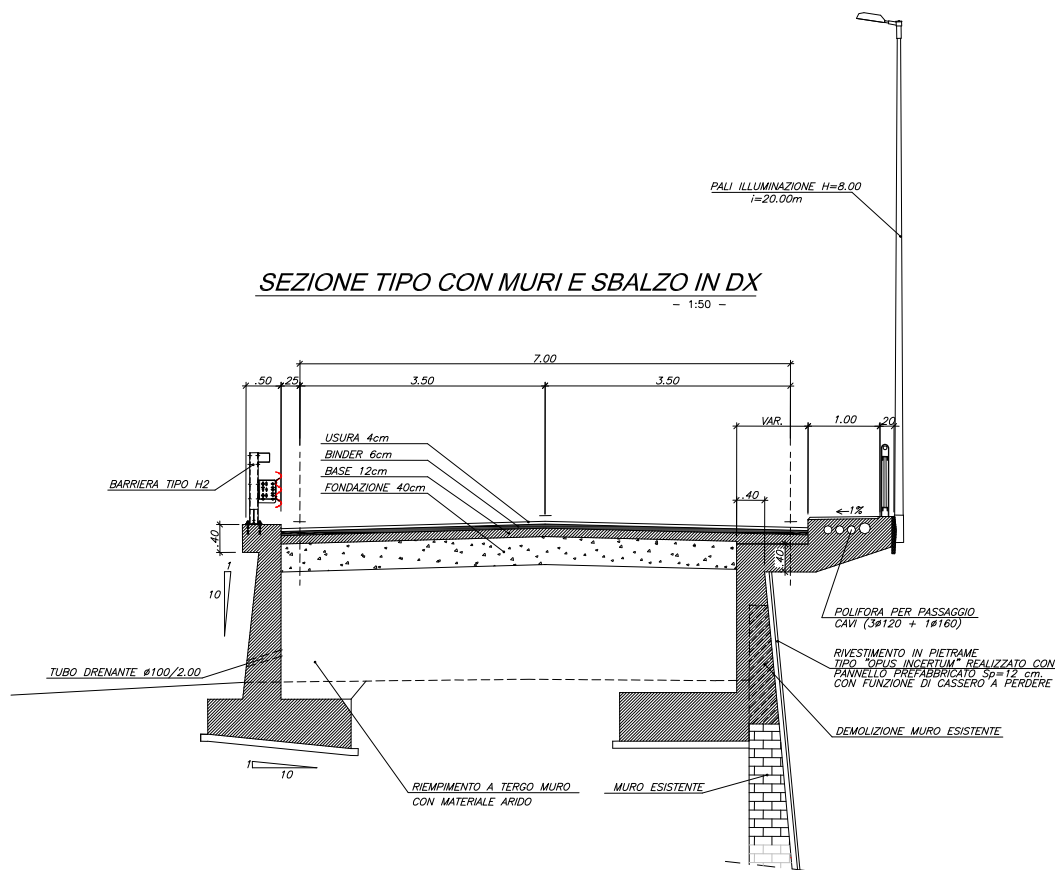


Fig. 2 – Sezione tipo con muro ed opera a sbalzo.

Dalla nuova rotatoria a fine intervento, sul ponte e per la strada di collegamento con la S.P. 6, la piattaforma stradale risulterà così composta:

- due corsie da 3.25 m con due banchine laterali ridotte a 0.25 m, per una larghezza complessiva della parte pavimentata pari a 7.00 m;
- lato torrente si prevede un marciapiede del tipo non sormontabile con altezza al ciglio pari a 15cm con parapetto di altezza 1.00 m.;

- lato interno si prevede, a seconda dei tratti, un raccordo ai marciapiedi o piazzali esistenti, oppure un cordolo o muro in c.a. con barriera guardavia tipo H2 sulle rampe e sui viadotti.

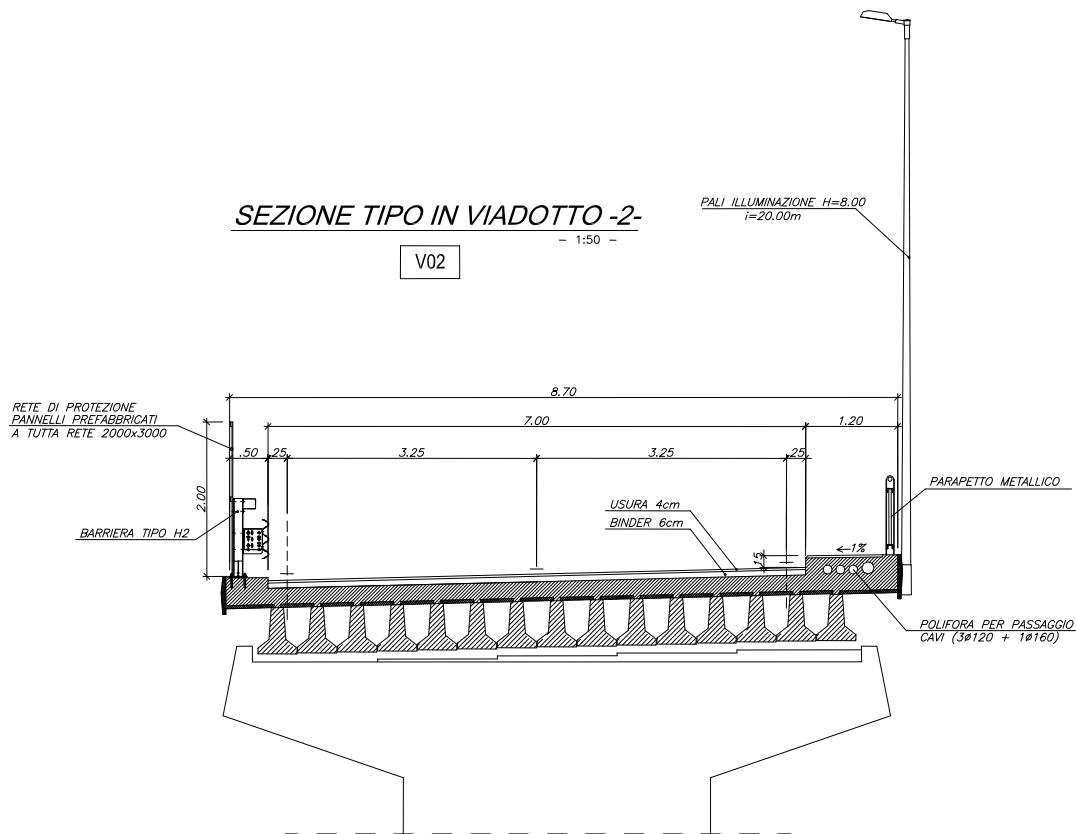


Fig. 3 – Sezione tipo in viadotto.

La suddetta leggera riduzione di larghezza è stata ritenuta opportuna, nel primo caso per cercare lasciare un po' più spazio tra la strada ed il caseggiato e negli altri casi per la minore rilevanza della strada di che trattasi (in effetti poco più che a servizio delle abitazioni poste in sponda sinistra del torrente).

La pavimentazione bituminosa attuale, per i rari tratti di adeguamento della strada esistente e non di nuova viabilità, si trova in condizioni degradate per la quasi totalità del tracciato. E' stato quindi previsto il suo parziale ripristino con risagomatura per tutto l'intervento, mediante fresatura degli strati "binder" e usura e nuova stesa dei medesimi.

La sovrastruttura, per i tratti in allargamento ed i tratti in variante, e' invece così composta:

- fondazione : 40 cm;
- base : 12 cm;
- binder: 6 cm;
- tappeto di usura (non drenante) : 4 cm.

Le suddette caratteristiche risultano comunemente utilizzate per strade di analoghe caratteristiche, soggette a traffico pesante e garantiscono, in tali condizioni, un'ottima stabilità del piano stradale.

Si rimanda al capitolo specifico per maggiori dettagli.

5.3 Calcolo della capacità della mini-rotatoria

La rotatoria di cui trattasi risulta a 5 rami in ambito totalmente urbano; è posta infatti in corrispondenza dell'intersezione tra il ponte "Delle Piane", la nuova strada di progetto, via Ospedale Gallino e Via del

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC Foglio 16 di 43

Ricreatorio. Date le condizioni al contorno è stata necessariamente proposta in progetto la realizzazione di una mini rotatoria (cfr. DM 19.04.2006) con diametro esterno di 20,00 e con isola centrale completamente sormontabile.

Per determinare la capacità della rotatoria, essendo in ambito urbano, è stato preso a riferimento il metodo francese del CERTU (Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques), proposto, fra l'altro, anche dalle norme stradali della Regione Lombardia [Infrastrutture e Mobilità].

Tale metodo determina la capacità di un braccio di ingresso in funzione decrescente del traffico di disturbo Q_d che ne ostacola l'ingresso:

$$Q_e = \gamma (1500 - 0,83Q_d) \text{ [veic/h]}$$

Dove :

Q_e = capacità di un braccio di ingresso [veic/h]

$\gamma = 1$ in quanto l'ingresso del ramo è ad una sola corsia;

Q_d = traffico di disturbo [veic/h]

$$Q_d = \alpha Q_c + 0,2Q_u$$

Dove :

$\alpha = 1$ in quanto in presenza di rotatoria con larghezza dell'anello ANN < 8, infatti ANN=7,00m (cautelativamente abbiamo trascurato la possibilità di sormonto dell'isola centrale);

Q_c = traffico circolante, ovvero il flusso che percorre l'anello all'altezza dell'immissione;

Q_u = traffico uscente equivalente.

