

Provincia di Trento

Comune di Mori

Relazione Tecnica Intervento demolizione roccia con esplosivo

**CANTIERE: INTERVENTO DI SOMMA URGENZA PER LA  
DEMOLIZIONE CON ESPLOSIVO DI UN AMMASSO  
ROCCIOSO SOVRASTANTE L'ABITATO DI MORI**





## INDICE

Premessa .....	4
Modalità di lavoro .....	4
Definizione dei volumi da demolire .....	9
VOLUME A1 .....	10
VOLUME A2 .....	10
VOLUME B .....	11
Penalità .....	12
Interventi di demolizione .....	13
Cronoprogramma .....	17
Schema di lavoro .....	18
Definizione della carica simultanea massima .....	20
Accesso alle aree di lavoro .....	21
Perforazione allineata .....	22
Perforazione con perforatrice portatile .....	23
Protezione dei fori .....	23
Scelta dell'esplosivo .....	24
Tipologie di esplosivo previste .....	25
Scelta degli inneschi .....	26
Distribuzione del materiale roccioso sul versante .....	28
Stoccaggio dell'esplosivo .....	28
Borraggio .....	29
Misura delle vibrazioni .....	30
Estensimetri .....	30
Lanci di frammenti di roccia .....	32
Interdizione area di sparo .....	34
Interferenza con elettrodotto .....	35
Misure di sicurezza dopo il brillamento .....	36



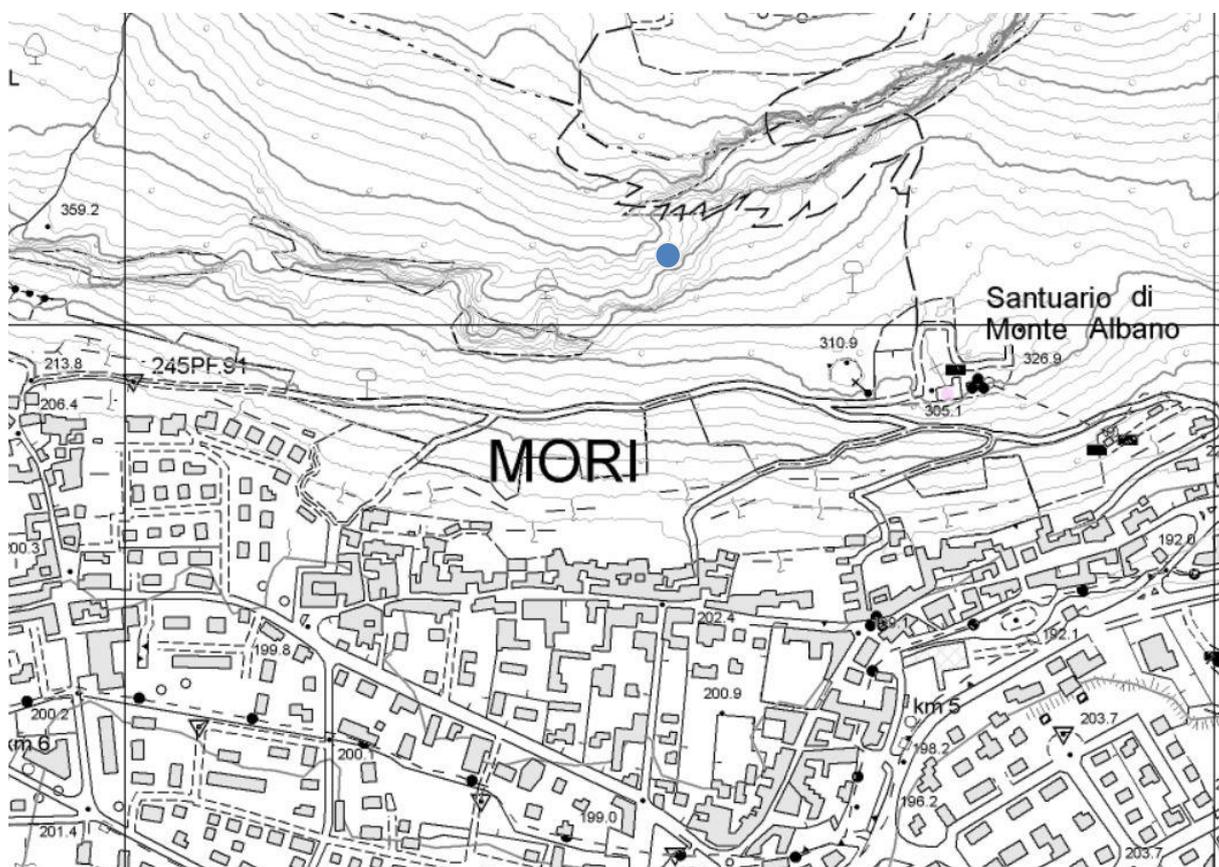
Documentazione progettuale .....	36
Definizione dei fori da mina .....	37
Schema di tiro .....	39
Oneri per la sicurezza .....	40
Interventi accessori .....	41



## Premessa

Su incarico e per conto del Servizio Prevenzione Rischi della Provincia Autonoma di Trento viene redatto il presente progetto per la demolizione con esplosivo di un ingente volume roccioso sovrastante l'abitato di Mori.

Nella Carta Tecnica Provinciale in scala 1:10.000 il prisma oggetto del presente studio è compreso nella sezione 80120 "Mori".



## Modalità di lavoro

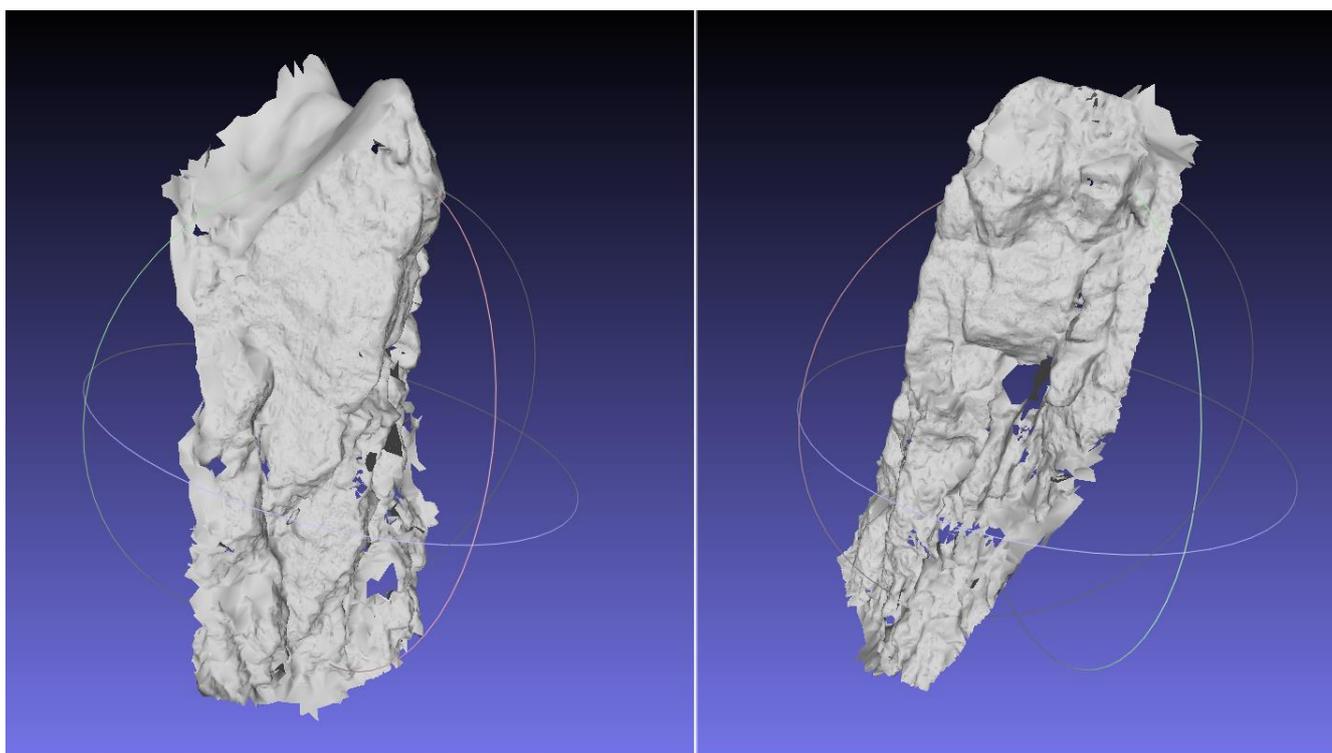
La progettazione è stata predisposta dallo scrivente che si è avvalso della collaborazione tecnica di Cartorender Srl di Bolzano e del supporto geologico geomeccanico del dott. geol. Franco Andreis.



Cartorender Srl ha eseguito nel marzo 2016 il sorvolo con drone dell'area di intervento eseguendo le foto ad alta risoluzione che hanno permesso di estrarre un modello digitale del terreno. L'elaborazione del modello digitale del terreno ha permesso di ricostruire con estremo dettaglio l'intera topografia della zona di intervento.

I file del progetto come le coordinate metriche ricavate dal modello sono in COORDINATE UTM EPSG 6707. Lo scostamento in X è di 653.500 m in Y è di 5.080.000 m in Z è invece nullo.

Il modello è stato georeferenziato utilizzando come supporto il rilievo con effettuata strumentazione Laser Scanner dai tecnici del Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento. Tutta la progettazione è stata sviluppata in ambiente 3D utilizzando software dedicati.



Elaborazione Cartorender rilievo Laserscanner PAT



Elaborazione Cartorender rilievo fotogrammetrico da drone

Il prisma roccioso è stato definito alla macroscala dal dott. geol. Franco Andreis, che ha redatto specifica "relazione geomeccanica finalizzata alla progettazione del piano di demolizione controllato di un



diedroroccioso sovrastante l'abitato di Mori" data 22 febbraio 2017.

