Provincia Autonoma di Trento
Servizio Prevenzione Rischi

USO DI ESPLOSIVO IN PROSSIMITA' DI CENTRI ABITATI NELL'AMBITO DI INTERVENTI SOMMA URGENZA

TRENTO
23 NOVEMBRE 2007

Relatore
ing. Stefano Filippi

PROGRAMMA PRESENTAZIONE

A) DEMOLIZIONE DI MASSI CON UTILIZZO DI ESPLOSIVO

1. ANALISI DI STABILITA' E INDAGINE GEOLOGICA
2. CALCOLO SCHEMA DI PERFORAZIONE
3. CALCOLO SCHEMA DI CARICAMENTO
4. FASE DI PERFORAZIONE
5. VERIFICA SCHEMA DI CARICAMENTO
6. FASE DI BRILLAMENTO

B) APPROFONDIMENTO

1. VIBRAZIONI
2. PROIEZIONI
3. PIANO DI EVACUAZIONE

C) PRESENTAZIONE LAVORI ESEGUITI

ing. Stefano Filippi

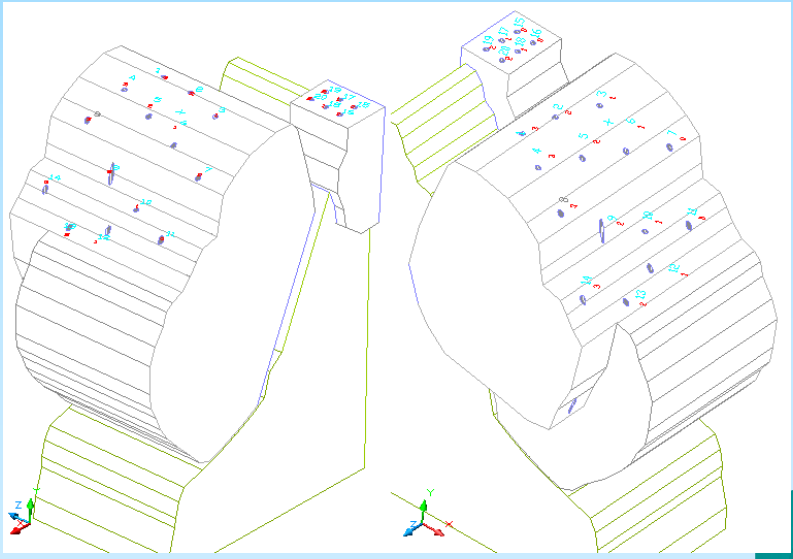
A) DEMOLIZIONE DI MASSI CON UTILIZZO DI ESPLOSIVO

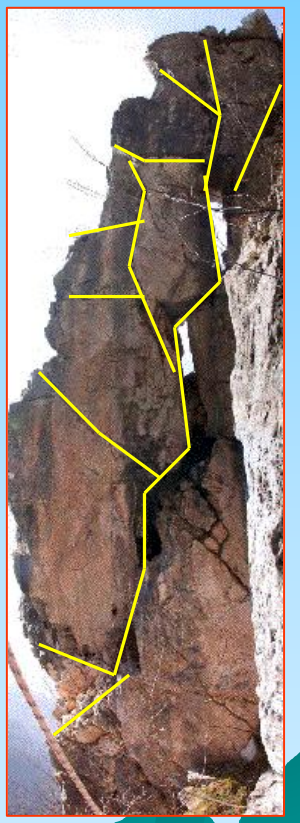
1. ANALISI DI STABILITA' E INDAGINE GEOLOGICA

- **DETERMINAZIONE DELLA TIPOLOGIA DI ROCCIA**
- **RILIEVO VOLUMETRICO DEL MASSO**
- **STATO FESSURATIVO DELL'AMMASSO ROCCIOSO**

TIPO DI LAVORO	TIPO DI ROCCIA	CONSUMO DI ESPLOSIVO g/mc di roccia in posto abbattuta
Scavo di fondazioni pali alta tensione	calcare	700-900
Scavi ferroviari e stradali in trincea	calcare	200-480
Sbancamenti stradali a mezza costa	calcare, arenarie	200-350
Cave a mezzacosta, piccole mine	calcare-medio, trachite	190-350
Cave a mezzacosta	basalto colonnare	250-300
Cave a fronte rettilinea, mine medie (8-10kg)	calcare tenero	90-120
Cave a imbuto, piccole mine	dolomia, calcare	150-200
Mine progressive (10-30 kg) a camera	dolomia, Calcare	150-200
Cave a fossa con mine profonde	leuciti, diabasi	250-300
Grandi cave a più gradini con stratificazione favorevole, mine profonde	calcari, marne	120-180
Grandi cave, a reggipoggio, mine profonde	calcari, marne	180-250
Grandi cave, mine profonde	serpentine, micascisti, compatti	180-350
Grandi mine a fornello, per cubetti stradali, presentazione di punta	porfido quarzifero	100-170
Grandi mine, presentazione di piatto	porfido quarzifero	70-100
Grandi mine a fornello	dolomite compatta	100-120
Varate per subissamento, con mine al piede	dolomite compatta	60-70
Varate con mine al piede	trachite fratturata	5-15
Varate, a grotta e pilastri	calcare tenero	15-25

