



# COMUNE DI GENAZZANO

Città Metropolitana di Roma Capitale



Intervento Finanziato dall'Unione Europea NextGenerationEU

## LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DEL DISSESTO IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA

CUP B44H20001670001

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 IDROGEOLOGICO  
NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA**

***CUP B44H20001670001***

***- PROGETTO ESECUTIVO -***

***RELAZIONE GEOTECNICA***

**INDICE**

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>3. INQUADRAMENTO AREA DI INTERVENTO.....</b>	<b>7</b>
3.1. SINTESI STORICA EVENTI FRANOSI.....	8
<b>4. RILIEVO DELLO STATO DI FATTO .....</b>	<b>12</b>
<b>5. CRITERI E SCELTE PROGETTUALI.....</b>	<b>15</b>
<b>6. OPERE IN PROGETTO .....</b>	<b>15</b>
6.1. FASI DI INTERVENTO .....	24
<b>7. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....</b>	<b>28</b>
7.1. ASPETTI GENERALI.....	28
7.2. MODELLO GEOLOGICO – TECNICO .....	29
7.3. CLASSI DI ESPOSIZIONE .....	30
<b>8. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SITO.....</b>	<b>31</b>
8.1. DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DELLE INDAGINI E DELLE PROVE GEOTECNICHE .....	31
<b>9. SISMICITÀ DELL’AREA.....</b>	<b>33</b>
<b>10. CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE .....</b>	<b>34</b>
<b>11. CATEGORIA TOPOGRAFICA .....</b>	<b>34</b>
<b>12. DATI.....</b>	<b>35</b>
12.1. GEOMETRIA PROFILO TERRENO A MONTE DEL MURO.....	35
12.1.1. Descrizione terreni.....	35
12.2. STRATIGRAFIA.....	36
12.3. RISULTATI.....	37
12.3.1. Verifiche geotecniche .....	37

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL’AREA TRA VIA GARIBOLDI E VIA EMPOLITANA	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 IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	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 IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	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).

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	5

- 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 IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	6



### 3. INQUADRAMENTO AREA DI INTERVENTO

L'area di intervento ove è avvenuto il dissesto è situata ad una quota di circa 390 m s.l.m. (quota media versante). Ubicata nella parte sommitale dell'abitato di Genazzano, sovrasta la strada comunale di Via Garibaldi, appena a monte del tracciato stradale della S.P. Empolitana, che, dopo un tornante situato a breve distanza in direzione Sud, ritroviamo anche a monte dell'area di dissesto e dalla quale è separato dal terrazzamento dove sorge il Parco degli Elcini.

Il terreno coinvolto dal fenomeno franoso fa parte della particella riportata in catasto al Foglio 4, particella 396, mentre il crollo ha coinvolto il sottostante fabbricato in corrispondenza della particella 425.



Figura 1 - Inquadramento area di intervento (estratto da Google Earth).

L'intero abitato di Genazzano, così come quello dei paesi limitrofi, è caratterizzato dalla presenza di numerosi ordini di grotte scavate nel corso dei secoli dagli abitanti ed attualmente utilizzate per

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	7



lo più come cantine o rimesse. Tali grotte hanno talvolta accesso diretto all'interno delle abitazioni, altre volte si affacciano sulle strade, altre risultano murate a causa delle modifiche indotte dalla costruzione di nuove abitazioni o strade.

La presenza di queste cavità, che rappresentano zone di debolezza per il versante roccioso, è diffusa, non solo in presenza dell'area di frana, ma anche della restante porzione di versante oggetto di intervento.

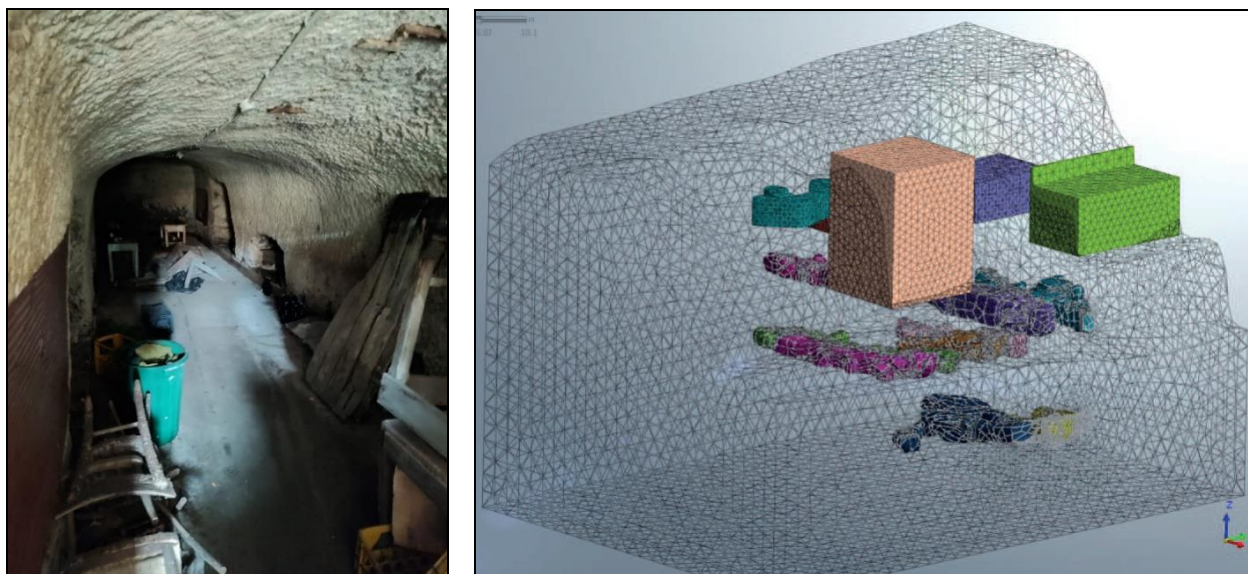


Figura 2 - Cavità

### 3.1. 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.

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	8



Figura 3 - 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 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.