Lo studio geologico geomeccanico ha rivisitato e integrato i precedenti studio predisposti dal dott. Paolo Campedel del Servizio Geologico PAT e dallo stesso dott. geol. Franco Andreis, al fine di consentire:

- *Una visione d'insieme del reticolo fratturativo e dei reciproci rapporti tra i vari volumi costituenti l'insieme roccioso denominato "prisma";*
- *La classificazione geomeccanica e la relativa suddivisione in aree geomeccanicamente omogenee;*
- *L'indicazione dei lavori preventivi alla demolizione del prisma;*
- *Le superfici di frattura principali che dislocano alla macroscale il prisma, fratture da "preservare" e non oltrepassare con l'intervento di demolizione;*
- *Un'indicazione degli eventuali interventi di stabilizzazione provvisori finalizzati alla sicurezza delle maestranze impegnate nei lavori di demolizione;*
- *Un'indicazione della qualità delle superfici (non) di neoformazione ottenibili con la demolizione e delle eventuali misure di consolidamento definitive.*

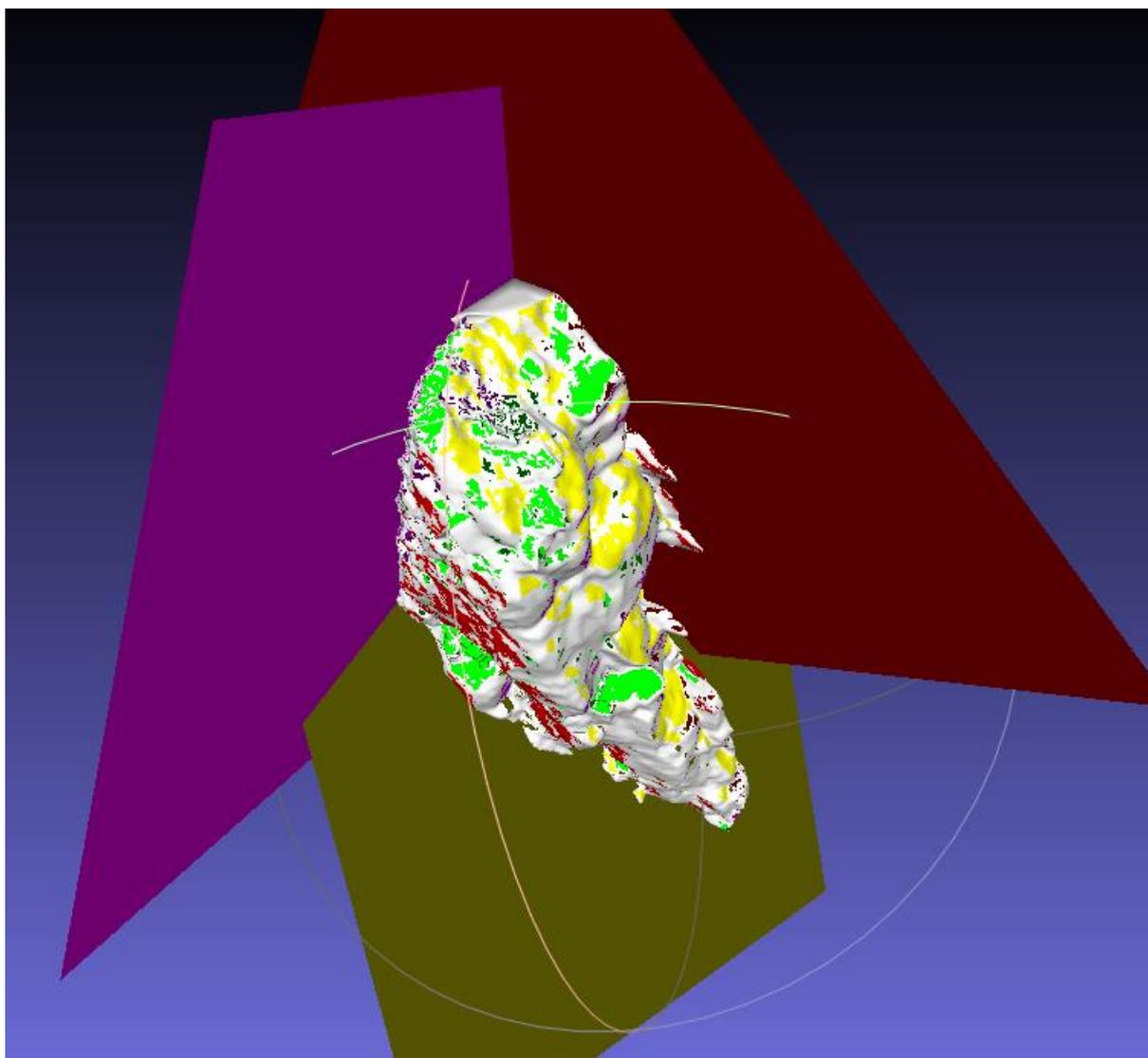
Il progetto di demolizione viene elaborato interessando l'intero volume roccioso denominato prisma. *Il prisma roccioso risulta ben definito, alla macro-scala, dal reticolo di giunti principali, in particolare D1 sul fianco est e D3+D4 (D2) sul fianco ovest.*

E' stato possibile quindi individuare i volumi unitari che costituiscono il diedro e quindi definire tipologie e modalità di intervento con esplosivi.



Il supporto geologico geomeccanico del dott. geol. Franco Andreis è stato fondamentale per la fase progettuale di dimensionamento dell'intervento con esplosivo nonché per lo studio ed il dimensionamento dei sistemi di rafforzamento corticale del settore inferiore del diedro.

Si evidenzia sin d'ora la necessità in corso d'opera di estendere tale proficua collaborazione con un intervento di assistenza alla D.L. per la fase di esecuzione dei lavori.





## **Definizione dei volumi da demolire**

Il presente progetto si propone di intervenire con esplosivi al fine di disgregare e rimuovere un volume di roccia in banco di circa 1355 mc.

Lo studio ha dovuto sin da subito valutare la possibilità di intervenire in una soluzione unica o in più soluzioni.

La scelta di operare la demolizione in un'unica soluzione risulta complessa e di difficile realizzazione.

Un intervento di demolizione in soluzione unica richiede la possibilità di distribuire in maniera omogenea la perforazione su tutto il diedro, questo è sicuramente complesso in ragione delle difficoltà di operare su un volume articolato ed evidentemente instabile. In particolare è sicuramente complesso pensare di operare in sicurezza sul volume B mentre è gravato del peso del volume A1.

Il progetto ha individuato le tecnologie disponibili per l'effettuazione delle operazioni di perforazione che avverranno prevalentemente dall'alto verso il basso. Massima cura è stata infatti posta alla valutazione delle esigenze di sicurezza per gli operatori che in questo modo potranno essere assicurati sempre a monte del diedro.

Il distacco in soluzione unica del volume del diedro potrebbe produrre degli effetti di aggressione al vallo tomo a valle sicuramente rilevanti e sconsigliati. Un distacco in due soluzioni darebbe invece la possibilità di svuotare il vallo ricreando condizioni di massima efficienza per il corretto contenimento dei massi.

*Nell'ottica del controllo e della limitazione della trasmissione delle vibrazioni, va sottolineato come il piano ST3 che separa le due fasi principali della demolizione, costituisca un piano con persistenza bidimensionale pluridecimetrica, spesso con riempimento detritico da millimetrico a centimetrico, piano che quindi può essere ottimamente*

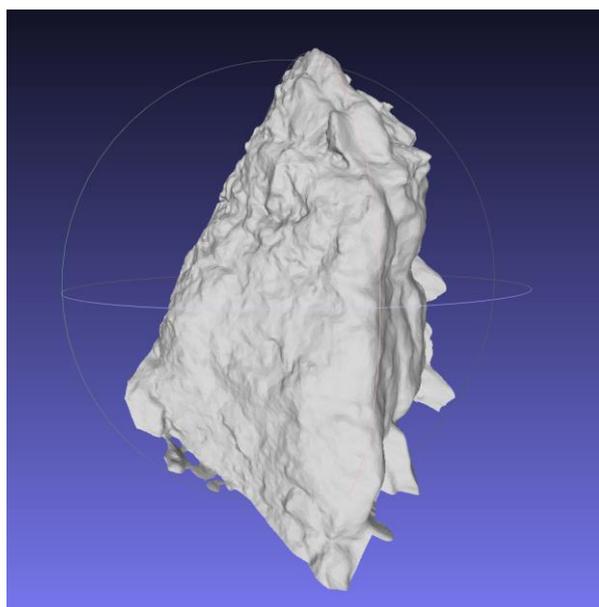


"sfruttato" quale elemento di disgiunzione tra le due fasi.

Quanto premesso è stato ritenuto opportuno e cautelativo prevedere un intervento di demolizione suddiviso in due distinti interventi principali, che consentano la rimozione in prima istanza di circa 810 mc cui farà seguito un secondo brillamento per la rimozione di ulteriori 545 mc.

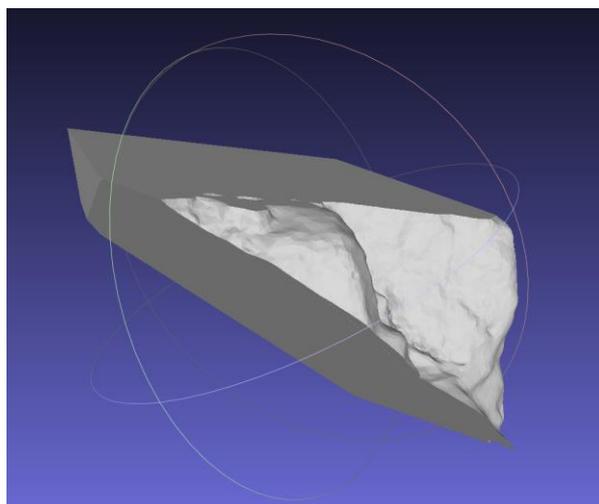
### **VOLUME A1**

Stima volume	810 m <sup>3</sup>
Altezza media	12 m
Dimensioni in pianta medie	60 mq



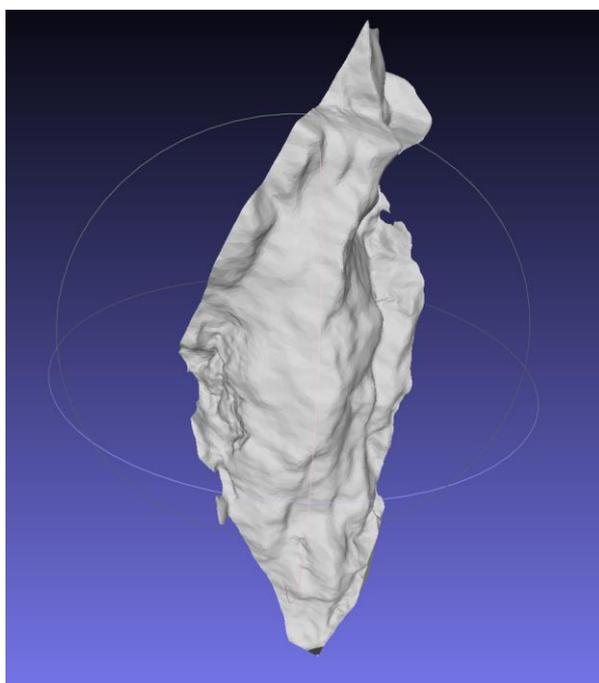
### **VOLUME A2**

Stima volume	265 m <sup>3</sup>
Altezza massima	7 m
Altezza media	3.5 m
Dimensioni in pianta medie	60 mq



### VOLUME B

Stima volume	280 m3
Altezza media	8 m
Dimensioni in pianta medie	20 mq





## Penalità

Il diedro instabile si individua lungo in versante che sale a monte dell'abitato di Mori.