Tabella dei consumi specifici per le principali rocce (T.Seguiti- "Le Mine")



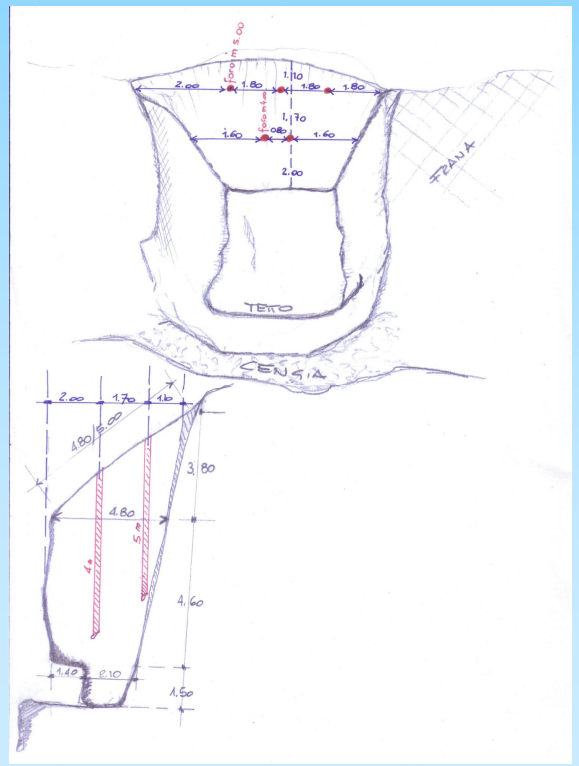


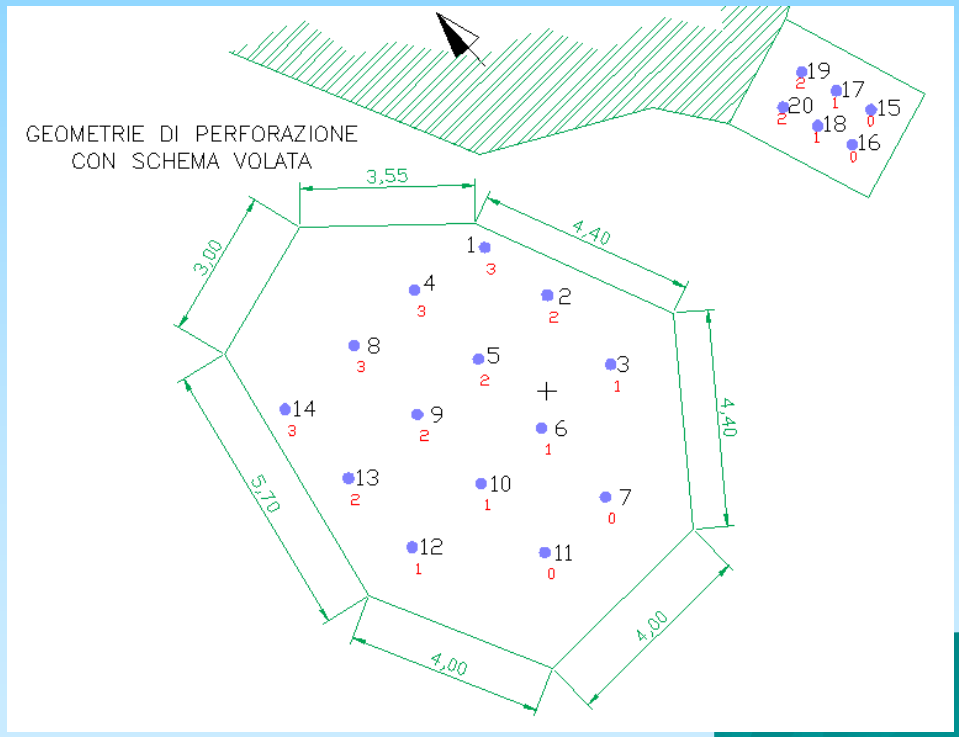
ing. Stefano Filippi

A) DEMOLIZIONE DI MASSI CON UTILIZZO DI ESPLOSIVO

2. CALCOLO SCHEMA DI PERFORAZIONE

IN BASE ALLA TIPOLOGIA DI ROCCIA, ALLE CONDIZIONI DEGLI ELEMENTI IN PARETE E ALLA PEZZATURA DESIDERATA SI DETERMINA LA GEOMETRIA DI PERFORAZIONE E LA TIPOLOGIA DI ESPLOSIVO DA UTILIZZARE.





