



COMUNE DI GENAZZANO

Città Metropolitana di Roma Capitale

Intervento Finanziato dall'Unione Europea NextGenerationEU



Piano Nazionale
di Ripresa e Resilienza

LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI

CUP B44H20001680001

Decreto del Ministero dell'Interno e Ministero dell'Economia e delle Finanze 23/02/2021

art.1 co. 139 e seguenti della Legge 30 dicembre 2018 n.145



PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTAZIONE:

Ing. Andrea Zenatello



Sviluppo e Servizi di Rizzuti Deborah sas
(Capogruppo)

**SVILUPPO E SERVIZI
di RIZZUTI DEBORAH sas**
Via Casavetere, 1 P/T
03014 Brugge (Fr) - Tel. 0775.548061
P. IVA/C. F. 02313850600

Ing. Carlo Rago



PS05

RELAZIONE GEOTECNICA

SCALA

FORMATO

A4

DATA

2022

COMUNE DI GENAZZANO

Città Metropolitana di Roma Capitale



LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI

CUP B44H20001680001

- PROGETTO ESECUTIVO -

RELAZIONE GEOTECNICA

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	3
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
3. SINTESI STORICA EVENTI FRANOSI.....	6
3.1. INTERVENTI GIÀ REALIZZATI SUL VERSANTE.....	7
4. RILIEVO DELLO STATO DI FATTO	9
5. OPERE IN PROGETTO	12
5.1. INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA VERSANTE.....	14
5.2. INTERVENTI DI ELIMINAZIONE RISCHIO CROLLO DELLE STRUTTURE ESISTENTI.....	19
5.3. INTERVENTI DI RECUPERO AMBIENTALE, PAESAGGISTICO ED URBANISTICO	19
5.4. FASI DI INTERVENTO	20
5.5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	23
5.5.1. Aspetti Generali.....	23
5.6. MODELLO GEOLOGICO – TECNICO	24
5.7. CLASSI DI ESPOSIZIONE	25
6. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SITO.....	26
6.1. DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DELLE INDAGINI E DELLE PROVE GEOTECNICHE.....	26
7. SISMICITÀ DELL'AREA.....	28
8. CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE	29
9. CATEGORIA TOPOGRAFICA	29
10. DATI.....	30
10.1. GEOMETRIA PROFILO TERRENO A MONTE DEL MURO	30
10.1.1. Descrizione terreni.....	30
10.2. STRATIGRAFIA.....	31
10.3. RISULTATI.....	32
10.3.1. Verifiche geotecniche.....	32

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	2

1. PREMESSA

Il presente Progetto Esecutivo per la realizzazione delle opere di consolidamento relative all'evento franoso nell'area sovrastante Via Garibaldi e la S.P. Empolitana nel Comune di Genazzano (RM) rappresenta un aggiornamento del precedente progetto redatto su incarico di ASTRAL S.p.a. nel settembre 2020. Le ragioni della rielaborazione ed aggiornamento del presente progetto risiedono nella necessità di suddividere lo stesso in due lotti, tra loro complementari, a causa di una ridefinizione e riduzione dell'importo totale finanziabile, anch'esso suddiviso in due importi distinti. Alle sopraggiunte motivazioni di natura economica, si sommano inoltre cause di natura tecnica, che verranno di seguito esposte.

Il dissesto idrogeologico, occorso in data 25 Giugno 2011, a seguito di intense precipitazioni, ha causato il crollo di una parte del fabbricato in muratura monopiano sottostante il fronte di frana ed il danneggiamento degli edifici adiacenti, ad oggi ancora inagibili, oltre che comportare l'interruzione della viabilità sia lungo Via Garibaldi sia lungo la sottostante Strada Provinciale. Mentre la viabilità sulla Strada Provinciale è stata ripristinata, in corrispondenza di Via Garibaldi la stessa risulta ancora interdetta ed è consentito solo un passaggio pedonale.

Nel corso degli anni l'area è stata oggetto di diverse proposte di intervento relativamente alla sistemazione delle aree a rischio; tuttavia, fatta eccezione che per alcuni interventi realizzati in somma urgenza, anche a seguito della difficoltà nel reperire le necessarie risorse economiche e di alcuni ricorsi giudiziari in essere tra i proprietari degli edifici inagibili e l'Amministrazione Comunale, non si è ancora giunti alla conclusione dell'iter progettuale.

L'attuale situazione in essere non può ritenersi definitiva e necessita di una messa in sicurezza globale dell'intero versante sovrastante Via Garibaldi, nonché la demolizione dei fabbricati inagibili ed a rischio di stabilità. Una mancata realizzazione degli interventi di messa in sicurezza potrebbe comportare dei nuovi fenomeni di instabilità interessanti non solo gli edifici adiacenti e la strada di Via Garibaldi, ma provocare anche una nuova interruzione della sottostante Strada Provinciale, mettendo a rischio sia l'incolumità delle persone sia l'economia dell'intera zona, con ripercussioni su tutta la viabilità provinciale e regionale, dal momento che quest'asse viabilistico rappresenta l'unico percorso, ad eccezione di strade locali e rurali, di adduzione alla Strada Regionale n. 155,

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	3

di collegamento con la Stazione FS, con il casello autostradale di Valmontone e con gli Ospedali di Valmontone e Colleferro.

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	4

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

In quanto di seguito riportato viene fatto esplicito riferimento alle seguenti Normative:

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).

- Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	5

3. SINTESI STORICA EVENTI FRANOSI

Il versante oggetto di intervento è un'area storicamente interessata da fenomeni di instabilità di varie dimensioni, infatti, oltre all'evento del 25 Giugno 2011, descritto di seguito, si vuole segnalare che già in precedenza si era verificato uno smottamento analogo, in direzione Sud, per il quale era stato realizzato un intervento di messa in sicurezza tramite costruzione del muro di sostegno in pietrame e malta a monte di Via Garibaldi.



Figura 1 - Vista aerea indicativa delle aree di dissesto del Giugno 2011 (in rosso) e quella precedente (in arancio)

Evento 25 Giugno 2011

Il movimento franoso si è sviluppato in corrispondenza della particella n. 396 andando a coinvolgere la sottostante particella n. 425, ove era presente un fabbricato monopiano, con conseguente crollo di una consistente porzione dello stesso. Facendo riferimento alla “Relazione geologica e geomorfologica” redatta dal Dott. Geol. Andrea Cola nel Luglio 2011, la nicchia di distacco ha avuto luogo nella parte sommitale delle vulcaniti che costituiscono la parte più facilmente erodibile ed alterabile, con presenza di fessurazioni che favoriscono la presenza e l'accumulo di acqua. La parte apicale del distacco si è aperta in corrispondenza di linee di fessurazione profonde caratteristiche dei terreni a componente argillosa e in corrispondenza delle linee di debolezza esercitate dalla presenza di materiali più prettamente sabbiosi fortemente idrofili, che, in conseguenza di eventi meteorici abbondanti e conseguentemente ad una non buona

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	6

regimazione delle acque operata nel terreno sovrastante la zona interessata dal crollo, hanno dato origine al cedimento. Il tutto è stato inoltre agevolato dalla presenza nelle fratture di apparati radicali, anche di una certa entità, che hanno favorito l'ampliamento delle fessure.



Figura 2 - Vista dei luoghi precedentemente l'evento del Giugno 2011 (estratto Google Earth)



Figura 3 - Evento franoso del Giugno 2011

3.1. INTERVENTI GIÀ REALIZZATI SUL VERSANTE

A seguito degli eventi sopra descritti, soprattutto dopo l'evento del Giugno 2011, sono state effettuate diverse campagne di indagine e realizzati alcuni interventi per la messa in sicurezza provvisoria dei luoghi.

In particolare, sono stati realizzati i seguenti interventi:

- Realizzazione di un muro di sostegno in pietrame sul primo tratto di Via Garibaldi. Tale intervento è stato eseguito dopo il primo evento antecedente quello del Giugno 2011;

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	7

- Realizzazione di una impermeabilizzazione dell'area pianeggiante a monte del versante oggetto di dissesto tramite posa in opera di lastre con peso ridotto su strutture verticali in legno a formazione di una tettoia con pendenza verso l'esistente cunetta del viale interno al Parco degli Elcini;
- Realizzazione di una barriera metallica paramassi in corrispondenza di Via Garibaldi a valle dell'area di dissesto;
- Puntellamento delle strutture danneggiate dall'evento del Giugno 2011 e dichiarate inagibili a seguito dello stesso.