Per i vari rami confluenti nella rotatoria sono stati ipotizzati alcuni valori di traffico medio (scartando i valori di punta giornalieri), dando i valori più importanti ai due rami relativi alla nuova viabilità, in secondo luogo alla via d'accesso al ponte "delle Piane", che introduce al centro della frazione di Pontedecimo, ed in ultimo ai due rami di viabilità urbana locale.

I valori di traffico circolante sono stati determinati come la sommatoria dei valori del traffico uscente di tutti i rami meno quello del ramo in esame.

Attraverso un foglio di calcolo automatico, i cui risultati sono riportati più avanti in tabella, sono stati dunque calcolati i valori di Q_d e Q_e per i singoli rami. La verifica può dirsi soddisfatta se:

$$\sum Q_{ei} < \sum Q_{ui}$$

I valori di Q_{ui} ipotizzati sono stati modificati, mantenendo i rapporti stimati inizialmente tra i vari rami, in modo da ottenere un valore della $\sum Q_{ei}$ vicino ma non superiore al valore di $\sum Q_{ui}$.

Tale valore fornisce una sommaria una indicazione della capacità della rotatoria.

Al di sopra, come accade nelle ore di punta, si ha la formazione di code lungo i rami per i quali il flusso di traffico supera la relativa capacità.

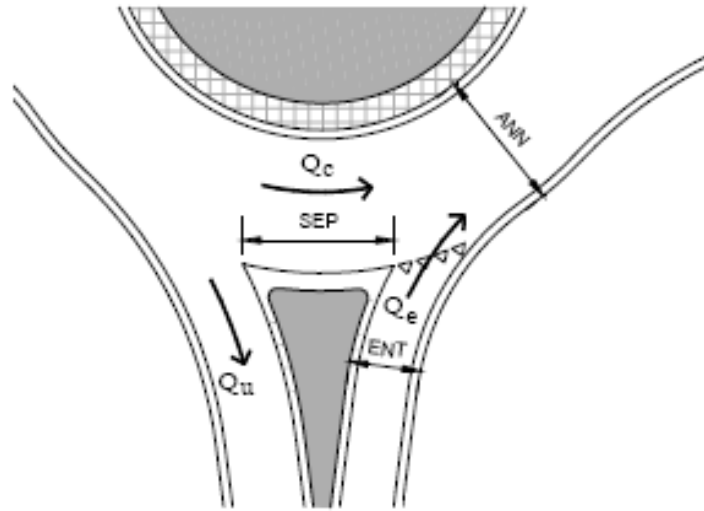


Fig. 4 – Parametri geometrici e di traffico necessari per il calcolo della capacità di una rotatoria.

Rami della rotatoria	Traffico [veic/h]			Capacità [veic/h]
	uscite	circolante	disturbo	ingresso
	Qu	Qc	Qd	Qe
Ramo 1	600	1100	1220	487,4
Ramo 2	300	1400	1460	288,2
Ramo 3	600	1100	1220	487,4
Ramo 4	100	1600	1620	155,4
Ramo 5	100	1600	1620	155,4
Totali	1700			1573,8

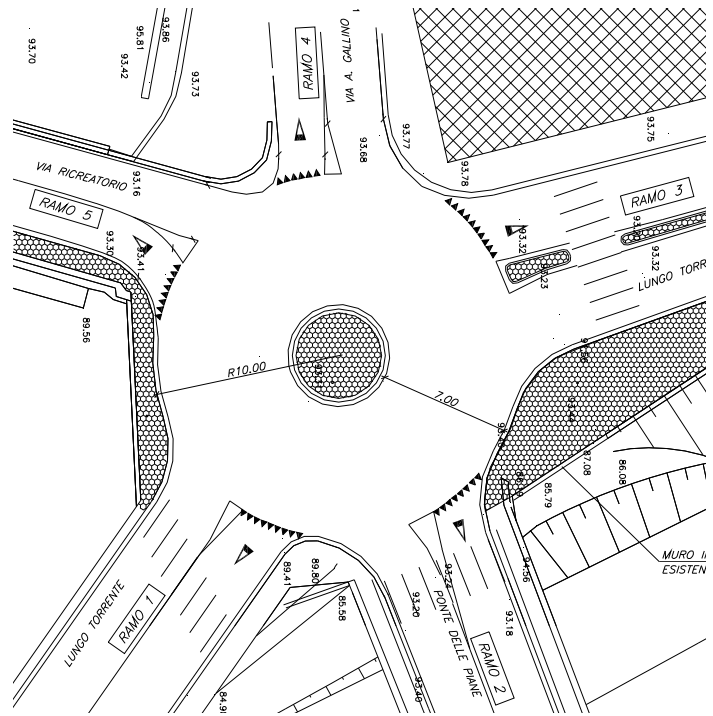


Fig. 5 - Planimetria della rotatoria, con numerazione dei rami.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC Foglio 18 di 43

6 OPERE D'ARTE

6.1 Viadotti lungo il torrente Verde

Sono previsti due Viadotti con analoghe caratteristiche strutturali.

Il primo è previsto nel tratto dal piazzale antistante la scuola al ponte "Delle Piane" e sarà costituito da tre campate di 12,50 m di luce e due da 15,00 m, per una lunghezza complessiva di 67,50 m, con una pendenza longitudinale pari a circa il 6%.

Il secondo è previsto dalla strada lungo torrente alla strada Via Pieve Cadore, con una pendenza longitudinale pari al 6.3% e sarà costituito da cinque campate di 15,00 m di luce, per una lunghezza complessiva di 90,00 m.

Tali viadotti sono costituiti da impalcati semplicemente appoggiati, ciascuno sostenuto da n. 15 travi a T rovescio in calcestruzzo precompresso prefabbricato, affiancate e ciascuna di altezza pari a 60 cm, sormontate da soletta in c.a. di spessore pari a 25 cm.

La sottostruttura è realizzata con pile in c.a. a sezione rettangolare, ad andamento radiale rispetto al tracciato e fondate su micropali, con sovrastante pulvino a mensola per il sostegno dell'impalcato.

Nel caso del viadotto n.1 lo sbalzo risulta posto lato torrente, di dimensioni variabili e progettate in modo tale da non invadere l'alveo con il fusto della pila, garantendo comunque il franco idraulico di 50 cm da intradosso pulvino a sbalzo, rispetto alla quota di massima piena duecentennale.

Le pile n. 2 e 3 del viadotto n. 1 sono previste in cemento armato precompresso, con cavi post-tesi nel pulvino a sbalzo e nel fusto della pila, per poter fare fronte alle sollecitazioni indotte dal forte sbalzo del primo.

Nel caso del viadotto n.2, le pile ed il sovrastante pulvino sono previste in asse, risultando situate al di fuori della sezione di alveo.

Lungo lo sviluppo del viadotto n. 2 è stata prevista una regolarizzazione della sommità arginale del torrente, mediante intervento con massi cementati al piede delle fondazioni di alcune pile e sovrastante sagomatura del versante con gabbioni.

I relativi calcoli statici sono sviluppati in apposite relazioni allegate al progetto.

6.2 Ponte sul Torrente Verde

Nell'ambito dell'intervento in oggetto è prevista la realizzazione di un nuovo ponte sul torrente Verde avente le seguenti caratteristiche strutturali.

L'impalcato sarà realizzato in struttura mista acciaio-calcestruzzo con tre travi saldate a doppio T in acciaio ad altezza costante di 2.20 m., di luce tra gli appoggi pari a 41.50 m. La soletta sarà realizzata in calcestruzzo armato per una larghezza complessiva di 9.50 m e resa collaborante con le sottostanti travi in acciaio tramite connessione con pioli tipo "Nelson". Il getto integrativo sarà eseguito su coppelle prefabbricate per uno spessore complessivo medio di 35 cm tra le travi, e variabile fino ad un minimo di 30 cm sugli sbalzi trasversali.

L'impalcato è completato da traversi reticolari in acciaio formati da profilati ad "L" accoppiati, disposti in corrispondenza degli appoggi ed in campata. I traversi di campata sono indipendenti dalla soletta mentre quello in corrispondenza appoggi ha il corrente superiore realizzato con un profilato HEA360 piolato alla soletta. Sono previste anche crociere orizzontali di falda che irrigidiscono, anche in fase di montaggio, la struttura.

Le spalle sono previste in cemento armato costituite da un traverso di appoggio per l'impalcato fondato su micropali Ø220÷240 disposti su due file.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC Foglio 19 di 43

Gli appoggi sono del tipo in acciaio-teflon, fissi, multidirezionali e unilaterali, secondo una disposizione tale da trasmettere le sollecitazioni longitudinali ad una delle estremità, e tale da suddividere uniformemente le sollecitazioni trasversali ad entrambe le spalle.

I relativi calcoli statici sono sviluppati in apposite relazioni allegate al progetto.

6.3 Opere d'arte minori

- Muri di sostegno in C.A. con paramento esterno in pannelli prefabbricati con rivestimento in pietra di altezza variabile e cordolo in testa muro a sostegno, dove necessario, della barriera di sicurezza (tipo H2). Per ulteriori caratteristiche, dimensioni e particolari si fa riferimento agli elaborati grafici.

