



Tresa, 11 settembre 2025

**Messaggio municipale n. 29/2025
accompagnante la richiesta di un credito di CHF 237'000.00 (IVA 8.1 % compresa) per il
brillamento di messa in sicurezza necessario alla riapertura pedonale di via Buseno
(Monteggio) in relazione al crollo di roccia del 24 ottobre 2023**

Egregio signor Presidente,
gentili signore ed egregi signori Consiglieri Comunali,

con il presente messaggio vi sottoponiamo la richiesta di credito per il brillamento di messa in sicurezza necessario alla riapertura pedonale di via Buseno al mappale nr. 1023 RFD Tresa, Monteggio.

1. Premessa

La strada comunale che collega la frazione di Crocivaglio (Monteggio) a Sessa, all'altezza del Sasso del Buseno è stata recentemente oggetto di opere per la messa in sicurezza del versante roccioso (MM 08/2020 Comune di Monteggio) terminate nell'estate 2022.

Il 24 ottobre 2023 un franamento di ca. 80-100 mc ha coinvolto la strada comunale, distruggendola per un tratto di circa 35 metri e sezionando la condotta dell'acqua potabile che alimenta le abitazioni ai mappali nr. 1303, 1304, 1305 e 1310 RFD Tresa, sezione Monteggio.

Nel corso del mese di novembre 2023 si è intervenuti allo sgombero del materiale e al ripristino almeno della condotta acqua potabile. Il tutto è stato eseguito in sicurezza previa la posa di tre estensimetri sulle fessure del versante roccioso (apparecchio che rileva i movimenti della roccia) e sulla base di un preciso piano di sicurezza per la fase di cantiere (PEC).

Il coinvolgimento dei cittadini con il sondaggio proposto dal Municipio alla fine dello scorso anno tra i proprietari dei fondi delle due frazioni, Crocivaglio e Pirla, i principali interessati dall'evento e dalle sue conseguenze, ha permesso di definire la linea d'azione per il futuro di quel tratto interrotto. Questo modus operandi, non obbligatorio e non vincolante per il Municipio, è stato scelto per verificare le intenzioni dei proprietari toccati direttamente dall'opera.

Tre gli scenari proposti dall'Esecutivo: la chiusura definitiva della strada con sola messa in sicurezza dei fondi (circa 15'000 franchi), la riapertura come sentiero pedonale dopo il brillamento della roccia instabile (210'000 franchi), oppure il ripristino completo della viabilità veicolare, con le relative opere di protezione (quasi mezzo milione di cui 204'000 franchi da suddividere tra i circa 75 fondi con il prelievo dei contributi di miglioria secondo la Legge sui contributi di miglioria).

Su 41 risposte raccolte, la maggioranza - 21 voti - si è espressa a favore della trasformazione in sentiero pedonale. In 14 hanno chiesto la riapertura totale della strada, mentre solo 6 hanno preferito la chiusura definitiva. Recependo il risultato, il Municipio ha formalizzato in aprile



l'intenzione di procedere con la variante 2, ritenuta il miglior compromesso tra sicurezza, accessibilità e costi.

A oggi, considerata l'instabilità dello sperone ancora presente in parete (ca. 150 mc), la strada è ancora chiusa al passaggio pedonale e veicolare.

2. Descrizione dell'intervento, rischio ed effetti sulle adiacenze

Grazie all'ausilio di un drone si è potuto rilevare tridimensionalmente la massa rocciosa da abbattere e definire il concetto d'intervento. A seguito dell'analisi di tutta una serie di componenti e variabili applicabili al caso in oggetto, si è deciso di procedere con un brillamento di messa in sicurezza atto a rimuovere la parte rocciosa in posizione labile sovrastante direttamente la strada e il passaggio pedonale.

Per l'abbattimento della roccia, del volume stimato di ca. 230 mc, si prevedono una quarantina di perforazioni per la frantumazione della roccia e una decina per profilare in modo pulito la parete rocciosa. I fori per la posa delle cariche esplosive, del diametro di circa 3 cm, avranno una profondità tra i 2 e i 4.5 m e una distanza tra 1 e 2 metri.

L'esecuzione dell'abbattimento a tappe, dato lo stato della roccia, potrebbe portare a situazioni precarie intermedie, entro le quali operare diventerebbe difficile se non addirittura oltremodo pericoloso. Si reputa pertanto migliore la soluzione di procedere ad un evento di brillamento unico (tale approccio concorrerà pure alla riduzione degli effetti nocivi sulle adiacenze).

Le distanze in pianta dalla posizione di sparo alle opere sensibili presenti nelle adiacenze (senza considerare la strada via Buseno che passa proprio ai piedi della roccia in oggetto) variano da 43 m sino all'abitazione situata sul mappale 1303, a 60 m sino all'abitazione situata sul mappale 444, rispettivamente, a 20 m fino al sentiero che da Brusata porta a Monteggio. I principali oggetti sensibili consistono in edifici residenziali di dimensioni monofamiliari. Lo stato della sostanza immobiliare (visto dall'esterno) è definito da buono a molto buono.

Misure di sicurezza e contenimento principali degli effetti indotti dal brillamento come l'applicazione di una copertura adeguata (rete metallica con geotessile, saldamente ancorata al terreno sano nella parte superiore e sui lati), la protezione della strada con un adeguato strato di materiale inerte e un doppio strato di assi d'armatura, la chiusura di un perimetro di sicurezza predefinito, saranno definite dall'impresa esecutrice con il supporto dello specialista.

Durante tutta l'esecuzione dei lavori verrà predisposto un concetto di sicurezza atto a salvaguardare le proprietà adiacenti e a contenere l'impatto del brillamento su queste ultime. Chi sarà toccato in prima persona dall'intervento sarà preventivamente informato.

I lavori di ripristino per la sistemazione finale del tratto stradale comprenderanno la posa di un misto granulare compatto quale strato di camminamento, la posa della nuova condotta acqua potabile, il rifacimento di parte del muro a valle, la posa di un parapetto di sicurezza e in concomitanza con il



ripristino dell'incrocio tra via Buseno e via Morina, l'adeguamento della segnaletica stradale.

Per la descrizione esaustiva di tutti gli interventi tecnici e specialistici relativi alla preparazione, al brillamento e agli effetti sulle adiacenze, si rimanda direttamente alla relazione tecnica dello studio Geolps engineering SA, parte integrante del presente Messaggio municipale.

3. Preventivo dei costi

Gli oneri necessari per l'abbattimento dello sperone roccioso tramite tecnica di brillamento e il successivo ripristino a passaggio pedonale di via Buseno a Monteggio sono riassunti nelle tabelle seguenti.

Preventivo opere Sasso del Buseno, Comune di Tresa, sezione Monteggio		
Preventivo Pdef $\pm 10\%$		
CPN	Descrizione	CHF $\pm 10\%$
111	Regie (5% sui lavori a misura)	10'000.00
113	Impianto di cantiere (8%)	11'000.00
116	Taglio alberi e dissodamenti	3'500.00
164	Ancoraggi pareti, lavori speciali	85'085.00
199	Trasporti speciali	8'600.00
900	Lavori di ripristino e pavimentazione	42'320.00
	Totale parziale	160'505.00 CHF

Ulteriori costi		
971	Prove a futura memoria / monitoraggi	5'000.00
	Progettazione e coordinamento	12'646.00
	Direzione lavori	11'104.00
	Redazione appalto, offerte, aggiornamenti	2'800.00
	Maggiori oneri per sicurezza e spec. (32h)	4'672.00
	Spese di progetto (incluse spese trasferta); 8%	2'497.76
	Totale parziale	199'224.76 CHF
	Imprevisti 10%	19'922.48
	TOTALE NETTO	219'147.24 CHF

TOTALE

Arrotondamenti	94.21 CHF
IVA 8.1%	17'758.55 CHF
TOTALE COSTI (arrotondamenti e IVA INCLUSA) $\pm 10\%$	237'000.00 CHF



4. Tempistiche progettuali stimate

Le tempistiche previste per le diverse fasi dell'intervento sono le seguenti:

Fase	Durata stimata
Passaggio in giudicato della decisione municipale	2 mesi
Elaborazione dei piani di brillamento e sicurezza	1 mese
Gare d'appalto e relative delibere	2 mesi
Esecuzione dei lavori	4 mesi

Sulla base di tale pianificazione, l'apertura del tratto stradale pedonale è idealmente prevista per la fine dell'estate 2026.

5. Verifica della sostenibilità finanziaria

Per valutare la sostenibilità dell'investimento, stimato complessivamente in CHF 237'000.00, sono stati considerati i seguenti elementi:

- L'ammontare dell'investimento iniziale;
- L'evoluzione attesa dei tassi d'interesse nel medio-lungo termine;
- Il costo annuo potenziale per la manutenzione ordinaria dell'opera.

6. Parametri di calcolo adottati

Per stimare l'impatto sulla gestione corrente comunale, si adottano i seguenti parametri:

- Tasso d'interesse bancario ipotizzato: 1.5%, applicato sul valore a bilancio dell'investimento;
- Durata dell'ammortamento:
 - 20 anni per la messa in sicurezza (tasso 5%).

L'ammortamento dell'investimento complessivo rientra tra le categorie per le quali il Comune applica le regole previste dal modello MCA2. Ai sensi dell'art. 165 LOC e del relativo art. 17 del Regolamento sulla gestione finanziaria e della contabilità dei Comuni (RGFCC) – nonché del Manuale MCA2, punto 4.3 "Ammortamenti" – la quota di ammortamento è determinata applicando i tassi indicati negli allegati 1 e 2 del RGFCC al valore iniziale dell'investimento, al netto di eventuali sussidi e contributi.

L'ammortamento ha inizio a partire dall'anno successivo alla messa in esercizio del bene e avviene secondo il metodo a quota costante, calcolato sulla durata di vita utile dell'opera, che nel caso specifico è di 20 anni per le opere di brillamento per la messa in sicurezza.

In applicazione delle basi legali citate, il calcolo dell'ammortamento dell'investimento risulta pari a CHF 11'850.00 annui. L'ammortamento inizierà quindi nell'esercizio successivo al collaudo dell'opera, con l'iscrizione a bilancio della relativa quota.



A partire dall'anno successivo al collaudo di tutte le opere, l'impatto sulla gestione corrente sarà il seguente:

Costo opere Sasso del Buseno	
<i>Descrizione</i>	<i>Importo (CHF)</i>
Costo - Credito MM	219'241.45
IVA 8,1%	17'758.55
Costo netto dell'opera	237'000.00

Ammortamento sul costo netto dell'opera			
<i>Intervento</i>	<i>Durata</i>	<i>Tasso</i>	<i>Ammortamento annuo (CHF)</i>
Opere di brillamento (CHF 237'000.00)	20 anni	5%	11'850.00
Totale ammortamenti annui			11'850.00

Interessi passivi	
<i>Calcolo</i>	<i>Importo (CHF)</i>
1.5% sul costo netto dell'opera (CHF 237'000.00)	3'555.00

Totale incidenza annua sulla gestione corrente	
<i>Voce</i>	<i>Importo (CHF)</i>
Ammortamenti annui	11'850.00
Interessi passivi	3'555.00
Totale incidenza annua	15'405.00

Nota: fintanto che l'opera non sarà conclusa e collaudata, si sosterranno unicamente i costi relativi agli interessi passivi. Gli ammortamenti decorreranno solo a partire dall'anno successivo alla messa in esercizio dell'opera.



7. Conclusione

Il Municipio ritiene che l'attuale situazione finanziaria del Comune permetta di far fronte a questo investimento. Il presente messaggio si basa sul rapporto dello studio Geoalps engineering SA datato 5 settembre 2025 al quale si rimanda integralmente per gli approfondimenti tecnici.