Figura 4 - Vista dell'area pianeggiante a monte del dissesto prima (sinistra) e dopo (destra) la realizzazione della tettoia



Figura 5 - Vista dell'area pianeggiante a monte del dissesto prima (sinistra) e dopo (destra) la realizzazione della tettoia

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	8

4. RILIEVO DELLO STATO DI FATTO

Sull'area è stata eseguita un'accurata campagna di indagine per la cui descrizione nel dettaglio si rimanda alla Relazione Geologica allegata.

In particolare, è stato eseguito un rilievo mediante Laser Scanner che ha permesso di ottenere una descrizione geometrica dell'intero versante e delle cavità presenti ed attualmente accessibili.

Nello studio sono state rilevate 15 cavità (6 lungo Via Fra Martino, 7 lungo Via Empolitana e 2 su Via Garibaldi). Ulteriori 5 cavità presenti su via Empolitana sono state in seguito indagate per elaborare una soluzione al problema del futuro transito di mezzi pesanti su Via Garibaldi durante le lavorazioni.

Attraverso le osservazioni di terreno e le indagini svolte, è stato possibile riconoscere e ricostruire parzialmente la geometria delle diverse cavità scavate all'interno del versante.

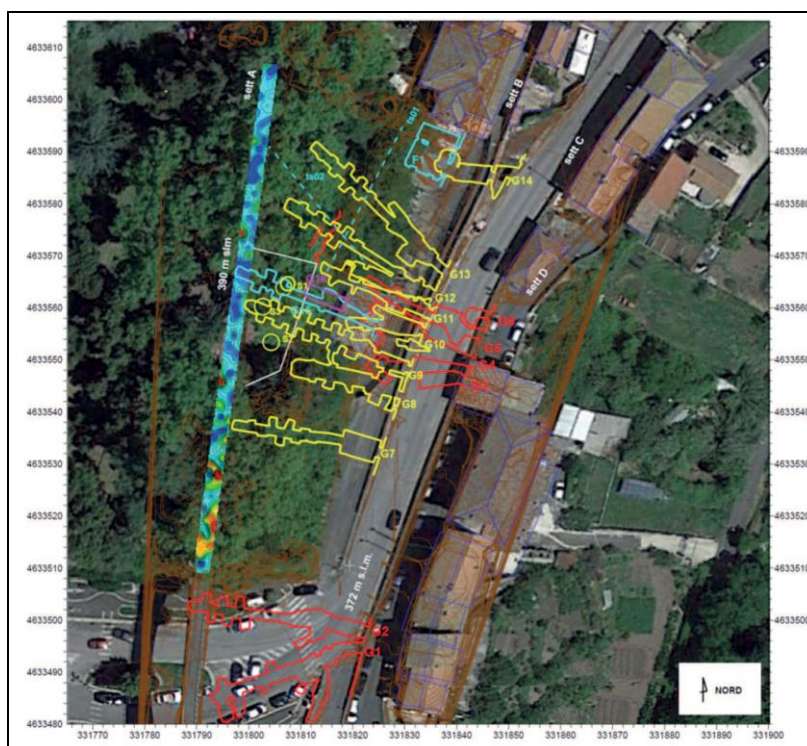


Figura 6 - Planimetria delle cavità ottenute mediante il rilievo Laser Scanner

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	9

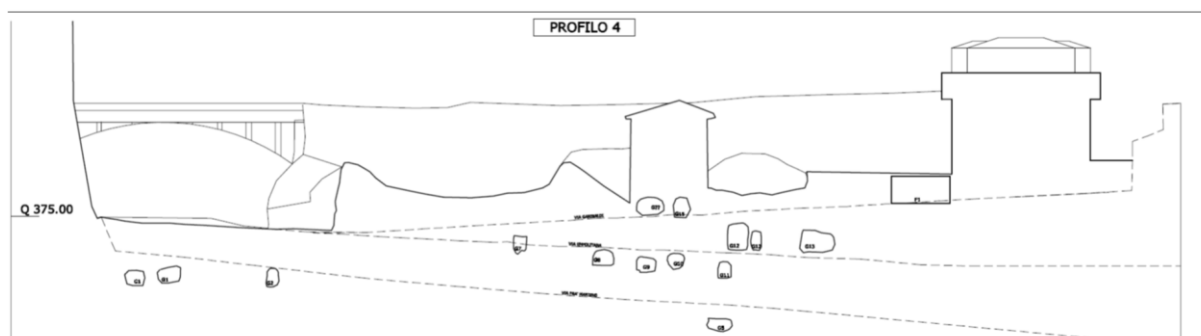


Figura 7 - Profilo dell'area di studio con indicate le diverse cavità rilevate

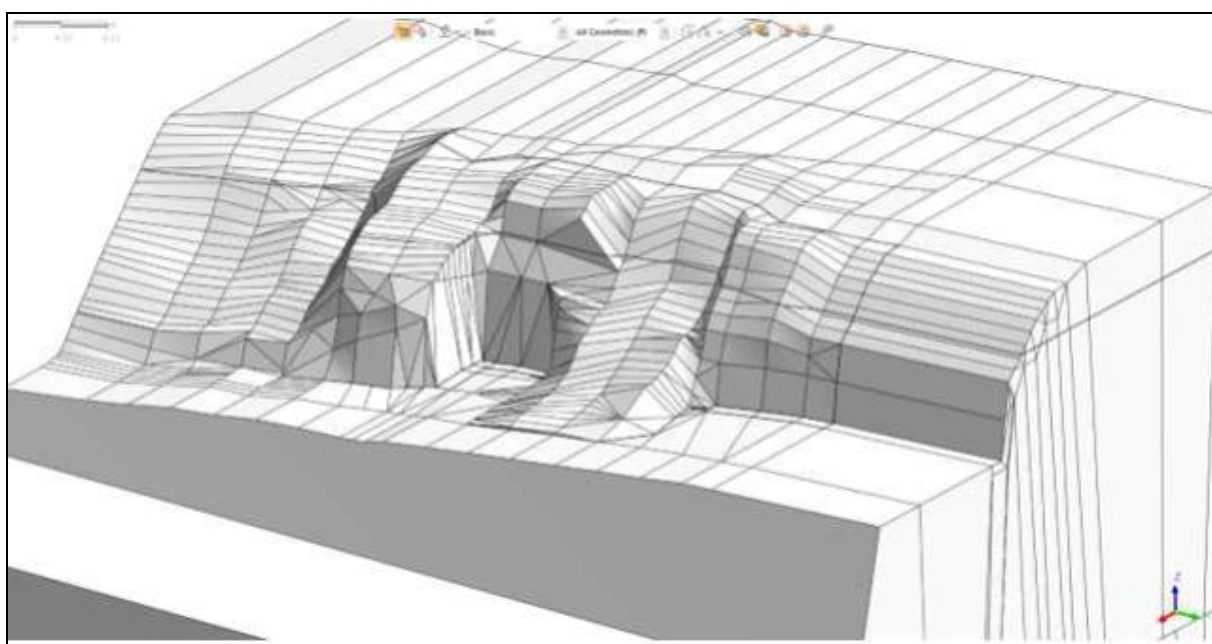


Figura 8 - Modello geometrico 3D dello stato di fatto senza i fabbricati esistenti

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	10

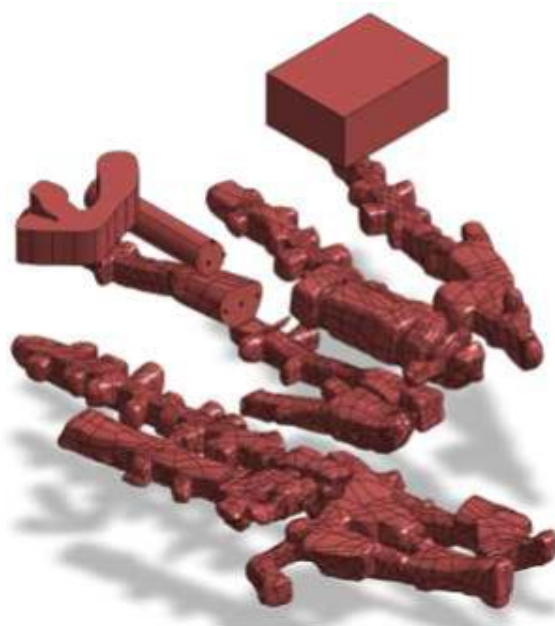


Figura 9 - Modello geometrico 3D di alcune delle cavità presenti nel versante

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	11

Sulla scorta dei dati raccolti con le operazioni di rilievo e di studio effettuate, avuto inoltre riguardo per la specifica natura e contesto dei luoghi, alla presenza del versante a forte acclività soggetto a fenomeni di instabilità, della viabilità comunale e provinciale, del valore storico culturale e paesaggistico del centro abitato e della presenza delle cavità presenti, il progetto è stato orientato verso interventi atti a:

- 1) Garantire la messa in sicurezza dell'intero versante a monte di Via Garibaldi, dall'inizio della stessa fino all'area di dissesto del Giugno 2011;
- 2) Rimuovere le strutture esistenti danneggiate ed instabili a seguito dell'evento del Giugno 2011, eliminando in tal modo un ulteriore fattore di pericolo;
- 3) Mettere in sicurezza le strutture adiacenti all'area di frana che non hanno subito danni a seguito dell'evento del Giugno 2011;
- 4) Recuperare da un punto di vista ambientale, paesaggistico ed urbanistico i luoghi per un corretto inserimento nell'area urbana di Genazzano;

5. OPERE IN PROGETTO

Gli interventi, finalizzati alle opere di messa in sicurezza dell'evento franoso nell'area sovrastante Via Garibaldi e la S.P. Empolitana, possono essere di seguito riassunti:

- MESSA IN SICUREZZA GROTTI
- DEMOLIZIONE FABBRICATO ESISTENTE INSTABILE
- RIMOZIONE MATERIALE FRANATO
- SISTEMAZIONE SCARPATA NORD
- SISTEMAZIONE SCARPATA SUD
- REALIZZAZIONE NUOVO MURO

Tali interventi possono essere raggruppabili nelle seguenti macro-categorie:

Interventi per la messa in sicurezza dell'intero versante:

- *Interventi per la messa in sicurezza delle grotte:*
 - Riempimento mediante calcestruzzo betonabile delle cavità poste in prossimità dei fabbricati esistenti;

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	12

- *Interventi di sistemazione scarpata Nord e scarpata Sud e realizzazione di un nuovo muro:*
 - Riprofilatura versante mediante scavo di sbancamento e splateamento;
 - Consolidamento della scarpata mediante realizzazione di rafforzamento corticale con posa in opera di rete metallica in aderenza con chiodature in barre autoperforanti;
 - Messa in sicurezza di parte della scarpata mediante realizzazione di parete chiodata, in corrispondenza della ZONA NORD al fine di raggiungere la quota stradale di Via Garibaldi, per consentire la successiva realizzazione del muro in sicurezza;
 - Realizzazione di un nuovo muro in c.a. a valle della scarpata previo necessario scavo di sbancamento;

Interventi per eliminazione rischio di crollo strutture esistenti:

- Demolizione di un edificio instabile esistente e di muri ad esso vicini, uno a monte l'altro a lato dell'edificio stesso;
- Rimozione di materiale franato;

Interventi di recupero ambientale, paesaggistico ed urbanistico:

- Rivestimento del muro in calcestruzzo con pietra locale e formazione di archi;

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	13

5.1. INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA VERSANTE

Gli interventi previsti in corrispondenza del versante non si limitano alla sola area di dissesto del Giugno 2011, ma sono estesi in direzione Sud, così da garantire la messa in sicurezza dell'intero versante a monte di Via Garibaldi.

In particolare, l'area di intervento può essere suddivisa in due zone differenti:

- ZONA NORD: in corrispondenza dell'area di dissesto ed a quelle immediatamente adiacenti l'area di dissesto del Giugno 2011;
- ZONA SUD: in corrispondenza dell'area di dissesto antecedente quella del Giugno 2011.

Interventi per la messa in sicurezza delle grotte tramite riempimento con calcestruzzo betonabile:

Come descritto in precedenza, la presenza delle numerose cavità all'interno del versante rappresenta dei punti di debolezza per la stabilità dell'intero versante; pertanto si prevede il riempimento totale di alcune di esse mediante miscela betonabile non strutturale a prestazione garantita secondo le UNI EN-206 e UNI 11104, in conformità al D.M. 20/02/2018 e s.m.i., in classe di consistenza S4 e classe di resistenza C20/25.

In particolare, verranno riempite totalmente, fino a completa saturazione in accordo con il nuovo profilo del versante, un numero di cinque cavità situate in corrispondenza dell'area di intervento.

Date le caratteristiche geologiche e geotecniche del versante, il riempimento mediante questo tipo di calcestruzzo rappresenta comunque un miglioramento delle dette caratteristiche, che risulteranno quindi superiori.

Riprofilatura versante mediante scavo di sbancamento e splatemento

Tipologia di intervento prevista in corrispondenza della sola ZONA NORD, consiste nella riprofilatura a gradoni del versante.

In particolare, verranno realizzati tre differenti terrazzamenti ognuno di altezza massima pari a 3,00 m ed inclinazione di 60°, intervallati tra loro da piani di ampiezza 2,00 m, come da immagine

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	14

riportata di seguito, sui quali potrebbero poi essere previste delle ulteriori opere di mitigazione dell'impatto ambientale.

Le operazioni di scavo verranno effettuate mediante mezzi meccanici (ragno) muniti di appositi strumenti per l'esecuzione di scavi in roccia (martellone) e il materiale di risulta sarà allontanato verso apposite discariche autorizzate.

Per la realizzazione di tale intervento si dovrà precedentemente procedere con la rimozione della tettoia posizionata in corrispondenza dell'area pianeggiante del Parco degli Elcini a monte del dissesto ed alla demolizione del fabbricato ormai inagibile presso Via Garibaldi, al fine di creare gli opportuni piani di lavoro.

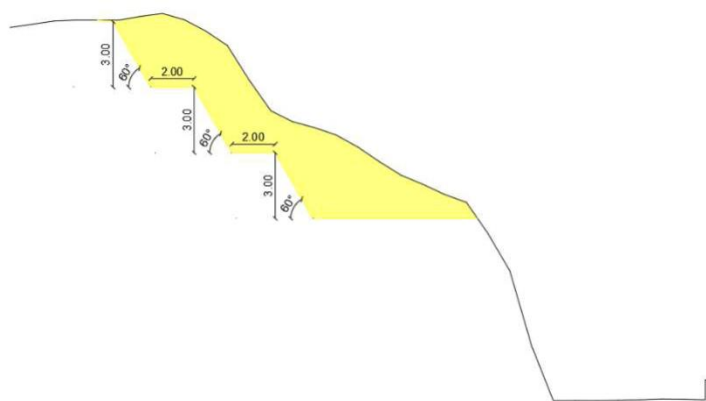


Figura 10 - profilo tipo riprofilatura

Consolidamento della scarpata mediante realizzazione di rafforzamento corticale con posa in opera di rete metallica in aderenza e chiodature in barre autopercoranti

Gli interventi di consolidamento mediante posa di rete metallica e chiodature in barre autopercoranti saranno eseguiti su entrambe le zone di intervento.

In particolare, per quanto riguarda la ZONA NORD, queste sono previste in corrispondenza della porzione di versante oggetto di riprofilatura a gradoni, quindi fino a quota relativa di progetto di +10,45 m dallo zero di riferimento, per una superficie totale di 340 mq, mentre per quanto riguarda la ZONA SUD saranno estese a tutto il versante per una superficie di 650 mq.

Il rivestimento sarà realizzato con posa di rete metallica tensionabile, posizionata con l'ausilio di rocciatori, attrezzatura idonea e mezzi meccanici. Il cerchio inscritto della maglia costitutiva della

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	15

rete non dovrà essere maggiore di 80 mm, tolleranza massima di 10 mm, allungamento non superiore al 10% e resistenza a trazione longitudinale superiore a 150 kN/m. La galvanizzazione dovrà essere in lega eutettica di Zinco-Alluminio (5%) conforme alla EN 10244, con grammatura non inferiore alla classe A della EN 10244.

La rete sarà ancorata al versante tramite chiodi autoperforanti di diametro esterno 38 mm e lunghezza 6,00 m disposti secondo una maglia di 2,50 m x 2,50 m. In particolare, in corrispondenza della riprofilatura a gradoni, le barre saranno ubicate in testa ed al piede di ogni tratto con inclinazione 60°.

I diversi ordini delle chiodature saranno realizzati sfalsati tra loro. I chiodi autoperforanti, realizzati con testa di perforazione di 72 mm, avranno un carico limite a snervamento di almeno 430 kN e saranno comprensivi di piastra di ancoraggio, bullone e manicotti di prolungamento.

