autostrade per l'italia

NODO STRADALE E AUTOSTRADALE DI GENOVA

Adeguamento del sistema A7 – A10 – A12

PROGETTO DEFINITIVO

DOCUMENTAZIONE GENERALE

STUDIO SUSCETTIVITA' AL DISSESTO
SCHEDE DISSESTI PG4–PG3

DA CARTA DELLA SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO
PIANO DI BACINO – AMBITI 12 E 13
FRANA ARZ035

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE	IL DIRETTORE TECNICO
Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496	Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496	Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496 **PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI**

CODICE IDENTIFICATIVO																																Ordinatore:
RIFERIMENTO PROGETTO										RIFERIMENTO DIRETTORIO												RIFERIMENTO ELABORATO										
Codice Commessa						Lotto, Sub–Prog, Cod. Appalto				Fase		Capitolo		Paragrafo		WBS tipologia		WBS progressivo		PARTE D'OPERA						Tip.	Disciplina		Progressivo				Rev.		– –
1	1	0	7	1	2	0	0	0	0	P	D	D	G	S	T	D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R	G	E	N	0	1	5	5	–	2	SCALA: –

	PROJECT MANAGER:		SUPPORTO SPECIALISTICO:		REVISIONE	
spea ENGINEERING gruppo Atlantia	Ing. Sara Frisiani Ord. Ingg. Genova N. 9810A				n.	data
					0	Dicembre 2015
					1	Aprile 2016
					2	Ottobre 2016
	REDATTO:		VERIFICATO:		3	
					4	

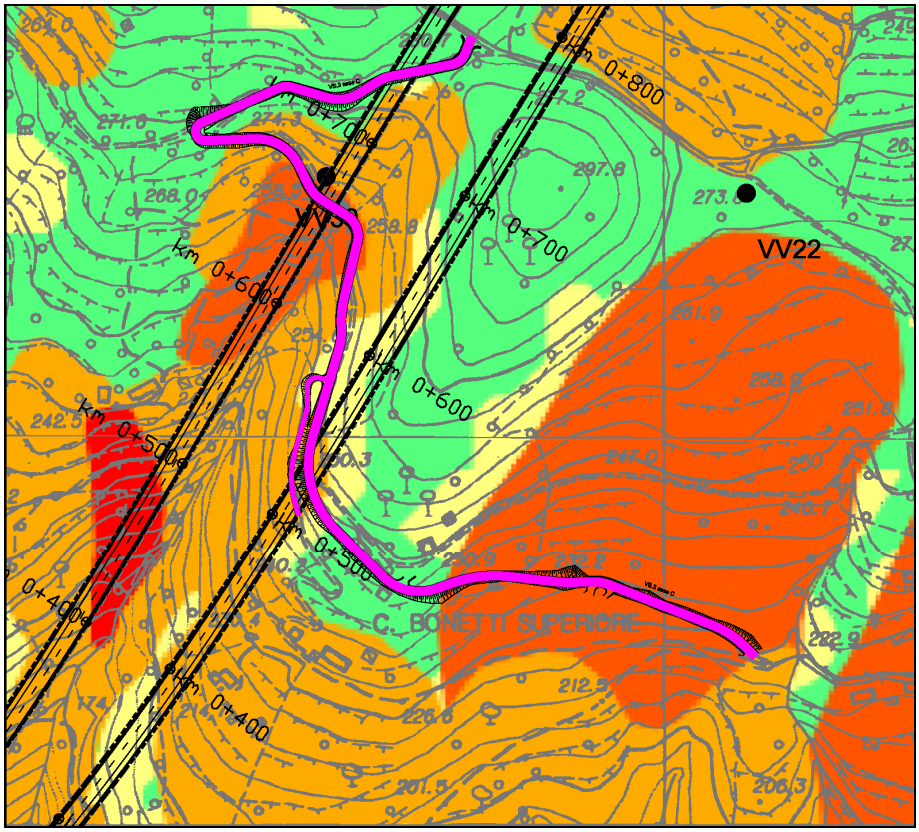
	VISTO DEL COMMITTENTE	VISTO DEL CONCEDENTE
	autostrade per l'italia IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Arch. Rossella Degni	Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTRIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DELLA SOC. AUTOSTRADE PER L'ITALIA S.P.A.. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE.
THIS DOCUMENT MAY NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SOC. AUTOSTRADE PER L'ITALIA S.P.A.. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTED BY LAW.

SCHEDA FRANA ARZ 035 (PG3A)

OPERA INTERFERENTE: VIABILITÀ DI SERVIZIO VS.03

ASSE C



INDICE

1. PREMESSA 4

2. METODOLOGIA DI LAVORO 7

3. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA 10

3.1 ELEMENTI IDENTIFICATIVI 10

3.2 CARTOGRAFIA 10

3.3 SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO DA PIANO DI BACINO 10

3.4 Aree Interferenti 10

3.5 Classificazione e caratteristiche dissesto Pg3a 10

3.6 Interventi previsti dal Piano di Bacino 12

3.7 DISSESTI SEGNALATI DALL'INVENTARIO FENOMENI FRANOSI D'ITALIA 13

3.8 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO 14

3.9 INDAGINI ESEGUITE 16

3.10 RILEVAMENTO GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO 18

3.11 CAUSE DEL DISSESTO 33

3.12 DESCRIZIONE SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA 33

4. ASPETTI GEOTECNICO - INGEGNERISTICI 34

4.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA 34

4.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO 35

4.3 ANALISI DI STABILITÀ 36

4.4 QUADRO DI SISTESI 45

5. IDRAULICA 46

5.1 DESCRIZIONE DELLE SISTEMA DI REGIMAZIONE DELLE ACQUE 46

6. RACCOMANDAZIONI ESECUTIVE DURANTE I LAVORI 47

7. INDAGINI INTEGRATIVE PROPEDEUTICHE AL MONITORAGGIO GEOTECNICO 48

7.1 STUDIO DEGLI SPOSTAMENTI SUPERFICIALI CON DATI RADAR SATELLITARI 48

8. CONCLUSIONI.....51

Allegati alla Scheda:

- *Allegato n.1* - Stralcio Carta suscettività al dissesto da Piano di Bacino con progetto ed indagini eseguite
- *Allegato n.2* - Stralcio carta geologica (aggiornata marzo 2016)
- *Allegato n.3* - Stralcio carta geomorfologica (aggiornata marzo 2016)
- *Allegato n.4* - Carta geomorfologica di dettaglio, indagini integrative e punti di ripresa fotografici
- *Allegato n.5* - Sezione geologica
- *Allegato n.6* - Scheda di sintesi
- *Allegato n.7* - Stratigrafia sondaggi
- *Allegato n.8* - Prove di laboratorio
- *Allegato n.9* - Analisi di stabilità

1. PREMESSA

Il presente documento è finalizzato ad ottemperare la prescrizione A16 del Decreto di compatibilità ambientale del progetto "Nodo stradale e autostradale di Genova – Adeguamento del sistema A7 – A10 – A12" (Dec VIA 28/2014), la cui verifica è in capo alla Regione Liguria, che recita: "*relativamente al rispetto della normativa dei relativi piani di bacino, a seguito del recente aggiornamento dei criteri di riferimento di cui alla DGR n.1208 del 12/10/2012, attualmente in fase di recepimento da parte della Provincia, si richiama che, nel caso di interferenza delle opere in progetto con le aree classificate a suscettività al dissesto molto elevata Pg4 (frana attiva), le infrastrutture pubbliche viarie di valenza strategica sono ammesse purché venga acquisito preventivamente un apposito parere del Comitato tecnico di bacino ai sensi dell'art. 11 c. 4 lett.b) della l.r. n.58/2009 espresso in merito alle opere di consolidamento finalizzate alla stabilizzazione del dissesto; mentre, qualora le opere in progetto interagissero con aree classificate ad elevata suscettività al dissesto Pg3a (frana quiescente) o Pg3b è richiesto uno specifico parere vincolante della Provincia. Si richiama che le misure di attenzione per la prevenzione del rischio idrogeologico, definite nell'ambito dei criteri soprarichiamati, prevedono che gli elaborati geologici e geotecnici a corredo dei progetti si diano carico di considerare e valutare se sussistano pericoli di possibili interferenze per eventuali fenomeni di arretramento o di espansione di corpi o di cigli di frana presenti nell'intorno di una fascia di rispetto di almeno 100 m e, comunque, considerando un'area di estensione significativa in merito al contesto in esame.*".

I riferimenti normativi sono pertanto:

- il richiamato articolo 11, comma 4 lettera b) della Legge Regionale n.58/2009:

  "il Comitato esprime i pareri di compatibilità, rispetto ai Piani ed ai criteri ed indirizzi dell'Autorità di Bacino, in merito agli interventi di sistemazione idraulica e geomorfologica, la cui realizzazione comporta modifiche ai Piani vigenti. La Giunta Regionale può specificare, con successivo atto, le tipologie di intervento oggetto di tali pareri;"

- le "Misure di attenzione per la prevenzione del rischio idrogeologico" contenute nelle norme di attuazione dei Piani di Bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico degli ambiti 12e13, 14, 15, 16, 17, 18, modificate con D.G.P. n. 124 del 22/09/2014 (art. 16 ter):

  "1. *Al fine di mitigare gli effetti negativi che si possono manifestare a seguito di fenomeni di espansione di corpi franosi già cartografati nei piani o, per quanto sia possibile, di contenere il rischio dovuto a processi torrentizi indotti da intensi fenomeni pluviometrici, colate veloci di fango e detriti (debris-flow), si definiscono le seguenti misure di attenzione*.

  2. *Gli elaborati geologici e geotecnici a corredo dei progetti per il rilascio del titolo edilizio, redatti ai sensi delle NTC 2008, relativi ad istanze di opere di nuova costruzione si danno anche carico di considerare e valutare se sussistano pericoli di possibili interferenze per eventuali fenomeni di arretramento o di espansione di*

corpi o cigli di frana (ciglio, piede, fianchi) presenti nell'intorno di una fascia di rispetto di almeno 100 m e comunque considerando un'area di dimensione significativa in merito al contesto in esame.

3. *La misura di attenzione di cui al comma 2 si applica anche per interventi eventualmente previsti a margine dei perimetri delle Aree speciali di tipo A, B1 e B2.*

4. *In sede di previsione di realizzazione di interventi urbanistico edilizi od opere di viabilità in prossimità del reticolo idrografico su versante, si effettuino specifiche valutazioni in merito all'eventuale grado di esposizione degli interventi agli effetti di possibili fenomeni di colate veloci di fango o detriti (debris-flow), individuando, se del caso, opportuni accorgimenti tecnici o una migliore ubicazione degli interventi stessi nell'ottica della prevenzione di tale rischio.*"

A seguito del ricorso al T.A.R. Liguria presentato da Autostrade per l'Italia in data 21 marzo 2014 la Regione Liguria ha trasmesso la nota di memoria difensiva del 18 aprile 2014 in cui specifica che:

"*la prescrizione n. 16 si limita a richiamare la necessità di acquisire taluni pareri tecnici (del Comitato Tecnico di Bacino e della Provincia) rispetto alle parti dell'opera destinate ad essere realizzate in aree classificate dal Piano di Bacino come frana attiva o frana quiescente, secondo l'attuale regime dei piani di bacino*".

Al fine di ottemperare alla prescrizione citata ed acquisire i pareri in essa richiamati, per tutte le aree classificate, dalle cartografie dei piani di bacino, a suscettività di dissesto alta (Pg3a) viene predisposta un'apposita scheda, in cui viene mostrato come gli interventi previsti in progetto contribuiscano alla stabilizzazione del dissesto oggetto di interferenza con le opere, determinando di fatto un effetto positivo.

Nel **capitolo 2** si descrive la metodologia di lavoro utilizzata nell'ambito della progettazione definitiva delle opere interferenti con le aree oggetto del presente documento.

Nel **capitolo 3** si riassumono gli aspetti geologici e geomorfologici dell'area del dissesto, fornendo una sintesi degli elementi cartografici pubblicati dagli Enti con i relativi interventi previsti e degli elementi rilevabili in sito utilizzabili per verificare il grado di interferenza tra elementi di progetto ed elementi di dissesto.

Nel **capitolo 4** si riassumono gli aspetti geotecnico-ingegneristici delle opere di progetto, fornendo una sintesi delle azioni intraprese dal progettista al fine di verificare il grado di interferenza tra elementi di progetto ed elementi di dissesto, evidenziando gli effetti positivi sull'area in frana derivanti dalle misure messe in atto per impedirli, ridurli o compensarli.

Nel **capitolo 5** sono presentate le indagini integrative propedeutiche al monitoraggio geotecnico previsto.