Visto quanto precede e restando a disposizione per ogni ulteriore informazione che riterrete opportuna, vi invitiamo a voler

RISOLVERE

1. È approvato un credito di CHF 237'000.00 per il brillamento di messa in sicurezza necessario alla riapertura pedonale di via Buseno.
2. La spesa è imputata al conto investimenti e sarà ammortizzata conformemente alla Legge organica comunale (LOC).
3. Il credito, se non utilizzato, decadrà il 31 dicembre 2028.

Per il Municipio di Tresa

Il Sindaco
Piero Marchesi



La Segretaria
Myriam Mauri

Approvato con risoluzione municipale no. 828/2025 del 11.09.2025.

Gestione	Opere pubbliche	Petizioni
•	•	



**Cantone
Ticino**



**Comune
di Tresa**

MONTEGGIO SASSO DEL BÙSEN

Committente:

Comune di Tresa
Ufficio tecnico del
Via Lugano 23
CH-6988 Ponte Tresa TI



Brillamento di messa in sicurezza

GEALPS
engineering

Via Cantonale 15
CH - 6760 Faido
T. +41 91 866 31 81
F. +41 91 866 32 20

Al Sabiòn 10
CH-6535 Roveredo GR
+41 91 827 38 75

Via Miravalle 11
CH-6900 Massagno
+41 91 966 20 30

www.geoalps.ch
admin@geoalps.ch

BRILLAMENTO DI MESSA IN SICUREZZA

In relazione al crollo di roccia
che ha coinvolto la strada
comunale via Buseno

Evento del 24.10.2023

m&b23.11116

CProg:	Esec:	Contr:
UL/FB	UL	FB

v.1:	01.09.2025
v.2:	05.09.2025

Sommario

1.	INTRODUZIONE.....	2
2.	SITUAZIONE E VARIANTI D’INTERVENTO.....	3
2.1.	Status Quo.....	3
2.2.	Monitoraggio	3
2.3.	Assicurazione	4
2.4.	Abbattimento	4
2.5.	Variante scelta	5
3.	RISCHIO DI DANNI ED EFFETTI SULLE ADIACENZE.....	7
3.1.	Valutazione e classificazione dei rischi di danno	7
3.2.	Effetti sulle adiacenze	8
3.2.1.	Proiezioni	9
3.2.2.	Crollo del materiale brillato.....	10
3.2.3.	Vibrazioni.....	10
3.2.4.	Onda d’urto e rumore	12
3.2.5.	Gas e polvere	13
3.2.6.	Riepilogo degli effetti potenzialmente dannosi dello sparo.....	13
4.	DEFINIZIONE DELLA MASSA ROCCIOSA DA ABBATTERE	14
5.	CONCETTO D’INTERVENTO	15
6.	MISURE DI SICUREZZA E DI CONTENIMENTO.....	16
7.	PREVENTIVO DEI COSTI.....	17

Allegati

Allegato 1: Modello fotogrammetrico 3D

Allegato 2: Concetto di situazione

Allegato 3: Preventivo delle opere in dettaglio

Allegato 4: Scelta della variante d’intervento – ponderazione criteri

1. INTRODUZIONE

Il 24.10.2023 un crollo di roccia di 100 m³ ha coinvolto la strada comunale di via Buseno a monte del mappale 1303. La strada è stata parzialmente distrutta e ricoperta dal materiale collassato, mentre la condotta dell'acqua potabile e la linea Swisscom sono state divelte. Da allora la strada risulta sbarrata. La superficie di rottura lungo la quale è scivolata la massa frana a valle è definita da un piano di scivolamento persistente che attraversa la parete rocciosa su tutta la sua altezza. Dei ponti di roccia saltuari, la cui tenuta nel tempo non è conosciuta, permettono allo sperone roccioso di rimanere momentaneamente in posto.

Sul lato a nord-est del cuneo di stacco è presente un tetto roccioso e una successiva sporgenza dietro ai quali si estende il piano di rottura lungo il quale è scivolata la massa rocciosa instabile nel 2023. Immediatamente a seguito dell'evento, il geologo cantonale ha ordinato la posa di un sistema di monitoraggio temporaneo che è stato attivo solo per poche settimane. Ancorché durante il periodo di monitoraggio non si registrarono ulteriori movimenti preoccupanti, in accordo con gli specialisti cantonali, le autorità locali hanno decretato la chiusura a tempo indeterminato della strada carrozzabile. Lo sbarramento è di natura fisica e funge da blocco anche al passaggio pedonale.

2. SITUAZIONE E VARIANTI D'INTERVENTO

La parete rocciosa in questione, come brevemente descritto al § 1 e al § 4, è intensamente solcata da sistemi di discontinuità strutturale il più delle volte pervasivi. Questi sistemi sezionano l'ammasso roccioso nelle tre direzioni cardinali, sviluppando sia superfici di potenziale scivolamento (cfr. famiglie di discontinuità a franapoggio ed evento del 2023), sia giunti di trazione, sia svincoli di taglio laterale. Il principale meccanismo di stacco è caratterizzato dall'improvvisa perdita di coesione lungo il giunto di trazione e l'immediato scivolamento a valle. Altri meccanismi secondari prevedono il progressivo allentamento di lastroni allungati (parallelepipedi) e il loro ribaltamento ortogonalmente ai piani di svincolo laterale.

Gli eventi pregressi attestano della relativa criticità di detta parete rocciosa. Infatti, nel corso degli ultimi 20 anni si son più volte verificati eventi di caduta sassi con deposito dei detriti principalmente in strada, ma anche fin nel letto del torrente sottostante. Una decina di anni or sono s'eran messe in opera delle funi di placcaggio per il sostegno di alcuni lastroni posti poco sopra la quota della strada (oltre ad un sommario spurgo di parte della parete).

Di seguito, vengono brevemente discusse le varianti di intervento applicabili al caso in oggetto.

2.1. Status Quo

Presuppone di non intervenire in alcuna maniera.

- Pro
 - Nessun investimento (ad escl. della perizia).
- Contro / Criticità
 - Il rischio rimane quello attuale
 - Futuri collassi possono avvenire senza preavviso
 - La tratta di strada deve rimanere sbarrata fisicamente al transito e al passaggio pedonale.

2.2. Monitoraggio

Presuppone l'installazione di estensimetri a barra e a filo (ind. 4 pz) collegati ad una centralina che può inviare i dati autonomamente. Il sistema potrebbe essere implementato con moduli di allarme (sirene, semafori). È previsto un minimo di intervento di spurgo.

- Pro
 - Investimento limitato
 - Collassi futuri graduali possono essere individuati per tempo
 - Possibilità di implementare un sistema di allarme
 - Controllo della massa rocciosa principale.
- Contro / Criticità
 - Il pericolo rimane quello attuale, mentre solo il rischio viene ridotto
 - Collassi futuri improvvisi non possono essere individuati per tempo
 - Futuri danni alle opere non possono essere evitati
 - Il passaggio potrebbe essere riaperto, ma la gestione del rischio dovrà sottostare ad un piano di sicurezza relativamente delicato.

2.3. Assicurazione

Presuppone la messa in opera di manufatti di contrasto in cemento armato opportunamente ancorati al substrato roccioso "sano". Il contrasto servirebbe alla riformazione di un piede che possa evitare l'improvviso collasso dell'asperità rocciosa in posizione labile. Di principio, la soluzione potrebbe essere quella di realizzare delle travi tipo "barbacan" partendo addirittura da quota strada (o poco sopra), oppure quella di mettere in opera una trave orizzontale (rinforzata con dei blocchi in CA ancorati a contrasto) sotto la sporgenza rocciosa di recente formazione. Oltre ai manufatti in CA si renderà probabilmente necessario procedere con la messa in opera di qualche ancoraggio per la parte superiore della parete. È previsto un minimo di intervento di spurgo.

➤ Pro

- Il grado di stabilità della massa rocciosa principale (in situazione critica) viene aumentato
- Il grado di pericolo viene ridotto, come pure quello di rischio
- Meno invasiva rispetto alla variante d'abbattimento
- Il passaggio può essere riaperto
- Possibile implementare il sistema di placcaggio con un sistema di monitoraggio.

➤ Contro / Criticità

- Investimento importante e evidente rischio di superamento del budget
- Durabilità finita dell'opera (50-80 anni)
- Messa in opera assai complessa
- Necessario un piano di sorveglianza e manutenzione
- Future cadute di sassi non possono essere escluse
- Futuri danni alle opere (anche se con periodicità molto minore) non possono essere evitati
- La gestione del rischio dovrà sottostare ad un piano di sicurezza.

2.4. Abbattimento

Presuppone l'abbattimento tramite tecnica di brillamento della sporgenza rocciosa in situazione di stabilità critica. È previsto un minimo di intervento di spurgo prima del brillamento (per le necessità relative alla sicurezza delle persone) e un intervento di spurgo più consistente dopo il brillamento.

➤ Pro

- La massa rocciosa principale (in situazione critica) viene abbattuta
- Il grado di pericolo viene fortemente ridotto, come pure quello di rischio
- Gran parte della parete sarà oggetto di rimodellamento a favore della riduzione dei pericoli
- Si tratta della variante che maggiormente si orienta verso l'obiettivo "sicurezza"
- Il passaggio può essere riaperto.

➤ Contro / Criticità

- Investimento importante
- Progetto di brillamento relativamente complesso
- Necessario un piano di sicurezza adeguato al momento del brillamento (+ PFM)

- Potenziale modifica di forma della sezione idraulica lungo il torrente sottostante
- Future cadute di sassi non possono essere escluse
- Futuri danni alle opere (anche se con periodicità molto rara) non possono essere esclusi
- Periodiche ispezioni della parete dovrebbero comunque esser pianificate.

2.5. Variante scelta

Il confronto delle varianti esposte ai paragrafi precedenti assumendo dei criteri (e dei sotto-criteri) di paragone permette una prima ripartizione del "valore qualitativo" di una data variante rispetto all'altra. Per il confronto descritto in legenda [Figura 1] come "BASE", il "peso" dei vari criteri è supposto essere lo stesso (20%); negli altri casi, il descrittivo in legenda rappresenta lo scenario con quello specifico criterio ponderato al 60% (rispetto a tutti gli altri diminuiti al 10% ognuno).

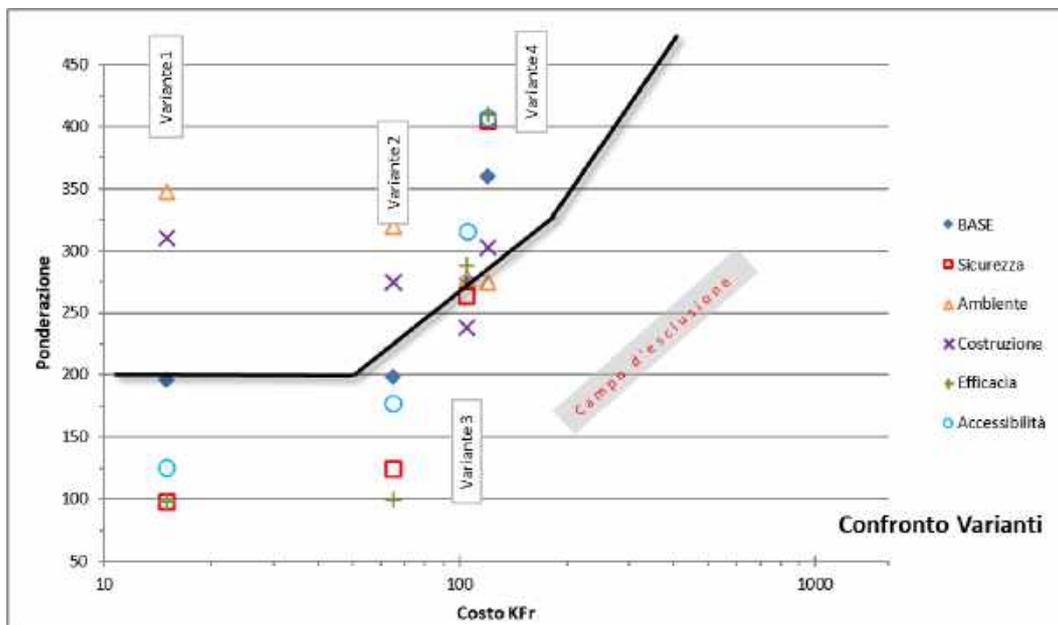


Figura 1: confronto delle varianti d'intervento.