Lungo il tratto inferiore del versante è in corso di realizzazione un'opera di difesa costituita da un vallo tomo. Il vallo tomo è stato progettato per essere in grado di intercettare gli impatti generati da distacchi di volumi di roccia liberatisi dalla quota del diedro pari o inferiori a 5mc.

La progettazione e il caricamento dell'esplosivo saranno effettuati garantendo la comminuzione dell'ammasso roccioso minimizzando il lancio di frammenti di roccia ed il trasferimento di vibrazioni all'esterno del diedro.

La maglia dei fori è stata definita in modo da garantire un intervento con l'esplosivo omogeneo sull'intero volume da demolire.

La maglia dei fori da mina è stata definita in maniera ridondante con sormonto delle aree di frantumazione di ciascun foro al fine di garantire la massima comminuzione dell'ammasso roccioso.

La demolizione del diedro in due fasi richiederà particolare accuratezza nel dimensionamento dell'intervento di demolizione del volume A1 nel quale sarà fondamentale il contenimento delle energizzazioni al fine di limitare le sollecitazioni sui volumi inferiori del diedro.

*Nell'ottica di minimizzare il disturbo sul corpo B indotto dalla demolizione del corpo A, in virtù della necessità di limitare il volume complessivo demolito per ciascuna fase temporale, appare opportuno prevedere un iniziale intervento attivo di stabilizzazione/placcaggio provvisoria corticale del corpo B, mediante posa di reti ad alta resistenza (es. rete anelli) recapitate ad ancoraggi da realizzare*



*sull'ammasso in posto sia sul lato est che ovest.*

## **Interventi di demolizione**

La demolizione del diedro avverrà in tre fasi.

### **FASE 1**

La prima fase prevede la preparazione del cantiere, con lavori di disaggio leggero e disbosco a monte dell'area di lavoro, realizzazione della recinzione a monte.

Si provvederà alla realizzazione delle linee vita e del sistema di ancoraggio a monte.

Si potrà procedere all'installazione del sistema di monitoraggio all'interno delle fessure utilizzando estensimetri secondo le modalità indicate al relativo paragrafo.

Lungo i fianchi del settore inferiore del diedro saranno realizzati gli ancoraggi di sostegno per la rete ad alta resistenza.

Lungo il tratto inferiore del diedro sarà realizzato il rivestimento del volume inferiore del diedro (volume B, volume A2 e massi isolati A e B) con rete ad alta resistenza - pannello ad anelli.

Sarà quindi possibile intervenire con piccole cariche pirotecniche alla disgregazione ed al disaggio pesante per la rimozione dei volumi rocciosi isolati a monte del giunto ST1 creando così un accesso al diedro a piano sentiero e realizzando un piano di lavoro il più possibile regolare.

Durante le lavorazioni con cariche pirotecniche sarà necessario mettere in opera le protezioni più efficaci per consentire le lavorazioni in sicurezza senza richiedere interventi di sgombro a valle del vallo tomo.

Allo scopo si prevede di utilizzare specifici materassi antischeggia che sono stati sviluppati per realizzare protezioni efficaci per i brillamenti con esplosivi ad elevato potenziale energetico in centro abitato, quindi ampiamente efficaci per l'uso di prodotti pirotecniche a bassa energia.



Le protezioni del peso di circa 60 kg/ mq potranno essere portate in loco con elicottero e quindi posizionate con ausilio di verricelli.



## FASE 2

Operando da monte usando il giunto di strato ST1 come piano di calpestio saranno realizzati i fori profondi per la demolizione del volume A1.

Prima del caricamento sarà posizionata a monte del volume A1 una rete metallica a doppia torsione ancorata con una nuova fune di sostegno a monte dell'area di lavoro.

Sarà quindi possibile realizzare i fori sui massi isolati presenti sul lato est del diedro a monte del giunto di strato ST3.

Si procederà al caricamento e allo sparo del volume A1.



### **FASE 3**

Dopo la verifica del corretto sviluppo del brillamento si verificherà il fronte roccia retrostante il piano D4 prevedendo al bisogno degli interventi di minaggio per la sua regolarizzazione ed eliminazione dell'aggetto che saranno brillati in concomitanza con il brillamento del volume A2 e B.

Si procederà quindi alla stesa della rete metallica di protezione lungo la nuova parete rocciosa che scende al giunto di strato ST3 con funzione di protezione delle maestranze durante le operazioni di perforazione e sparo.

Ottenuto l'accesso alla sommità del volume A2 e B si potrà procedere alla rimozione del marino (roccia demolita a seguito del primo brillamento del volume sommitale A1) che sarà eseguita dai rocciatori.

Liberato il giunto di strato ST3 sarà possibile procedere alle operazioni di perforazione profonda terminate le quali sarà possibile forare anche i singoli massi isolati individuati a valle del giunto di strato ST3.

Prima di eseguire il caricamento dei fori sarà posizionata sul piano ST3 una rete metallica a doppia torsione con finalità di protezione contro i lanci di frammenti di roccia.

Si procederà quindi al caricamento e sparo de volumi A2 e B e si valuterà la possibilità di liberare le funi che trattengono il tratto inferiore del rivestimento con pannelli ad anelli. Nel caso in cui le funi risultino in tensione sarà possibile applicare delle cariche di taglio sulle funi principali. Il taglio delle funi dovrà precedere di 1 secondo l'innesco della volata.

### **FASE 4**

Conclusa la demolizione del diedro è previsto un ulteriore intervento per la demolizione con esplosivo di quattro massi di grandi dimensioni che sono ubicati in prossimità del vallo tomo.

I massi hanno volumi stimati fra 60 e 250 mc e si presentano liberati dal terreno su tutto il perimetro. La volumetria complessiva dei



massi è stata stimata dai tecnici del Servizio Prevenzione Rischi in circa 660 mc.



La frantumazione dei massi sarà pertanto possibile attraverso la realizzazione di fori verticali di piccolo diametro che saranno realizzati con perforatrice portatile.

In questa fase sono stati previsti 33 fori della lunghezza compresa fra 3 e 4 m per un ammontare complessivo di perforazione di circa 110 ml.

La demolizione dei massi sarà eseguita con le medesime tipologie di esplosivi previste per il diedro, il dosaggio dell'esplosivo sarà ridotto a circa 50 – 80 gr/mc.



Prima di procedere al brillamento ciascun masso ricoperto con i materassi antischeggia già previsti per la fase 1 al fine di evitare proiezioni a tergo del vallo tomo.

## **Cronoprogramma**

Le lavorazioni per la demolizione del diedro seguiranno un cronoprogramma di massima.

### **FASE 1**

4 gg allestimento cantiere e apprestamento presidi sicurezza e linee vita

7 gg posizionamento pannelli ad anelli sul settore di valle del diedro

4 gg. rimozione dei blocchi isolati a monte del giunto di strato ST1

### **FASE 2**

4 gg esecuzione della perforazione dei fori da mina sul volume A1

2 gg posizionamento rete di protezione e perforazione massi isolati

1 giorno caricamento e brillamento dei fori da mina

7 - 9 gg rettifica fronte roccia a monte del nuovo piano di lavoro con



posizionamento rete di protezione e rimozione del materiale roccioso accumulato sul piano di lavoro ST3

#### FASE 3

4 gg esecuzione della perforazione dei fori sui volumi A2 e B e massi isolati

2 gg caricamento e brillamento dei fori da mina

4 gg pulizia e disgaggio dell'area del brillamento e del versante a valle rimuovendo massi instabili o pericolanti presenti lungo il versante

#### FASE 4

2 gg esecuzione della perforazione dei fori sui massi isolati vicino al vallo tomo

1 giorno caricamento e brillamento dei fori da mina

### **Schema di lavoro**

Si è prevista pertanto una maglia di perforazione rettangolare con superficie media di 2,5 – 3,5 mq che corrisponde ad una maglia rettangolare con lati variabili da 1,4 a 1,8 m. L'ambito di influenza di ciascun foro è stato sovrapposto per circa il 50% con gli ambiti dei fori limtrofi al fine di garantire la massima efficacia dell'attività di frantumazione dell'ammasso roccioso. In questo modo tenuto conto delle condizioni di fessurazione dell'ammasso roccioso è possibile prevedere che a seguito della detonazione dei fori, i volumi unitari medi prodotti dalla demolizione possano essere pari o inferiori ad 1 – 2 mc.

Al fine di limitare la sollecitazione sull'ammasso roccioso in fase di perforazione è stato previsto un diametro di perforazione di soli 45 mm.

I fori avranno una lunghezza compresa fra 2,0 e 12,5 m al fine di consentire di minare in maniera omogenea i volumi di roccia di volta in volta individuati come A1 per la prima volata e A2 e B per la seconda volata. I fori non dovranno uscire in alcun modo dalle superfici perimetrali



che isolano i volumi da demolire al fine di evitare di danneggiare le superficie retrostanti il diedro o di produrre pericolosi lanci di frammenti di roccia a causa dell'assottigliamento della "spalla" di ricoprimento dei singoli fori.