Per l'inquadramento generale dell'intera Gronda e per il dettaglio delle attività di progettazione, si rimanda agli specifici elaborati del Progetto Definitivo. Si fa in particolare riferimento ai seguenti elaborati progettuali:

- *GEO0001: Relazione geologica e idrogeologica generale*

- *GEO0002: Carta geologica – Tavola 1*
- *GEO0020: Carta geomorfologica – Tavola 1*
- *APE0001: Relazione geotecnica*
- *IDR1207: Cantierizzazione e fasi costruttive viabilità di servizio – VS.03 – Viabilità di servizio Voltri-Viabilità di accesso Cantiere piazzale gallerie Borgonuovo-Bric del Carmo – Sistema di drenaggio piattaforma – Planimetria idraulica*
- *IDR1208: Cantierizzazione e fasi costruttive viabilità di servizio – VS.03 – Viabilità di servizio Voltri-Viabilità di accesso Cantiere piazzale gallerie Borgonuovo-Bric del Carmo – TB33-34-Tombini idraulici – Sistemazione idraulica definitiva – Planimetria e profili*
- *IDR1209: Cantierizzazione e fasi costruttive viabilità di servizio – VS.03 – Viabilità di servizio Voltri-Viabilità di accesso Cantiere piazzale gallerie Borgonuovo-Bric del Carmo – TB35-36-Tombini idraulici – Sistemazione idraulica in fase di cantiere – Planimetria e profili*
- *STD1011: Cantierizzazione e fasi costruttive – Viabilità di servizio – Viabilità di servizio Voltri - Planimetria di insieme VS03 - VS04 - VS05 - VS06*
- *STD1013: Cantierizzazione e fasi costruttive – Viabilità di servizio – Viabilità di servizio Voltri - Planimetria progetto, stato di fatto, tracciamento e sezioni tipo Asse C - tav 2/2*
- *STD1015: Cantierizzazione e fasi costruttive – Viabilità di servizio – Viabilità di servizio Voltri - Profilo longitudinale Asse C - tav 2/2*
- *STD1016: Cantierizzazione e fasi costruttive – Viabilità di servizio – Viabilità di servizio Voltri - Sezioni trasversali*

In particolare, il presente documento riporta le valutazioni geologiche- geomorfologiche e geotecniche-ingegneristiche relative alla frana codificata ARZ 035, che risulta interferente con la strada di servizio VS.03 asse C.

2. METODOLOGIA DI LAVORO

Ai fini dell'inquadramento geologico e geomorfologico delle aree di interesse, la prima fase del lavoro è consistita nel reperimento di tutti i dati disponibili presso vari Enti e Biblioteche universitarie, e di ogni altro dato disponibile ritenuto significativo per l'elaborazione di un modello concettuale dell'area. Sono, inoltre, stati utilizzati i dati di campagne geognostiche relative a studi pregressi ed indagini appositamente realizzate per il Progetto Definitivo.

La disponibilità, per l'area d'interesse, di documentazioni geologiche di dettaglio e di modelli geologico-strutturali di riferimento ha permesso di inquadrare fin dall'inizio le attività di studio e di analisi all'interno di un modello generale adatto alle finalità del progetto.

Lo studio (cfr. elaborato GEO001 "Relazione geologica e idrogeologica generale") si è svolto mediante lo sviluppo delle seguenti attività:

- Analisi aerofotogrammetrica finalizzata sia al controllo delle risultanze geomorfologiche pregresse ed alla loro integrazione, sia al riconoscimento dei principali lineamenti tettonici dell'area;
- Rilevamento geologico strutturale in scala 1:5.000 volto al riconoscimento dei litotipi presenti, alla definizione del loro assetto tettonico con riconoscimento e misura di elementi fragili e duttili presenti in affioramento;
- Rilievo geomorfologico con verifica delle risultanze dell'analisi aerofotogrammetrica ed integrazione dati;
- Analisi di tutte le stratigrafie dei sondaggi pregressi per integrare i dati di superficie;
- Realizzazione di apposite campagne geognostiche in sito (sondaggi, geofisica e rilievi geomeccanici) ed in laboratorio;
- Prelievo di campioni e analisi chimiche eseguiti sulle diverse litologie attraversate dai tracciati;
- Rilievo geomorfologico di dettaglio (scala 1:1.000) eseguito sulle specifiche aree in frana.

Sulla base delle attività conoscitive e di tutti i dati raccolti, è stato ricostruito il quadro geologico dell'area di studio (che interessa una fascia di larghezza variabile tra circa 2 e 4 km) e sono stati redatti i seguenti elaborati cartografici (a scala 1:5.000):

- carta geologica (GEO0002 - cfr. stralcio riportato nell'Allegato 2);
- profili geologici in asse ai tracciati delle opere principali;
- carta geomorfologica (GEO0020 - cfr. stralcio riportato nell'Allegato 3);
- carta dei vincoli (cfr. stralcio riportato nell'Allegato 1);
- carta di ubicazione delle indagini (cfr. stralcio riportato in allegato);
- carta geomorfologica specifica per le aree in frana a scala 1:1.000 (cfr. l'Allegato 4).

La caratterizzazione geotecnica delle principali formazioni geologiche presenti lungo il tracciato di progetto fa riferimento alle indagini geotecniche effettuate sia nell'ambito della fase di progettazione definitiva della Gronda di Ponente (2010-2011), sia delle precedenti fasi progettuali del medesimo progetto (2003, 2004 e 2007), sia nell'ambito di altri progetti ubicati in prossimità del tracciato della Gronda, risalenti ad anni diversi (dagli anni 70 ad oggi) reperiti da SPEA presso l'Archivio comunale di Genova, presso Consulenti e negli uffici di SPEA dedicati alla Sorveglianza e Manutenzione della rete autostradale in esercizio.

Le attività propedeutiche effettuate sono:

- sondaggi geotecnici con prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
- prove penetrometriche dinamiche SPT in foro;
- prove di permeabilità Lugeon in foro;
- prove dilatometriche in foro con dilatometro da roccia;
- prove geofisiche in foro (CH e DH) per la misura della velocità di propagazione delle onde di compressione Vp e di taglio Vs;
- prove di laboratorio di classificazione di resistenza e di deformabilità su campioni indisturbati e rimaneggiati di terreno, prelevati nei fori di sondaggio;
- prove di laboratorio su provini di roccia prelevati nei fori di sondaggio;
- stendimenti di geofisica (sismica a rifrazione, a riflessione, geoelettrica);
- rilievi geostrutturali su alcuni affioramenti rocciosi rappresentativi.

I criteri di interpretazione delle indagini geotecniche (cfr. elaborato APE0001) tengono conto del fatto che lungo il tracciato autostradale in esame sono stati rinvenuti fondamentalmente depositi limoso – argillosi, sabbioso – ghiaiosi e unità tettoniche complesse in cui si incontrano alternanze di rocce sedimentarie (arenarie, siltiti, calcari marnosi, marne calcaree, marne, argilliti) e rocce metamorfiche (serpentiniti, serpentinoscisti, calcescisti, argilloscisti, metabasiti, meta gabbri). I parametri progettuali adottati ed i criteri di dimensionamento delle opere sono conformi ai risultati ottenuti. Le opere sono state dimensionate in conformità alla normativa vigente (NTC2008).

Tenendo conto delle necessità e della funzionalità delle opere, nella progettazione, si è cercato, per quanto possibile, di **limitare le ampiezze dei fronti di scavo**, in modo da minimizzare l'impatto sul territorio.

In particolare, le opere di maggior impatto riguardano il progetto delle aree d'imbocco. Lo sviluppo di tali progetti contempla i seguenti aspetti:

- tracciato stradale;
- geologia;
- geomorfologia;
- geotecnica;
- tunnelling;

- scavi meccanizzati;
- impianti;
- idraulica;
- strutture;
- cantierizzazione;
- vincoli ambientali, paesaggistici, Enti vari, ecc.;
- inserimento finale delle opere nell'ambiente.

Lo schema generale della metodologia di lavoro adottata è riportato nella Figura seguente.

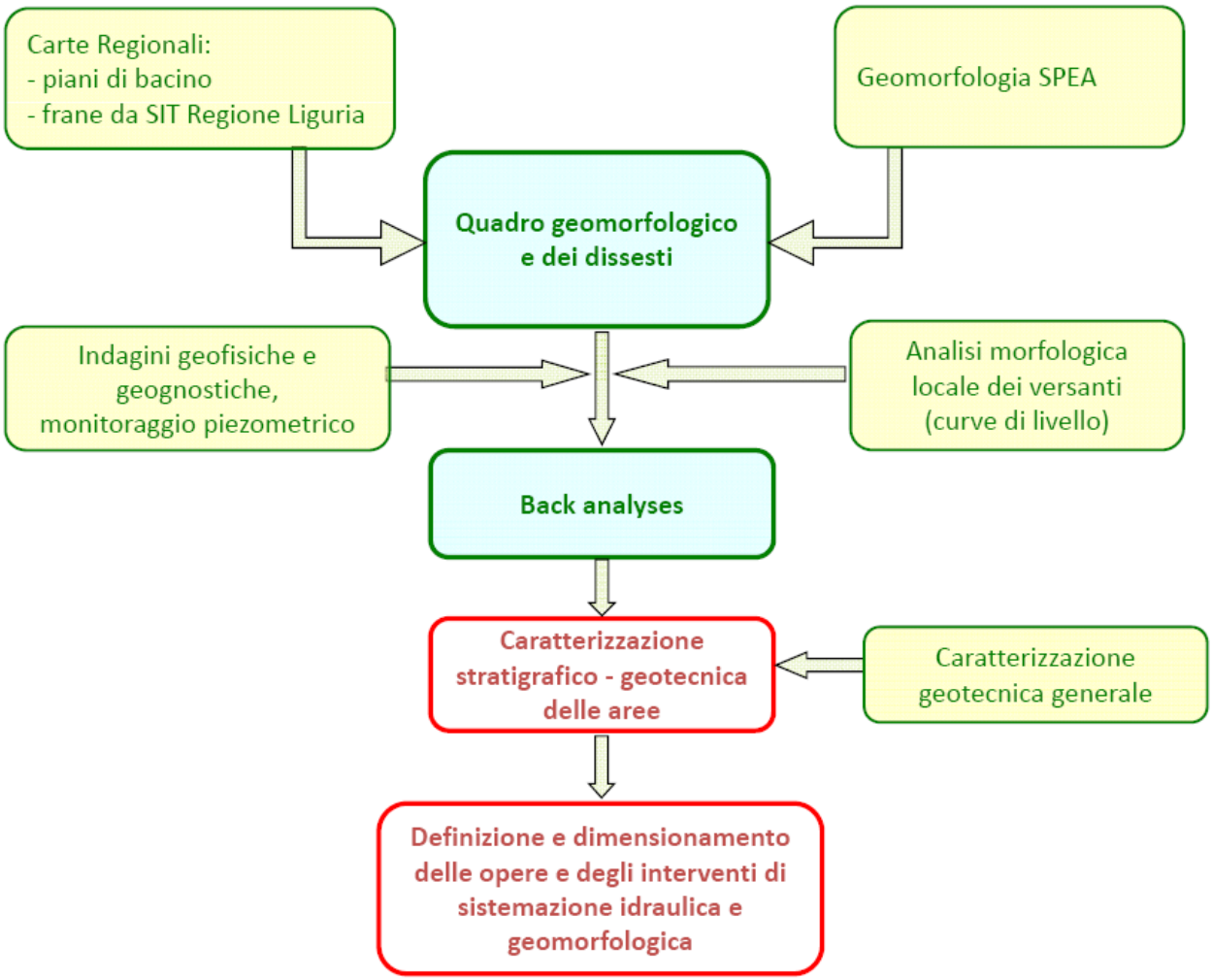


Figura 2-1 – Schema generale metodologia

3. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

3.1 ELEMENTI IDENTIFICATIVI

LOCALITÀ: VOLTRI - BORGONUOVO

COMUNE: GENOVA

PROVINCIA: GENOVA

BACINO: AMBITI 12 e 13

ID FRANA (da Carta della Franosità reale Piano di Bacino): ARZ 035

3.2 CARTOGRAFIA

CTR 1:10.000: 213130

3.3 SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO DA PIANO DI BACINO

La cartografia fa riferimento alla Carta della suscettività al dissesto fornita dalla Provincia di Genova – rev. febbraio 2015 (Allegato 1).

3.4 Aree Interferenti

L'oggetto della presente scheda è l'interferenza tra il dissesto **Pg3a,** codificato nella documentazione del Piano di Bacino come ARZ 035, e la strada di sevizio VS.03 asse C progettata per migliorare la viabilità locale nell'area di Borgonuovo, tramite l'adeguamento e la riqualificazione della pista forestale esistente.