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	9





Figura 4 Vista dei luoghi precedentemente l'evento del Giugno 2011 (estratto Google Earth)



Figura 5 - Evento franoso del Giugno 2011 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;
- 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;

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	10

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



*Figura 7 - 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 IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	11



#### 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.

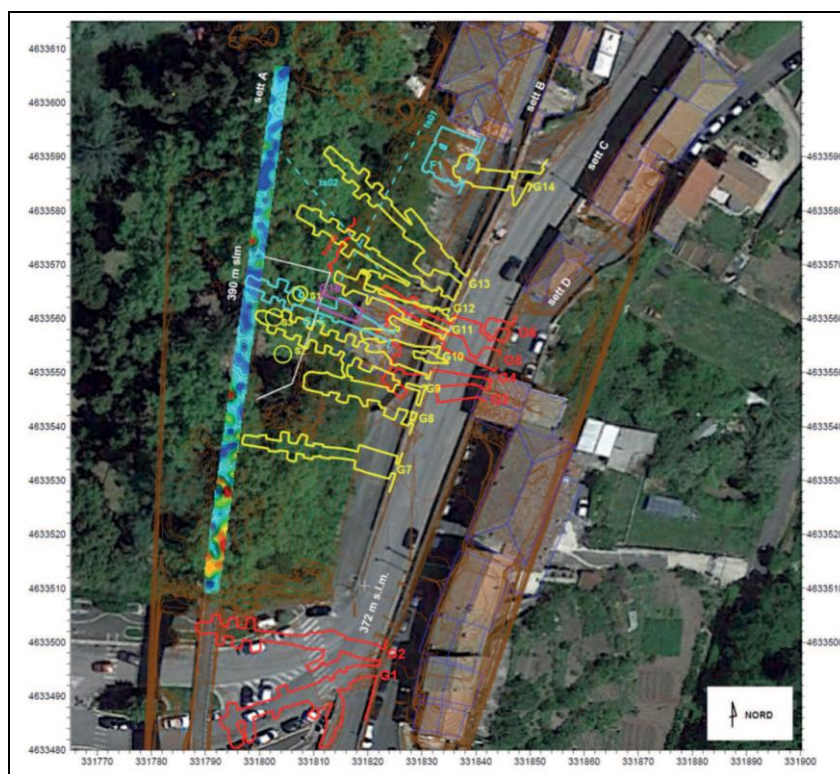


Figura 8 - Planimetria delle cavità ottenute mediante il rilievo Laser Scanner

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	12

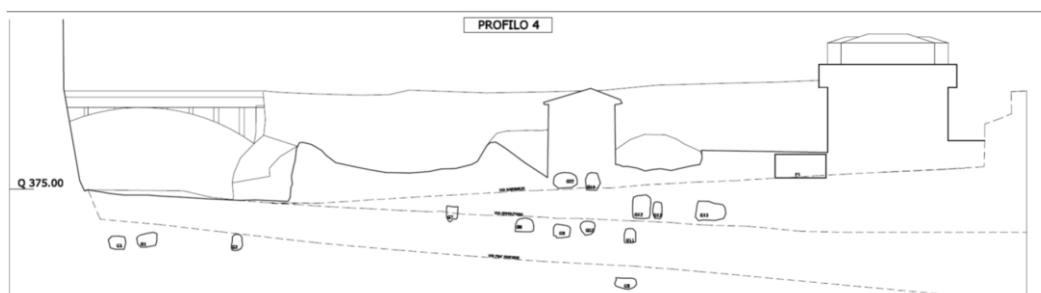


Figura 9 - Profilo dell'area di studio con indicate le diverse cavità rilevate

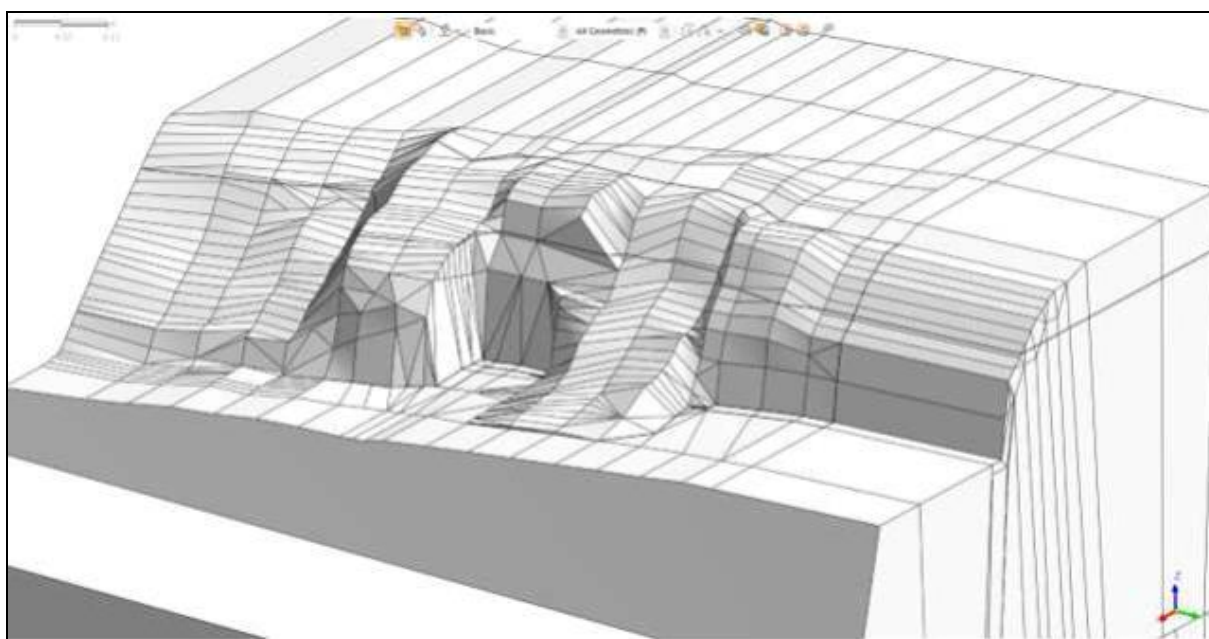
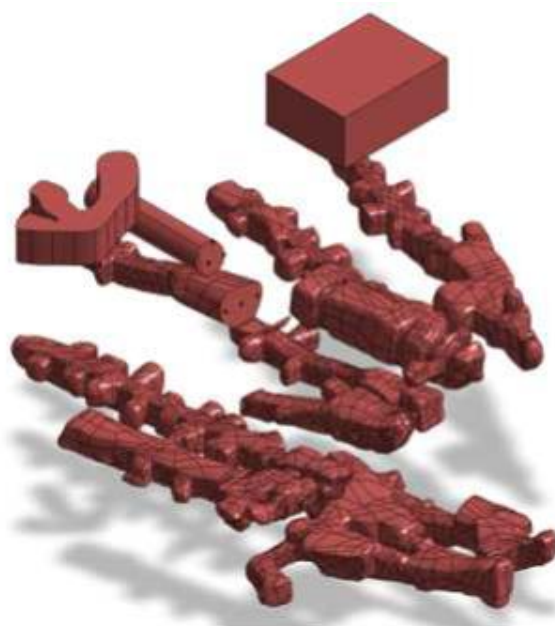


Figura 10 - Modello geometrico 3D dello stato di fatto senza i fabbricati esistenti

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	13



*Figura 11 - Modello geometrico 3D di alcune delle cavità presenti nel versante*

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	14



## 5. CRITERI E SCELTE PROGETTUALI

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) Ripristinare e sistemare la sede stradale di Via Garibaldi.

## 6. 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
- REALIZZAZIONE NUOVO MURO
- REALIZZAZIONE AREA A VERDE E RIPRISTINI STRADALI

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:*

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	15

- Riempimento mediante calcestruzzo betonabile delle cavità poste in prossimità dei fabbricati esistenti;
- Messa in sicurezza delle grotte poste sotto Via Empolitana, tramite puntelli metallici;
- *Interventi di sistemazione scarpata Nord 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 garage instabile esistente;
- Rimozione di materiale franato;

*Interventi di recupero ambientale, paesaggistico ed urbanistico:*

- Rivestimento del muro in calcestruzzo con pietra locale e formazione di archi;
- Predisposizione del piano per successiva realizzazione di un'area a verde su Via Garibaldi, prospiciente il nuovo muro;