Successivamente alla demolizione del volume A1 si valuterà l'opportunità di effettuare dei fori di profilatura del versante a monte del giunto D4 al fine di ridurre l'aggetto del fronte roccia definitivo.

Il giunto di strato ST3 che divide i volumi A1 da A2 e B non dovrà essere intercettato dalle operazioni di perforazione del primo brillamento.

*Nell'ottica del controllo e della limitazione della trasmissione delle vibrazioni, va sottolineato come il piano ST3 che separa le due fasi principali della demolizione, costituisca un piano con persistenza bidimensionale pluridecimetrica, spesso con riempimento detritico da millimetrico a centimetrico, piano che quindi può essere ottimamente "sfruttato" quale elemento di disgiunzione tra le due fasi.*

In ragione di limitare al massimo l'energizzazione all'esterno dell'area di interesse di ogni singolo brillamento è stato scelto per i fori di lunghezza maggiore di suddividere la carica inserita in foro con due distinti inneschi, al fine di dimezzare il quantitativo simultaneo di esplosivo innescato.

Questo sarà possibile inserendo due inneschi distinti nel foro e spaziando con del borraggio granulare la carica inferiore (T2) dalla carica superiore (T1).

Particolare cura è stata posta nell'orientazione spaziale dei fori, al fine di ottimizzare la progettazione si è scelto di progettare in ambiente 3D intervenendo sul modello digitale del terreno fornito da Cartorender Srl e successivamente suddiviso in sottovolumi sulla base delle analisi



geomeccaniche del dott. Franco Andreis.

### **Definizione della carica simultanea massima**

L'approccio alla demolizione del diedro è stato impostato in più fasi.

La demolizione principale riguarderà il sottovolume A1, il volume roccioso più significativo che costituisce la parte superiore del diedro, che dovrà avvenire in maniera estremamente controllata.

Allo scopo sono stati definiti un diametro di perforazione contenuto ed è stato disposto di limitare l'utilizzo di esplosivi detonanti ad elevata energia.

Il progetto di demolizione prevede di impiegare una carica simultanea massima di 6-7 kg di massa esplosiva netta.

Ora utilizzando la formula di Langefors-Kihlstrom 1978 è possibile ipotizzare le vibrazioni indotte dal brillamento dell'esplosivo per una determinata distanza dal punto di sparo fissata la trasmissività della roccia.

Nel caso in specie è possibile ipotizzare una conducibilità bassa compresa fra 50 e 60 in ragione delle evidenze geomeccaniche ed in particolare in ragione della presenza di giunti decametrici aperti e/o con riempimento.

<b>velocità in mm/sec</b>	<b>k</b>	<b>dist in m</b>	<b>carica in Kg</b>
<b>21,78</b>	50	10	6,00
<b>26,14</b>	60	10	6,00
<b>23,52</b>	50	10	7,00
<b>28,23</b>	60	10	7,00

E' ragionevole pertanto prevedere velocità di vibrazioni inferiori a 30 mm/sec a distanze limitate a soli 10 m dal punto di sparo.



Tali valori di vibrazioni sono compatibili nell'ottica di prevenire danneggiamento all'ammasso roccioso retrostante o alla base del diedro.

L'energizzazione sismica legata al brillamento che avrà una durata di circa 0,5 sec. produrrà sollecitazioni pari o inferiori a quelle del recente evento sismico del 9 febbraio scorso di magnitudo circa 4 M della durata di circa 7- 9 sec.

### **Accesso alle aree di lavoro**

Le fasi di lavoro relative alla materializzazione dei fori in cantiere, la perforazione dei fori da mina, il caricamento dei fori e la sigillatura degli stessi con il borraggio, saranno eseguite da personale rocciatore abilitato ai sensi art. 116 del d.lgs. 81/08.

Il trasporto in cantiere di tutta la attrezzatura e quindi del materiale per i brillamenti sarà necessariamente effettuato con elicottero.

Il progetto prevede una fase preliminare di apprestamento del cantiere con rimozione di volumi rocciosi isolati di dimensioni di alcuni metri cubi che risultano appoggiati sulla superficie di strato ST1 individuata nella parte sommitale del volume A1.

Gli interventi di disaggio e demolizione di questi volumi di roccia sconnessi rispetto al volume complessivo del diedro consentiranno di creare una piazzola di lavoro accessibile a "quota sentiero" senza necessità di richiedere passaggi esposti o alpinistici per raggiungere l'area di lavoro. Questo primo intervento di demolizione sarà effettuato principalmente con esplosivi deflagranti attivati con booster di dinamite.

L'intero giunto di strato ST1 sarà quindi messo a vista e la perforazione potrà essere condotta con accuratezza secondo una maglia di fori regolarmente spazati e fra loro paralleli.



## Perforazione allineata

La progettazione ha tenuto necessariamente presente dei disagi e delle tecnologie attualmente disponibili negli interventi di lavoro in fune.

Gli interventi eseguiti in parete di norma prevedono la possibilità di operare con fori di piccolo diametro eseguiti con perforatrice portatile sino alla profondità massima di 6 m.

Nella consuetudine corrente gli interventi di perforazione a profondità maggiori sono eseguiti di norma con perforatori a fondoforo con diametri di perforazione compresi fra 2,5" (63 mm) e 3,5" (85 mm). Questo tipo di interventi richiede l'utilizzo di elevati flussi d'aria compresi fra 7000 e 10000 l/min con pressioni superiori a 10 bar.

L'elevata sensibilità dell'ammasso roccioso da rimuovere unita all'opportunità di limitare il quantitativo di esplosivo da innescare simultaneamente ha fatto propendere per l'utilizzo di un diametro di perforazione contenuto.

La perforazione diametro 45 mm potrà essere realizzata con slitte posizionabili in parete munite di perforatrici idrauliche che lavorano con aste da perforazione tipo R32 manicottabili utilizzando bit da perforazione diametro 45 mm. In questa tipologia di allestimento è possibile limitare il fabbisogno di aria compressa in quanto le movimentazioni della perforatrice lungo la slitta come pure la rotazione della testa di perforazione sono gestite da centraline idrauliche autonome. L'aria compressa viene così utilizzata esclusivamente per la percussione e lo spurgo del foro, in questo senso flussi d'aria compresi fra 5000 e 7000 l/min con pressioni di circa 7 bar risultano ampiamente sufficienti allo scopo. L'elevata produttività della perforatrice permette inoltre di ridurre i tempi di intervento per la perforazione che di fatto rappresenta l'elemento più penalizzante nello sviluppo del cantiere.



La perforazione effettuata con slitte movimentabili consentirà agli operatori di mantenersi in posizione defilata rispetto alla perforatrice avvicinandosi solo in occasione del cambio asta che naturalmente prevede l'interruzione temporanea della fase di perforazione.

Al fine di facilitare il controllo della perforazione i fori sono stati progettati secondo set paralleli fra loro in modo da garantire il controllo in cantiere della regolarità della distribuzione dei fori al fine di garantire l'omogenea frammentazione della roccia.

In ragione della elevata necessità di accuratezza nell'esecuzione dei fori sarà fondamentale tracciare in cantiere con strumentazione topografica ogni singolo punto di perforazione ed i riferimenti necessari per la relativa corretta orientazione spaziale.

Per ogni singolo foro saranno definiti un codice univoco quindi le coordinate GPS del punto di inizio e del punto di fine perforazione.

Fondamentale sarà l'assistenza geologica alla perforazione al fine di consentire il rilevamento e l'acquisizione di dati relativi alla presenza di discontinuità o fratture individuate in fase di perforazione. Questi dati saranno utilizzati per verificare il modello geologico ed eventualmente per ottimizzare lo schema di caricamento dei fori.

## **Perforazione con perforatrice portatile**

Gli interventi di perforazione per la realizzazione dei presidi di sicurezza e il minaggio e demolizione dei massi isolati saranno eseguiti con perforatrici portatili. Tali interventi prevedono una lunghezza di perforazione non superiore a 3 m ed un diametro di perforazione massimo di 42 mm.

## **Protezione dei fori**

I fori da mina di lunghezza maggiore saranno incamiciati con tubo in



pvc rigido, liscio, autoestinguente diametro esterno 40 mm disponibile in verghe da 3 m che saranno giuntate esternamente con nastro adesivo resistente.

Il tubo dello spessore di circa 2 mm garantisce una luce utile di 35 mm sufficiente a garantire il passaggio ai candelotti di esplosivo da 26 – 32 mm ed ai relativi inneschi.

### **Scelta dell'esplosivo**

In ragione di precedenti esperienze di interventi con esplosivi sviluppatasi positivamente il progetto di intervento si basa su due principi:

- distribuire in maniera omogenea l'esplosivo nell'ammasso
- utilizzare esplosivi con ridotte velocità di detonazione e elevata produzione di gas.

Allo scopo è previsto l'utilizzo di differenti tipologie di esplosivi ed in particolare di si prevede l'utilizzo di cartucce di esplosivo detonante di piccolo diametro 26 – 32 mm, ANFO in granuli e di polvere nera in granuli.

L'ammasso roccioso presenta una condizione di fessurazione pervasiva secondo famiglie di piani paralleli alle discontinuità rilevate, questa particolarità unita alle condizioni di libertà sui quattro lati del diedro favoriranno la disgregazione della. I fori saranno caricati alla base con esplosivo in cartucce ed in colonna prevalentemente con esplosivo ANFO e solo in sommità con polvere nera. La possibilità di intervenire con prodotti esplosivi polverulenti consente di operare ottimizzando il diametro del tubo di rivestimento riempiendolo completamente. In questo modo si riduce il disaccoppiamento fra il diametro della cartuccia e il diametro del foro favorendo l'azione di frantumazione dell'esplosivo. L'utilizzo di prodotti esplosivi detonanti a bassa velocità e di prodotti esplosivi deflagranti con velocità di reazione inferiori a 800 m/sec consente un'elevata produzione specifica di gas in pressione, favorendo la



frantumazione ma contenendo la produzione di vibrazioni e di lanci di sassi.