3.5 Classificazione e caratteristiche dissesto Pg3a

Da Carta della Franosità reale Piano di Bacino (**Figura 3-1**).

a) Tipologia di frana:

	Superficiale (SS)
	Colamento (DF)
	Scorrimento o scivolamento (SC)
	Scorrimento o scivolamento rotazionale (SCr)
	Scorrimento o scivolamento planare (SCp)
	Crollo o ribaltamento(CL)
X	Complessa (FC)
	Area a franosità diffusa (FD)

	Deformazione gravitativa profonda di versante
	Area interessata da movimenti gravitativi lenti superficiali - soliflusso, reptazione, creep
	Frana non cartografabile

b) Stati di attività:

	Attiva
X	Quiescente
	Stabilizzata

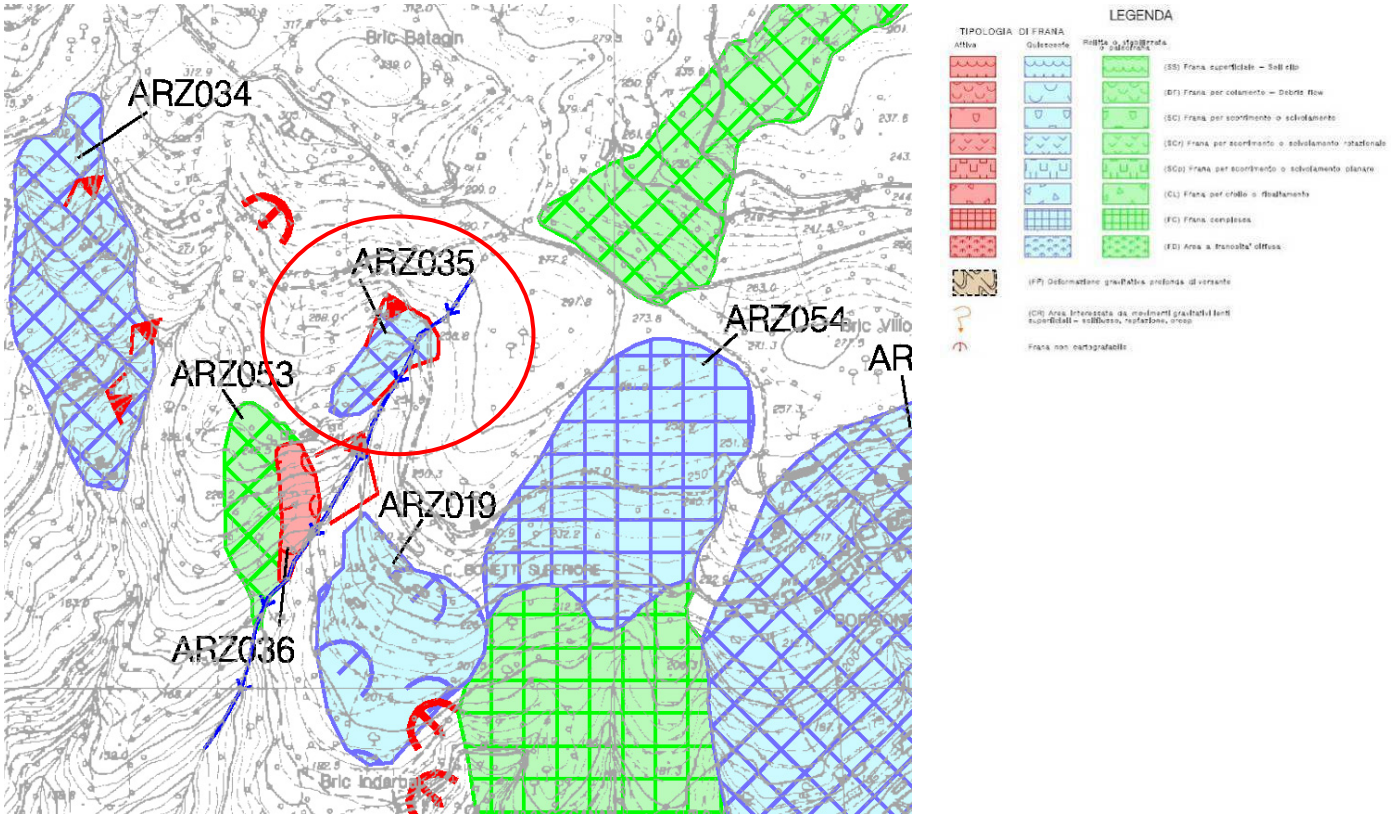


Figura 3-1 - Stralcio Carta della franosità reale da Piano di Bacino

3.6 Interventi previsti dal Piano di Bacino

Il Piano degli interventi di mitigazione del rischio del Piano di Bacino non prevede alcun intervento specifico relativo alla frana in oggetto.

Sono invece prescritti alcuni accorgimenti relativi all'area in frana quiescente collocata tra la S.S. Aurelia e il crinale Bric Villon-Bric Campenave (A3-GM6). Il piano di Bacino prevede in questa area interventi di versante e lungo il reticolo idrografico tra loro raccordati e integrati, che risolvano le singole situazioni di rischio presenti sul territorio

In **Figura 3-2** è riportata l'area interessata dagli interventi previsti dal Piano di Bacino.

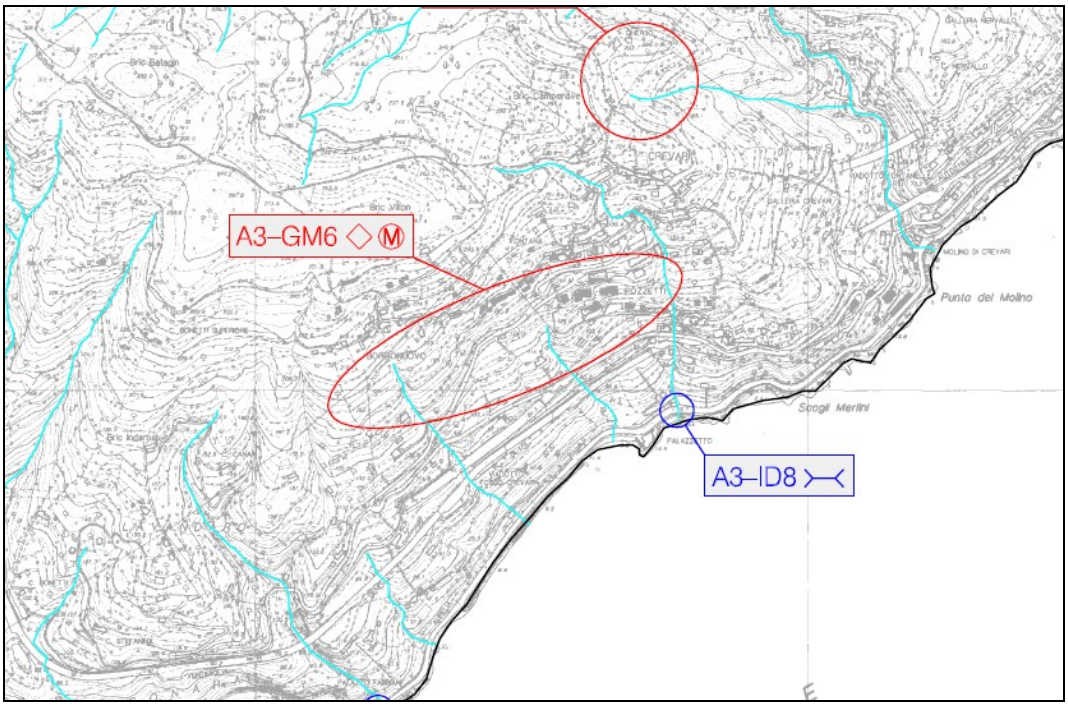


Figura 3-2 - Stralcio Carta degli interventi da Piano di Bacino

3.7 DISSESTI SEGNALATI DALL'INVENTARIO FENOMENI FRANOSI D'ITALIA

Al fine di fornire un quadro completo di tutti i dati bibliografici relativi alla pericolosità connessa a movimenti franosi, di seguito si riporta quanto segnalato dall'Inventario Fenomeni Franosi d'Italia (IFFI) per l'area in esame (http://www.isprambiente.gov.it).

La cartografia IFFI (**Figura 3-3**) non identifica nessun dissesto nell'area di interesse; gli unici dissesti segnalati si trovano rispettivamente a SO e a NE dell'area della Pg3a, in particolare:

- Un movimento complesso stabilizzato a SW (indicato con 1 in **Figura 3-3**);
- Un colamento attivo/riattivato/sospeso a SW (indicato con 2 in **Figura 3-3**), coincidente con una Pg4 del Piano di Bacino;
- Un'area soggetta a frane superficiali diffuse quiescenti a SE (indicato con 3 in **Figura 3-3**).

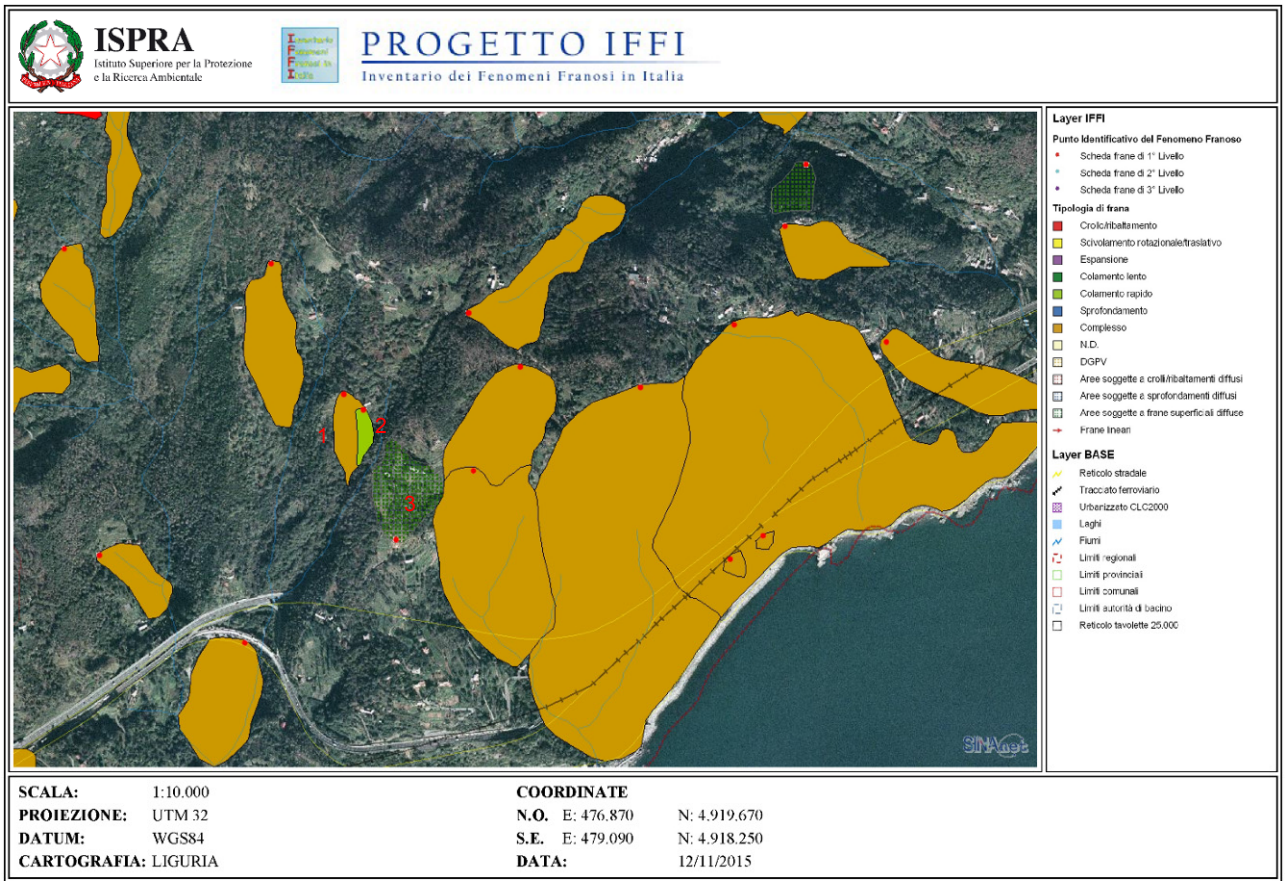


Figura 3-3 –– Frane da IFFI (http://www.isprambiente.gov.it)

3.8 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area in esame in cui è inclusa la Pg3a si imposta nell'Unità Tettonometamorfica Palmaro Caffarella e Voltri, qui rappresentate prevalentemente da Calcescisti (Allegato 2).

Calcescisti s.l.(CS)

Con questo termine si indicano metasedimenti di varia composizione: si riconosce un'alternanza di scisti carbonatici più o meno filladici o marmorei e di scisti quarzoso micacei.

Sono caratterizzati da una scistosità marcata, legata a diverse generazioni di deformazioni. La foliazione principale riportata in carta, definita da minerali in facies scisti verdi, ha allineato, oltre alla superficie litologica originaria, anche altre superfici tettoniche che non risultano più differenziabili. La foliazione principale risulta piegata più o meno blandamente dalle successive fasi deformative; la giacitura della scistosità principale

nell'area risulta immergente per lo più verso SE con inclinazioni variabili da 50° circa sino a 80° circa.

I calcescisti carbonatici appaiono di colore da marrone (superficie debolmente alterata) a grigio (frattura fresca), mentre se sono più profondamente alterati assumono colorazioni rossastre.