Nella fattispecie, si hanno le seguenti tipologie di muri:

M01	Muro sostegno marciapiede	L = 38,00m	Progr.in. -14,80	Progr.fin. 23,69
M02	Muro sostegno marciapiede sopraelevato	L = 52,00m	Progr.in. 23,69	Progr.fin. 75,89
M03	Muro sostegno	L = 25,10m	Progr.in. 92,38	Progr.fin. 115,67
M04	Muro sostegno a sbalzo	L = 11,60m	Progr.in. 115,67	Progr.fin. 127,10
M05	Muro sostegno (lato monte)	L = 43,50m	Progr.in. 82,38	Progr.fin. 127,10
M06	Muro sostegno rotatoria	L = 10,45m	Progr.in. //	Progr.fin. //
M07	Muro sostegno arginale	L= 42,30 m	Progr.in. 219,64	Progr.fin. 258,54
M08	Muro sostegno arginale	L= 45,80 m	Progr.in. 127,08	Progr.fin. 181,53
M09	Muro sostegno	L= 171,40 m	Progr.in. 329,60	Progr.fin. 501,89
M10	Muro sostegno arginale	L= 40,00 m	Progr.in. 597,70	Progr.fin. 638,54
M11	Muro sostegno Ramo B	L= 26,75 m	Progr.in. 47,44	Progr.fin. 74,17
M12	Muro sostegno Ramo B	L= 28,50 m	Progr.in. 14,46	Progr.fin. 43,16
M13	Muro sostegno Ramo A Ciglio Dx	L= 90,00 m	Progr.in. 46,58	Progr.fin. 118,58
M14	Muro sostegno Ramo A Ciglio Sx	L= 106,00 m	Progr.in. 16,91	Progr.fin. 155,67

- Sbalzo della carreggiata stradale per un aggetto massimo di 2,00 rispetto al bordo interno di testa muro esistente, sostenuto da travi parallele al tracciato di dimensioni 0,75x2,50. (tipologie CS02 – CS04).
- Sbalzo per aggetti superiori (zona Via lungotorrente CS01 e nei pressi del nuovo ponte CS03) sostenuto da nervature ortogonali al tracciato di forma a "C" poste ad interasse di 7,50m e fondate in alveo con soletta ordita parallelamente al tracciato.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC Foglio 20 di 43

Nella fattispecie, si hanno le seguenti tipologie di sbalzi:

CS01	Sbalzo Via lungotorrente	L = 187,50m	Progr.in. 262,54	Progr.fin. 451,55
CS02	Sbalzo Via lungotorrente tratto finale	L = 4,30m	Progr.in. 451,55	Progr.fin. 456,23
CS03	Sbalzo Prossimità ponte	L = 7,50m	Progr.in. 638.54	Progr.fin. 646.04
CS04	Sbalzo Prossimità ponte	L = 9.50m	Progr.in. 646.04	Progr.fin. 655.52

I calcoli statici relativi ai muri di sostegno e alle strutture a sbalzo più importanti sono sviluppati in apposite relazioni allegate al progetto.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC Foglio 21 di 43

7 SMALTIMENTO ACQUE

Lo smaltimento delle acque superficiali sarà effettuato attraverso cunette a bordo strada, pozzetti con griglia con sifone che immette in altro pozzetto che convoglia le acque nel sottostante collettore in pvc. Si prevede di far defluire la rete fognaria direttamente nel torrente dotando però la tubazione allo sbocco di una valvola di non ritorno, tipo “clapet”.

In corrispondenza dei viadotti e delle opere a sbalzo saranno realizzati bocchettoni con pluviale, con recapito dello smaltimento direttamente nell'alveo del torrente. Nel caso dei due viadotti lungo torrente i bocchettoni saranno ricondotti mediante ad un collettore che corre al piede delle pile e da questo direttamente nel torrente mediante pozzetto con valvola di non ritorno (tipo clapet)

Lungo il tracciato si ritrovano anche alcuni attraversamenti idraulici, la cui interferenza è risolta tramite il prolungamento delle tubazioni esistenti con tubi in cls dello stesso diametro di quelli presenti, rivestiti con un bauletto in calcestruzzo onde sopportare i carichi stradali.

Di seguito si riporta la verifica di due tratti di rete fognaria significativi.

7.1 Determinazione delle portate

7.1.1 Pluviometria

Al fine di valutare le portate afferenti ai sistemi di drenaggio delle acque di piattaforma si fa riferimento all'analisi pluviometrica sviluppata con riferimento ai dati di precipitazione ed alle elaborazioni statistiche della stazione pluviometrica più prossima alle aree di interesse.

Stazione	Bacino
Isoverde	Bacino torrente Polcevera a monte di Pontedecimo
Madonna della Guardia	Bacino torrente Chiaravagna e Polcevera a valle di Pontedecimo

7.1.2 Piogge di massima intensità e breve durata

Nei Piani di Bacino del torrente Polcevera e nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrologico sono riportate le elaborazioni statistiche dei dati storici di precipitazione di massima intensità e breve durata e le relative curve di probabilità pluviometrica per diversi periodi di ritorno nella forma:

$$h = a \cdot t^n$$

dove h [mm] rappresenta l'altezza di pioggia per la durata t dell'evento che può essere espresso in ore o minuti, mentre a ed n sono parametri rappresentativi della stazione.

I valori di a e n sono riportati per diversi tempi di ritorno e in particolare sono indicati due diversi valori n1 e n2 validi per durate rispettivamente inferiori e superiori ad 1 ora.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC Foglio 22 di 43

La verifica sarà effettuata con la portata di progetto 25-ennale per le differenti stazioni considerate, a cui corrispondono i valori della curva di possibilità pluviometrica riportati qui di seguito:

Stazione	T [anni]	a	n
Isoverde	25	15.942	0.421
Madonna della Guardia	25	12.993	0.481

7.1.3 Portate di smaltimento

Data la semplicità del sistema e l'esiguità delle superfici scolanti la portata affluente è valutabile attraverso l'applicazione della cosiddetta formula razionale:

$$Q = C \cdot i_c \cdot A$$

dove i_c [mm/h] è l'intensità di pioggia massima per la durata di pioggia pari al tempo di corrivazione t_c [ore], A [m²] è la superficie del bacino scolante e C è il cosiddetto coefficiente di deflusso che esprime, a meno delle unità di misura, il rapporto tra il volume affluito alla rete e quello complessivamente affluito al bacino.

Nel caso in esame, trattandosi di sistemi semplici, con superfici di scolo modeste, si consiglia di adottare un tempo di corrivazione pari a 10 minuti.

Il coefficiente di deflusso C è pari a 1 per le superfici impermeabili e a 0.8 per le superfici permeabili.

7.2 Dimensionamento idraulico collettori

Il dimensionamento dei collettori viene eseguito determinando le condizioni di moto uniforme mediante la formula di Chézy:

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i_f}$$

dove Q [m³/s] è la portata, χ [m^{1/2} s⁻¹] il coefficiente di attrito, A [m²] l'area della sezione liquida, R [m] il raggio idraulico, i_f la pendenza dell'alveo.

Per il calcolo di χ è stata adottata la formula di Manning:

$$\chi = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}}$$

dove n [m^{-1/3} s] è il coefficiente dimensionale di scabrezza definito in funzione del materiale adottato.

Per le condotte in esame si adotti un valore della scabrezza equivalente n [m^{-1/3} s] pari a 0.014, per tenere conto di eventuali depositi dovute al servizio corrente per più anni.

La verifica dovrà essere effettuata con le portate di progetto ottenute con la procedura sopra descritta, adottando una pendenza di calcolo pari a quella minima per ciascun tratto.

In generale per il dimensionamento delle tubazioni bisognerà considerare un grado di riempimento massimo pari a 70% tale da garantire una sicurezza dal punto di vista idraulico anche nel caso di parziale interrimento

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC	Foglio 23 di 43

della sezione di deflusso. In generale si assuma il diametro 300 mm (PVC De 315) come valore minimo per i collettori di smaltimento delle portate meteoriche.

7.3 Criteri progettuali

Per quanto concerne la scelta del materiale si prevede tubazioni in PVC rigido conformi alla norma UNI EN 1401-1 del tipo SN4 SDR 41.

Il ricoprimento minimo da garantire rispetto alla sommità della condotta è pari a 80 cm (Figura 6). Nel caso in cui questo non fosse possibile potranno essere previste apposite opere strutturali di protezione della condotta (es: bauletto in cls/c.a.).

Il sistema di smaltimento deve prevedere la raccolta delle acque di pioggia in pozzetti doppi sifonati mediante griglie ed il successivo convogliamento nella sottostante condotte (Figura 7).

L'interasse medio tra le caditoie deve essere pari a 20 m cui corrisponde, considerando una larghezza media della strada di 10 m, una superficie drenata di 200 m² per ogni caditoia.

Nei punti singolari dei diversi tratti (cambi di direzione, raccordi tra due o più tratti con diametri o tipologie diverse) deve essere prevista la realizzazione di pozzetti di ispezione e allaccio con dimensione diversa in funzione dei diametri dei collettori.

