

LOCALIZZAZIONE:

**COMUNE DI TOSCOLANO MADERNO**  
**VIA CAMERATE**

OGGETTO DELL'ELABORATO:

**DEMOLIZIONE CONTROLLATA**  
**DI N°2 BLOCCHI LAPIDEI**

\*\*\*

**RELAZIONE GEOLOGICA**

**ai sensi del D.M. 17/01/2008 e DGR n°IX/2616 del 30 novembre 2011**

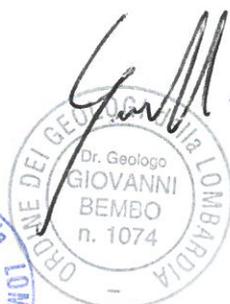
*(Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n°12", approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28/05/2008 n. 8/7374)*

STUDIO A CURA DI:

Dott. Giovanni Bembo - Geologo

Dott.ssa Loredana Zecchini - Geologa

TIMBRI E FIRME



**DICEMBRE**  
**2018**

**REGIONE LOMBARDIA**  
**PROVINCIA DI BRESCIA**

**Studio Associato di**  
**Geologia Applicata ed**  
**Ambientale**

Via Trieste, 45 Bogliaco  
25084 Gargnano (Bs)  
Tel/Fax 0365 791070  
Cell. 347-7838837 / 3470-5747290

E-mail [bembozecchini@virgilio.it](mailto:bembozecchini@virgilio.it)  
Casella PEC  
[giovannibembo@epapsicurezza postale.it](mailto:giovannibembo@epapsicurezza postale.it)  
[loredanzecchini@epapsicurezza postale.it](mailto:loredanzecchini@epapsicurezza postale.it)



**Geologi**  
**Bembo G. & Zecchini L.**

**DATA**  
**28/12/2018**

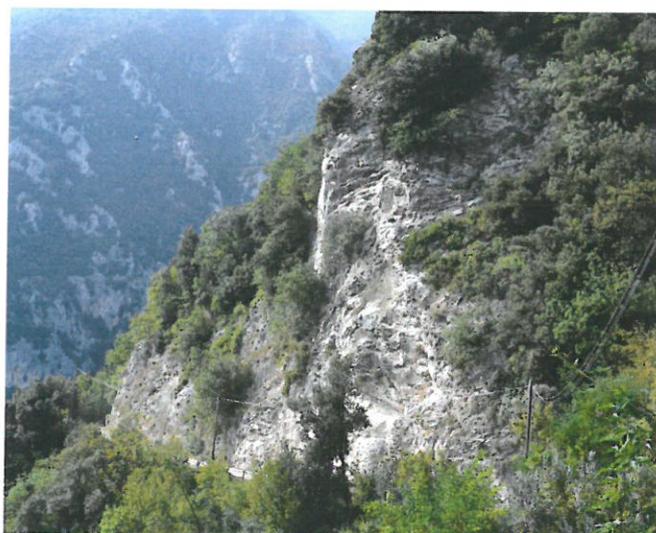
## INDICE

1.	<i>Premessa</i>	3
2.	<i>Inquadramento geologico - geomorfologico generale</i>	4
3.	<i>Esito ispezioni e rilievi attuali</i>	8
4.	<i>Analisi e caratterizzazione geomeccanica del substrato roccioso</i>	14
5.	<i>Conclusioni</i>	17

## 1. Premessa

Il presente documento, elaborato dallo Studio Associato di Geologia Applicata ed Ambientale con sede in Bogliaco di Gargnano (Bs) su incarico e per conto dell'Amministrazione comunale di Toscolano Maderno rappresenta la Relazione Geologica ai sensi delle Norme Tecniche per le costruzioni 17/01/2018 e della D.G.R. n° IX/2616 del 30 novembre 2011 (Relazione **R1** e **R3** pratica MUTA DGR X/5001/2016), redatta a supporto del progetto "Demolizione controllata di n°2 masse lapidee in posizione di crollo incipiente" in seno ad una parete rocciosa situata in località Via delle Camerate di Gaino nel Comune di Toscolano Maderno (Bs).

La parete in parola è stata interessata recentemente (inizio lavori il 16/10/2018 - fine lavori il 25/10/2018) da attività di pulizia da parte di una Ditta specializzata, finalizzata alla rimozione manuale dei blocchi rocciosi di volumetria medio piccola in posizione di crollo incipiente; in tale circostanza sono stati individuati, tra gli altri due blocchi lapidei da demolire oltre un settore di parete da consolidare.



Vista della parete in generale

Si è pertanto proceduto ad un'analisi della documentazione esistente relativa alla cartografia geologica Ufficiale ed alla verifica delle informazioni geologiche contenute nel Piano di Governo del Territorio e dello studio del Reticolo Idrico Minore del Comune oltre ad ulteriori carte tematiche sovracomunali. Successivamente, ai fini dell'espletamento dell'incarico professionale affidato, si è proceduto alla ricostruzione del locale modello geologico ed alla stima delle principali proprietà geologico-geotecniche attribuibili all'ammasso roccioso (utilizzando correlazioni empiriche note in letteratura scientifica) in ottemperanza alle Norme Tecniche per le Costruzioni – DM 17/01/2018.

**Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini**

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 – Tel./ Fax - 0365/ 79 10 70

L'incarico professionale di cui sopra si è articolato in :

- Rilevamento geologico e geomorfologico del sito con ispezioni in parete;
- Esecuzione di un rilievo geomeccanico;

## 2. Inquadramento geologico - geomorfologico generale

La parete in esame, compresa dal punto di vista cartografico nella sezione E5a3 della carta tecnica regionale alla scala 1: 10.000, si localizza in seno alle propaggini occidentali del M.te Castello di Gaino in sinistra orografica del Torrente Toscolano e si eleva a partire dalla quota di 282.0 metri. slm della sede stradale di Via Camerate.



Corografia generale

Si tratta di una parete rocciosa subverticale avente una superficie di circa 4.100 metri quadrati che sottende per circa 90 metri lineari la strada comunale via Camerate citata.

Per semplicità di esposizione il versante è stato suddiviso in tre settori distinti denominati nel seguito settore A, B e C.

**Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini**

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365/ 79 10 70

Esso, come visibile nella ripresa fotografica seguente, è caratterizzato da pareti verticali in affaccio diretto sulla strada comunale mediante un fronte unico le cui elevazioni aumentano da ovest verso est passando da altezze minime di circa 20 metri a valori massimi intorno ai 65-70 metri (settore C).

