

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**

**S.P.163 della Castagnola – Frana Carbonasca  
Relazione illustrativa**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio <b>Cociv</b> Ing. E. Pagani	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 1	E	C V	R O	N V 1 4 0 0	0 0 2	A

**Progettazione :**

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima Emissione	A. Maffei	05/11/2014	P. Romani	06/11/2014	A. Palomba	07/11/2014	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R
A01	Revisione cartiglio	A. Maffei	27/07/2015	P. Romani	27/07/2015	A. Mancarella	28/07/2015	

n. Elab.:

File: IG51-01-E-CV-RO-NV14-00-002-A01.DOC

CUP: F81H92000000008



<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-01-E-CV-RO-NV14-00-002-A01.DOC</p> <p>Relazione illustrativa</p> <p>Foglio 3 di 43</p>

## INDICE

INDICE.....	3
1. GENERALITÀ .....	5
1.1. Oggetto .....	5
1.2. Primo tratto d'opera (da inizio a pk. 2+880,00 circa) .....	5
1.3. Secondo tratto d'opera (da pk. 2+880,00 circa a termine) .....	5
1.4. Corrispondenza con il progetto definitivo .....	6
1.5. Ottemperanza con le prescrizioni del CIPE 80/2006 .....	7
2. PROPOSTA DI VARIANTE .....	7
2.1. Soluzione del Progetto Esecutivo .....	8
2.2. Criticità della soluzione del Progetto Esecutivo .....	9
2.3. Filosofia dell'intervento in variante .....	10
2.4. Criteri generali di progetto degli interventi in variante .....	10
2.5. Descrizione degli interventi in variante .....	11
3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	12
4. INQUADRAMENTO SISMICO .....	13
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	14
5.1. Indagini geognostiche .....	16
5.2. Dati geofisici .....	17
5.3. Dati inclinometrici .....	18
5.4. Inquadramento geomorfologico-idrogeologico .....	20
5.5. Stima del grado di permeabilità .....	21
5.6. Modello idrogeologico .....	22
5.7. Caratterizzazione delle aree di dissesto .....	23
6. INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	26
6.1. Materiali in sito .....	26
6.2. Rilevati e reinterri .....	26
7. PROGETTO STRADALE .....	28
7.1. Scelte progettuali di base .....	28
7.2. Elementi tipici della sezione trasversale e elementi marginali .....	28
7.3. Pavimentazione stradale .....	29
8. OPERE D'ARTE .....	30
8.1. Elenco delle opere .....	30
8.2. Materiali .....	30
8.3. Pozzi drenanti strutturali .....	30
8.4. Pozzi drenanti .....	31
8.5. Muri in c.a. con dreni sub-orizzontali .....	32
8.6. Sistemazione spondale rio Carbonasca .....	32
8.7. Sistemazione alveo rio 1 .....	33
8.8. Muri di sostegno in terra rinforzata .....	34
8.9. Trincee drenanti .....	35
8.10. Opere di attraversamento minori .....	36
9. IDRAULICA DI PIATTAFORMA .....	37
10. SEGNALETICA .....	39
10.1. Segnaletica verticale .....	39
10.2. Segnaletica orizzontale .....	39

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-01-E-CV-RO-NV14-00-002-A01.DOC Relazione illustrativa</p> <p style="text-align: right;">Foglio 4 di 43</p>

11.	BARRIERE DI SICUREZZA.....	40
12.	DEMOLIZIONI.....	41
13.	PUBBLICA ILLUMINAZIONE.....	42
14.	GESTIONE DEL TRAFFICO IN FASE DI COSTRUZIONE .....	43

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RO-NV14-00-002-A01.DOC Relazione illustrativa
	Foglio 5 di 43

## 1. GENERALITÀ

### 1.1. Oggetto

L'intervento oggetto della presente relazione è inserito tra i lavori di modifica e adeguamento della viabilità esistente, interessata dal traffico indotto dalla realizzazione della nuova linea ferroviaria ad alta capacità Milano-Genova, denominata "III Valico dei Giovi".

Si tratta in particolare dell'adeguamento funzionale con ampliamento della sezione stradale della S.P. 7 della Provincia di Genova e della S.P. 163 della Provincia di Alessandria, in prosecuzione l'una dell'altra ed entrambe denominate "della Castagnola". L'intervento, nel suo complesso, si estende per circa 10km ad interessare l'intero itinerario costituito dalle due strade a partire dall'innesto sulla ex S.S. 35 "dei Giovi" nell'abitato di *Borgo Fornari* (Comune di *Ronco Scrivia*, Provincia di Genova) per finire all'innesto sulla S.P. 160 "della Val di Lemme" presso l'abitato di *Voltaggio* (capoluogo comunale, Provincia di *Alessandria*).

Scopo dell'intervento è il miglioramento della viabilità al fine di prevenire i problemi che potrebbero essere indotti dal transito dei mezzi di cantiere adibiti al trasporto dello smarino, dai siti di cantiere (finestra "Castagnola") alle aree di discarica e, in direzione opposta, dei materiali da costruzione agli stessi cantieri. In ogni caso il presente intervento è destinato ad indurre benefici a lungo termine per la collettività, in quanto si tratta di un forte miglioramento della viabilità in questione, sia dal punto di vista della sezione corrente sia da quello della stabilità del corpo stradale; tutti aspetti oggi assai carenti.

L'intervento inerente alla WBS NV13 può essere distinto in due differenti tratti d'opera:

- Il primo tratto compreso tra la rotatoria di *Borgo Fornari* (inizio intervento) e la rotatoria nella quale si innesta il collegamento con il cantiere COP2 "Castagnola" (WBS NV22)
- Il secondo tratto compreso tra la suddetta rotatoria di intersezione con NV22 e la rotatoria terminale all'innesto sulla S.P. 160 "della Val di Lemme" presso l'abitato di *Voltaggio*.

### 1.2. Primo tratto d'opera (da inizio a pk. 2+880,00 circa)

Il primo tratto d'opera (circa 3km) è compreso tra la rotatoria di *Borgo Fornari* (inizio intervento) e la rotatoria nella quale si innesta il collegamento con il cantiere COP2 "Castagnola" (WBS NV22). Morfologicamente il tracciato della viabilità esistente costeggia il torrente *Rio Traversa*, fino ad oltre il confine con il Piemonte, dove risulta ubicata la rotatoria di innesto della NV22 (km. 2+880,00 circa).

In questo tratto l'andamento della strada è in lieve declivio, con pendenze dell'ordine del 2÷-4%. Lo stato del piano stradale è buono, non mostra particolari segni di degrado e i cigli della strada, anche nelle zone costeggianti il torrente, appaiono sufficientemente stabili. La sovrastruttura stradale realizzata a suo tempo, molto probabilmente per i modesti carichi di transito subiti, ma anche per la presenza di un substrato sufficientemente stabile ha mantenuto un buono stato di conservazione.

La sezione trasversale attuale della strada è variabile da un minimo di circa m 5.50 ad un massimo di m 7.50 oltre le banchine, con restringimenti in corrispondenza degli insediamenti attraversati.

### 1.3. Secondo tratto d'opera (da pk. 2+880,00 circa a termine)

Il secondo tratto di strada è caratterizzato da una morfologia tipicamente collinare che impone al tracciato stradale una marcata tortuosità ed elevate pendenze longitudinali. La larghezza della carraggiata varia da un minimo di circa 5.50m (tratto a sud dell'abitato di *Castagnola*) ad un massimo di circa 7.50m.

La prima parte del tracciato (fino all'abitato di *Castagnola*) presenta, in più punti, evidenti segni di dissesti e cedimenti del corpo stradale con lesioni ed avvallamenti del piano viario probabilmente conseguenti alle caratteristiche geomorfologiche dell'area nonché ad una non idonea gestione delle acque di falda e di piattaforma.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-01-E-CV-RO-NV14-00-002-A01.DOC Relazione illustrativa
	Foglio 6 di 43

Dall'abitato di *Castagnola* fino alla zona di *Pian de' Bricolli* il tracciato presenta un andamento pressoché pianeggiante senza particolari evidenze di dissesto ciò che può essere attribuito alle favorevoli caratteristiche geologiche e morfologiche.

L'ultimo tratto di strada che da *Pian de' Bricolli* consente di giungere, con andamento tortuoso e con pendenze longitudinali molto accentuate) fino alla intersezione con la SP 160 *della Val di Lemme*, ed attraversa la parte sommitale della frana detta "*della Carbonasca*".

Il tratto afferente a suddetta frana (da pk 9+100,00 circa a 9+600,00 circa) è stato studiato nell'ambito del progetto della presente viabilità, per evidenti motivi di continuità, ma è stato poi stralciato ed attribuito alla WBS delle opere di consolidamento della frana stessa (NV14) . Il piano viario, escluso ovviamente il tratto sulla frana ed altri limitati singoli tratti, si è dimostrato sufficientemente stabile.

#### 1.4. Corrispondenza con il progetto definitivo

Le modifiche rispetto al progetto definitivo (PD) introdotte con la progettazione esecutiva (PE) dipendono principalmente dai seguenti aspetti:

- Aggiornamento del rilievo topografico.
- (solo per il secondo tratto) ottimizzazione del tracciato stradale con regolarizzazione delle clotoidi e razionalizzazione degli allargamenti in curva per l'iscrizione dei veicoli.
- Ottemperanza alle prescrizioni CIPE (vedere paragrafo seguente)
- Approfondimento delle tematiche inerenti le fasi di costruzione delle singole opere e la gestione del traffico (a senso unico alternato) durante la cantierizzazione dell'intervento.

Nel dettaglio si descrivono di seguito le principali modifiche introdotte relativamente al tratto di viabilità di cui alla WBS NV14.

##### Aspetti stradali

- Nel PE è stato ritracciato l'**asse stradale** rispettando l'impostazione del progetto definitivo (ampliamento dell'asse stradale esistente) tuttavia il peggioramento dei fenomeni di dissesto idrogeologico hanno imposto alcune varianti: in particolare un tratto iniziale in variante plano-altimetrica, avente uno sviluppo di ca. 140 m, che abbandonando il sedime attuale interessa il versante a monte; il resto del tracciato, avente sviluppo di poco inferiore a 490 m, segue l'attuale andamento dell'arteria prevedendone l'ampliamento lato valle mediante la realizzazione di opere di sostegno in terra rinforzata.
- Sono stati previsti **allargamenti in curva** solo per le quelle ritenute più critiche e sono stati progettati al 50% del valore teorico come previsto dalla Norma (per maggiori dettagli si rimanda al successivo paragrafo n.7.1); nel tratto relativo all'intervento NV14 solo la curva finale a raggio 24 m prevede un allargamento di 1,86 m connettendosi all'intervento NV13.
- La **pendenza trasversale** della nuova carreggiata (imposta ad un **massimo del 5%**) così come la livelletta longitudinale sono state completamente riprogettate seppur con l'accorgimento di mantenersi il più possibile aderenti all'esistente al fine di limitare lo sviluppo e la dimensione delle opere d'arte necessarie all'adeguamento.
- Nel PE è stata riorganizzata la distribuzione e la lunghezza delle **barriere di sicurezza** ricorrendo unicamente a barriere di classe H2 al fine di non dover gestire complesse transizioni tra classi differenti. Nell'intervento NV14 sono previste solo barriere bordo rilevato.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-01-E-CV-RO-NV14-00-002-A01.DOC Relazione illustrativa
	Foglio 7 di 43

### Aspetti strutturali

- Sono state studiate in dettaglio le geometrie e le fasi di costruzione sia delle opere previste lungo il tratto di viabilità in oggetto che delle opere previste per il consolidamento del corpo di frana, come di seguito descritto
- **Le opere di sostegno** (muri di sostegno in terra rinforzata MR01 e MR02 e muri di sostegno con freni M01 e M02) sono stati progettati al fine di risultare compatibili con l'assetto plano-altimetrico del versante ed al fine garantire la regimazione delle acque di versante ed il loro recapito nei recettori previsti a valle della strada nell'ambito degli interventi di stabilizzazione del versante in frana.
- **Le opere di drenaggio** (D01, D02) sono state progettate tenendo conto della topografia del terreno, degli ingombri in fase di scavo rispetto alle preesistenza e del recapito delle acque intercettate nei recettori previsti a valle della strada nell'ambito degli interventi di stabilizzazione del versante in frana.
- **Le opere di regimazione (Torrente Carbonasca, Rio 1 e Rio 2)** sono state progettate al fine di conciliare l'efficacia della sistemazione dei rispettivi alvei con la necessità di limitare quanto più possibile l'impatto delle lavorazioni sul versante in termini di scavo e disboscamento.

### 1.5. Ottemperanza con le prescrizioni del CIPE 80/2006

Le prescrizioni contenute nella delibera CIPE 80/2006 ed inerenti la viabilità in oggetto (NV14) sono di seguito riportate.

*Prescrizione 4.f) Corsi d'acqua - Per quanto concerne la sistemazione spondale del Torrente Carbonasca, in corrispondenza della Frana lungo la SP 163, si ritiene necessario prescrivere la sostituzione delle previste gabbionate con scogliere in massi ciclopici impostati su idoneo piano di fondazione al fine di garantire interventi di manutenzione per l'asportazione di eventuali detriti.*

La sistemazione spondale è stata integralmente riprogettata impiegando scogliere di massi ciclopici di da 0.5-0.7tonn per il paramento fuori terra e da 1.0-1.5tonn per la fondazione.

## 2. PROPOSTA DI VARIANTE

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RO-NV14-00-002-A01.DOC Relazione illustrativa
	Foglio 8 di 43

## 2.1. Soluzione del Progetto Esecutivo

Gli interventi sviluppati nell'ambito del progetto esecutivo ricalcano fedelmente quelli già approvati in fase di progettazione definitiva. Nello specifico le opere progettate sono finalizzate a raggiungere i seguenti obiettivi:

1. Adeguamento funzionale della piattaforma stradale con allargamento misto (in parte a monte ed in parte a valle) dei cigli a garantire una carreggiata da 7.50m.
2. Sistemazione del greto del torrente con scogliere di protezione della sponda sinistra e rimodellazione della zona attualmente tombinata previa demolizione della struttura in essere.
3. Miglioramento delle condizioni di stabilità dell'ammasso in frana (aumento del coefficiente di sicurezza globale) mediante:
  - regimazione delle acque superficiali
  - drenaggio della circolazione idrica sotterranea
  - tirantatura attiva e inerzie delle opere di sostegno (paratie di pali e micropali)

### Interventi in corrispondenza del settore 1 (porzione nord-ovest)

Vista l'entità delle forze in gioco (difficili da contrastare mediante l'inserimento di forze di segno contrario – attive o passive che siano) il progetto prevede un miglioramento delle condizioni di stabilità globale del versante per mezzo di una riduzione delle pressioni neutre ed un conseguente aumento della resistenza al taglio dei terreni.