La carica simultanea viene dosata in ragione della maglia di perforazione e del consumo specifico di esplosivo. In ragione dei riscontri dello studi geomeccanico e delle esperienze maturate in condizioni analoghe si prevede un dosaggio dell'esplosivo di circa 150 - 200 gr/mc.

Al fine contenere le vibrazioni prodotte dalla detonazione dell'esplosivo si prevede una limitazione della carica simultaneamente innescabile suddividendo ogni singolo foro di lunghezza superiore a 6 m con due differenti inneschi.

La sequenza di innesco inizierà da monte verso valle e dall'esterno verso l'interno. L'innesco delle singole cariche sarà sfalsato di un intervallo di tempo regolare di 25 ms.

Le cartucce di esplosivo saranno utilizzate prevalentemente come booster (carica di innesco) per garantire un migliore e più efficace innesco dei prodotti esplosivi granulari. La rilevanza dell'uso della dinamite e delle emulsioni esplosive ai fini del controllo delle vibrazioni e dei lanci di sassi sarà pertanto minima.

Interventi localizzati di disaggio da eseguire prima o durante le operazioni di preparazione delle volate saranno effettuati al bisogno anche con cariche pirotecniche P2 che facilitano le modalità di intervento in quanto beneficiano di una procedura semplificata relativa alle modalità previste per fornitura, trasporto e utilizzo.

## **Tipologie di esplosivo previste**

### ESPLOSIVI DETONANTI

Dinamite – esplosivo detonante in cartucce diametro 26 mm	Lunghezza C. 200 mm	0.152 kg
---	------------------------	----------



peso specifico	0	velocità detonazione	6000 m/sec	Volume di gas prodotto	895 l/kg
----------------	---	----------------------	------------	------------------------	----------

Emulsione esplosiva - esplosivo detonante in cartucce diametro 32 mm			Lunghezza C. 400 mm	0.373 Kg	
peso specifico	0	velocità detonazione	5300 m/sec	Volume di gas prodotto	935 l/kg

Anfo - esplosivo detonante in prill					
peso specifico	0,8 g/cm3	velocità detonazione	2700 m/sec	Volume di gas prodotto	1054 l/kg

#### ESPLOSIVI DEFLAGRANTI E PRODOTTI PIROTECNICI

Polvere Nera da Mina - esplosivo deflagrante in granuli					
peso specifico	1.05 g/cm3	velocità deflagrazione	600 m/sec		

Prodotti pirotecnici P2 per le demolizioni della roccia			Cartucce diametro 28 e 34 mm	Grammature da 100 a 250 gr
	velocità deflagrazione	700 m/sec		

### Scelta degli inneschi

L'innesco delle cariche sarà eseguito con detonatori ad onda d'urto insensibili rispetto alle correnti elettromagnetiche e capaci di consentire la realizzazione di sequenze di innesco complesse senza limitazioni sui numeri dei ritardi disponibili.



Nello specifico si prevede l'utilizzo di detonatori ad onda d'urto singoli e doppi. I detonatori doppi si distinguono dai singoli in quanto contengono nel medesimo manufatto il detonatore primario che attiva l'esplosivo e un connettore ritardato che consente di attivare il detonatore successivo.



detonatori doppi

In questo modo sarà possibile realizzare una sequenza di attivazione dei singoli fori senza utilizzo di ulteriori accessori e l'area di lavoro rimarrà pertanto ordinata e facilmente verificabile, aspetto importante soprattutto per un lavoro complesso da realizzare in fune.

La carica superiore del foro sarà attivata con il detonatore doppio tempo 25/500 ms lunghezza 7,8 m mentre la carica inferiore del foro sarà attivata con un detonatore doppio tempo 25/500 ms lunghezza 15 m. Le cariche di fondo foro risulteranno attivate separatamente dalle cariche superiori con un ritardo nominale di 25 ms.

L'utilizzo dei micro ritardi non solo limiterà la carica innescata



simultaneamente ma favorirà la migliore frantumazione dell'ammasso roccioso, contenendo le dimensioni dei massi e frammenti di roccia che scenderanno a valle.

L'attivazione con una sequenza sfalsata di soli 25 ms proteggerà l'intervento dai lanci di frammenti di roccia riconducibili allo spiazzamento della roccia e delle protezioni. Cariche adiacenti non devono infatti avere sfasamenti superiori a 100 ms.

In ragione della presenza della camicia di protezione del foro e della necessità di frazionare la carica nel foro non è ritenuto opportuno l'utilizzo della miccia detonante in foro.

### **Distribuzione del materiale roccioso sul versante**

A seguito del brillamento del diedro il materiale roccioso sarà rilasciato verso il versante sottostante e si prevede sin d'ora che buona parte del volume possa accumularsi o venire trattenuto lungo il tratto di versante compreso fra la base del diedro ed il sottostante vallo tomo.

Allo scopo di favorire il trattenimento del materiale detritico nel tratto superiore del versante, al fine di limitare l'erosione del versante in corrispondenza delle aree coltivate a monte del vallo, si prevede il posizionamento di barriere realizzate con rete metallica a doppia torsione sostenuta da fune metallica. Quali sostegni delle reti saranno utilizzate le piante ad alto fusto. Tale presidio non ha ambizioni di trattenere integralmente il materiale roccioso ma di rallentarlo limitandone al massimo l'invasione verso valle.

### **Stoccaggio dell'esplosivo**

Non è previsto stoccaggio di prodotti esplosivi all'interno del cantiere. I prodotti esplosivi confezionati ricevuti in cantiere vengono immediatamente impiegati nella misura e secondo gli schemi previsti.



Eventuali esuberi vengono distrutti secondo le modalità consuete a fine giornata. Allo scopo sarà previsto un'area a margine del cantiere priva di vegetazione e priva di ramaglie e materiale infiammabile.

In cantiere saranno presenti almeno due estintori a polvere classe A,B,C da 6 kg per eventuali interventi di spegnimento di eventuali focolai attivati dalla distruzione dell'esplosivo.

## **Borraggio**



Il tratto di foro non caricato sarà completamente sigillato con materiale inerte.

L'intercapedine fra il tubo di plastica di protezione e la parete del foro sarà sigillata con sabbia fine al quarzo capace di inserirsi nelle fessure più ridotte e favorire l'ottimale fissaggio del tubo di plastica.

All'interno del tubo di plastica sarà invece utilizzato del ghiaietto spigoloso del diametro 3-8 mm per la realizzazione del tampone fra la carica inferiore e la carica superiore nonché per l'esecuzione della sigillatura del tratto di foro superiore non caricato. Il borraggio intermedio avrà una lunghezza di circa 0.5 m. L'utilizzo del ghiaietto è stato preferito alla sabbia al quarzo per la maggior capacità di contrastare la detonazione dell'esplosivo e quindi di favorire il trattenimento dell'energia liberata all'interno dell'ammasso roccioso.



## Misura delle vibrazioni

In ragione delle condizioni di generale detensionamento dell'ammasso roccioso retrostante al diedro è stato previsto il monitoraggio delle vibrazioni prodotte dalla detonazione

dell'esplosivo.

Il brillamento e gli esiti vibrometrici saranno monitorati con più apparecchi di acquisizione Nomis Seismograph posizionati sul versante in modo da garantire un'acquisizione omogenea dei dati sia nella direzione prevalente di propagazione delle onde parallela alla lastrificazione principale che nella direzione ad essa ortogonale, quindi con maggiore attenuazione dell'energia.

## Estensimetri

I sistemi di monitoraggio attualmente in uso sono applicati all'esterno della parete del prisma di roccia da demolire. Trattasi infatti di circa 13 prismi topografici rilevati da un teodolite automatizzato e di due fili estensimetrici. Tali sistemi di monitoraggio non sono compatibili con le lavorazioni che avverranno sul prisma durante i lavori di demolizione e se non saranno rimossi o potranno essere danneggiati già a seguito delle prime lavorazioni in fune sul diedro.

Preventivamente all'inizio delle lavorazioni sul diedro saranno montati dei sistemi di monitoraggio all'interno delle fessure principali individuate dallo studio geomeccanico. Si prevede già da ora di montare, con il supporto del geologo dott. Franco Andreis, almeno tre estensimetri



ad acquisizione automatica inseriti nelle fessure dei piani D1, D3 e D2.

Questo consentirà di valutare in corso di perforazione la stabilità globale del diedro in tempo reale durante la fase di perforazione, la fase di rivestimento con reti e pannelli e la fase di caricamento e sparo.

A seguito del brillamento sarà possibile inoltre verificare eventuali assestamenti del volume inferiore del diedro che dovrà rimanere in monitoraggio "dinamico" durante lo sparo e individuare immediatamente eventuali situazioni di criticità.

### **Specifiche minime per impianto di monitoraggio real time con estensimetri**

Sistema di monitoraggio mediante fessurimetri a risoluzione infinita corsa 100 mm che vengono acquisiti mediante apparecchiatura con risoluzione almeno 24 bit per garantire lettura significativa entro il millesimo di millimetro. Sugli estensimetri dovrà essere possibile impostare una frequenza del campionamento 1 volta sec. in condizioni normali quali attività di disaggio, preparazione delle protezioni, perforazione, caricamento. Almeno un estensimetro dovrà rimanere in misura anche durante il primo brillamento pertanto dovrà essere possibile impostare (eventualmente anche da remoto) un incremento della frequenza di campionamento che risulterà pertanto elevata a 100 Hz (sicchè 100 letture al secondo).

Durante tutte le attività in cantiere ci dovrà essere la possibilità di visualizzazione in real time sul sito dedicato dei grafici di acquisizione.

Tutto il sistema di monitoraggio avrà alimentazione mediante pannello solare con algoritmo di allerta basato su soglia o media definita sulla base delle evidenze geomeccaniche.