Gli scisti quarzoso micacei, invece, assumono tonalità più scure, con colorazioni solitamente da grigio chiare a grigio scure in frattura fresca; sono rocce spesso alterate, di colore arancione - ocra che si disgregano fino a generare spesse coltri di disfacimento. Lungo la strada sterrata ubicata nell'intorno di q.274÷275 m s.m, nella zona occidentale dell'area indicata nella cartografia del Piano di Bacino come soggetta a dissesto, sono stati osservati due affioramenti ascrivibili agli scisti a clorite SAC.

Scisti a clorite (SAC)

Scisti ad anfibolo della serie tremolite-actinolite e clorite, ± diopside, ± carbonato (abbreviazione: SAC), tipicamente collocati al contatto tra calcescisti e metabasiti, in livelli da centimetrici a decimetrici, che hanno subito eventi multipli di deformazione e ricristallizzazione in facies metamorfica degli scisti verdi. Si tratta di rocce marcatamente foliate, ricche in anfibolo (comunemente con habitus aghiforme) e clorite, probabilmente derivanti da protoliti a composizione basica, che hanno subito eventi multipli di deformazione e ricristallizzazione nella facies metamorfica degli scisti verdi. Un lembo di SAC è stato rinvenuto sulla strada sterrata a NW della Pg3a, in corrispondenza di un recente taglio stradale.

Nell'intorno dell'area in esame sono inoltre presenti lenti serpentinitiche, rinvenute anche nel sottosuolo dalle indagini svolte per il progetto definitivo 2011 (§3.6)

Serpentiniti (CS)

Sotto questa voce sono comprese serpentiniti e serpentinoscisti derivanti dal materiale peridotitico derivate dal mantello superiore, che mantengono talvolta relitti della tessitura lherzolitica originaria. Si presentano con colore verde, da chiaro a scuro, in frattura fresca; quando alterate, invece, assumono colorazioni più arancioni-rossicce, talvolta marroni.

In affioramento si presentano con caratteristiche tessiturali e strutturali estremamente variabili in risposta alla deformazione subita. La facies tessiturale più diffusa è quella foliata, caratterizzata dallo sviluppo di clivaggi e/o scistosità evidenti, riferibili a diverse generazioni di deformazione, subordinatamente si osservano tessiture massicce, con aspetto generalmente compatto con foliazioni subordinate. Queste due litofacies nella zona in esame formano lenti ettometriche trasposte, parallelizzate alla foliazione regionale.

I *depositi superficiali* hanno spessore in genere nell'ordine di 4÷5 m e sono rappresentati essenzialmente da depositi di versante e depositi eluvio/colluviali.

Da un punto di vista geomorfologico, l'area di interesse si sviluppa a valle del Bric Batagin lungo il versante idrografico sinistro del Rio Vesima, fra q. 240 m s.m. e q. 265 m s.m. circa. Il versante si presenta con acclività medio-elevata, terrazzato e con vegetazione ad alto fusto ed arbustiva (Allegato 3).

3.9 INDAGINI ESEGUITE

Nell'ambito della campagna di indagini a supporto del Progetto Definitivo, sul versante rivolto a SSW, è stato eseguito un sondaggio a carotaggio (VV30) in corrispondenza dell'asse della galleria Borgonuovo Ovest (**Figura 3-4**).
Tale perforazione è stata eseguita pochi metri a monte del limite superiore dell'area identificata come Pg3a, risulta quindi molto utile per definire gli spessori di coltre detritica, substrato alterato e substrato non alterato caratteristici del versante in esame.

Dalla stratigrafia del sondaggio VV30 il substrato lapideo alterato di natura serpentinitica, è stato rinvenuto a circa -5 m dal p.c., al di sotto della copertura detritica. Da 4.96 m fino a 15 la roccia è costituita da serpentiniti cataclasate, alterate e argillificate, con RQD prossimo a zero; da 15 fino a circa -19 m da p.c.la qualità delle serpentiniti migliora (RQD 60-100); da 19 m a f.f. il substrato è costituito da calcescisti con locali intercalazioni di lenti serpentinitiche e di cloritoscisti con spessore massimo di 2.5 m circa.

Nell'ambito della campagna di indagini integrativa effettuata nel 2015-2016 sono stati realizzati in corrispondenza del ciglio della Pg4 due sondaggi, uno a carotaggio continuo ed uno a distruzione, con installazione di inclinometro e piezometro finalizzati al monitoraggio dell'area in dissesto.

Per i certificati delle indagini eseguite, sia di sito che di laboratorio, si rimanda agli allegati 7 e 8 del presente documento.

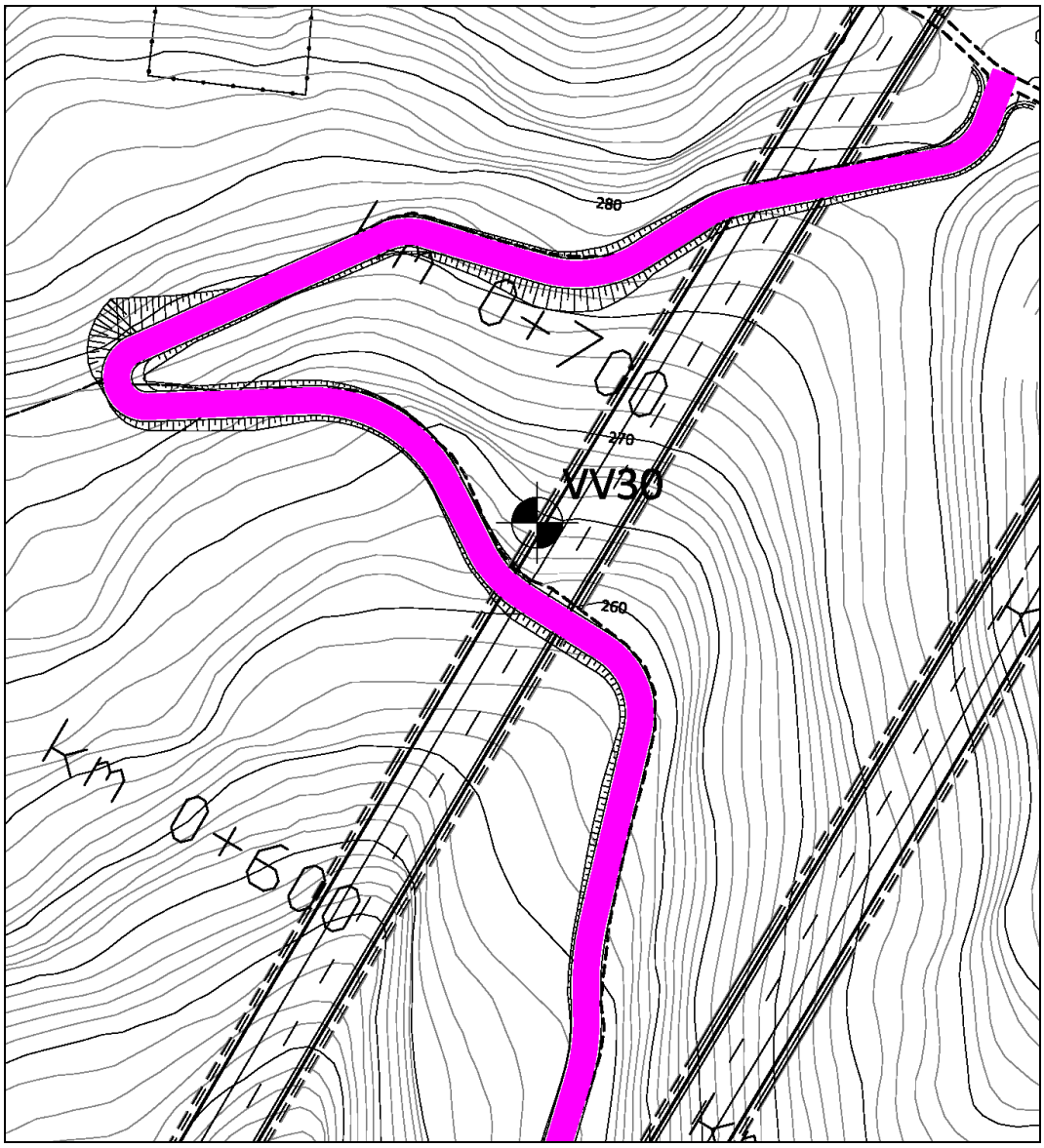


Figura 3-4 - Stralcio planimetrico con l'ubicazione delle indagini

3.10 RILEVAMENTO GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO

In data 18/11/2015 e 19/11/15 è stato effettuato un sopralluogo nell'area identificata come Pg3a dalla documentazione del Piano di Bacino e nel suo intorno significativo, allo scopo di affinare e integrare le conoscenze rispetto agli elementi geologici e geomorfologici in affioramento.

Particolare attenzione è stata prestata all'identificazione e rilevamento degli elementi e delle morfologie caratteristiche dei processi di dinamica gravitativa e, in generale, degli indicatori geomorfologici della presenza di potenziali o reali cinematismi di instabilità.

Il rilievo è stato restituito su apposita cartografia tematica in scala 1:1000 (Allegato 4).

Di seguito viene descritto quanto evidenziato durante il sopralluogo mentre in Allegato 4 è riportata la planimetria con indicati tutti gli elementi significativi rilevati.

- Il versante in esame è caratterizzato da acclività variabile da media a bassa e da fitta vegetazione sia ad alto fusto sia arbustiva (**Foto 1**).
- Nella porzione a monte della Pg3a (tra il sondaggio VV30 e parte alta della strada forestale da riqualificare) sono stati rilevati diversi ordini di terrazzamenti antropici continui, localmente non più oggetto di manutenzione e pulizia (**Foto 3**, **Foto 4** e **Foto 5**); i terrazzi sono continui e non sono interessate da deformazioni mentre alcuni arbusti ed alberi risultano inclinati verso valle o uncinati.
- Sul lato ad W del versante sono in corso lavori di costruzione di un edificio ed è stata realizzata un'area pianeggiante mediante una palificata in legname riempita da riporto (**Foto 1** e **Foto 3**).

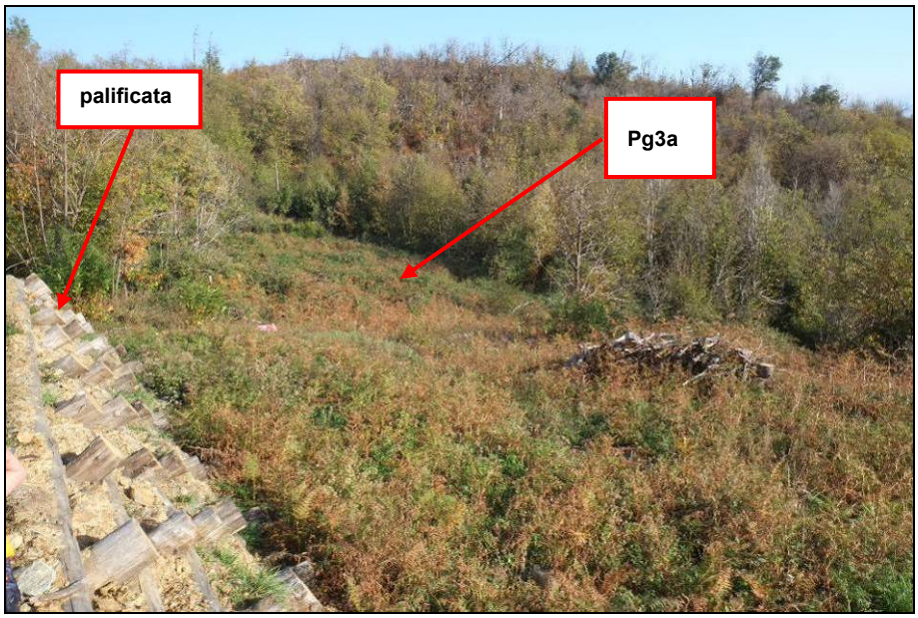


Foto 1 – Porzione superiore dell'area classificata come Pg3a



Foto 2 – Porzione superiore dell'area classificata come Pg3a



Foto 3 – Terrazzamenti antropici tra VV30 e la parte a monte della pista forestale.



Foto 4 – Terrazzamenti antropici a monte nella zona orientale esterna all'area Pg3a (q.256 m s.m.) con arbusti inclinati.



Foto 5 – Terrazzamenti antropici a monte di VV30 non più soggette a manutenzione (q.270 m s.m.)

- Nell'area a valle di VV30, tutto il versante è caratterizzato anch'esso dalla presenza di terrazzi che si presentano intervallati da scarpate antropiche e muretti a secco non più soggetti a manutenzione, comunque, in buono stato di conservazione (**Foto 6**, **Foto 7** e **Foto 8**). I muri che si sviluppano parallelamente alle isoipse, sono caratterizzati da altezza compresa fra 1 m e 3 m circa e non presentano lesioni o deformazioni, seppur pervasi dalla fitta vegetazione arbustiva presente nell'area.



Foto 6 – Terrazzamenti antropici a valle di VV30 (q.255 m s.m.)