In particolare si fa ricorso ad una **cortina di pozzi drenanti**, opportunamente posizionati all'interno del corpo di frana, realizzati con la tecnica dei pali trivellati e collegati tra loro da una condotta di fondo di diametro pari a 85mm per lo scarico a gravità delle acque drenate.

Il diametro di tali pozzi è pari a 1.5m mentre la lunghezza risulta variabile fino ad un massimo di circa 20m da p.c. locale. Tutte le acque di drenaggio raccolte vengono recapitate (per mezzo di un apposito manufatto) direttamente al torrente *Carbonasca*.

Sulla base di una *back-analysis* delle superfici di rottura del corpo di frana è stato possibile definire il valore caratteristico dell'attrito (criterio di rottura di Mohr-Coulomb) che regola l'equilibrio dell'ammasso ( $\phi'=18^\circ$ ).

Nell'ipotesi che il sistema progettato consenta di scaricare interamente le pressioni neutre della parte di ammasso interessato dal drenaggio, è stato possibile verificare che il coefficiente di sicurezza raggiunge valori pari a 1.37, in condizioni statiche, e pari a 1.15, in presenza del terremoto di progetto.

### Interventi in corrispondenza del settore 2 (porzione sud-est)

Il progetto prevede un **intervento misto di drenaggio e di consolidamento** mediante la realizzazione di paratie di pali trivellati (di grosso diametro – DN1500 - in prossimità della strada e di piccolo diametro - micropali - a monte del torrente) contrastate su 2 livelli con tiranti a trefoli di tipo permanente; sia le paratie che i bulbi di ancoraggio dei tiranti sono intestati nel substrato sano.

Dal fronte della paratia vengono realizzate anche raggere di dreni sub orizzontali (di lunghezza pari a 50m) su vari livelli al fine di abbattere le pressioni neutre e scaricare le venute d'acqua nell'ammasso in frana. Tutte le acque di drenaggio raccolte vengono recapitate (per mezzo di apposite trincee) direttamente al torrente *Carbonasca*.

Sulla base di una *back-analysis* delle superfici di rottura del corpo di frana è stato possibile definire il valore caratteristico dell'attrito (criterio di rottura di Mohr-Coulomb) che regola l'equilibrio dell'ammasso ( $\phi'=19^\circ$  per superfici di rottura localizzate nella parte alta del versante e  $\phi'=27^\circ$  per superfici di rottura globali che coinvolgono tutto il versante).



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RO-NV14-00-002-A01.DOC Relazione illustrativa
	Foglio 9 di 43

Nell'ipotesi che il sistema progettato garantisca l'incremento delle forze stabilizzanti e consenta di scaricare interamente le pressioni neutre della parte di ammasso interessato dal drenaggio, è stato possibile verificare che il coefficiente di sicurezza raggiunge valori compresi tra 1.28 e 1.37 (superfici "globali" e "alte") in condizioni statiche e valori compresi tra 1.12 e 1.19 (superfici "globali" e "alte") in presenza del terremoto di progetto.

Si precisa infine che, per quanto la paratie siano tirantate, l'incremento dei coefficienti di sicurezza è dovuto principalmente all'azione di drenaggio esercitata dai dreni sub-orizzontali con conseguente incremento delle tensioni geostatiche efficaci.

#### Interventi lungo il greto del torrente Carbonasca

Si tratta di un esteso intervento di **protezione della sponda sinistra** del rio Carbonasca previsto al fine di eliminare i fenomeni di erosione a piede frana. L'intervento prevede la realizzazione di un **argine in massi non cementati** di idonea pezzatura; l'altezza dell'argine è stata definita in modo tale da garantire un franco idraulico minimo rispetto alla piena duecentennale di 50cm, il paramento lato fiume presenta una pendenza (orizzontale:verticale) pari a 1:2 e lo spessore in sommità è pari a 2.0m.

Il piede della scogliera viene opportunamente sagomato al fine di garantire un immersione minimo di 1m rispetto a fondo alveo e di annullare erosione e scalzamento.

In corrispondenza del tratto di fiume attualmente tombinato si prevede la rimozione della struttura esistente e la sua sostituzione con un tratto di canale a cielo aperto rivestito in massi su entrambe le sponde e sul fondo.

## 2.2. Criticità della soluzione del Progetto Esecutivo

L'integrazione dell'indagine geognostica (terminata nel 2013) ed il monitoraggio degli spostamenti del corpo di frana (inclinometri e piezometri) hanno consentito di studiare in maniera più approfondita le problematiche connesse alla progettazione degli interventi di stabilizzazione evidenziandone una serie di **criticità**.

In particolare si osserva che:

- A. la presenza di **interventi diffusi** su tutto il versante in frana comporta la necessità di realizzare piste di accesso per la costruzione e la manutenzione delle opere con relativo disboscamento di vaste aree. Tale circostanza comporta come noto, oltre ad inevitabili ripercussioni di tipo paesaggistico ed ambientale sullo stato attuale dei luoghi, anche un peggioramento delle condizioni di stabilità del versante modificando in maniera significativa la circolazione delle acque superficiali.
- B. L'azione stabilizzante degli interventi previsti in progetto è legata essenzialmente all'azione di drenaggio della falda, la cui efficacia dipende dalla buona **manutenzione** dei dreni e dei pozzi molti dei quali, peraltro, risultano essere non ispezionabili.
- C. Le attività di manutenzione delle cortine di pozzi drenanti nel settore 1 appaiono molto onerose, a causa della presenza diffusa di canalette trapezoidali, dell'elevato numero di pozzi dislocati su tutto il versante e delle ridotte dimensioni degli stessi (diametro interno 1200mm) che rendono gli interventi di spurgo dei dreni e dei canali di scarico di difficile esecuzione in condizioni di sicurezza per il personale addetto.
- D. Anche le attività di manutenzione delle paratie tirantate del settore 2 appaiono onerose in quanto tali strutture richiedono il continuo spurgo dei dreni sub-orizzontali e il monitoraggio (con eventuale ritorsatura) dei tiranti.

Da ultimo si evidenzia che, per quanto i risultati delle analisi di stabilità svolte a supporto del progetto esecutivo (e precedentemente anche in quello definitivo) indichino che, nella configurazione di progetto, i coefficienti di sicurezza in condizioni statiche aumentano fino a valori superiori a 1.3, tale circostanza

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RO-NV14-00-002-A01.DOC Relazione illustrativa
	Foglio 10 di 43

indica un **miglioramento complessivo delle condizioni di equilibrio** dell'ammasso in frana nelle condizioni limite (collasso "incipiente") ma **non fornisce garanzie sull'entità né sulla velocità delle deformazioni** che consentiranno di raggiungere detta condizione mobilitando l'attrito interno del materiale.

### 2.3. Filosofia dell'intervento in variante

L'intervento in variante descritto nella presente relazione si presenta articolato come di seguito sinteticamente descritto:

- realizzazione di **pozzi drenanti e strutturali** atte a contrastare e ridurre l'evoluzione del movimento gravitativo nell'area a monte del rio *Carbonasca* (settori 1 e 2).
- Messa in opera di **strutture di contenimento di tipo flessibile** atte ad adattarsi alle deformazioni senza subire rotture. In particolare si tratta di terre rinforzate per l'ampliamento del solido stradale della SP 160 e di scogliere in massi disposti lungo le sponde dell'alveo del Rio *Carbonasca* al fine di contenere l'evoluzione del fenomeno erosivo concausa dell'innescò del movimento franoso.
- Posa in opera di **drenaggi suborizzontali** diffusi e finalizzati a deprimere e stabilizzare il livello di falda al piede del corpo di frana.

Gli interventi precedentemente elencati, e di seguito meglio dettagliati, sono stati progettati allo scopo di concorrere a creare, nell'insieme, condizioni più favorevoli alla stabilità sia delle opere infrastrutturali e idrauliche che della morfologia del versante.

Le indagini geognostiche integrative (con installazione di piezometri ed inclinometri) hanno consentito di approfondire le conoscenze del movimento in atto grazie ad un'interpretazione più dettagliata dell'assetto morfologico profondo e superficiale.

I nuovi dati hanno, pertanto, suggerito di ridurre l'intervento diffuso mediante pali drenanti la cui realizzazione avrebbe comportato uno stravolgimento morfologico del versante con conseguente disboscamento di vaste aree dello stesso; si osserva, a tale proposito, che il versante si presenta attualmente fittamente boscato e sicuramente stabilizzato dalla presenza della vegetazione.

Gli interventi in variante sono stati, inoltre, progettati in modo da minimizzare l'accesso al sito con piste di modesta estensione e ben gestibili morfologicamente operando da aree già antropizzate (quali strade esistenti) o in prossimità delle sponde dell'alveo del rio *Carbonasca* e riducendo al minimo il rischio dell'innescò di un movimento franoso sia superficiale che profondo dovuto alla manomissione delle attuali condizioni di equilibrio del versante.

### 2.4. Criteri generali di progetto degli interventi in variante

Gli interventi in variante sono stati definiti alla luce dei seguenti criteri generali di progetto:

1. Minimizzare gli interventi sul versante che comportino disboscamento pur prevedendo, per tutte le opere, idonee piste di accesso e manutenzione.
2. Minimizzare gli oneri di manutenzione.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-01-E-CV-RO-NV14-00-002-A01.DOC Relazione illustrativa</p> <p>Foglio 11 di 43</p>

3. Stabilizzare in maniera definitiva e permanente il tratto di strada iniziale (parte sommitale del settore 2 di frana - sezioni da 1 a 8) maggiormente soggetto a rotture e dislocamenti del manto stradale (l'ultimo evento in termini di tempo risale al gennaio 2014).
4. Prevedere (per l'adeguamento della strada nel tratto da sezione 8 al termine) un allargamento asimmetrico a valle così da evitare scavi che potrebbero compromettere la stabilità del versante interessando anche la proprietà esistente a monte della viabilità.
5. Realizzare opere di sostegno di tipo flessibile (muri in terra rinforzata, tombinature in lamiera corrugata tipo AMCO, ecc.) in grado di assorbire le inevitabili deformazioni cui è soggetta la strada nel tratto interessato dalla porzione sommitale del settore 1 della frana.
6. Migliorare le condizioni di stabilità del versante (settori di frana 1 e 2) con opere di drenaggio diffuso del piede della frana (dreni sub orizzontali e pozzi drenanti) direttamente accessibili dalla viabilità di servizio prevista lungo il ciglio dell'argine e senza disboscamento del versante stesso.

## 2.5. Descrizione degli interventi in variante

Gli interventi proposti in variante possono essere suddivisi in tre differenti gruppi:

- A) Interventi lungo gli argini del torrente *Carbonasca*;
- B) Interventi per la stabilizzazione del corpo di frana (settori 1 e 2);
- C) Interventi in corrispondenza della S.P. 160 (NV14).

Per una descrizione di dettaglio di tali interventi si rimanda al capitolo n.6 della presente.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-01-E-CV-RO-NV14-00-002-A01.DOC Relazione illustrativa	Foglio 12 di 43

### 3. 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.
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.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RO-NV14-00-002-A01.DOC Relazione illustrativa
	Foglio 13 di 43

#### 4. 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

Le prescrizioni di cui alla **OPCM n. 3274 del 20.03.2003** (con relativi decreti regionali) sono state considerate solo per quanto concerne la classificazione sismica del territorio nazionale. Nello specifico i Comuni interessati dall'intervento dell'intero asse stradale (*Ronco Scrivia, Fraconalto, Voltaggio*) vale quanto indicato in tabella n.4.1 di cui al seguito.

Regione	Comune	Vecchia classificazione sismica	OPCM 2003
Piemonte	Fraconalto	N.C.	<b>3</b>
	Voltaggio	N.C.	<b>3</b>
Liguria	Ronco Scrivia	N.C.	<b>3</b>

Tabella n.4.1 – Zonazione sismica del territorio interessato dall'intervento

La tabella n.4.1 evidenzia come i comuni lungo il tracciato siano interessati da un rischio sismico tendenzialmente medio-basso che trova conferma nei terremoti registrati nel basso Piemonte e in Liguria dal gennaio 1982 fino al novembre 2000 (dati del “*Catalogo sismico 1982-2000*” edito dalla Regione Piemonte in collaborazione con l'Università di Genova), che indicano come l'area oggetto di studio sia interessata in maniera limitata da eventi sismici e come questi siano caratterizzati perlopiù da profondità e magnitudo medio-bassa.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-01-E-CV-RO-NV14-00-002-A01.DOC Relazione illustrativa</p> <p style="text-align: right;">Foglio 14 di 43</p>

## 5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La frana Carbonasca si presenta come un corpo franoso nel complesso di dimensioni relativamente modeste, che a causa del rimodellamento morfologico del versante ha in parte perso le caratteristiche morfologiche più evidenti. Essa è costituita da un accumulo a tessitura caotica di ciottoli e blocchi immersi in matrice prevalentemente limoso-argillosa, talora parzialmente coesiva.

Il rilevamento geomorfologico di superficie (cfr. cartografia allegata) e la revisione dei sondaggi effettuati durante le fasi progettuali precedenti hanno permesso di evidenziare un'area di frana principale che comprende il settore compreso tra la S.P. 163 a monte (per un tratto di circa 500 m) e il T. Carbonasca a valle. Come è già stato evidenziato nella relazione tecnica del Progetto Definitivo (doc. A301-00-D-CV-CL-NV14-00-001-B00) sono riconoscibili due settori all'interno del corpo di frana:

- il settore 1 (parte nord del corpo di frana principale) appare caratterizzato da un dissesto di larghe proporzioni che ha comportato, nel 1990, la completa ostruzione del corso del torrente Carbonasca, conseguente a un colamento localizzato; l'alveo del corso d'acqua è stato ripristinato mediante una condotta in acciaio tipo ARMCO.

- Il settore 2 (parte sud del corpo di frana principale) ha evidenze di dissesto meno pronunciate, a valle della S.P. 163. È difficile stabilire l'esistenza di due corpi di frana effettivamente distinti e con significato differente con i dati ad oggi disponibili; la suddivisione in due settori rimane in effetti un puro elemento descrittivo. È probabile che il settore 1 sia semplicemente espressione della una riattivazione recente di parte del corpo franoso.

