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 – TORRENTE POLCEVERA
FRANA 802

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	8	5	–	1	SCALA: –

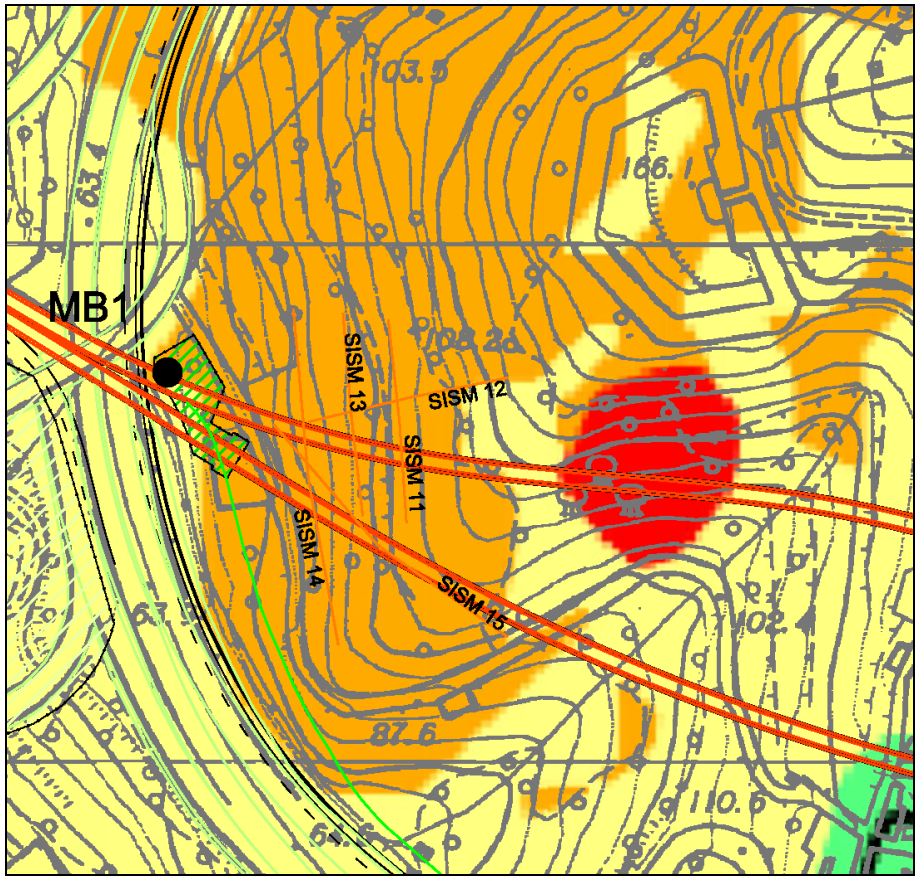
	PROJECT MANAGER:		SUPPORTO SPECIALISTICO:		REVISIONE	
spea ENGINEERING gruppo Atlantia	Ing. Sara Frisiani Ord. Ingg. Genova N. 9810A				n.	data
					0	Gennaio 2016
					1	Ottobre 2016
					2	
	REDATTO:		VERIFICATO:		3	
					4	

	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 802 (PG4)

OPERA INTERFERENTE: GALLERIA MORO 1



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

3.3.1 Aree Interferenti 10

3.3.2 Classificazione e caratteristiche dissesto Pg4 10

3.3.3 Interventi previsti dal Piano di Bacino 12

3.4 DISSESTI SEGNALATI DALL'INVENTARIO FENOMENI FRANOSI D'ITALIA 12

3.5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO 13

3.6 INDAGINI ESEGUITE 13

3.7 RILEVAMENTO GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO 18

3.8 CAUSE DEL DISSESTO 28

3.9 DESCRIZIONE SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA 29

4. ASPETTI GEOTECNICO - INGEGNERISTICI 30

4.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA 30

4.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO 35

4.3 ANALISI DI STABILITÀ 38

5. INDAGINI INTEGRATIVE PROPEDEUTICHE AL MONITORAGGIO GEOTECNICO 44

5.1 STUDIO DEGLI SPOSTAMENTI SUPERFICIALI CON DATI RADAR SATELLITARI 44

6. CONCLUSIONI 47

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 gennaio 2016)
- *Allegato n.3* - Stralcio carta geomorfologica (aggiornata gennaio 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 e geofisica
- *Allegato n.8* - Prove di laboratorio
- *Allegato n.9* - Analisi di stabilità

Annessi alla Scheda:

- *Elaborato SGT0186: "Schede dissesti Pg4 e Pg3a – Frana 802 (Pg4) – Opere interferenti: Planimetria e sezione – Sistemazione definitiva"*

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 molto alta (Pg4) 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*

- *GEO0008: Carta geologica – Tavola 7*
- *GEO0026: Carta geomorfologica – Tavola 7*
- *APE0001: Relazione geotecnica*
- *TUN0005: Gallerie Naturali – Relazione di calcolo gallerie autostradali realizzate in tradizionale*

In particolare, il presente documento riporta le valutazioni geologiche-geomorfologiche e geotecniche-ingegneristiche relative alla frana codificata 802, che risulta interferente con la galleria Moro 1 fra le progressive chilometriche 0+180 e 0+991.

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 (GEO0008 - cfr. stralcio riportato nell'Allegato 2);
- profili geologici in asse ai tracciati delle opere principali;
- carta geomorfologica (GEO0026 - 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.

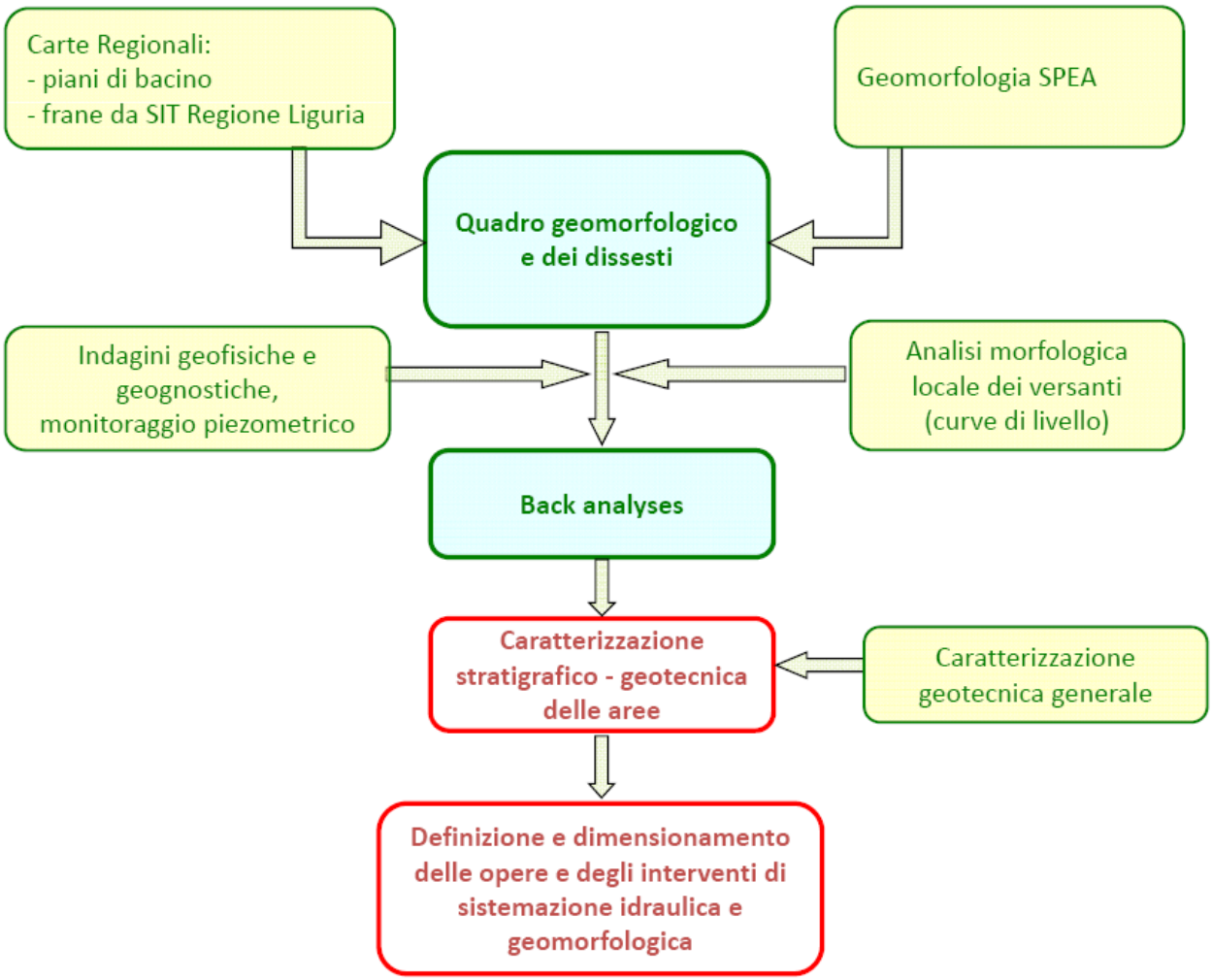


Figura 2-1 – Schema generale metodologia

3. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

3.1 ELEMENTI IDENTIFICATIVI

LOCALITÀ: FORTE CROCETTA

COMUNE: GENOVA

PROVINCIA: GENOVA

BACINO: Torrente Polcevera

ID FRANA (da Carta della Franosità reale Piano di Bacino): 802

3.2 CARTOGRAFIA

CTR 1:10.000: 213150

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).

3.3.1 Aree Interferenti

L'oggetto della presente scheda è l'interferenza tra il dissesto **Pg4** e la galleria Moro 1 fra le progressive chilometriche 0+180 e 0+991.

3.3.2 Classificazione e caratteristiche dissesto Pg4

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

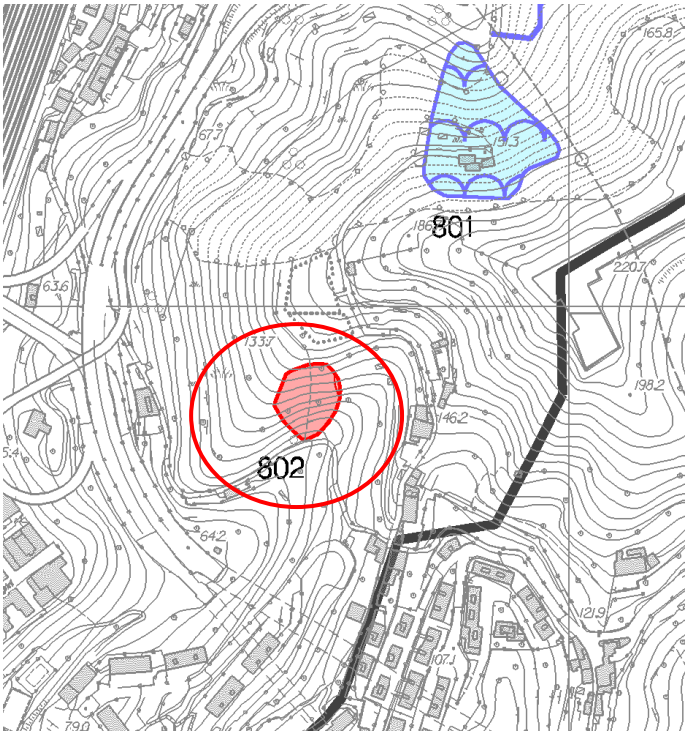
a) Tipologia di frana:

	Superficiale (SS)
	Colamento (DF)
X	Scorrimento o scivolamento (SC)
	Scorrimento o scivolamento rotazionale (SCr)
	Scorrimento o scivolamento planare (SCp)
	Crollo o ribaltamento(CL)
	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:

X	Attiva
	Quiescente
	Stabilizzata



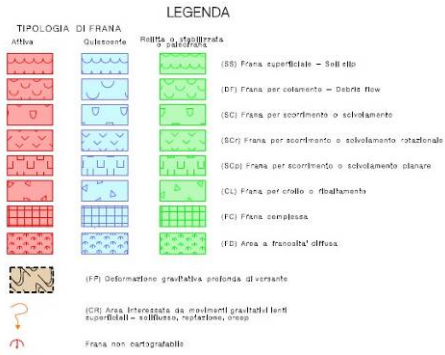


Figura 3-1 - Stralcio Carta della franosità reale da Piano di Bacino

3.3.3 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.