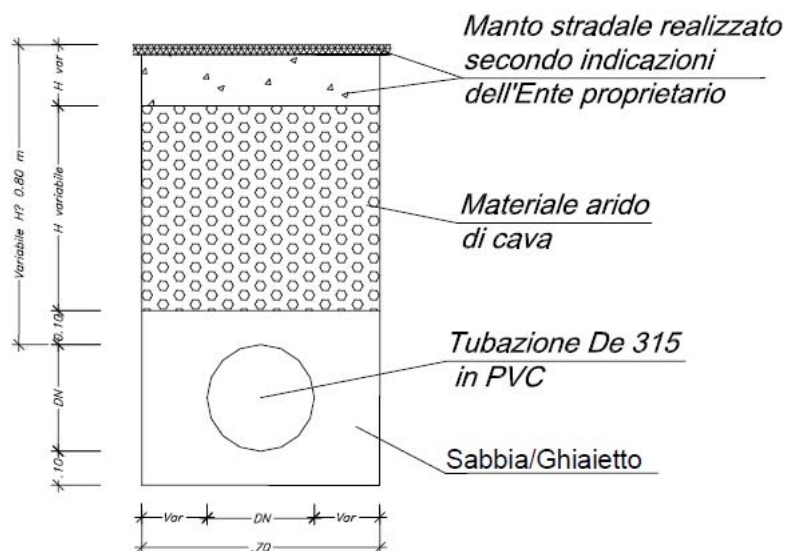


Fig. 6 – Schema tipologico di posizionamento condotte idriche.

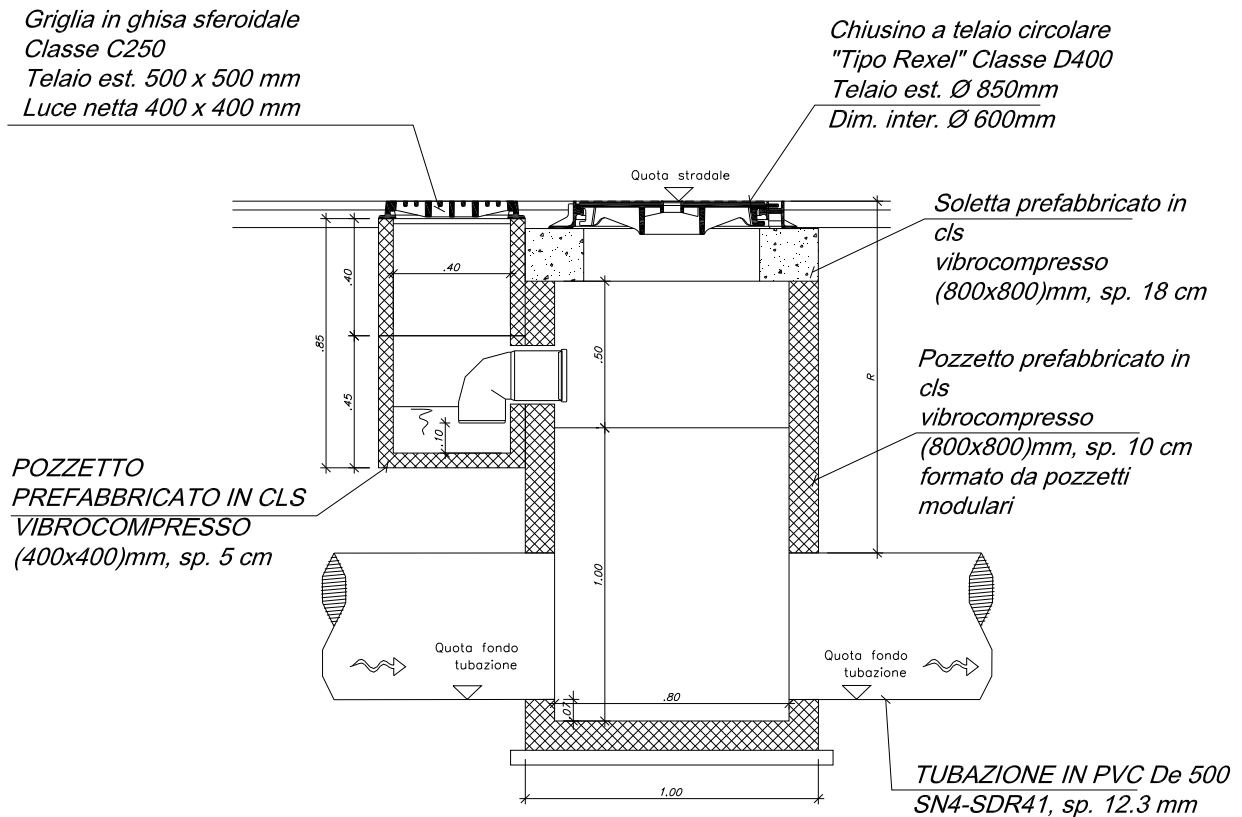


Fig. 7 – Schema tipologico pozzetti e caditoie.

7.4 Verifica dei tratti in esame

Sono stati individuati, all' interno della WBS in oggetto, due tratti della nuova rete fognaria per lo smaltimento delle acque di piattaforma più significative.

Tratto A Sul tracciato principale, il tratto tra le sez.12 e la Spalla A del Viadotto 1 per una lunghezza complessiva pari a circa 200 m, suddiviso in base alla variazione di pendenza longitudinale in due sottotratte:

Tratto A1 – da sez.SPA a sez18 $i = 6.3\%$

Tratto A2 – da sez18 a sez.12 $i = 0.1\%$

Tratto B Sul tracciato di collegamento tra SP4 e SP6, il tratto tra le sez.13 e la Sez. R.9 della rampa di accesso ai condomini per una lunghezza complessiva pari a circa 160m, con pendenza longitudinale praticamente costante pari a $i = 13,8\%$.

7.4.1 Portate acque di piattaforma

Viabilità versante ligure

Bacino torrente Chiaravagna e Polcevera a valle di Pontedecimo

Pluviometro di Madonna della Guardia

LSPP $h=a \cdot t^n$
per T=25 anni

a = 12,993
n = 0,481

Tratto A1

coeff. deflusso	Sup. impermeabili	Sup. permeabili
	1	0,8

tempo corrivazione minuti 10

larghezza media
strada m 9,3

Sup. impermeabili		
Superficie drenata S [mq]	Lunghezza media strada L [m]	Portata progetto Q [l/s]
790	85	52,2
849	superficie aggiuntiva	56,1
0	0,0	0,0
0	0,0	0,0
Sup. permeabili		
0		0,0
0		0,0
0		0,0
0		0,0
0		0,0

SEZ 18-Spalla A

Totale

108

Tratto A2

Pluviometro di Madonna della Guardia

LSPP $h=a*t^n$
 per T=25 anni a = 12,993
n = 0,481

coeff. deflusso	Sup. impermeabili	Sup. permeabili
	1	0,8

tempo corrivazione minuti 10

larghezza media strada m 9,3

Sup. impermeabili		
Superficie drenata S [mq]	Lunghezza media strada L [m]	Portata progetto Q [l/s]
1116	120	73,7
1200	superficie aggiuntiva	79,3
0	0,0	0,0
0	0,0	0,0
Sup. permeabili		
0		0,0
0		0,0
0		0,0

SEZ 12- 18

Totale

153

Tratto B

Pluviometro di Madonna della Guardia

LSPP $h=a*t^n$
 per T=25 anni a = 12,993
n = 0,481

coeff. deflusso	Sup. impermeabili	Sup. permeabili
	1	0,8

tempo corrivazione minuti 10

larghezza media
strada m 9,3

Sup. impermeabili		
Superficie drenata S [mq]	Lunghezza media strada L [m]	Portata progetto Q [l/s]
1488	160	98,3
0	0,0	0,0
0	0,0	0,0
0	0,0	0,0
Sup. permeabili		
0		0,0
0		0,0
0		0,0
0		0,0

Totale 98

7.4.2 Scala di Deflusso

Sezione circolare Tratto A1

Diametro interno 300 mm DN315

Raggio R = 0,15 m
 Scabrezza n = 0,014
 pendenza fondo if = 0,063 m/m

Altezza pelo libero Y [m]	Rapporto d'invaso Y/D [-]	Angolo al centro alfa [rad]	Perimetro bagnato P [m]	Area A [mq]	Raggio idraulico R [m]	Larghezza pelo libero b [m]	Portata Q [m ³ /s]	Velocità V [m/s]	Carico cinetico Hc [m]	Carico specifico H [m]	Numero Froude Fr [-]
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,36
0,05	0,17	1,68	0,25	0,01	0,03	0,22	0,01	1,76	0,157	0,207	3,02
0,10	0,33	2,46	0,37	0,02	0,06	0,28	0,05	2,62	0,350	0,450	3,10
0,15	0,50	3,14	0,47	0,04	0,08	0,30	0,11	3,19	0,518	0,668	2,97
0,20	0,67	3,82	0,57	0,05	0,09	0,28	0,18	3,53	0,635	0,835	2,68
0,25	0,83	4,60	0,69	0,06	0,09	0,22	0,23	3,63	0,673	0,923	2,19
0,30	1,00	6,28	0,94	0,07	0,08	0,00	0,23	3,19	0,519	0,819	0,13