ing. Stefano Filippi

A) DEMOLIZIONE DI MASSI CON UTILIZZO DI ESPLOSIVO

3. CALCOLO SCHEMA DI CARICAMENTO

QUADRO DI DETTAGLIO RELATIVO ALLA DEMOLIZIONE DI UN DIEDRO ROCCIOSO NEL COMUNE DI ROVERETO

(LA DISTRIBUZIONE DELLE CARICHE NEI FORI SARA' CALIBRATA SECONDO LE INDICAZIONI FORNITE DALLE PERFORAZIONI - FRATTURE E STATO DELLA ROCCIA)

n° foro	tipo di roccia	maglia L 1 (m)	maglia L 2 (m)	lunghezza foro (mm)	lunghezza sotto foro (mm)	lunghezza foro totale (mm)	diametro foro (mm)	volume teorico (mc)	calcolo esplosivo (Kg/mc)	calcolo esplosivo (Kg)	tipo di esplosivo	n° cartucce per foro	diametro cartuccia (mm)	lunghezza cartuccia (mm)	peso cartuccia (Kg)	peso totale cartucce Gelatina2 (Kg)	miccia detonante 15gr/m (m)	lunghezza cartucce (m)	boraggio imbocco (m)	boraggio intermedio (m)	tempo detonatori micro ritardati	tipo detonatore ritardati 25 ms
1	roccia molto fratturata	2	2	9000	2000	11000	70	44,0	0,19	8,36	Gelatina2	12	40	400	0,715	8,580	20,00	4,80	2,00	2,20	0	A.I.
2	roccia molto fratturata	2	2	8000	2000	10000	70	40,0	0,19	7,60	Gelatina2	11	40	400	0,715	7,865	18,00	4,40	2,00	1,60	0	A.I.
3	roccia molto fratturata	2	2	8000	2000	10000	70	40,0	0,19	7,60	Gelatina2	11	40	400	0,715	7,865	18,00	4,40	2,00	1,60	0	A.I.
4	roccia molto fratturata	2	2	9000	2000	11000	70	44,0	0,19	8,36	Gelatina2	12	40	400	0,715	8,580	20,00	4,80	2,00	2,20	1	A.I.
5	roccia molto fratturata	2	2	9000	2000	11000	70	44,0	0,19	8,36	Gelatina2	12	40	400	0,715	8,580	20,00	4,80	2,00	2,20	1	A.I.
6	roccia molto fratturata	2	2	9000	2000	11000	70	44,0	0,19	8,36	Gelatina2	12	40	400	0,715	8,580	20,00	4,80	2,00	2,20	1	A.I.
7	roccia molto fratturata	2	2	9000	2000	11000	70	44,0	0,19	8,36	Gelatina2	12	40	400	0,715	8,580	20,00	4,80	2,00	2,20	2	A.I.
8	roccia molto fratturata	2	2	9000	2000	11000	70	44,0	0,19	8,36	Gelatina2	12	40	400	0,715	8,580	20,00	4,80	2,00	2,20	2	A.I.
9	roccia molto fratturata	2	2	9000	2000	11000	70	44,0	0,19	8,36	Gelatina2	12	40	400	0,715	8,580	20,00	4,80	2,00	2,20	2	A.I.
10	roccia molto fratturata	1,0	1,0	2500	500	3000	32	3,0	0,19	0,57	Gelatina2	4	25	200	0,135	0,540	7,00	0,80	0,80	0,90	3	A.I.
11	roccia molto fratturata	1,0	1,0	2500	500	3000	32	3,0	0,19	0,57	Gelatina2	4	25	200	0,135	0,540	7,00	0,80	0,80	0,90	3	
12	roccia molto fratturata	1,0	1,0	2500	500	3000	32	3,0	0,19	0,57	Gelatina2	4	25	200	0,135	0,540	7,00	0,80	0,80	0,90	3	
13	roccia molto fratturata	1,0	1,0	2500	500	3000	32	3,0	0,19	0,57	Gelatina2	4	25	200	0,135	0,540	7,00	0,80	0,80	0,90	3	
								400,0		**76,0**						**78,0**	**204,0**					