3.4 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 3-2**) non identifica sul versante alcun dissesto attivo nell'area di studio, solamente una zona ubicata a nord dell'area di interesse, interessata da franamenti superficiali diffusi quiescenti (indicata con il numero 1 in Figura 3-2):

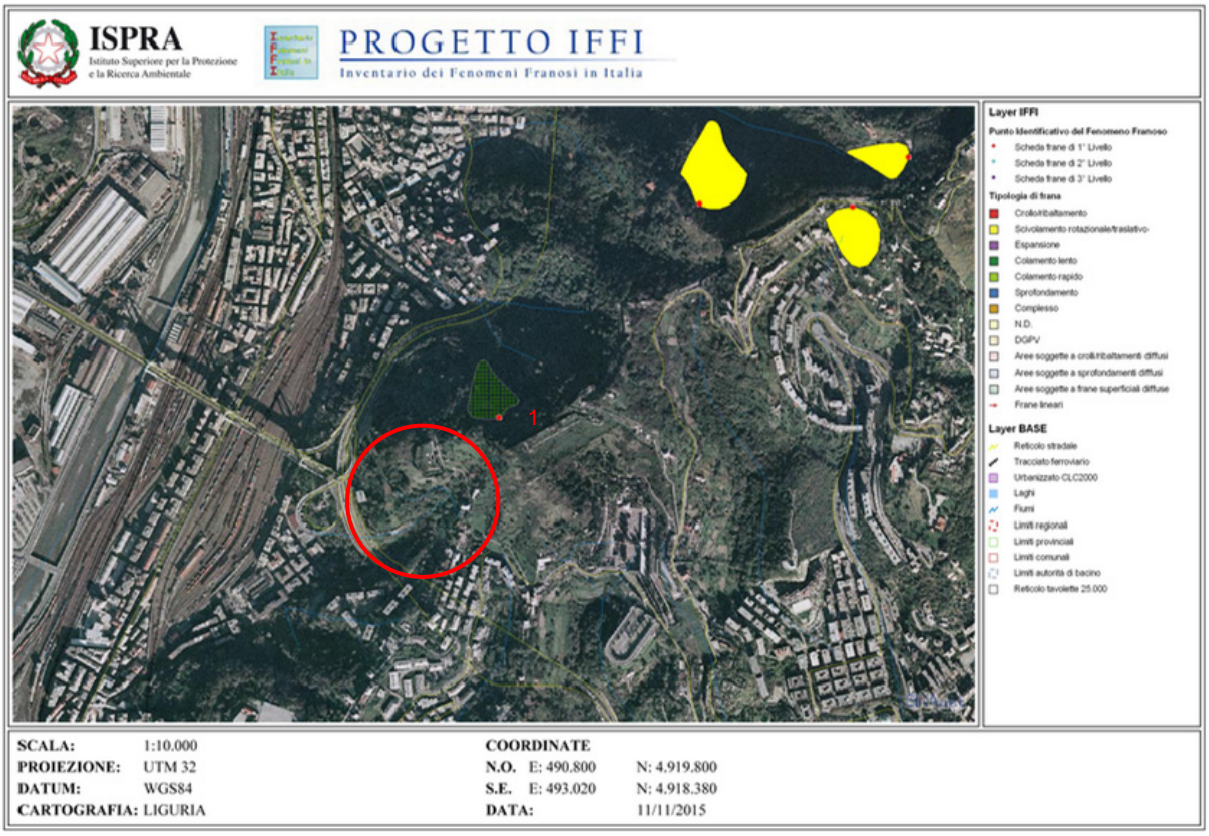


Figura 3-2 –– Frane da IFFI (http://www.isprambiente.gov.it)

3.5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area in esame in cui è inclusa la Pg4 si imposta nell'Unità Tettonica Ronco, qui rappresentata dalla Formazione di Ronco (Allegato 2).

Formazione di Ronco (ROC)

Torbiditi costituite da areniti fini grigiastre, a laminazione piano-parallela, localmente convoluta, siltiti marnose e argilliti, in strati da centimetrici a decimetrici con interstrati siltitici di spessore da millimetrico a centimetrico. Verso il tetto sono presenti strati di 70-80 cm di spessore. La stratificazione è sempre piano-parallela a scala dell'affioramento.

L'unità non presenta tracce significative di metamorfismo ed il contenuto paleontologico è limitato a nannoplancton calcareo (mal conservato), che fornisce indizi di età compresa tra il Santoniano superiore e il Campaniano inferiore. I disturbi sono maggiori nella porzione medio - bassa dell'unità, dove il rapporto tra gli stati arenitici e le intercalazioni pelitiche può oscillare tra 1:1 ed 1:2. Nella parte medio - alta della formazione, caratterizzata da strati decisamente più massicci con interstrati pelitici sottili, i disturbi sono meno evidenti e la clastesi è concentrata in fasce più ristrette.

I *depositi superficiali* hanno spessore compreso fra 4 m e 6 m circa e sono rappresentati essenzialmente da depositi di versante e depositi eluvio/colluviali.

Da un punto di vista geomorfologico, l'area di interesse si sviluppa lungo il versante idrografico sinistro del Torrente Polcevera, in prossimità del Viadotto Morandi lungo la A10. Il versante si presenta con acclività medio-alta ed è caratterizzato dalla presenza di aree coltivate e abitate alla base del versante; localmente l'area è colonizzata da vegetazione ad alto fusto ed arbustiva mentre sulla sommità è presente il Forte Crocetta (Allegato 3).

3.6 INDAGINI ESEGUITE

Nell'ambito della campagna di indagini a supporto del Progetto Definitivo, nell'intorno dell'area di studio è stato eseguito un sondaggio a carotaggio (MB1), realizzato su una rampa dell'autostrada alla base del versante, e cinque stendimenti di sismica a rifrazione, in corrispondenza degli imbocchi di progetto, di cui due paralleli alle isoipse del versante (SISM 11 e SISM 13), uno lungo la massima pendenza (SISM 12), intersecante le stese SISM 11 e SISM 13, uno perpendicolare ai cavi delle gallerie Moro 1 e Moro 2 (SISM 14) e uno orientato circa lungo lo sviluppo della galleria Moro 2 (SISM 15) (**Figura 3-3**).

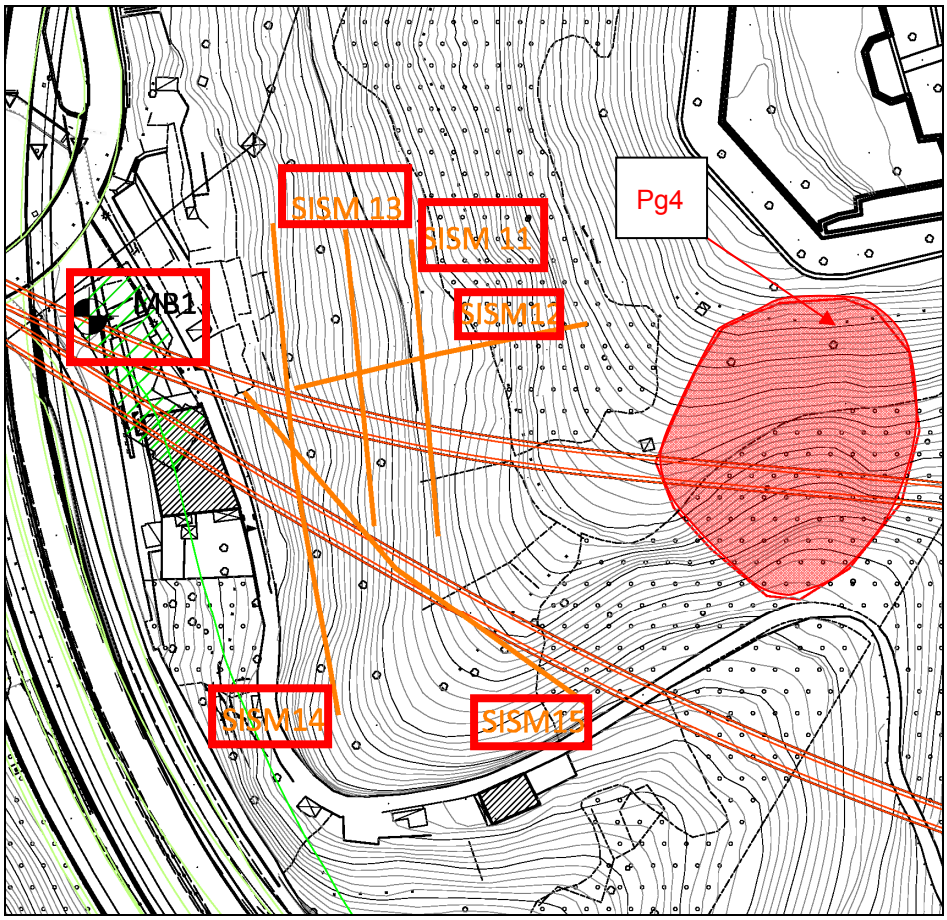


Figura 3-3 - Stralcio planimetrico con l'ubicazione delle indagini

Dalla stratigrafia del sondaggio MB1, realizzato al di fuori della zona del dissesto, si rileva la presenza di uno strato molto rilevante di riporto, detrito e regolite (fino a 15 m) al di sopra del substrato rappresentato dalle alternanze di arenarie, siltiti e argilliti della Formazione di Ronco. La soggiacienza dell'acqua – misurata il 28/07/2010 – risultava essere -20.50 m da p.c.