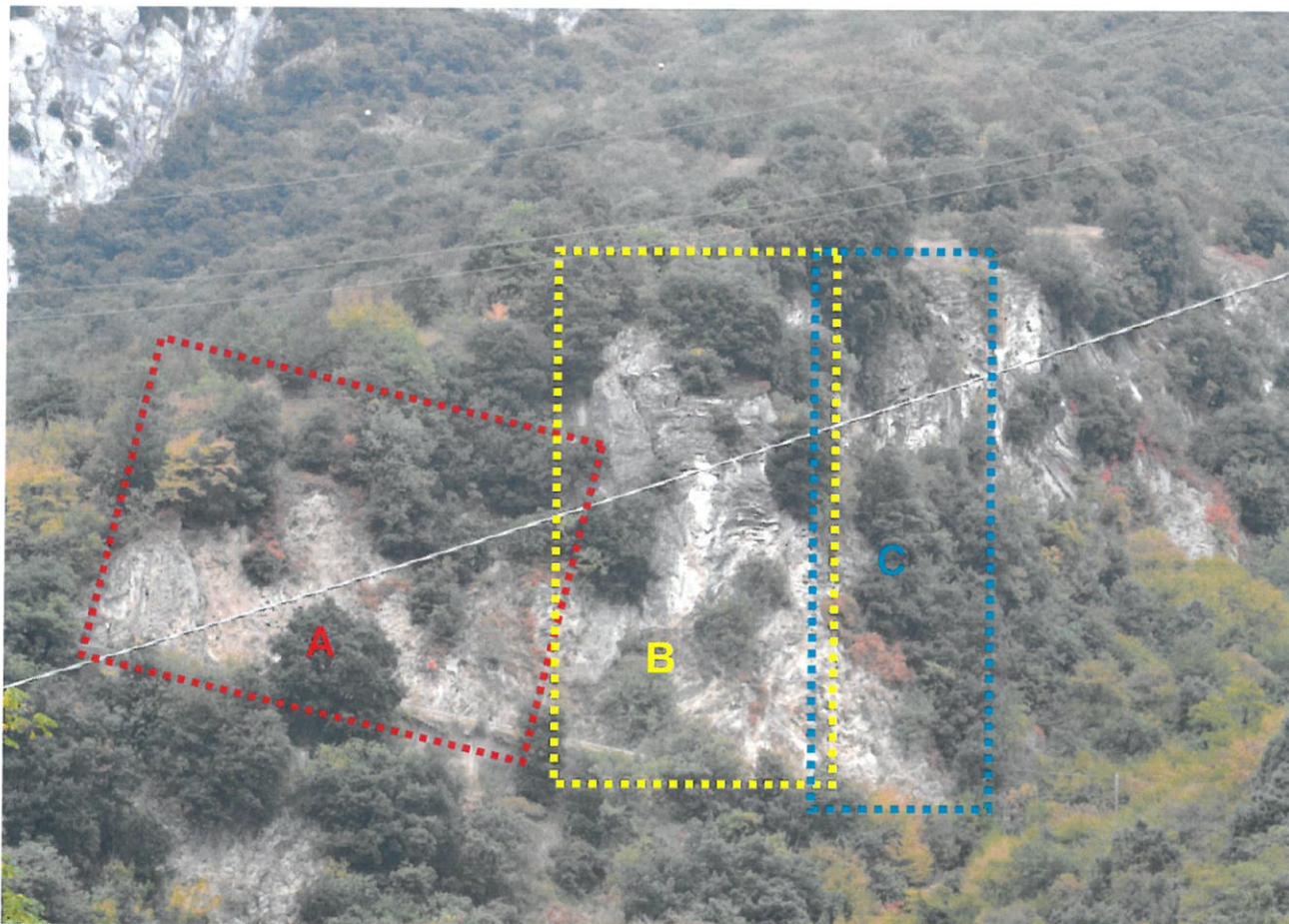


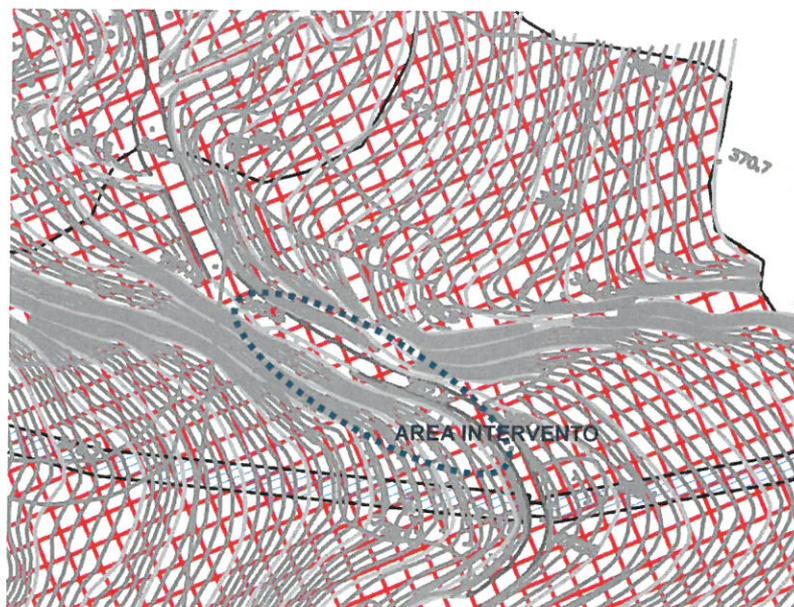
Foto n°1 -Vista generale della parete oggetto delle lavorazioni di disaggio manuale

L'area all'attenzione, per quanto concerne le limitazioni di tipo geologico - geomorfologico e delle trasformazioni del territorio e relative prescrizioni illustrate nella *Carta di Fattibilità geologica allegata alla Componente geologica del Piano di Governo del Territorio*, redatta secondo la D.G.R. 28 maggio 2008 n° 8/7374, ricade in **Classe 4 – Fattibilità con gravi limitazioni** in ordine a potenziali fenomeni di distacco massi.

**Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini**

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 – Tel./ Fax - 0365/ 79 10 70



Estratto della Carta di fattibilità delle azioni di piano, e sotto legenda

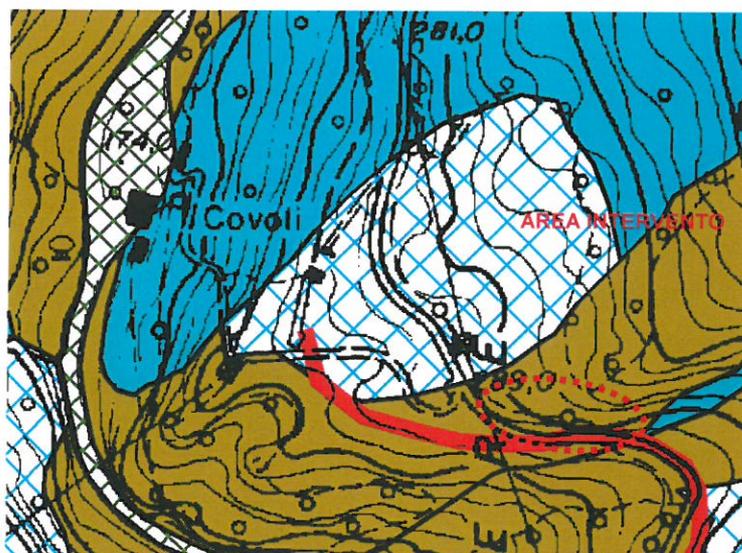
Fattibilità con gravi limitazioni



CLASSE 4

Aree estremamente acclivi o potenzialmente interessate da fenomeni di distacco di massi, frane attive