ing. Stefano Filippi

A) DEMOLIZIONE DI MASSI CON UTILIZZO DI ESPLOSIVO

3. CALCOLO SCHEMA DI CARICAMENTO

ESEMPIO DI VOLATA CON DIVERSE PROBLEMATICHE E DIFFERENTE QUANTITATIVO DI ESPLOSIVO UTILIZZATO

EDIFICI VICINI CON PROBLEMI DI PROIEZIONI E VIBRAZIONI

LUOGO DIFFICILMENTE RAGGIUNGIBILE NECESSITA' DI PICCOLA PEZZATURA

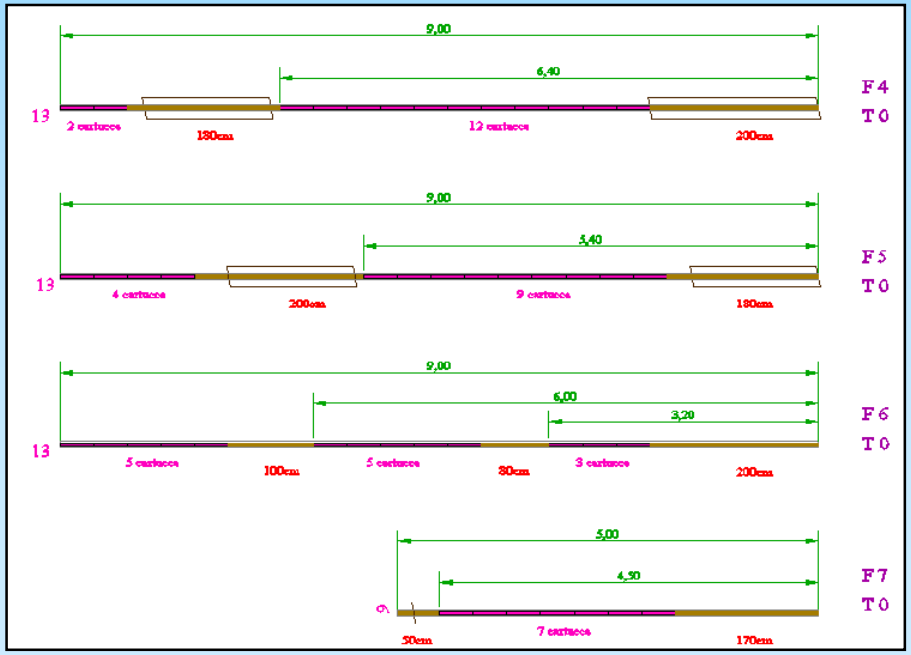
ing. Stefano Filippi

A) DEMOLIZIONE DI MASSI CON UTILIZZO DI ESPLOSIVO

4. FASE DI PERFORAZIONE

DURANTE L'ESECUZIONE DELLE PERFORAZIONI SI DEVE VERIFICARE LA PRESENZA DI EVENTUALI FRATTURE

DEVE POI ESSERE FORNITA AL PROGETTISTA UNA SPECIFICA CON LE CARATTERISTICHE DEI FORI E LA POSIZIONE DELLE FRATTURE



ing. Stefano Filippi

A) DEMOLIZIONE DI MASSI CON UTILIZZO DI ESPLOSIVO

4. FASE DI PERFORAZIONE – raccomandazioni

1) realizzazione punti di ancoraggio per le lavorazioni in parete che dovranno essere posizionati a monte del masso;

2) stesura pannelli ad anelli e rete metallica a doppia torsione sopra il masso con ancoraggio della stessa sulla parete rocciosa a monte del masso;

3) legatura provvisoria dei pannelli e della rete ad ancoraggi laterali;

4) perforazione masso con perforatrice portatile (angolo fori 45° rispetto alla verticale) o con martello fondoforo (fori verticali);

5) numerazione secondo progetto di ogni singolo foro;

6) per ogni foro numerato si dovrà fornire una distinta che riporti la lunghezza di perforazione e la posizione di eventuali fratture riscontrate durante la perforazione, al fine di calibrare la volata;

7) allentamento della legatura provvisoria.

A) DEMOLIZIONE DI MASSI CON UTILIZZO DI ESPLOSIVO

5. VERIFICA SCHEMA DI CARICAMENTO

IN BASE ALL'ESITO DELLE PERFORAZIONI E' POSSIBILE RIVEDERE E SISTEMARE LO SCHEMA DI VOLATA

QUADRO DI DETTAGLIO RELATIVO ALLA DEMOLIZIONE DI UN DIEDRO ROCCIOSO NEL COMUNE DI ROVERETO

(LA DISTRIBUZIONE DELLE CARICHE NEI FORI SARA' CALIBRATA SECONDO LE INDICAZIONI FORNITE DALLE PERFORAZIONI - FRATTURE E STATO DELLA ROCCIA)