L'area di frana principale, costituita dai settori 1 e 2 sopra descritti, presenta una nicchia di distacco evidente, con sviluppo circa parallelo alla strada provinciale, che corre lungo il suo ciglio superiore; sulla base dell'altezza della scarpata è stato valutato un rigetto sommitale di 8-10 metri.

Il pendio a monte della S.P. 163 della Castagnola presenta delle fratture di versante estesamente rimodellate, definite allo stato attuale da semplici scarpate erbose, molto smussate e completamente inerbite, che seguono una direzione media NW-SE subparallela alla nicchia di distacco principale. In questo settore è evidente il rilascio tensionale del versante. Il manto stradale presenta in modo analogo diverse fratture subparallele alla scarpata di frana principale, con delle zone in leggero sprofondamento che causano una notevole irregolarità del piano stradale. Inoltre, le abitazioni presenti in questo settore hanno avuto problemi di instabilità a carico dei terreni di fondazione.

Nella primavera del 2013 si è verificata una riattivazione del corpo di frana, nel settore SE della zona di coronamento, che ha determinato la fratturazione dell'asfalto e un abbassamento visibile del piano stradale di almeno 15-20 cm. Il movimento è stato registrato dagli inclinometri installati sul versante, tra cui l'SI28, che ha dovuto essere reinstallato.

A titolo illustrativo si vedano le figure di cui alla pagina seguente



*Figura n.5.1 – Riattivazione movimenti franosi primavera 2013*

I depositi di frana, come evidenziato dai sondaggi, hanno spessore compreso tra 25 ed oltre 40 m e sono costituiti da una matrice con frazione limoso-argillosa non trascurabile e quindi almeno parzialmente coesiva,

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RO-NV14-00-002-A01.DOC Relazione illustrativa
	Foglio 16 di 43

con all'interno clasti litoidi di dimensioni variabili da centimetrico a decimetrico, generalmente costituiti da argilloscisti. La tessitura è a supporto di matrice, per cui il comportamento è fortemente influenzato dalla granulometria della frazione fine che ne determina una permeabilità bassa. Ciò determina una scarsa capacità drenante dei materiali sciolti e la conseguente suscettibilità nei confronti di processi di scivolamento gravitativo molto lento e/o di colata.

La morfologia del pendio è anche influenzata dalla presenza di porzioni più o meno estese di substrato disarticolato, composto da argilloscisti prevalenti, che sono state traslate rispetto alla loro posizione originaria e inglobate nel corpo di frana, mantenendo un assetto geometrico e strutturale relativamente coerente, pur con un elevato grado di rilascio. Queste probabili "zolle" di substrato relativamente indisturbato sono facilmente riconoscibili lungo il pendio, perché evidenziate da una morfologia pianeggiante, che contrasta nettamente con l'andamento del versante in frana, spesso caratterizzate da contropendenze a monte e da scarpate verso valle.

Il corpo di frana è stato ampiamente rimodellato dall'erosione diffusa e incanalata del ruscellamento superficiale. Piccoli scivolamenti locali sono presenti a spese sia della coltre detritico-colluviale, sia del detrito di frana; questi dissesti sono spesso generati dall'erosione del piede del versante da parte del Torrente Carbonasca.

Sul fianco N del corpo di frana principale è presente un deposito di frana di crollo costituito da blocchi di pezzatura da decimetrica a plurimetrica composti esclusivamente da Calcari di Voltaggio, in scarsa o assente matrice ghiaioso-sabbiosa, non coesiva. Il crollo proviene dalla paretina rocciosa, costituita da calcari, che affiora sul ciglio superiore della scarpata che si affaccia sul T. Carbonasca. Alla base della piccola parete è anche presente un detrito di falda derivante dalla sua disgregazione, successiva al crollo, che si sovrappone ai depositi di crollo sottostanti; il detrito di falda è costituito da ciottoli di dimensione mediamente da centimetriche a pluridecimetriche, in matrice sabbiosa e presenta una superficie più regolare.

Al piede del versante, il corso del T. Carbonasca è caratterizzato da un alveo di piena ordinaria confinato in sinistra dal versante in frana, con alcune zone dove a ridosso dei depositi di frana sono depositi sedimenti alluvionali terrazzati, separati dall'alveo da una scarpata di 1-2 m ca.; in destra, l'alveo è delimitato da una scarpata di erosione in depositi alluvionali, che separa l'alveo di piena ordinaria da un pianoro di origine alluvionale che si estende, verso E, al di fuori dell'area rilevata.

## 5.1. Indagini geognostiche

Dal riesame dei sondaggi eseguiti durante le campagne geognostiche del Progetto Preliminare e Definitivo (SP 34-39 e SP 46-47) emerge quanto segue:

- i sondaggi SP34 e SP36, posizionati poco al di sotto della S.P. 163 della Castagnola, nella zona laterale del corpo di frana, mostrano il substrato costituito da argilloscisti ad una profondità compresa tra i 25 e i 27 metri;
- i sondaggi SP37 e SP39, posizionati sempre in posizione laterale rispetto al corpo di frana ma ad una distanza maggiore rispetto alla nicchia di distacco principale mostrano il substrato a 30 e 40 metri, sempre costituito da argilloscisti;
- i sondaggi SP35 e SP38, che si trovano in posizione centrale rispetto al corpo della frana mostrano depositi franosi fino a fondo foro (40 m), facendo supporre una profondità per tali depositi maggiore o uguale a 40 m;
- i sondaggi I1 e I2 (campagna geognostica 2002), effettuati al livello della strada provinciale, mostrano scaglie di serpentiniti di potenza plurimetrica ad una profondità tra 15 e 20 metri.

Dal riesame delle stratigrafie e fotografie delle casse dei sondaggi SP35 e SP36 si è evidenziata la presenza di scaglie di serpentinoscisti tettonizzati (cfr. § 5.1.3).

I sondaggi realizzati in fase di Progetto Esecutivo (SI24, 26, 27 e 28/28bis) hanno sostanzialmente confermato quanto emerso in precedenza:

### SI24

- Da 0 a 7 m: terreni alluvionali eterogenei, a prevalente componente sabbioso-limosa con ciottoli e blocchi.



<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-RO-NV14-00-002-A01.DOC Relazione illustrativa</p> <p>Foglio 17 di 43</p>

- Da 7 a 20 m: argilloscisti con tessitura brecciata e cataclastica e con zone di gouge argilloso destrutturato (possibile zona di faglia o zona di taglio duttile-fragile).
- Da 20 m a 60 m (fondo foro) argilloscisti grigio-nerastri in posto.

#### SI25

- Da 0 a 7.4 m: terreni alluvionali eterogenei, a prevalente componente sabbioso-limosa con ciottoli e blocchi.
- Da 7.4 a 19 m: argilloscisti con tessitura brecciata e cataclastica e con zone di gouge argilloso destrutturato (possibile zona di faglia o zona di taglio duttile-fragile).
- Da 19 m a 60 m (fondo foro) argilloscisti grigio-nerastri in posto.

#### SI26

- Da 0 a 1.5 m: coltre detritico-colluviale.
- Da 1.5 a 15 m: terreno in frana costituito da porzioni detritiche a frammenti di argilloscisti in matrice fine.
- Da 15 a 47 m: alternanze di argilloscisti filladici grigio scuro, con vene e noduli a quarzo-calcite, molto fratturati, a tratti cataclastici e zone a gouge argilloso con frammenti litoidi più o meno integri (possibile zona di taglio duttile-fragile).
- Da 47 a 60 m (fondo foro) argilloscisti grigio-nerastri in posto.

#### SI27

- Da 0 a 4 m: coltre detritico-colluviale a spese di materiale di frana.
- Da 4 a 8.9 m: terreno in frana costituito da porzioni detritiche a frammenti di argilloscisti in matrice fine.
- Da 8.9 a 19 m: argilloscisti filladici grigio scuro, con vene e noduli a quarzo-calcite, molto fratturati, localmente destrutturati, con porzioni di consistenza limoso-argillosa.
- Da 19 a 21.6 m: argilloscisti filladici grigio scuro, con vene e noduli a quarzo-calcite, da fratturati a poco fratturati e compatti.
- Da 21.6 a 24.1 m: lente di calcari marnosi di colore grigio verdastro, a tessitura scistosa.
- Da 24.1 a 60 m (fondo foro): argilloscisti filladici grigio scuro, con vene e noduli a quarzo-calcite, da fratturati a poco fratturati e compatti, localmente con livelli cataclastici a gouge argilloso e brecce cataclastiche di alcuni decimetri di spessore.

#### SI28

- Da 0 a 7.5 m: coltre detritico-colluviale derivante da rielaborazione di prevalente terreno in frana a frammenti di argilloscisti, ossidato per circolazione d'acqua.
- Da 7.5 a 12.4 m: terreno in frana costituito da porzioni detritiche a frammenti di argilloscisti in matrice fine e porzioni litoidi (blocchi) costituiti da argilloscisti fratturati e disarticolati.
- Da 12.4 a 15 m ca.: argilloscisti in posto, fortemente fratturati ma con scistosità coerente inclinata di circa 30° dall'orizzontale, con presenza di porzioni a tessitura cataclastica, brecciate e frammiste a materiale fine.
- Da 15 a 48.4 m ca.: argilloscisti a tessitura cataclastica, con importanti porzioni di roccia completamente argillificata per frizione, composta da gouge argilloso con frammenti litoidi, cataclasiti e protocataclasiti. Zona di taglio duttile-fragile di potenza plurimetrica.
- Da 48.4 a 55.3 m (fondo foro): argilloscisti grigio-nerastri in posto, con vene bianche a quarzo-calcite e con foliazione subverticale, pieghettata e ondulata a scala decimetrico-metrica.

## 5.2. Dati geofisici

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RO-NV14-00-002-A01.DOC Relazione illustrativa
	Foglio 18 di 43

I risultati della campagna di indagini geofisiche realizzata per il Progetto Esecutivo sono sintetizzati, in forma grafica, nelle sezioni di progetto allegate al presente rapporto; la traccia degli stendimenti geofisici è riportata nella carta geologica allegata.

Le sezioni geologiche riportano la scala di velocità delle onde P determinata in base alle tomografie sismiche; in base alle interpretazioni contenute nel rapporto geofisico, è stata collocata l'interfaccia a  $V_p = 2500$  m/s come possibile limite tra materiale meccanicamente più disturbato e destrutturato, quale che ne sia l'origine, e materiale relativamente più sano, come riportato nella sottostante tabella n.5.1, derivata dalla relazione geofisica di PE1.

Dall'analisi incrociata dei dati geofisici e delle stratigrafie dei sondaggi, emerge che l'interfaccia a  $V_p = 2500$  m/s non può essere assunta in maniera univoca come limite tra roccia in posto alterata e fratturata e materiale in frana; si hanno infatti diverse situazioni in cui materiale in corpo di frana evidenziato dai sondaggi presenta  $V_p > 2500$  m/s (cfr. ad es. le linee sismiche 2, 3 e 4 nella sezione 3-3) e casi in cui la roccia in posto presenta  $V_p < 2500$  m/s (cfr. ad es. la linea sismica 1 nelle sezioni 1-1 e 6-6).

Ciò si può spiegare da un lato con la presenza, nel corpo in frana, di porzioni a consistenza litoide che potrebbero essere rappresentate da zolle di substrato traslate ma che hanno mantenuto una certa coerenza interna (come suggerito anche da considerazioni geomorfologiche), dall'altro con la presenza di zone tettonizzate, legate al lineamento regionale Sestri-Voltaggio, che determinano un locale significativo peggioramento delle caratteristiche geomeccaniche degli ammassi rocciosi. L'influenza di questi elementi può essere tale da condizionare la distribuzione delle velocità sismiche nel versante; del resto, l'indagine geofisica non ha la risoluzione necessaria a discriminare tra elementi diversi a una scala così dettagliata.

UNITA'	Velocità P (m/s)	Descrizione delle Unità
1	$V_p < 1200$	Materiale di copertura.
2	$1200 < V_p < 2500$	Materiale caratterizzato da stato di fratturazione ed alterazione significativo.
3	$2500 < V_p < 3400$	Materiale a vario stato di fratturazione ed alterazione.
4	$V_p > 3400$	Materiale roccioso maggiormente consistente.

Tabella 5.1 – Suddivisione del versante indagato mediante indagini sismiche in classi di terreni a diversa velocità di propagazione delle onde P e possibile interpretazione in termini litotecnici.

### 5.3. Dati inclinometrici

Le misure inclinometriche sono state eseguite tra novembre 2004 e maggio 2005 per le indagini integrative del Progetto Definitivo; le misure sono state affiancate al monitoraggio topografico delle teste degli inclinometri, effettuato da COCIV tramite mire topografiche; il monitoraggio comprende tre letture, inclusa quella di zero.

	SONDAGGIO	STRUMENTAZIONE	FALDA	sup. scivolamento 1	Δ mm	dir	sup. scivolamento 2	Δ mm	sup. scivolamento 3	Δ mm
2002	I 1	inclinometro	5,5	17						
	I 2	inclinometro	9,2	7						
	PZ 1	piezometro	3,6-9,2							
2004	SP34	inclinometro	8 - 3,6	11	30	50 N195	17?			
	SP35	inclinometro	2,2	26	25	40 N135	34?			
	SP36	inclinometro	4,2	16	12	15 N210	???			
	SP37	inclinometro		14-15	30	45 N190	7		22?	
	SP37bis	piezometro	16,1 - 6,1							
	SP38	inclinometro		11	11	11N270-N310	5		22-23?	
	SP38bis	piezometro	0,8 - 4,5							
	SP39	inclinometro		20	15	22 N220	14		30?	
2005	SP46	inclinometro	12,5							
	SP47	inclinometro	11,6							

*Tabella 5.2 – Dati inclinometrici provenienti dai sondaggi delle diverse campagne geognostiche effettuate per la frana Carbonasca nel periodo 2004-2005.*

Le misure mostrano per il settore 1 (teste degli inclinometri SP36 e SP39) movimenti di circa 3 cm, mentre le teste degli inclinometri SP35 e SP38 mostrano movimenti di 5,5 cm da novembre a febbraio e, successivamente, una posizione stazionaria. Nel settore 2 i movimenti sono rispettivamente di 6 e 5 cm ca. per le teste degli inclinometri SP34 e SP37. I movimenti presentati dalle teste sono compatibili e mostrano una distribuzione degli spostamenti congruente con quella evidenziata dai dati inclinometrici.