Foto 7 – Muretto a secco nella porzione di versante a valle diVV30 (q.244 m s.m.)



Foto 8 - Muretto a secco nella porzione di versante a valle di VV30 (q.237 m s.m.)

- Nell'area identificata come Pg3a nella documentazione del Piano di Bacino sono stati rilevati piccoli impluvi, localmente arginati con muretti a secco di altezza variabile da 0.5 m a 1.5 m circa (**Foto 9**). Nella porzione superiore del versante, a valle i VV30, l'alveo principale è invaso da fitta vegetazione prevalentemente arbustiva (**Foto 10**).

- Localmente, lungo l'alveo principale e lungo un alveo secondario, è stata rilevata la presenza di briglie realizzate con muretti a secco non soggette a manutenzione ma in discreto stato di conservazione (**Foto 11**).

- In tutta l'area interessata dal sopralluogo sono state osservate locali zone caratterizzate dalla presenza alberi uncinati o con cambi netti della direzione di crescita (**Foto 12**). Queste zone, arealmente limitate, sono state osservate anche all'esterno dell'area classificata come Pg3a dalla documentazione del Piano di Bacino.



Foto 9 – Muretti a secco di argine dell'alveo principale (q.240 m s.m.).



Foto 10 – Porzione superiore dell'alveo principale, particolare dell'invasione vegetativa e della presenza di rifiuti (q.250 m s.m.).



Foto 11 – Briglia in corrispondenza di un alveo secondario (q.250 m s.m.)



Foto 12 – Alberi uncinati a monte dall'area Pg3a (q.277 m s.m.)

- Lungo il tratto di pista forestale all'interno dell'area Pg3a non sono state rilevati elementi indicativi di movimenti attivi (**Foto 13**).

- A sud dell'area classificata come Pg3a è stato rilevato un affioramento di calcescisti (**Foto 14**), interessato da una scistosità inclinata di circa 20÷30° immergente verso SE e dalla presenza di 2 famiglie di discontinuità caratterizzate da spaziatura nell'ordine dei 20 cm, chiuse, localmente con aperture inferiori a 5 mm, vuote e con

rugosità media (JRC pari a 8÷12); le caratteristiche delle discontinuità rilevate conferiscono all'ammasso una qualità che può essere definita discreta.



Foto 13 – Tratto di pista forestale all'interno dell'area Pg3a (q.260 m s.m.)



Foto 14 – Ammasso roccioso sul versante a SE dell'area Pg3a (q.233 m s.m.)

- Nella porzione occidentale, al di sotto del terrapieno di nuova realizzazione, è presente una scarpata morfologica, parzialmente obliterata dalla vegetazione. Da colloqui con un abitante della zona, è risultato che tale evidenza rappresenterebbe la scarpata di un dissesto avvenuto presumibilmente 30-40 anni fa (**Foto 15** e **Foto 16**).

- al di fuori dell'area classificata come Pg3a, sul lato più ad ovest del terrapieno sostenuto da palizzate in legname e pietrame, è stato rilevato un orlo di scarpata di frana, che sottende un corpo di frana potenzialmente riattivabile (**Foto 17**).

- Nella stessa area di versante, sempre ad ovest del terrapieno, è presente una depressione allungata in direzione circa N-S con ristagno di acqua di lunghezza pari a circa 15 m e larghezza pari a circa 3÷4 m (**Foto 18**). Nella porzione sud di questa depressione è presente un solco di erosione concentrata che scarica l'acqua presente al suo interno lungo il versante.



Foto 15 – Terrapieno con palizzate in legname e pietrame a ovest dell'area Pg3a (q.270 m s.m.), si osserva la scarpata nel lato sinistro della foto.



Foto 16 – Scarpata segnalata da proprietario (q.268 m s.m.)



Foto 17 – Dissesto a ovest del terrapieno (q.266 m s.m.).



Foto 18 – Ristagno d'acqua a ovest del terrapieno(q.268 m s.m.)

3.11 CAUSE DEL DISSESTO

	Materiale di riporto
X	Depositi sciolti
X	Coltre di alterazione del substrato
	Litologia del substrato
	Giacitura del substrato
X	Fratturazione/tettonizzazione del substrato
X	Morfologia del versante (acclività)
X	Precipitazioni meteoriche
X	Erosione diffusa
	Erosione incanalata
X	Falda
	Cause antropiche

Come cause predisponenti del dissesto si possono evidenziare la presenza di depositi superficiali sciolti poco addensati e la mancata manutenzione degli alvei e dei terrazzamenti presenti nell'area; le cause innescanti sono imputabili all'azione delle acque meteoriche in occasione di precipitazioni intense (ruscellamento concentrato) e prolungate (formazione all'interno dei depositi superficiali di una falda acquifera effimera).

3.12 DESCRIZIONE SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA

La sezione geologica interpretativa è stata realizzata lungo la traccia riportata in Allegato 4 ed è riportata in allegato 5.

4. ASPETTI GEOTECNICO - INGEGNERISTICI

4.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per la caratterizzazione geotecnica (modello geotecnico di riferimento) ci si è basati:

- sui dati geologici-geomorfologici descritti nel Capitolo 3;
- su quanto riportato nel documento relativo alla caratterizzazione geotecnica allegata al Progetto Definitivo (cfr. elaborato APE0001); in particolare, si è fatto riferimento alla caratterizzazione relativa alla formazione di base, Calcescisti (CS), della relativa fascia di alterazione (CS-CAP), della presenza di Serpentiniti (S) in lenti e della relativa fascia di alterazione (S-CAP);
- sul sondaggio di profondità VV30 realizzato in corrispondenza del passaggio della nuova galleria di Borgonuovo fino ad una profondità di 200 metri;

Il dimensionamento delle opere è stato condotto assumendo la seguente sequenza stratigrafica:

- da p.c. a 4.0÷5.0 m da p.c. – COLTRE di copertura dell'ammasso roccioso (potenzialmente instabile): depositi costituiti principalmente da sabbie limose debolmente ghiaiose con rari di ciottoli (C_{CS});
- da 4.0÷5.0 m a 12.0÷14.0 m da p.c. – CAPPELLACCIO: livello di alterazione della formazione dei Calcescisti – Micascisti e Serpentiniti, avente caratteristiche geomeccaniche più scadenti rispetto alla formazione di base (CS-Cap ed S-Cap);
- al di sotto di 12.0÷14.0 m da p.c. – SUBSTRATO: formazione di base, Calcescisti (CS) e in alcuni tratti Serpentiniti (S).

La falda considerata nelle verifiche interessa solamente i depositi di versante superficiali nella parte inferiore dello spessore, considerando i punti di infiltrazione e di drenaggio delle acque meteoriche.

I parametri caratteristici (vedi relazione di caratterizzazione geotecnica, Cfr.APE001) sono quelle ottenute da apposite prove in sito e in laboratorio eseguite sui campioni prelevati durante i sondaggi effettuati nell'intera area di intervento.

Parametri geotecnici caratteristici	Coltre di copertura	Calcescisti (Unita CS)	Cappellaccio di alterazione dei Calcescisti (Unità CS-Cap)	Serpentiniti (Unità S)	Cappellaccio di alterazione delle Serpentiniti (Unità S)
γ_t (kN/m^3)	20.5	26.0	24.0	26.5	25
c'$_K$ (kPa)	0	50.0	30.0	50	25
ϕ'_K (°)	28	49.0	38.0	48	29

Tabella 4.1 - Parametri di resistenza caratteristici delle unità geotecniche

4.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Nell'area interessata dal dissesto ricadono le opere di viabilità di servizio VS.03 Asse C impiegate per la realizzazione delle gallerie Borgonuovo Est ed Ovest (cfr. **Figura 4.1**).

Le opere consistono in un adeguamento della strada esistente attraverso una riprofilatura delle scarpate, la posa della pavimentazione stradale ed eventuali opere accessorie (barriera di sicurezza, collettore acque), come previsto nel progetto definitivo. Verrà realizzato anche un allargamento di circa un metro della sede stradale stessa.

Poiché l'intervento prevede la movimentazione di una porzione materiale di copertura (scavo e riempimento), sono previste interventi di stabilizzazione a valle della strada costituiti da opere di ingegneria naturalistica. In particolare sono previste tre filari di cordonata viva distanti l'uno dall'altro 2 metri, il primo del quale parallelo al bordo strada. Ciascun filare è composto da picchetti verticali infissi nel terreno per almeno 1 metro di profondità, con distanza 3 metri l'uno dall'altro. Essi sono collegati da tondame in legno ed ancorati tramite chiodatura. La cordonata viva viene completata attraverso la piantagione in maniera regolare di talee o piantine al di sopra di ciascun filare.

La galleria Borgonuovo Ovest intercetta l'area catalogata come Pg3a attraversandola interamente. Essa non interferisce con la stabilità del pendio, in quanto la sua profondità risulta essere mediamente pari a 150 metri rispetto al profilo del terreno.

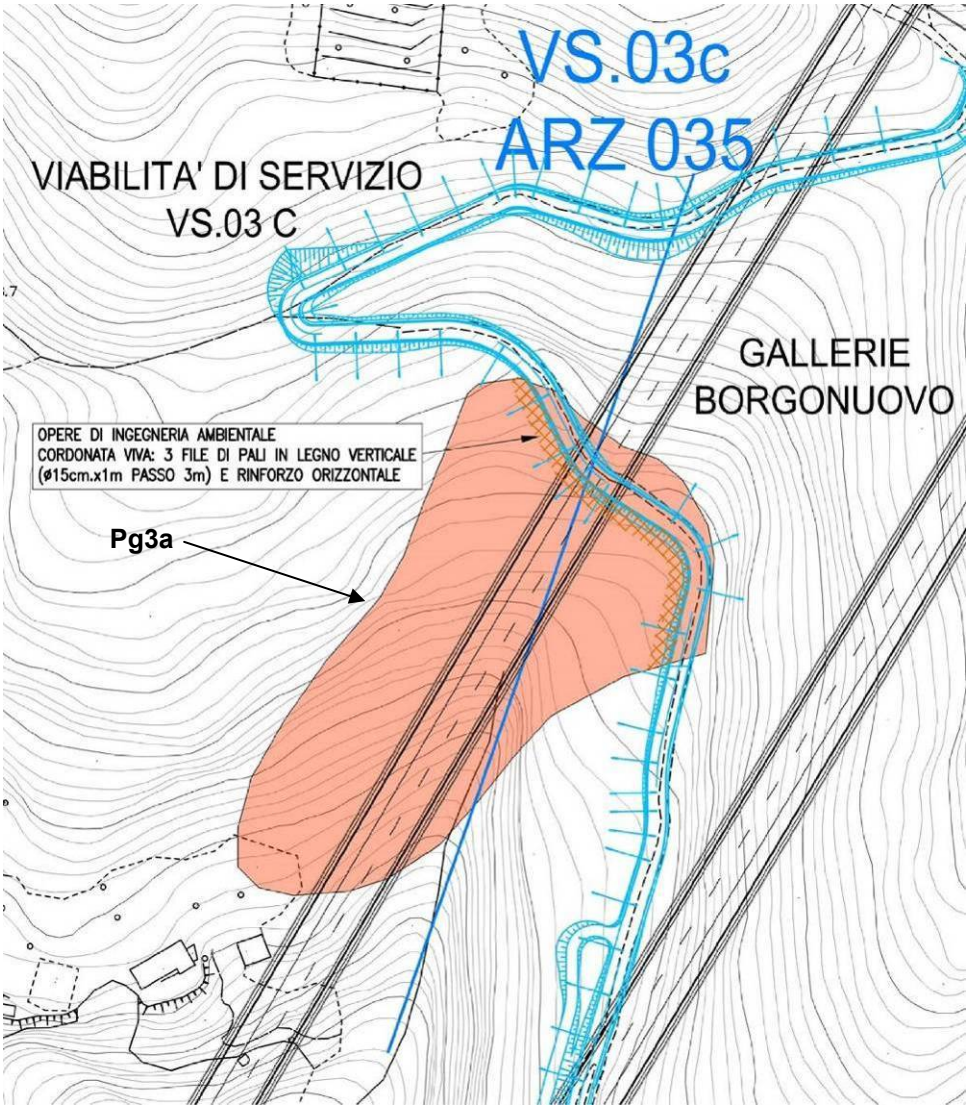


Figura 4.1 - Stralcio planimetrico con l'indicazione della sezione analizzata – Pg3a

4.3 ANALISI DI STABILITÀ

Per il dimensionamento delle opere previste (cfr. 4.2) è stata presa in considerazione una porzione della sezione geologica precedentemente analizzata, ubicata nella parte centrale dell'area di frana Pg3a. Nella sezione di verifica è stata inserita la nuova geometria del versante in seguito alle operazioni di allargamento della sede stradale prevista nel progetto definitivo e le opere di ingegneria naturalistica descritte al punto precedente. Per il dimensionamento e la verifica delle stesse si rimanda alla relazione di calcolo specifica.