n° foro	tipo di roccia	maglia L 1 (m)	maglia L 2 (m)	lunghezza foro (mm)	lunghezza sotto foro (mm)	lunghezza foro totale (mm)	diametro foro (mm)	volume teorico (mc)	calcolo esplosivo (Kg/mc)	calcolo esplosivo (Kg)	tipo di esplosivo	n° cartucce per foro	diametro cartuccia (mm)	lunghezza cartuccia (mm)	peso cartuccia (Kg)	peso totale cartucce Gelatina2 (Kg)	miccia detonante 15gr/m (m)	lunghezza cartucce (m)	boraggio imbocco (m)	boraggio intermedio (m)	tempo detonatori micro ritardati	tipo detonatore ritardati 25 ms
1	roccia molto fratturata	2	2	9000	2000	11000	70	44,0	0,19	8,36	Gelatina2	12	40	400	0,715	8,580	20,00	4,80	2,00	2,20	0	A.I.
2	roccia molto fratturata	2	2	8000	2000	10000	70	40,0	0,19	7,60	Gelatina2	11	40	400	0,715	7,865	18,00	4,40	2,00	1,60	0	A.I.
3	roccia molto fratturata	2	2	8000	2000	10000	70	40,0	0,19	7,60	Gelatina2	11	40	400	0,715	7,865	18,00	4,40	2,00	1,60	0	A.I.
4	roccia molto fratturata	2	2	9000	2000	11000	70	44,0	0,19	8,36	Gelatina2	12	40	400	0,715	8,580	20,00	4,80	2,00	2,20	1	A.I.
5	roccia molto fratturata	2	2	9000	2000	11000	70	44,0	0,19	8,36	Gelatina2	12	40	400	0,715	8,580	20,00	4,80	2,00	2,20	1	A.I.
6	roccia molto fratturata	2	2	9000	2000	11000	70	44,0	0,19	8,36	Gelatina2	12	40	400	0,715	8,580	20,00	4,80	2,00	2,20	1	A.I.
7	roccia molto fratturata	2	2	9000	2000	11000	70	44,0	0,19	8,36	Gelatina2	12	40	400	0,715	8,580	20,00	4,80	2,00	2,20	2	A.I.
8	roccia molto fratturata	2	2	9000	2000	11000	70	44,0	0,19	8,36	Gelatina2	12	40	400	0,715	8,580	20,00	4,80	2,00	2,20	2	A.I.
9	roccia molto fratturata	2	2	9000	2000	11000	70	44,0	0,19	8,36	Gelatina2	12	40	400	0,715	8,580	20,00	4,80	2,00	2,20	2	A.I.
10	roccia molto fratturata	1,0	1,0	2500	500	3000	32	3,0	0,19	0,57	Gelatina2	4	25	200	0,135	0,540	7,00	0,80	0,80	0,90	3	A.I.
11	roccia molto fratturata	1,0	1,0	2500	500	3000	32	3,0	0,19	0,57	Gelatina2	4	25	200	0,135	0,540	7,00	0,80	0,80	0,90	3	
12	roccia molto fratturata	1,0	1,0	2500	500	3000	32	3,0	0,19	0,57	Gelatina2	4	25	200	0,135	0,540	7,00	0,80	0,80	0,90	3	
13	roccia molto fratturata	1,0	1,0	2500	500	3000	32	3,0	0,19	0,57	Gelatina2	4	25	200	0,135	0,540	7,00	0,80	0,80	0,90	3	
								400,0		**76,0**						**78,0**	**204,0**					

ing. Stefano Filippi

A) DEMOLIZIONE DI MASSI CON UTILIZZO DI ESPLOSIVO

6. FASE DI BRILLAMENTO – raccomandazioni

1) richiesta permessi ed autorizzazioni per sparo (compresa la comunicazione alla torre di controllo di Mattarello per controllo aereo nella zona del brillamento);

2) verifica funzionalità esploditore qualche giorno prima dell'utilizzo e sua corretta custodia;

3) ordine esplosivo e detonatori;

4) arrivo sul cantiere esplosivo e detonatori;

5) presenza di apposita vigilanza;

6) caricamento fori nel masso;

7) collegamenti elettrici dall'esploditore A.I. alla linea masso;

8) controllo di chiusura circuito con idoneo tester;

A) DEMOLIZIONE DI MASSI CON UTILIZZO DI ESPLOSIVO

6. FASE DI BRILLAMENTO – raccomandazioni

9) verifica con referenti del Comune per via libera al brillamento (strade chiuse e case evacuate correttamente);

10) brillamento masso;

11) ricognizione dopo brillamento;

12) comunicazione al Comune dell'esito della volata;

13) disgaggio eventuali massi in equilibrio precario;

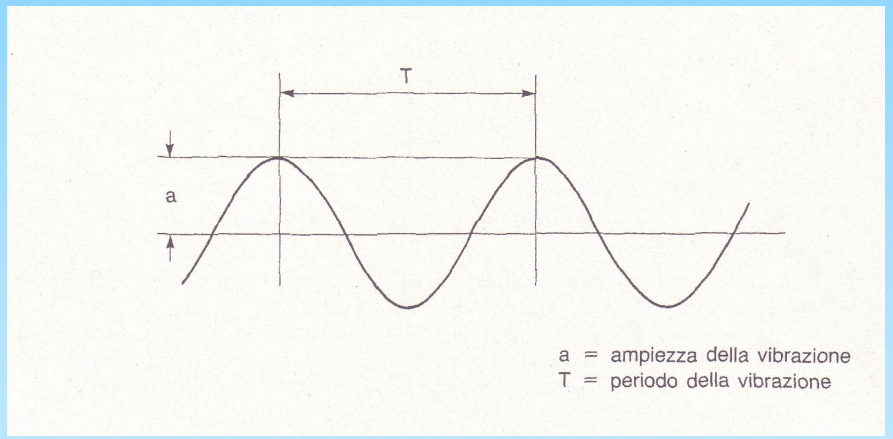
14) riapertura delle strade e fine evacuazione edifici;

15) sistemazione sul posto o allontanamento del materiale demolito.