Come precedentemente accennato, nella primavera del 2013 si è verificata una riattivazione del corpo di frana, nel settore SE della zona di coronamento, che ha determinato la fratturazione dell'asfalto e un abbassamento visibile del piano stradale di almeno 15-20 cm. Il movimento è stato registrato da tutti gli inclinometri installati sul versante nell'ambito della campagna di indagini del Progetto Esecutivo, con l'eccezione dell'SI24, collocato sul fondovalle, che è l'unico a non aver registrato spostamenti. Il movimento ha determinato la rottura dell'inclinometro SI28, che ha dovuto essere reinstallato (SI28bis). Gran parte degli inclinometri fornisce informazioni solo a partire dalla prima lettura del 27/6/2013; la serie dati dell'inclinometro SI26 mostra tuttavia che i movimenti hanno preso avvio almeno a partire dalla data del 23/5.

Il movimento pare essersi sviluppato su più superfici a profondità diverse, in risposta probabilmente alle frequenti e intense precipitazioni che hanno caratterizzato il periodo primaverile e l'inizio dell'estate 2013. I dati più significativi forniti dagli inclinometri sono i seguenti:

- l'SI28bis ha registrato, dopo il ripristino, uno spostamento di circa 5 mm nel periodo dal 27/6 all'11/7, con superficie di movimento principale, lungo la quale si concentra la maggior parte della dislocazione, posizionata tra 14 e 16 m ca.;
- l'SI25 ha registrato tra il 27/6 e l'11/7 uno spostamento tra 1 e 6 mm nel tratto tra 0 e 47 m ca. di profondità, con spostamento graduale (assenza di superfici di movimento nette);
- l'SI26 ha registrato tra il 23/5 e l'11/7 uno spostamento della porzione di versante compresa tra 0 e 26 m di profondità fino a 12 mm ca., gran parte dei quali concentrati lungo una superficie collocata tra 24 e 26 m di profondità;
- l'SI27 ha registrato tra il 27/6 e l'11/7 uno spostamento fino a 20 mm, circa 16 dei quali nei primi 11-12 m dalla superficie, con il massimo della dislocazione concentrato lungo una superficie situata tra 11 e 12 m; la restante parte di spostamento (circa 4 mm) è distribuita gradualmente a decrescere fino a circa 39-40 m di profondità.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-01-E-CV-RO-NV14-00-002-A01.DOC Relazione illustrativa</p> <p style="text-align: right;">Foglio 20 di 43</p>

Gli spostamenti indicati sono quelli relativi alla componente di movimento risultante, calcolata a partire dagli spostamenti in direzione E-W e N-S; le direzioni di movimento sono:

- verso E per l'SI28bis;
- verso NNW per l'SI27;
- verso NNE per l'SI26;
- verso N per l'SI25;
- nulla per l'SI24.

Queste direzioni mostrano una componente di movimento un po' obliqua rispetto alla linea di massima pendenza (il versante è orientato verso NE); tuttavia ciò appare abbastanza coerente con l'andamento del margine destro (est) della frana, che dai rilievi di terreno risulta appoggiare su una spalla di argilloscisti in posto, orientata in direzione N-S, che potrebbe impedire un'espansione del movimento lungo la massima pendenza. La direzione di spostamento verso E dell'inclinometro SI28bis è decisamente anomala e può forse essere spiegata con una componente di movimento rotazionale che potrebbe aver comportato un richiamo laterale della frana nel settore della zona di distacco, i cui contorni sono evidenziati dalle fratture nell'asfalto.

In definitiva, in base ai dati inclinometrici, si delinea un generalizzato assestamento verso N del corpo in frana, che pare avvenire nella maggior parte dei casi lungo una superficie di movimento collocata tra 12 e 25 m di profondità, localmente con spostamenti gradualmente distribuiti in maniera uniforme su tutto lo spessore del corpo in frana.

#### 5.4. Inquadramento geomorfologico-idrogeologico

Il corpo di frana principale è interessato da un ruscellamento sia concentrato che diffuso piuttosto importante, che genera diverse linee di drenaggio le quali incidono i depositi sciolti lungo il pendio (cfr. carta geologico-geomorfologica allegata); l'afflusso stagionale e/o occasionale proveniente da questi piccoli impluvi si infiltra in parte nel corpo franoso, mentre in parte confluisce nel sottostante T. Carbonasca.

Il materiale di frana ha una scarsa capacità drenante, in virtù della granulometria fine dominante, il che può portare a condizioni di drenaggio rallentato e difficoltoso, locali ristagni d'acqua e situazioni di saturazione protratta nel tempo; ulteriori apporti d'acqua a porzioni di pendio già parzialmente sature possono portare al locale sviluppo di sovrappressioni idrauliche nel corpo franoso.

La frana di crollo a carico dei Calcari di Voltaggio, costituita da blocchi in una scarsa matrice sabbioso-ghiaiosa, è caratterizzata da permeabilità mediamente più elevata rispetto ai terreni che costituiscono il corpo di frana principale; lungo di essa, l'infiltrazione dalla superficie è pressoché totale e l'acqua può così venire convogliata verso le parti basali del pendio, contribuendo a destabilizzare il corpo franoso al piede.

La base del versante è caratterizzata dalla presenza di una piccola sorgente perenne, che viene utilizzata dagli abitanti della zona per l'approvvigionamento sporadico di acqua potabile. La sorgente si colloca alla base dell'incisione che è delimitata, sul lato sinistro, dal corpo di accumulo del crollo sopra descritto e, in destra dall'accumulo della frana Carbonasca, settore 1. La sorgente sgorga esattamente al contatto tra i depositi alluvionali del T. Carbonasca e i depositi di frana. L'alimentazione avviene verosimilmente dal corpo franoso stesso, probabilmente per la vicinanza del substrato prequaternario poco permeabile; lo stesso substrato affiora nell'alveo del T. Carbonasca poco a monte, quindi è probabile che anche qui esso non si trovi a grande distanza al di sotto dei terreni quaternari.

In Tabella 1 sono riportati i dati piezometrici provenienti dai sondaggi delle campagne geognostiche del PP e PD in cui si può osservare la variabilità del livello di falda che va da sub-affiorante nell'SP38bis, a 26 m di profondità nel sondaggio SP35.

Per quanto riguarda la circolazione idrica negli ammassi rocciosi, questi sono in media caratterizzati da permeabilità bassa o molto bassa, caratteristica comune a tutti gli argilloscisti che affiorano all'interno della Zona Setri-Voltaggio, indipendentemente dal loro stato di tettonizzazione. Le direttrici preferenziali di drenaggio dell'acqua in questo settore sono probabilmente condizionate dall'assetto strutturale regionale e seguono a

grandi linee l'andamento della zona di taglio che determina il contatto tra le unità Figogna e Cravasco-Voltaggio.

## 5.5. Stima del grado di permeabilità

I dati di permeabilità dei depositi di frana sono stati misurati durante le campagne geostatiche del Progetto Definitivo, mediante prove di conducibilità idraulica in foro di tipo Lefranc eseguite a diverse profondità (tabella 5.3). La permeabilità variabile da 2.58E-05 a 7.03E-08 m/s, con valori prevalentemente incentrati su una permeabilità media (10<sup>-6</sup> m/s).

Le prove effettuate sul substrato costituito dagli Argilloscisti di Costagiutta hanno confermato per questo litotipo una permeabilità bassa, con valori dell'ordine di 10<sup>-7</sup> m/s.

Infine, la permeabilità ottenuta sui serpentinoscisti presenta valori medio-bassi.

Codice	Prof	Tipo	Prof. i	Prof.f	K (m/s)	Litotipo
SP34	40	Le	4,50	6,00	1.81E-06	Deposito di frana
		Le	10,50	12,00	7.63E-06	Deposito di frana
		Le	25,50	26,50	-	Deposito di frana
		Le	36,90	37,90	2.23E-06	Argilloscisti di Costagiutta
SP35	40	Le	4,50	6,00	7.03E-08	Deposito di frana
		Le	18,00	19,50	-	Deposito di frana
		Le	31,50	33,00	1.41E-06	Serpentinoscisto?
SP36	40	Le	7,50	9,00	2.59E-06	Deposito di frana
		Le	13,50	15,00	-	Deposito di frana
		Le	25,50	27,00	6.75E-06	Serpentinoscisto?
SP37	45	Le	6,50	8,00	2.02E-07	Deposito di frana
		Le	12,20	14,00	2.41E-07	Deposito di frana
		Le	18,00	19,00	6.13E-07	Deposito di frana
SP38	40	Le	9,00	10,20	2.29E-07	Deposito di frana
		Le	15,00	16,40	2.26E-06	Deposito di frana
		Le	26,00	27,40	2.56E-06	Deposito di frana
SP39	40	Le	6,00	7,50	3.51E-06	Deposito di frana
		Le	16,50	18,00	-	Deposito di frana
		Le	31,00	32,50	4.80E-07	Deposito di frana
SP46	40	Le	10,50		2.45E-05	Deposito di frana
		Le	15,00		2.58E-05	Deposito di frana
		Le	27,00		4.54E-07	Argilloscisti di Costagiutta
SP47	45	Le	8,50		6.88E-06	Deposito di frana
		Le	18,50		2.03E-06	Deposito di frana

Tabella 5.3 – Permeabilità misurata in situ per i sondaggi SP34-39 e SP46-47 (dati del Progetto Definitivo). Sono specificate: tipo di prova, la profondità iniziale (Prof.i), la profondità di prova (Prof.f), permeabilità espressa in unità Lefranc K(m/s) e il litotipo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RO-NV14-00-002-A01.DOC Relazione illustrativa
	Foglio 22 di 43

## 5.6. Modello idrogeologico

L'elaborazione del modello idrogeologico concettuale, ha portato alla suddivisione dell'ammasso roccioso in complessi idrogeologici omogenei sulla base della permeabilità primaria e per fratturazione.

I complessi idrogeologici attraversati dall'area della frana Carbonasca sono riconducibili all'insieme delle formazioni descritte come:

- **depositi alluvionali attuali e recenti (A-fl3):** si presentano con frazione ghiaioso-sabbiosa dominante e permeabilità medio-alta. Nel grafico di figura 5.2, la distribuzione dei valori di conducibilità idraulica mostra che la maggior parte dei dati ottenuti sono compresi tra  $10^{-5}$  e  $10^{-6}$  m/s.

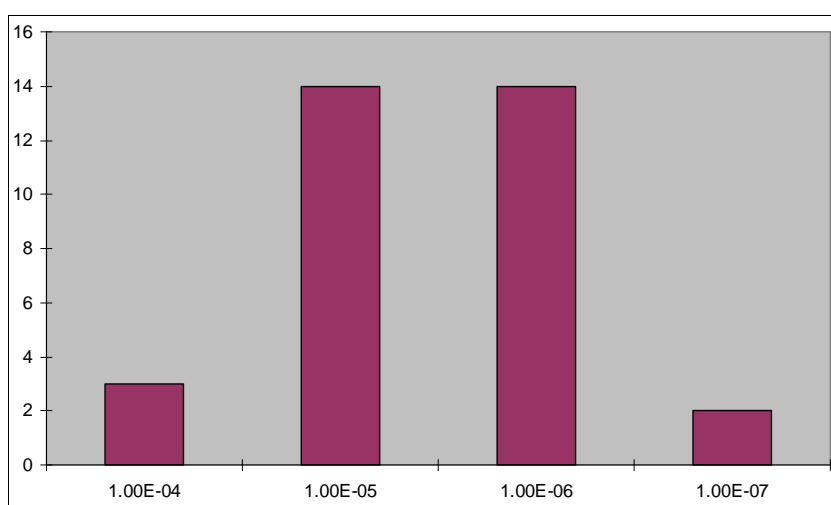


Figura 5.2 – Distribuzione dei valori di permeabilità ottenuti da prove in foro per i depositi alluvionali attuali (A) e recenti (fl3).

- **Depositi di frana in argilloscisti:** i dati di permeabilità per questo complesso idrogeologico provengono dai sondaggi effettuati lungo il corpo di frana durante il Progetto Preliminare e il Progetto Definitivo (cfr § 5.5). I dati indicano una permeabilità media ( $10^{-6}$  m/s) con alcuni termini spostati verso permeabilità più basse.
- **Depositi di frana per crollo in calcari:** non sono presenti dati di permeabilità da sondaggio per questo complesso, tuttavia, data la presenza di blocchi di grandi dimensioni in scarsa matrice ghiaioso-sabbiosa non coesiva, si può ipotizzare una permeabilità elevata.
- **Coltre detritica di versante:** non sono presenti dati diretti della permeabilità della coltre detritica di versante, anche se è possibile confrontare questi terreni con i depositi della frana Carbonasca, costituiti in modo analogo da frammenti litici (prevalentemente argilloscisti) in matrice più o meno abbondante a composizione argilloso-limoso; la permeabilità ricade verosimilmente nel range  $10^{-6}$ - $10^{-7}$  m/s.
- **Argilloscisti di Costagiutta (AGI):** presentano una permeabilità da bassa a molto bassa per fratturazione. In corrispondenza delle principali intercalazioni di calcari è prevedibile che il grado di permeabilità per fratturazione possa essere leggermente più elevato. I dati di permeabilità presentati nel Progetto Preliminare indicano valori dell'ordine di  $10^{-8}$  m/s con uno sbilanciamento verso termini più permeabili (figura 5.3).
- **Calcari di Voltaggio (VOL):** la permeabilità di questo litotipo è medio-alta, anche se, vista l'attitudine a formare sistemi carsici, può risultare estremamente eterogenea. L'ammasso roccioso può essere interessato da fenomeni di dissoluzione ed è quindi possibile che si incontrino settori in cui la presenza di condotti carsici determina localmente condizioni di permeabilità molto elevata. Nell'area in esame non sono presenti tuttavia tracce di carsismo.

- **Serpentiniti (serpentinoscisti) di Case Bardane (SPV):** il grado di permeabilità ipotizzato per questo complesso idrogeologico è medio-basso.