*Interventi di ripristino e sistemazione stradale:*

- Fresatura del manto stradale in corrispondenza di Via Garibaldi;
- Posa in opera di nuovo strato di usura;
- Rifacimento canaletta di scolo acque superficiali viale esistente presso Parco degli Elcini.

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	16

Interventi di messa in sicurezza versante

Gli interventi previsti in corrispondenza del versante saranno finalizzati a garantire la messa in sicurezza dell'intero versante a monte di Via Garibaldi.

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.

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

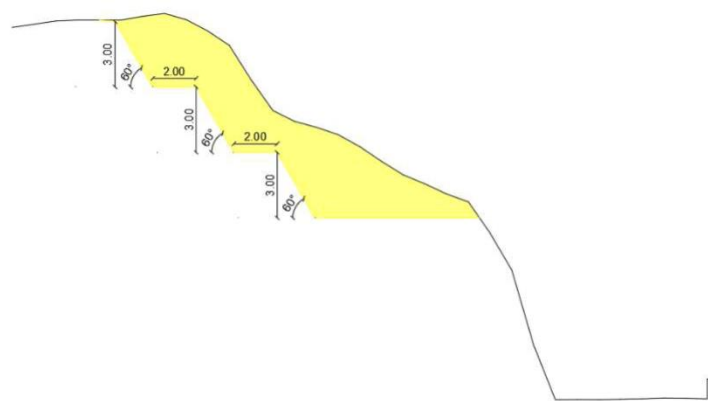
Tipologia di intervento prevista in corrispondenza della sola ZONA NORD, consiste nella riprofilatura a gradoni del versante.

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 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 dei fabbricati ormai inagibili presso Via Garibaldi, al fine di creare gli opportuni piani di lavoro.

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	17



*Figura 12 - Consolidamento della scarpata mediante realizzazione di rafforzamento corticale con posa in opera di rete metallica in aderenza e chiodature in barre autoperforanti*

Gli interventi di consolidamento mediante posa di rete metallica e chiodature in barre autoperforanti saranno eseguiti in corrispondenza della zona Nord del versante.

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 circa 610 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 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.

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	18



Figura 13 - Esempio di rafforzamento corticale con rete e chiodi autopercuotenti

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.

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.

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	19



*Figura 14 - 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  $78^\circ$ , 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 effettuato in fase di Progetto Esecutivo, quando potranno anche essere modificate o confermate le informazioni della stessa (lunghezza barre, interasse, spessore calcestruzzo, ecc.).