Sezione circolare Tratto A2

Diametro interno **475 mm** **DN500**

Raggio R = 0,2375 m
 Scabrezza n = 0,014
 pendenza fondo if = 0,002 m/m

Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Angolo al centro	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero Froude
Y	Y/D	alfa	P	A	R	b	Q	V	Hc	H	Fr
[m]	[-]	[rad]	[m]	[mq]	[m]	[m]	[m ³ /s]	[m/s]	[m]	[m]	[-]
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,06
0,05	0,11	1,32	0,31	0,01	0,03	0,29	0,00	0,32	0,005	0,055	0,55
0,10	0,21	1,91	0,45	0,03	0,06	0,39	0,01	0,49	0,012	0,112	0,59
0,15	0,32	2,39	0,57	0,05	0,08	0,44	0,03	0,62	0,019	0,169	0,60
0,20	0,42	2,82	0,67	0,07	0,11	0,47	0,05	0,71	0,026	0,226	0,59
0,25	0,53	3,25	0,77	0,09	0,12	0,47	0,07	0,79	0,032	0,282	0,56
0,30	0,63	3,67	0,87	0,12	0,14	0,46	0,10	0,84	0,036	0,336	0,53
0,35	0,74	4,13	0,98	0,14	0,14	0,42	0,12	0,87	0,039	0,389	0,48
0,40	0,84	4,65	1,10	0,16	0,14	0,35	0,14	0,88	0,039	0,439	0,41
0,45	0,95	5,36	1,27	0,17	0,14	0,21	0,15	0,85	0,037	0,487	0,30
0,47	1,00	6,28	1,49	0,18	0,12	0,00	0,14	0,77	0,030	0,505	0,00

Sezione circolare Tratto B

Diametro interno **300 mm** **DN315**

Raggio R = 0,15 m
 Scabrezza n = 0,014
 pendenza fondo if = 0,1 m/m

Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Angolo al centro	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Velocità	Carico cinetico	Carico specifico	Numero Froude
Y	Y/D	alfa	P	A	R	b	Q	V	Hc	H	Fr
[m]	[-]	[rad]	[m]	[mq]	[m]	[m]	[m ³ /s]	[m/s]	[m]	[m]	[-]
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,46
0,05	0,17	1,68	0,25	0,01	0,03	0,22	0,02	2,21	0,250	0,300	3,80
0,10	0,33	2,46	0,37	0,02	0,06	0,28	0,07	3,30	0,555	0,655	3,90
0,15	0,50	3,14	0,47	0,04	0,08	0,30	0,14	4,02	0,822	0,972	3,74
0,20	0,67	3,82	0,57	0,05	0,09	0,28	0,22	4,45	1,008	1,208	3,37
0,25	0,83	4,60	0,69	0,06	0,09	0,22	0,29	4,58	1,068	1,318	2,75
0,30	1,00	6,28	0,94	0,07	0,08	0,00	0,28	4,02	0,824	1,124	0,16

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC <div style="float: right;">Foglio 29 di 43</div>

8 OPERE IMPIANTISTICHE

8.1 Pubblica Illuminazione

Il progetto prevede un nuovo impianto di illuminazione pubblica praticamente lungo tutti i tratti stradali costituenti l'intervento, in quanto trattasi di strade di nuova realizzazione.

L'impianto sarà realizzato mediante l'impiego di apparecchi illuminanti in pressofusione di alluminio verniciato con sorgente luminosa al Sodio ad Alta Pressione (SAP) da 150 W, distribuiti con passo costante di circa 25 m lungo il tracciato, installati su pali in acciaio da 8 m fuori terra.

Considerata l'estensione dell'intervento l'impianto di illuminazione sarà suddiviso in tre tratte, ciascuna facente capo ad un quadro elettrico in armadio in vetroresina da esterno a doppio vano, in corrispondenza del quale potrà essere prevista una fornitura ENEL in bassa tensione o l'allacciamento in derivazione ai quadri comunali esistenti.

La distribuzione elettrica verrà realizzata mediante cavi del tipo FG7(O)R. I cavi verranno posati all'interno di cavidotto interrato composto da 2 tubi in PEAD Ø110 mm e pozzetti in corrispondenza di ogni punto luce mentre, in presenza di muri e viadotti, verranno impiegati tubi in acciaio inox staffati a parete intercettati da cassette di derivazione in alluminio.

Per ulteriori dettagli si rimanda agli specifici elaborati di progetto.

8.2 Interferenze con servizi tecnologici a rete

Nel tratto di strada interessato dall'intervento oggetto del presente progetto si incontrano numerosi sottoservizi. Si rimanda agli specifici elaborati di progetto per l'analisi puntuale delle interferenze presenti e delle loro risoluzione.

Di seguito si riportano i principali sottoservizi riscontrati,:

- Ente: AMGA S.p.A.: rete gas B.P., rete metanodotto;
- Ente: SIGEMI/CONTINENTAL: oleodotto;
- Ente: ITALGAS: rete gas;
- Ente: ENEL Distribuzione Liguria: Linea M.T. e B.T.;
- Ente: TELECOM Liguria: rete telefonica;
- Ente: Acquedotto De Ferrari-Galliera: rete idrica.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC Foglio 30 di 43

9 SICUREZZA

9.1 Applicazione della normativa sulla costruzione delle strade - Analisi della sicurezza

Come già detto al paragrafo sulle normative, il D.M. 05.11.2001, recante norme tecniche per la progettazione stradale, per effetto del D.M. 22.04.2004, non risulta applicabile obbligatoriamente all'adeguamento funzionale di strade esistenti.

Si tratta in questo caso di un intervento, in parte di adeguamento funzionale stradale, ed in parte di realizzazione di nuova strada, questo secondo tuttavia in un contesto particolarmente difficile a causa, sia della presenza del torrente Verde, con i relativi vincoli idraulici, sia della presenza di numerosi fabbricati della frazione di Pontedecimo, fra cui quello denominato "Ricreatorio", per il quale è stata vietata dal C.I.P.E. la demolizione.

Situazioni simili o peggiori sono piuttosto comuni a Genova, città sorta e sviluppatasi su di un territorio avaro di zone pianeggianti, solcato da numerosi corsi d'acqua ad andamento torrentizio e morfologicamente accidentato. Ciò nondimeno non si può certo rinunciare laddove possibile, e così gli enti preposti hanno sempre operato, a migliorare la caratteristiche funzionali della viabilità.

Di conseguenza la norma in questione è stata tenuta soltanto come utile riferimento, ma senza pretesa di rispetto rigoroso, tanto per gli adeguamenti dell'esistente quanto per la realizzazione di tratti nuovi, per i quali si richiedono specifiche deroghe al D.M. 05.11.2001, fra l'altro concordate con gli Enti Locali.

Tali nuovi tratti hanno peraltro lunghezza assai limitata e sono interessati da svariate intersezioni, sulle quali ed in avvicinamento alle quali non è di per sé applicabile la suddetta norma. Sono comunque i seguenti:

- tratto da passerella "dei Frati Cappuccini" al ponte "Delle Piane" (da Sez. 1 a Spalla B viadotto n. 1), della lunghezza complessiva di circa 200 m;
- tratto in prosecuzione di Via Lungotorrente Verde, da Sez. 19 a Spalla B viadotto n. 2, della lunghezza complessiva di circa 150 m;
- nuovo ponte sul T. Verde, per una lunghezza complessiva di circa 43 m.

Le deroghe riguardano principalmente il rispetto di :

- raggio planimetrico minimo,
- inserimento di clotoidi,
- Pendenza longitudinale massima (per il collegamento SP4 – SP 6),
- larghezza minima della banchina laterale,
- larghezza minima marciapiedi (tenuta comunque non inferiore ad 1,00 m);
- allargamento corsie in curva.

Il miglioramento della sicurezza per gli adeguamenti funzionali delle strade esistenti (e quindi la diminuzione dell'incidentalità), richiesto dall'art. 4 del D.M. 22.04.2004, è garantito dai seguenti elementi progettuali principali:

- realizzazione di una nuova viabilità di aggiramento della parte del centro abitato di Pontedecimo situata in sponda destra del T. Polcevera e del T. Verde, costeggiante questi corsi d'acqua. La nuova viabilità è destinata ad assorbire il traffico passante, riducendo drasticamente l'interferenza di questo con il traffico veicolare e pedonale all'interno del nucleo abitato;
- realizzazione di nuovi marciapiedi a salvaguardia dei pedoni;
- presenza, in corrispondenza del ponte "Delle Piane", di una rotatoria con precedenza per il traffico sull'anello, obbligante i conducenti a forti rallentamenti o alla fermata prima dell'immissione nella

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC Foglio 31 di 43

medesima. Ciò comporta un notevole abbassamento della velocità caratteristica dei due nuovi tratti stradali divisi dalla rotatoria, almeno nelle parti ad essa limitrofi, con forti benefici in termini di riduzione drastica della gravità degli impatti veicolari, come dimostrano la copiosa letteratura tecnica nazionale ed internazionale e le risultanze lusinghiere di interventi di questo tipo già realizzati;

- allargamento della sezione stradale, rispetto a quelle esistenti, con particolare riferimento alle corsie di marcia, che sono rese adeguate al transito di mezzi pesanti, ancorché a bassa velocità. La velocità massima dei veicoli infatti, essendo l'intervento inserito completamente in un contesto urbano, risulta sempre limitata a 50 Km/h. Ciò rende possibile, come illustrato anche nel successivo paragrafo, l'adozione del solo parapetto sul bordo esterno dei marciapiedi rialzati posti sulle opere d'arte (ponti, muri, elementi a sbalzo);
- adozione, nei casi previsti, di barriere di sicurezza di moderna concezione.