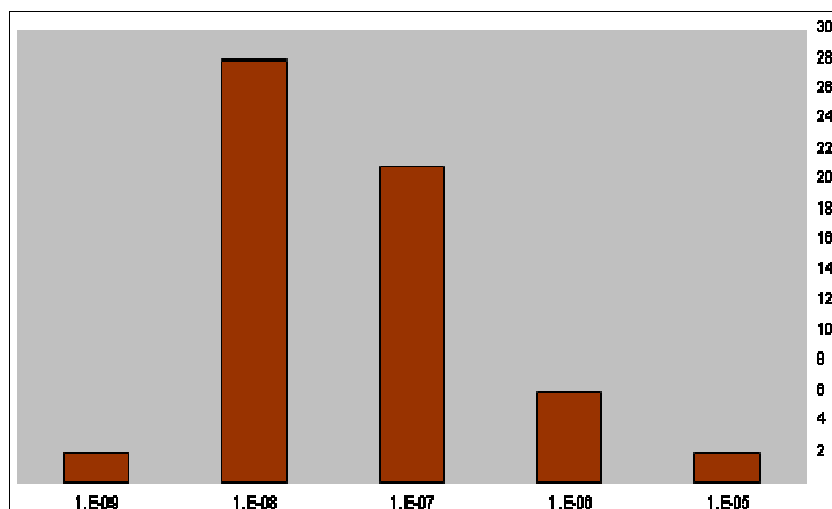


Figura 5.3 – Distribuzione dei valori di permeabilità ottenuti da prove in foro per gli Argilloscisti di Costagiutta (AGI).

## 5.7. Caratterizzazione delle aree di dissesto

Dal punto di vista morfologico sull'area in oggetto si distinguono sostanzialmente due settori morfologicamente differenti, il SETTORE 1 (figura n.5.4) ed il SETTORE 2 (figura n.5.5).

### SETTORE 1

Appare caratterizzato da un dissesto di larghe proporzioni che ha comportato nel 1990 la completa ostruzione del torrente Carbonasca e successivamente la realizzazione di uno scatolare tipo ARMCO; per tale settore sono state identificate sulla base dei rilievi geomorfologici le sezioni caratteristiche 1 e 2.

Per quanto riguarda gli interventi di consolidamento/stabilizzazione del versante si prevede la realizzazione di pozzi drenanti e muri in c.a. con dreni sub-orizzontali a piede versante e di una trincea drenante immediatamente a monte della viabilità.

### SETTORE 2

Le evidenze di dissesto sono particolarmente evidenti nel pendio a monte della S.P. della Castagnola, ove sono presenti nicchie di distacco con rigetti decimetrici mentre sul versante a valle le evidenze sono meno marcate, tanto che risulta difficile comprendere se esista o meno un unico dissesto che interessa l'intero pendio o se esistano due distinti movimenti; per tale settore sono state identificate sulla base dei rilievi geomorfologici le sezioni caratteristiche 3 e 6.

Per quanto riguarda gli interventi di consolidamento/stabilizzazione del versante si prevede la realizzazione di una trincea drenante e di pozzi drenanti strutturali di grande diametro in corrispondenza della viabilità attuale e di muri in c.a. con dreni sub-orizzontali a piede versante.

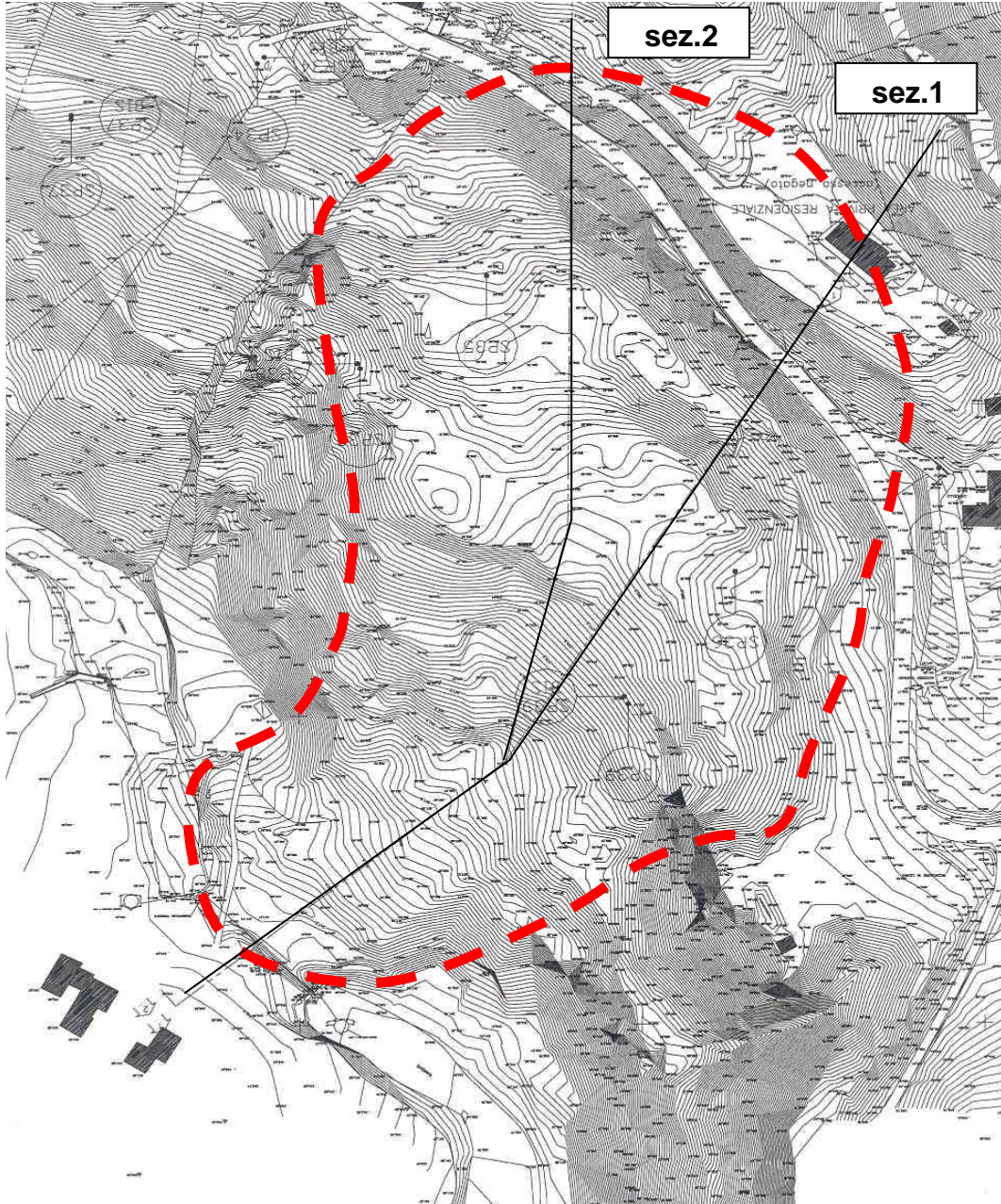


Figura n.5.4 – Limiti indicativi settore 1



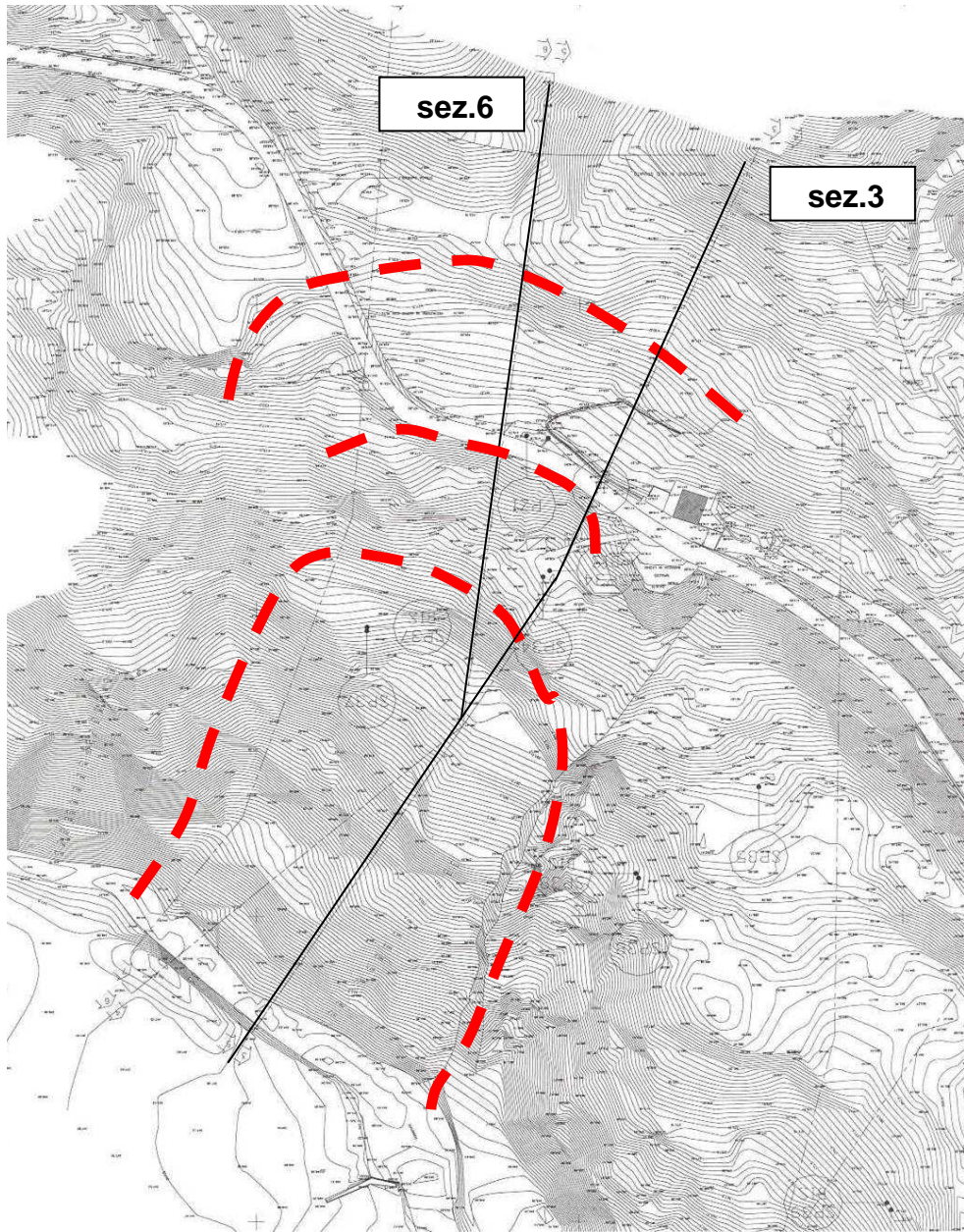


Figura n.5.5 – Limiti indicativi settore 2

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RO-NV14-00-002-A01.DOC Relazione illustrativa
	Foglio 26 di 43

## 6. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

### 6.1. Materiali in sito

Si riportano nelle tabelle n.6.1 e n.6.2 di cui al seguito i valori “*caratteristici*” dei parametri geotecnici delle formazioni rocciose e dei terreni di copertura presenti in corrispondenza della WBS NV14. (per l’ammasso roccioso si è fatto riferimento ad un involucro di rottura di Mohr equivalente tarato sui parametri di resistenza e deformabilità definiti, in base al crieto di classificazione di Hoek-Brown modificato).

Per maggiori dettagli si rimanda alla *Relazione Geotecnica*.

TR11 - depositi di copertura - Parametri di progetto					
LITOLOGIA / TERRENO	SIGLA	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	c' (KPa)	$\phi$ (°)	E(Mpa)
Coltre detritica	c	21	5-20	29-33	30-60
Depositi alluvionali recenti	fl3	20	0	28-32	10-40
Depositi di frana		21	0-5	22-26	10-40

Tabella 6.1 – Parametri geotecnici caratteristici terreni di copertura

SUBSTRATO - AGI ARGILLOSCISTI – PARAMETRI DI PROGETTO				
Litologia	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	coesione (kPa)	E (MPa)
AGI – argilloscisti cataclastici	23-26	21-22	20-100	50-300
AGI - argilloscisti litoidi	26-27	24-26	150-350	700-1600

Tabella 6.2 – Parametri geotecnici caratteristici substrato roccioso

Per quanto concerne il dimensionamento delle opere previste per il consolidamento del corpo di frana, i parametri geotecnici di scivolamento sono stati definiti, mediante opportune “*back analyses*” delle potenziali superfici di scivolamento.

Mediante tali analisi è stato possibile definire il valore medio dell’angolo d’attrito mobilitato lungo la superficie di scivolamento assumendo che questa sia caratterizzata allo stato attuale da un coefficiente di sicurezza (FS) pari a circa 1.0 (per maggiori dettagli si rimanda alle specifiche relazioni di calcolo).

### 6.2. Rilevati e reinterri

Per il **rilevato stradale esistente** si assumono i seguenti valori caratteristici dei parametri geotecnici:

- Peso specifico = 19kN/m<sup>3</sup>
- Angolo di attrito interno  $\geq$  38°
- Coesione efficace = 0kPa

Per il **rilevato stradale di progetto** si assumono i seguenti valori caratteristici dei parametri geotecnici:

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-01-E-CV-RO-NV14-00-002-A01.DOC Relazione illustrativa</p> <p style="text-align: right;">Foglio 27 di 43</p>

- Peso specifico =  $19\text{kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno  $\geq 36^\circ$
- Coesione efficace =  $0\text{kPa}$

Per i materiali impiegati per **reinterri a tergo di muri, spalle, ecc.** si assumono i seguenti valori caratteristici dei parametri geotecnici:

- Peso specifico =  $20\text{kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno  $\geq 34^\circ$
- Coesione efficace =  $0\text{kPa}$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-01-E-CV-RO-NV14-00-002-A01.DOC Relazione illustrativa	Foglio 28 di 43

## 7. PROGETTO STRADALE

### 7.1. Scelte progettuali di base

La sezione stradale attuale presenta una larghezza variabile tra un minimo di circa 5.50 ed un massimo di circa 7.50m. Malgrado il D.M. 05.11.2001 non risulti cogente la configurazione della strada di progetto può essere ricondotta alla **categoria F1** (strada locale extraurbana), con corsie regolamentari larghe **3.50m** e banchine di larghezza ridotta (0.25m). La velocità di progetto è assunta variabile nell'intervallo **40-60km/h**; localmente, in corrispondenza di curve esistenti a raggio ridotto, si sono accettati valori di velocità di progetto minima anche inferiori ai 40 km/h: è stata prevista opportuna segnaletica per evidenziare tali singolarità.