B) APPROFONDIMENTO

1. VIBRAZIONI

OGNI VOLATA E' CAUSA DI ONDE SISMICHE CHE POSSONO CREARE PROBLEMI ALLE INFRASTRUTTURE PRESENTI NELLA ZONA DEL BRILLAMENTO



PER ATTENUARE GLI EFFETTI DELLE VIBRAZIONI E' BENE LIMITARE IL QUANTITATIVO DI CARICA SIMULTANEA SUDDIVIDENDO LA VOLATA CON DEI MICRORITARDI (25ms)

B) APPROFONDIMENTO

1. VIBRAZIONI

Tipo di terreno	K_f
Sabbie e ghiaie impregnate d'acqua	0,11÷0,13
Alluvioni di media compattezza	0,06÷0,09
Rocce dure e compatte	0,01÷0,03

VIBRAZIONI

η_g = **0,40**

Influenza tipo di terreno K_f = 0,03

Velocità di vibrazione di picco accettabile v = 8 mm/s

Distanza dal punto di esplosione R = 150 m

Quantitativo max di esplosivo per microritardo

Quantitativo utilizzato per microritardo

Frequenza principale = 15,32 Hz

Tab. IV.1 - Valori limite della velocità di vibrazione espressi in *(mm/s)* DIN STANDARD 4150 (Germania Occidentale, 1983)

Tipo di struttura \ Punti di rilevazione	Fondazioni			Pavimento del piano più alto dell'edificio
	< 10 *Hz*	10÷50 *Hz*	50÷100 *Hz*	Qualsiasi frequenza
1) Strutture industriali	20	20÷40	40÷50	40
2) Edifici per abitazioni	5	5÷15	15÷20	15
3) Edifici di particolare delicatezza	3	3÷8	8÷10	8
Con frequenze > 100 *Hz* possono essere accettati livelli più alti				

Tab. IV.2 - Velocità di vibrazione limite per la disaggregazione di alcuni tipi di terreni incoerenti

Terreno	Velocità di vibrazione limite	
	v_1 *(mm/s)*	v_2 *(mm/s)*
sabbioso grossolano	50	45
sabbioso medio	90	80
sabbioso fine	125	90
sabbioso argilloso	220	155
argilloso	280÷450	195÷315

v_1 = velocità di vibrazione limite in terreno asciutto

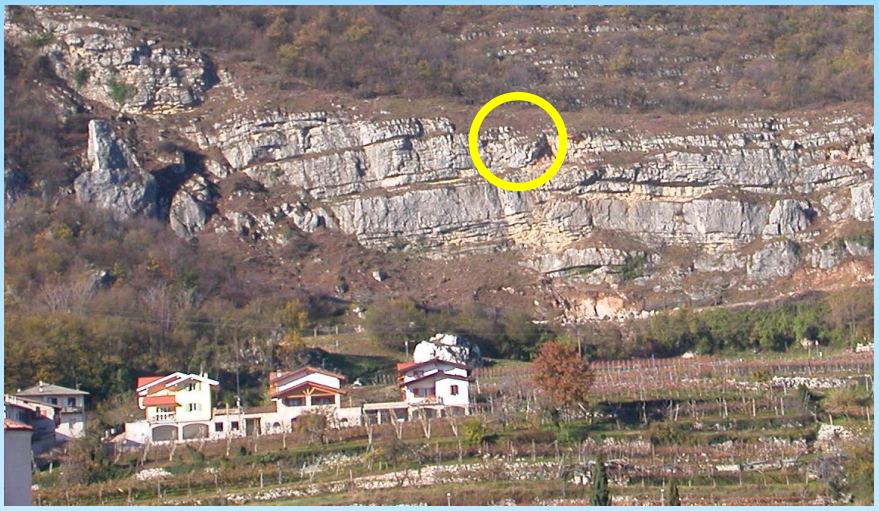
v_2 = velocità di vibrazione limite in presenza d'acqua

B) APPROFONDIMENTO

2. PROIEZIONI

UN IMPREVISTO NELLE VOLATE E' RAPPRESENTATO DALLE PROIEZIONI DI FRAMMENTI ROCCIOSI

NEL CASO IN CUI SI DEBBANO LIMITARE LE PROIEZIONI E' BENE PREVEDERE UN RIVESTIMENTO CON PANNELLI AD ANELLI + RETE METALLICA CHE LAVORI AD "EFFETTO TENDA"