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	20



*Figura 15 - 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 7,35 m, presso il limite Sud di intervento, ad un minimo di 5.50 m, presso il limite Nord. Sarà poi realizzato anche un tratto dello stesso in corrispondenza dell'edificio a civile abitazione costituente il limite Nord di intervento, per un migliore inserimento paesaggistico dello stesso, con un'altezza di 3,35 m. Il muro sarà provvisto inoltre di nicchie ad arco in corrispondenza delle quali esso avrà uno spessore minore.

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/mm<sup>2</sup>.

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	21



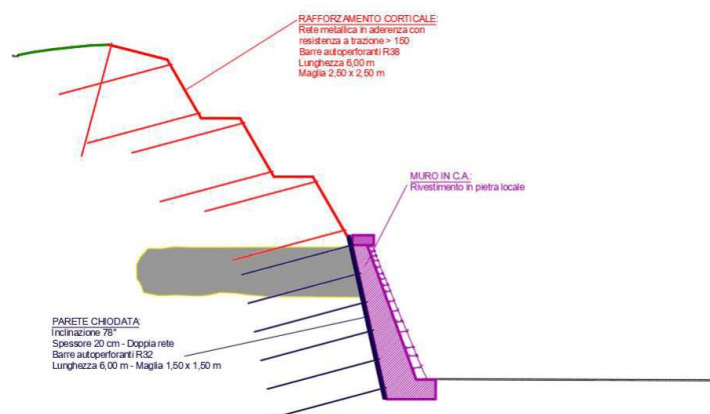


Figura 16 - profilo realizzativo

### 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 al fabbricato monopiano adibito a garage e magazzino. 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.

### 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, caratterizzato dalla presenza di archi, unitamente al rivestimento in tufo di tutta la superficie,

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	22

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.

#### Predisposizione di una superficie da adibire a verde pubblico

Da un punto di vista urbanistico, in corrispondenza dell'area di frana del Giugno 2011, considerando anche le superfici dove si prevede la demolizione dei fabbricati esistenti, in accordo con l'Amministrazione Comunale, si prevede l'esecuzione di un'area destinata a verde pubblico.

Al fine di non lasciare, al termine dei lavori, un'area con una sistemazione provvisoria che non si addica all'importanza del luogo, sulla stessa si prevedono diversi interventi di predisposizione per la realizzazione di un'area verde, che prevedono la regolarizzazione della superficie, la regimazione delle acque meteoriche e la posa di uno strato finale di terreno vegetale; in tal modo l'area potrà essere in futuro allestita come verde pubblico restituendo ai cittadini un luogo fruibile e sicuro.

Al fine di garantire la stabilità della futura area verde, si prevede la posa in opera di uno strato impermeabilizzante e di un sistema di smaltimento delle acque meteoriche al fine di evitare infiltrazioni che possano influire negativamente sulle cavità presenti a profondità maggiori rispetto a quelle presenti su Via Empolitana e che hanno accesso da Via Fra Martino. Rispetto al precedente progetto non è più prevista la platea di fondazione in cemento armato su micropali, avente uno spessore di 0,25 m, che avrebbe predisposto la superficie per la realizzazione di un'area di parcheggio.

#### Interventi di ripristino e sistemazione stradale

In conclusione, al fine di consegnare i luoghi a regola d'arte una volta terminato il cantiere, si prevedono anche degli interventi di ripristino e sistemazione stradale sia lungo Via Garibaldi sia lungo il viale interno al Parco degli Elcini situato a monte del versante.

In particolare, lungo Via Garibaldi si prevede la scarifica con opportuna macchina fresatrice del manto stradale esistente, per uno spessore di 6,00 cm, su un tratto di lunghezza 100,0 m a partire dall'inizio di Via Garibaldi in prossimità del tornante della Strada Provinciale.

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	23

Sullo stesso tratto sarà poi posato un nuovo manto stradale in conglomerato bituminoso costituito da uno strato di binder di 7 cm ed uno strato di usura di spessore pari a 3 cm.

In corrispondenza del viale interno al Parco degli Elcini, per un tratto di lunghezza 90,0 m, si prevede invece la rimozione e sostituzione della cunetta laterale di collettamento delle acque meteoriche di scorrimento superficiale, mediante posa di elementi prefabbricati in conglomerato cementizio.

Tale intervento permette quindi una migliore gestione ed allontanamento delle acque una volta rimossa la tettoia provvisoria realizzata come intervento di somma urgenza, oltre a ripristinare un elemento che potrebbe essere facilmente oggetto di danneggiamento durante le fasi di cantiere a causa del passaggio dei mezzi d'opera.

#### **6.1. 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.

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	24

---

- *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 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 monopiano in direzione Nord.

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.

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	25

---

- *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 in corrispondenza del versante riprofilato a gradoni (ZONA NORD

- *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.

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	26

- *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 8: PREDISPOSIZIONE AREA DA ADIBIRE A VERDE PUBBLICO*

Gli interventi di predisposizione per la realizzazione di un'area a verde, prevedono la regolarizzazione della superficie, l'impermeabilizzazione del piano di posa per evitare l'infiltrazione delle acque meteoriche nelle cavità più profonde che hanno accesso su Via Fra Martino, la regimazione delle acque meteoriche mediante realizzazione di tubazione drenante ed infine la posa di uno strato finale di terreno vegetale; in tal modo l'area potrà essere in futuro allestita come verde pubblico restituendo ai cittadini un luogo fruibile e sicuro.

- *FASE 9: INTERVENTI SULLA SEDE STRADALE*

Completati gli interventi di messa in sicurezza del versante si potrà procedere con una riqualificazione dell'intero tratto iniziale di Via Garibaldi.