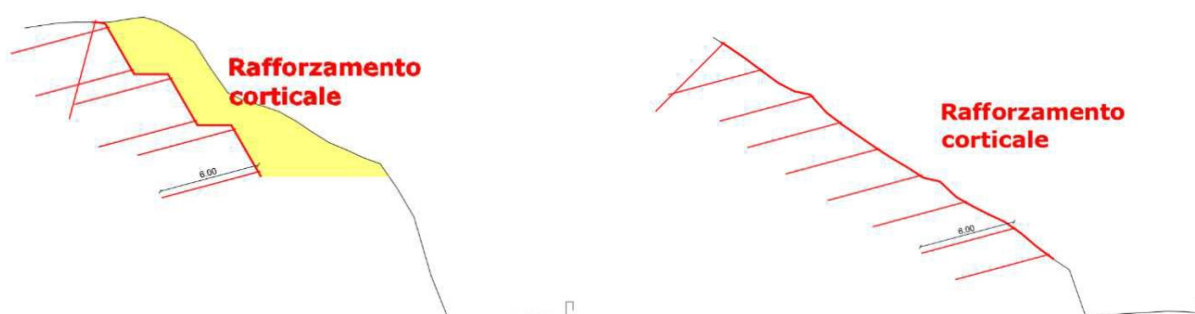


Figura 11 - Esempio di rafforzamento corticale con rete e chiodi autoperforanti

Per maggiori dettagli in merito a questa tipologia di intervento si rimanda alle apposite tavole allegate al progetto.

Realizzazione parete chiodata per sostegno provvisorio fronti di scavo

Per il sostegno provvisorio del fronte di scavo previsto in corrispondenza della ZONA NORD al fine di raggiungere la quota stradale di Via Garibaldi, sarà realizzata una parete chiodata che consentirà di mettere provvisoriamente in sicurezza il fronte di scavo per la successiva realizzazione di un muro di sostegno.

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	16

La parete chiodata permette di rinforzare e consolidare il terreno attraverso ravvicinate inclusioni armate con barre di acciaio chiamate “chiodi”, così da creare una struttura coerente capace di incrementare il totale sforzo di taglio del terreno e limitare i suoi spostamenti. Le barre sono passive e sviluppano la loro azione di rinforzo attraverso le interazioni con il terreno stesso. I chiodi lavorano prevalentemente in tensione, ma entro certi limiti sono anche in grado di resistere a sforzi di flessione e taglio. In corrispondenza delle teste dei chiodi, viene quindi realizzata una parete in calcestruzzo spruzzato (“spritzz-beton”) armata con adeguata rete elettrosaldata.



Figura 12 - parete chiodata

La parete chiodata in progetto sarà realizzata a lotti ristretti seguendo lo schema per fasi riportato nell'apposita tavola allegata al progetto. In particolare, la stessa avrà inclinazione di 78° , sarà dotata di barre autoperforanti con diametro esterno di 32 mm, lunghezza 6,00 m ed interasse di 1,50 m x 1,50 m (orizzontale x verticale). Lo spessore dello spritz-beton dovrà raggiungere almeno i 20 cm e al suo interno è prevista la posa di una doppia rete elettrosaldata, diametro filo di 8 mm e maglia 150 x 150 mm. Lungo tutta la superficie della parete chiodata saranno realizzati appositi fori per il drenaggio delle acque. Il dimensionamento nel dettaglio della parete chiodata sarà

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	17

effettuato in fase di Progetto Esecutivo, quando potranno anche essere modificate o confermate le informazioni della stessa (lunghezza barre, interasse, spessore calcestruzzo, ecc.).



Figura 13 - Esempio di realizzazione di parete chiodata

Realizzazione muro di sostegno in calcestruzzo

Per il sostegno definitivo del piede del versante, in corrispondenza della ZONA NORD, dove è prevista la realizzazione della parete chiodata, sarà realizzato un muro in cemento armato soggetto poi a completo rivestimento in pietra locale.

Il muro avrà altezza variabile da un massimo di 7,75 m, presso il limite Sud di intervento, ad un minimo di 7.35 m, presso il limite Nord.

Il muro, indipendentemente dalla sua altezza, è caratterizzato da uno spessore alla base di 1,50 m ed in testa di 0,75 m, ad esclusione dei tratti in corrispondenza degli archi, dove si riduce ad una base di 0,90 m ed in testa a 0,50 m. Le porzioni in corrispondenza degli archi hanno ampiezza di 3,00 m.

In sommità, per tutta l'estensione del muro, sarà realizzato un cordolo di dimensioni 1,10 m x 0,50 m (larghezza x altezza), mentre la fondazione, in cemento armato, avrà altezza pari a 1,00 m e larghezza di 2,50 m. Il cemento, sia per quanto riguarda il muro in elevazione, sia per quanto riguarda la fondazione, avrà classe di resistenza C28/35, ossia corrispondente ad una resistenza a compressione superiore a 35 N/mm².

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	18

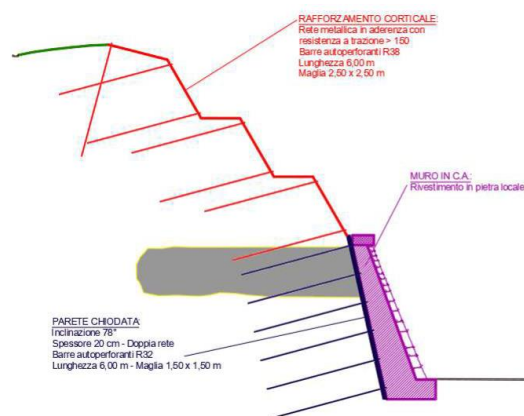


Figura 14 - sezione tipo

5.2. INTERVENTI DI ELIMINAZIONE RISCHIO CROLLO DELLE STRUTTURE ESISTENTI

Gli interventi di eliminazione del rischio crollo delle strutture esistenti consistono nella completa demolizione dei fabbricati inagibili e pericolanti a seguito dell'evento franoso del Giugno 2011, con particolare riferimento all'edificio di quattro piani. La demolizione di qualsiasi struttura dovrà essere eseguita previa attestazione dell'isolamento dalla rete degli stessi da tutti gli impianti e linee di servizio.

Il materiale di risulta proveniente dalle demolizioni dovrà essere opportunamente smaltito a discarica secondo le normative in vigore.

5.3. INTERVENTI DI RECUPERO AMBIENTALE, PAESAGGISTICO ED URBANISTICO

Premesso che gli interventi di consolidamento proposti e descritti in precedenza permettono una naturale rivegetazione col tempo del versante, in corrispondenza dell'area di frana presso la ZONA NORD, si prevedono degli ulteriori interventi di recupero ambientale, paesaggistico ed urbanistico.

Rivestimento del muro in calcestruzzo

Il principale intervento di inserimento paesaggistico consiste nel rivestimento dell'intero muro di sostegno in cemento armato alla base del versante mediante pietra locale. L'aspetto del muro,

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	19

caratterizzato dalla presenza di archi, unitamente al rivestimento in tufo di tutta la superficie, consentirà all'opera di inserirsi in modo ottimale nel contesto paesaggistico, storico e culturale del centro storico di Genazzano, richiamando anche il motivo del vicino Castello Colonna.

5.4. FASI DI INTERVENTO

Data la complessità e particolarità dei diversi interventi in progetto, si rende necessaria e indispensabile la suddivisione degli interventi per differenti fasi di lavoro.

In particolare, a questo livello della progettazione si prevede di procedere con le seguenti fasi:

- *FASE 1: ALLESTIMENTO AREA DI CANTIERE*

In questa fase si prevede la cantierizzazione delle aree di intervento tramite allestimento delle aree logistiche, delimitazione mediante apposite recinzioni, installazione di opportuna segnaletica e prolungamento della barriera provvisoria di sicurezza, per la caduta di materiale dal versante, su tutta la lunghezza di Via Garibaldi interessata dalle operazioni di messa in sicurezza.

Sempre in questa fase si prevede la rimozione della tettoia provvisoria realizzata come intervento di somma urgenza in corrispondenza del piano a monte del versante, all'interno del Parco degli Elcini.

- *FASE 2: CONSOLIDAMENTO CAVITÀ*

Allestita l'area di cantiere per prima cosa si procederà al consolidamento delle cavità esistenti mediante gli interventi sopra descritti.

- *FASE 3: DEMOLIZIONE FABBRICATI ESISTENTI E PREPARAZIONE PIANI DI LAVORO*

Prima di procedere con la riprofilatura del versante si dovrà preparare il piano di lavoro necessario a quota di progetto +10,45 m, ossia alla base dell'intervento di riprofilatura.

Per fare questo si prevede l'iniziale demolizione dei due piani più alti dei quattro dell'edificio pericolante esistente, quindi, tramite un apposito mezzo d'opera (ragno), sfruttando il materiale

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	20

franato nel Giugno 2011, verrà creata una rampa fino alla quota del piano di lavoro previsto (+10,45 m).

Nel frattempo, procedendo per lotti ridotti verranno portati a termine gli interventi di demolizione del fabbricato pericolante.

Per il completamento del piano di lavoro, al posto delle strutture demolite verranno riportati i materiali provenienti dalle prime operazioni di scavo, così da ottenere un unico piano di lavoro alla quota di progetto di +10,45 m su tutta la lunghezza dell'intervento.