9.2 Elementi marginali di sicurezza

9.2.1 Premesse

Si deve premettere che, come detto anche più sopra, le norme generali sulla progettazione delle strade (DM 05.11.2001), in virtù del successivo DM 22.04.2004, non sono obbligatorie per gli adeguamenti delle strade esistenti, restando soltanto per essi un utile riferimento. Esse recano comunque le seguenti disposizioni sulle barriere di sicurezza, valide per strade di nuova realizzazione:

- a) Per strade urbane di categoria E (di quartiere) o F_{urb} (locali urbane – caso in esame per la NV07) è sempre necessario sui manufatti prospicienti il vuoto il parapetto, mentre può non esserlo la barriera di sicurezza sul bordo della piattaforma;
- b) Per strade che richiedono il marciapiede (di larghezza ≥ 1.50 m), con velocità di progetto ≤ 70 Km/h, se il marciapiede è rialzato può essere sufficiente il solo parapetto sul bordo esterno. Quando il marciapiede ha larghezza netta inferiore a 1,50 m, può essere considerato soltanto come di servizio e destinato unicamente ad un uso saltuario. In tal caso e per diverse situazioni del PD, nelle quali si hanno a disposizione spazi esigui, è stata impiegata la deroga alla normativa generale, permessa dal citato DM 22.04.2004, prevedendo che il marciapiede rialzato, anche in zone abitate, possa essere largo meno di 1.50 m.

Si riporta più avanti una tabella sinottica dei vari casi possibili di strade e relative protezioni sul bordo esterno di un'opera d'arte, tenuto conto che la protezione (barriera di sicurezza o parapetto) è da ritenere comunque non necessaria (v. DM 05.11.2001, fig. 4.3.4.c) quando l'altezza dell'opera d'arte è inferiore a 30 cm.

In colore è riportato il caso che interessa questa progettazione (classe funzionale F_{urb}), mentre la V_p è da intendere nel tratto stradale interessato (v. Circ. MIT n. 62032 del 21.07.2010). Inoltre la X indica l'obbligatorietà, quindi in qualunque caso non è da escludere la presenza del marciapiede regolamentare o di un marciapiede a larghezza ridotta, nel qual caso sarebbe possibile l'adozione di una barriera parapetto sul suo bordo esterno.

L'asserzione di cui alla lettera a) è suffragata dal 3° capoverso del punto 4.1.1, seguente:

Nelle strade tipo E ed F in ambito urbano e nelle strade di servizio delle autostrade urbane e delle strade di scorrimento, il marciapiede sarà delimitato verso la banchina da un ciglio non sormontabile sagomato (cordolo se marciapiede a raso), di altezza non superiore a 15 cm e con parapetto o barriera parapetto al limite esterno (Fig. 4.1.1.c).

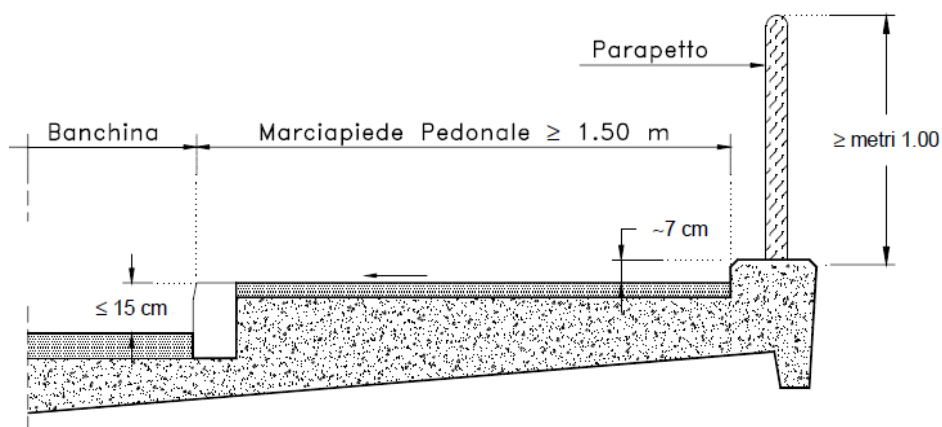


Fig. 8 – Figura 4.1.1.c del D.M. 05.11.2001.

OBBLIGO/POSSIBILITA' DI IMPIEGO DELLE PROTEZIONI SU BORDO OPERE D'ARTE (H ≥ 30 cm)

CLASSE FUNZIONALE	V _{p,max} [Km/h]	V _p [Km/h]	MARCIAP. RIALZATO [L ≥ 1.50 m] (*)	BARR. SIC. BORDO PIATTAF. (°)	PARAPETTO O BORDO ESTERNO	BARRIERA-PARAPETTO (°°)	RELAZIONE TECNICA BARRIERE
A _{extr}	140	≥ 90		X	X		X
s. s. di A _{extr}	100	< 70			X		
		70		X (**)	X		X
		> 70		X	X		X
A _{urb}	140	≥ 80		X	X		X
s. s. di A _{urb}	60	≤ 60	X		X	X	
B	120	≥ 70		X	X		X
s. s. di B	100	< 70			X		
		70		X (**)	X		X
		> 70		X	X		X
C	100	< 70			X		
		70		X (**)	X		X
		> 70		X	X		X
D	80	< 70	X		X	X	
		70	X	X (**)	X		X
		> 70	X	X	X		X
s. s. di D	60	≤ 60	X		X	X	
E	60	≤ 60	X		X	X	
F _{extr}	100	< 70			X		
		70		X (**)	X		X
		> 70		X	X		X
F _{urb}	60	≤ 60	X		X	X	

Note:

(*) Quando è assente la barriera di sicurezza sul bordo piattaforma, occorre valutare la necessità di dispositivi atti a rendere il bordo rialzato insormontabile;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC Foglio 33 di 43

- (**) La Circ. Minist. delle Infrastr. e dei Trasp. n. 62032 del 21.07.2010 ha esteso esplicitamente il campo di applicabilità delle norme sulle barriere di sicurezza anche al caso della $V_{p,max} = 70$ Km/h, ancorché il DM 05.11.2001, al punto 4.3.5 indichi diversamente. Per questo motivo, cautelativamente, si è indicata, in questo caso, la obbligatorietà della barriera di sicurezza, anche in presenza di marciapiede;
- (°) Quando la barriera è di tipologia “new-jersey”, il bordo rialzato del marciapiede non è necessario.
- (°°) Come eventualità, sul bordo esterno del marciapiede (v. DM 05.11.2001, punto 4.1.1). Occorre a questo proposito tenere conto che il rialzo del marciapiede può non essere idoneo al corretto funzionamento della barriera di sicurezza.

L’asserzione di cui alla lettera b) è suffragata dal 2° capoverso del punto 4.3.5, seguente:

Per strade con velocità di progetto (limite superiore) maggiore di 70 km/h, il marciapiedi va protetto da dispositivi di ritenuta, sistemati come in Fig. 4.1.1.b. e 4.1.2.c. Qualora la velocità prevista sia inferiore al valore sopra indicato, la protezione potrà essere omessa, ma in questo caso il marciapiedi dovrà essere delimitato da un ciglio sagomato, come in Fig. 4.1.1.c. e 4.1.2.e. L’ente proprietario della strada valuterà l’opportunità, in relazione alle condizioni viarie e ambientali locali, di dotare il ciglio del marciapiede di idonee protezioni per la salvaguardia dei pedoni e per impedire il sormonto dei veicoli.

Le “idonee protezioni” di cui sopra (comunque opzionali) possono essere elementi vari, quali transenne parapedoni, cordonati, profili scansaruota, ecc..

D’altro canto il DM 21.06.2004 sulle barriere di sicurezza, all’ultimo capoverso dell’Art. 6, richiama come segue il DM 05.11.2011:

Per le strade di nuova progettazione, varrà anche quanto previsto dalle norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade, approvate con il D.M. 5.11.01, fermo restando quanto detto in precedenza in merito agli spazi di lavoro probabile ed ai dispositivi già testati in modo da simulare al meglio, nel funzionamento, le condizioni di uso reale.

Si ricorda che la velocità di progetto è correlata alla geometria planimetrica del tracciato, in conformità al punto 5.4 del DM 05.11.2001 e deve essere contenuta entro i limiti fissati per ogni classe funzionale stradale (A ÷ F). Ciò fa scaturire i limiti massimi di velocità da imporre nei vari tratti ed ovviamente non vale il contrario, ossia non può essere che il limite massimo di velocità influenzi la velocità di progetto.

Per le strade esistenti, la velocità di progetto deve essere valutata per analogia con quanto sopra, geometrizzandone opportunamente il tracciato planimetrico e prendendone in considerazione la classe funzionale.

Il tutto è stato poi più di recente ulteriormente suffragato dalla Circ. MIT n. 62032 del 21.07.2010 che, al cap. 3 “Campo di applicazione del DM 223/1992 e ss. mm. e ii.” recita:

Il campo di applicazione della normativa in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali è definito dall’art. 2 comma 1 del D.M. 223/1992 e riguarda i progetti esecutivi relativi alle strade ad uso pubblico extraurbane ed urbane che hanno velocità di progetto maggiore o uguale a 70 km/h. Sono espressamente escluse dal campo di applicazione della norma in argomento le progettazioni inerenti le strade extraurbane ed urbane con velocità di progetto inferiore a 70 km/h.