PONDERAZIONE / MATRICE DI CALCOLO						
Matrice di sintesi del confronto tra varianti						
	Status quo	Misure e Controlli (PS)	Trave CA + Ancorag.	Abbattimento		
Scenario	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante n	Variante nn
BASE	196	199	277	360	0	0
<i>Peso sensitività su criterio...</i>						
Sicurezza	98	124.5	263.5	405	0	0
Ambiente	348	319.5	278.5	275	0	0
Costruzione	310.5	274.5	238.5	302.5	0	0
Efficacia	98	99.5	288.5	410	0	0
Accessibilità	125.5	177	316	407.5	0	0
COSTI	15	65	105	120	1	1
<small>(incl 15 KFr per oneri di progetto già assunti, +/- 5KFr, +/- 20%)</small>						

Tabella 1: sintesi del confronto tra varianti - matrice di calcolo.

Per poter riaprire la strada di via Buseno in sicurezza, si è pertanto deciso di procedere con un brillamento di messa in sicurezza atto a rimuovere la parte rocciosa in posizione labile sovrastante direttamente la strada e il passaggio pedonale.

Il presente documento definisce le basi per procedere con il brillamento di messa in sicurezza della massa rocciosa rimasta in sito dopo il crollo avvenuto il 24.10.2023 e potenzialmente instabile.

Le coordinate del punto presso cui avverrà lo sparo sono le seguenti:

2'706'710 / 1'094'750 / 380 m [CH1903+ / LV95]

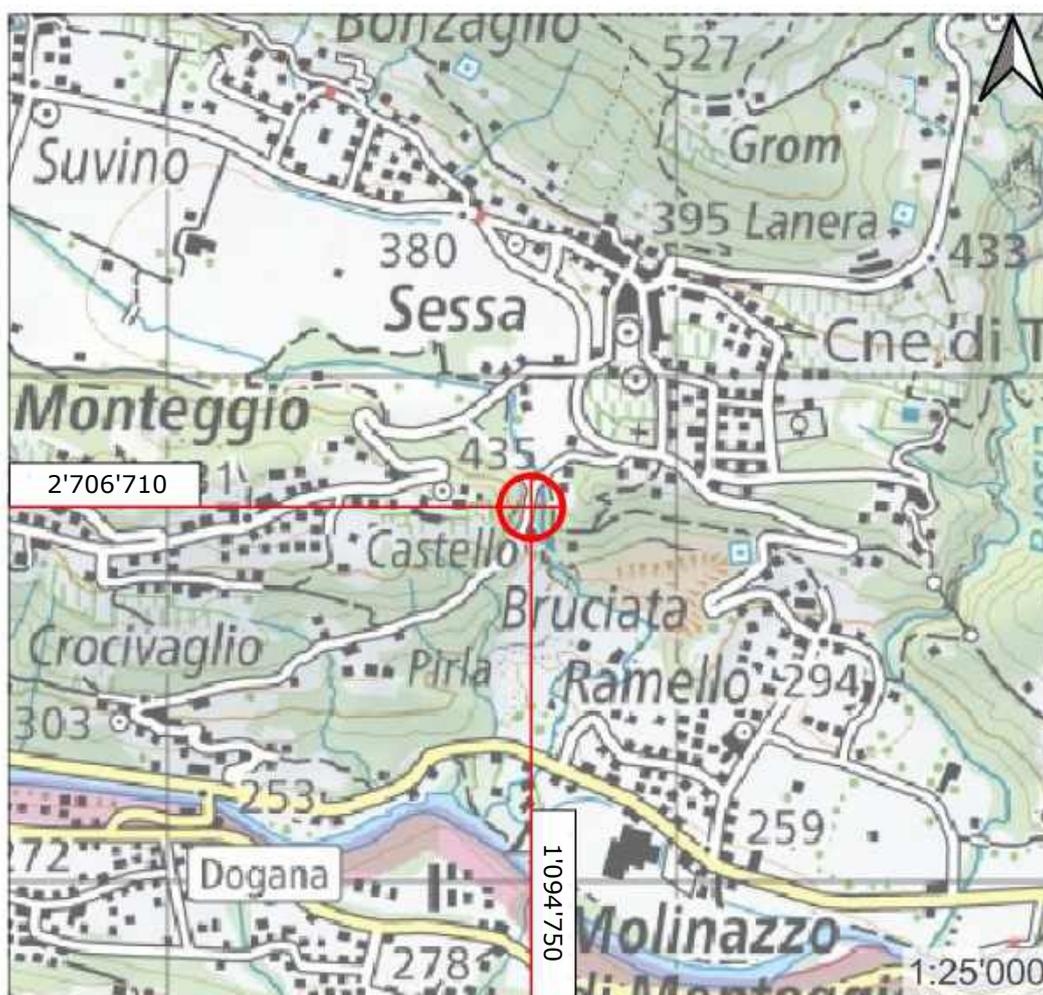


Figura 2: posizione geografica dell'area d'intervento.

3. RISCHIO DI DANNI ED EFFETTI SULLE ADIACENZE

3.1. Valutazione e classificazione dei rischi di danno

Secondo il *Promemoria di pianificazione: 'Valutazione dei rischi di danni durante i lavori di brillamento'*, rilasciato dalla Segreteria di Stato per la formazione, la ricerca e l'innovazione SEFRI, il brillamento in oggetto rientra nella categoria di **rischio elevato** di provocare danni (cfr. tabella 1 di valutazione sottostante).

Gruppi / Posizioni	Valori possibili	Valore scelto	Osservazioni
A Genere di brillamento			
1. Legname/Ceppaie	1 - 2		
2. Carica applicata (trovante)	2 - 4		
3. Carica in foro (trovante)	2 - 5		
4. Sbiancamento/trincea/pozzo	3 - 8	8	frantumazione di un ammasso di roccia
5. Ghiaccio	2 - 5		Solcato da fratture
6. Demolizione	5 - 10		e potenzialmente instabile
7. In sotterraneo	5 - 10		
8. Subacquei	4 - 8		
9. Stacco valanghe	2 - 7		
10. Metallo	8 - 10		
B Opera di brillare			
1. Legno	1 - 2		
2. Scisto/arenaria/marna	2 - 5		gneiss micacei
3. Granito/gneiss/calcare/ghiaccio	3 - 7	6	a tratti scistososi
4. Puddinga	3 - 8		
5. Muratura in pietra artificiale	2 - 6		
6. Calcestruzzo non armato	3 - 5		
7. Calcestruzzo armato	5 - 8		
8. Neve	1 - 2		
9. Metallo	8 - 10		
C Copertura			
1. Minima	7 - 10	9	copertura applicata in roccia con rete e geotessile
2. Media	4 - 7		
3. Massima	1 - 4		difficoltà nell'applicazione posizione non favorevole
D Topografia			
1. Pianeggiante	1 - 3		
2. Inclinata	3 - 6		posizione sopraelevata
3. Ripido (> 50 %)	6 - 10	9	pendio molto inclinato
E Adiacenze			
E1 Costruzioni (fino a 300 m)			
1. Tipo I	1 - 3		
2. Tipo II	3 - 6		
3. Tipo III	5 - 8	7	edificio al mapp 1303
4. Tipo IV	7 - 10		edificio al mapp 444
E2 Vie di transito (fino a 200 m)			
5. Sentiero/strada agricola/pista sci	1 - 3	2	sentiero Brusata Monteggio
6. Strade poco frequentate	2 - 4	2	Via Buseno (sbarrata)
7. Strade molto frequentate	4 - 7		
8. Autostrade/semiautostrade	5 - 10		
9. Funivia	1 - 3		
10. Installazioni ferroviarie	4 - 8		
F Distanza			
F1 Concerne costruzioni (E1)			
1. oltre 150 m	0 - 3		
2. da 30 fino a 150 m	3 - 8	7	mapp 1303 d _{xy} : 43 m/dz: 10 m
3. meno di 30 m	8 - 10		mapp 444 d _{xy} : 60 m/d _h : 19 m
F2 Concerne vie di transito (E2)			
4. oltre 50 m	0 - 3	2	sentiero d _{xy} : 20 m
5. da 10 fino a 50 m	3 - 8	2	strada d _{xy} : 0-10 m
6. meno 10 m	7 - 10		
Valore totale:		46	

Tabella 2: valutazione del rischio.

La classificazione del grado di rischio e relativa licenza necessaria avviene secondo le specifiche dell'ordinanza sugli esplosivi (OEspl 941.411), Art. 52 e 53.

Assegnazione del grado di rischio in base al valore totale calcolato alla tabella 1					
Punteggio		Gradi di rischio		Licenza di brillamento	
Fino a 18	→	Scarso rischio di provocare danni	→	A / B / C	1
18 - 39	→	Rischio medio di provocare danni	→	B / C	2
39 - 60	→	Rischio elevato di provocare danni	→	C + specialista riconosciuto	3

Tabella 3: assegnazione del grado di rischio secondo il punteggio ottenuto.

Valore totale del rischio: **46**

Classe di rischio: elevato (3) / è necessario un detentore di permesso d'uso d'esplosivi C con l'appoggio di uno specialista

Data la particolarità del brillamento di messa in sicurezza, e la relativa posizione, si consiglia l'accompagnamento di tutti i lavori di brillamento (perforazione, carica, accensione) da parte di uno specialista. A maggior ragione, visto che la roccia si presenta con un alto grado di fratturazione, condizione che potrebbe concorrere alla mal riuscita del brillamento (cfr. eccessiva dispersione dei gas con conseguente ridotto effetto di frammentazione e/o di sbancamento, come pure evtl. eccessivo sviluppo di proiezioni) e al danneggiamento della parete rocciosa che rimarrà in posto.

3.2. Effetti sulle adiacenze

La dimensioni della porzione di roccia reputata in posizione precaria e dunque da asportare si aggira attorno ai 230 m³.

La roccia, pervasa da diversi sistemi di fratture e diaclasi, presenta un piano di scivolamento a franapoggio dall'inclinazione tra i 70-75°, lungo il quale è già scivolato il materiale crollato il 24.10.2023. Questa situazione ci suggerisce l'esecuzione di un brillamento che contempra tutta la massa rocciosa reputata instabile e da allontanare (incl. riprofilatura della zona della nicchia di stacco, parte alta dell'affioramento). L'esecuzione dall'abbattimento a tappe, dato lo stato della roccia, potrebbe portare a situazioni precarie intermedie, entro le quali operare diventerebbe difficile se non addirittura oltremodo pericoloso. Si reputa pertanto migliore la soluzione di procedere ad un evento di brillamento unico (tale approccio concorrerà pure alla riduzione degli effetti nocivi sulle adiacenze).

Le distanze in pianta dalla posizione di sparo alle opere sensibili presenti nelle adiacenze (senza considerare la strada via Buseno che passa proprio ai piedi della roccia in oggetto) variano da 43 m sino all'abitazione situata sul mappale 1303, a 60 m sino all'abitazione situata sul mappale 444, risp., a 20 m fino al sentiero che da Brusata porta a Monteggio. I principali oggetti sensibili consistono in edifici residenziali di dimensioni monofamiliari. Lo stato della sostanza immobiliare (visto dall'esterno) è da buono a molto buono.

Nell'ambito di un brillamento, gli esplosivi vengono trasformati producendo grandi volumi di gas e liberando grandi quantità di energia. Questa combinazione di gas ed energia, se non opportunamente considerata, può portare ad effetti nocivi e provocare danni alle opere sensibili presenti nelle vicinanze.