In questa fase le lavorazioni sono previste in corrispondenza della sola ZONA NORD di intervento.

- *FASE 4: OPERAZIONI DI SCAVO E RIPROFILATURA DEL VERSANTE*

Anche questa fase è concentrata presso la ZONA NORD di intervento e prevede la completa riprofilatura a gradoni del versante, continuando le operazioni cominciate nella precedente Fase 2.

In questa fase si prevede anche la demolizione di una porzione ridotta del muro in pietrame e malta a monte di Via Garibaldi.

Il materiale proveniente dagli scavi, una volta completata la formazione del piano di lavoro, sarà allontanato dall'area di cantiere e smaltito presso apposita discarica autorizzata.

- *FASE 5: POSA IN OPERA RETE CORTICALE*

Una volta completate le operazioni di scavo si procede con la posa della rete corticale in aderenza e l'esecuzione delle chiodature con chiodi autoperforanti.

Per l'esecuzione di questa tipologia di intervento si procede da monte verso valle tramite tecniche di lavoro eseguite da operai esperti (rocciatori); per questo, prima dell'inizio di queste lavorazioni sarà installata un'apposita linea vita in corrispondenza del ciglio di scarpata di monte, facilmente raggiungibile dagli operatori attraverso il Parco degli Elcini.

Questi interventi saranno realizzati sia in corrispondenza del versante riprofilato a gradoni (ZONA NORD), sia in corrispondenza del versante restante (ZONA SUD).

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	21

- *FASE 6: REALIZZAZIONE PARETE CHIODATA*

Una volta messa in sicurezza la parte sommitale del versante, per la sola ZONA NORD di intervento, si procede con le operazioni di scavo necessarie a raggiungere la quota della sede stradale di Via Garibaldi ed il piano di fondazione del nuovo muro in progetto.

In particolare, queste operazioni di scavo riguardano il materiale del corpo di frana del Giugno 2011 ed il materiale riportato in precedenza durante la Fase 2 per la realizzazione dei piani di lavoro e saranno eseguite procedendo a lotti ristretti di altezza massima pari a 1,50 m. Contemporaneamente alla fase di scavo, per il sostegno provvisorio del fronte, sarà immediatamente eseguita la parete chiodata con il seguente procedimento:

- Scavo di altezza 1,50 m;
- Applicazione spritz-beton e doppia rete elettrosaldata ed installazione chiodo autoperforante;
- Ripetizione dei punti precedenti fino al raggiungimento della quota di progetto prevista per la posa della fondazione del nuovo muro di sostegno;

Il materiale di risulta proveniente dalle operazioni di scavo sarà allontanato dall'area di cantiere e smaltito presso apposita discarica autorizzata.

- *FASE 7: REALIZZAZIONE MURO DI SOSTEGNO AL PIEDE DEL VERSANTE*

A questo punto sarà realizzato il muro di sostegno in cemento armato secondo le indicazioni di progetto.

Terminati i getti e giunto a maturazione il calcestruzzo si procederà con il rivestimento in pietra locale dello stesso, così da eseguire il lavoro a regola d'arte secondo le indicazioni della Direzione Lavori.

Per la realizzazione del muro e del successivo rivestimento saranno posizionati opportuni ponteggi.

- *FASE 10: ESPIANTO AREE DI CANTIERE E RIPRISTINI FINALI*

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	22

5.5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

5.5.1. Aspetti Generali

Il territorio del Comune di Genazzano si sviluppa in corrispondenza di unità calcaree ed unità vulcaniche legate all'attività eruttiva dei Colli Albani. L'area fa parte dei Monti Prenestini, caratterizzati da rocce risalenti al Cretacico ed al Miocene. Tali litologie sono per la massima estensione riferibili alla porzione superiore della successione pelagica del Bacino Sabino, il quale costituisce il settore di transizione tra i più interni bacini pelagici, quello Toscano e Umbro-Marchigiano Ovest e Nord-Ovest, e l'adiacente Piattaforma Carbonatica Laziale posta ad Est (Barbieri et al., 2003-2004). Le unità geologiche sono caratterizzate dal basso da calcari e calcari marnosi con selce, con frequenti intercalazioni di depositi clastici calcarei messi in posto attraverso flussi gravitativi. I termini più alti della successione sono costituiti da marne e da torbiditi silicoclastiche risalenti al Tortoniano superiore (Barbieri et al., 2003-2004).

Il centro abitato di Genazzano sorge, tuttavia, lungo una stretta fascia collinare costituita da vulcaniti appartenenti alle successioni dei Colli Albani. La sequenza stratigrafica delle eruzioni dei Colli Albani è suddivisa in tre fasi principali a seconda dei volumi e dei differenti meccanismi eruttivi (De Rita et al., 1988, 1995; Giordano et al., 2006; Tabella 1). Partendo dalla fase più antica si riconoscono: la fase Tuscolano-Artemisio (c. 561—366 ka; Karner et al., 2001; Marra et al., 2009), la fase delle Faete (c. 308—250 ka; Marra et al., 2003) e la più recente fase idromagmatica (c. 200—36 ka; Marra et al., 2003; Freda et al., 2006; Giaccio et al., 2007).

Nell'area di studio si osserva la presenza dell'unità delle Pozzolane Rosse appartenente alla fase Tuscolano-Artemisio, considerata la fase più esplosiva e voluminosa, caratterizzata da cinque flussi piroclastici con volumi dell'ordine della decina di km³ 9 da minore attività effusiva. Le Pozzolane Rosse (456:3 ka, Marra et al., 2009), con le Pozzolane Nere, (407:2 ka, Marra et al., 2009) e l'unità Villa Senni (365 :4 ka, Marra et al., 2009) rappresentano i depositi più antichi, caratterizzanti eruzioni di tipo “dry” e da granulometrie grossolane, scorie piroclastiche e depositi di ceneri (Vinciguerra et al., 2009).

L'area di studio ricade all'interno del Foglio Tivoli n. 375 del CARG scala 1:50.000 (fig.3). Dalla carta geologica e dalla sezione geologica eseguita poco più a Nord del sito di studio, si osserva la

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	23

presenza di un'unità arenaceo-pelitica (UAPb) al di sopra della quale si ('3 impostata un'unità a Vulcanica (RED).

L'unità arenaceo-pelitica rappresenta un deposito sin-orogenico risalente al Tortoniano, costituita da litofacies arenaceo-pelitica, con arenarie a composizione litoarenitica e litoarenitica feldspatica, in strati da spessi a molto spessi, alternati a livelli pelitici subordinati.

L'unità vulcanica è costituita dalle Pozzolane Rosse, formate da un deposito piroclastico massivo e caotico, da viola a grigio scuro, semicoerente, a matrice cineritica grossolana e abbondante scheletro composto da scorie rosse, litici lavici, sedimentari termo-metamorfosati e olocristallini di dimensioni fino a 20 cm, 9 cristalli di leucite, clinopirosseno e biotite. Nello studio del Geol. Cola (Geol. Cola 2011; ASTRAL 2017) le vulcaniti interessate dall'evento sono descritte come tufi granulari, con livelli scoriacei a lapilli, sabbiosi e cineritici, appartenenti unicamente alle Pozzolane Rosse.

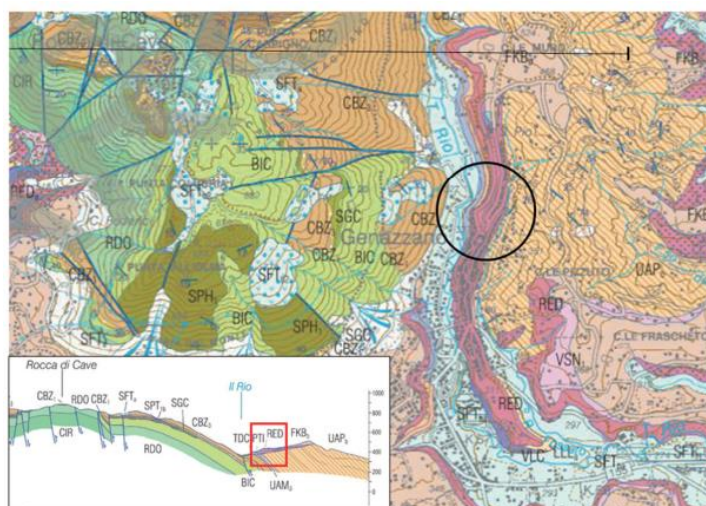


Figura 15 - Inquadramento geologico dell'area di studio (loglio CARG Tivoli n.375 1:50.000)

5.6. MODELLO GEOLOGICO – TECNICO

La caratterizzazione geotecnica delle unità geologiche presenti nel suolo e sottosuolo dell'area oggetto di intervento è stata realizzata sulla base dei dati ricavati tramite apposite analisi in situ e da indagini geologiche bibliografiche.