Più avanti la citata Circolare recita anche:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC Foglio 34 di 43

Nei progetti relativi a strade ad uso pubblico che non rientrano invece nel campo di applicazione delle norme richiamate, tenuto conto delle specifiche condizioni locali in termini di configurazione dello stato dei luoghi e di circolazione, qualora sia previsto anche un intervento sui margini o sui dispositivi di ritenuta, il progettista dovrà comunque valutare le situazioni ove si rendono necessarie protezioni in relazione alla presenza od all'insorgenza di condizioni di potenziale pericolo.

9.2.2 Protezioni previste

Tutto quanto sopra giustifica compiutamente le situazioni dove già nel PD, con riproposizione nel presente PE, non è stata prevista la barriera di sicurezza lungo il bordo della piattaforma stradale, in presenza di un marciapiede rialzato e di una velocità di progetto inferiore a 70 Km/h, fra l'altro con ciò rendendo talora più agevole la realizzazione delle opere entro gli spazi ristretti a disposizione.

Nel caso specifico dunque sono state fatte le seguenti scelte progettuali per l'adozione delle barriere di sicurezza:

- Sui tratti di viabilità confinate da muri o su opere d'arte, sul ciglio esterno lato torrente, in abbinamento al marciapiede, è stato disposto il solo parapetto, ovviamente dimensionato secondo il DM 04.05.1990.

Una tale soluzione deve essere vista con favore in quanto, alle basse velocità tipiche dell'ambito urbano, l'effetto psicologico di contenimento del marciapiede rialzato si dimostra più che sufficiente ad evitare l'invasione dello stesso da parte dei veicoli, e quindi l'urto di questi contro il parapetto esterno (che peraltro è dotato di una sua non certo trascurabile capacità di contenimento di mezzi leggeri). Inoltre non va trascurata la pericolosità intrinseca delle barriere guardavia metalliche (che dovrebbero essere impiegate in questo caso), tanto rispetto agli elementi terminali posti contro il flusso del traffico, quanto rispetto al transito di pedoni, fra cui sicuramente bambini ed anziani, per la presenza sul loro lato posteriore di elementi metallici sporgenti e a spigolo vivo.

- Sul cordolo posto in genere sul lato opposto, non affiancato da marciapiede, è stata prevista una barriera di sicurezza di classe H2, che deve essere abbinata ad un mancorrente tubolare per raggiungere l'altezza minima di 1,00 m prescritta per i parapetti.
- Nel solo caso del tratto antistante l'esistente caseggiato, compreso fra la Sez. 13 e la Sez. 20, per una lunghezza di 135 m, in luogo della barriera guardavia sul lato monte, dove il corpo stradale è sostenuto da un muro di sostegno di altezza variabile (M09A), è stata prevista una spalletta in c.a., dell'altezza di 1.10 m. Ciò per evitare qualunque possibilità di fuoriuscita di veicoli da quella parte ed inoltre per evitare che oggetti o graniglie e perfino i fumi di scarico, possano essere proiettati, ad altezza d'uomo, dalle ruote dei veicoli in transito verso la resede del caseggiato, essendo questo posto a ridosso e quasi parallelamente alla strada.

Tale muretto, in corrispondenza della testata lato monte, sarà adeguatamente raccordato con la successiva barriera guardavia, in modo da non creare il pericolo di urto sulla prima da parte dei veicoli in transito.

- Anche lungo il bordo lato monte del nuovo tratto stradale antistante il Ricreatorio e più in particolare lungo il muro di sostegno cod. M05 e lungo il viadotto n. 1, per una lunghezza complessiva di 110 m, sarà disposta una rete di protezione alta 2,00 m, per evitare la proiezione di oggetti verso le sottostanti resede e aree varie a servizio dei fabbricati.

Per i dettagli circa l'effettivo sviluppo e posizionamento delle barriere previste si rimanda alla specifica tavola di progetto.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC</p> <p style="text-align: right;">Foglio 35 di 43</p>

9.2.3 Barriere di sicurezza da impiegare

Ai sensi delle vigenti norme (D.M. 18/02/1992 n. 223, D.P.R. 21/04/1993 n. 246 in attuazione della direttiva 89/106/CEE, D.M. 21/06/2004, Regolamento UE n. 305/2011 del 09/03/2011, D.M. 28/06/2011), considerato che risulta da tempo recepito l'utilizzo delle norme europee UNI EN 1317, parti 1, 2, 3 e 4 concernenti le barriere di sicurezza stradali e che risulta scaduto in data 01.01.2011 il periodo di coesistenza relativo alla norma europea armonizzata UNI EN 1317-5:2008 "Barriere di sicurezza stradali – Parte 5: requisiti di prodotto e valutazione di conformità per sistemi di trattenimento veicoli", possono essere installati:

- 1) dispositivi di ritenuta stradali dotati di "marcatura CE" in conformità alla norma UNI EN 1317-5:2008 e successivi aggiornamenti ed alle norme di supporto in essa riportate.

Tali sistemi dovranno essere dotati di:

- "Certificato CE di conformità", rilasciato da un Organismo Notificato;
 - "Dichiarazione CE di conformità", rilasciata dal fabbricante o produttore, ovvero dal suo mandatario stabilito nell'Unione Europea;
 - "Manuale di utilizzo e di installazione", redatto ai sensi del D.M. 28/06/2011;
- 2) soltanto entro il termine massimo del 21.10.2012, dispositivi di ritenuta stradali sprovvisti di "marcatura CE", purché sussista una delle due seguenti condizioni:
 - siano stati omologati ai sensi del D.M. 21/06/2004 ed immessi sul mercato entro il 31/12/2010;
 - siano stati sottoposti, con esito positivo, alle prove d'urto di cui alle norme UNI EN 1317. In questo caso i rapporti di prova devono essere preventivamente sottoposti al Direttore dei Lavori, che ne accerterà l'esito positivo.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC</p> <p style="text-align: right;">Foglio 36 di 43</p>

10 SEGNALETICA

Non sono presenti intersezioni complesse, né altri significativi problemi di segnaletica; sono stati quindi previsti soltanto il rifacimento completo della segnaletica orizzontale e la sostituzione o integrazione di un certo numero di segnali verticali, per le zone di adeguamento.

Per i tratti ove è stata prevista la realizzazione di una nuova viabilità, è stata ovviamente prevista la segnaletica orizzontale e verticale nel rispetto del Codice della Strada e del relativo regolamento di applicazione.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC Foglio 37 di 43

11 DIMENSIONAMENTO DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE

11.1 Premesse

Il presente capitolo tratta la verifica della sovrastruttura stradale nei tratti stradali o nelle zone di piattaforma in cui è prevista la sua realizzazione ex-novo, ossia comprendente tutti gli strati fino al piano di appoggio della fondazione.

La categoria stradale di riferimento, ai sensi del DM 05.11.2001, è la F (strade locali).

La geometria stradale, sia per quanto riguarda il tracciato planoaltimetrico d'asse, sia per quanto riguarda la sezione trasversale, così come le larghezze dei marciapiedi, godono di una serie di deroghe, già sommariamente descritte nella parte di relazione relativa a tale argomento, dovute in parte alla natura dell'intervento come adeguamento di strade esistenti, in parte alle oggettive difficoltà del contesto in cui esso risulta collocato.

11.2 Sovrastruttura stradale di progetto

E' stata adottata, per la sovrastruttura, la seguente stratigrafia:

Strato	Spessore [cm]	Materiale costituente
Usura	4	Conglomerato bituminoso chiuso
Collegamento	6	Conglomerato bituminoso semiaperto
Base	12	Misto bitumato
Fondazione	40	Misto granulare stabilizzato
Tot.	62	

11.3 Traffico di progetto

A prescindere dalla classe di contenimento minima adottata per le barriere di sicurezza che, secondo il DM 21.06.2004 dipende anche dal traffico e per la quale il traffico massimo è quello di tipo III, avente TGM (media sull'anno) > 1000 veicoli per corsia, di cui almeno il 15% costituito da mezzi con massa a pieno carico superiore a 35 KN (mezzi pesanti), il traffico reale attuale o futuro da prendere a riferimento per dimensionare la sovrastruttura deve essere assai più elevato.

Il suddetto traffico è infatti molto modesto. Nel presente caso, in assenza di valutazioni più precise, frutto di misure del traffico reale, viene preso a riferimento il traffico seguente:

- TGM = 10.000 [n. veicoli effettivi], che è un traffico abbastanza elevato, corrispondente all'incirca ad una media di 1400 passaggi l'ora nelle 4 ore di punta (circa 1200 in un senso e 200 nell'altro) e a circa 360 nelle restanti 12 ore di traffico significativo;
- aliquota di distribuzione del traffico per senso di marcia: $p_d = 50\%$;
- numero giorni commerciali annui: $gg_c = 250$;
- aliquota veicoli pesanti: $p = 15\%$;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC Foglio 38 di 43

- aliquota veicoli pesanti sulla corsia lenta: $p_l = 1,00$;
- coefficiente di dispersione delle traiettorie: $d = 0,80$.