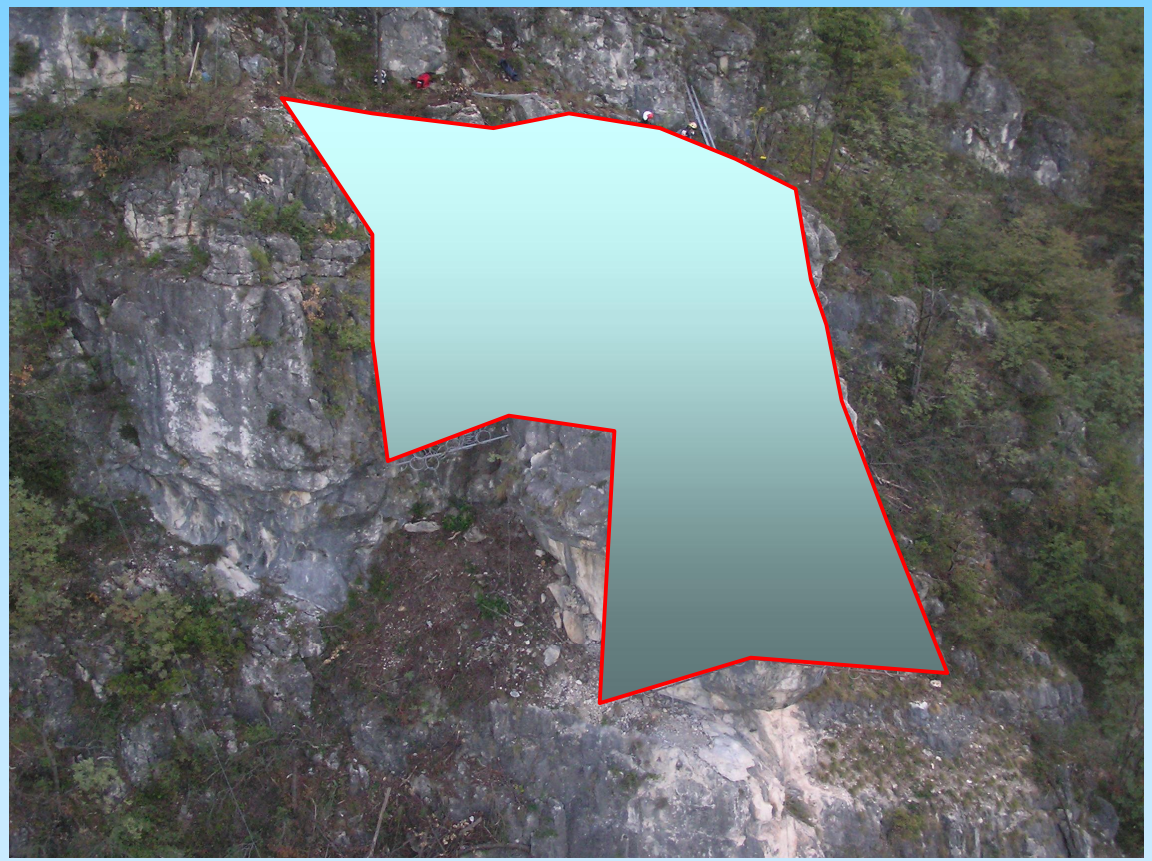


EDIFICI DISTANTI CIRCA 120m DAL BRILLAMENTO
NECESSITA' DI LIMITARE LE PROIEZIONI
PEZZATURA GROSSOLANA
IMPIEGO DEI PANNELLI AD ANELLI