Come evidenziato dal modello geotecnico/geomeccanico (**Figura 4.2**), le potenziali interazioni fra i processi di dinamica geomorfologica descritti al §3 e le opere in progetto

sono estremamente localizzate, pertanto le analisi di stabilità globale sono state sviluppate in corrispondenza della zona interessata dagli interventi di adeguamento stradale, che rappresentano le situazioni di maggior criticità ai fini delle condizioni di stabilità.

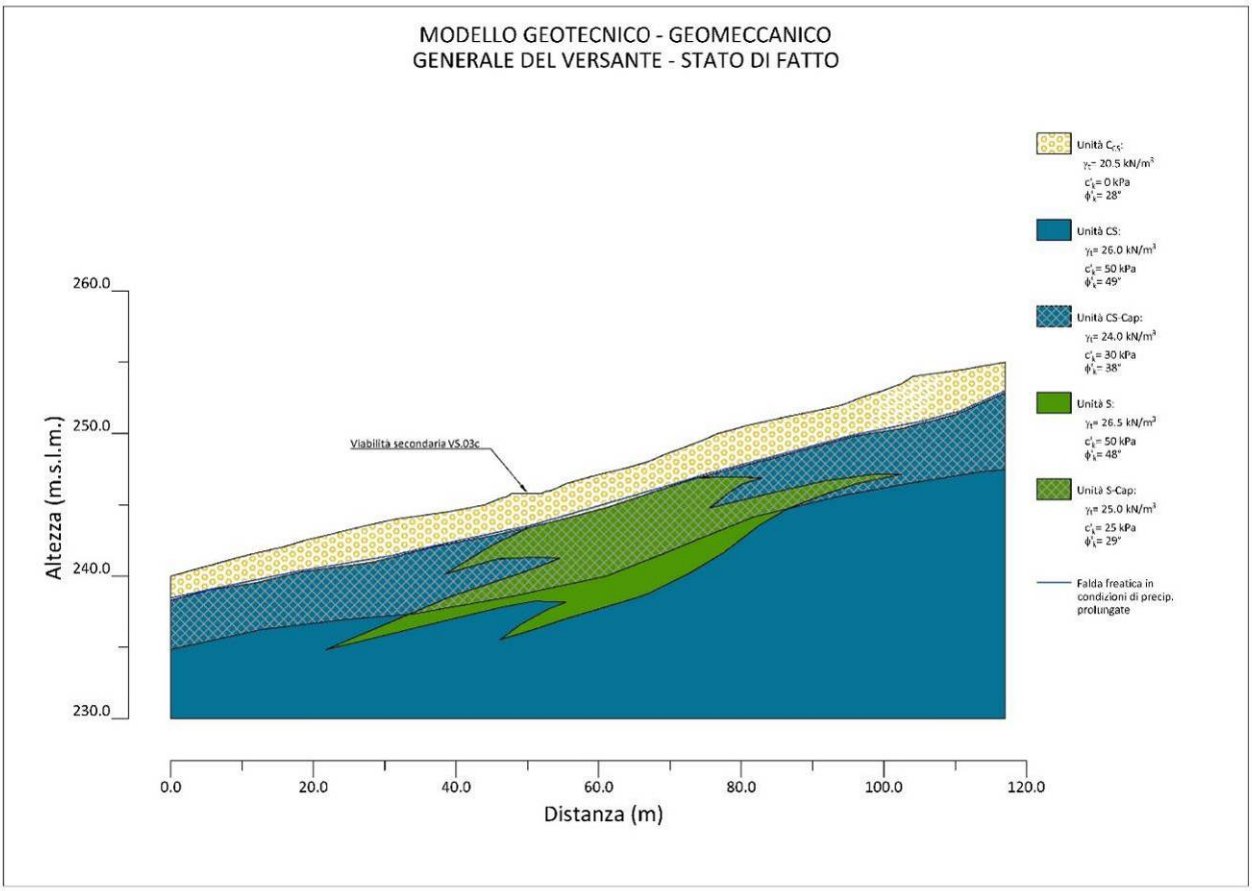


Figura 4.2 - Modello geotecnico impiegato nelle analisi di stabilità

E' stato adottato il noto approccio all'equilibrio limite, secondo il metodo di Morgenstern e Price (1965), basato su una procedura di risoluzione iterativa che consente di soddisfare sia l'equilibrio alla rotazione che quello alla traslazione orizzontale, tenendo conto sia delle forze normali che delle forze di taglio trasmesse tra i conci in cui il pendio viene discretizzato.

L'analisi è stata eseguita utilizzando il codice di calcolo GEO-SLOPE 2007, in grado di effettuare la ricerca automatica delle superfici di scivolamento caratterizzate dal rapporto minimo fra resistenze e azioni di progetto.

Tutte le verifiche sono state eseguite ai sensi delle vigenti NTC2008.

In accordo con quanto riportato al §6.8.1 delle citate norme tecniche, le verifiche sono state eseguite secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2).

In generale nelle NTC2008 (§6.2.3) è richiesto che sia soddisfatta la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni e R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico, ovvero:

$$E_d = E\left[\gamma_F \times F_K ; \frac{X_K}{\gamma_M} ; a_d\right]$$

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} \times R\left[\gamma_F \times F_K ; \frac{X_K}{\gamma_M} ; a_d\right]$$

Nelle formulazioni di cui sopra, il valore degli effetti delle azioni (E) e della resistenza (R) dipendono dai seguenti fattori:

- Azioni di progetto ($\gamma_F \times F_K$): dove F_K rappresenta il valore della generica azione caratteristica e γ_F il relativo coefficiente amplificativo (nel caso specifico appartenente al gruppo A2);
- Parametri di progetto (X_K/γ_M): dove X_K rappresenta il generico parametro meccanico caratteristico del terreno/roccia e γ_M il relativo coefficiente riduttivo (nel caso specifico appartenente al gruppo M2);
- Geometria di progetto (a_d).

Inoltre nella formulazione delle resistenze di progetto (R_d), compare il coefficiente riduttivo della resistenza del sistema geotecnico (γ_R, nel caso specifico appartenente al gruppo R2), da applicare alla resistenza (R).

L'analisi di stabilità globale all'equilibrio limite viene eseguita calcolando il coefficiente riduttivo della resistenza del sistema geotecnico ($\gamma_{R_CALC} = R/E_d$) e valutando che quest'ultimo sia maggiore o uguale al il coefficiente parziale minimo imposto dalla normativa (γ_R), funzione della tipologia di sistema geotecnico studiato (nel caso specifico $\gamma_{R2} = 1.1$).

Le analisi sono state eseguite sia in condizioni statiche (SLU) sia in condizioni sismiche (SLV).

L'analisi di stabilità è stata svolta con i parametri di progetto della coltre, del cappellaccio (CS-Cap ed S-Cap) e del substrato roccioso (CS ed S), desunti dai parametri caratteristici riportati nella relazione geotecnica del progetto definitivo per la realizzazione della Gronda di ponente (Riqualificazione A10 – Potenziamento A7 e A12). Essi, in ottemperanza alle Normative Tecniche sulle costruzioni 2008 sono state ridotte del coefficiente di riduzione parziale M2.

In **Tabella 4.2** sono sinteticamente riportati i parametri di progetto utilizzati per le analisi.

Unità geotecnica/Geomeccanica	γ_t (kN/m³)	ϕ'_{d_M2} (°)	c'_{d_M2} (kPa)
Coltri superficiali	20.5	23.0	0.0
CS-Cap	24.0	32.0	24.0
S-Cap	25.0	24.0	20.0
CS	26.0	42.5	40.0
S	26.5	42.0	40.0

Tabella 4.2 - Parametri di resistenza di progetto utilizzati per l'analisi

La prima verifica è stata effettuata sul modello allo stato attuale, in modo da poter individuare le zone maggiormente predisposte all'instabilità.

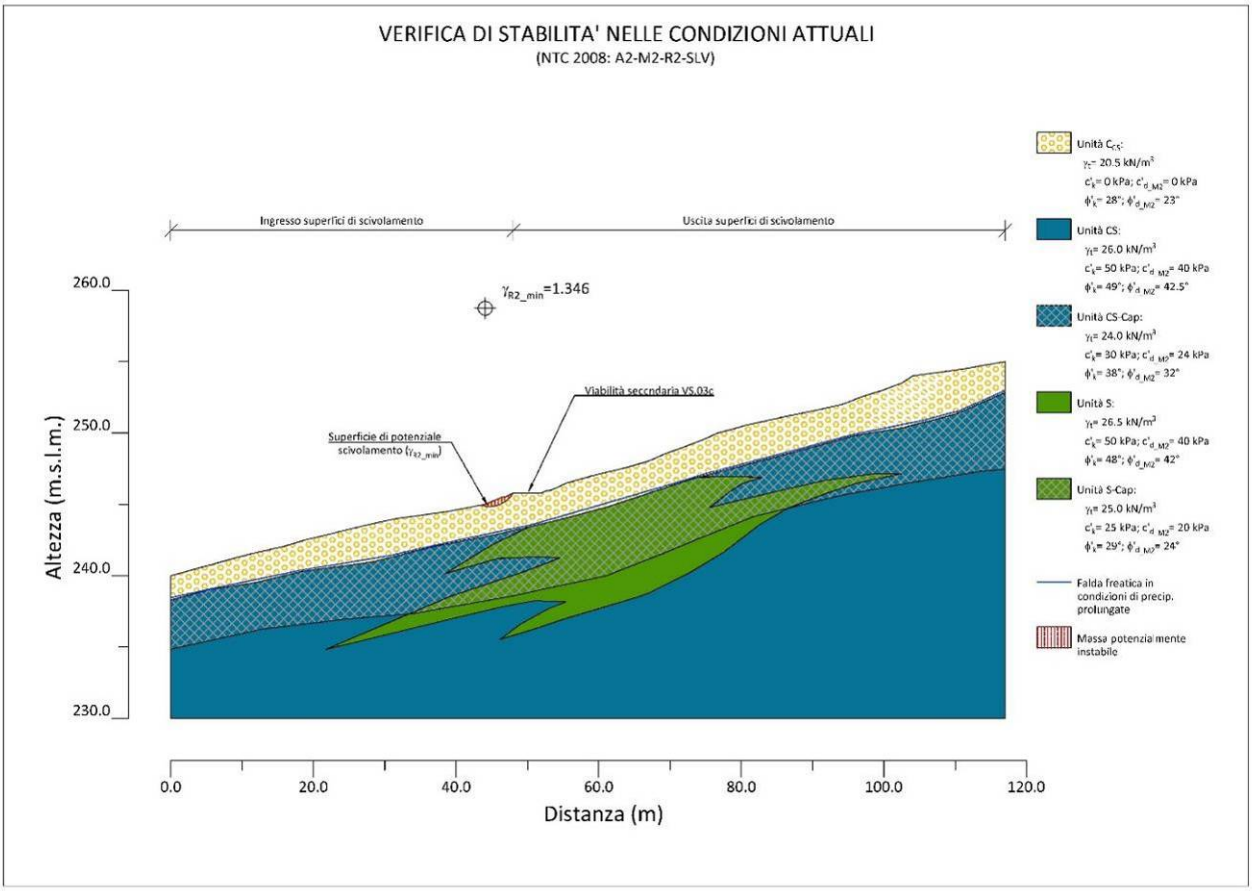


Figura 4.3 - Verifica di stabilità allo stato attuale

La **Figura 4.3** indica una potenziale superficie di scivolamento a valle dell'opera stradale esistente.

Le verifiche di stabilità in condizioni di progetto sono state condotte sia sul fianco destro che su quello sinistro della strada. In questo modo viene verificata in maniera esaustiva l'interazione tra la nuova sede stradale e l'area del dissesto Pg3a.

Le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte tenendo conto di una spinta pseudo statica equivalente, calcolata a partire dai seguenti valori dei coefficienti sismici orizzontale e verticale:

- k_H = 0.032 g
- k_V = ± 0.016 g

Sulla base di quanto definito al Par.7.11.3.5.2 delle NTC 2008, i coefficienti sismici k_h (orizzontale) e k_v (verticale) sono definiti come:

$$k_h = \beta_s \cdot a_{max}$$

$$k_v = \pm k_h / 2$$

essendo

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito = 0.20 (**Tabella 4.3**).

	Categoria di sottosuolo	
	A	**B,C,D,E**
	β_s	β_s
$0.2 < a_g$ (g) < 0.4	0.30	0.28
$0.1 < a_g$ (g) < 0.2	0.27	0.24
a_g (g) < 0.1	0.20	0.20

Tabella 4.3 - Coefficiente βs

La verifica di stabilità globale costituisce una verifica di Salvaguardia della Vita (SLV), pertanto i coefficienti sismici riportati nella tabella seguente sono relativi ad un evento con tempo di ritorno pari a 949 anni.

Per il sito in oggetto risulta:

a_g = 0.087 g

$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$ = $0.087 \cdot 1.5 \cdot 1.2 = 0.157$ g

La verifica di stabilità a monte della strada è stata eseguita in condizioni sismiche.