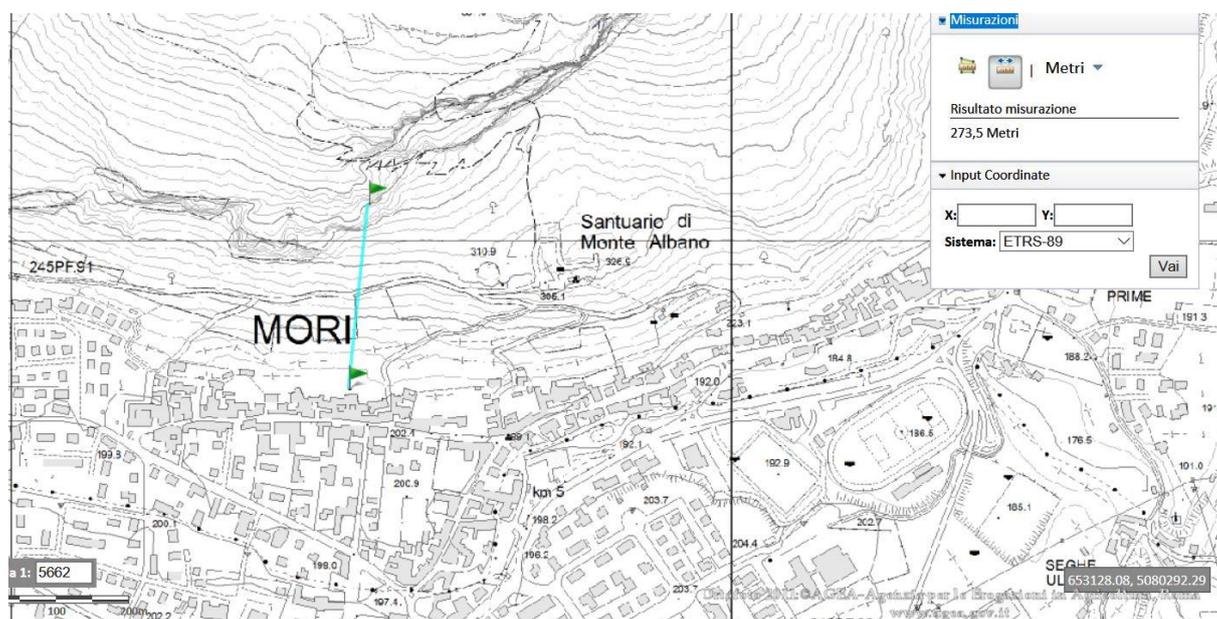


Il sistema di allarme sarà interfacciato in cantiere via radio con apparati portatili muniti di sirena 120 dB e stroboscopico e/o led alta intensità. Gli apparati portatili posizionati all'interno dell'area oggetto di lavorazioni e saranno pertanto di volta in volta ubicati nelle posizioni più opportune. Il sistema di allarme invierà in maniera automatica messaggi di allarme tipo SMS e E mail ai numeri ed agli indirizzi che saranno impostati. Non si esclude in questa fase la necessità di disporre di ulteriori periferiche di allertamento sempre via radio quali semafori, sirene ausiliarie. Fondamentale sarà pertanto la possibilità di connessione istantanea con verifica dello stato evolutivo del monitoraggio e relativi parametri di stato.

### **Lanci di frammenti di roccia**

La scelta del mix di prodotti esplosivi e la corretta determinazione della posizione dei fori eseguita prima nella fase di progettazione quindi nella fase di realizzazione sono state ottimizzate allo scopo di limitare i lanci di frammenti di roccia.

Le abitazioni più prossime al punto di brillamento si trovano a circa 270 ml in linea d'aria.



Tenuto conto del dislivello di circa 200 m è ragionevole è necessario prevedere la posa in opera di reti di protezione di tipo leggero "rete metallica a doppia torsione" per il contenimento dei lanci di frammenti di roccia.

La rete metallica sarà trattenuta in sommità da una fune portante e lasciata libera nel tratto di valle. Sacchi di sabbia fissati all'estremità inferiore ne aumenteranno il peso favorendo l'azione di trattenimento di eventuali lanci di roccia.

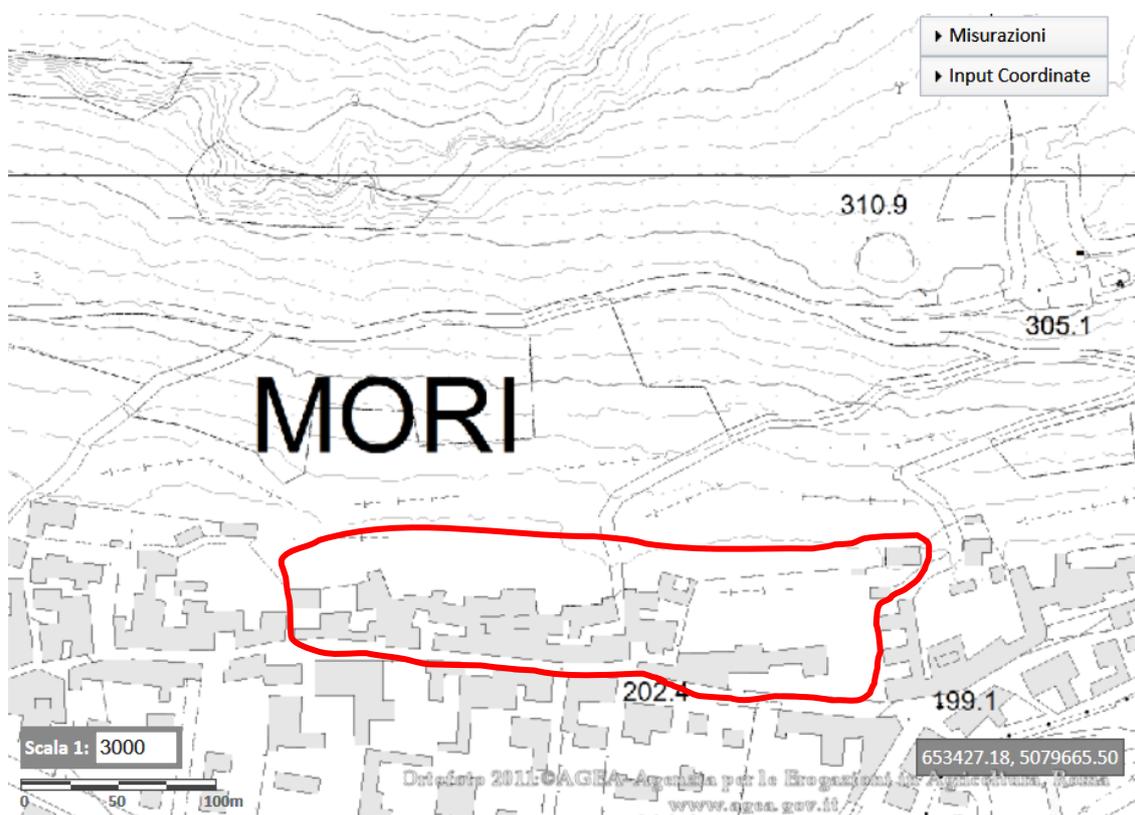
### **Intervento attivo di placcaggio provvisorio del settore inferiore del diedro**

*Nell'ottica di minimizzare il disturbo sul corpo B indotto dalla demolizione del corpo A, in virtù della necessità di limitare il volume complessivo demolito per ciascuna fase temporale, appare opportuno prevedere un iniziale intervento attivo di stabilizzazione/placcaggio provvisorio corticale del corpo B, mediante posa di reti ad alta resistenza (es. rete anelli) recapitate ad ancoraggi da realizzare sull'ammasso in posto sia sul lato est che ovest.*



Tale intervento previsto dallo studio geologico geomeccanico trova nel presente una soluzione di intervento validata da un punto di vista geomeccanico dal dott. geol. Franco Andreis che prevede l'utilizzo di circa 300 mq di pannello ad anelli ancorato lateralmente con 30 ancoraggi della lunghezza di 3 m. In corso d'opera sarà fondamentale l'assistenza geologica alla direzione lavori per il tracciamento delle perforazioni e per la verifica delle condizioni dell'ammasso roccioso in relazione al lavoro degli ancoraggi.

### Interdizione area di sparo



L'area circostante la zona di sparo sarà interdetta nel raggio di circa 300 m dal punto di scoppio sia in direzione valle come in direzione monte.

Le abitazioni sottostanti all'area di sparo nel raggio di circa 300 m dal punto di scoppio, pur protette dal vallo tomo, dovranno essere



evacuate a scopo cautelativo.

L'area di interdizione lungo il versante in ragione delle difficoltà di accesso e di controllo dovrà essere interdetta con congruo anticipo rispetto al momento del brillamento.

L'interdizione dell'area di pericolo sarà sorvegliata sul terreno da personale tecnico e dalle forze dell'ordine, queste ultime avranno sicuramente ruolo principale nei tratti interessanti il centro abitato e la viabilità pubblica.

### **Interferenza con elettrodotto**

La presenza dell'elettrodotto a valle dell'area di brillamento richiede la programmazione preventiva dell'interruzione della corrente in occasione del brillamento.



A valle del diedro, in posizione leggermente disposta verso ovest, si



riconosce la presenza di un sostegno della linea elettrica.

Sarà opportuno pertanto prevedere la realizzazione di una protezione del sostegno con una barriera paramassi da realizzarsi a monte del sostegno. Allo scopo sarà opportuna un aggiornamento puntuale delle verifiche di caduta massi per il corretto dimensionamento delle opere di protezione.

### **Misure di sicurezza dopo il brillamento**

Dopo il brillamento l'area oggetto di intervento sarà visionata dal fochino che anche sull'esito di un sorvolo con drone verificherà il regolare esito del brillamento delle cariche e darà disposizioni per la chiusura della fase di rischio.

Successivamente al brillamento del volume A1 sarà necessario verificare il fronte roccia retrostante il diedro eventualmente intervenendo prontamente con minaggi per la migliore profilatura del fronte roccia.

Preventivamente all'accesso per le lavorazioni sul giunto ST3 sarà necessario verificare le condizioni del fronte e porre in opera una rete metallica a doppia torsione armata lungo la nuova parete.

### **Documentazione progettuale**

A supporto dello studio vengono prodotte tavole progettuali che individuano il diedro ed i punti di perforazione.

Per ogni foro sarà definito un ID univoco con le coordinate del punto di inizio e fine perforazione. Per ciascun foro sarà pertanto definita la lunghezza e le specifiche relative al quantitativo di esplosivo previsto ed alla tipologia degli inneschi.

Il computo metrico riporterà le singole voci di intervento, relativa quantità e costi di progetto come definiti dal Prezziario PAT versione 2012.