I tre profili sismici, riportati da **Figura 3-4** a, **Figura 3-8** indicano la presenza di tre unità sismiche caratterizzate da differenti velocità di propagazione delle onde di compressione (P) e delle onde di taglio (S):

- Unità sismica 1: caratterizzata da velocità delle onde P compresa fra 0.4 km/s e 0.8 km/s e velocità delle onde S compresa fra 0.1 km/s e 0.4 km/s, con spessore compreso fra 4 m circa e 6 m circa, ascrivibile ai depositi sciolti superficiali;
- Unità sismica 2: caratterizzata da velocità delle onde P compresa fra 1.2 km/s e 1.5 km/s e velocità delle onde S compresa fra 0.5 km/s e 0.8 km/s, con spessore compreso fra 6 m circa e 10 m circa, ascrivibile alla porzione più alterata e fratturata dell'ammasso roccioso;

- Unità sismica 3: caratterizzata da velocità delle onde P compresa fra 2.0 km/s e 4.4 km/s e velocità delle onde S compresa fra 0.9 km/s e 1.8 km/s, ascrivibile all'ammasso roccioso poco fratturato e poco alterato;

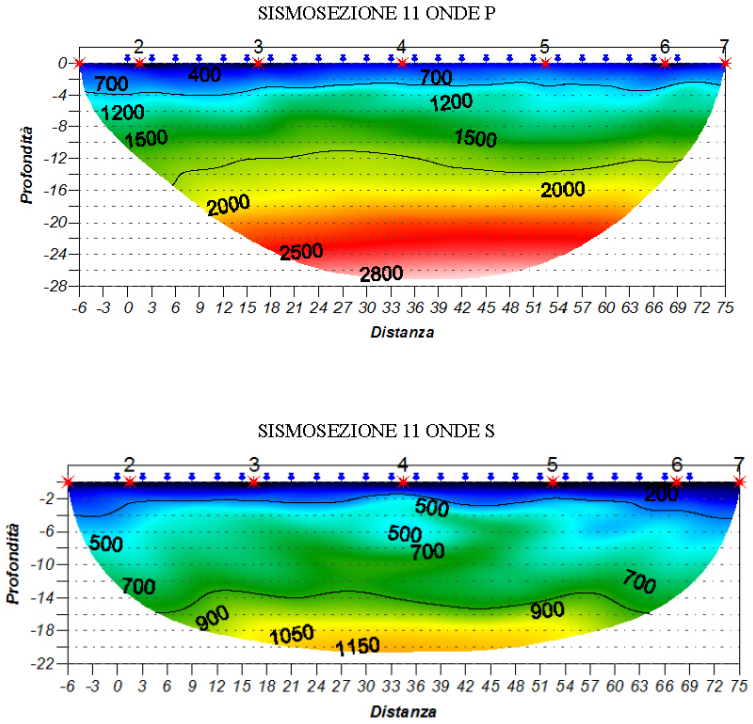
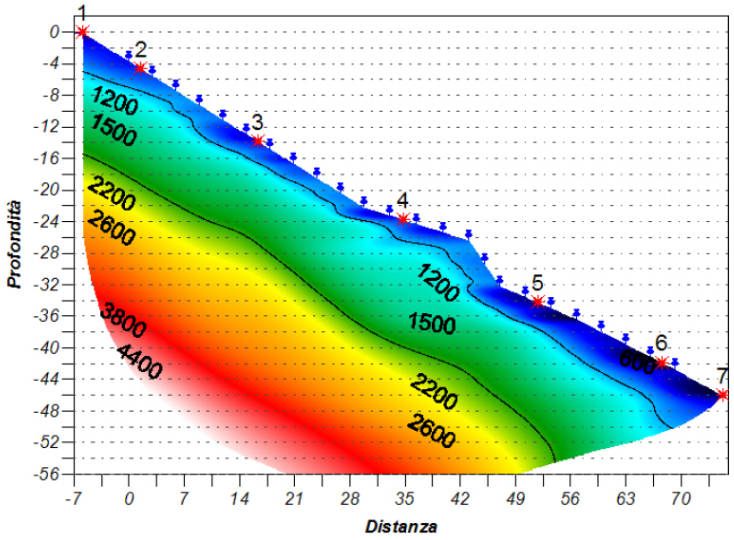


Figura 3-4 – Interpretazione profilo sismico SISM 11

SISMOSEZIONE 12 ONDE P



SISMOSEZIONE 12 ONDE S

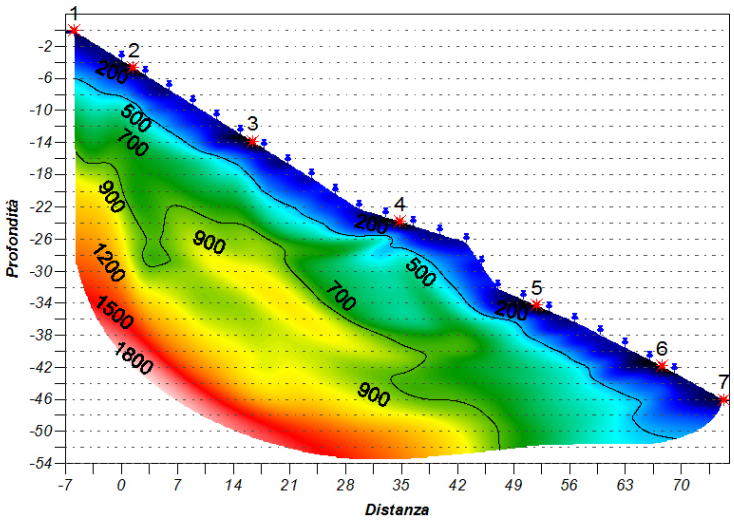


Figura 3-5 – Interpretazione profilo sismico SISM 12

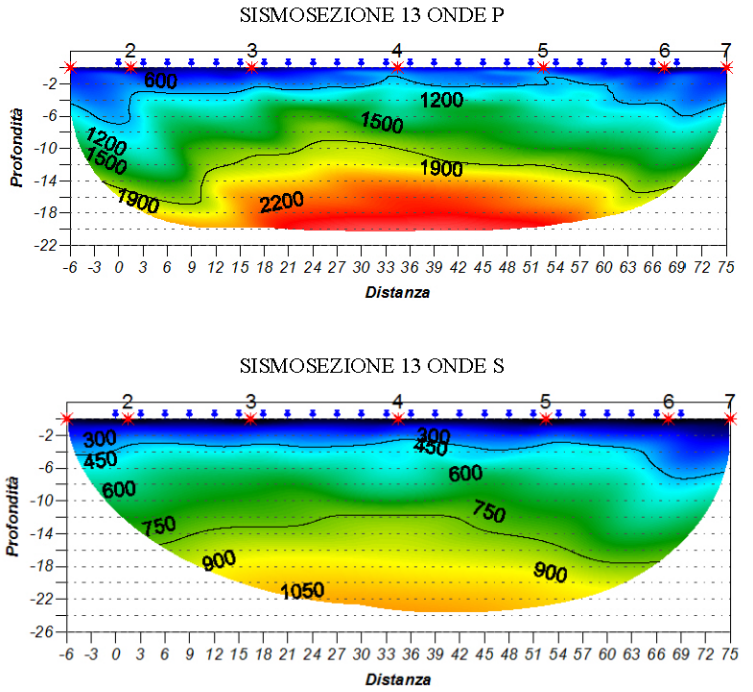


Figura 3-6 – Interpretazione profilo sismico SISM 13

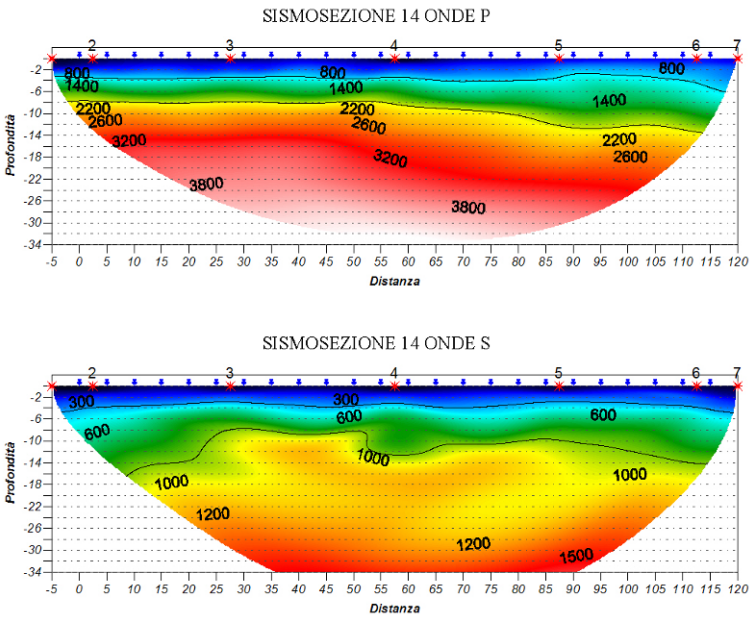


Figura 3-7 – Interpretazione profilo sismico SISM 14

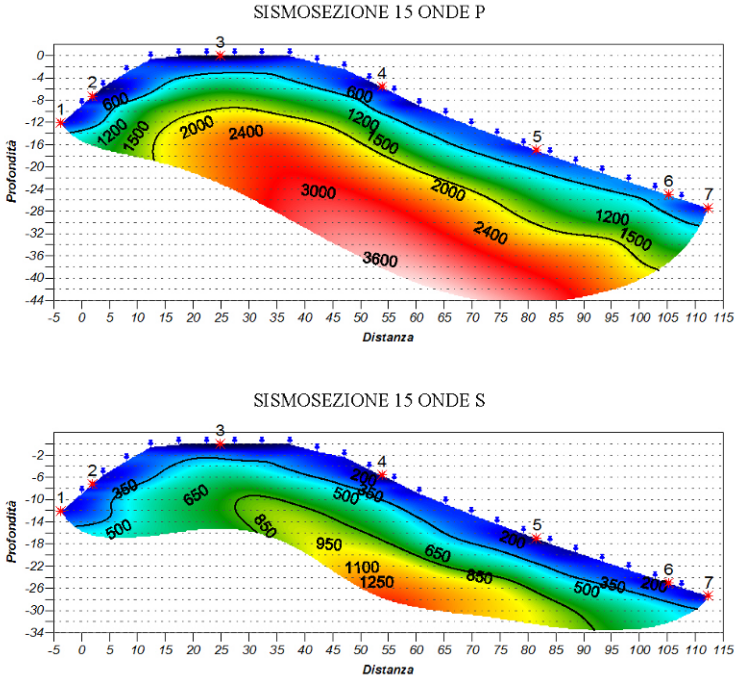


Figura 3-8 – Interpretazione profilo sismico SISM 15

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

3.7 RILEVAMENTO GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO

In data 16/12/2015 è stato effettuato un sopralluogo nella zona classificata dai documenti del Piano di Bacino come Pg4, procedendo dalle quote più elevate (Forte Crocetta) fino alle quote più basse, e nel suo intorno significativo, con lo scopo di affinare e integrare le conoscenze rispetto agli elementi geologici e geomorfologici in sito.

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 di potenziali o reali cinematismi. Di seguito viene descritto quanto evidenziato durante il sopralluogo; in Allegato 4 è riportata la planimetria con indicati tutti gli elementi significativi rilevati.

- Il versante in esame è caratterizzato da acclività accentuata ed è colonizzato nella sua porzione inferiore e laterale da fitta vegetazione (sia ad alto fusto sia arbustiva). Osservando l'areale di studio, non è agevole individuare l'area PG4, che non risulta evidenziata né da cambio di vegetazione né da variazioni di pendenza. La morfologia complessiva del versante presenta una forma concava nella porzione medio inferiore del versante, che potrebbe far supporre la presenza di una forma relitta di frana, della quale tuttavia non si percepiscono con chiarezza i limiti.



Foto 1 - Panoramica dell'area.

- Lungo il muro di sottoscarpa della strada che conduce al forte è stata rilevata una porzione di recente rifacimento, probabilmente dovuta a problematiche di crollo parziale della struttura; la zona a valle di questo tratto è molto degradata e presenta evidenze di movimenti della coltre superficiale.).



Foto 2 – Porzione ricostruita del muro di sottoscarpa (q.146 m s.m.)