Per quanto attiene la Pericolosità sismica locale, l'area ricade nello scenario **Z1a - Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi e quiescenti.**



Estratto della Carta di pericolosità sismica, e sotto legenda



Z1a  
Z1b

Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi e quiescenti

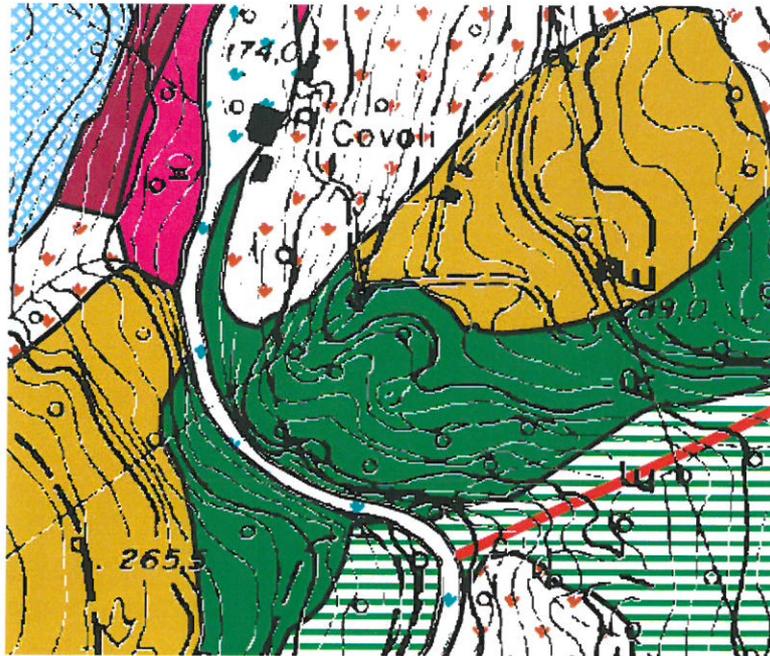
**Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini**

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365/ 79 10 70

Da un punto di vista geologico la litologia che caratterizza la parete all'attenzione è riconducibile alla Formazione rocciosa della Maiolica costituita principalmente da calcari biancastri microcristallini organizzati in strati ed orizzonti decimetrici, con letti e liste di selce nera.

Nell'ambito considerato l'ammasso si inserisce in un contesto di forti azioni deformative e di stress tettonico che hanno determinato una deformazione di tipo duttile tipica delle formazioni stratificate SE vergente, l'ammasso risulta inoltre interessato da una lineazione di tipo fragile che si manifesta con la successione di pareti sub verticali allineate secondo una direzione ENE-WSW.



Estratto carta geologica generale e legenda



Maiolica

La compagine lapidea in corrispondenza dei cigli della parete è sormontata da lembi di materiale glaciale afferente a depositi morenici caratterizzati da ghiaie sabbiose debolmente limose di colore grigio chiaro con ciottoli e trovanti di natura poligenica generalmente da addensati a molto estremamente addensati.

### 3. Esito ispezioni e rilievi attuali

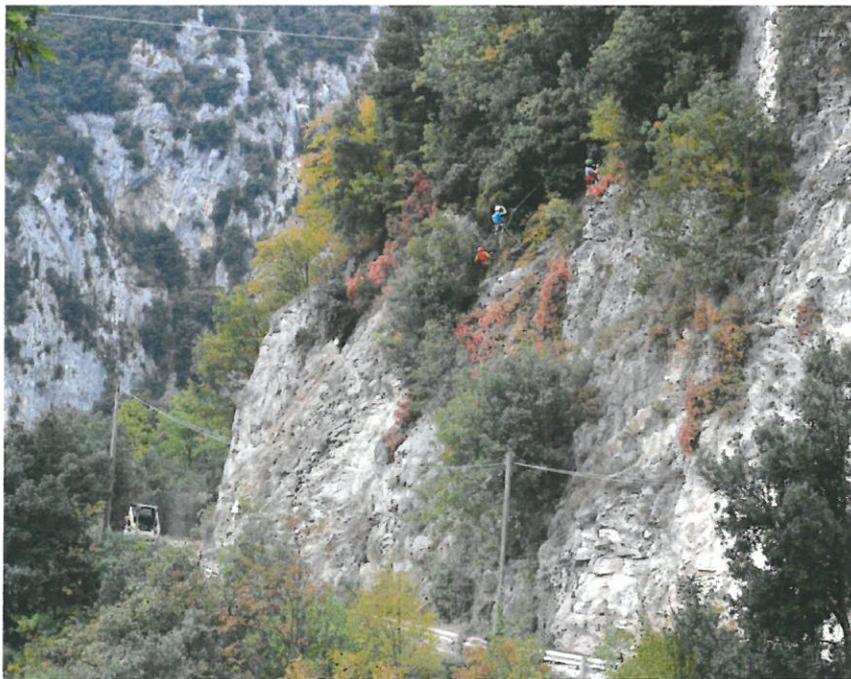
Le ispezioni hanno permesso, con il grado di approfondimento richiesto dall'incarico in oggetto, di valutare l'assetto generale della compagine rocciosa ed il suo grado di fratturazione/alterazione. In generale, nel corso delle calate si sono osservati in tutti i settori della parete ispezionata (settori A, B,C foto.1) la presenza di:

- Numerosi blocchi rocciosi di volume medio e medio piccolo allentati e/o separati dalla retrostante parete, in condizioni di equilibrio precario;
- Alcuni volumi rocciosi isolati e/o porzioni di parete in incipiente pericolo di crollo;
- Vegetazione con apparati radicali esplicitanti azione divaricante sulla locale compagine lapidea con isolamento di ulteriori blocchi lapidei caratterizzati da volume medio.

In particolare nella presente fase di studio (incarico in oggetto) gli ambiti della parete rocciosa all'attenzione sono:

#### **SETTORE A**

**Settore A** della parete di superficie stimata pari a  $\approx 875$  metri quadrati



Vista settore A

L'ammasso roccioso in questo contesto appare profondamente fratturato ed allentato con un ciglio in fase di arretramento. Sono evidenti le profonde deformazioni plicative con una successione di pieghe serrate che si rincorrono lungo l'intera parete con differente immersione della linee assiali.



Vista particolare del settore A

La complessa configurazione geostrutturale identifica per questo settore di parete un assetto della compagine estremamente deformato e fratturato determinante una suddivisione in blocchi ed elementi rocciosi caratterizzati da una forma tabulare e di dimensioni medio piccole con volume modale pari a 3/5 decimetri cubi.

La propensione al distacco, per tale settore di conseguenza risulta elevata, come confermato dalle operazioni di disaggio pregresse che in questa porzione hanno prodotto il maggior quantitativo volumetrico asportato/rimosso.

Questo settore risulta, inoltre, anche il più vulnerabile in caso di precipitazioni meteo intense e prolungate in relazione al grado di alterazione e fratturazione dell'ammasso.