L'asse stradale di progetto ripercorre per quanto possibile quello esistente, a meno dei 140 m iniziali, ed è stato tracciato con l'inserimento di raccordi clotoidici (forzatamente non a norma) tra le curve nonché di opportuni allargamenti atti a garantire l'iscrizione dei veicoli. Detti allargamenti sono stati previsti solo per le curve ritenute più critiche e sono stati progettati al 50% del valore teorico come previsto dalla Norma: come già accennato sull'intervento NV14 è previsto un solo allargamento sulla curva sinistrorsa a fine tracciato, progr. km 9+57,82, avente:

- Raggio planimetrico  $R = 24$  m;
- Allargamento in asse curva in Sinistra = 0,82 m
- Allargamento su ciglio interno curva in Sinistra = 0,94 m

La pendenza trasversale della nuova carreggiata (imposta ad un **massimo del 5%**) così come la livelletta longitudinale sono state completamente riprogettate seppur con l'accorgimento di mantenersi il più possibile aderenti all'esistente al fine di limitare lo sviluppo e la dimensione delle opere d'arte necessarie all'adeguamento.

### 7.2. Elementi tipici della sezione trasversale e elementi marginali

La piattaforma di progetto tipica in rettilineo prevede due corsie della larghezza di 3.50m e banchine laterali di 0.25m mentre, per quanto riguarda gli elementi marginali, in sommità delle scarpate erbose è stato previsto un ciglio largo 1.25m (comprensivo del raccordo con la scarpata) e rialzato di 10cm rispetto al piano stradale come illustrato in figura n.7.1.

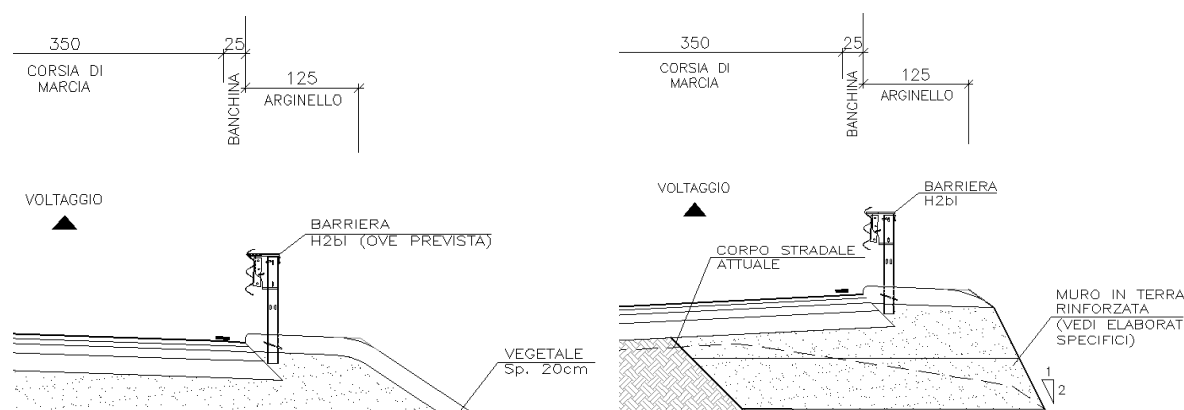


Figura n.7.1 – Elemento marginale in rilevato

In figura n.7.2 è, invece illustrata la geometria dell'elemento marginale tipico in trincea.

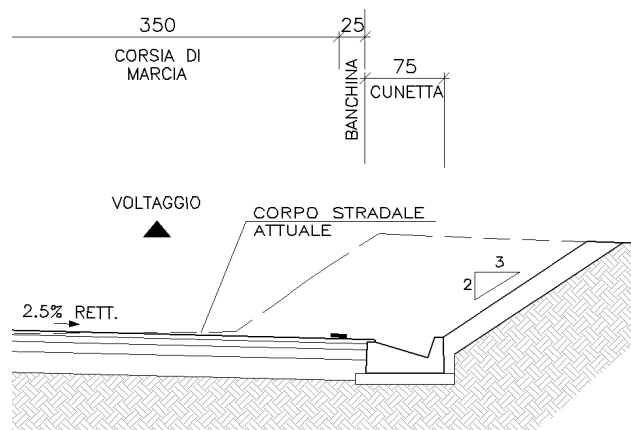


Figura n.7.2 – Elemento marginale in trincea

### 7.3. Pavimentazione stradale

Le cattive condizioni dell'attuale sovrastruttura stradale nonché la necessità di regolarizzare le pendenze trasversali hanno imposto il rifacimento dell'intera pavimentazione che risulta costituita da (cfr. figura n.7.3):

- fondazione: 20cm
- base: 10cm
- binder: 6cm
- tappeto di usura (non drenante): 4cm

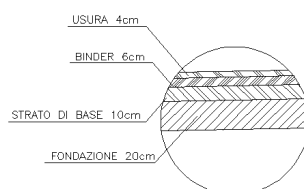


Figura n.7.3 - Pavimentazione di progetto

Inoltre, lungo i tratti di carreggiata direttamente interessati dai fenomeni di dissesto (da pk 9+174.92 a pk 9+236.62 e da pk 9+437.95 a pk 9+492.07) è stato previsto il rinforzo della pavimentazione con geogriglie tipo MACGRID AR10.7. (cfr. figura n.7.4).

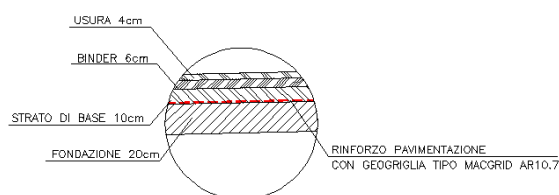


Figura n.7.4 – Pavimentazione rinforzata di progetto

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RO-NV14-00-002-A01.DOC Relazione illustrativa
	Foglio 30 di 43

## 8. OPERE D'ARTE

### 8.1. Elenco delle opere

Si riporta di seguito l'elenco delle opere d'arte previsto nell'ambito della WBS NV14 suddiviso tra opere previste nell'ambito dell'adeguamento della viabilità ed opere previste nell'ambito degli interventi di consolidamento del corpo di frana.

#### CONSOLIDAMENTO FRANA

N.5 pozzi drenanti strutturali	L = 27.00m, Dinterno = 4.50m
N.5 pozzi drenanti	L = 6.73-7.63, Dinterno = 4.76m
Muro in c.a. con dreni sub orizzontali M01	L = 105.15m
Muro in c.a. con dreni sub orizzontali M02	L = 33.20m
Sistemazione spondale Rio Carbonasca	L = 626.70m
Sistemazione alveo Rio 1	L = 187.70m

#### ADEGUAMENTO VIABILITA'

Muro di sostegno in terra rinforzata MR01	L = 236.60m
Muro di sostegno in terra rinforzata MR02	L = 30.00m
Trincea drenante D01	L = 132.00m
Trincea drenante D02	L = 37.00m

### 8.2. Materiali

Per le caratteristiche dei materiali si rimanda agli elaborati specifici nonché alla tavola "Opere fuori linea – Viabilità – Caratteristiche dei materiali e note" (cod. IG51-00-E-CV-TT-OC0000-001-A).

### 8.3. Pozzi drenanti strutturali

Si tratta (cfr. figura n.6.1) di pozzi strutturali di consolidamento del versante aventi diametro esterno pari a 7.50m e diametro interno (parte cava) pari a 4.50m (spessore pareti parte cava pari a 1.50m).

La lunghezza totale del pozzo è pari a 27m mentre la lunghezza della parte cava è pari a circa 13m.

Tali pozzi fungono anche da elemento di raccolta delle acque di circolazione sotterranea mediante una raggiera di dreni sub-orizzontali da 4" e lunghezza pari a 40m, disposti su tre ordini ad interasse pari a 2.00m ed inclinazione sull'orizzontale variabile tra 5° e 10°.

Per consentire lo scarico delle acque di drenaggio i pozzi sono collegati reciprocamente da un collettore doppio DN160mm; il pozzo posto a quota inferiore (P5) scarica infine al recettore finale (alveo rio 1) attraverso un ulteriore tratto di collettore doppio DN160mm di lunghezza pari a circa 45m.

Fino alla quota del substrato roccioso lo scavo è previsto sostenuto da una coronella di micropali L=20m, D=240mm armati con profilo tubolare 168.3/10mm e disposti ad interasse di 40cm mentre all'interno del substrato roccioso lo scavo avviene per conci di sottomurazione.

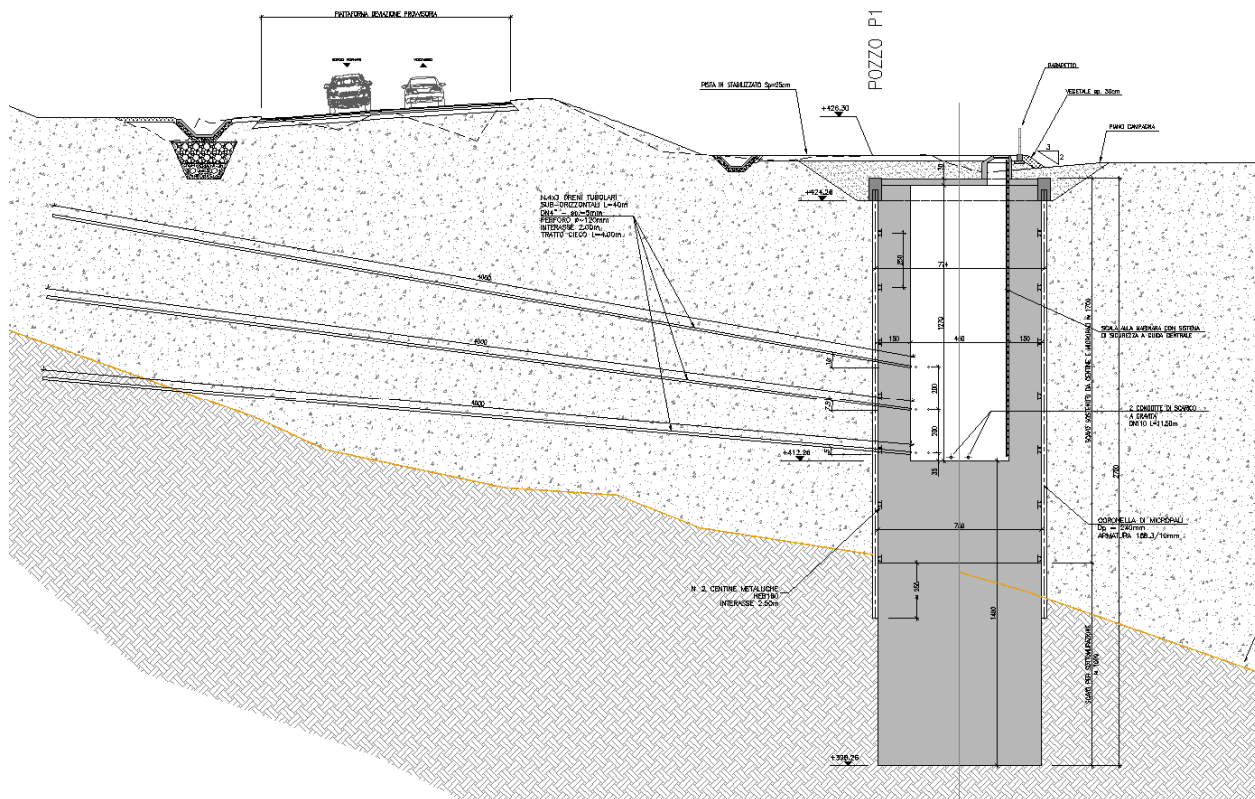


Figura n.8.1 – Sezione tipologica pozzo drenante strutturale

#### 8.4. Pozzi drenanti

Si tratta (cfr. figura n.8.2) di pozzi aventi diametro esterno pari a 5.76m e diametro interno (parte cava) pari a 4.76m (spessore pareti parte cava pari a 0.50m).

La lunghezza totale del pozzo è variabile tra 6.73m e 7.63m mentre la lunghezza della sezione piena è pari a 2.00m.

Tali pozzi fungono da elemento di raccolta delle acque di circolazione sotterranea mediante una raggiera di dreni sub-orizzontali da 4" e lunghezza pari a 40m, disposti su tre ordini ad interasse pari a 1.00m ed inclinazione sull'orizzontale variabile tra 5° e 10°.

Per consentire lo scarico delle acque di drenaggio i pozzi sono collegati reciprocamente da un collettore doppio DN160mm; il pozzo posto a quota inferiore (P3) scarica infine al recettore finale (alveo rio Carbonasca) attraverso un ulteriore tratto di collettore doppio DN160mm di lunghezza pari a circa 45m.

Lo scavo è previsto sostenuto da una coronella di micropali L=10m, D=240mm armati con profilo tubolare 168.3/8mm e disposti ad interasse di 40cm.