Gli importi delle singole voci sono stati ridotti dell'8% secondo le disposizioni da Circolare dell'Assessore alle infrastrutture e all'ambiente



delle P.A.T. del 23.01.2015.

## Definizione dei fori da mina

I fori da mina sono stati progettati sul modello tridimensionale del terreno. In questo modo è stato possibile sezione per sezione individuare il posizionamento ed il dosaggio ottimale di tutte le cariche.

Si riporta a seguire il listato con le specifiche dei fori da mina individuabili con ID univoco sulle tavole progettuali.

Per un buon esito del lavoro sarà necessario il tracciamento topografico di ogni punto di perforazione e l'assistenza per la corretta orientazione di ciascun foro.

### FASE 2

#### LISTATO VOLATA 1

ID FORO	L [m]	COORDINATE UTM EPSG 6707 [m]					
		Scostamento in X 653.500 in Y 5.080.000 in Z 0					
		X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	Z <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	Z <sub>2</sub>
A1	11,00	0,43	57,61	435,50	-0,43	57,61	424,50
A2	11,00	0,73	58,99	436,00	0,73	58,99	425,00
A3	10,50	1,89	60,36	436,00	1,89	60,36	425,50
B1	11,00	-0,75	57,23	435,00	-3,63	59,65	424,66
B2	11,75	0,41	58,60	435,75	-2,67	61,19	424,71
B3	11,75	1,57	59,98	435,75	-1,51	62,57	424,71
B4	10,50	2,72	61,36	435,50	-0,28	63,89	424,69
B5	11,00	3,37	62,12	435,00	0,49	64,55	424,66
C1	9,50	-3,01	58,47	434,55	-5,50	60,56	425,62
C2	11,50	-1,45	59,51	436,50	-4,45	62,04	425,69
C3	12,00	-0,29	60,89	437,50	-3,43	63,53	426,22
C4	12,00	0,87	62,26	438,00	-2,27	64,91	426,72
C5	10,50	1,64	63,71	437,06	-1,11	66,02	427,19



ID FORO			DINAMITE	ANFO	NERA			DINAMITE	ANFO	
A1	T1	6,00	0,3 kg	4 kg	1 kg	T2	5,00	0,3 kg	5 kg	
A2	T1	6,00	0,3 kg	4 kg	1 kg	T2	5,00	0,3 kg	5 kg	
A3	T1	5,50	0,3 kg	3,5 kg	1 kg	T2	5,00	0,3 kg	5 kg	
B1	T1	5,50	0,3 kg	3,5 kg	1 kg	T2	4,00	0,3 kg	4 kg	
B2	T1	6,00	0,3 kg	4 kg	1 kg	T2	5,50	0,3 kg	5,5 kg	
B3	T1	6,00	0,3 kg	4 kg	1 kg	T2	6,00	0,3 kg	6 kg	
B4	T1	6,00	0,3 kg	4 kg	1 kg	T2	6,00	0,3 kg	6 kg	
B5	T1	5,50	0,3 kg	3,5 kg	1 kg	T2	5,00	0,3 kg	5 kg	
C1	T1	6,00	0,3 kg	4 kg	1 kg	T2	5,00	0,3 kg	5 kg	
C2	T1	5,75	0,3 kg	4 kg	1 kg	T2	6,00	0,3 kg	6 kg	
C3	T1	5,75	0,3 kg	4 kg	1 kg	T2	6,00	0,3 kg	6 kg	
C4	T1	5,50	0,3 kg	3,5 kg	1 kg	T2	5,00	0,3 kg	5 kg	
C5	T1	6,00	0,3 kg	4 kg	1 kg	T2	5,00	0,3 kg	5 kg	
		<b>TOTALE</b>	<b>3,9 kg</b>	<b>50 kg</b>	<b>13 kg</b>			<b>3,9 kg</b>	<b>68,5 kg</b>	<b>139,3 kg</b>



## FASE 3

### LISTATO VOLATA 2

ID FORO	L [m]	COORDINATE UTM EPSG 6707 [m]					
		Scostamento in X 653.500 in Y 5.080.000 in Z 0					
		X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	Z <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	Z <sub>2</sub>
D1	5,00	-4,01	63,64	427,00	-4,01	63,64	422,00
E1	3,00	-4,21	57,82	421,00	-4,21	57,82	418,00
E2	5,00	-3,52	59,51	423,00	-3,52	59,51	418,00
E3	6,00	-2,84	61,20	424,00	-2,84	61,20	418,00
F1	6,00	-2,35	57,07	421,00	-2,35	57,07	415,00
F2	7,00	-1,67	58,76	422,00	-1,67	58,76	415,00
F3	8,00	-0,98	60,45	423,00	-0,98	60,45	415,00
G1	12,50	-2,79	57,78	422,23	0,90	56,29	410,38
G2	11,00	-2,04	59,64	422,23	1,21	58,32	411,80
H1	8,00	-2,62	57,71	422,46	0,69	59,37	415,30
H2	8,00	-0,28	58,92	422,87	2,08	57,97	415,28
I1	2,50	-0,13	56,71	421,56	0,90	56,29	419,32
I2	2,50	0,62	58,56	421,56	1,65	58,14	419,32

ID FORO			DINAMITE	ANFO	NERA			DINAMITE	ANFO	
D1	T1	5,00	0,45 kg	3,5 kg	0,5 kg					
E1	T1	3,00	0,45 kg	1,5 kg	0,5 kg					
E2	T1	5,00	0,45 kg	3,5 kg	0,5 kg					
E3	T1	6,00	0,45 kg	4,5 kg	0,5 kg					
F1	T1	6,00	0,45 kg	4,5 kg	0,5 kg					
F2	T1	3,00	0,45 kg	1,5 kg	0,5 kg	T2	4,00	0,45 kg	4 kg	
F3	T1	4,00	0,45 kg	2,5 kg	0,5 kg	T2	4,00	0,45 kg	4 kg	
G1	T1	6,00	0,45 kg	4,5 kg	0,5 kg	T2	6,50	0,45 kg	6,5 kg	
G2	T1	6,00	0,45 kg	4,5 kg	0,5 kg	T2	5,00	0,45 kg	5 kg	
H1	T1	4,00	0,45 kg	2,5 kg	0,5 kg	T2	4,00	0,45 kg	4 kg	
H2	T1	4,00	0,45 kg	2,5 kg	0,5 kg	T2	4,00	0,45 kg	4 kg	
I1	T1	3,00	0,45 kg	1,5 kg	0,5 kg					
I2	T1	3,00	0,45 kg	1,5 kg	0,5 kg					
			<b>5,85 kg</b>	<b>38,5 kg</b>	<b>6,5 kg</b>			<b>2,7 kg</b>	<b>27,5 kg</b>	<b>81,05 kg</b>

## Schema di tiro

Si riporta a seguire lo schema di caricamento dei fori che evidenzia lo schema di caricamento con doppio detonatore. I fori di lunghezza minore di 6 m non richiederanno il frazionamento della carica e saranno attivati con singolo detonatore. Il numero di detonatori ad onda d'urto



previsti è circa doppio rispetto al numero dei fori in quanto è previsto il frazionamento dell'innescio in due cariche una nella parte inferiore e una nella parte superiore di ciascun foro di lunghezza superiore a 6 m.

### **Oneri per la sicurezza**

Fondamentali per la fase esecutiva saranno le linee vita e punti di ancoraggio stabili rinviati a monte dell'area di intervento che possano consentire la massima sicurezza agli operatori rocciatori che lavoreranno in cantiere.

Facendo riferimento ad interventi di demolizione su ingenti volumi instabili eseguiti in Provincia di Trento si propone la realizzazione di un sistema di ancoraggio per i rocciatori realizzato utilizzando le strutture di sostegno per le barriere paramassi.



**La cementazione degli ancoraggi dovrà verosimilmente essere realizzata con resine o cementi antiritiro addizionati al fine di favorire la riduzione dei tempi di presa e maturazione delle miscele cementizie.**

Negli oneri per la sicurezza trova luogo il sistema di monitoraggio delle deformazioni dei giunti principali individuati nello studio



geomeccanico.

## **Interventi accessori**

In ragione dell'elevata esposizione dell'intervento e dell'accuratezza della fase progettuale si ritiene sin d'ora prevedere una verifica dell'esito del brillamento mediante acquisizione video in alta definizione.

Le operazioni di brillamento saranno riprese con documentazione video da più punti di ripresa anche con drone al fine di verificare gli esiti di progetto ed eventualmente intervenire nella progettazione per migliorare lo schema mina per il secondo brillamento.

Segonzano, marzo '17

GeoLogico  
dott. Giacomo Nardin





## SCHEDE TECNICHE ESPLOSIVI

Si riportano a seguire a scopo illustrativo le schede tecniche dei prodotti esplosivi previsti così come redatte dai differenti rivenditori.

PRAVISANI S.p.A.

PREMEX 3300 – 2200 – 300

**DESCRIZIONE GENERALE**

I prodotti della serie PREMEX sono esplosivi in emulsione ovvero esplosivi di ultima generazione che si caratterizzano per l'estrema sicurezza di impiego rispetto agli esplosivi di tipo tradizionale quali le dinamiti; essi risultano praticamente non innescabili all'innescio per urto o frizione. Le emulsioni sono costituite da due elementi base: una soluzione acquosa di sali ossidanti ed una fase oleosa. Attraverso l'uso di idonei agenti emulsionanti e uno specifico processo produttivo i due componenti vengono tra loro mescolati producendo una emulsione del tipo "acqua in olio". Non contenendo alcuna sostanza di tipo tossico, il loro maneggio non genera alcun disturbo fisiologico (mal di testa, nausea, ecc...).

La gamma di prodotti della presente scheda è stata concepita per l'impiego in sotterraneo; la serie comprende varie tipologie di prodotto in grado di rispondere alle diverse e possibili esigenze e condizioni operative. Il contatto intimo tra le fasi ossidante e combustibile assicura elevati rendimenti di detonazione e un ridotto sviluppo di fumi tossici con conseguente diminuzione dei tempi di sfumo nell'ambiente sotterraneo. La presenza d'acqua nei fori non altera le performance del prodotto. Il PREMEX 300 profil è un prodotto specificatamente progettato per profilatura delle pareti rocciose.