Vista particolare del settore A zona ciglio

## **SETTORE B**

**Settore B** della parete superficie stimata pari a  $\approx 1.600$  metri quadrati

L'ammasso roccioso appare in questo settore caratterizzato da deformazioni plicative con una successione di pieghe per lo più coricate e fianchi continui che rivestono porzioni di parete (zona superiore) localmente con andamento parallelo alle giaciture del versante.

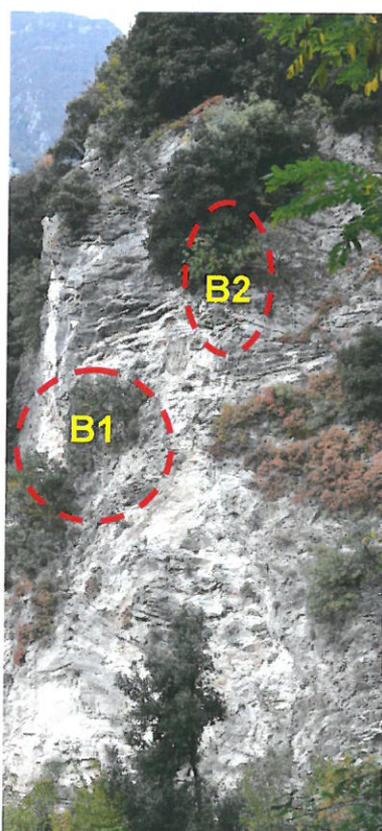
La stratificazione calcarea, qui più competente e maggiormente spaziata unitamente alla complessa configurazione geostrutturale determina una suddivisione in blocchi ed elementi rocciosi caratterizzati da una forma tabulare e prismatica di dimensioni medie con volume modale di 0.025 mc e massimo di 0.05 mc.

La propensione al distacco riguarda oltre che a singoli blocchi, volumi e/o porzioni di ammasso di grado superiore.



**Vista particolare del settore B**

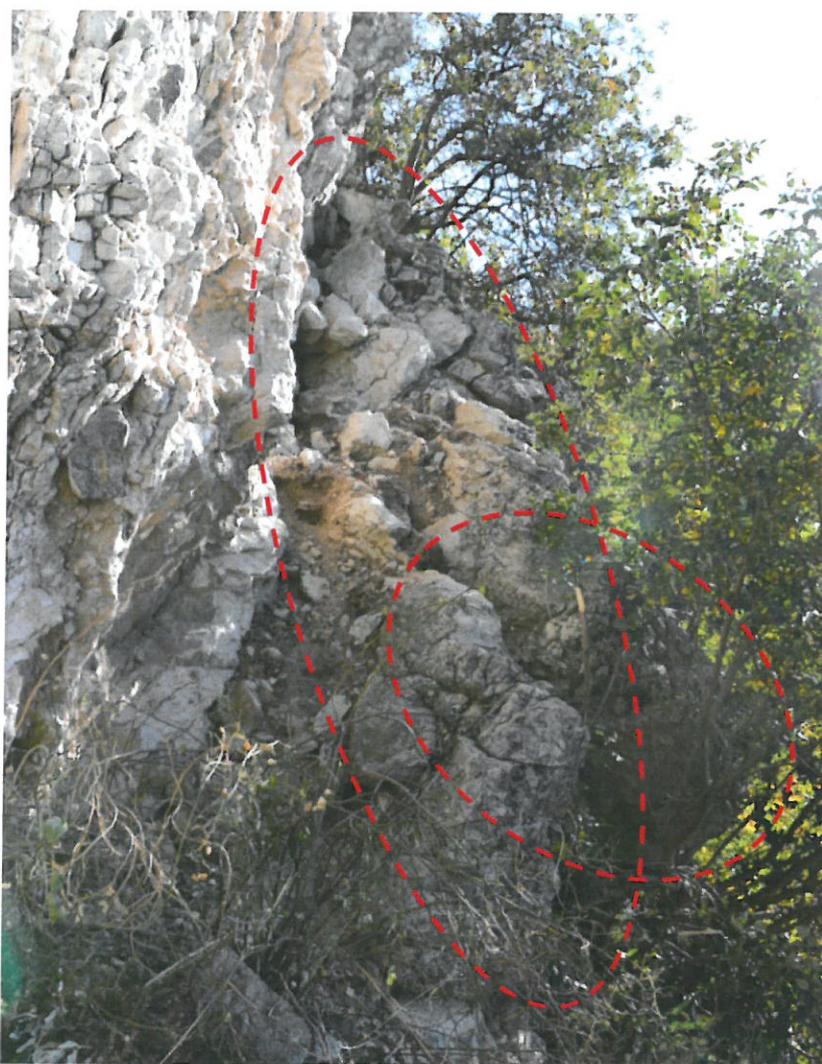
In particolare per questo settore le ispezioni hanno evidenziato la possibilità di innesco di fenomeni di instabilità di porzioni più estese con volumetrie di ordine superiore.



**Vista del settore B della parete e localizzazione volumi B1 e B2**

Nella fattispecie, il volume **B1**, localizzato nella porzione media della parete del settore B a circa 20-25 metri dalla sede viaria, è rappresentato da un accumulo di grossi blocchi isolati e da una porzione di parete interessata da una estesa e profonda frattura che pervade l'intero ammasso allentato.

La genesi di tale assetto è il risultato di distacchi parietali (ascrivibili a cinematismi di ribaltamento a blocco e localmente flessurale connessi al complesso assetto geostrutturale della parete) che si sono susseguiti nel tempo accatastandosi in sito sfruttando la locale vegetazione e la ristretta cengia parietale. Per tale "blocco" si stima una volumetria totale di circa 20 metri cubi.



**Vista blocco B1**

Il volume **B2**, localizzato in parete a circa 45 metri di altezza dalla sede viaria, è contraddistinto da un ammasso roccioso stratificato in posizione parietale pervaso da numerose fratture di tensione e di affaticamento. L'ammasso, quasi isolato dalla compagine originaria retrostante, ha un volume stimato in circa

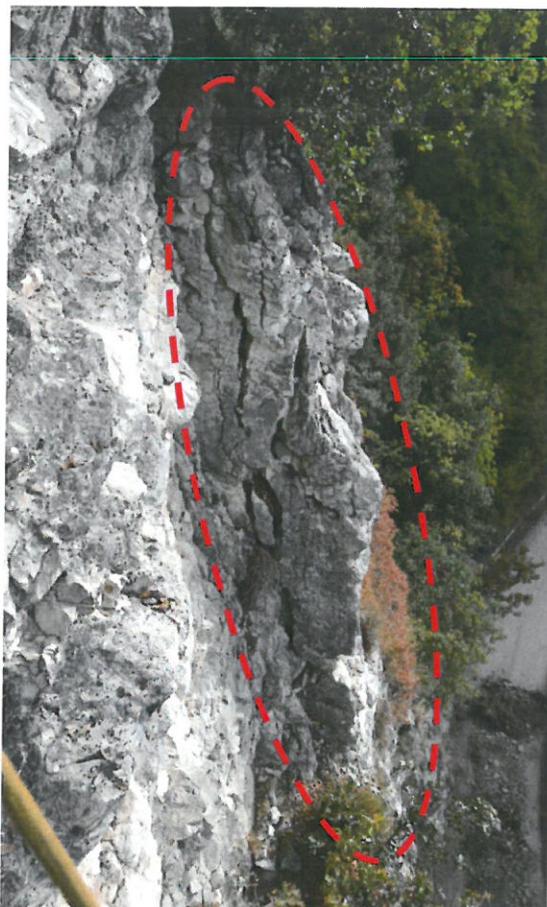
---

**Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini**

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365/ 79 10 70

10 metri cubi e si presenta come una struttura colonnare di pacchi di "strati" calcarei con baricentro spostato verso l'esterno della parete.