I rischi già riconosciuti e riportati alla tabella 1 (valutazione del rischio di danni "elemento del piano di brillamento"), vengono di seguito esaminati in modo più specifico e in dettaglio, con l'obiettivo di prevedere

scenari potenzialmente dannosi ma consistenti e suggerire possibili contromisure volte alla mitigazione degli effetti indesiderati.

3.2.1. Proiezioni

Le proiezioni, generalmente, rappresentano uno degli effetti sulle adiacenze a potenziale di rischio maggiore in quanto sviluppo di danni alle opere circostanti (incl. camminamento lungo la gola del Bùsen). Da considerare, in questo caso, vi sono le proiezioni dirette (elementi lapidei proiettati verso le adiacenze a seguito della spinta sviluppata dall'energia emanata dalla detonazione), come pure le proiezioni indirette (vale a dire, le schegge sprigionate dagli urti tra il materiale in caduta sulla roccia in posto o sui blocchi lapidei al piede).

I parametri scelti per il brillamento (perforazione, carica ed accensione) rappresentano un elemento molto importante per contenerne gli effetti delle proiezioni. Quelle dirette verranno limitate evitando sovraccariche del foro (nel caso in oggetto sarà imperativo considerare l'andamento della roccia strapiombante in modo da non avere cariche troppo vicine alla superficie libera); per contro, le proiezioni indirette verranno mitigate perseguendo una pezzatura medio piccola del materiale che frangerà a valle (materiale di dimensioni ridotte > minore energia d'impatto > minor rischio di proiezione di schegge verso le adiacenze).

Date le condizioni contingenti (roccia fratturata, molteplici superfici libere, topografia irregolare e molto ripida, ecc.), l'impiego di una copertura durante il brillamento sarà imperativa. Questa permetterà di ridurre il raggio di sicurezza teorico dei 300 m (cfr. dispense SSIC-ASB-SAFAS, 2021) a un valore minore e adeguato alla situazione. Dal lato pratico, la geometria e la posizione dell'ammasso roccioso sul quale si dovrà operare, renderanno difficile l'applicazione di una copertura classica (cfr. materassi di copertoni legati assieme con cordine (dia 12 mm). Nel caso specifico, si dovrà preferire l'applicazione di una rete metallica (tipo Geobrugg Tecco G45/2 o sup. oppure Maccaferri a doppia torsione o simili) addossata sullo sperone a mo' di coperta ed ancorata al substrato sano con cordine metalliche lungo tutto il perimetro. Oltre alla rete metallica prevediamo l'applicazione (tra rete e roccia) di un tessile allo scopo di limitare la proiezione anche di grani a pezzatura minore rispetto alla maglia della rete, come pure mitigare lo sviluppo della polvere dalla zona di sparo. Questa tipologia di copertura dovrà comprendere, con agio, sia la bocca dei fori, sia i fianchi delle asperità laterali. Le funi dovranno essere tese lungo il lato superiore e quelli laterali, oltre ad essere collegata ad ancoraggi infissi con colla chimica (in modo da contenere le proiezioni verticali e orizzontali); lungo il lato inferiore le funi saranno più lasche (in modo da permettere la caduta controllata del materiale frantumato), ancorché fissate ad opportuni punti d'ancoraggio.

Poco prima dell'accensione delle cariche, si procederà allo sbarramento del perimetro di sicurezza determinato entro spicchi di territorio aventi raggio idoneo alla situazione (la posizione sopraelevata e l'inclinazione del pendio rappresentano condizioni particolarmente sfavorevoli).

Contromisure da mettere in atto contro le proiezioni:

- *definizione accurata delle perforazioni, delle cariche e dell'accensione (evitare sovraccariche e perseguire una pezzatura medio-piccola);*
- *esecuzione attenta del caricamento dei fori;*
- *applicazione di una copertura adeguata (rete metallica con geotessile, saldamente ancorata al terreno sano nella parte superiore e sui lati; copertura abbondante della bocca dei fori, dei fianchi);*
- *sbarrare l'accesso entro il perimetro di sicurezza (all'accensione delle cariche);*
- *controllo visivo mediante riprese video (fisse ed eventualmente mediante rilievi aerei con drone).*

3.2.2. Crollo del materiale brillato

Data la particolarità del materiale da brillare (roccia "venata" da fratturata a intensamente fratturata, con elementi lapidei a volte dislocati) e la configurazione complessa dell'asperità da abbattere (vedi geometria molto irregolare in parte strapiombante), la posizione sopraelevata e lo spazio ridotto al piede della roccia, si reputa che la caduta di elementi lapidei – oltre che sulla strada – anche nel riale sottostante è inevitabile.

Pertanto, la strada sottostante e le infrastrutture sotterranee (condotta d'acqua e cavo Swisscom), nel limite del possibile, dovranno essere protetti da ulteriori danni. Inoltre, i parametri di brillamento (vedi soprattutto il reticolo di perforazione) dovranno essere scelti nell'ottica di frantumare in modo importante il corpo roccioso per ottenere una pezzatura medio-piccola dei blocchi che cadranno a valle. Questo accorgimento concorrerà a limitare sia lo sviluppo di energie troppo elevate degli elementi lapidei che cadranno sul campo stradale, sia di ridurre al minimo il rischio di occludere il deflusso idraulico lungo il corso d'acqua sottostante.

Contromisure da mettere in atto contro la caduta massi:

- scelta accurata dei parametri di brillamento (perforazione e carica > pezzatura medio piccola);
- protezione della strada con doppio strato di assi d'armatura e adeguato spessore di materiale inerte.

Rischi residui:

- pur adottando le precauzioni del caso descritte sopra, data la particolare situazione, il rischio che la condotta dell'acqua (risp. il cavo Swisscom) possano esser danneggiati rimane alto;
- nel preventivo, a titolo prudenziale, abbiamo comunque considerato una riserva di costo per l'evtl. sostituzione di una tratta di 15-20 m di condotta.

3.2.3. Vibrazioni

Le vibrazioni da brillamenti sono delle oscillazioni (in genere onde di taglio) indotte dalla detonazione delle cariche e dal successivo sviluppo di energia che si propaga nel terreno verso le adiacenze. Con l'esecuzione di brillamenti le vibrazioni sono inevitabili, la loro magnitudo può però essere controllata e arginata.

Gli oggetti potenzialmente sensibili alle vibrazioni emesse dal brillamento in oggetto si trovano a distanze tra i 40 ed i 60 m dalla posizione di sparo. Date le condizioni al contorno (in particolare, la categoria "case residenziali" per gli oggetti entro il perimetro sensibile) si rende necessario il contenimento delle vibrazioni generate dall'impiego di materie esplosive.

L'effetto delle vibrazioni su un'opera viene determinato dalla velocità di vibrazione v_R (in mm/s) e dalla relativa frequenza dominante f_{dom} (in Hz). Questi due valori sono misurabili con l'ausilio di geofoni e di sismografi. In Svizzera, non essendoci leggi ed ordinanze specifiche che ne regolano l'emanazione, la base di riferimento per i rilievi e susseguente valutazione delle vibrazioni su strutture è rappresentata dalla Norma VSS 40 312:2019 'Erschütterungen - Erschütterungseinwirkungen auf Bauwerke', rilasciata dall'Unione dei professionisti svizzeri della strada; questa propone dei valori di riferimento per le velocità di vibrazione tollerabili. I valori indicativi limite (di riferimento) vengono determinati in base alla classe di sensibilità delle opere presenti nelle adiacenze (entro il perimetro sensibile) ed al numero di sollecitazioni, tenendo in particolare conto delle frequenze dominanti di vibrazione.

La tabella sottostante riassume i valori limite di riferimento proposti dalla norma VSS 40 312:2019, per eventi con frequenza di sollecitazione 'occasionale' (< a 1'000 eventi).

Classe di sensibilità degli oggetti	Limiti delle vibrazioni ¹ per classe di frequenza		
	f < 30 Hz	f = 30-60 Hz	f > 60 Hz
Strutture edili con classe di sensibilità 1-2 (da molto poco a poco sensibili) <i>strade, ponti, cunicoli, gallerie, condotte interrate del gas acqua</i>	45 - 30 mm/s	60 - 40 mm/s	90 - 60 mm/s
Edifici classe di sensibilità 3 (normalmente sensibili) <i>immobili abitativi, chiese in muratura o mattoni intonacate, edificati e mantenuti secondo le regole dell'arte</i>	15 mm/s	20 mm/s	30 mm/s
Edifici classe di sensibilità 4 (particolarmente sensibili) <i>edifici storici e protetti, edifici della classe III costruiti o riattati di recente</i>	7.5 mm/s	10 mm/s	15 mm/s

Tabella 4: limiti di riferimento delle vibrazioni indotte su immobili secondo la norma VSS 40 312:2019.

La norma, riguardo l'interpretazione e l'applicazione dei valori limite, cita pure come possibili senza causar danno strutturale dei 'superamenti occasionali' di ca. il 30% dei valori indicativi (in questi casi, v'è la possibilità che si sviluppino dei danni minori (tipo microfessurazioni di parti d'opera particolarmente sensibili o scrostature di intonaci già alterati).

L'uomo è particolarmente sensibile alle vibrazioni (soglia di percettibilità umana con $v_R > 0.2$ mm/s). La sensazione di disagio provata è il più delle superiore al disturbo oggettivo. Velocità di vibrazione molto basse, insignificanti per le strutture (sulle quali non possono arrecare danni) vengono invece fortemente avvertite dalle persone che si trovano entro distanze limitate. Talvolta, la percezione delle vibrazioni può essere alterata e percepita in modo accresciuto causa l'associazione con il rumore. Un'adeguata informazione e sensibilizzazione delle persone residenti presso le abitazioni o le strutture più prossime al brillamento permetterà di sensibilizzare in maniera corretta i terzi e di ridurre i disagi.

Per calcolare vibrazioni e sollecitazioni prodotte dagli esplosivi sono disponibili modelli empirici basati su decenni di utilizzo pratico. L'intensità della vibrazione 'primarie' (da detonazione delle cariche) dipende dal quantitativo massimo di esplosivo per singolo innesco, dalla distanza tra il punto di brillamento e l'oggetto sensibile, come pure dalle condizioni di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo (situazione geologica e geologico-strutturale specifica). Ritenute queste caratteristiche è possibile stimare la velocità massima di vibrazione su un'oggetto sensibile adottando la seguente formula di Koch (semplificata):

$$V_R = \frac{\sqrt{q}}{d} \times k$$

dove:

- V_R = vettore risultante di velocità della vibrazione in mm/s;
- q = quantitativo di esplosivo per singolo innesco in kg;
- d = distanza tra il punto di brillamento e l'opera sensibile in m;
- k = coefficiente dipendente dalle condizioni geologiche e dalla distanza.

¹ Per eventi con frequenza di sollecitazione 'occasionale' seco VSS 40 312:2019.

L'attendibilità della stima basata su questa formula è fortemente condizionata dal fattore k , dipendente dal sottosuolo e dall'effettiva risposta delle opere adiacenti alle sollecitazioni dinamiche. Per un primo approccio proponiamo un valore k conservativo.

$$V_R \text{ teorico mappale 1303} = \sqrt{(50 \text{ Kg}) / 43 \text{ m} * 200} = 33 \text{ mm/s}$$

[calcolo eseguito considerando la distanza in pianta ed omettendo le reali irregolarità topografiche che concorreranno in modo importante all'abbattimento delle intensità vibratorie]

La stima della velocità per l'abitazione più vicina (mappale 1303) dimostra come il valore limite indicato nella norma VSS 40 312:2019 potrebbe essere superato se lo sparo di messa in sicurezza avvenisse con un tempo di accensione unico (senza utilizzo di ritardi d'innesco). Cautelativamente, si consiglia pertanto l'utilizzo di ritardi d'accensione con l'obiettivo di non superare i 20 Kg di materia esplosiva per grado d'innesco.