In particolare, si procederà alla scarifica del manto stradale esistente ed alla posa di un nuovo manto stradale in conglomerato bituminoso costituito da uno strato di binder di 5 cm ed uno strato di usura di spessore pari a 3 cm.

Contemporaneamente sarà possibile procedere alla rimozione e sostituzione della canaletta di scolo delle acque meteoriche di scorrimento superficiale presso il lato di valle del viale interno al Parco degli Elcini, a monte del versante oggetto di intervento.

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

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	27

## 7. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

### 7.1. 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 km<sup>3</sup> 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 IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	28



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.

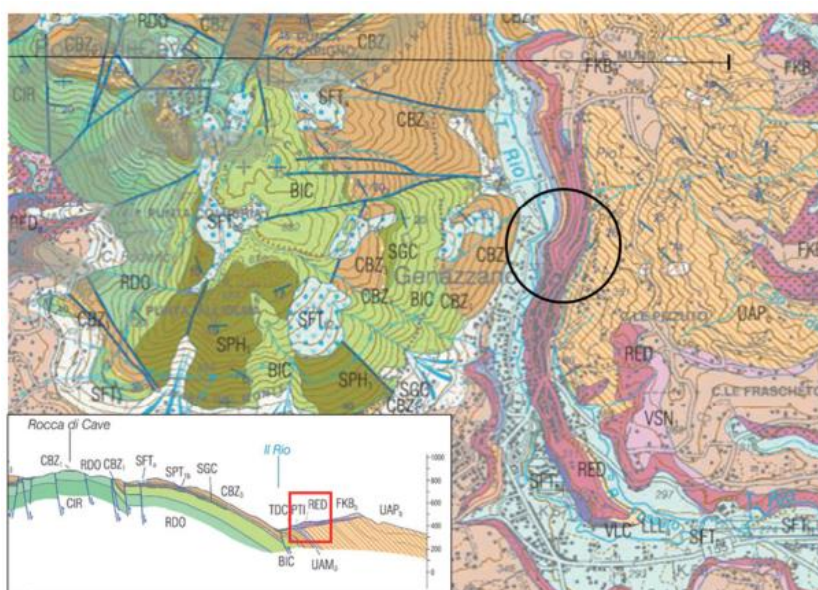


Figure 1-Inquadramento geologico dell'area di studio (loglio CARG Tivoli n.375 1:50.000).

## 7.2. 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.

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	29

Per ulteriori dettagli consultare la relazione geologica

### 7.3. 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 IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	30

## 8. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SITO

### 8.1. 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

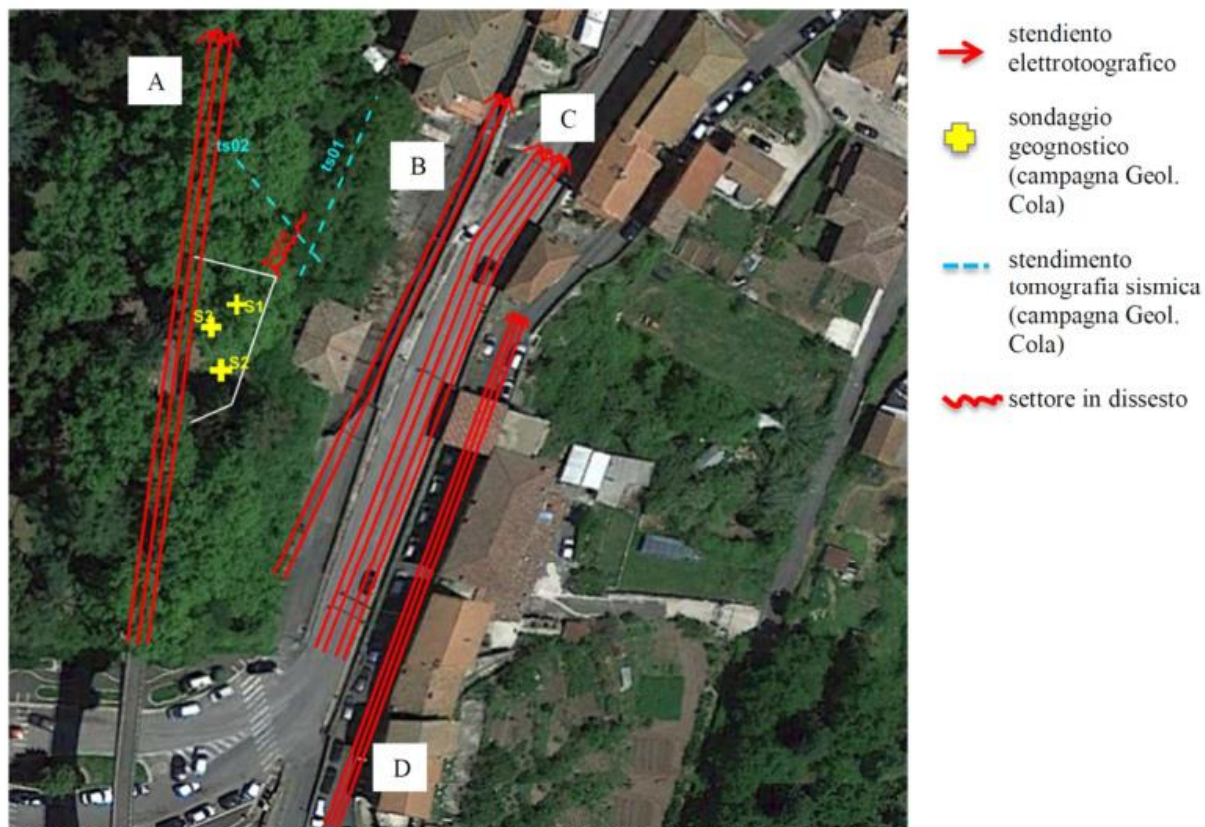
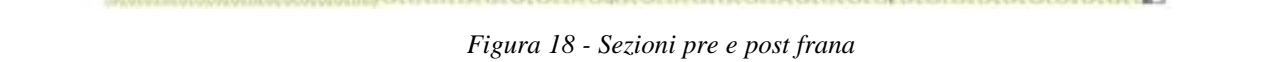


Figura 17 - Planimetria delle indagini di terreno svolte a seguito dell'evento.