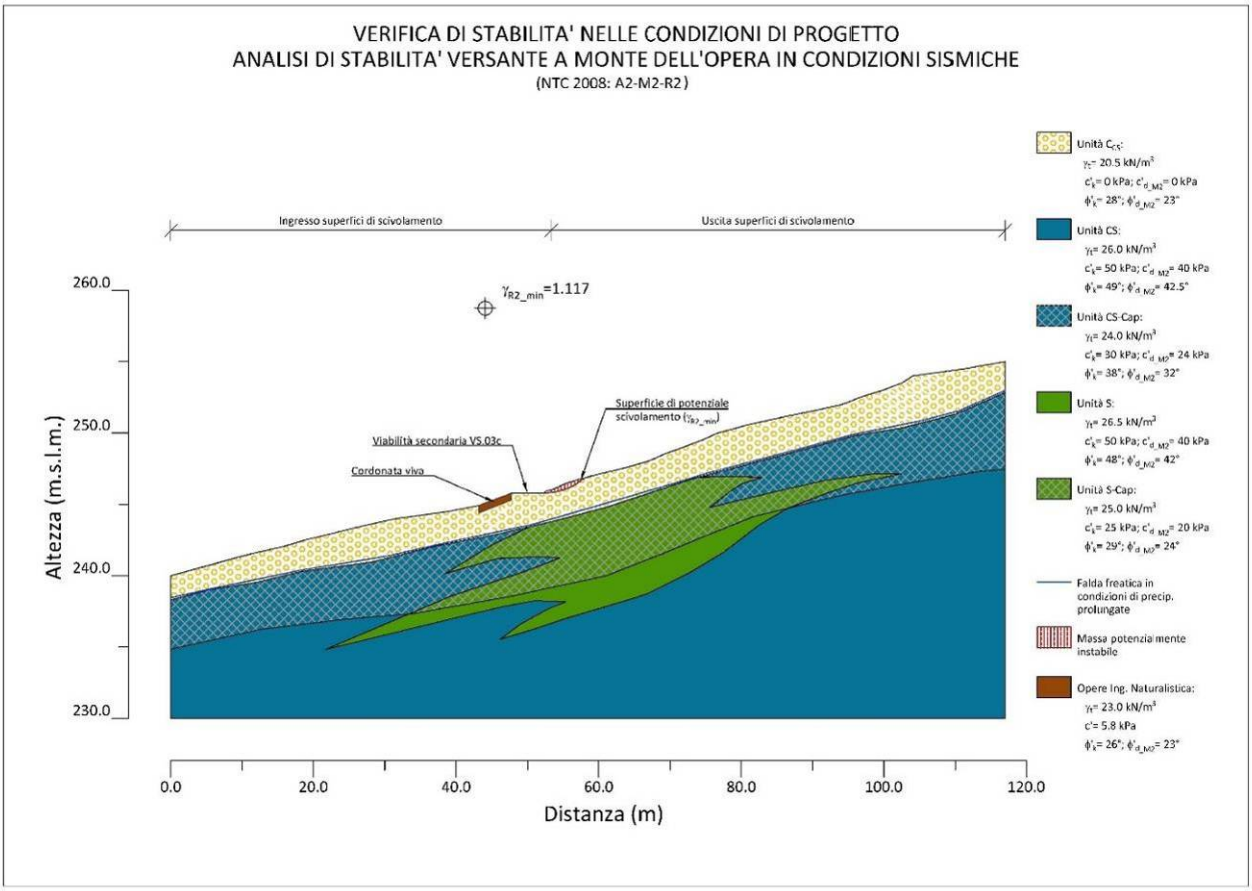


Figura 4.4 - Verifica di stabilità nella porzione a monte dell'opera in condizioni sismiche

Per la verifica di stabilità della porzione a valle della sede stradale vengono considerati sia i carichi sismici che i sovraccarichi stradali accidentali. Quest'ultimi sono stati considerati come carichi distribuiti su una larghezza di 3.0 metri. Il carico, pari a 20 kPa, viene amplificato del coefficiente parziale A2 per carichi variabili sfavorevoli.

In accordo alle NTC2008, i sovraccarichi accidentali da traffico non vanno combinati con le azioni sismiche, per tanto essi sono stati considerati nulli nelle verifiche in condizioni sismiche.

In **Figura 4.5** e **Figura 4.6** sono riportati i risultati delle analisi di stabilità in condizioni statiche dello stato di progetto e in condizioni sismiche, in **Tabella 4.4** sono sinteticamente riassunti i coefficienti γ_{R2_calc} ottenuti dalle analisi svolte.

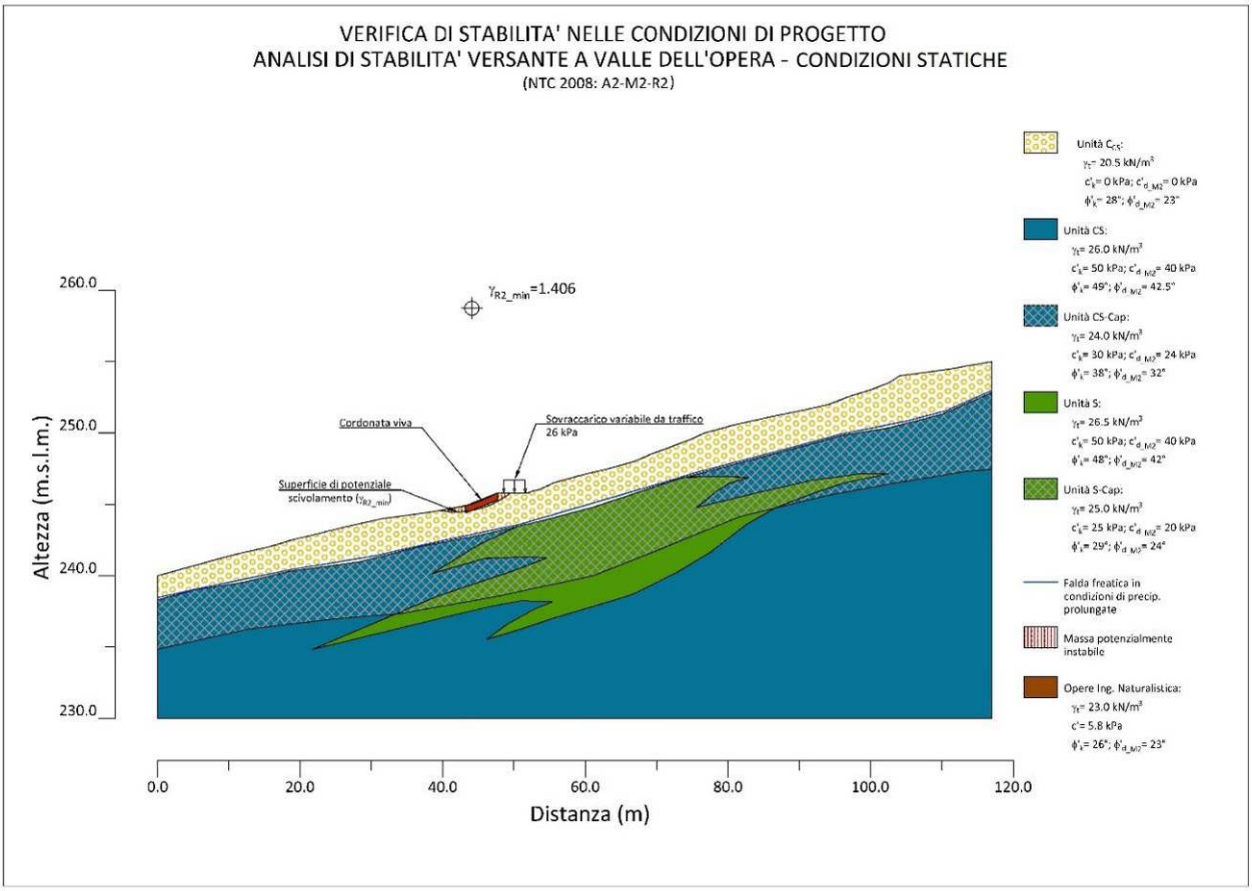


Figura 4.5 - Verifica di stabilità nella porzione a valle dell'opera in condizioni statiche

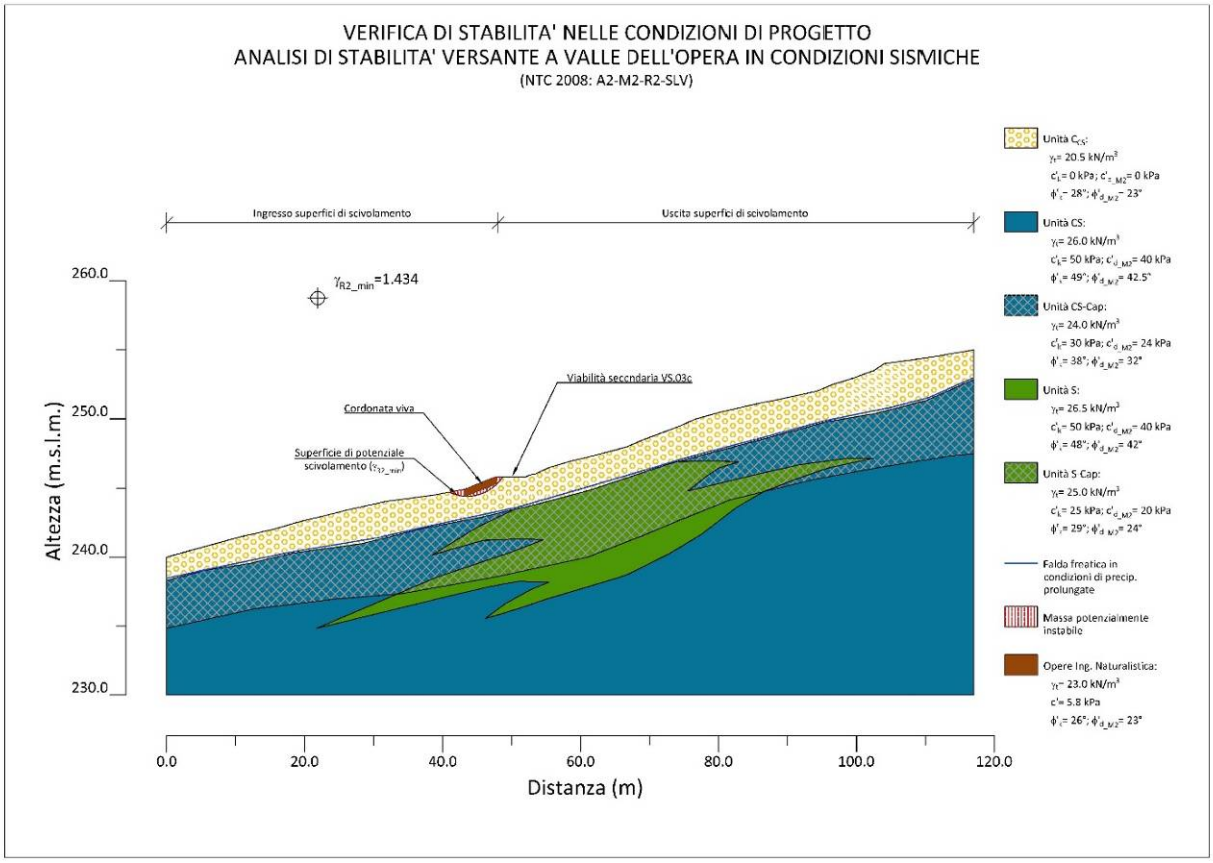


Figura 4.6 - Verifica di stabilità nella porzione a valle dell'opera in condizioni sismiche

Analisi di stabilità	Coefficiente γ_{R2_Calc}
Porzione a monte dell'opera, condizioni sismiche	1.117
Porzione a valle dell'opera, condizioni statiche	1.406
Porzione a valle dell'opera, condizioni sismiche	1.434

Tabella 4.4 - Risultati della analisi di stabilità– Stato di progetto

Per tutti i casi analizzati la stabilità globale dell'opera è verificata, essendo:

$$\gamma_{R2_Calc} < \gamma_{R2,} \qquad \text{dove} \quad \gamma_{R2} = 1.1$$

Il fattore di sicurezza in condizioni statiche risulta essere lievemente inferiore rispetto a quello ottenuto in condizioni sismiche; ciò è dovuto all'assenza dei carichi da traffico in condizioni sismiche, come previsto dalla normativa.

Si fa comunque presente che nel dimensionamento delle opere di ingegneria naturalistica a sostegno della viabilità di servizio, coerentemente con quanto richiesto dalla normativa vigente (NTC 2008), è stata verificata la stabilità globale dell'insieme terreno-opera. Per le specifiche analisi si rimanda quindi alle relazioni di calcolo delle singole opere.

4.4 QUADRO DI SISTESI

Nel seguito vengono riassunti i risultati delle analisi eseguite.

Le analisi ante-operam hanno indagato le condizioni attuali dell'area e possono essere intese come verifiche di stabilità a scala di versante: le analisi mostrano le condizioni critiche con fattori di sicurezza prossimi all'unità.