Per ulteriori dettagli consultare la relazione geologica

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	24

5.7. CLASSI DI ESPOSIZIONE

Nelle norme EN206-1 e UNI 11104 sono indicate, in base alle condizioni prevalenti della struttura, le classi di esposizione ambientale con le caratteristiche minime che deve avere il calcestruzzo.

Per la platea di fondazione in cemento armato si utilizza una classe di esposizione XC2. Per la miscela cementizia che costituisce i pali di fondazione si utilizza una classe di esposizione XC2.

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	25

6. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SITO

6.1. DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DELLE INDAGINI E DELLE PROVE GEOTECNICHE

Nell'immagine seguente è rappresentata la posizione e le tipologie delle indagini eseguite per la caratterizzazione litotecnica e sismica del sito oggetto di studio

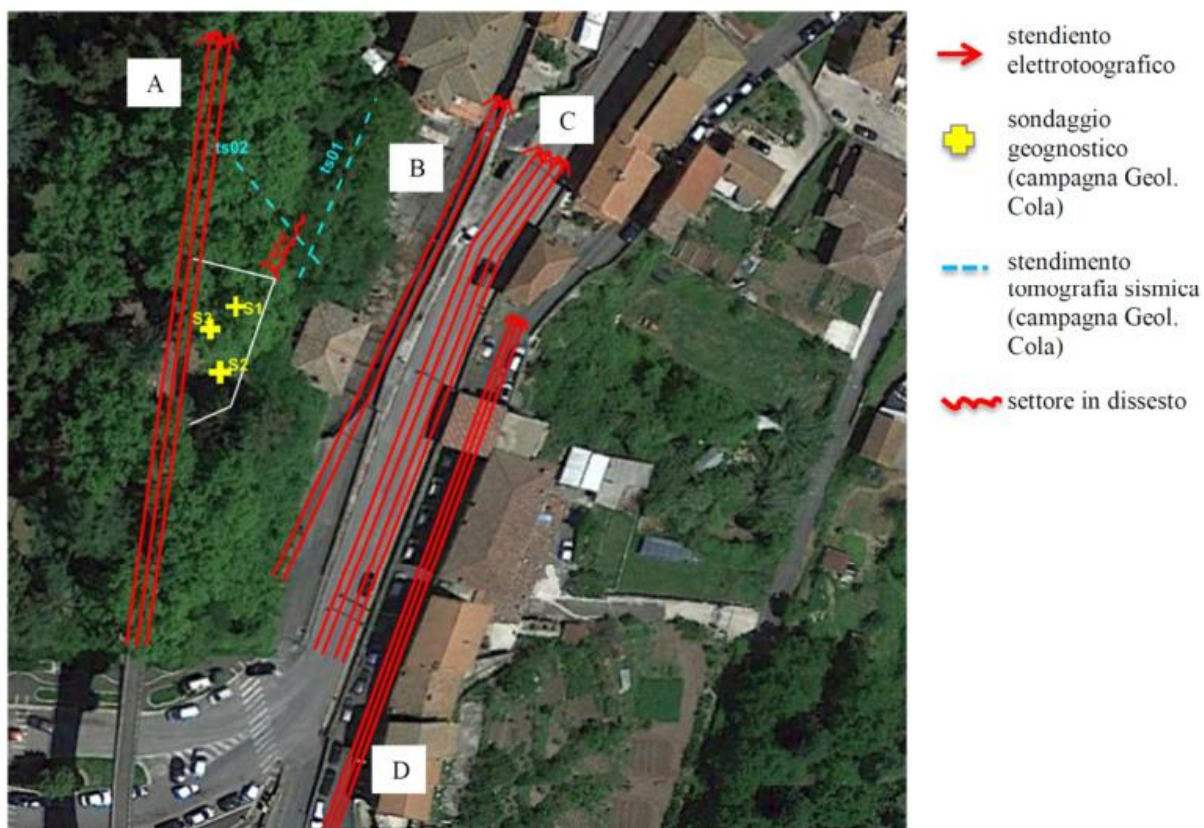


Figura 16 - Planimetria delle indagini di terreno svolte a seguito dell'evento.

I parametri geotecnici utilizzati ai fini del calcolo sono quelli di seguito riportati:

		V _{nat} [kN/m³]	E' [MPa]	Φ' [°]	c' [kPa]		
					a)	b)	Media
Tufi e piroclastiti alterate	Quote superiori a quella +11,90 di progetto	17,40	14	26,40	-	-	12,86
Piroclastiti	Quote inferiori a quella +11,90 di progetto	21,00	35	36,30	11,44	40,00	25,72

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	26

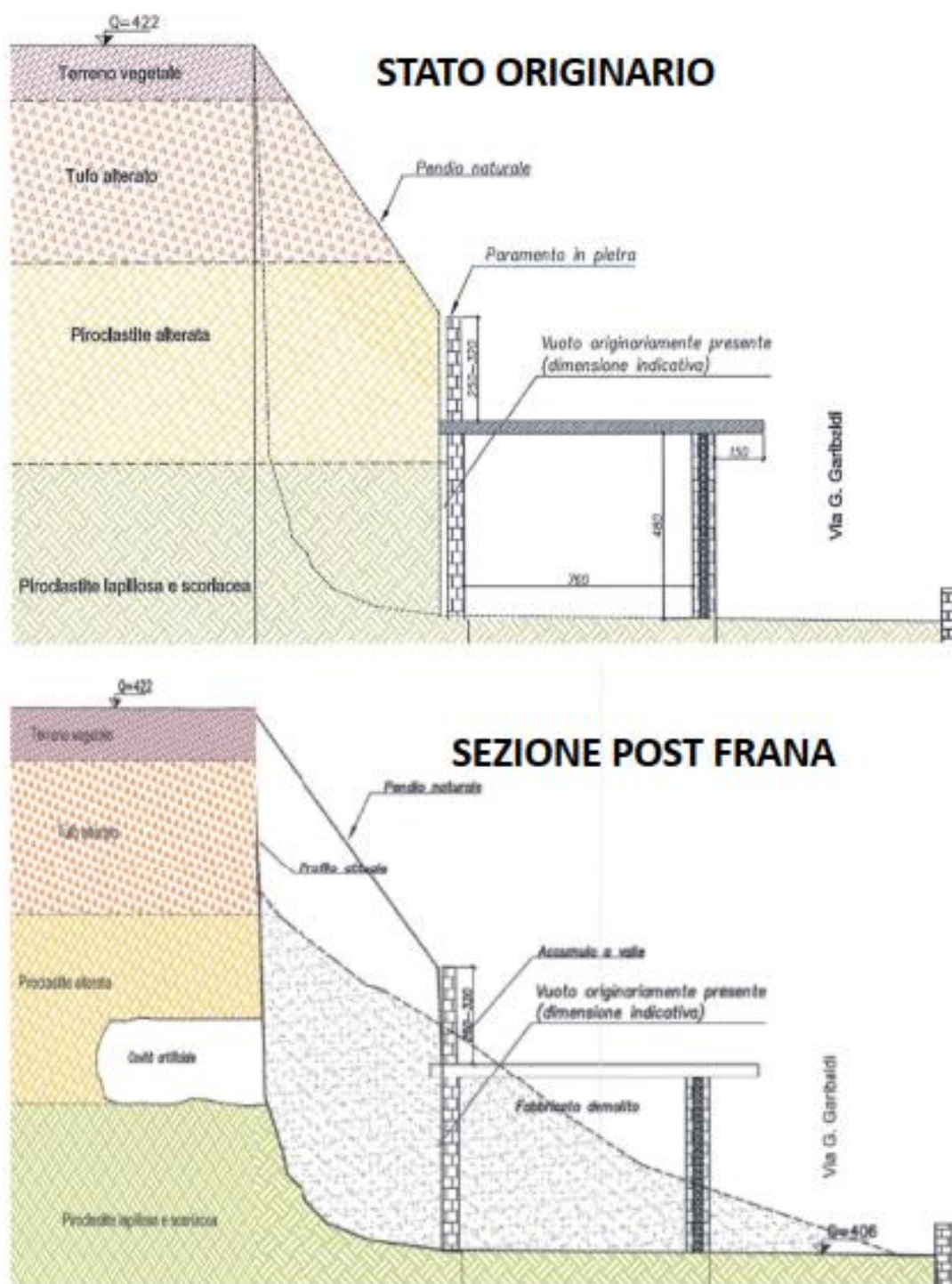


Figure 1-Sezioni pre e post frana

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	27

7. SISMICITÀ DELL'AREA

In base alla nuova classificazione sismica la Regione Lazio ha riclassificato il proprio territorio (DGR n. 387 del 25/05/2009) abolendo di fatto la classe 4, lasciando invariata la zona 1 e suddividendo la zona 2 e 3 in due rispettive sottozone.