Foto 3 – Area a valle del muro di sottoscarpa di Via al Forte Crocetta (q.143 m s.m.)



Foto 4 – Area a valle del muro di sottoscarpa di Via al Forte Crocetta (q.143 m s.m.)

- Il muro di cinta del Forte appare, genericamente, in buono stato di conservazione; è stata però osservata una frattura in corrispondenza dell'angolo di SW, presumibilmente connessa a un cedimento localizzato.



Foto 5 – Frattura nel muro perimetale di Forte Crocetta

- Lungo i terrazzamenti della zona a ovest dell'area Pg4 sono stati rilevati alcuni dissesti in corrispondenza dei muri di sostegno a secco, il cui sviluppo è legato con ogni probabilità all'infiltrazione delle acque meteoriche a monte dei muretti stessi.



Foto 6 – Dissesto in corrispondenza di un terrazzo (q.131 m s.m.)

- La porzione superiore del versante a valle del Forte e la porzione a nord ovest dell'area classificata come Pg4, entrambe adibite a pascolo, sono caratterizzate dalla presenza di vegetazione erbacea ed arbustiva e da una morfologia legata a processi di reptazione, movimenti della coltre superficiale e di soliflusso.



Foto 7 – Versante a valle del Forte interessato da processi di reptazione (q.130÷134 m s.m.)



Foto 8 – Versante ovest a valle del Forte interessato da processi di reptazione e soliflusso (q.140÷147 m s.m.)

- Lungo il sentiero a valle del forte, nell'intorno di q.120÷125 m s.m. circa sono stati osservati piccoli dissesti in corrispondenza del ciglio inferiore del camminamento presumibilmente connessi all'azione di infiltrazione delle acque meteoriche.



Foto 9 – Dissesto del ciglio del sentiero (q.121 m s.m.)

- È stata rilevata la presenza di un dissesto in corrispondenza del versante sudovest del Forte, a circa q.138 m s.m.; il dissesto ha interrotto la continuità dei muretti a secco dei terrazzi



Foto 10 – Orlo di scarpata di frana sul versante ovest a valle del forte (q.138 m s.m.)



Foto 11 – Deposito di frana sul versante ovest a valle del forte (q.128÷132 m s.m.)

- Nella porzione inferiore del versante su cui insiste la Pg4, è stata rilevata la presenza di diverse scarpate antropiche abbandonate e non continue , probabilmente legate all'abbandono delle coltivazioni presenti nella zona in passato; localmente, in corrispondenza di zone arealmente limitate, sono state osservate piante inclinate e uncinate, indicative di fenomeni di movimento della coltre superficiale.



Foto 12 – Terrazzamenti abbandonati e discontinui sul versante a valle del forte (q.115 m s.m.)

- Lungo il muro di controripa della strada presente a valle del Forte, sono state rilevate alcune lesioni e deformazioni della struttura. Questi elementi ricadono arealmente al di fuori della zona classificata come Pg4 dai documenti del piano di Bacino.



Foto 13 – Lesione strutturale nel muro di controripa della strada (q.95 m s.m.)

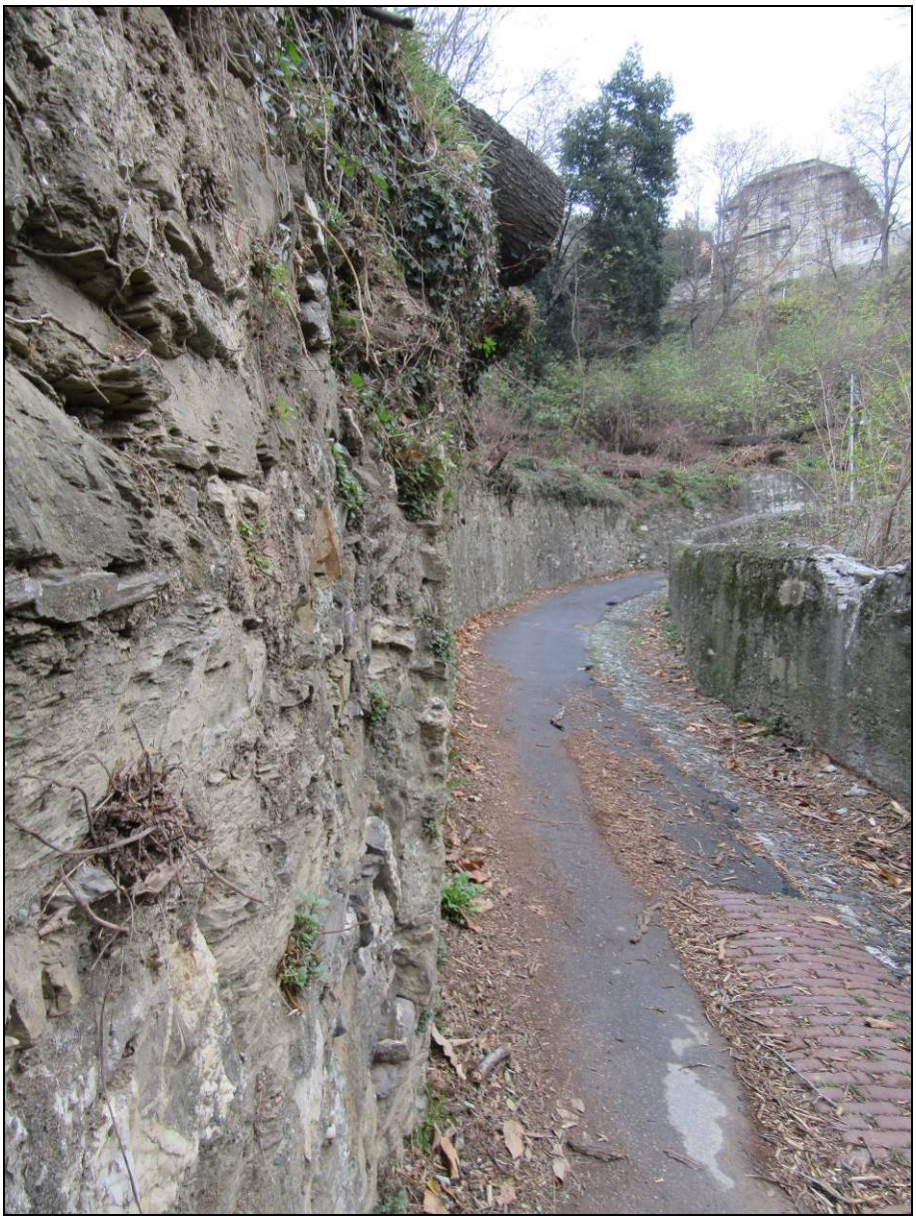


Foto 14 – Deformazione del muro di controripa (q.94 m s.m.)

- Lungo il sentiero presente a valle del Forte, a q.119 m s.m. circa, è stato osservato un piccolo affioramento, interessato da almeno due famiglie di discontinuità (**Foto 15**).



Foto 15 – Affioramento (q.119 m s.m.)

Nell'area classificata come Pg4, non è stato individuato un corpo franoso contraddistinti da limiti chiaramente definibili ma la presenza di molteplici indicatori - dissesti di coltre, zone con soliflusso, piccole frane non cartografabili, etc - che fanno ritenere il versante sottostante il Forte Crocetta come contesto ad elevata suscettività.

3.8 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
	Falda
	Cause antropiche

Come cause predisponenti del dissesto si possono evidenziare la presenza di depositi superficiali sciolti poco addensati, l'acclività del pendio e la fratturazione / alterazione del substrato roccioso; le cause innescanti dei dissesti rilevati sono imputabili all'azione delle acque meteoriche in occasione di precipitazioni intense (ruscellamento concentrato) e prolungate

3.9 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) si sono utilizzati:

- dati geologici-geomorfologici descritti nel Capitolo 3;
- Progetto Definitivo – Relazione di calcolo gallerie autostradali realizzate con tradizionale (cfr. elaborato TUN0005);
- Progetto Definitivo – Caratterizzazione geotecnica generale (cfr. elaborato APE0001); in particolare è stato fatto riferimento alla caratterizzazione basata sulle indagini eseguite in fase di progettazione definitiva. Le formazioni di interesse sono quelle riguardanti la formazione di Ronco (ROC) e della relativa fascia di alterazione (ROC-CAP).

Dai dati di caratterizzazione geologica e dalle osservazioni effettuate attraverso il rilievo geomorfologico, è stato possibile confermare la seguente stratigrafia:

- 3.5 ÷ 7.0 metri da p.c. – COLTRE di copertura dell'ammasso roccioso: depositi costituiti principalmente da sabbie limose argillose debolmente ghiaiose con ciottoli;
- 11.0 ÷ 19.0 metri da p.c. – CAPPELLACCIO: livello di alterazione della formazione della formazione di Ronco, avente caratteristiche geomeccaniche più scadenti rispetto alla formazione di base (ROC-Cap);
- Oltre 19.0 da p.c. – SUBSTRATO: formazione di base, formazione di Ronco (ROC).

In **Tabella 4-1** sono riportati i parametri geotecnici di progetto utilizzati per la formazione di Ronco nella relazione di calcolo delle gallerie scavate in tradizionale e utilizzati nelle analisi numeriche sotto descritte.

Formazione	Profondità	Peso specifico γ	Coesione caratteristica c'_k	Angolo di resistenza al taglio φ'_k	Modulo di deformabilità E'_k	Modulo di Poisson
	[m]	[kN/m³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
Ronco	50	27.5	396	52.5	4105	0.3
	100	27.5	554	48.3	4105	0.3

Tabella 4-1 – Dati Geotecnici di riferimento per il substrato roccioso

Per poter valutare l'influenza dello scavo della galleria sulla stabilità globale del versante, è stato sviluppato un apposito modello numerico ad elementi finiti attraverso il quale è stato ricostruito lo stato attuale in termini di campo tensio-deformativo e margini di sicurezza nei confronti di eventuali ulteriori processi di dinamica morfologica (analisi stabilità globale).

Come sezione significativa ai fini della verifica di stabilità è stata considerata l'intera sezione geologica. Essa attraversa interamente l'area di frana Pg4 lungo la linea di massima pendenza, intercettando il tracciato della galleria Moro 1. L'interazione tra la sezione di verifica e la galleria è mostrata nella **Figura 4-4**.

Il modello numerico è stato implementato utilizzando un codice di calcolo appositamente sviluppato per applicazioni di tipo geotecnico (MIDAS GTS NX 2015 V.2.1), attraverso il quale è possibile tenere conto sia del comportamento elasto-plastico non lineare tipico dei materiali geotecnici, sia dell'effettiva storia di carico cui essi sono sottoposti.

Sono state sviluppate analisi non lineari per successivi passi di carico (staged construction) attraverso le quali sono state simulate le variazioni nello stato tensio-deformativo dell'ammasso roccioso per effetto delle successive fasi costruttive.

Le analisi di stabilità globale sono state condotte mediante l'approccio SRM (Strength Reduction Method, Griffith et. al. 1999; Matsui, 1990) che consente di utilizzare il modello numerico ad elementi finiti per individuare le superfici di scivolamento caratterizzate dal minimo fattore di sicurezza.

Il metodo definisce come fattore di sicurezza (FoS) il minimo coefficiente riduttivo della resistenza al taglio delle unità geotecniche tale per cui si attiva un cinematismo (i.e. l'analisi numerica non raggiunge convergenza).