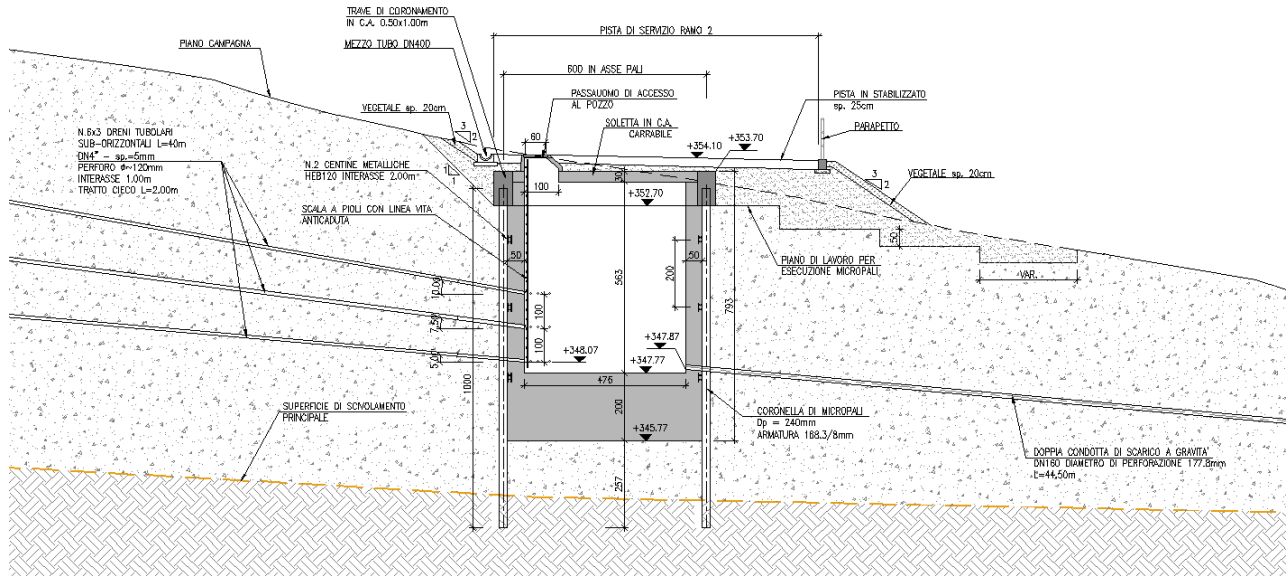


Figura n.8.2 – Sezione tipologica pozzo drenante

## 8.5. Muri in c.a. con dreni sub-orizzontali

I muri di sostegno M01 e M02 (cfr. figura n.8.3) presentano un'altezza compresa tra un minimo di circa 0.75m ed un massimo di 2.90m gettato in opera e rivestito con pietrame a spacco disposto ad "opus incertum" in spessore prossimo a 25cm. Per l'intercettazione delle acque di circolazione all'interno del corpo di frana sono previsti dreni sub-orizzontali disposti ad interasse pari a 2.0m, di lunghezza pari a 40m e diametro pari a 4" (diametro di perforazione pari a 120mm). Per lo sfogo di eventuali accumuli di acqua a monte del muro sono previsti invece opportuni barbacani da realizzarsi con spezzoni di tubo in PVC  $\Phi 100/2m$  annegati nel getto

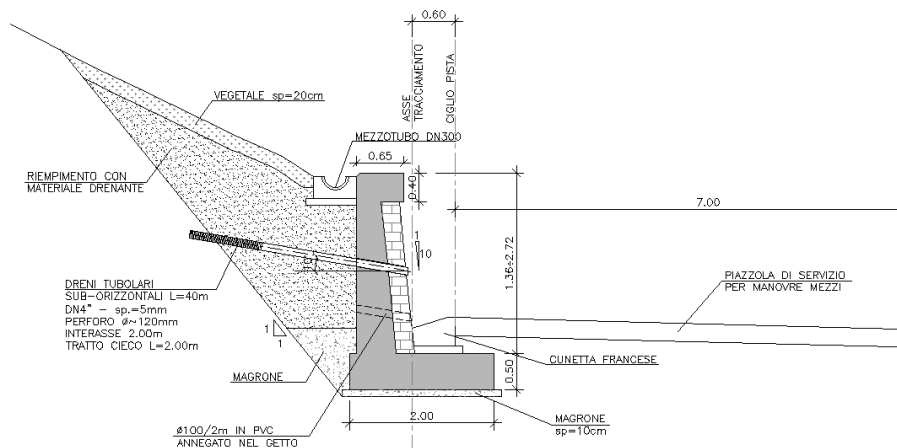


Figura n.8.3 – Sezione tipologica muro in c.a.

## 8.6. Sistemazione spondale rio Carbonasca



Si tratta (cfr. figura n.8.4) dell'intervento di protezione della sponda sinistra del rio Carbonasca prevista al fine di abbattere i fenomeni di erosione a piede frana. L'intervento prevedere la realizzazione di un argine in massi non cementati di idonea pezzatura; l'altezza dell'argine è stata definita in modo tale da garantire un franco idraulico minimo rispetto alla piena duecentennale di 50cm, il paramento lato fiume presenta una pendenza (orizzontale:verticale) pari a 1:2 e lo spessore in sommità è pari a 1.0m.

Il piede della scogliera è stato opportunamente sagomato al fine di garantire un'immersione minima di 1m rispetto a fondo alveo, al fine di garantire la stabilità nei confronti dei fenomeni di erosione e scalzamento.

In corrispondenza del tratto di fiume attualmente tominato si prevede la rimozione della struttura esistente e la sua sostituzione con un tratto di canale a cielo aperto rivestito in massi su entrambe le sponde e sul fondo (cfr. figura n.8.5).

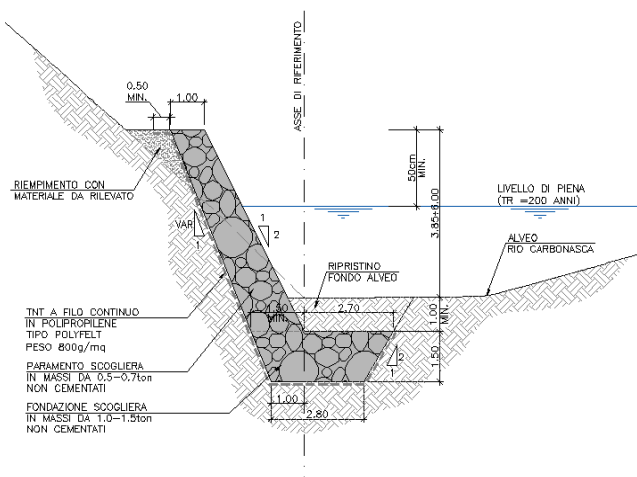


Figura n.8.4 – Sezione tipologica scogliera – Tratto in sponda sinistra

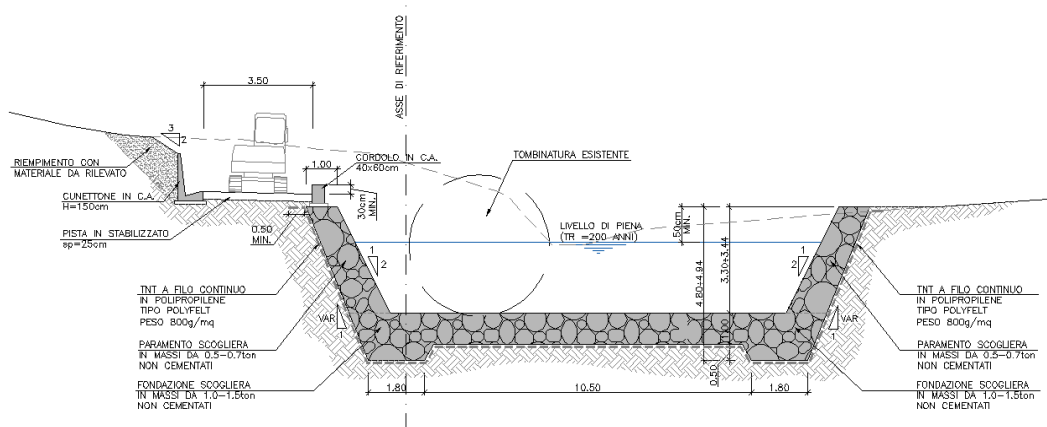


Figura n.8.5 – Sezione tipologica scogliera – Tratto su entrambe le sponde e sul fondo

## 8.7. Sistemazione alveo rio 1

Si tratta di un intervento di sistemazione dell'alveo del rio 1 che attualmente attraversa il versante e confluisce in sinistra idrografica nel rio Carbonasca. L'intervento prevede la regolarizzazione dell'alveo mediante realizzazione di una sezione trapezia in massi cementati (figura n.8.6), realizzata per tratti collegati altimetricamente da briglie in legname e massi cementati (figura n.8.7).

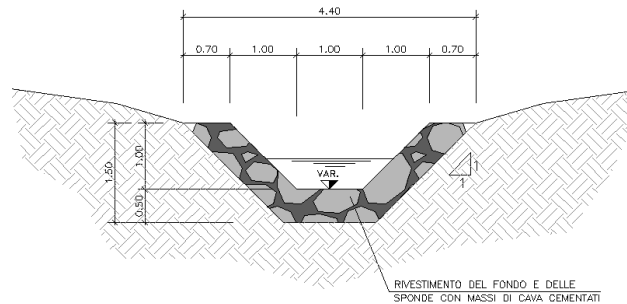


Figura n.8.6 – Sezione tipologica sistemazione alveo

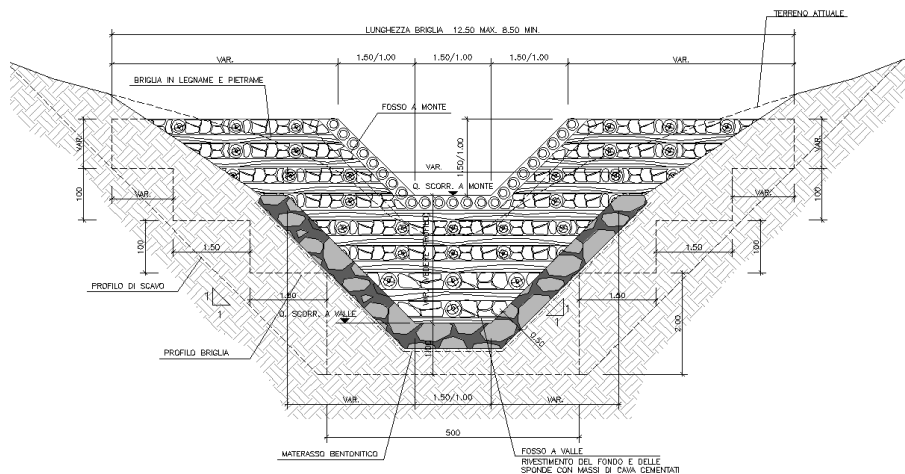


Figura n.8.7 – Sezione tipologica briglia

## 8.8. Muri di sostegno in terra rinforzata

Si tratta (figura n.8.8) di un muro di sostegno in terra rinforzata di lunghezza (lungo il ciglio viabilità) pari a 236.60m realizzato per consentire l'adeguamento lato valle della viabilità NV14. Nella parte sommitale il muro presenta pendenza pari a 2:1 (vert:orizz) ed altezza massima delle scarpate pari a 3.80m, interrotte da berme orizzontali di larghezza pari a 2.50m; nella parte inferiore il paramento presenta una pendenza pari a 1:1 con altezza massima delle scarpate pari a 5.00m, interrotte anche in questo caso da berme di larghezza pari a 2.50m.

La fine di garantire lo smaltimento di eventuali venute idriche lungo l'interfaccia tra muro e versante è stato predisposto uno strato di materiale drenante e granulometricamente stabile (A1-a CNR10006) per uno spessore pari a 60cm. Tali venute idriche, unitamente alle acque di ruscellamento superficiale, vengono intercettate da mezzi tubi DN400mm posti lungo le berme orizzontali che recapitano, attraverso un collettore di fondo posto a piede muro (mezzo tubo DN1000) al recettore finale (rio 1).

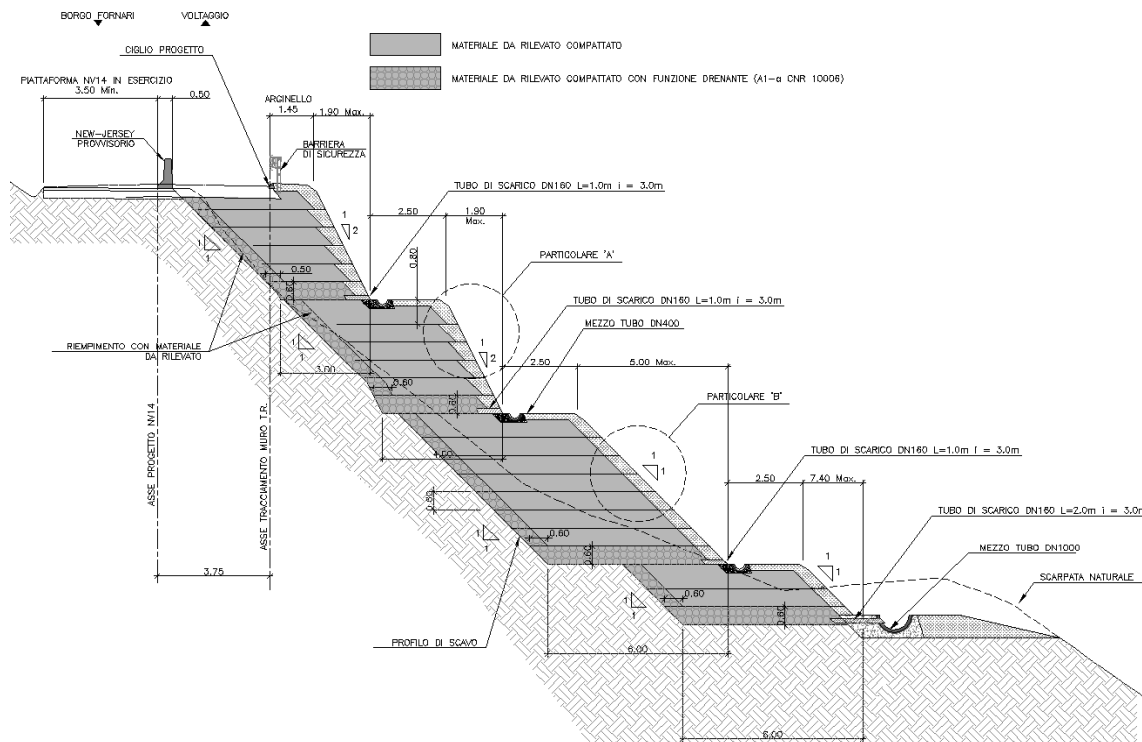


Figura n.8.8 – Sezione tipica muro di sostegno in terra rinforzata

## 8.9. Trincee drenanti

Nel tratto di viabilità in oggetto sono previsti 2 interventi di drenaggio (D01 e D02) da realizzarsi con trincee drenanti disposte nel primo caso (D01) in corrispondenza della nicchia di distacco della frana rilevata in sito a monte della strada nel settore 2 (cfr. figura n.3.5), e nel secondo caso (D02) sotto la cunetta rialzata di monte nel tratto terminale della NV14. Per i dettagli si rimanda alle tavole di progetto.

La trincea drenante D01 (cfr. figura n.8.9) presenta un'altezza tipica pari a 1.70m, larghezza alla base pari a 1.50m e larghezza in sommità pari a 3.00m con n.2 collettori di fondo fessurati di diametro  $D=300\text{mm}$ . L'andamento plano-altimetrico della trincea è stato definito in modo tale da intercettare le acque di falda lungo il versante nel settore 2 della frana e recapitarle, assieme al fosso trapezico che corre in testa alla trincea stessa, al recettore finale attraverso un collettore di scarico in PEAD DN500 che attraversa la viabilità NV14.

La trincea drenante D02 (cfr. figura n.8.10) presenta un'altezza tipica variabile tra 1.46 e 2.50m, larghezza alla base pari a 0.80m e larghezza in sommità pari a 1.30m con n.1 collettore di fondo fessurato di diametro  $D=300\text{mm}$ . L'andamento plano-altimetrico della trincea è stato definito in modo tale da intercettare le acque di falda lungo il versante nel settore 1 della frana e recapitarle, assieme al cunettone rialzato che corre in testa alla trincea stessa, al recettore finale attraverso un collettore di scarico in PEAD DN500 che attraversa la viabilità NV14.