Misure delle vibrazioni quale prova a futura memoria non sono repute come imperativamente necessarie. La registrazione dei picchi vibratorii inerenti alla propagazione dell'energia sviluppata dal brillamento e dalla caduta del materiale brillato è comunque reputata sensata nel caso si volesse effettivamente ridurre i rischi di reclamazione; nel caso, il monitoraggio sarà da eseguire sugli stabili siti ai mappali 1303, 925 rispettivamente 444 (oggetti sensibili più prossimi alla posizione di sparo).

Le vibrazioni indotte dallo sparo potranno pure avere un effetto sul substrato roccioso intorno allo sperone da abbattere e sviluppare, di conseguenza, un potenziale effetto svincolante sui blocchi già parzialmente disarticolati dal substrato. Nell'ottica di evitare ulteriori peggioramenti dell'assetto strutturale di questo ammasso roccioso, si dovrà agire con un calcolo preciso delle cariche e con l'impiego di tempaggi d'accensione ("ritardi d'innesco"). Un controllo della parete dopo lo sparo (e relativo spurgo) sarà imperativo.

Contromisure da mettere in atto contro le vibrazioni:

- *calcolo preciso delle cariche;*
- *impiego ottimale dei ritardi d'innesco (per quanto possibile);*
- *controllo dello stato della parte a sparo avvenuto;*
- *spurgo del materiale labile rimasto in parete;*
- *evtl. esecuzione di misure delle vibrazioni sugli edifici più vicini.*

3.2.4. Onda d'urto e rumore

Un ulteriore effetto indesiderato dei brillamenti è generato dalla sovrappressione gassosa.

Questa può rappresentare un pericolo per persone, animali, vie d'accesso presenti nelle immediate vicinanze dello sparo, come pure per elementi costruttivi leggeri come ad esempio vetri, linee aeree o strutture in legno poco massicce (o mal fissate) o lamiera.

L'**onda d'urto** è essenzialmente pericolosa in caso di cariche dirompenti e detonanti libere. Operando con cariche ridotte ed in foro, intasate e con copertura, l'effetto nocivo di questo elemento sarà notevolmente circoscritto (vedi, nel caso specifico, azzerato). Questo effetto rimane tuttavia intenso a distanze molto ridotte, per cui sarà necessario l'allontanamento delle persone ed eventuali animali dalle immediate adiacenze come pure procedere alla chiusura dell'area entro il perimetro di sicurezza predefinito.

Associato all'onda d'urto si sviluppa il **rumore**. Questo effetto nocivo potrebbe arrecare disturbo a persone ed animali, inoltre sarà percepito a distanze maggiori rispetto all'onda d'urto, ma la sua durata sarà assolutamente momentanea. Nel caso specifico, quest'effetto potrà essere provocato dall'impiego di miccia detonante utilizzata da un lato quale esplosivo per il profilamento "preciso" della roccia e dall'altro quale mezzo d'innesco delle cariche dei differenti fori collegate tra loro. La scelta degli orari di sparo (entro la fascia lavorativa ordinaria), come pure una corretta e solerte informazione a chi potrebbe subire questo tipo di disagio, concorrerà al raggiungimento di un migliore grado di tolleranza e limiterà la reazione di spavento improvviso da parte delle persone. Di conseguenza, si dovrà porre la dovuta attenzione nel

limitare allo stretto necessario l'utilizzo di miccia detonate (MD). Laddove l'impiego di MD si realizzerà come necessario si dovrà fare il possibile per coprire adeguatamente le cariche (fori completamente intasati; MD all'aria aperta limitata allo stretto necessario).

Contromisure da mettere in atto contro la sovrappressione gassosa:

- buona informazione a chi sarà toccato in prima persona;
- se possibile, scelta attenta dell'ora di sparo;
- buon intasamento dei fori;
- limitare allo stretto necessario le tratte in MD (soprattutto quelle libere);
- applicazione di una copertura presso la bocca dei fori;
- sbarrare l'accesso entro il perimetro di sicurezza.

3.2.5. Gas e polvere

Trovandosi ad operare a cielo aperto, entro spazi ampi e liberi, ed eseguendo brillamenti con cariche ridotte, l'emanazione di **gas** dovuti alla detonazione dell'esplosivo sarà minima e si diraderà rapidamente ed in modo spontaneo, senza cagionare disturbi particolari (i tempi d'attesa adeguati prima di accedere alla posizione di sparo saranno ad ogni modo da rispettare, come previsto dalla regola dell'arte).

In condizioni particolarmente secche e ventose, la caduta del materiale brillato, franando e urtando contro la roccia in posto e i depositi di materiale sciolto già presenti al piede della parete rocciosa, potrà generare un sollevamento di materiale e lo sviluppo di una nube di **polvere**. A dipendenza delle condizioni di vento, la nube di polvere potrebbe migrare verso le abitazioni più vicine alla zona di sparo. Contro quest'effetto, di difficile mitigazione, non rimane che agire preventivamente sia valutando le previsioni meteorologiche, sia informando adeguatamente chi potrà esserne toccato in prima persona (finestre chiuse, nessuna biancheria stesa all'aperto al momento dello sparo, eventuale pulizia con un risciacquo preliminare prima di strofinare).

Contromisure da mettere in atto contro la polvere:

- verificare le previsioni delle condizioni meteorologiche;
- adeguata informazione a chi potrà esserne toccato in prima persona;
- nel limite delle possibilità, bagnare il campo stradale di via Buseno prima dello sparo;
- rispettare i tempi d'attesa adeguati prima di accedere alla zona di sparo.

3.2.6. Riepilogo degli effetti potenzialmente dannosi dello sparo

Le principali fonti di pericolo correlate al brillamento in oggetto sono riassunte nella tabella 4.

Pericolo	Rilevanza nel contesto locale
Proiezioni di materiale	++
Crollo del materiale brillato	++
Vibrazioni trasmesse per via solida	(+)
Onda d'urto (spostamento d'aria)	0
Rumore	-
Sviluppo di gas	0
Generazione di polvere	-

*Tabella 5: elementi di pericolo e rilevanza per le adiacenze
[++: molto presente, +: presente, -: limitato, 0: pressoché trascurabile]*

4. DEFINIZIONE DELLA MASSA ROCCIOSA DA ABBATTERE

A seguito del sopralluogo di terreno principale avvenuto il 15.07.2025 e dell'apprezzamento del modello 3D ricavato con metodo fotogrammetrico, si è deciso di abbattere l'ammasso roccioso indicato dal perimetro rosso. I rilievi di terreno e le varie angolazioni d'osservazione rese possibili tramite rotamento del modello 3D, hanno permesso di confinare la porzione da brillare entro i piani strutturali (diaciasi) a sviluppo pervasivo di maggior grado. Questa porzione è quella che si stima potrebbe crollare a medio termine. Eventuali altri lastroni o blocchi la cui stabilità potrebbe essere giudicata precaria dopo il brillamento verranno allontanati con interventi successivi (indicativamente, tramite spurgo manuale).



Figura 3: vista frontale dell'ammasso di roccia da abbattere

[le frecce celesti mostrano il piano di scivolamento lungo il quale si è verificato il crollo nel 2023]

5. CONCETTO D'INTERVENTO

Per l'abbattimento della roccia si prevedono delle perforazioni suborizzontali in facciata per frantumare in modo importante l'insieme della roccia (punti rossi) e l'esecuzione di fori verticali nella parte sommitale dell'ammasso roccioso atte a profilare in modo pulito la parte più alta dell'affioramento (linee arancioni).

I dettagli delle perforazioni e di conseguenza il calcolo preciso delle cariche dovrà essere fatto sul posto accedendo alla parete dopo averla ripulita dalla vegetazione e dal materiale sciolto e labile presente in sito. Una prima sintetica indicazione dei possibili parametri di sparo viene proposta alla tabella 5.

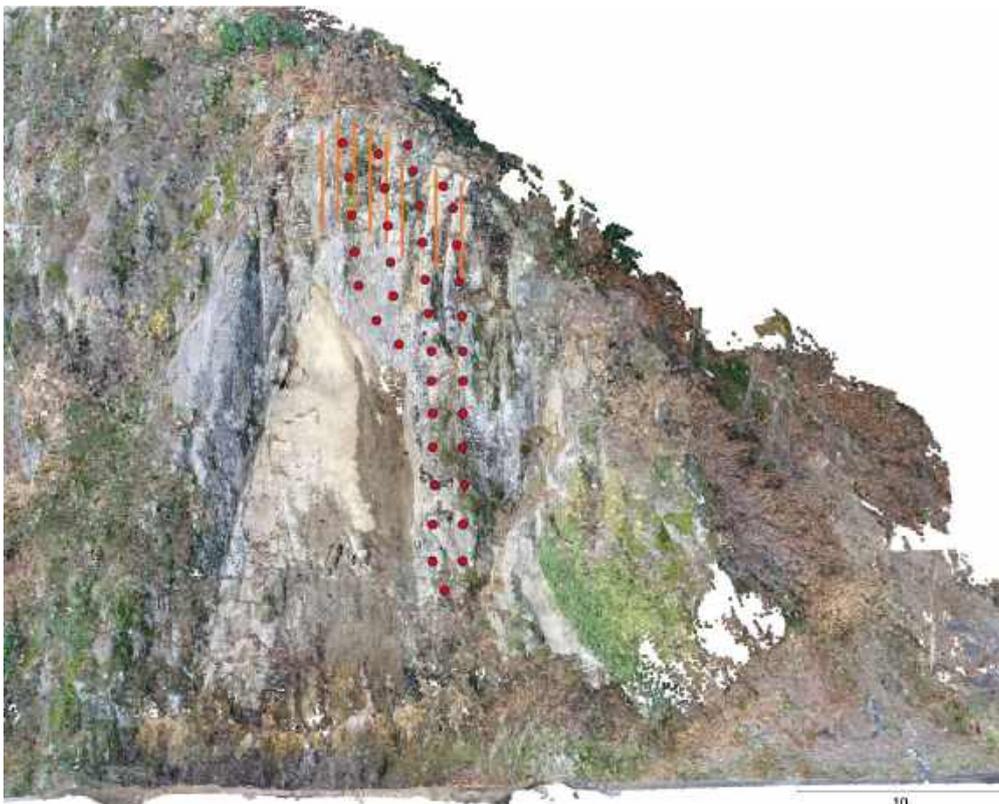


Figura 4: vista frontale dell'ammasso di roccia da abbattere e raffigurazione grafica delle modalità d'intervento.

Parametro	Fori verticali
Arretramento w	variabile da 1.50 a 2.00 m
Numero file di fori	(indicativamente 38+8)
Numero fori	Indicativamente, 38-40 sub-orizzontali (frantumazione) 8-10: sub-verticali (profilamento parte superiore)
Distanza tra i fori ($e - e_f$)	1.00 - 2.00 m fori di frantumazione 0.50 - 0.75 fori di profilamento
Azi fronte sparo	106°
Inclinazione dei fori	0 - 20° fori di frantumazione 75 - 85° fori di profilamento
Lunghezza dei fori l_b	2.0 - 4.5 m fori di frantumazione 3.0 - 5.0 m fori di profilamento
Sotto-perforazione h_u	(10% indicativo)
Diametro dei fori \varnothing	32 mm

Tabella 6: indicazioni preliminari dei possibili parametri di perforazione.

6. MISURE DI SICUREZZA E DI CONTENIMENTO

Le misure di sicurezza e di contenimento degli effetti indotti dal brillamento elencati nella tabella sottostante, rappresentano delle proposte per agevolare la pianificazione del lavoro. La decisione su quali misure mettere effettivamente in atto sarà un onere dell'impresa esecutrice che ne concorderà gli estremi con lo specialista. L'impresa esecutrice sarà comunque obbligata ad intraprendere qualsiasi accorgimento ragionevolmente fattibile in modo da ridurre al massimo i rischi di danno.