L'approccio, basandosi sul modello numerico ad elementi finiti, consente di tenere conto non solo della resistenza dei materiali, ma anche della loro deformabilità, della presenza di elementi strutturali e della storia di carico (come ad esempio le variazioni di stato tensionale dovute alla realizzazione della galleria).

In

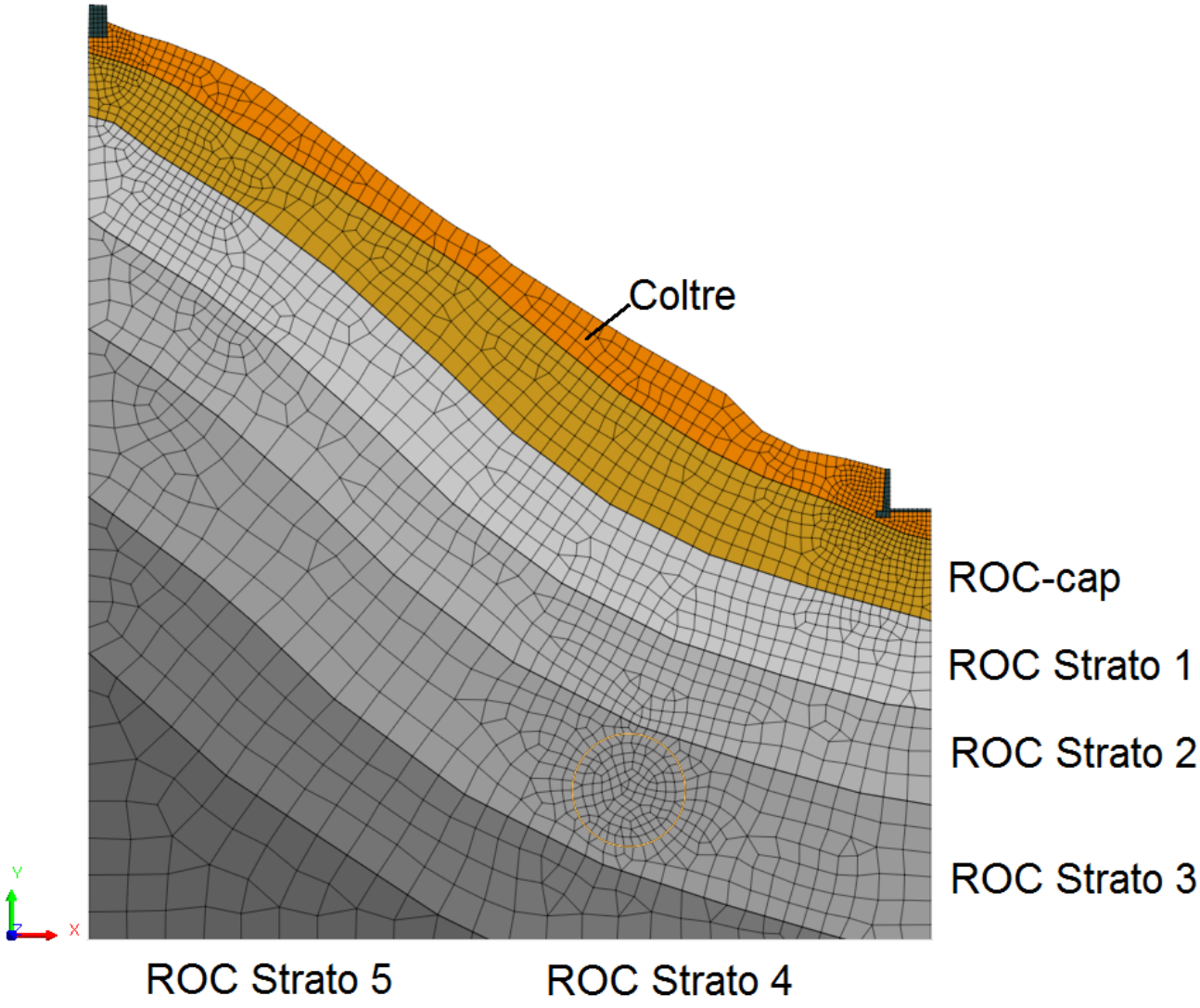


Figura 4-1 è riportata la maglia ad elementi finiti utilizzata, le differenti unità geotecniche considerate e i sovraccarichi variabili e permanenti applicati al modello.

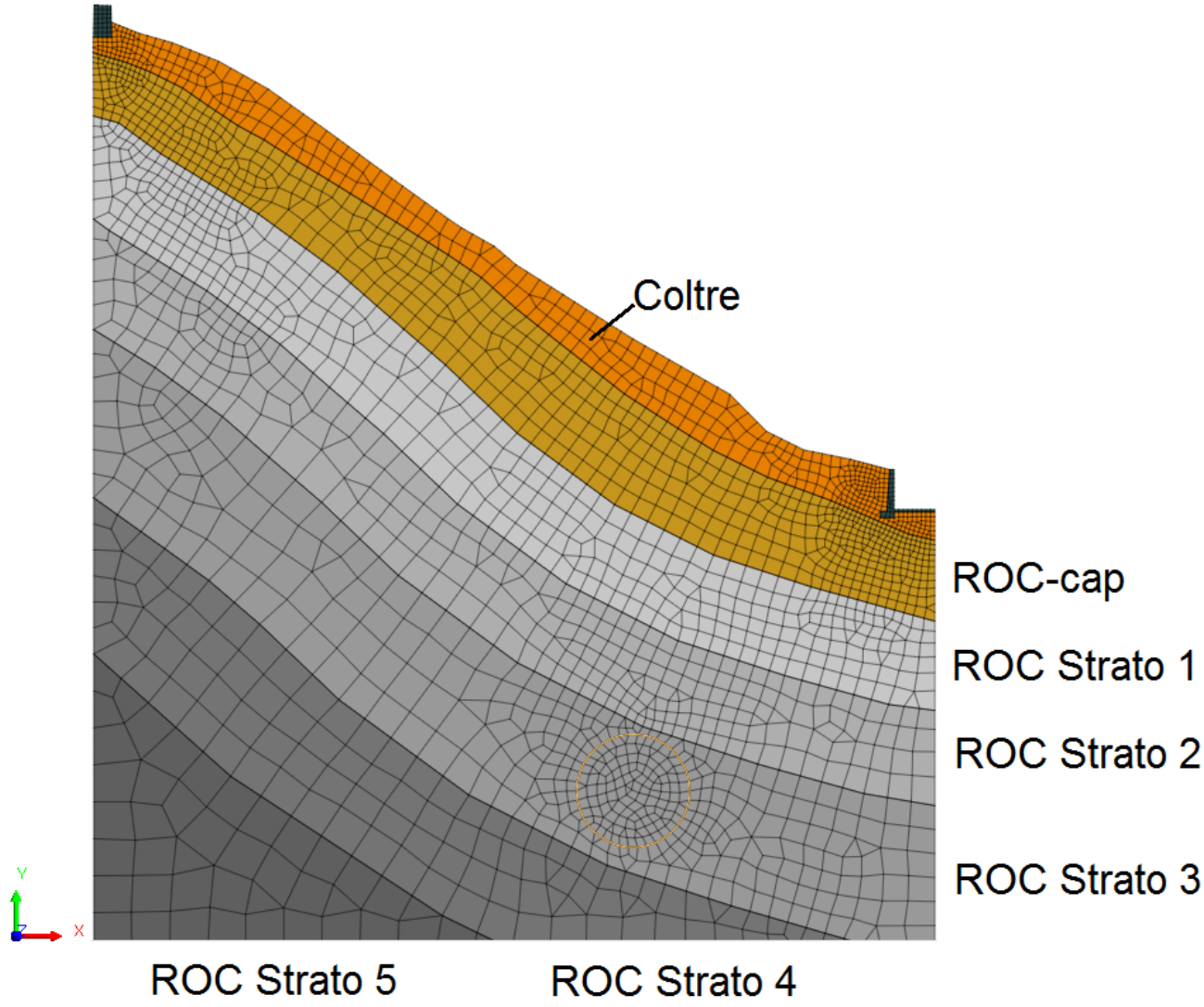


Figura 4-1 – Modello geotecnico ad elementi finiti – Stratigrafia

I valori di caratterizzazione geotecnica utilizzati sono riportati in **Tabella 4-2**. Per la caratterizzazione dell'ammasso roccioso si è fatto riferimento ai dati ricavati dai documenti di progetto della galleria (cfr. TUN0005) , riportati in **Tabella 4-1**, e alla relazione geotecnica generale (cfr. APE0001). I valori intermedi sono stati individuati attraverso interpolazione lineare.

Per la caratterizzazione delle coltri di copertura è stata eseguita una back-analysis attraverso la quale sono stati individuati i parametri di resistenza che rappresentano l'effettiva condizione del versante come osservato in sito. Si è ottenuto un angolo di resistenza al taglio pari a 36°, al quale corrisponde un fattore di sicurezza in condizioni di versante asciutto pari a 1.1203. Tale valore è compatibile con le condizioni osservate in sito in occasione del sopralluogo avvenuto il 18/12/15, in assenza di precipitazioni

significative nel periodo immediatamente precedente. L'area in ogni caso è classificata come Pg4, per cui a seguito di piogge particolarmente intense e prolungate sono attesi cinematismi della coltre. La condizione di equilibrio limite (FS =1) è ricostruibile dal modello numerico senza alcuna variazione nei parametri di resistenza inserendo una falda all'interno della coltre, a rappresentazione dell'effetto delle citate piogge. Sulla base di quanto sopra, si conferma per l'unità geotecnica in oggetto l'angolo di resistenza al taglio di 36°.

Si fa notare come, al fine di evitare problemi di instabilità numerica del modello ad elementi finiti, nella definizione delle caratteristiche geotecniche della coltre si sia tenuto conto di una coesione efficace di 0.5 kPa. Tale valore, essendo molto limitato, permette di evitare problemi numerici senza però influire significativamente sul risultato delle verifiche di stabilità globale.

Strato	Peso di volume (kN/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione efficace (kPa)	Modulo di deformabilità (kPa)
Coltre	20.5	36	0.5	25000
ROC-CAP	24	31	25	175000
ROC Strato 1	26	36	130	175000
ROC Strato 2	27.5	38	168	2086429
ROC Strato 3	27.5	53	396	4105000
ROC Strato 4	27.5	51	443	4105000
ROC Strato 5	27.5	50	440	4105000

Tabella 4-2 – Parametri geotecnici caratteristici impiegati

4.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Nell'area interessata dal dissesto (codificata 802 nella cartografia del Piano di Bacino) è previsto il passaggio della galleria Moro 1, con un ricoprimento in calotta di circa 42 m in corrispondenza della sezione considerata per le verifiche di stabilità globale del versante.

La galleria Moro è caratterizzata da una lunghezza di 826 m e verrà realizzata mediante in metodo di scavo tradizionale. Essa avrà un diametro esterno di estradosso pari a 12.22 m e sarà rivestita in calcestruzzo con uno spessore minimo in sommità pari a 0.5 m.

In **Figura 4-2** è riportata la sezione tipo della galleria così come concepita in fase di progettazione definitiva, caratterizzata da una pavimentazione comprendente una corsia di marcia da 4m.