**CARATTERISTICHE TECNICHE**

		<b>PREMEX 3300</b>	<b>PREMEX 2200</b>	<b>PREMEX 300</b>
Densità	[g/cm <sup>3</sup> ]	1,18 ± 0,05	1,18 ± 0,05	1,18 ± 0,05
Energia	[MJ/kg]	4,24	3,23	3,12
Velocità detonazione (Ø 50 mm)				
- in aria libera	[m/s]	5200	5000	4900*
- in tubo metallico	[m/s]	5500	5200	5200*
Volume di gas (T 25°C)	[l/kg]	935	971	1000
Distanza di colpo (Ø 40 mm)	[mm]	> 80	> 80	> 10*

(\*) Ø 25 mm

### CONFEZIONI

I PREMEX 3300 – 2200 – 300 sono confezionati in cartucce aventi lunghezza di 400 mm circa e diametro variabile da 32 a 40 mm. L'involucro delle cartucce è costituito da un film di polietilene ad alta densità.

Le cariche PREMEX 300 (profil) sono confezionate in tubi di plastica rigida di lunghezza 460 mm, innestabili una sull'altra e dotate di aletta di centraggio del foro.

Le cartucce sono contenute in casse di cartone omologate per il trasporto di esplosivo con peso netto di 25 kg.

Il seguente prospetto illustra le tipologie di confezioni disponibili:

Diametro cartuccia [mm]	Lunghezza cartuccia [mm]	N° cartucce per cassa	Peso cartuccia [kg]	Peso netto di esplosivo per cassa [kg]
25 (profil)	460	100	0,250	25
32	400 ± 10	67 ± 3	0,373	25
40		42	0,595	



## ERGODYN 35E

### IMPIEGO

QUALUNQUE LAVORO DA MINA A CIELO APERTO ED IN SOTTERRANEO IN ROCCE PARTICOLARMENTE DURE ED IN PRESENZA DI ACQUA . NON IMPIEGABILE IN AMBIENTI GRISUTOSI

### ASPETTO

PASTOSO DI COLORE ROSSO

### CONFEZIONAMENTO

GUAINA DI POLIETILENE E CARTA

### CARATTERISTICHE TECNICHE

DENSITA'	1.400	kg/m <sup>3</sup>
VELOCITA' DI DETONAZIONE	5.900	m/s
ENERGIA DI DETONAZIONE:		
• DI SHOCK	2,30	MJ/kg
• DEI GAS	2,00	MJ/kg
• TOTALE	4,30	MJ/kg
VOLUME DEI GAS (0 °C/Atm.)	865	l/kg
PRESSIONE DI DETONAZIONE	20.000	MPa

### CONFEZIONAMENTO

DIMENSIONI CARTUCCE (POLIETILENE/CARTA)		N° CARTUCCE PER CASSA	PESO UNITARIO kg	PESO TOTALE kg
DIAMETRO mm	LUNGHEZZA mm			
25	200	200	0,125	25
30	380	68	0,365	24,80
38	395	40	0,625	25
60	500	12	2,080	25

NOTA1: I valori riportati nella tabella sono nominali e possono essere variati senza preavviso  
NOTA2: Il calibro 25 mm è confezionato in carta



## EURANFO 77

### IMPIEGO

IN CAVA ED IN LAVORI DI SBANCAMENTO IN GENERE SPECIALMENTE IN ROCCIA FRATTURATA

### ASPETTO

GRANULARE DI COLORE BIANCO

### CONFEZIONAMENTO

GUAINA DI POLIETILENE

### CARATTERISTICHE TECNICHE

DENSITA'	700 ÷ 735	kg/m <sup>3</sup>
VELOCITA' DI DETONAZIONE	2.900	m/s
ENERGIA DI DETONAZIONE:		
• DI SHOCK	1,07	MJ/kg
• DEI GAS	2,18	MJ/kg
• TOTALE	3,25	MJ/kg
VOLUME DEI GAS (0 °C/Atm.)	976	l/kg
PRESSIONE DI DETONAZIONE	4.060	MPa



**PRAVISANI S.p.A.**

***Polvere nera (Mina Potassa) "KAMNIK-SPRENGPULVER 75%"***

**DESCRIZIONE GENERALE**

La polvere nera **KAMNIK-SPRENGPULVER 75%** è una miscela a base di nitrato di potassio, carbone vegetale e zolfo.

Viene abitualmente impiegata nelle cave di pietra ornamentale. Si presenta sottoforma di grani di colore nero con riflessi argentati, grossolanamente arrotondati.

**CARATTERISTICHE TECNICHE E LIMITI DI IMPIEGO**

CARATTERISTICHE TECNICHE		
Densità apparente	[g/cm <sup>3</sup> ]	1,05
Densità reale	[g/cm <sup>3</sup> ]	1,70
Velocità deflagrazione	[m/s]	400 - 600
Dimensione dei grani	[mm]	0,3 ÷ 8,0

CONDIZIONI E LIMITI DI IMPIEGO		
Resistenza all'acqua		Pessima
Modalità di innesco		Con miccia a lenta combustione o accenditore elettrico
Impiego in sotterraneo		NO
Impiegabilità in ambiente grisoutoso e/o in presenza di polveri infiammabili		NO

Periodo di utilizzabilità (dalla data di fabbricazione): 2 anni.

**CONFEZIONI**

La polvere nera è confezionata in sacchetti di polietilene da 2,5 kg. I sacchetti sono contenuti in casse di cartone (10 per ogni cassa) per un peso netto di esplosivo pari a 25 kg.



**PRAVISANI S.p.A.**

## **Detonatori non elettrici ad onda d'urto - NONEL**

### **DESCRIZIONE GENERALE**

La serie di prodotti **NONEL** costituisce un sistema di innesco completo e sofisticato valido per un ampio campo di impieghi nelle tecniche di brillamento.

I possibili elementi costitutivi sono:

1. tubo di trasmissione dell'onda d'urto: tubo di plastica (diametro esterno di circa 3 mm) attraverso cui si trasmette l'onda d'urto, la cui superficie interna è ricoperta da un sottilissimo strato di esplosivo. Dal punto d'innescamento la detonazione si propaga, lungo il tubo e limitatamente alla sua parte interna, con una velocità di circa 2000 m/s fino a sensibilizzare l'elemento di ritardo del detonatore collegato al tubo stesso. Il tubo è dotato di elevato grado di resistenza all'abrasione e all'allungamento.
2. connettore di trasmissione di superficie: costituito da blocco in plastica in cui è alloggiato un detonatore di potenza ridotta munito di una sede per l'alloggiamento di tubi di trasmissione (fino a un massimo di 5) di altri detonatori. La sua funzione è quella di innescare la detonazione dei tubicini alloggiati. La potenza del detonatore non è sufficiente ad innescare cariche esplosive o miccia detonante. Il colore del blocco indica il ritardo della connessione.
3. detonatore: che viene posto a contatto con la carica esplosiva per provocarne l'innesc.

L'uso del sistema ad onda d'urto in genere è più versatile del sistema elettrico per i seguenti motivi:

- impiego in zone dove la presenza di correnti vaganti o radiofrequenze possa implicare problemi di sicurezza;
- maggiore flessibilità nella temporizzazione dei ritardi;
- maggiore facilità e rapidità di realizzazione delle connessioni;
- migliore facilità di impiego;
- maggiore sicurezza nella realizzazione dell'innesci puntuale a fondo foro con mine profonde.

Le lunghezze dei tubi sono differenti in funzione delle applicazioni a cui sono destinati.

Le caratteristiche del detonatore (tipologia, ritardo, lunghezza tubo) sono indicate in apposita etichetta impermeabile e resistente all'usura. Il sistema **NONEL** è impieghibile in ambiente subacqueo.

### **TIPOLOGIE E LORO DESCRIZIONE**

Tipo	Caratteristiche e utilizzo
<b>MS</b>	Elementi costituenti: <b>1+3</b> . Sistema universale di accensione microritardata (modulo di ritardo = 25 ms) per uso all'aperto, in sottosuolo o subacqueo. I <b>NONEL MS</b> costituiscono un'alternativa silenziosa all'innesci con miccia detonante.
<b>LP</b>	Elementi costituenti: <b>1+3</b> . Serie concepita per lo sparo in sotterraneo (gallerie, miniere, pozzi ecc.) dove sono richiesti tempi di ritardo lunghi al fine che permettano la movimentazione della roccia e la conseguente formazione di superfici libere di abbattimento (modulo di ritardo = 50 +400 ms). I collegamenti in galleria vengono effettuati mediante raccordi a mazzo con miccia detonante o connettori <b>UNIDET SL Clip</b> .
<b>UNIDET SL Clip</b>	Elementi costituenti: <b>1+2</b> . Connettori ritardati di superficie disponibili con diversi tempi di ritardo. I connettori <b>UNIDET SL Clip</b> consentono, abbinati con gli altri sistemi di innesco ( <b>MS</b> , <b>LP</b> , <b>SNAPDET SL Clip</b> ) di aumentare il numero dei possibili tempi di ritardo ottenibili. Ciascun connettore può accogliere fino a 5 tubi di trasmissione dell'onda d'urto.
<b>SNAPDET SL Clip</b>	Elementi costituenti: <b>1+2+3</b> . Combinazione di un detonatore in foro con una connessione di superficie. L'utilizzo in serie del sistema <b>SNAPDET SL Clip</b> consente di realizzare una sequenza ritardata per un numero illimitato di fori da mina, eliminando così la necessità di disporre di detonatori con le usuali serie di ritardo. Viene generalmente impiegato in applicazioni a cielo aperto.

Periodo di utilizzabilità (dalla data di fabbricazione): 2 anni.



## **ELENCO ALLEGATI**

01 RELAZIONE TECNICA

02 COMPUTO METRICO

TAV0 ELABORAZIONE MODELLO DTM DEL DIEDRO

TAV B1 FASE 2 BRILLAMENTO SOTTOVOLUME A1

TAV B2 FASE 3 BRILLAMENTO SOTTOVOLUMI A2 – B

TAV B3 BRILLAMENTO MASSI ISOLATI