Misure di sicurezza e di contenimento degli effetti indotti dallo sparo	Proiezioni Caduta massi	Vibrazioni	Onda d'urto	Rumore	Gas e Polvere	Ambiente
- definizione accurata delle perforazioni, delle cariche e dell'accensione	x	x				
- esecuzione attenta delle perforazioni e del caricamento dei fori	x	x				
- impiego ottimale dei ritardi d'innescio (piano di accensione)		x				
- applicazione di una copertura adeguata (rete metallica con geotessile, saldamente ancorata al terreno sano nella parte superiore e sui lati)	x		(x)			
- protezione della strada con un adeguato strato di materiale inerte e doppio strato di assi d'armatura	x					
- chiusura di un perimetro di sicurezza predefinito (min. 100 m)	x		x			
- allontanare le persone ed elementi fragili dalle immediate adiacenze dello sparo (ev. protezione)	x		x			
- ev. verifica delle proiezioni effettive quale prova a futura memoria (PFM) mediante riprese video	x					
- ev. annaffiare la strada via Buseno prima dello sparo					x	
- monitoraggio vibrazioni sugli edifici più vicini (raccomandato)		x				
- controllo dello stato della parte a sparo avvenuto	x	(x)				
- limitazione allo stretto necessario di micce detonanti libere (accensione)			(x)	x		
- cartellonistica d'avviso per gli utenti delle strade adiacenti e del sentiero	x			x		
- informazione preventiva a chi sarà toccato in prima persona	x	x		x	x	
- nel limite delle possibilità operative scelta dell'orario di sparo		x		x		
- verifica delle previsioni meteorologiche					x	
- raccolta per quanto possibile dei reofori, dei tubolari e dei residui materiali dopo lo sparo (lavoro attento con gli esplosivi)						x

Tabella 7: elenco delle misure di sicurezza e di contenimento degli effetti indotti dallo sparo.

Un concetto di sicurezza per l'esecuzione dello sparo è riportato all'Allegato 2.

Questo dovrà essere affinato dall'impresa esecutrice prima dell'esecuzione del brillamento.

7. PREVENTIVO DEI COSTI

Di seguito il preventivo di spesa riguardante l'abbattimento dello sperone roccioso tramite tecnica di brillamento.

Nello specifico, per quanto attiene alle opere, si prevede di procedere con dei primi lavori propedeutici alle operazioni di perforazione per il corretto alloggiamento delle cariche esplosive. Tra questi lavori si prevede il taglio della vegetazione d'alto e medio fusto sulla parete e lungo il ciglio, come pure gli oneri d'installazione del cantiere.

I lavori speciali prevedono l'esecuzione delle perforazioni in parete (in gran parte ortogonali alla parete, oltre a qualche foro di taglio tra la massa da asportare e il massiccio roccioso che rimarrà in posto. Sono poi previste le operazioni di carica e approntamento del sistema d'accensione, come pure gli oneri necessari alla posa di una copertura di protezione dalle proiezioni. Il brillamento comporterà le ordinarie mansioni da capo-minatore per quanto attiene al dispositivo di sicurezza (oneri di terzi non inclusi; ad es. approntamento e gestione dei punti di sbarramento lungo le vie di transito carrozzabili, cfr. piano di sicurezza in bozza). A brillamento avvenuto, l'impresa procedere allo smantellamento della protezione e agli spurghi secondari di materiale roccioso in posizione labile evtl. rimasto in parete. Lo sgombero del materiale franato è pure incluso sotto la voce dei "lavori speciali", anche se dovrà essere verosimilmente appaltato ad una locale ditta di trasporti edili. Alla stessa ditta potrà pure essere appaltata la posa dei pannelli da muratore e del misto granulare inteso alla protezione della stradina/sentiero e delle infrastrutture poste ai piedi della parete, come pure la rimozione a lavori di messa in sicurezza terminati (il preventivo di spesa è pure incluso sotto la voce "lavori speciali").

Come lavori di ripristino s'intende procedere alla verifica dello stato delle infrastrutture (condotta dell'acquedotto e cavo swisscom) e all'evtl. sostituzione di quanto potenzialmente sarà stato danneggiato dal collasso della roccia brillata (rischio non del tutto mitigabile). Nel preventivo è pure stata prevista la costruzione di un tratto di muretto/cordolo in CA, la posa di un parapetto (pontoni in acciaio e traverse in legno), l'approntamento di una superficie sterrata camminabile, la posa della segnaletica e piccoli lavori di sistemazione finale. Non si prevede di ripristinare la pavimentazione carrabile presente prima del crollo.

Le voci di dettaglio sono presentate in allegato [Allegato 3].

		PREVENTIVO
Cap.	Testo corto	Importo
111	Lavori a regia	10'000.00
113	Impianto di cantiere	11'000.00
116	Taglio alberi e dissodamenti	3'500.00
164	Ancoraggi pareti, lavori speciali	85'085.00
199	Trasporti speciali	8'600.00
900	Lavori di ripristino	32'320.00
T O T A L E lordo		150'505.00
	Ribasso	0.00%
	Sconto	0.00%
T O T A L E netto (senza IVA)		150'505.00
	IVA 8.1 %	12'190.90
IMPORTO TOTALE con IVA		162'695.90

Tabella 8: preventivo di costo delle opere

Il preventivo di costo complessivo comprende gli oneri ordinari di progettazione e di direzione lavori, così come il supporto specialistico all'impresa (e al suo capo-minatore) per quanto riguarda la progettazione del piano di carica definitivo (in base all'effettivo andamento 3D dei fori), quella del dispositivo di sicurezza e

la sua gestione (escl. la messa a disposizione del personale necessario al presidio dei punti di sbarramento; oneri del committente), così come altri oneri per prestazioni di coordinamento, oltre le spese.

Il preventivo di costo complessivo prevede una posizione eventuale per prove a futura memoria (monitoraggio vibrazioni, rilievi fotografici), come pure gli imprevisti in ragione del 10% dei costi.

		PREVENTIVO
Cap.	Testo corto	Importo
111	Lavori a regia	10'000.00
113	Impianto di cantiere	11'000.00
116	Taglio alberi e dissodamenti	3'500.00
164	Ancoraggi pareti, lavori speciali	85'085.00
199	Trasporti speciali	8'600.00
900	Lavori di ripristino	32'320.00
T O T A L E opere		150'505.00
PFM	Prove a futura memoria / monitoraggi	5'000.00
Pr	Progettazione e coord. (cfr. off. 06.02.'24)	12'646.00
DL	Direzione Lavori (cfr. off. 06.02.'24)	11'104.00
App	Redazione appalto, offerte, agg. (gl)	2'800.00
Varie	Maggiori oneri per sicurezza e spec. (32h)	4'672.00
Z	Spese di progetto (incl. spese trasferta); 8%	2'497.76
T O T A L E opere+prog+DL		189'224.76
Imprevisti al 10%		18'922.48
Oneri del Committente*		-
Ribassi e sconti		-
T O T A L E netto (senza IVA)		208'147.24
IVA 8.1 %		16'859.95
IMPORTO TOTALE con IVA		225'007.20

Tabella 9: preventivo di costo complessivo

GeoAlps Engineering SA



Ugo Leonardi
MSc Sci Earth UNIBE
Permesso uso esplosivi C-GR,WS,ME,VE,BA

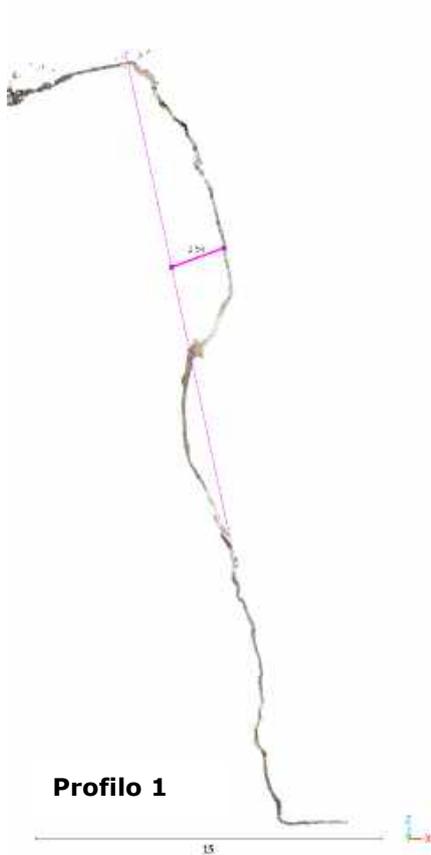
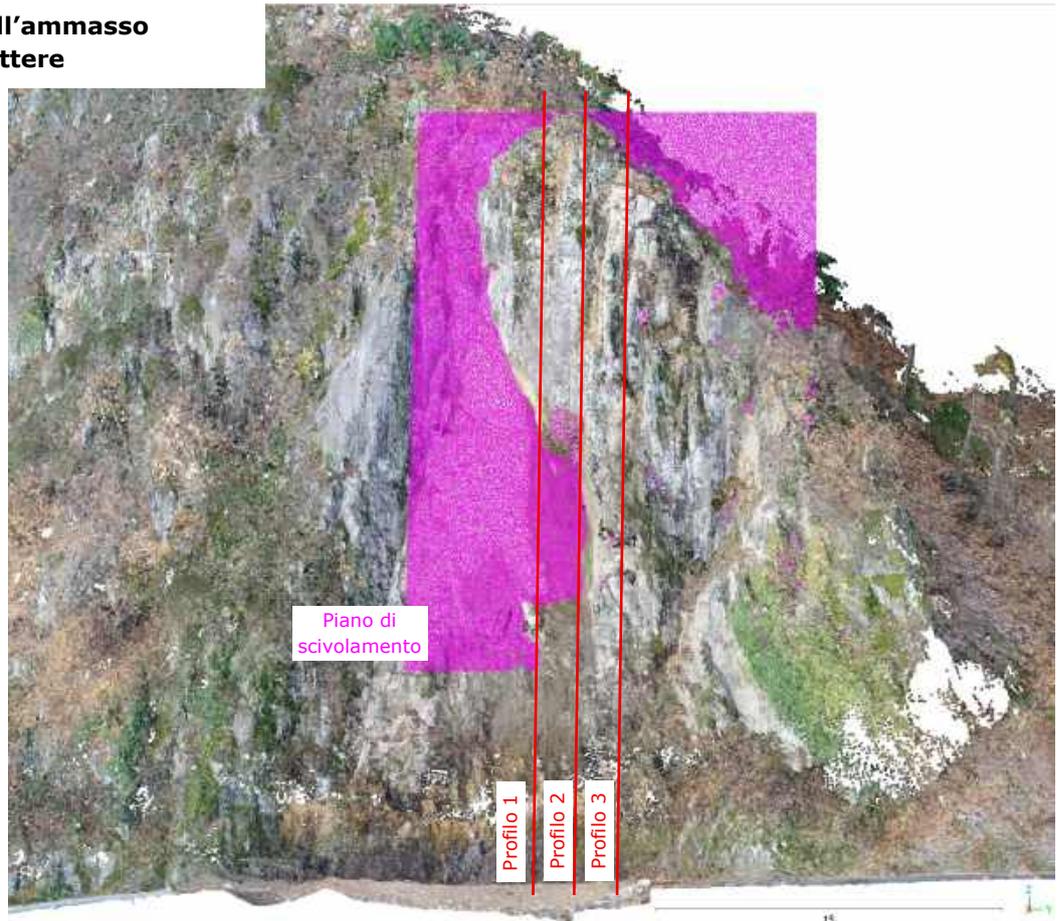


Floriano Beffa
MSc Sci Earth ETHZ/SIA/OTIA
Permesso uso esplosivi C-GR,WS,ME,VE,LA