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

		$\gamma_{nat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$E'$ [MPa]	$\Phi'$ [°]	$c'$ [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 IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	31



EMR CERTIFY					
-------------	--	--	--	--	--



## 9. 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.

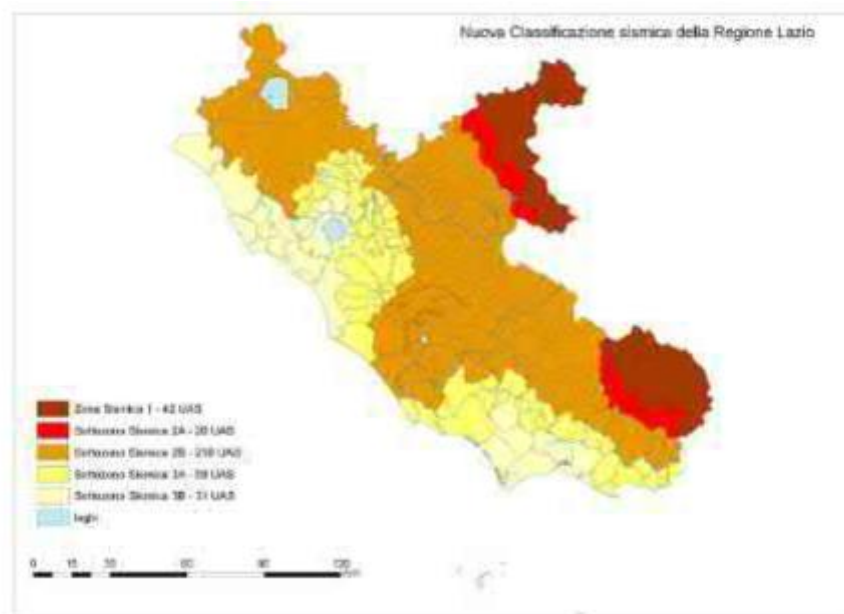


Figura 19 - Carta Sismica Regionale

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 IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	33

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

Figura 20 - classi di pericolosità

## 10. 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.

## 11. 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 IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	34

## 12. DATI

### 12.1. 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 [m]	Y [m]	A [°]
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 [°]

#### 12.1.1. Descrizione terreni

#### Parametri di resistenza

#### Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kPa]
$c_a$	Adesione terra-muro espressa in [kPa]
<u>Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix</u>	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
$\tau_l$	Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kPa]	$c_a$ [kPa]	Cesp	$\tau_l$ [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 IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	35



## 12.2. STRATIGRAFIA

### Simbologia adottata

$n^{\circ}$  Indice dello strato

H Spessore dello strato espresso in [m]

$\alpha$  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')

Kst<sub>sta</sub>, Kst<sub>sis</sub> Coeff. di spinta statico e sismico

$n^{\circ}$	H [m]	$\alpha$ [ $^{\circ}$ ]	Terreno	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kst <sub>sta</sub>	Kst <sub>sis</sub>
1	0,00	0.000	Tufi e piroclastiti alterati	---	---	---	---	---
2	12,00	0.000	piroclastite lapilloso coriacea	---	---	---	---	---

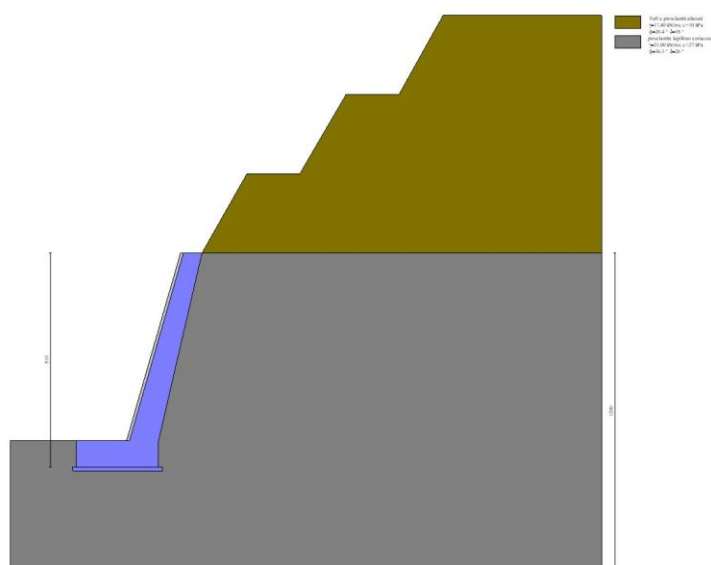


Figura 21 - Stratigrafia

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	36

## 12.3. RISULTATI

### 12.3.1. Verifiche geotecniche

*Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati*

Simbologia adottata

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

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		1.255		10.114			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.004		6.848			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.104		9.298			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.599		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.799		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.834		
7 - EQU (A1-M1-R3)			2.932				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		1.064				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		1.145				