Vista blocco B2

Alla luce di quanto evidenziato in parete, nel corso delle calate in fune e dai riscontri effettuati in data 25/10/2018, nel caso dei volumi B1 e B2 si invitava la Committenza a procedere in somma urgenza con interventi di **demolizione controllata**, previa fasciatura con pannelli e/o legature delle masse instabili.

#### 4. Analisi e caratterizzazione geomeccanica del substrato roccioso

La ricostruzione del locale contesto geologico e geomeccanico a supporto dell'intervento di demolizione previsto, è stata perseguita mediante l'esecuzione di un rilievo tecnico e geomeccanico in corrispondenza dell'ambito roccioso B.

Il rilievo e le osservazioni geomeccaniche condotti, le cui risultanze sono esplicitate nel presente paragrafo, hanno permesso una caratterizzazione dell'ammasso roccioso con stima delle qualità geotecniche (esprese con un range di variabilità) del medesimo.

Il quadro strutturale rilevato alla scala regionale, precedentemente espresso, si riflette chiaramente sull'assetto geomeccanico della compagine rocciosa affiorante nel dettaglio.

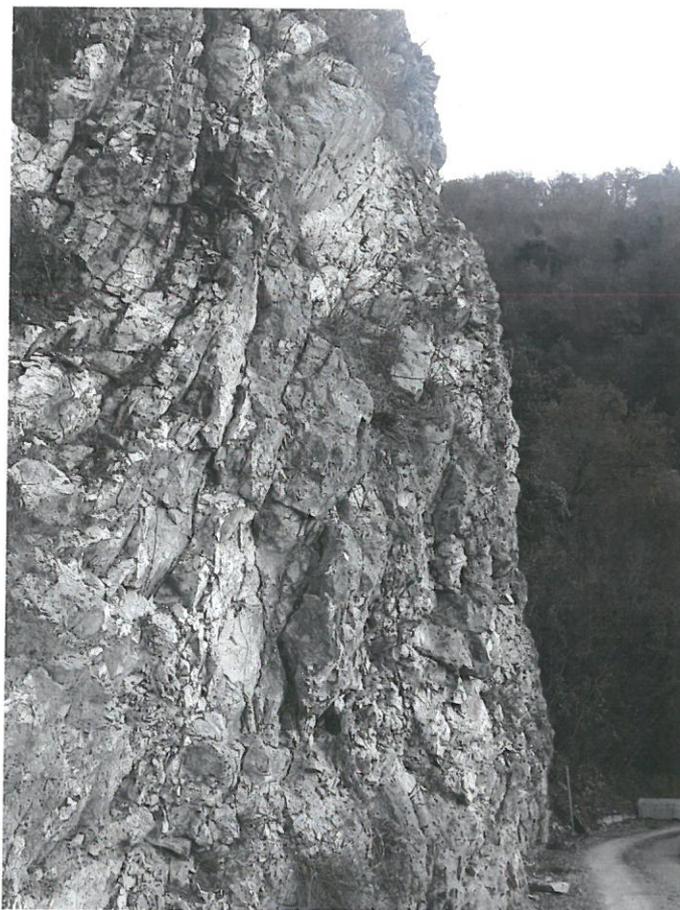
L'ammasso roccioso appare nel settore B caratterizzato da deformazioni plicative con una successione e fasci di pieghe con fianchi continui, anche se localmente ondulati che rivestono porzioni di parete (zona superiore e centrale) localmente con andamento parallelo alle giaciture del versante.

L'osservazione alla scala mesoscopica dell'affioramento vede la presenza di un ammasso verso ovest ove si intuisce una stratificazione quasi regolare di strati pluridecimetri e metrici (da 0.4-a 1.2 m di spessore), affiancato ad est, con un contatto tettonico, da una porzione fittamente stratificata (strati 10-20 cm) con strati sub verticali comunque identificanti un fianco di piega ondulata disposta con orientamento generale parallelamente al versante.

Alcune misure di assi di pieghe mostrano inclinazioni di 22-25° verso N30°-50°, concordemente ai lineamenti regionali.

Il versante/parete afferente all'ambito B risulta caratterizzato da giacitura sub verticale e Dir. 75°/255° , ovvero N 168°/88° , presenta porzioni seppure limitate aggettanti.

In relazione alla caoticità delle giaciture che caratterizzano la parete rocciosa in generale nonché la componente marnosa, la caratterizzazione geotecnica si è effettuata mediante l'impiego della Classificazione geomeccanica GSI e Bieniawski da Tavole sinottiche.



Vista di parte dell'affioramento esposto

Si è stimata per la litologia calcarea e l'assetto considerato un valore di GSI - Geological Strenght Index **GSI = 50**, corrispondente ad un valore di RMR = 52-55 dalla classificazione di Bieniawski .

**CLASSIFICAZIONE da Tavole sinottiche RMR - Bieniawski**

Geological Strength Index [GSI] rappresentativo dell'ammasso: 50

**Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologo Loredana Zecchini**

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -  
25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365/ 79 10 70

## CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO

Parametri di Resistenza al Taglio [Valori deterministici]

### Criterio di rottura di Hoek-Brown

mi	mp	mr	si	sp	sr
8	0.1574	0.0201	1	0.0001	0.000001

mi = Parametro m della roccia intatta  
 mp = Parametro m di picco dell'ammasso  
 mr = Parametro m residuo dell'ammasso  
 si = Parametro s della roccia intatta  
 sp = Parametro s di picco dell'ammasso  
 sr = Parametro s residuo dell'ammasso

### Criterio di rottura di Mohr-Coulomb

### Parametri equivalenti stimati da quelli di Hoek-Brown (Soluzione di Palmer)

cp	cr	fp	fr
0.217 MPa	0.040 MPa	33.9°	16.7°

### Parametri derivati dalle correlazioni di Bieniawski

cp	cr	fp	fr
0.225 MPa	0.180 MPa	27.5°	23.0°

cp = coesione di picco dell'ammasso  
 cr = coesione residua dell'ammasso  
 fp = angolo d'attrito di picco dell'ammasso  
 fr = angolo d'attrito residuo dell'ammasso