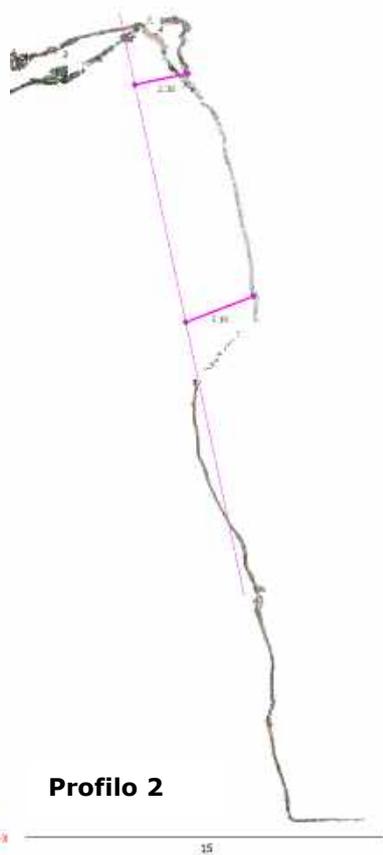
ALLEGATO 1

Modello fotogrammetrico 3D

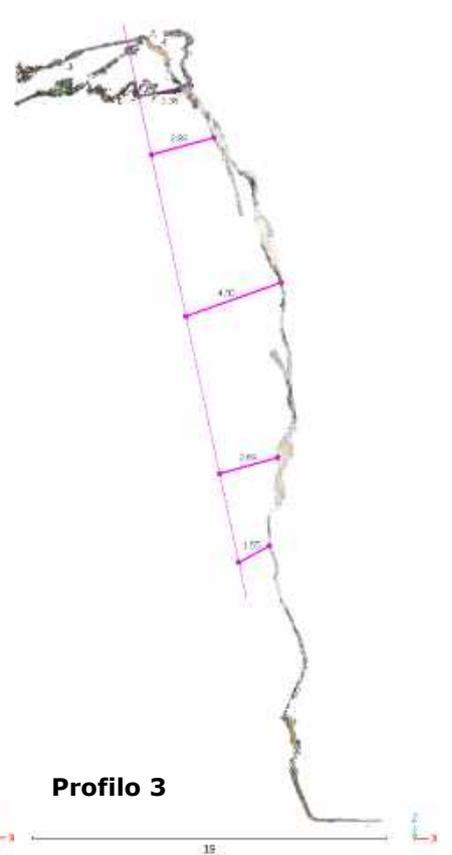
Vista frontale dell'ammasso roccioso da abbattere



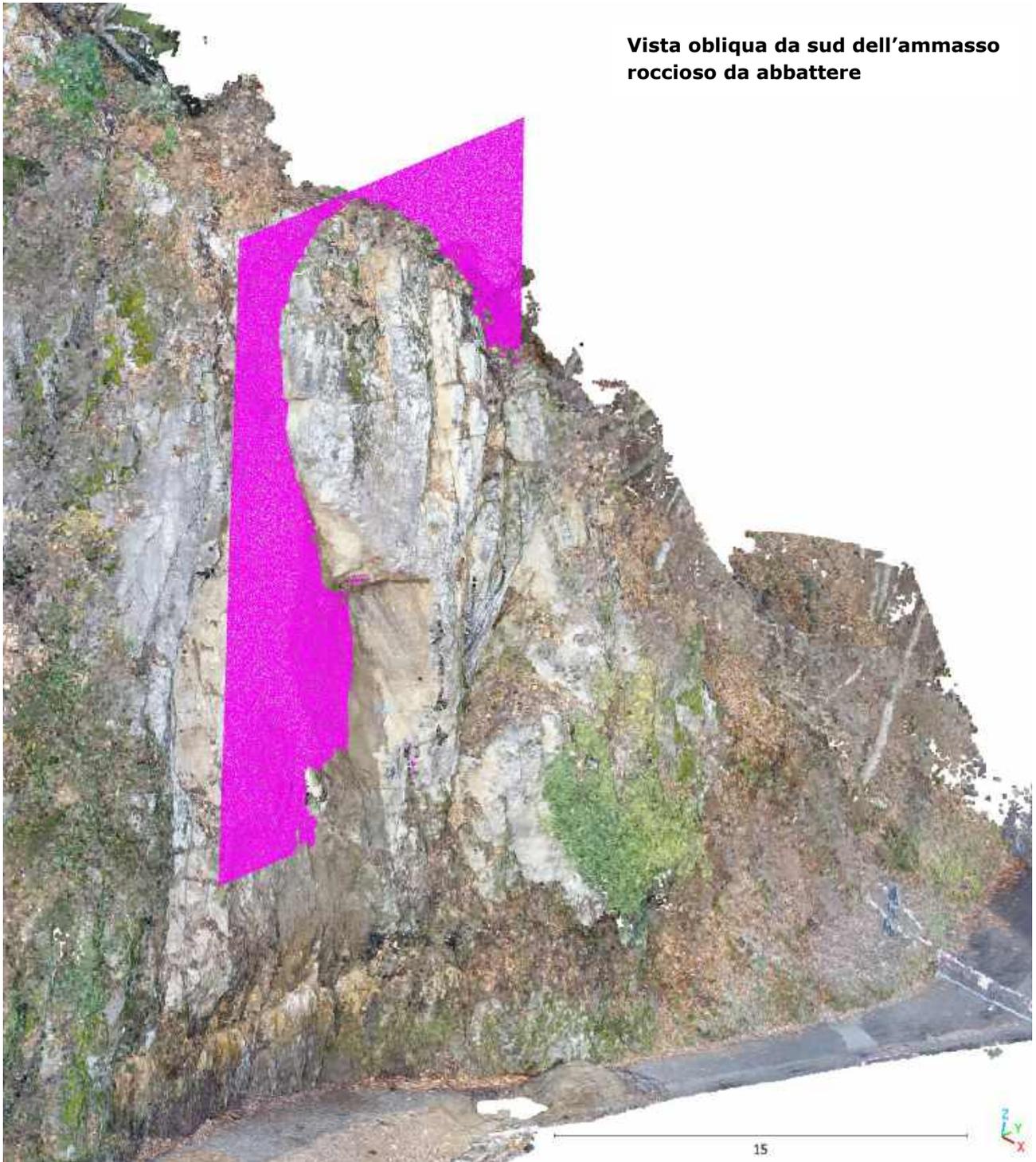
Profilo 1



Profilo 2



Profilo 3



ALLEGATO 2

Concetto di sicurezza

2706600

2706700

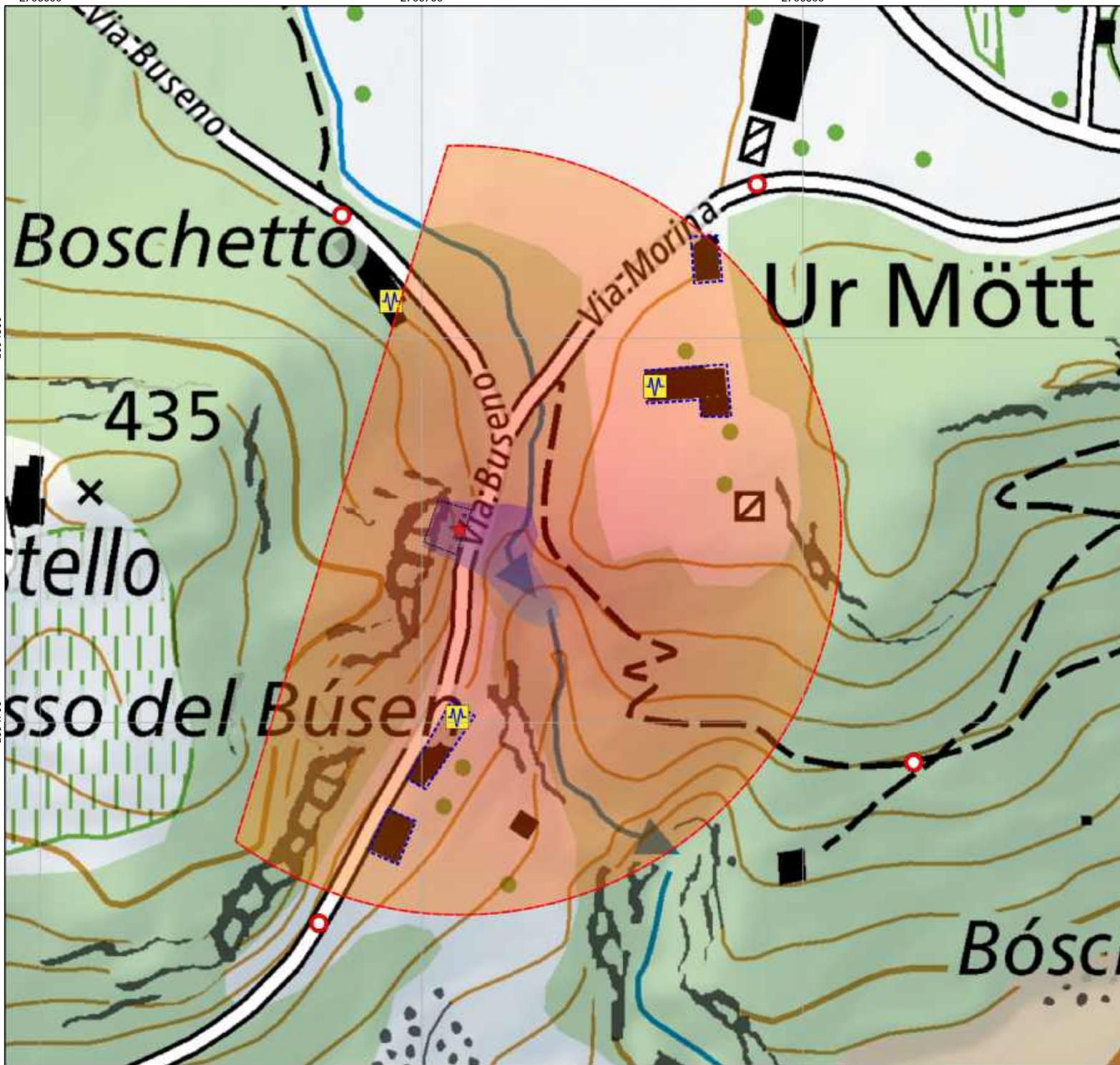
2706800

1094800

1094700

1094800

1094700



2706600

2706700

2706800

MONTEGGIO SASSO DEL BÜSEN
 CROLLO DI ROCCIA DEL 24.10.2023
 CONCETTO DI SICUREZZA BRILLAMENTO

1:1'000

	m&b 23.11116		
	DATA:	DIS:	CONTR.:
Concetto di sicurezza sparo	01.09.2025	UL	FB

Legenda

-  Posizione dello sparo
-  Perimetro di sicurezza (min 100 m)
-  Possibile area invasione elementi lapidei
-  Sbarramento con sentinella
-  Copertura con rete metallica e geotessile
-  Edifici da evacuare (ev. persone devono rimanere all'interno)
-  Ev. monitoraggio vibrazioni