*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 [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	167,44	0,00	0,00	--	--	167,44	133,41	1.255
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	172,23	0,00	0,00	--	--	172,23	171,50	1.004
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	162,17	0,00	0,00	--	--	162,17	146,96	1.104

*Verifica a carico limite*

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
----	---------------------

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	37

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 [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	260,76	2637,23	1883,73	10.114
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	272,56	1866,37	1555,31	6.848
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	249,96	2324,23	1936,86	9.298

### Dettagli calcolo portanza

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, N <sub>γ</sub>	Fattori di capacità portante
ic, iq, i <sub>γ</sub>	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, d <sub>γ</sub>	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, g <sub>γ</sub>	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, b <sub>γ</sub>	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, s <sub>γ</sub>	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, p <sub>γ</sub>	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 <sub>γ</sub>	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B\gamma N_{\gamma}$ 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 <sub>γ</sub>	ic iq i <sub>γ</sub>	dc dq d <sub>γ</sub>	gc gq g <sub>γ</sub>	bc bq b <sub>γ</sub>	sc sq s <sub>γ</sub>	pc pq p <sub>γ</sub>	Ir	Irc	Re	r <sub>γ</sub>
1	52.034	0.489	1.128	--	--	--	--	--	--	0.654	0.953
	39.222	0.489	1.064	--	--	--	--	--	--		
	46.899	0.064	1.064	--	--	--	--	--	--		
2	52.034	0.413	1.128	--	--	--	--	--	--	0.582	0.953
	39.222	0.413	1.064	--	--	--	--	--	--		
	46.899	0.013	1.064	--	--	--	--	--	--		
3	52.034	0.438	1.128	--	--	--	--	--	--	0.672	0.953
	39.222	0.438	1.064	--	--	--	--	--	--		
	46.899	0.026	1.064	--	--	--	--	--	--		

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kN/mc]	c [kPa]
1	1,00	3,10	3,06	21,00	36.30	27
2	1,00	3,10	3,06	21,00	36.30	27
3	1,00	3,10	3,06	21,00	36.30	27

### Verifica a ribaltamento

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	38

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 [kNm]	Mr [kNm]	FS
7 - EQU (A1-M1-R3)	759,01	258,83	2.932
8 - EQU (A1-M1-R3) H + V	839,75	789,24	1.064
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	778,52	680,22	1.145

### 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 [m]	R [m]	FS
4 - GEO (A2-M2-R2)	-4,00; 4,50	12,83	1.599
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-4,00; 4,50	12,83	1.799
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-4,00; 4,50	12,83	1.834

### 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]  
 $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 $\phi$  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 [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	85,57	0,00	0,00	8,42 - 0,72	70.682	21.659	8	0,0	
2	97,48	0,41	0,00	0,72	62.382	30.441	22	0,0	
3	114,80	0,64	0,00	0,72	56.059	30.441	22	0,0	
4	129,40	0,64	0,00	0,72	50.664	30.441	22	0,0	
5	135,95	0,09	0,00	0,72	45.840	30.441	22	0,0	
6	131,10	0,00	0,00	0,72	41.407	30.441	22	0,0	
7	125,94	0,26	0,00	0,72	37.260	30.441	22	0,0	
8	130,95	0,64	0,00	0,72	33.332	30.441	22	0,0	
9	137,56	0,64	0,00	0,72	29.575	30.441	22	0,0	
10	140,19	0,24	0,00	0,72	25.954	30.441	22	0,0	
11	130,38	0,00	0,00	0,72	22.441	30.441	22	0,0	
12	119,44	0,00	0,00	0,72	19.016	30.441	22	0,0	
13	122,36	0,00	0,00	0,72	15.659	30.441	22	0,0	
14	100,50	0,00	0,00	0,72	12.358	30.441	22	0,0	
15	65,48	0,00	0,00	0,72	9.098	30.441	22	0,0	
16	26,96	0,00	0,00	0,72	5.867	30.441	22	0,0	

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	39

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
17	20,74	0,00	0,00	0,72	2.655	30.441	22	0,0	
18	20,94	0,00	0,00	0,72	-0.549	30.441	22	0,0	
19	18,91	0,00	0,00	0,72	-3.754	30.441	22	0,0	
20	17,00	0,00	0,00	0,72	-6.972	30.441	22	0,0	
21	15,37	0,00	0,00	0,72	-10.211	30.441	22	0,0	
22	13,10	0,00	0,00	0,72	-13.484	30.441	22	0,0	
23	10,18	0,00	0,00	0,72	-16.803	30.441	22	0,0	
24	6,57	0,00	0,00	0,72	-20.181	30.441	22	0,0	
25	2,22	0,00	0,00	-9,50 - 0,72	-23.019	30.441	22	0,0	