### Parametri di deformabilità [Valori in GPa]

Ed_p	Ed_r	Ed_1	Ed_2
2.90	1.73	8.46	4.71

Ed\_p = Modulo di deformabilità di picco dalla relazione di Serafim-Pereira  
 Ed\_r = Modulo di deformabilità residuo dalla relazione di Serafim-Pereira  
 Ed\_1 = Modulo di deformabilità dalla relazione di Berardi-Bellingeri  
 Ed\_2 = Modulo di deformabilità dalla relazione di Isarevic-Kovacevic per serie carbonatiche

### Caratteristiche geotecniche dell'ammasso roccioso

LIVELLO	Livello	$\gamma$ (KN/mc)	$\phi$ (°)	C' (KPa)	E' (MPa)
1	<b>Substrato roccioso (Hoek &amp; Brown)</b>	26.5	34-35	210-215	50-70
2	<b>Substrato roccioso (Bieniawski)</b>	26.5	27-28	220-230	50-70

**Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini**

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365/ 79 10 70

## 5. Conclusioni

Il presente documento, elaborato su incarico e per conto dell'Amministrazione comunale di Toscolano Maderno rappresenta la Relazione Geologica ai sensi delle Norme Tecniche per le costruzioni 17/01/2018 e della D.G.R. n° IX/2616 del 30 novembre 2011 (Relazione **R1** e **R3** pratica MUTA DGR X/5001/2016), redatta a supporto del progetto "Demolizione controllata di n°2 masse lapidee in posizione di crollo incipiente in seno ad una parete rocciosa situata in località Via delle Camerate di Gaino nel Comune di Toscolano Maderno (Bs).

### Settore B

Alla luce di quanto evidenziato in parete nel corso delle calate in fune e dai riscontri effettuati si suggerisce:

- Di procedere in somma urgenza con interventi di **demolizione controllata** dei volumi **B1** e **B2**, previa fasciatura con pannelli e/o legature delle masse instabili da dimensionarsi da Professionista abilitato;
- L'intervento seguirà due fasi differenti: nella prima si procederà alla stabilizzazione temporanea delle masse lapidee in parete, ricorrendo a pannelli a cortina e/o legature adeguatamente dimensionate, successivamente alla stabilizzazione temporanea si procederà alla demolizione ed al disaggio di volumi predefiniti consentendo la rimozione definitiva dei volumi rocciosi isolati in incipiente pericolo di crollo.
- Tutte le lavorazioni di cui sopra dovranno realizzarsi tenendo in considerazione che la sottostante strada comunale è percorsa da una linea interrata di media potenza dell'acquedotto comunale. Le informazioni rese dall'Amministrazione individuano la rete acquedottistica all'incirca nella mezzaria della sede viaria;
- Si dovrà prevedere altresì la presenza di Personale a sorveglianza della strada durante le lavorazioni in parete;

In relazione ai parametri sismici da utilizzare in sede di progetto, si ha:

**Da DM 17/01/2018 – Norme tecniche per le costruzioni**

	<b>SLD-SLV</b>
<b>Categoria terreni di fondazione</b>	<b>B</b>
<b>accelerazione orizzontale del terreno – <math>a_g</math> (su suolo rigido)</b>	<b>0.056-0.157</b>
<b>valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale – <math>F_0</math></b>	<b>2.472-2.476</b>
<b>periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale - <math>T^*c</math></b>	<b>0.243-0.273</b>
<b>Coefficiente di amplificazione stratigrafica <math>S_s</math></b>	<b>1.200</b>
<b>Coefficiente <math>C_c</math></b>	<b>1.460-1.426</b>
<b>Coefficiente di amplificazione topografica <math>S_T</math> per Categoria T2</b>	<b>1.2</b>

Si rimane a disposizione per eventuali affinamenti del modello geologico-geotecnico delineato e/o per nuovi e particolari riscontri geologici si rendessero necessari in relazione alle scelte sotto il profilo progettuale ed esecutivo.



**Dott. Geol. Giovanni Bembo**  
**Dott. Geol. Loredana Zecchini**

**Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologo Loredana Zecchini**

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 – Tel./ Fax - 0365/ 79 10 70



COMUNE DI  
TOSCOLANO MADERNO

PROVINCIA DI BRESCIA



PROGETTO PER L'ESECUZIONE DELLA  
DEMOLIZIONE CONTROLLATA DI DUE  
BLOCCHI LAPIDEI DELLA PARETE ROCCIOSA  
SOPRASTANTE LA STRADA COMUNALE  
IN LOCALITÀ VIA DELLE CAMERATE

COMMITTENTE: Studio di Geologia applicata Bembo-Zecchini - Gargnano (BS)



**RELAZIONE DI CALCOLO  
STRUTTURALE**

(ai sensi del D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni")

**IL CALCOLATORE**

ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROV. DI TRENTO

— • —  
Dott. Ing. FABIO BINELLI  
ISCRIZIONE ALBO N° 1900

Prot.18-M018

Tione, dicembre 2018

**MEASURE s.r.l.**

Sede legale: via S. Vigilio, 32 – 38086 PINZOLO

Uffici: via Roma, 19 – 38079 TIONE DI TRENTO

& 0465/324180 - ☎ 0465/329588

Mail: info@measuresrl.it

Codice fiscale e partita IVA: 02035060223

Capitale sociale 10.000,00 i.v.

C.C.I.A.A. di Trento: 02035060223 – REA TN-195771

Società a responsabilità unipersonale

## PREMESSA

La presente relazione di calcolo viene redatta in conformità ai dettami della Normativa vigente, ovvero nel rispetto di:

- L. 05/11/1971 n° 1086 "Norme per le discipline delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica";
- L. 02/02/1974 n° 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- D.M. 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. 09/01/1996 "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi";
- D.M. 09/01/1996 "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. 16/01/1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche";
- EUROCODICE 8 "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture";
- EUROCODICE 5 "Progettazione delle strutture di legno";
- C.N.R. 10024/86 "Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo";
- D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare n. 91 d.d. 14/09/1961 del Ministero dell'Interno – Direzione Generale dei Servizi Antincendi "Norme di sicurezza per la protezione contro il fuoco dei fabbricati a struttura in acciaio destinati ad uso civile";
- Norma Italiana UNI 9502, approvata in data 22/03/2001, recante "Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale precompresso";
- D.M. 16/02/2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione";
- D.M. 09/03/2007 "Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco";

➤ D.M. 17/01/2018 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”;

e relative circolari esplicative.

La misura della sicurezza viene effettuata secondo il metodo di livello 1 semiprobabilistico agli stati limite.

---

## 1. GENERALITÀ

La presente relazione di calcolo strutturale si riferisce all'intervento di demolizione controllata di due blocchi lapidei in condizioni di crollo incipiente, ubicati a monte della strada comunale via delle Camerate di Gaino nel comune di Toscolano Maderno (BS).

L'analisi geologica e geomorfologica dell'area è stata effettuata dallo Studio associato di geologia applicata "Geologi Bembo G. & Zecchini L." di Gargnano (BS), a supporto del quale sono state eseguite ispezioni visive in sito, che hanno evidenziato la presenza di rilevati volumi rocciosi in condizioni di equilibrio precario ed altri in condizioni di crollo incipiente.