Le verifiche di stabilità globale del terreno sono poi condotte nelle condizioni di post-operam e cioè in seguito ai lavori, analizzando le condizioni più gravose tenendo conto della geometria delle opere e delle fasi realizzative. Le verifiche si riferiscono all'intero versante che a porzioni significative del versante stesso, dove ritenuto rappresentativo.

Nel caso specifico si è concentrata l'attenzione ad una fascia nell'intorno della viabilità, non andando ad alterare gli equilibri degli ambiti circostanti.

ANALISI ESEGUITE	**FS min**	
	statico	**sismico**
Analisi **ante-operam**	1.346	--
Analisi **post-operam**	1.406	1.434

Alla luce dei risultati delle verifiche analitiche svolte, le opere in progetto e gli accorgimenti costruttivi adottati sono tali da garantire il rispetto dei fattori di sicurezza per la zona instabile interessata dai lavori, sia durante le attività di cantiere che nell'assetto definitivo dell'area.

5. IDRAULICA

5.1 DESCRIZIONE DELLE SISTEMA DI REGIMAZIONE DELLE ACQUE

La viabilità di servizio in esame è situata lungo un versante naturale acclive che non presenta nelle immediate vicinanze un recapito disponibile; pertanto al fine di non alterare la configurazione naturale esistente, è stato adottato uno schema di drenaggio che consente uno scarico diffuso della precipitazione in arrivo, lo scopo fondamentale di tale sistemazione è di rendere la strada “permeabile”.

Tale sistema di drenaggio evita la concentrazione delle portate di scarico in pochi punti che provocherebbero un notevole incremento della capacità erosiva dell’acqua. Per ovviare a queste problematiche si è quindi scelto di scaricare la precipitazione in arrivo con una frequenza diffusa prevedendo interasse medio di scarico ogni 10-30 m. L’interasse di scarico dipende essenzialmente dalla pendenza della viabilità in progetto, dal bacino di monte sotteso e dalle opere presenti nel tratto di interesse (paratie e muri), che hanno comportato scelte progettuali diverse.

Il drenaggio è costituito essenzialmente da un sistema di raccolta marginale primario, ossia da cunette triangolari (CT0), caditoie carrabili, embrici, che consente di convogliare l’acqua presente sulla piattaforma stradale verso i dispositivi di scarico costituiti da collettori trasversali in PP di diametro DN400. Nei punti di scarico il terreno viene protetto mediante l’impiego di materassi metallici che prevengono l’insorgere di fenomeni erosivi localizzati.

6. RACCOMANDAZIONI ESECUTIVE DURANTE I LAVORI

Durante le lavorazioni previste, al fine di prevenire fenomeni di erosione e/o di arretramento/espansione delle aree di dissesto, valgono le seguenti raccomandazioni:

- durante i lavori devono essere presi tutti gli accorgimenti aventi lo scopo di raccogliere e regolare la circolazione delle acque superficiali evitando ristagni e situazioni che possano comportare l'evoluzione di fenomeni erosivi; a tergo delle opere provvisorie di sostegno/contenimento delle terre devono essere sempre previsti drenaggi e/o canalette di raccolta al fine di assicurare la raccolta e smaltimento delle acque superficiali;

- i movimenti terra devono essere limitati allo stretto necessario, adottando tutti gli accorgimenti utili al fine di evitare, durante e dopo l'esecuzione, situazioni che possano comportare fenomeni di degrado delle caratteristiche meccaniche di resistenza delle coltri potenzialmente instabili (eventuali interventi di soil nailing); qualora, durante le operazioni di scavo/movimento terra, si evidenziano particolari condizioni di instabilità a breve termine, gli sbancamenti devono essere eseguiti per settori contenuti ed essere seguiti dall'immediata realizzazione delle opere di contenimento/consolidamento;

- eventuali depositi temporanei dei materiali di scavo devono essere eseguiti con pendenze delle scarpate congrue alle caratteristiche di resistenza dei materiali in modo da evitare fenomeni erosivi lungo le scarpate e/o di ristagno delle acque; la posizione di tali depositi deve essere tale da non compromettere la stabilità delle aree interessate; il depositi

- i riporti di terreno, anche provvisori, devono essere eseguiti per strati, previa predisposizione dei piani di posa (scotico, regolarizzazione e/o eventuale gradonatura) assicurando il compattamento dei terreni; devono essere comunque sempre previste opere di regimazione ed allontanamento delle acque e protezione dei fenomeni erosivi delle scarpate.

7. INDAGINI INTEGRATIVE PROPEDEUTICHE AL MONITORAGGIO GEOTECNICO

A completamento delle attività effettuate, sono state eseguite nel 2015-2016 le indagini di seguito descritte:

- n.1 sondaggio a carotaggio continuo ed uno a distruzione nella porzione medio-sommitale dell'area classificata come Pg3a, in modo tale da definire in maniera più precisa lo spessore dei depositi superficiali e della zona a maggior fratturazione e alterazione dell'ammasso roccioso ("Cappellaccio"). Nelle due perforazione sono stati installati un inclinometro ed un piezometro.

7.1 STUDIO DEGLI SPOSTAMENTI SUPERFICIALI CON DATI RADAR SATELLITARI

A scala dell'intero progetto è stato attivato uno studio dei movimenti mediante analisi interferometrica da satellite.

L'interferometria costituisce oggi un valido strumento operativo per il monitoraggio da remoto di vaste aree della superficie terrestre, quali quelle interessate dal progetto della Gronda, senza la necessità di installare strumentazione a terra.

Sono stati acquisiti i dati di archivi storici di immagini satellitari relativi all'intera area di intervento.

L'utilizzo dei dati satellitari ENVISAT e COSMO-SkyMed, entrambe in doppia geometria, ha permesso di studiare le deformazioni dell'area analizzata (Figura 5-1) relative ad un periodo temporale che va da Luglio 2004 ad Agosto 2015.

In particolare:

- l'elaborazione con dati ENVISAT ascendenti è relativa al periodo 07/2004 – 10/2010 ed ha permesso di misurare le deformazioni superficiali di circa 170.000 punti distribuiti sull'intera area d'interesse (43 immagini ENVISAT acquisite in geometria ascendente con angolo d'incidenza di 22,84° e risoluzione a terra di 25 m x 5 m).
- l'elaborazione con dati ENVISAT discendenti è relativa al periodo 10/2004 – 10/2010 ed ha permesso di misurare le deformazioni superficiali di circa 165.000 punti distribuiti sull'intera area d'interesse (50 immagini ENVISAT acquisite in geometria discendente con angolo d'incidenza di 22,83° e risoluzione a terra di 25 m x 5 m).
- l'elaborazione con dati COSMO-SkyMed ascendenti è relativa al periodo 02/2011 – 08/2015 ed ha permesso di misurare le deformazioni superficiali di circa 2.540.000

punti distribuiti sull'intera area d'interesse (76 immagini COSMO-SkyMed acquisite in geometria ascendente con angolo d'incidenza di 33,97° e risoluzione a terra di 3 m x 3 m).

- l'elaborazione con dati COSMO-SkyMed discendenti è relativa al periodo 11/2009 – 08/2015 ed ha permesso di misurare le deformazioni superficiali di circa 2.735.000 punti distribuiti sull'intera area d'interesse (84 immagini COSMO-SkyMed acquisite in geometria discendente con angolo d'incidenza di 26,65° e risoluzione a terra di 3 m x 3 m).



Figura 7-1 – Area d'interesse. Immagine ottica ottenuta da Google con sovrapposizione dell'area analizzata (poligono arancione) e del tracciato dell'infrastruttura prevista (linea grigia)

Per l'area in esame, oggetto della presente scheda, per orientamento o per l'assenza di PS sul territorio, non risultano disponibili né evoluzioni temporali (serie storiche) né le componenti est-ovest e verticale.

Al fine di intensificare la presenza dei punti di misura nelle aree analizzate saranno installati almeno n. 4 – 6 riflettori artificiali a doppia geometria.

La scelta del posizionamento dei riflettori artificiali è strettamente legata al fenomeno che si intende monitorare. Contemporaneamente sarà necessario prendere in considerazione anche l'aspetto radaristico del problema, ovvero avere l'accortezza di scegliere aree di installazione che possiedano queste caratteristiche:

- Visibilità da satellite: l'area in cui installare i riflettori deve essere visibile da satellite in tutte le geometrie di acquisizione che verranno utilizzate (tipicamente ascendente e discendente);
- Rumore di fondo basso: l'area di installazione deve essere sufficientemente buia affinché il riflettore artificiale sia facilmente identificabile e che esso non interferisca con oggetti riflettenti già presenti nelle vicinanze. E' per questo consigliata l'installazione in aree sufficientemente lontane (almeno 15 metri) da case, pali in metallo, recinzioni, …

Il processo di installazione è suddiviso nelle seguenti fasi:

- Fase 1. Studio delle posizioni di installazione dei riflettori artificiali, sulla base sia dei requisiti geologici inerente al fenomeno in studio, sia dei requisiti radar-satellitari.
- Fase 2. Realizzazione delle strutture di sostegno del riflettore artificiale.
- Fase 3. Assemblaggio in sito dei riflettori artificiali.
- Fase 4. Orientamento dei riflettori.
- Fase 5. Misura GPS per la rilevazione della quota di ciascun riflettore.

Per una maggiore comprensione di eventuali fenomeni di spostamento superficiale e al fine di confermarne l'assenza o valutarne l'evoluzione e consentire un'eventuale integrazione con altre tecniche di monitoraggio, è, inoltre, previsto che il monitoraggio interferometrico continui anche durante la fase di costruzione dell'infrastruttura autostradale.

8. CONCLUSIONI

In corrispondenza della strada di servizio VS.03 asse C, prevista all'interno del piano di realizzazione del nodo stradale e autostradale di Genova A7-A10-A12, è presente un'area di frana catalogata come PG3a "frana quiescente" dalla cartografia del Piano di Bacino. Dai risultati del rilievo geomorfologico si rileva la presenza diffusa di alberi inclinati ed uncinati, inoltre, un abitante della zona ha riferito di un dissesto avvenuto qualche decina di anni fa. La presenza di locali instabilità è probabilmente connessa alla cessata attività di manutenzione dei terrazzamenti da parte dell'uomo. Ad ogni buon conto, a titolo cautelativo, si è scelto di cartografare quest'area come soggetta ad evoluzione (frana attiva).

Sono state svolte analisi numeriche di stabilità del versante in esame al fine di valutare l'influenza dell'intervento di allargamento della strada esistente previsto nel progetto definitivo.

Le analisi di stabilità hanno messo in luce come le condizioni di stabilità del versante a lavori ultimati risulteranno migliorative rispetto alle condizioni attuali nella porzione dell'area interessata dalla sistemazione della strada.

Oltre a questo il dimensionamento delle opere è stato condotto considerando un modello geotecnico cautelativo con riferimento ai parametri di resistenza al taglio residui per le coltri superficiali potenzialmente instabili, agli spessori della coltre, al livello di falda, l'azione sismica e i carichi variabili del traffico. Gli accorgimenti costruttivi adottati (cordonata viva) e le fasi realizzative sono tali da garantire, nei confronti della stabilità dei versanti, il rispetto dei fattori di sicurezza nell'assetto definitivo.

Per quanto evidenziato sopra si può concludere che le opere per l'allargamento della strada esistente non interferiscono negativamente con le condizioni di stabilità dell'area di frana ARZ035.

In ogni caso è stato previsto un piano di indagini integrative propedeutiche al monitoraggio geotecnico: un sondaggio di profondità e un piano di acquisizione di immagini satellitari tramite interferometria. Questi nuovi dettagli aiuteranno ad implementare il modello geologico e geotecnico e a verificare l'efficacia nel tempo delle opere strutturali previste nel progetto.

Il suddetto piano di monitoraggio geotecnico, sarà , altresì, integrato con un piano di acquisizione di immagini satellitari elaborate con i metodi dell'interferometria radar, a favore di una visione più completa dell'evoluzione dei fenomeni studiati.

Alla luce di quanto sopra, si ritiene che gli interventi previsti nel progetto, contribuendo al miglioramento della stabilità del versante interferito, siano tali da poter acquisire il parere del Comitato Tecnico di Bacino ai sensi dell'art. 11 c. 4 lett. b) della LR n.58/2009 ed il parere della Provincia.

ALLEGATI

- *Allegato n.1* - Stralcio Carta suscettività al dissesto da Piano di Bacino con progetto ed indagini eseguite
- *Allegato n.2* - Stralcio carta geologica (aggiornata marzo 2016)
- *Allegato n.3* - Stralcio carta geomorfologica (aggiornata marzo 2016)
- *Allegato n.4* - Carta geomorfologica di dettaglio, indagini integrative e punti di ripresa fotografici
- Allegato n.5 - Sezione geologica
- *Allegato n.6* - Scheda di sintesi
- *Allegato n.7* - Stratigrafia sondaggi
- *Allegato n*.8 – Prove di laboratorio
- *Allegato n.9* - Analisi di stabilità