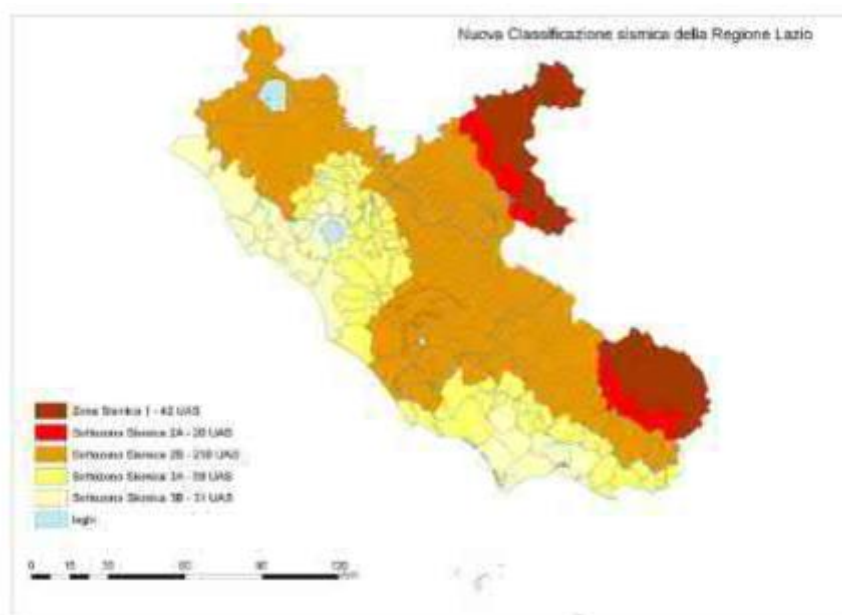


Figura 17-Carta Sismica Regionale

Si riportano le tabelle relative al livello di rischio e alle indagini e prove minime previste, tratte dalla Delibera Regionale n.724 del 20/10/2020 e R.R. 7 del 16/04/2021. L'opera in oggetto, come comunicato dai progettisti, rientra nella classe d'uso II, è ubicata in zona sismica 2B, pertanto è caratterizzata da un livello di rischio medio.

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	28

PROGETTI	PERICOLOSITA'				
	Zona Sismica				
	1	2a	2b	3a	3b
classi d'uso I e II	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
classe d'uso III	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
classe d'uso IV	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

8. CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE

In base al Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018 la classificazione del sottosuolo di fondazione si esegue in base ai valori della velocità equivalente V_{sh} calcolata fino alla profondità del bedrock sismico. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

In ottemperanza alla sopra citata normativa, il suolo di fondazione è classificato in base al valore V_{sh} corrispondente alla velocità di propagazione delle onde S fino alla profondità del bedrock sismico. Il suolo di fondazione può essere classificato nella categoria B.

9. CATEGORIA TOPOGRAFICA

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale e considerare un apposito fattore topografico. Per l'area in esame si può adottare la Categoria Topografica T2.

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	29

10. DATI

10.1. GEOMETRIA PROFILO TERRENO A MONTE DEL MURO

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	0,00	0,00	0.000
2	1,70	3,00	60.461
3	3,70	3,00	0.000
4	5,45	6,00	59.744
5	7,45	6,00	0.000
6	9,12	9,00	60.897
7	15,12	9,00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

10.1.1. Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kPa]
c_a	Adesione terra-muro espressa in [kPa]

Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix

Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
τ_l	Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	c	c_a	Cesp	τ_l
		[kN/mc]	[kN/mc]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]		[kPa]
1	piroclastite lapilloso coriacea	21,0000	23,0000	36.300	26.000	27	13	---	---
2	Tufi e piroclastiti alterati	17,4000	19,4000	26.400	17.600	10	5	---	---

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	30

10.2. STRATIGRAFIA

Simbologia adottata

n° Indice dello strato

H Spessore dello strato espresso in [m]

α Inclinazione espressa in $[\circ]$

Terreno Terreno dello strato

Per calcolo pali (solo se presenti)

Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in $\text{Kg}/\text{cm}^2/\text{cm}$

Ks Coefficiente di spinta

Cesp Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

$K_{st,sta}$, $K_{st,sis}$ Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [$^{\circ}$]	Terreno	Kw [Kg/cm^2]	Ks	Cesp	$K_{st,sta}$	$K_{st,sis}$
1	0,00	0.000	Tufi e piroclastiti alterati	---	---	---	---	---
2	12,00	0.000	piroclastite lapilloso coriacea	---	---	---	---	---

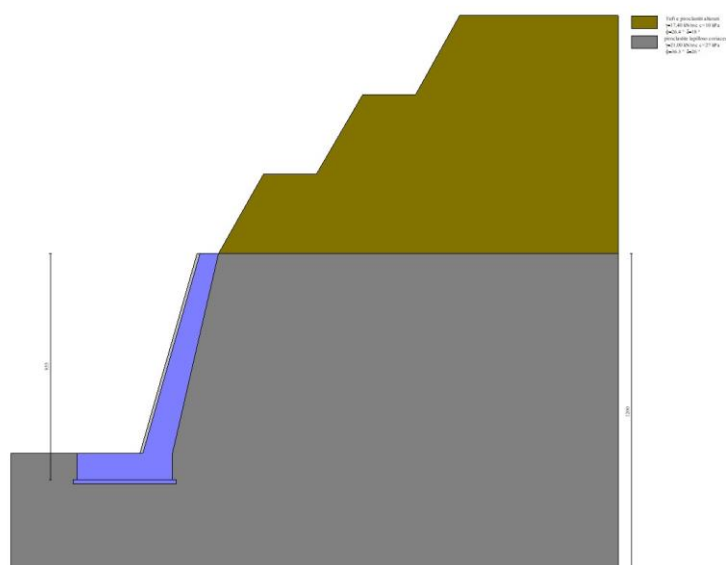


Figura 18 - Stratigrafia

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	31

10.3. RISULTATI

10.3.1. Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS _{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS _{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS _{QLIM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS _{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS _{HYD}	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS _{UPL}	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		1.236		10.319			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.008		7.803			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.096		10.485			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.573		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.771		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.806		
7 - EQU (A1-M1-R3)			3.020				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		1.185				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		1.266				

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	187,81	0,00	0,00	--	--	187,81	151,92	1.236
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	194,10	0,00	0,00	--	--	194,10	192,57	1.008
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	181,94	0,00	0,00	--	--	181,94	166,02	1.096

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	32

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	288,54	2977,53	2126,81	10.319
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	301,43	2351,96	1959,96	7.803
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	276,50	2899,00	2415,83	10.485

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, N _γ	Fattori di capacità portante
ic, iq, i _γ	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, d _γ	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, g _γ	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, b _γ	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, s _γ	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, p _γ	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidezza per punzonamento secondo Vesic
r _γ	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B _γ N _γ viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
γ	Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
φ	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq N _γ	ic iq i _γ	dc dq d _γ	gc gq g _γ	bc bq b _γ	sc sq s _γ	pc pq p _γ	Ir	Irc	Re	r _γ
1	52.034 39.222 46.899	0.478 0.478 0.055	1.109 1.055 1.055	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	--	0.654	0.936
2	52.034 39.222 46.899	0.407 0.407 0.011	1.109 1.055 1.055	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	--	0.645	0.936
3	52.034 39.222 46.899	0.430 0.430 0.021	1.109 1.055 1.055	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	--	0.740	0.936

n°	D	B'	H	γ	φ	c
	[m]	[m]	[m]	[°]	[kN/mc]	[kPa]
1	1,00	3,62	3,58	21,00	36.30	27
2	1,00	3,62	3,58	21,00	36.30	27

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	33

n°	D	B'	H	γ	ϕ	c
	[m]	[m]	[m]	[°]	[kN/mc]	[kPa]
3	1,00	3,62	3,58	21,00	36.30	27

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
 Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)
 La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
7 - EQU (A1-M1-R3)	968,46	320,63	3.020
8 - EQU (A1-M1-R3) H + V	1066,81	900,33	1.185
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	990,04	782,26	1.266

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione
 C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
 R Raggio, espresso in [m]
 FS Fattore di sicurezza

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
4 - GEO (A2-M2-R2)	-4,50; 4,50	13,35	1.573
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-4,50; 4,50	13,35	1.771
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-4,50; 4,50	13,35	1.806