Nell'area in esame è stata evidenziata anche la possibilità di innesco di fenomeni franosi di porzioni più estese rispetto alle limitate porzioni in condizioni di incipiente collasso, motivo per il quale si è ritenuto opportuno procedere con la demolizione controllata delle porzioni lapidee in condizioni critiche, previa fasciatura e messa in sicurezza di dette porzioni instabili con pannelli e legature in acciaio.

La rimozione delle porzioni lapidee in stato di dissesto verrà effettuata successivamente alla imbracatura del volume con funi metalliche principali e reti di contenimento in acciaio, previa frantumazione dei blocchi in porzioni di dimensioni compatibili con il successivo scarico controllato sulla sottostante strada comunale.

La frantumazione dei blocchi produrrà un volume di materiale lapideo a tergo delle reti di contenimento, con successiva mobilitazione della spinta attiva del volume roccioso sulle reti di protezione.

La presente relazione prende in esame le strutture provvisorie di legatura e messa in sicurezza delle porzioni di roccia di cui è prevista la demolizione controllata, strutture che sono considerate di tipo provvisoria ai sensi del D.M. 17/01/2018.

## 2. ANALISI DEI CARICHI

Nel seguito vengono riportati i carichi permanenti e variabili previsti per la struttura in esame, tenuto conto del fatto che trattasi di strutture provvisionali.

### **Carichi permanenti**

g <sub>1,k</sub> ) Peso proprio strutture in acciaio	78.5	kN/m <sup>3</sup>
g <sub>2,k</sub> ) Peso proprio roccia	26.5	kN/m <sup>2</sup>

### **Azioni variabili**

Non sono previste azioni variabili applicate alle strutture di contenimento.

### **Azioni sismiche**

Trattandosi di un'attività di breve durata e di strutture provvisionali con vita utile inferiore ai due anni non viene presa in esame l'eventualità che le strutture siano soggette ad azione sismica.

## 3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### **Acciaio funi spirodali principali**

Funi principali tipo AMZ, con diametro nominale 16 mm, in acciaio ad alta resistenza con tensione di rottura dei fili  $f_{tk} \geq 1770$  MPa, carico di rottura della fune pari a 160 kN.

### **Acciaio reti di contenimento**

Pannelli a maglie romboidali in tessitura chiusa con manicotti in alluminio pressati, con maglia 250 x 250 mm, diametro della fune di orditura di 8 mm, con tensione di rottura della fune a trefoli di 1700 MPa.

### **Terreno roccioso**

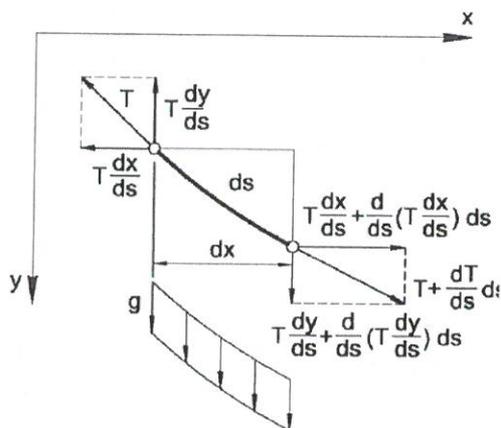
Formazione rocciosa della Maiolica costituita da calcari biancastri microcristallini organizzati in strati orizzontali decimetrici, con letti e liste di calce nera, con angolo di attrito di 30° e peso specifico di 26.5 kN/m<sup>3</sup>.

#### 4. SCHEMA DI CALCOLO

L'analisi strutturale degli elementi di ritegno principali in acciaio viene effettuata secondo uno schema semplificato, sulla base della teoria statica delle funi, con specifico riferimento al caso dei fili molto tesi inestensibili e perfettamente flessibili, per i quali il carico uniformemente distribuito è di molto maggiore del peso proprio del filo stesso.

Con riferimento alla discretizzazione del conico elementare, l'equazione indefinita di equilibrio:

$$H \frac{d^2 y}{dx^2} = -p$$

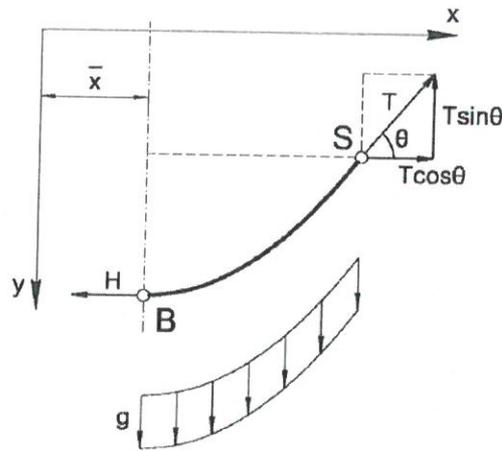


Procedendo all'integrazione dell'equazione è possibile ricavare la tensione della fune agli appoggi, che risulta:

$$T = H \sqrt{1 + \frac{64f^2}{L^2}}$$

essendo L la luce fra gli ancoraggi, f la corda ed H la tensione orizzontale nella fune, pari a:

$$H = \frac{pL^2}{8f}$$



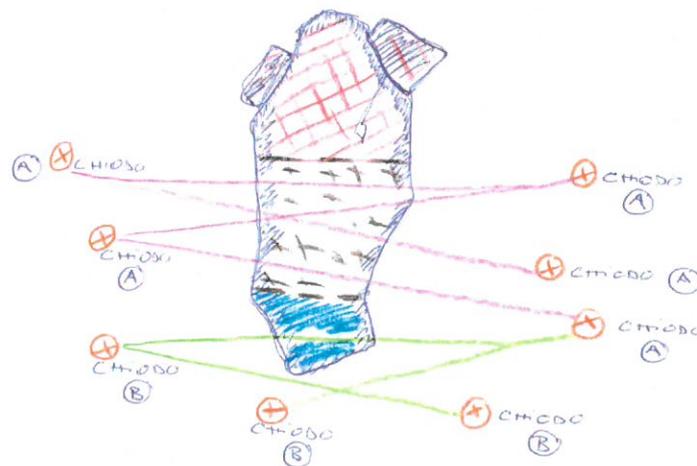
Al fine di determinare il carico orizzontale a cui è soggetto nel complesso il sistema di funi si assume che l'ammasso roccioso frantumato si caratterizzi per un angolo di attrito di  $35^\circ$ , per cui la spinta orizzontale per ogni metro lineare di larghezza del paramento roccioso è data da:

$$p = \frac{1}{2} \gamma K_a h^2$$

essendo  $K_a$  il coefficiente di spinta attiva, pari a  $\tan(45^\circ - \phi/2)^2 = 0.333$ ,  $\gamma$  il peso specifico del volume roccioso, pari a  $26.5 \text{ kN/m}^3$  e  $h$  l'altezza del paramento da sostenere.