Numero di veicoli pesanti che transitano all'anno "zero".

$$N_{vp0a} = TGM \cdot p_d \cdot gg_c \cdot p_d \cdot p \cdot p_l \cdot d = 150.000 \text{ [n. veicoli pesanti]}$$

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

- tasso d'incremento annuo della motorizzazione: $r = 1.5\%$;
- vita utile della sovrastruttura: $n = 20$ anni;

si ha:

Numero di veicoli pesanti che transitano durante la vita utile:

$$N_{vp} = N_{vp0a} \cdot [(1 + r)^n - 1] / r = 3.468.550 \text{ [n. passaggi veicoli pesanti].}$$

11.4 Criterio di verifica

Per la verifica della sovrastruttura di progetto 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 sovrastruttura di assegnate caratteristiche, indicato con $W_{8,2t}$, e il numero di passaggi di assi dello stesso tipo previsti nell'arco della vita utile assegnata alla sovrastruttura, indicato con $N_{8,2t}$.

Affinché la sovrastruttura risulti in grado di mantenersi funzionale nell'arco della vita utile, è necessario che sia verificata la condizione:

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

11.5 Numero dei passaggi sopportabili (termine $W_{8,2t}$)

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

1. Traffico di progetto, ovvero 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:

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

dove:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RG-NV07-00-001-A00.DOC Foglio 39 di 43

Z_r = parametro tabellato in funzione dell’Affidabilità R (% , *Reliability*), a sua volta tabellata in funzione del tipo di strada (classificazione secondo il DM 05.11.2001);

S_o = parametro che assume valori compresi nell’intervallo $0.40 \div 0.50$.

Risulta:

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

dove:

SN [cm] = *Structural Number* (oppure I_s = Indice di spessore);

s_i [cm] = spessori ipotizzati per gli strati che compongono il pacchetto di sovrastruttura;

a_i = coefficienti strutturali i cui valori (tabellati) dipendono dalle caratteristiche meccaniche dei materiali costituenti i vari strati;

m_4 = coefficiente di drenaggio (valore $1,0 \div 3,0$) degli strati “non legati”.

Inoltre:

PSI_i, PSI_f = Indici di Servizio (*Present Serviceability Index*) iniziale e finale dei quali, per quello iniziale si assume un valore pari a 4,2 e per quello finale 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);

M_r [MPa] = Modulo Resiliente del sottofondo, ottenuto dalla relazione: $M_r = 10 \cdot CBR(\%)$

dove:

CBR (% , *Californian Bearing Ratio*) = Indice di portanza del sottofondo, tale che sia:

$$CBR(\%) = 0,2 M_d$$

dove:

M_d [MPa] = Modulo di deformazione del sottofondo, che deve risultare di valore pari ad almeno 40 MPa, oppure 50 MPa, rispettivamente per strade di minore importanza e per le autostrade.

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

Riprendendo il pacchetto di sovrastruttura ipotizzato e considerando la funzione di regressione introdotta in precedenza, si inseriscono i seguenti dati di input:

Categoria DM 05.11.2001	Categoria CNR 178/95	Affidabilità	Z_r	S_o	PSI_i	PSI_f
F	3	90%	- 1.282	0.45	4.2	2.5

In merito alle caratteristiche di portanza del sottofondo si ritiene sufficiente considerare un valore medio dell’indice CBR pari all’ 8%, corrispondente al valore minimo di 40 MPa, consigliato per il modulo di deformazione (M_d) del sottofondo.

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

$$M_r = 10 \cdot CBR(\%) = 80 \text{ MPa.}$$

Con questi dati input, dalla formula di regressione si ottiene:

$$W_{8,2t} = 20.357.084.$$

11.6 Numero dei passaggi previsti (termine $N_{8,2t}$)

Il valore del termine $N_{8,2t}$ deriva dall'analisi del traffico e dipende dalla categoria della strada e dallo "spettro di traffico dei veicoli commerciali", costituito dalla distribuzione percentuale delle diverse tipologie di veicoli commerciali che si prevede vi possano transitare.

Tab. 3 - Tipici spettri di traffico di veicoli commerciali per ciascun tipo di strada.

Tipo di strada	Tipo di veicolo															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1) autostrade extraurbane	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) " urbane	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 extraurb. second. ordin.	---	---	58.8	29.4	---	5.9	---	2.8	---	---	---	---	0.2	---	---	2.9
5) " extr. second.-turistiche	24.5	---	40.8	16.3	---	4.15	---	2	---	---	---	---	0.05	---	---	12.2
6) " urbane di scorrimento	18.2	18.2	16.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.6	18.2	27.3	---
7) " " di quartiere e locali	80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	20	---	---
8) corsie preferenziali	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	47	53	---

Per il suddetto spettro, in mancanza di una migliore determinazione, si impiega quello proposto dalle norme CNR 178/1995, attraverso la tabella qui riportata (Tab. 3) nella quale le tipologie di veicoli commerciali (= veicoli pesanti) sono le seguenti (Tab. 2):

Tab. 2 - Tipi di veicoli commerciali, numero di assi, distribuzione dei carichi per asse.

Tipo di veicolo	N° Assi	Distribuzione dei carichi per asse in KN					
1) autocarri leggeri	2	↓10	↓20				
2) " "	"	↓15	↓30				
3) autocarri medi e pesanti	"	↓40	↓80				
4) " " "	"	↓50	↓110				
5) autocarri pesanti	3	↓40	↓80	↓80			
6) " "	"	↓60	↓100	↓100			
7) autotreni e autoarticolati	4	↓40	↓90	↓80	↓80		
8) " "	"	↓60	↓100	↓100	↓100		
9) " "	5	↓40	↓80	↓80	↓80	↓80	
10) " "	"	↓60	↓90	↓90	↓100	↓100	
11) " "	"	↓40	↓100		↓80	↓80	↓80
12) " "	"	↓60	↓110		↓90	↓90	↓90
13) mezzi d'opera	"	↓50	↓120		↓130	↓130	↓130
14) autobus	2	↓40	↓80				
15) " "	2	↓60	↓100				
16) " "	2	↓50	↓80				

Le categorie di strada contemplate dalla Tab. 3 non sono direttamente assimilabili a quelle di cui al DM 05.11.2001, tuttavia possiamo ritenere che, nel presente caso, la categoria di Tab. 3 più vicina al caso reale possa essere la n. 3: "strade extraurbane principali e secondarie a forte traffico".

In base allo spettro di traffico dei veicoli commerciali corrispondente, è possibile suddividere il numero totale calcolato di passaggi previsti di veicoli pesanti, pari a 3.468.550, in base alle diverse percentuali d'incidenza di ciascuna tipologia di veicolo commerciale (Nvc,i).

Risultano i passaggi di cui alla seguente tabella:

Tipo di veicolo commerciale	Aliquota %	N _{vc,i}
1	0,00	-
2	13,10	454.380
3	39,50	1.370.077
4	10,50	364.198
5	7,90	274.015
6	2,60	90.182
7	2,60	90.182
8	2,50	86.714
9	2,60	90.182
10	2,50	86.714
11	2,60	90.182
12	2,60	90.182
13	0,50	17.343
14	0,00	-
15	0,00	-
16	10,50	364.198
N _{vc} (totale)	100,00	3.468.550

L'operazione successiva consiste nel rapportare il numero di passaggi di veicoli commerciali al corrispondente numero di passaggi di assi standard equivalenti da 8,2 ton.

Per convertire il peso di ciascun asse da x ton al peso standard di 8,2 ton, si considerano i seguenti coefficienti di equivalenza ottenuti attraverso l'espressione di Yoder:

x [t]	$E(x) = 2^{(0,78 \cdot (x - 8,2))}$
1	0,0204
1,5	0,0267
2	0,0350
3	0,0601
4	0,1032
5	0,1773

x [t]	$E(x) = 2^{(0,78 \cdot (x - 8,2))}$
6	0,3044
8	0,8975
9	1,5411
10	2,6463
11	4,5441
12	7,8028
13	13,3985

Dalla precedente Tab. 2 si può estrarre la seguente matrice “tipo veicolo” / “peso asse”, nella quale i valori corrispondono al numero di assi presenti:

		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			

Effettuando il prodotto matriciale tra la suddetta matrice 13x16 e la matrice-colonna relativa al parametro $N_{vc,i}$ precedentemente calcolato, si ricava il numero di passaggi previsti entro la vita utile, per ciascuna classe di peso d’asse considerata.

Moltiplicando poi tali numeri per i coefficienti di equivalenza di Yoder e sommando i risultati, si ottiene il numero complessivo di passaggi dell’asse standard da 8,2 t entro la vita utile della sovrastruttura, come risulta dalla seguente tabella:

Classe di peso d’asse	N. tot. passaggi assi	N. tot. passaggi assi da 8,2 ton
-----------------------	-----------------------	----------------------------------

Classe di peso d'asse	N. tot. passaggi assi	N. tot. passaggi assi da 8,2 ton
1	0	-
1,5	454.380	12.140
2	0	-
3	454.380	27.318
4	1.914.640	197.657
5	745.738	132.195
6	353.792	107.691
8	3.093.947	2.776.848
9	534.157	823.211
10	704.116	1.863.331
11	454.380	2.064.756
12	17.343	135.323
13	52.028	697.101
Totale $N_{8,2t} =$		8.837.573

11.7 Verifica della sovrastruttura

Con riferimento all'asse standard da 8,2 t impiegato nei calcoli ed alla vita utile della sovrastruttura, stimata in 20 anni:

N. passaggi sopportabili: $W_{8,2t} = 20.357.084$

N. passaggi previsti: $N_{8,2t} = 8.837.573$

Risulta: $W_{8,2t} \gg N_{8,2t}$

pertanto la sovrastruttura è abbondantemente verificata.