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	85,57	0,00	0,00	8,42 - 0,72	70.682	26.400	10	0,0	
2	97,48	0,00	0,00	0,72	62.382	36.300	27	0,0	
3	114,80	0,00	0,00	0,72	56.059	36.300	27	0,0	
4	129,40	0,00	0,00	0,72	50.664	36.300	27	0,0	
5	135,95	0,00	0,00	0,72	45.840	36.300	27	0,0	
6	131,10	0,00	0,00	0,72	41.407	36.300	27	0,0	
7	125,94	0,00	0,00	0,72	37.260	36.300	27	0,0	
8	130,95	0,00	0,00	0,72	33.332	36.300	27	0,0	
9	137,56	0,00	0,00	0,72	29.575	36.300	27	0,0	
10	140,19	0,00	0,00	0,72	25.954	36.300	27	0,0	
11	130,38	0,00	0,00	0,72	22.441	36.300	27	0,0	
12	119,44	0,00	0,00	0,72	19.016	36.300	27	0,0	
13	122,36	0,00	0,00	0,72	15.659	36.300	27	0,0	
14	100,50	0,00	0,00	0,72	12.358	36.300	27	0,0	
15	65,48	0,00	0,00	0,72	9.098	36.300	27	0,0	
16	26,96	0,00	0,00	0,72	5.867	36.300	27	0,0	
17	20,74	0,00	0,00	0,72	2.655	36.300	27	0,0	
18	20,94	0,00	0,00	0,72	-0.549	36.300	27	0,0	
19	18,91	0,00	0,00	0,72	-3.754	36.300	27	0,0	
20	17,00	0,00	0,00	0,72	-6.972	36.300	27	0,0	
21	15,37	0,00	0,00	0,72	-10.211	36.300	27	0,0	
22	13,10	0,00	0,00	0,72	-13.484	36.300	27	0,0	
23	10,18	0,00	0,00	0,72	-16.803	36.300	27	0,0	
24	6,57	0,00	0,00	0,72	-20.181	36.300	27	0,0	
25	2,22	0,00	0,00	-9,50 - 0,72	-23.019	36.300	27	0,0	

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	85,57	0,00	0,00	8,42 - 0,72	70.682	26.400	10	0,0	
2	97,48	0,00	0,00	0,72	62.382	36.300	27	0,0	
3	114,80	0,00	0,00	0,72	56.059	36.300	27	0,0	
4	129,40	0,00	0,00	0,72	50.664	36.300	27	0,0	
5	135,95	0,00	0,00	0,72	45.840	36.300	27	0,0	
6	131,10	0,00	0,00	0,72	41.407	36.300	27	0,0	
7	125,94	0,00	0,00	0,72	37.260	36.300	27	0,0	
8	130,95	0,00	0,00	0,72	33.332	36.300	27	0,0	
9	137,56	0,00	0,00	0,72	29.575	36.300	27	0,0	
10	140,19	0,00	0,00	0,72	25.954	36.300	27	0,0	
11	130,38	0,00	0,00	0,72	22.441	36.300	27	0,0	
12	119,44	0,00	0,00	0,72	19.016	36.300	27	0,0	
13	122,36	0,00	0,00	0,72	15.659	36.300	27	0,0	
14	100,50	0,00	0,00	0,72	12.358	36.300	27	0,0	
15	65,48	0,00	0,00	0,72	9.098	36.300	27	0,0	
16	26,96	0,00	0,00	0,72	5.867	36.300	27	0,0	
17	20,74	0,00	0,00	0,72	2.655	36.300	27	0,0	
18	20,94	0,00	0,00	0,72	-0.549	36.300	27	0,0	
19	18,91	0,00	0,00	0,72	-3.754	36.300	27	0,0	
20	17,00	0,00	0,00	0,72	-6.972	36.300	27	0,0	
21	15,37	0,00	0,00	0,72	-10.211	36.300	27	0,0	
22	13,10	0,00	0,00	0,72	-13.484	36.300	27	0,0	
23	10,18	0,00	0,00	0,72	-16.803	36.300	27	0,0	
24	6,57	0,00	0,00	0,72	-20.181	36.300	27	0,0	
25	2,22	0,00	0,00	-9,50 - 0,72	-23.019	36.300	27	0,0	

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	40

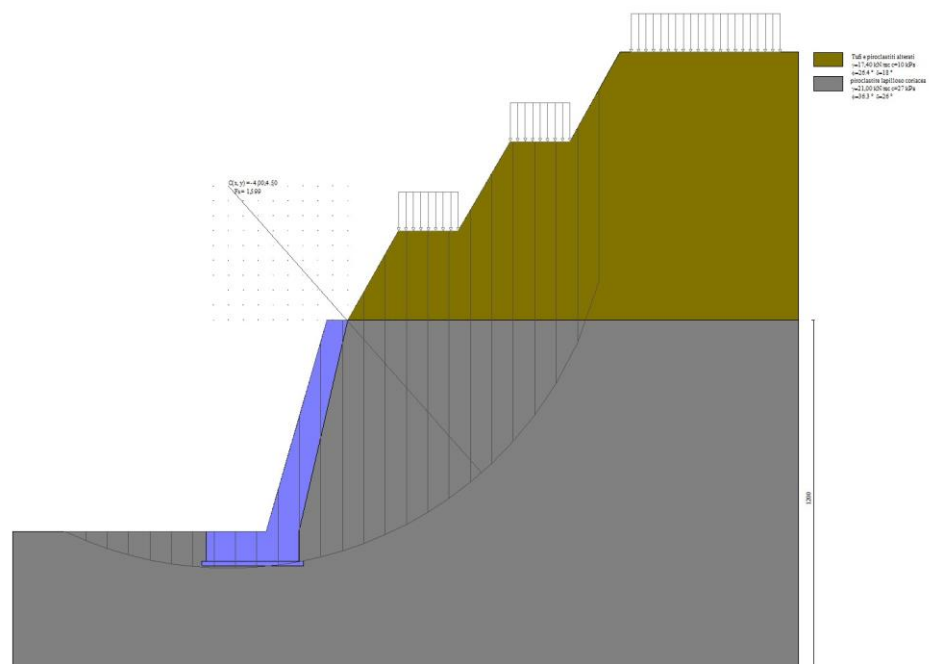


Figura 22 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

Progetto	Elaborato	Revisione	Data	Pagina
LAVORI DI SISTEMAZIONE E MESSA IN SICUREZZA IDROGEOLOGICO NELL'AREA TRA VIA GARIBALDI E VIA EMPOLITANA	PS05	00	2022	41