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
 Origine in testa al muro (spigolo contro terra)
 W peso della striscia espresso in [kN]
 Qy carico sulla striscia espresso in [kN]
 Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kN]
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
 ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
 b larghezza della striscia espressa in [m]
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
 Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W	Qy	Qf	b	α	ϕ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	34

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	91,06	0,00	0,00	8,45 - 0,75	70.977	21.659	8	0,0	
2	104,88	0,45	0,00	0,75	62.556	30.441	22	0,0	
3	124,02	0,67	0,00	0,75	56.182	30.441	22	0,0	
4	139,99	0,67	0,00	0,75	50.755	30.441	22	0,0	
5	144,97	0,00	0,00	0,75	45.906	30.441	22	0,0	
6	139,53	0,00	0,00	0,75	41.454	30.441	22	0,0	
7	136,11	0,44	0,00	0,75	37.291	30.441	22	0,0	
8	143,48	0,67	0,00	0,75	33.348	30.441	22	0,0	
9	150,69	0,67	0,00	0,75	29.578	30.441	22	0,0	
10	148,54	0,01	0,00	0,75	25.944	30.441	22	0,0	
11	136,63	0,00	0,00	0,75	22.420	30.441	22	0,0	
12	130,44	0,00	0,00	0,75	18.983	30.441	22	0,0	
13	127,08	0,00	0,00	0,75	15.617	30.441	22	0,0	
14	92,21	0,00	0,00	0,75	12.304	30.441	22	0,0	
15	49,77	0,00	0,00	0,75	9.034	30.441	22	0,0	
16	22,19	0,00	0,00	0,75	5.792	30.441	22	0,0	
17	22,74	0,00	0,00	0,75	2.570	30.441	22	0,0	
18	22,94	0,00	0,00	0,75	-0.645	30.441	22	0,0	
19	21,04	0,00	0,00	0,75	-3.861	30.441	22	0,0	
20	18,71	0,00	0,00	0,75	-7.090	30.441	22	0,0	
21	16,91	0,00	0,00	0,75	-10.342	30.441	22	0,0	
22	14,41	0,00	0,00	0,75	-13.628	30.441	22	0,0	
23	11,19	0,00	0,00	0,75	-16.960	30.441	22	0,0	
24	7,21	0,00	0,00	0,75	-20.353	30.441	22	0,0	
25	2,44	0,00	0,00	-10,26 - 0,75	-23.168	30.441	22	0,0	

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	91,06	0,00	0,00	8,45 - 0,75	70.977	26.400	10	0,0	
2	104,88	0,00	0,00	0,75	62.556	36.300	27	0,0	
3	124,02	0,00	0,00	0,75	56.182	36.300	27	0,0	
4	139,99	0,00	0,00	0,75	50.755	36.300	27	0,0	
5	144,97	0,00	0,00	0,75	45.906	36.300	27	0,0	
6	139,53	0,00	0,00	0,75	41.454	36.300	27	0,0	
7	136,11	0,00	0,00	0,75	37.291	36.300	27	0,0	
8	143,48	0,00	0,00	0,75	33.348	36.300	27	0,0	
9	150,69	0,00	0,00	0,75	29.578	36.300	27	0,0	
10	148,54	0,00	0,00	0,75	25.944	36.300	27	0,0	
11	136,63	0,00	0,00	0,75	22.420	36.300	27	0,0	
12	130,44	0,00	0,00	0,75	18.983	36.300	27	0,0	
13	127,08	0,00	0,00	0,75	15.617	36.300	27	0,0	
14	92,21	0,00	0,00	0,75	12.304	36.300	27	0,0	
15	49,77	0,00	0,00	0,75	9.034	36.300	27	0,0	
16	22,19	0,00	0,00	0,75	5.792	36.300	27	0,0	
17	22,74	0,00	0,00	0,75	2.570	36.300	27	0,0	
18	22,94	0,00	0,00	0,75	-0.645	36.300	27	0,0	
19	21,04	0,00	0,00	0,75	-3.861	36.300	27	0,0	
20	18,71	0,00	0,00	0,75	-7.090	36.300	27	0,0	
21	16,91	0,00	0,00	0,75	-10.342	36.300	27	0,0	
22	14,41	0,00	0,00	0,75	-13.628	36.300	27	0,0	
23	11,19	0,00	0,00	0,75	-16.960	36.300	27	0,0	
24	7,21	0,00	0,00	0,75	-20.353	36.300	27	0,0	
25	2,44	0,00	0,00	-10,26 - 0,75	-23.168	36.300	27	0,0	

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
Progetto						Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI						PS05	00	2022	35

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	91,06	0,00	0,00	8,45 - 0,75	70.977	26.400	10	0,0	
2	104,88	0,00	0,00	0,75	62.556	36.300	27	0,0	
3	124,02	0,00	0,00	0,75	56.182	36.300	27	0,0	
4	139,99	0,00	0,00	0,75	50.755	36.300	27	0,0	
5	144,97	0,00	0,00	0,75	45.906	36.300	27	0,0	
6	139,53	0,00	0,00	0,75	41.454	36.300	27	0,0	
7	136,11	0,00	0,00	0,75	37.291	36.300	27	0,0	
8	143,48	0,00	0,00	0,75	33.348	36.300	27	0,0	
9	150,69	0,00	0,00	0,75	29.578	36.300	27	0,0	
10	148,54	0,00	0,00	0,75	25.944	36.300	27	0,0	
11	136,63	0,00	0,00	0,75	22.420	36.300	27	0,0	
12	130,44	0,00	0,00	0,75	18.983	36.300	27	0,0	
13	127,08	0,00	0,00	0,75	15.617	36.300	27	0,0	
14	92,21	0,00	0,00	0,75	12.304	36.300	27	0,0	
15	49,77	0,00	0,00	0,75	9.034	36.300	27	0,0	
16	22,19	0,00	0,00	0,75	5.792	36.300	27	0,0	
17	22,74	0,00	0,00	0,75	2.570	36.300	27	0,0	
18	22,94	0,00	0,00	0,75	-0.645	36.300	27	0,0	
19	21,04	0,00	0,00	0,75	-3.861	36.300	27	0,0	
20	18,71	0,00	0,00	0,75	-7.090	36.300	27	0,0	
21	16,91	0,00	0,00	0,75	-10.342	36.300	27	0,0	
22	14,41	0,00	0,00	0,75	-13.628	36.300	27	0,0	
23	11,19	0,00	0,00	0,75	-16.960	36.300	27	0,0	
24	7,21	0,00	0,00	0,75	-20.353	36.300	27	0,0	
25	2,44	0,00	0,00	-10,26 - 0,75	-23.168	36.300	27	0,0	

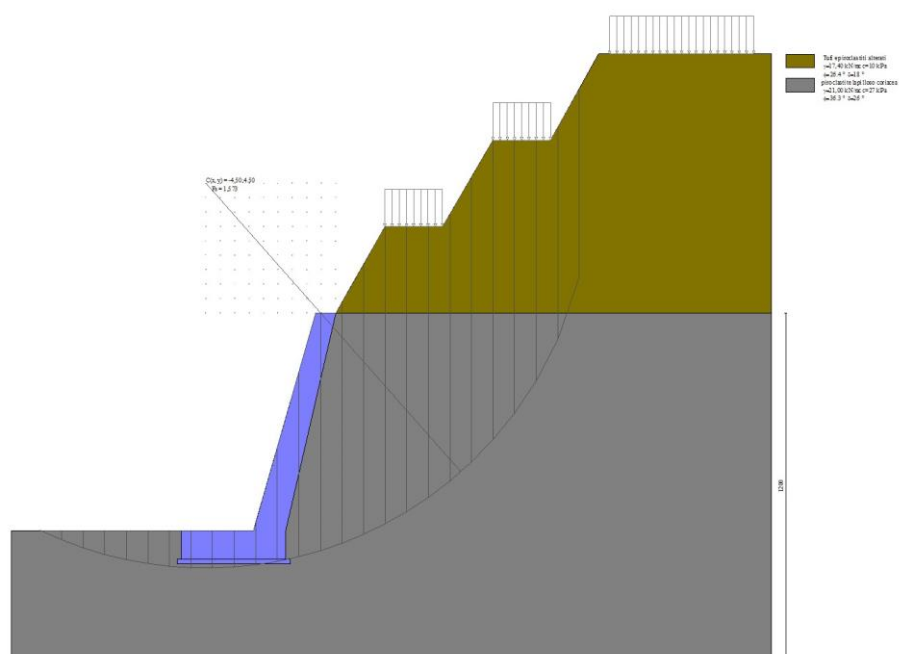


Figura 19 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL VERSANTE SU VIA GARIBALDI	PS05	00	2022	36