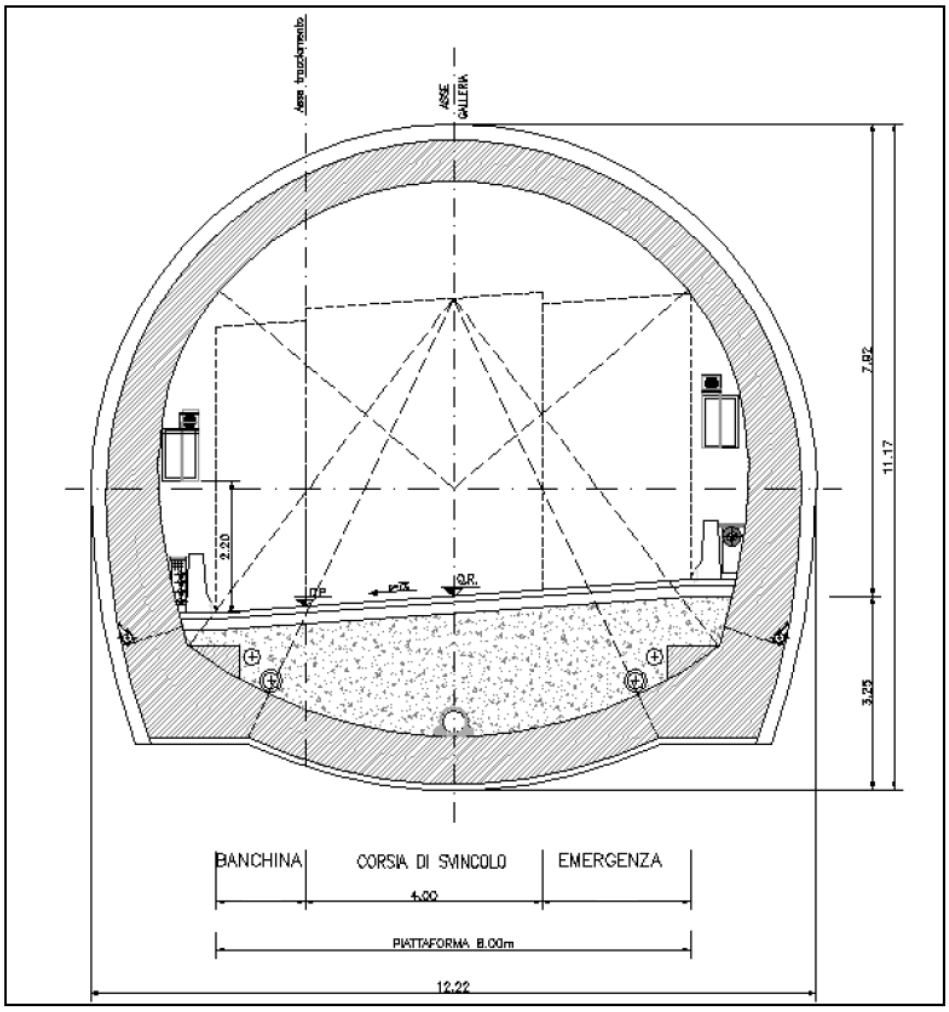


Figura 4-2 – Sezione tipo Galleria Moro 1 – Sezione stradale a 1 corsia

Nella relazione di calcolo (elaborato TUN0005) gli scavi sono stati analizzati facendo riferimento ad una sezione circolare equivalente con diametro 12.22 m, adottando sia l'approccio delle linee caratteristiche, sia sviluppando appositi modelli numerici assialsimmetrici.

La possibile interferenza dell'opera con la stabilità globale del versante è legata alla variazione di stato tensionale nell'ammasso roccioso che si avrà per effetto delle convergenze del profilo di scavo.

Le analisi svolte per il progetto definitivo hanno considerato coperture orizzontali da 50 m a 300 m, prevedendo convergenze radiali massime comprese, per i valori medi, tra 3.5 mm e 23 mm, come mostrato in **Figura 4-3** (linea blu).

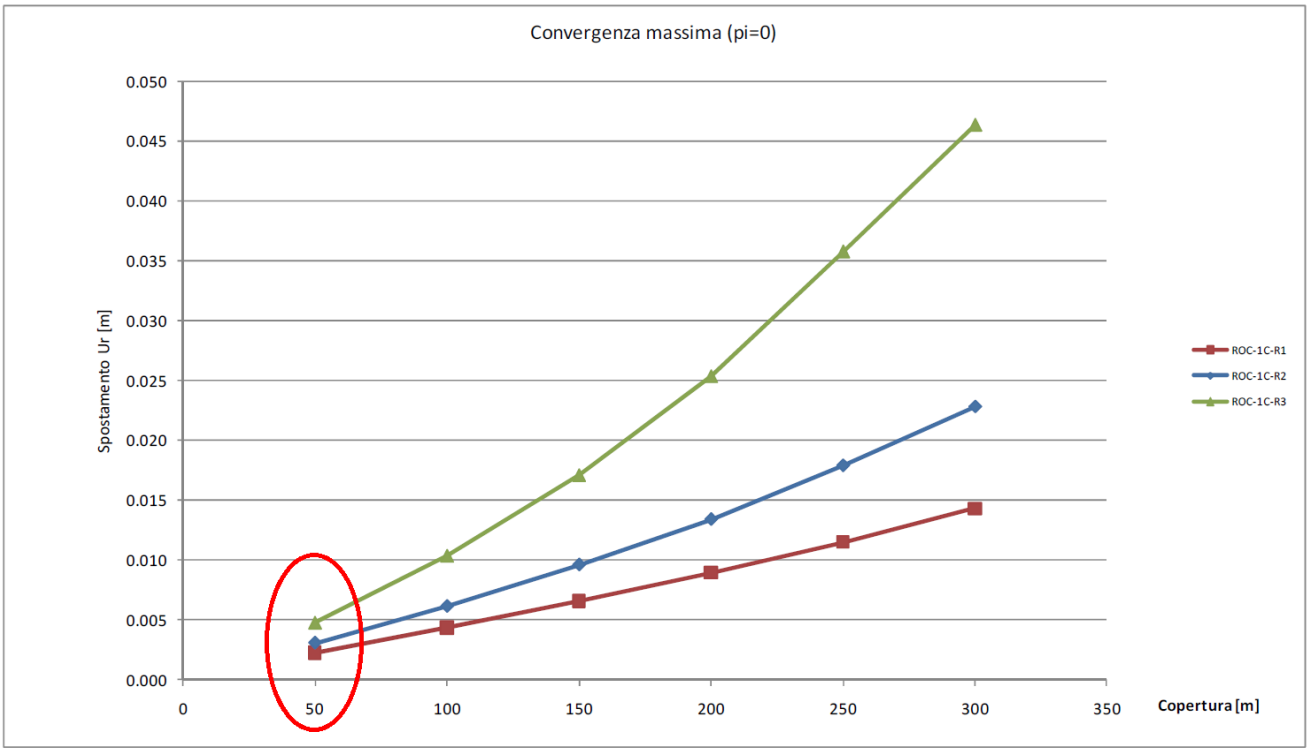


Figura 4-3 – Metodo delle Linee Caratteristiche. Sezioni 1C8 e 1C6. Andamento convergenze radiali massime (a cavo libero) in funzione dei materiali e tipologia di sezione al variare della profondità.

In **Figura 4-4** è riportata una vista planimetrica dell'area in oggetto sulla quale è riportata sia la sezione di verifica che il tracciato previsto della Galleria Moro 1.

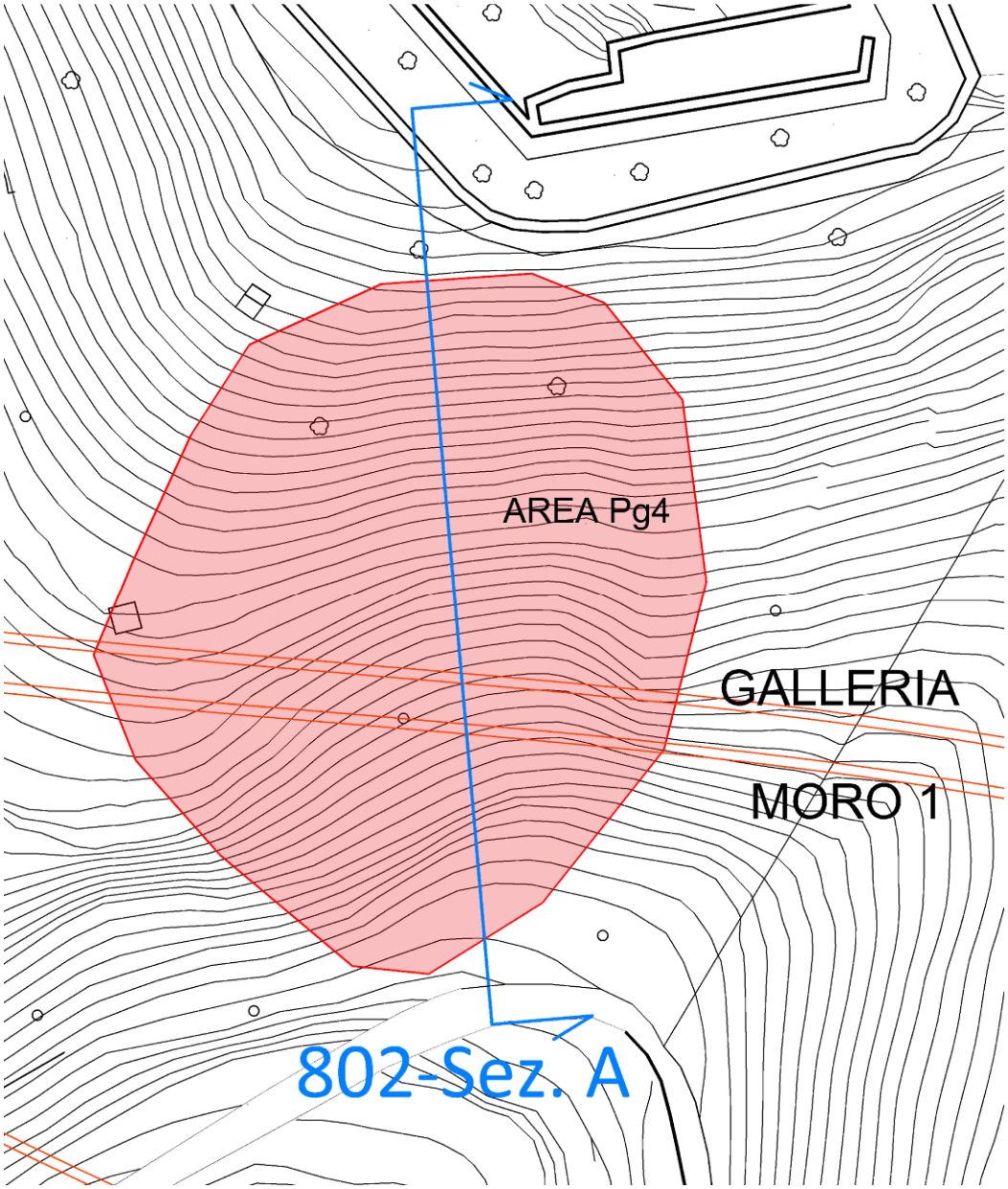


Figura 4-4 – Stralcio planimetrico con l'indicazione della sezione analizzata e del tracciato della galleria

4.3 ANALISI DI STABILITÀ

La verifica dell'influenza delle opere in progetto sulla stabilità globale del versante è stata eseguita utilizzando il modello numerico ad elementi finiti descritto al §4.1. La verifica di stabilità è stata eseguita per passi (staged construction), dallo stato attuale fino alla realizzazione del rivestimento finale.