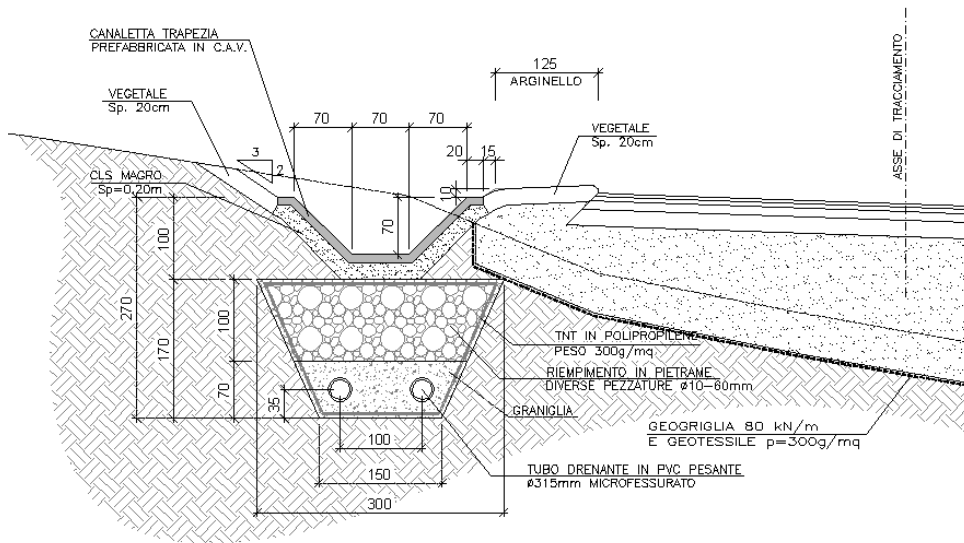


Figura n.8.9 – Sezione tipologica trincea drenante D01

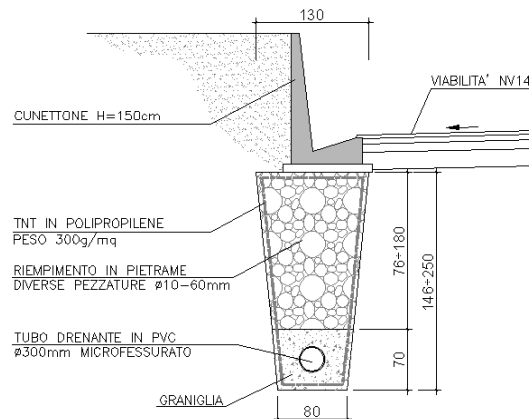


Figura n.8.10 – Sezione tipologica trincea drenante D02

## 8.10. Opere di attraversamento minori

Il progetto prevede la realizzazione di una serie di attraversamenti in PEAD DN400 con passo tipico pari a 25m che consentono la corretta regimazione delle acque di piattaforma verso il recettore a valle della viabilità (rio 1).

Si prevede inoltre il mantenimento di uno scarico esistente in corrispondenza dell'inizio del muro in terra rinforzata MR01. Tale scarico recapita direttamente nell'alveo del rio 1 oggetto di sistemazione (cfr. paragrafo n.6.7).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-01-E-CV-RO-NV14-00-002-A01.DOC Relazione illustrativa	Foglio 37 di 43

## 9. IDRAULICA DI PIATTAFORMA

Il sistema di raccolta delle acque di piattaforma viene completamente riprogettato in funzione delle nuove pendenze trasversali e longitudinali previste in progetto considerando comunque un sistema di tipo “aperto” con recapito direttamente nei ricettori esistenti.

Lato monte (cfr. figura n.9.1) si prevede la posa di una cunetta francese che puntualmente (ogni 25m tipici) recapita all'interno di una caditoia da cui parte un collettore trasversale DN400 che attraversa la viabilità e recapita all'interno di un pozzetto posto sul lato di valle della strada. In tale pozzetto (cfr. figura n.9.2) sono recapitate, attraverso apposita caditoia, le acque raccolte lungo i tratti con pendenza trasversale verso valle.

Il recapito al recettore finale (rio 1) avviene attraverso il collettore DN500 già predisposto per lo scarico della trincea drenante D02.

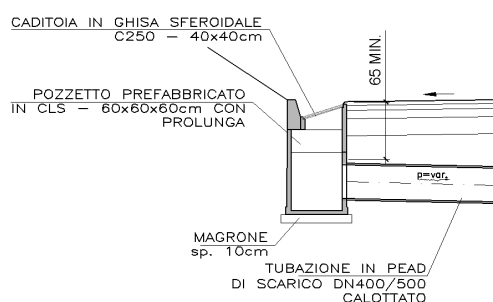


Figura n.9.1

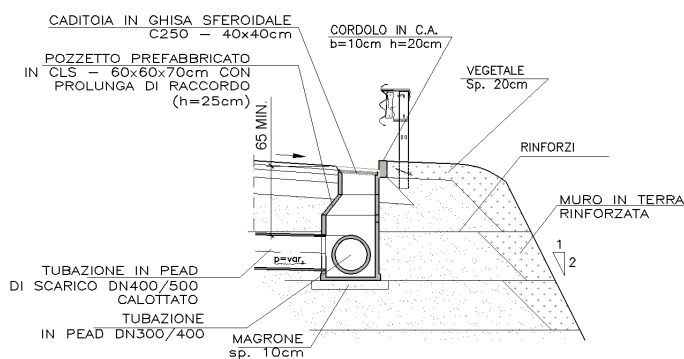


Figura n.9.2

Per i dettagli degli elementi marginali di raccolta delle acque di piattaforma (“cunetta francese” a monte e embrici a valle) si rimanda alle tavole di progetto.

Nei tratti in trincea oltre alla cunetta alla francese di tipo tradizionale (figura n.9.3) viene spesso impiegato anche un “cunettone rialzato” (figura n.9.4) atto a limitare l'altezza dei fronti di scavo.

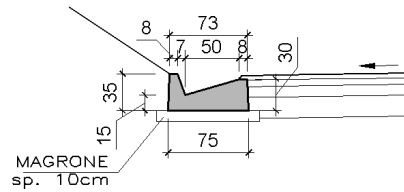


Figura n.9.3 – Cunetta tradizionale

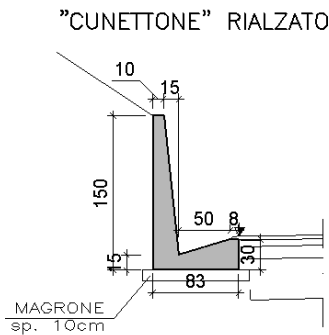


Figura n.9.4 – Cunettone "rialzato"

Gli attraversamenti sotto la nuova sede stradale sono previsti con idoneo calottamento delle tubazioni come illustrato in figura n.9.5 di cui al seguito.

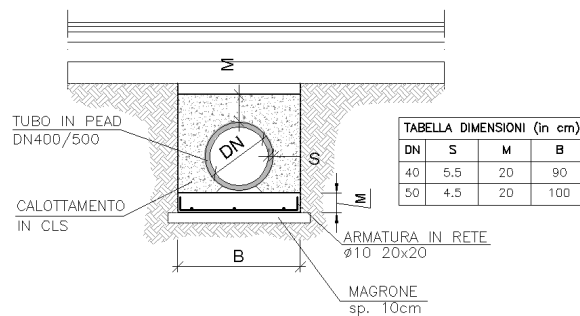


Figura n.9.5 – Sezione in attraversamento

<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-RO-NV14-00-002-A01.DOC Relazione illustrativa</p> <p>Foglio 39 di 43</p>

## 10. SEGNALETICA

Obiettivo della segnaletica stradale (orizzontale e verticale) è di comunicare agli utenti pericoli, prescrizioni e indicazioni così da evitare andamenti incerti e indecisi pericolosi per la fruibilità della strada stessa.

### 10.1. Segnaletica verticale

In fase di progetto esecutivo si è definita l'esatta ubicazione, i materiali, le forme, le dimensioni e i colori di ogni singolo segnale verticale. A tale scopo si è tenuto conto delle caratteristiche della strada, della classificazione tecnico-funzionale, della velocità predominante e delle prevalenti tipologie di traffico a cui la segnaletica è rivolta.

L'ubicazione dei segnali è stata verificata in modo che le indicazioni non risultino in ombra rispetto a segnali di dimensioni maggiori.

Lo specifico elaborato grafico consente una chiara identificazione del contenuto e dei colori dei cartelli nonché l'individuazione dei punti di installazione e la rotazione rispetto al punto di vista dell'utente. Il posizionamento del segnale stradale è stato definito in accordo al *Regolamento di esecuzione del codice della strada*.

### 10.2. Segnaletica orizzontale

La segnaletica orizzontale è stata rappresentata con linee continue e/o discontinue di idonea dimensione e larghezza (definita in accordo con il codice della strada).

## 11. BARRIERE DI SICUREZZA

In accordo al tipo di strada e di traffico (Strada locale F – Traffico “I”) ed alle classi di protezione minime previste nel D.M. 2367 del 21.06.2004 (tabella n.11.1 di cui al seguito), si è optato per l’installazione di barriere tipo **H2** (bordo laterale) e **H2** (bordo opera). Tutte le barriere dovranno essere testate ed omologate con riferimento alla norma vigente.

Tipo di strada	Tipo di traffico	Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo opera
Strade extraurbane secondarie (C1)	III	H2	H2	H3
Strade extraurbane secondarie (C2)	II	H2	H1	H2
Strade locali (F)	I	N2	N1	H2

*Tabella n.11.1 – Classi minime barriere di sicurezza*

Per i dettagli relativi ai criteri di installazione nonché alle transizioni tra differenti tipi di barriere si rimanda agli elaborati grafici. Tutte le barriere saranno dotate di idonei elementi terminali da definire sulla base delle tipologie a disposizione del produttore.

L’ubicazione delle barriere lungo il tracciato è stata definita in accordo alla Norma al fine di garantire una idonea protezione dei seguenti elementi:

- i margini di tutte le opere d’arte indipendentemente dalla loro lunghezza e dall’altezza dal piano campagna;
- il margini laterali stradali nelle sezioni in rilevato di altezza superiore a 3m o afferenti a pendii scoscesi che potrebbero comportare condizioni di pericolo in caso di svio;
- ostacoli fissi frontali o laterali quali muri, alberature, pali dell’illuminazione, ecc.

Si è, inoltre, tenuto conto dei seguenti criteri di carattere generale:

- la lunghezza minima di ogni singolo tratto protetto con barriere è stata fissata in 90m (salvo casi specifici dovuti a vincoli non eludibili) così da garantire un funzionamento corretto delle stesse.
- Per la protezione di opere d’arte di lunghezza inferiore ai 5m (tombinature, ecc.) si è fatto ricorso comunque a barriere di tipo bordo laterale.
- Per tratti caratterizzati da frequenti passaggi “*bordo rilevato*” e “*bordo opera*” ove risulta problematica la realizzazione delle transizioni si è optato per installare barriere su cordolo nei tratti intermedi in rilevato così’ da dare continuità ad un’unica tipologia di barriera.



<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-RO-NV14-00-002-A01.DOC Relazione illustrativa</p> <p>Foglio 41 di 43</p>

## 12. DEMOLIZIONI

Il progetto prevede nel tratto di viabilità in oggetto le seguenti tipologie di opere da demolire (per i dettagli e le dimensioni si rimanda agli elaborati specifici):

- a) Demolizione parziale del muro esistente lato valle
- b) Demolizione e ripristino fabbricato esistente in legno
- c) Scarifica superficiale e ripristino pavimentazione accessi privati
- d) Demolizione parziale muro di testata tombino di scarico esistente
- e) Demolizione tombino circolare (tipo ARMCO) per inalveazione rio Carbonasca e relativi muri d'ala

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-01-E-CV-RO-NV14-00-002-A01.DOC Relazione illustrativa
	Foglio 42 di 43

### 13. PUBBLICA ILLUMINAZIONE

Il progetto esecutivo prevede [in ottemperanza alla Prescrizione 1.e) S.P. n°7 ( NV13) contenuta nella delibera CIPE 80/2006] la realizzazione degli impianti di illuminazione pubblica lungo il primo tratto dell'asse stradale in corrispondenza degli incroci, delle abitazioni, e della rotatoria (innesto NV22) che determina il termine dell'intervento in provincia di Alessandria.

Il suddetto tratto di strada viene inquadrato, dal punto di vista normativo, nella categoria ME3a, che corrisponde ad una strada locale extraurbana riconducibile alla categoria F1.

L'impianto di illuminazione sarà costituito da corpi illuminanti di tipo stradale installati su pali alti 12m equipaggiati con lampade al Sodio Alta pressione di potenza 150W. Particolare attenzione è stata posta nella scelta delle ottiche (ottica full Cut - off in classe G6 come definito dalla norma UNI EN 13201) in grado di assicurare il rispetto delle leggi riguardanti l'inquinamento luminoso, anche in considerazione della presenza di zone residenziali limitrofe alla strada.

La distribuzione elettrica sarà realizzata prevalentemente per mezzo di tubazioni interrato; laddove siano presenti manufatti potranno essere utilizzate anche tubazioni metalliche a vista.

La sicurezza, verso i contatti indiretti, del sistema di illuminazione sarà garantita adottando la soluzione del doppio isolamento, che assicurerà inoltre una maggiore continuità di servizio.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-01-E-CV-RO-NV14-00-002-A01.DOC Relazione illustrativa</p>	<p>Foglio 43 di 43</p>

## 14. GESTIONE DEL TRAFFICO IN FASE DI COSTRUZIONE

Negli elaborati di progetto sono identificati i le aree di lavoro opportunamente distribuite in tre distinte fasi di gestione del traffico lungo la carreggiata.

Per la gestione del traffico sono state definiti gli schemi di segnalamento previsto dalla Norma (DM. 10/07/2002). Poiché la larghezza della carreggiata transitabile risulta minore di 5.60m, si prevede l'istituzione di un regime di "senso unico alternato" (regolato da moviere o impianto semaforico) su una corsia ristretta a non meno di 3.00m (utile netto).

Nello specifico sono stati individuati i seguenti schemi di segnalamento (per i dettagli si rimanda alla tavola del progetto):

- SCHEMA A - Lavori in zone pressoché rettilinee di lunghezza compresa tra 50 e 100m con impianto semaforico.
- SCHEMA B - Lavori in zone pressoché rettilinee di lunghezza inferiore a 50 con obbligo di precedenza.
- SCHEMA C - Lavori in zone di scarsa visibilità con moviere.
- SCHEMA D – Lavori con cantiere mobile e/o di durata inferiore a 7gg.