**Blocco B1**

Le dimensioni della porzione rocciosa oggetto di demolizione controllata sono approssimativamente di  $3.00 \times 5.00 \text{ m}$ , per una sporgenza massima di circa  $1.50 \text{ m}$ . Il sistema di ancoraggio di tale porzione rocciosa è schematizzato nella seguente figura:



Ai fini del calcolo e verifica del sistema di ancoraggio superiore i parametri geometrici sono quindi i seguenti:

$$L=3.00 \text{ m}$$

$$f = 1.50 \text{ m}$$

$$h = 2.50 \text{ m}$$

La spinta lineare del volume roccioso è pertanto pari a:

$$p = [0.5 \times 26.5 \text{ kN/m}^3 \times 0.33 \times (2.50 \text{ m})^2] \times 1.00 \text{ m} = 27.3 \text{ kN/m}$$

Il tiro complessivo nelle funi è quindi pari a:

$$T = 27.3 \text{ kN/m} \times (3.00 \text{ m})^2 / 8 \times 1.50 \text{ m} \times [1 + 64 \times (1.50 \text{ m})^2 / (3.00 \text{ m})^2]^{0.5} = 84.5 \text{ kN}$$

Il carico su ognuna delle quattro funi, nell'ipotesi di pretensionamento uniforme delle medesime, è pari a:

$$t_i = T/4 = 21.1 \text{ kN}$$

Ai fini, invece, del calcolo e verifica del sistema di ancoraggio inferiore i parametri geometrici sono quindi i seguenti:

$$L = 3.00 \text{ m}$$

$$f = 1.50 \text{ m}$$

$$h = 2.50 \text{ m}$$

La spinta lineare del volume roccioso è pertanto pari a:

$$p = [0.5 \times 26.5 \text{ kN/m}^3 \times 0.33 \times (2.50 \text{ m})^2] \times 1.00 \text{ m} = 27.3 \text{ kN/m}$$

Il tiro complessivo nelle funi è quindi pari a:

$$T = 27.3 \text{ kN/m} \times (3.00 \text{ m})^2 / 8 \times 1.50 \text{ m} \times [1 + 64 \times (1.50 \text{ m})^2 / (3.00 \text{ m})^2]^{0.5} = 84.5 \text{ kN}$$

Il carico su ognuna delle tre funi, nell'ipotesi di pretensionamento uniforme delle medesime, è pari a:

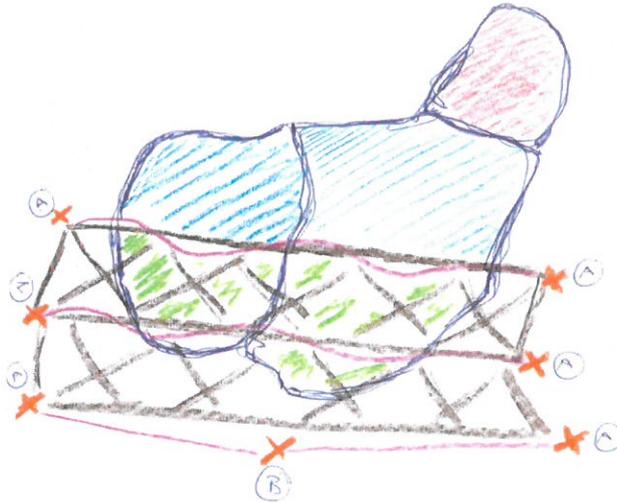
$$t_i = T/3 = 28.1 \text{ kN}$$

Le funi impiegate sono del tipo spiroidale tipo AMZ a 16 fili con diametro nominale di 16 mm, in acciaio ad alta resistenza, con tensione di rottura del filo di 1770 MPa e carico di rottura della fune pari a 160 kN, per le quali si adotta un coefficiente di sicurezza pari a 5.

Pertanto, il tiro massimo di esercizio delle funi è di  $t_e = 160 \text{ kN} / 5 = 32 \text{ kN}$ , ovvero superiore al tiro massimo previsto nello schema statico analizzato.

**Blocco B2**

Le dimensioni della porzione rocciosa oggetto di demolizione controllata sono approssimativamente di 3.00 x 3.00 m, per una sporgenza massima di circa 1.00 m. Il sistema di ancoraggio di tale porzione rocciosa è schematizzato nella seguente figura:



Ai fini del calcolo e verifica del sistema di ancoraggio i parametri geometrici sono quindi i seguenti:

$$L=3.00 \text{ m}$$

$$f= 1.00 \text{ m}$$

$$h= 2.00 \text{ m}$$

La spinta lineare del volume roccioso è pertanto pari a:

$$p=[0.5 \times 26.5 \text{ kN/m}^3 \times 0.33 \times (2.00 \text{ m})^2] \times 1.00 \text{ m} = 17.5 \text{ kN/m}$$

Il tiro complessivo nelle funi è quindi pari a:

$$T= 17.5 \text{ kN/m} \times (3.00 \text{ m})^2 / 8 \times 1.00 \text{ m} \times [1+64 \times (1.00 \text{ m})^2 / (3.00 \text{ m})^2]^{0.5} = 56.0 \text{ kN}$$

Il carico su ognuna delle tre funi, nell'ipotesi di pretensionamento uniforme delle medesime, è pari a:

$$t_i=T/3= 18.7 \text{ kN}$$

Le funi impiegate sono del tipo spiroidale tipo AMZ a 16 fili con diametro nominale di 16 mm, in acciaio ad alta resistenza, con tensione di rottura del filo di 1770 MPa e carico di rottura della fune pari a 160 kN, per le quali si adotta un coefficiente di sicurezza pari a 5.

Pertanto, il tiro massimo di esercizio delle funi è di  $t_e = 160 \text{ kN} / 5 = 32 \text{ kN}$ , ovvero superiore al tiro massimo previsto nello schema statico analizzato.

### **ANCORAGGI**

Gli ancoraggi sono realizzati con barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo B450C, con diametro nominale 24 mm, filettate M20 alle estremità, ed infisse in roccia nella direzione ortogonale alla forza applicata mediante un preforo con diametro 40 mm, e inghisaggio delle medesime con betoncino reoplastico ad alta resistenza a ritiro compensato.

Le barre sono infisse per una profondità di 1.00 m, ed alle estremità delle stesse è previsto il montaggio di un golfare M20 femmina in acciaio ad alta resistenza, con carico di esercizio di 25 kN, ad ognuno dei quali verrà fissata una delle funi principali.

Le barre di ancoraggio sono soggette quindi ad una tensione tangenziale massima pari a:

$$\tau = 28.1 \text{ kN} / 2.45 \text{ cm}^2 = 114.7 \text{ MPa}$$

compatibile con la classe di resistenza dell'acciaio impiegato.

Per quanto riguarda le reti di contenimento secondarie, costituite da pannelli tipo HEA Panel della società Officine Maccaferri Italia srl, con maglia 250x250 mm, la scheda tecnica indica una resistenza a trazione nominale secondo UNI 11437 di 200 kN/m, ampiamente sufficiente a contenere i volumi rocciosi nel caso in esame.

Tione di Trento, dicembre 2018

IL CALCOLATORE

ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROV. DI TRENTO

— • —  
Dott. Ing. FABIO BINELLI  
ISCRIZIONE ALBO N° 1900