Il modello numerico considera le seguenti fasi:

1. Equilibrio geostatico iniziale;
2. Realizzazione dello scavo della galleria;
3. Realizzazione del rivestimento definitivo della galleria;

In analogia a quanto assunto per il progetto definitivo della galleria, la geometria di scavo è stata semplificata come una circonferenza con raggio 12.22 m.

Allo stesso modo il rivestimento in C.A. è stato semplificato come un anello avente spessore di 0.5 m, pari allo spessore minimo del rivestimento previsto a progetto.

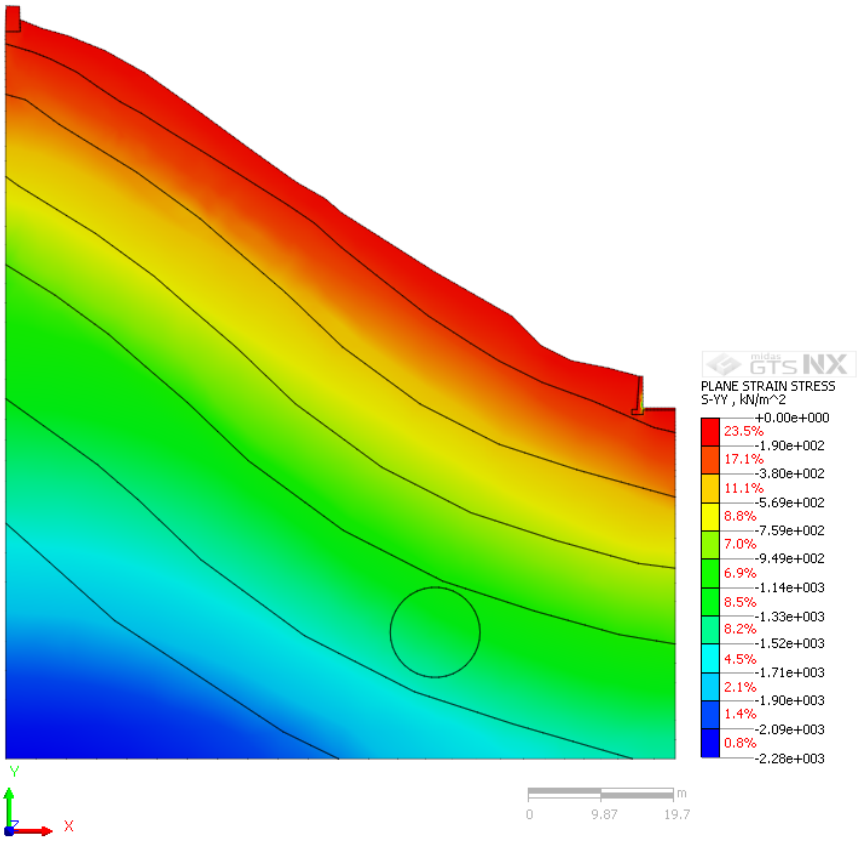


Figura 4-5 – Modello FEM per l'analisi delle condizioni attuali del versante – Stato di sforzo verticale

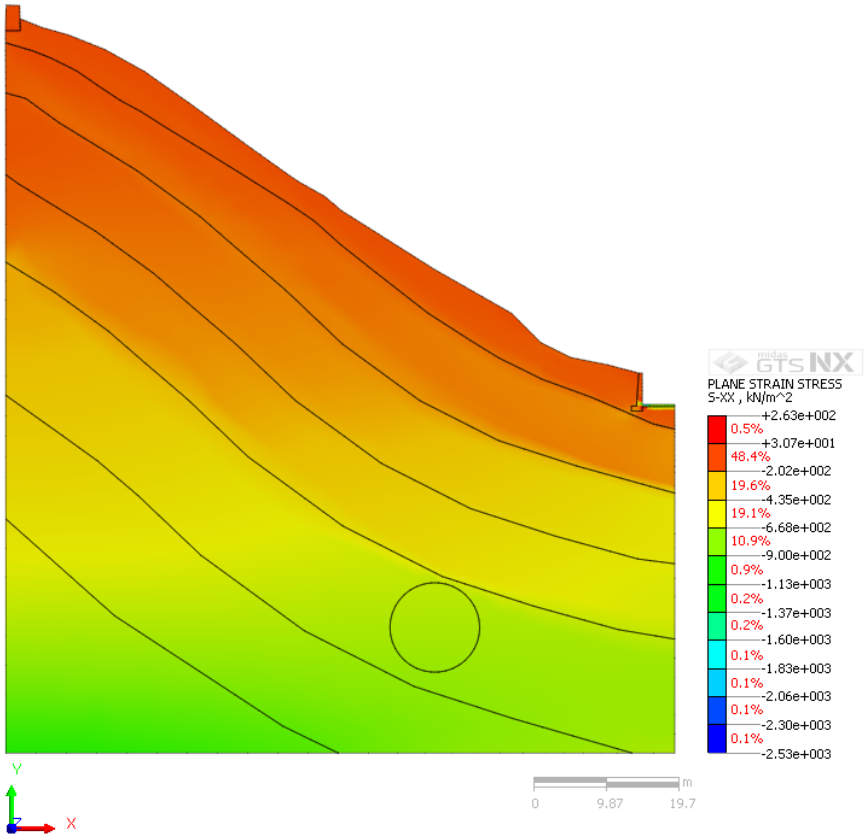


Figura 4-6 – Modello FEM per l'analisi delle condizioni attuali del versante – Stato di sforzo orizzontale

In **Figura 4-5** e **Figura 4-6** sono riportate le mappature ottenute per lo stato tensionale iniziale del modello numerico, in termini di sforzi totali verticali (σ_{yy}) e orizzontali (σ_{xx}).

Le analisi di stabilità globale per le condizioni attuali sono state condotte utilizzando i parametri caratteristici riportati in **Tabella 4-2**.

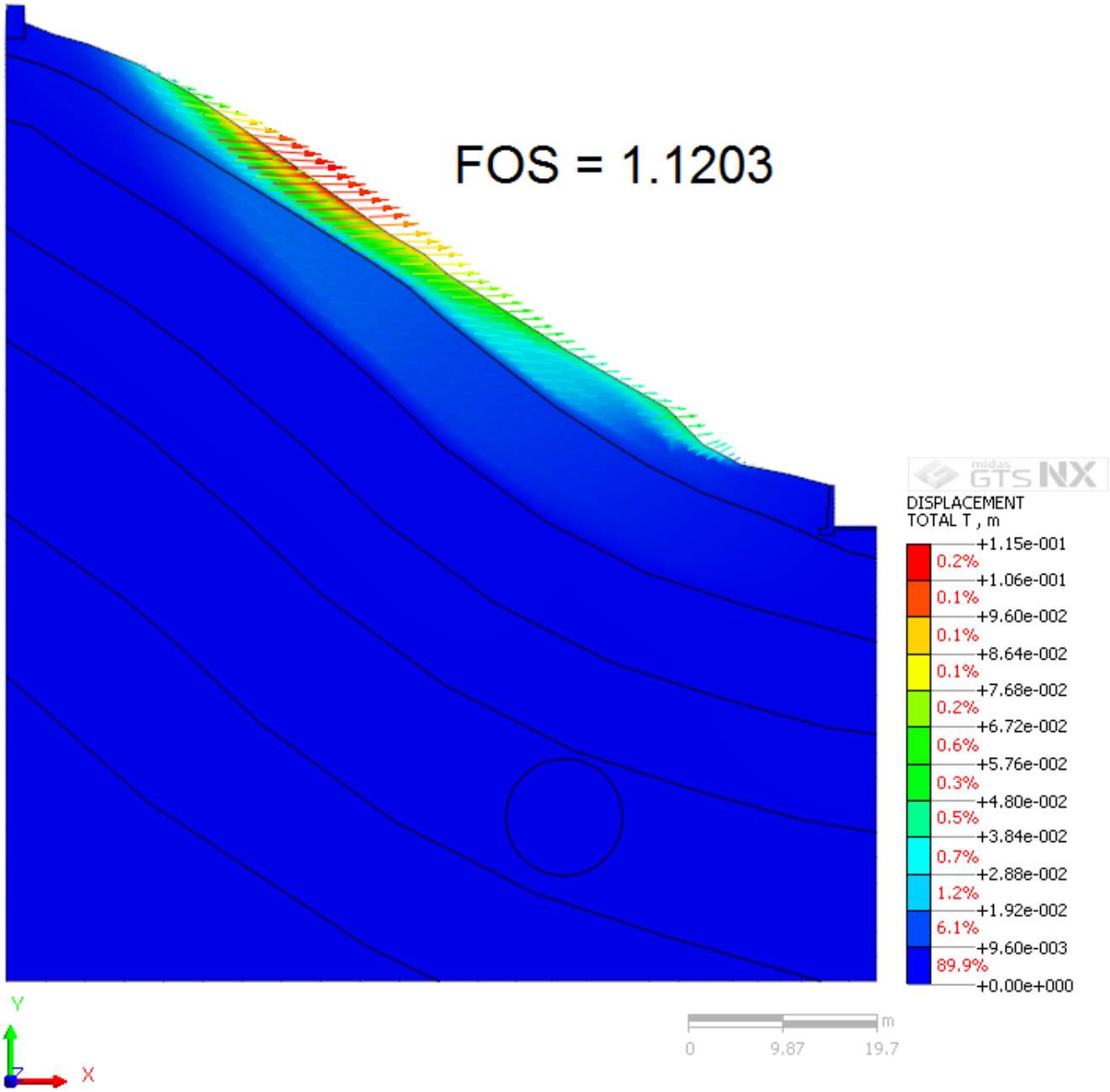


Figura 4-7 – Analisi stabilità globale allo stato attuale

In **Figura 4-7** sono riportati i risultati dell'analisi di stabilità globale in termini di minimo fattore di sicurezza ottenuto e relativo cinematismo. Il fattore di sicurezza minimo ottenuto allo stato attuale è pari a 1.1203.

La parte più instabile del pendio è quella interessata dalle pendenze maggiori nella parte centrale della sezione, dove la coltre di copertura non è sostenuta dalle opere murarie. Il cinematismo coinvolge solamente lo strato superficiale della coltre e non interessa la fascia di alterazione della formazione di Ronco sottostante.

La verifica di stabilità in condizioni di progetto è stata svolta a valle del secondo e del terzo passo di carico, che prevedono lo scavo della galleria e la realizzazione del rivestimento definitivo. Prima di procedere all'aggiornamento delle analisi di stabilità globale del versante, è stata verificata la validità della modellazione confrontando le convergenze ottenute con il modello ad elementi finiti con quelle previste dai documenti di progetto definitivo della galleria. Il confronto è stato eseguito a valle del secondo passo di carico, prima del passo in cui viene modellata la realizzazione del rivestimento. In **Figura 4-8** è riportata la mappatura degli spostamenti alla fine delle operazioni di scavo.