ALLEGATO 3

Preventivo delle opere in dettaglio

Monteggio, Sasso del Bùsen					
Opere da specialista - Abbattimento tramite brillamento					
				PREVENTIVO	
111	Lavori a regia		Quantità		Totale
222.000	Regia, salari	gl	5'000.00	1.00	5'000.00
233.001	Regia, materiali	gl	2'500.00	1.00	2'500.00
244.001	Regia, macchine	gl	2'500.00	1.00	2'500.00
					10'000.00
113	Impianto di cantiere				
111.002	Impianto di cantiere	gl	1.00	7'500.00	7'500.00
119.001R	Installazioni supplementari	gl	1.00	-	-
921.111	Misure di sicurezza per personale	gl	1.00	3'500.00	3'500.00
					11'000.00
116	Taglio alberi e dissodamenti				
221.001R	Taglio alberi, incl. smaltimento	gl	1.00	3'500.00	3'500.00
					3'500.00
164	Ancoraggi e pareti chiodate, lavori speciali				
A.1	Fornitura e posa misto granulare 0/45	m3	90.00	45.00	4'050.00
A.2	Assi di protezione per condotta, posa e smant. (2x)	m	100.00	22.00	2'200.00
A.3	Rimozione e smaltimento misto 0/45 (incl. tassa)	m3	90.00	38.00	3'420.00
A.4	Spurgo sommario della roccia	d	2.00	2'700.00	5'400.00
B.1	Perforazioni d mm 32, incl. inst. + spost.	m	260.00	85.00	22'100.00
B.2	Riodin HE, Ø260x325 mm (o Poladyn 31)	kg	120.00	10.00	1'200.00
B.3	MD 12 g/m	m	175.00	3.00	525.00
B.4	MD 40 g/m	m	110.00	4.00	440.00
B.5	Detonatori HU 0-20, 4 m	pz	50.00	11.00	550.00
B.6	Carica dei fori e detonazione	d	1.00	2'700.00	2'700.00
C.1	Posa protezioni contro proiezioni	d	2.00	2'700.00	5'400.00
C.2	Fornitura protezioni (maccaferri + tessile)	gl	1.00	1'500.00	1'500.00
C.3	Brillamento e gestione disp. sicurezza (per quanto di competenza ordinaria a capo-minatore)	d	1.00	2'700.00	2'700.00
C.4	Smantellamento protezioni	d	1.00	2'700.00	2'700.00
D.1	Pulizia parete dopo brillamenti	d	4.00	2'700.00	10'800.00
D.2	Frantumazione blocchi sciolti	m3	40.00	140.00	5'600.00
D.3	Carico, trasporto e tassa mat. sbancato	m3	230.00	60.00	13'800.00
					85'085.00
199	Trasporti speciali				
R	Trasporti speciali eventuali (elicottero)	pz	20.00	430.00	8'600.00
					8'600.00
900	Lavori di ripristino				
E.1	Lavori di scavo, deposito temporaneo e riutiliz.	m3	65.00	68.00	4'420.00
E.2	Smaltimento mat. bituminosi in disc. autorizzata	t	30.00	76.00	2'280.00
E.3	Fornitura e posa misto gran. comp. o miscela (per parte di camminamento)	m3	18.00	90.00	1'620.00
E.4	Asportazione condotta danneggiata e smant.	m	20.00	65.00	1'300.00
E.5	Posa nuovo tratto di condotta, incl. raccordi	m	20.00	190.00	3'800.00
E.6	Rifacimento muro di sottoscarpa in CA, h = 1.5m	m	20.00	625.00	12'500.00
E.7	Posa di un parapetto (metallo + legno)	m	20.00	195.00	3'900.00
E.8	Sistemazioni finali (segnaletica+ semina)	gl	1.00	2'500.00	2'500.00
					32'320.00
			Totale		150'505.00

ALLEGATO 4

Scelta della variante d'intervento – ponderazione criteri

PONDERAZIONE / MATRICE DI CALCOLO											
Matrice di calcolo base											
Criterio	Sottocriterio	Peso criterio	Peso sottocriterio	Status quo		Misure e Controlli		Trave CA+Ancoraggi		Abbattimento	
				Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4				
				Punteggio [da 0 a5]	Punteggio ponderato						
SICUREZZA	Mitigazione del rischio	20	50%	0	0	0	0	2	20	5	50
	Rischio residuo		50%	0	0	1	10	3	30	4	40
AMBIENTE	Sostenibilità ambientale (influssi)	20	40%	5	40	5	40	4	32	1	8
	Impatto paesaggistico		30%	5	30	5	30	2	12	2	12
	Adattabilità al terreno		30%	5	30	3	18	2	12	3	18
COSTRUZIONE	Logistica lavori	20	20%	5	20	4	16	2	8	3	12
	Investimento		25%	5	25	3	15	1	5	1	5
	Oneri di manutenzione		25%	2	10	3	15	3	15	4	20
	Difficoltà di messa in opera / rischi		30%	5	30	4	24	2	12	2	12
EFFICACIA	Riduzione del rischio di danno	20	60%	0	0	0	0	3	36	5	60
	Durabilità dell'opera		40%	0	0	0	0	3	24	4	32
ACCESSIBILITÀ	Passaggio pedonale dopo intervento	20	55%	1	11	2	22	4	44	5	55
	Ripristino transito carr. dopo evento		45%	0	0	1	9	3	27	4	36
Totale					196		199		277		360

PONDERAZIONE / MATRICE DI CALCOLO											
Peso sensibilità su Sicurezza											
Criterio	Sottocriterio	Peso criterio	Peso sottocriterio	Status quo		Misure e Controlli		Trave CA+Ancoraggi		Abbattimento	
				Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4				
				Punteggio [da 0 a5]	Punteggio ponderato						
SICUREZZA	Mitigazione del rischio	60	50%	0	0	0	0	2	60	5	150
	Rischio residuo		50%	0	0	1	30	3	90	4	120
AMBIENTE	Sostenibilità ambientale (influssi)	10	40%	5	20	5	20	4	16	1	4
	Impatto paesaggistico		30%	5	15	5	15	2	6	2	6
	Adattabilità al terreno		30%	5	15	3	9	2	6	3	9
COSTRUZIONE	Logistica lavori	10	20%	5	10	4	8	2	4	3	6
	Investimento		25%	5	12.5	3	7.5	1	2.5	1	2.5
	Oneri di manutenzione		25%	2	5	3	7.5	3	7.5	4	10
	Difficoltà di messa in opera / rischi		30%	5	15	4	12	2	6	2	6
EFFICACIA	Riduzione del rischio di danno	10	60%	0	0	0	0	3	18	5	30
	Durabilità dell'opera		40%	0	0	0	0	3	12	4	16
ACCESSIBILITÀ	Passaggio pedonale dopo intervento	10	55%	1	5.5	2	11	4	22	5	27.5
	Ripristino transito carr. dopo evento		45%	0	0	1	4.5	3	13.5	4	18
Totale					98		125		264		405

PONDERAZIONE / MATRICE DI CALCOLO											
Peso sensitività su Ambiente											
Criterio	Sottocriterio	Peso criterio	Peso sottocriterio	Status quo		Misure e Controlli		Trave CA+Ancoraggi		Abbattimento	
				Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4				
				Punteggio [da 0 a5]	Punteggio ponderato						
SICUREZZA	Mitigazione del rischio	10	50%	0	0	0	0	2	10	5	25
	Rischio residuo		50%	0	0	1	5	3	15	4	20
AMBIENTE	Sostenibilità ambientale (influssi)	60	40%	5	120	5	120	4	96	1	24
	Impatto paesaggistico		30%	5	90	5	90	2	36	2	36
	Adattabilità al terreno		30%	5	90	3	54	2	36	3	54
COSTRUZIONE	Logistica lavori	10	20%	5	10	4	8	2	4	3	6
	Investimento		25%	5	12.5	3	7.5	1	2.5	1	2.5
	Oneri di manutenzione		25%	2	5	3	7.5	3	7.5	4	10
	Difficoltà di messa in opera / rischi		30%	5	15	4	12	2	6	2	6
EFFICACIA	Riduzione del rischio di danno	10	60%	0	0	0	0	3	18	5	30
	Durabilità dell'opera		40%	0	0	0	0	3	12	4	16
ACCESSIBILITÀ	Passaggio pedonale dopo intervento	10	55%	1	5.5	2	11	4	22	5	27.5
	Ripristino transito carr. dopo evento		45%	0	0	1	4.5	3	13.5	4	18
Totale					348		320		279		275

PONDERAZIONE / MATRICE DI CALCOLO											
Peso sensitività su Costruzione											
Criterio	Sottocriterio	Peso criterio	Peso sottocriterio	Status quo		Misure e Controlli		Trave CA+Ancoraggi		Abbattimento	
				Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4				
				Punteggio [da 0 a5]	Punteggio ponderato						
SICUREZZA	Mitigazione del rischio	10	50%	0	0	0	0	2	10	5	25
	Rischio residuo		50%	0	0	1	5	3	15	4	20
AMBIENTE	Sostenibilità ambientale (influssi)	10	40%	5	20	5	20	4	16	1	4
	Impatto paesaggistico		30%	5	15	5	15	2	6	2	6
	Adattabilità al terreno		30%	5	15	3	9	2	6	3	9
COSTRUZIONE	Logistica lavori	60	20%	5	60	4	48	2	24	3	36
	Investimento		25%	5	75	3	45	1	15	1	15
	Oneri di manutenzione		25%	2	30	3	45	3	45	4	60
	Difficoltà di messa in opera / rischi		30%	5	90	4	72	2	36	2	36
EFFICACIA	Riduzione del rischio di danno	10	60%	0	0	0	0	3	18	5	30
	Durabilità dell'opera		40%	0	0	0	0	3	12	4	16
ACCESSIBILITÀ	Passaggio pedonale dopo intervento	10	55%	1	5.5	2	11	4	22	5	27.5
	Ripristino transito carr. dopo evento		45%	0	0	1	4.5	3	13.5	4	18
Totale					311		275		239		303

PONDERAZIONE / MATRICE DI CALCOLO											
Peso sensitività su Efficacia											
Criterio	Sottocriterio	Peso criterio	Peso sottocriterio	Status quo		Misure e Controlli		Trave CA+Ancoraggi		Abbattimento	
				Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4				
				Punteggio [da 0 a5]	Punteggio ponderato						
SICUREZZA	Mitigazione del rischio	10	50%	0	0	0	0	2	10	5	25
	Rischio residuo		50%	0	0	1	5	3	15	4	20
AMBIENTE	Sostenibilità ambientale (influssi)	10	40%	5	20	5	20	4	16	1	4
	Impatto paesaggistico		30%	5	15	5	15	2	6	2	6
	Adattabilità al terreno		30%	5	15	3	9	2	6	3	9
COSTRUZIONE	Logistica lavori	10	20%	5	10	4	8	2	4	3	6
	Investimento		25%	5	12.5	3	7.5	1	2.5	1	2.5
	Oneri di manutenzione		25%	2	5	3	7.5	3	7.5	4	10
	Difficoltà di messa in opera / rischi		30%	5	15	4	12	2	6	2	6
EFFICACIA	Riduzione del rischio di danno	60	60%	0	0	0	0	3	108	5	180
	Durabilità dell'opera		40%	0	0	0	0	3	72	4	96
ACCESSIBILITÀ	Passaggio pedonale dopo intervento	10	55%	1	5.5	2	11	4	22	5	27.5
	Ripristino transito carr. dopo evento		45%	0	0	1	4.5	3	13.5	4	18
Totale					98		99.5		289		410

PONDERAZIONE / MATRICE DI CALCOLO											
Peso sensitività su Accessibilità											
Criterio	Sottocriterio	Peso criterio	Peso sottocriterio	Status quo		Misure e Controlli		Trave CA+Ancoraggi		Abbattimento	
				Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4				
				Punteggio [da 0 a5]	Punteggio ponderato						
SICUREZZA	Mitigazione del rischio	10	50%	0	0	0	0	2	10	5	25
	Rischio residuo		50%	0	0	1	5	3	15	4	20
AMBIENTE	Sostenibilità ambientale (influssi)	10	40%	5	20	5	20	4	16	1	4
	Impatto paesaggistico		30%	5	15	5	15	2	6	2	6
	Adattabilità al terreno		30%	5	15	3	9	2	6	3	9
COSTRUZIONE	Logistica lavori	10	20%	5	10	4	8	2	4	3	6
	Investimento		25%	5	12.5	3	7.5	1	2.5	1	2.5
	Oneri di manutenzione		25%	2	5	3	7.5	3	7.5	4	10
	Difficoltà di messa in opera / rischi		30%	5	15	4	12	2	6	2	6
EFFICACIA	Riduzione del rischio di danno	10	60%	0	0	0	0	3	18	5	30
	Durabilità dell'opera		40%	0	0	0	0	3	12	4	16
ACCESSIBILITÀ	Passaggio pedonale dopo intervento	60	55%	1	33	2	66	4	132	5	165
	Ripristino transito carr. dopo evento		45%	0	0	1	27	3	81	4	108
Totale					126		177		316		408