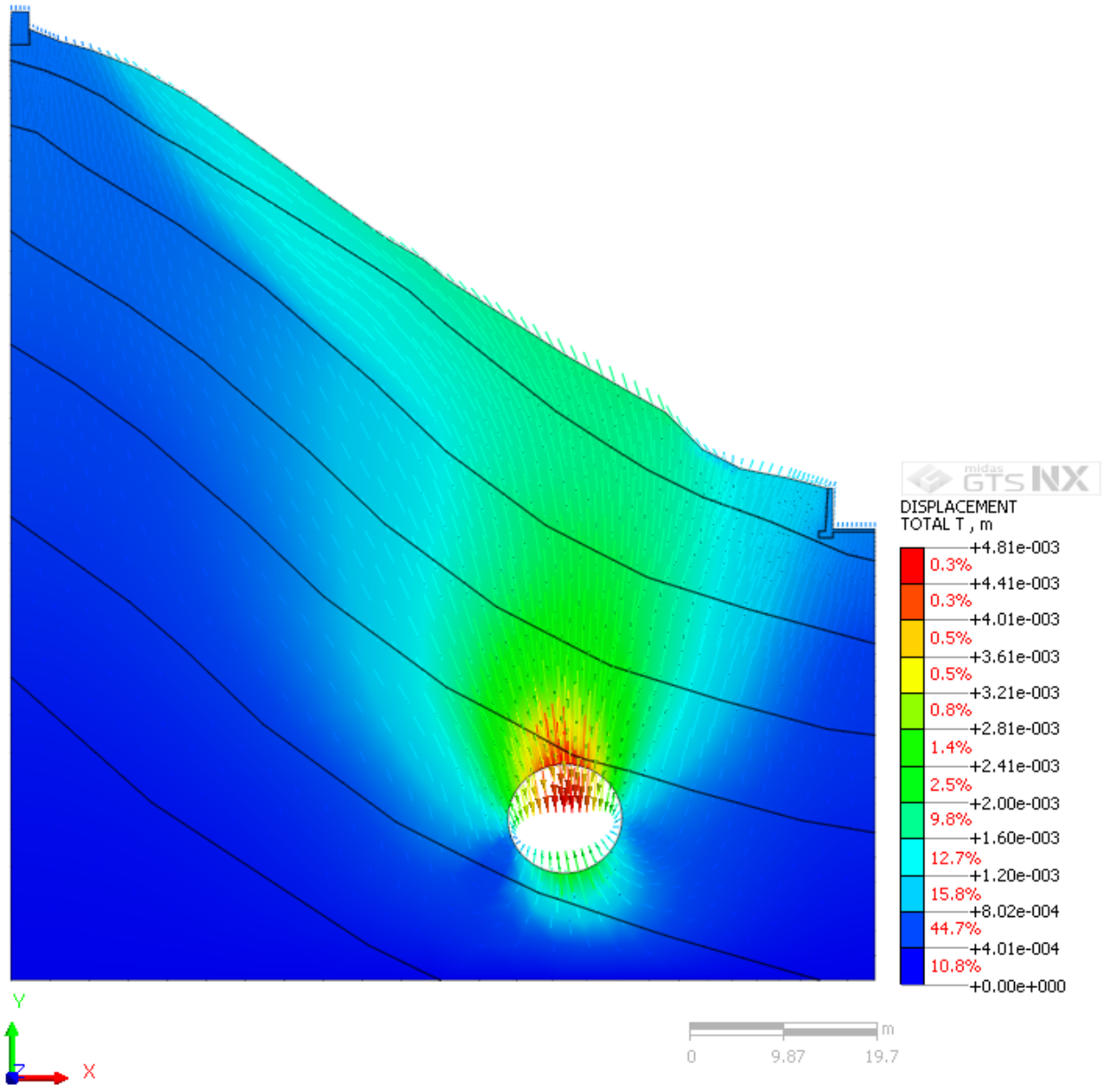


Figura 4-8 – Modello FEM – Mappatura spostamenti alla fine delle operazioni di scavo

I valori di spostamento massimi sono stati ottenuti in corrispondenza della parte superiore destra dello scavo della galleria Moro 1 con una deformazione massima di 4,81 mm. Essa rientra nel range dello spostamento massimo (3,5-23 mm) indicato per la formazione di Ronco. I risultati dell'analisi sono congruenti con le previsioni del progetto definitivo per il comportamento del cavo delle gallerie.

Per quanto riguarda i cedimenti in superficie in corrispondenza del versante, la mappatura degli spostamenti (**Figura 4-8**) mostra come essi siano compresi tra circa 0,6 mm e 1,8 mm al di sopra della galleria.
L'analisi di stabilità globale in condizioni di progetto è stata eseguita a partire dallo stato tensio-deformativo che si ottiene a valle della simulazione delle operazioni di rivestimento della galleria mediante conci prefabbricati.
In **Figura 4-9** è riportato il risultato dell'analisi di stabilità globale in termini di minimo fattore di sicurezza ottenuto e relativo cinematismo.

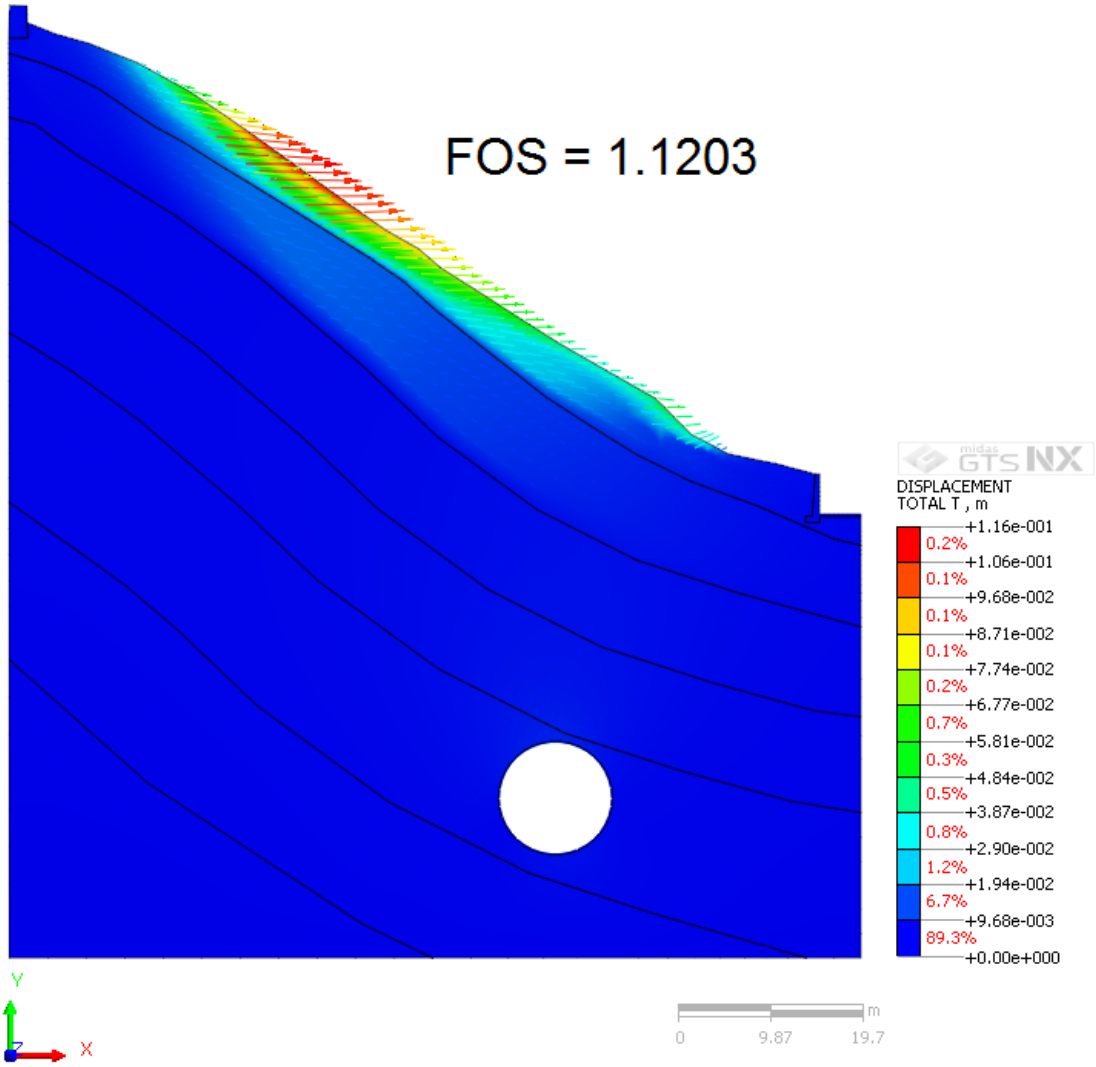


Figura 4-9 – Analisi stabilità globale alla fine delle operazioni di scavo e rivestimento delle gallerie

Il minimo fattore di sicurezza ottenuto nelle condizioni di progetto è pari a 1.1203, uguale a quello ottenuto per le condizioni attuali (1.1203 di **Figura 4-7**). Come si evince dal confronto tra le figure la porzione di coltre interessata da un potenziale scivolamento è esattamente la stessa. Questo indica che le condizioni di equilibrio non sono variate a seguito dello scavo della Galleria Moro 1.

Sulla base delle analisi descritte si conclude che la realizzazione della Galleria Moro 1 non ha alcun effetto sulla stabilità globale del versante soprastante.

5. INDAGINI INTEGRATIVE PROPEDEUTICHE AL MONITORAGGIO GEOTECNICO

A completamento delle attività effettuate, si è valutata l'opportunità di svolgere le indagini di seguito descritte in corrispondenza dell'imbocco della Galleria Moro:

- n.1 sondaggio a carotaggio continuo 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");
- n. 2 sondaggi a distruzione di nucleo.

Nei sondaggi verranno installati inclinometro e piezometro e verrà realizzata una geofisica in foro di tipo down hole.

Tali indagini sono previste a conferma delle ipotesi di progetto circa gli spessori dei materiali potenzialmente instabili.

Attualmente è in corso la procedura di esproprio temporaneo ai fini di poter accedere all'area.

5.1 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 5-1 – 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.

6. CONCLUSIONI

Al di sopra della galleria Moro è presente un'area di frana catalogata come Pg4 "frana attiva" dalla cartografia del Piano di Bacino. Dai risultati del rilievo geomorfologico non si riscontrano particolari significativi che dimostrano lo stato di attività dell'area in oggetto; gli unici indicatori di un possibile movimento in atto nell'area rilevata sono le lesioni riscontrate nel muro di sostegno a monte della strada presente a valle del forte, che risultano però esterne all'area classificata come Pg4.

Sono state svolte analisi numeriche di stabilità del versante in esame al fine di valutare l'influenza dell'intervento di realizzazione della galleria prevista nel progetto definitivo. Esse hanno evidenziato come la stabilità dell'area di frana non venga influenzata dallo scavo eseguito in profondità.

Si può concludere che la realizzazione della galleria non interferisce negativamente con le condizioni di stabilità dell'area di frana 802.

È stato previsto un piano di monitoraggio geotecnico, al fine di acquisire in corso d'opera il maggior numero possibile di informazioni qualitativamente significative, in modo da seguire tutte le fasi realizzative degli interventi e controllare che i valori di spostamento delle strutture siano compatibili con la funzionalità statica delle opere e congruenti con quelli stimati in 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, non inficiando in alcun modo la stabilità dell'area in oggetto, 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.

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 gennaio 2016)
- *Allegato n.3* - Stralcio carta geomorfologica (aggiornata gennaio 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 e geofisica
- *Allegato n.8* - Prove di laboratorio
- *Allegato n.9* - Analisi di stabilità