B) APPROFONDIMENTO

2. PROIEZIONI

RIVESTIMENTO CON PANNELLI AD ANELLI + RETE METALLICA



ing. Stefano Filippi

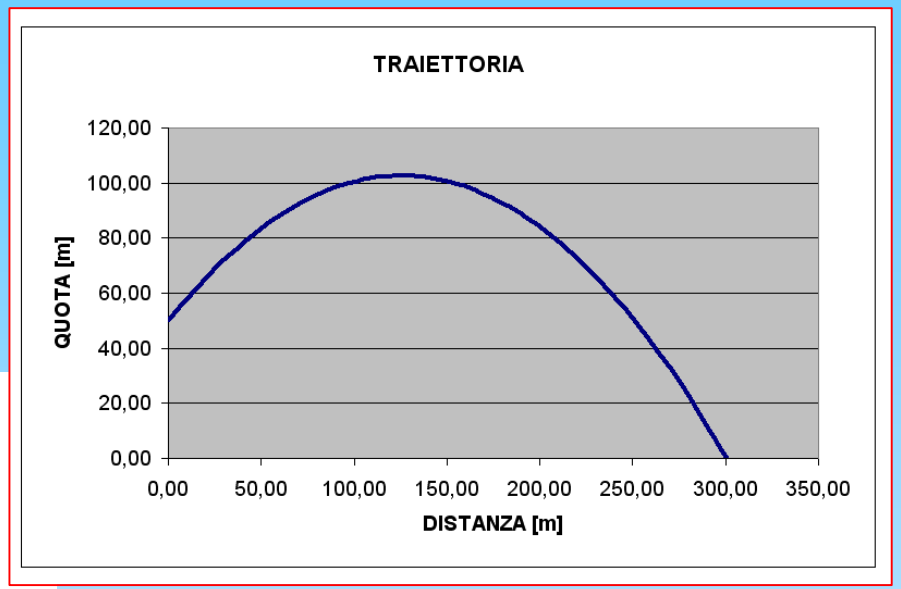
B) APPROFONDIMENTO

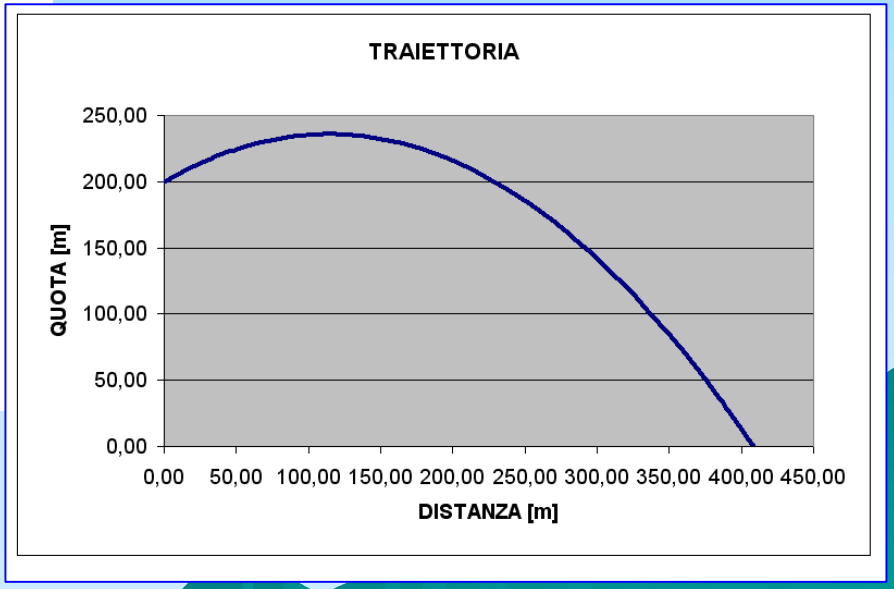
2. PROIEZIONI

LA TRAIETTORIA CAMBIA IN BASE AL DISLIVELLO TRA PUNTO DI BRILLAMENTO E PUNTO DI ARRIVO

CALCOLO TRAIETTORIA DELLE PROIEZIONI

Quota Yo =	50	m		
Velocità iniziale Vo =	50,00	m/s	<---> 180	Km/h
Accelerazione gravità g =	9,81	m/s^2		
Angolo partenza ϕ =	40,00	°	<------> 0,698	rad
Componente orizzontale velocità Vox =	38,30	m/s		
Componente verticale velocità Voy =	32,14	m/s		
Gittata =	**300,70298**	**m**		
Quota massima =	**102,64729**	**m**		





IL CALCOLO DELLA TRAIETTORIA E' STATO EFFETTUATO CONSIDERANDO L'ANGOLO DI PARTENZA DELLE PROIEZIONI PIU' SFAVOREVOLE

ing. Stefano Filippi

B) APPROFONDIMENTO

3. PIANO DI EVACUAZIONE PER BRILLAMENTO MASSI

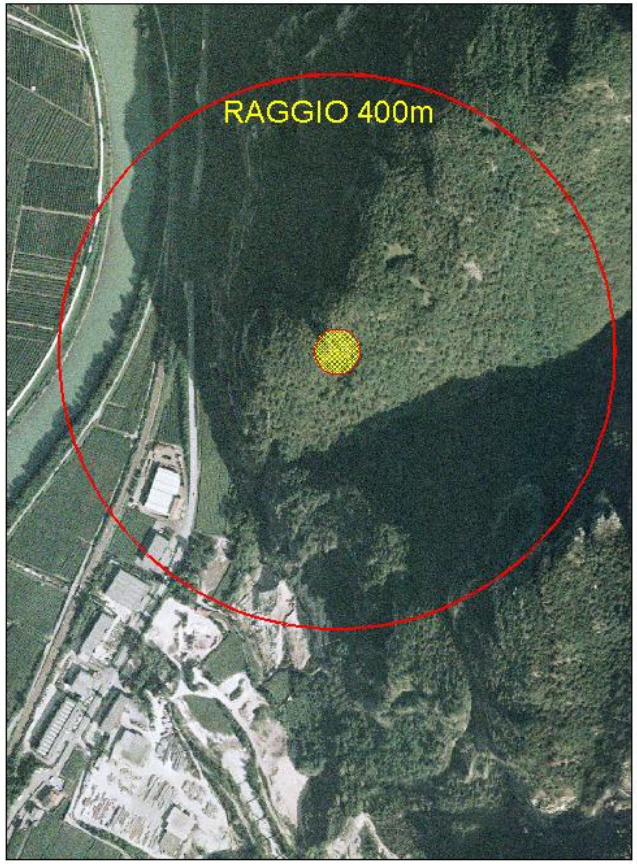
UNA VOLTA STABILITA UNA DISTANZA DI SICUREZZA SI PREDISPONE IL PIANO DI EVACUAZIONE CHE DEVE CONTENERE LE SEGUENTI INDICAZIONI:

ORE .... INIZIO OPERAZIONI – SALA OPERATIVA
ORE .... INIZIO EVACUAZIONE EDIFICI
ORE .... INIZIO PRESIDIO STRADE DA BLOCCARE
ORE .... EVENTUALE SORVOLO ZONA CON ELICOTTERO
ORE .... BLOCCO STRADE
ORE .... VERIFICA SITUAZIONE NELLE VARIE POSTAZIONI
ORE .... COMUNICAZIONE DALLA SALA OPERATIVA ALLA ZONA SPARO DEL VIA LIBERA AL BRILLAMENTO
ORE .... SPARO PER DEMOLIZIONE MASSO PREVIO SEGNALE CONVENZIONALE (3 squilli brevi di tromba)
ORE .... VERIFICA ESITO DELLA VOLATA CON RICOGNIZIONE
ORE .... COMUNICAZIONE ESITO POSITIVO VOLATA CON SEGNALE CONVENZIONALE (1 squillo di tromba)
ORE .... RIAPERTURA STRADE
ORE .... FINE EVACUAZIONE EDIFICI

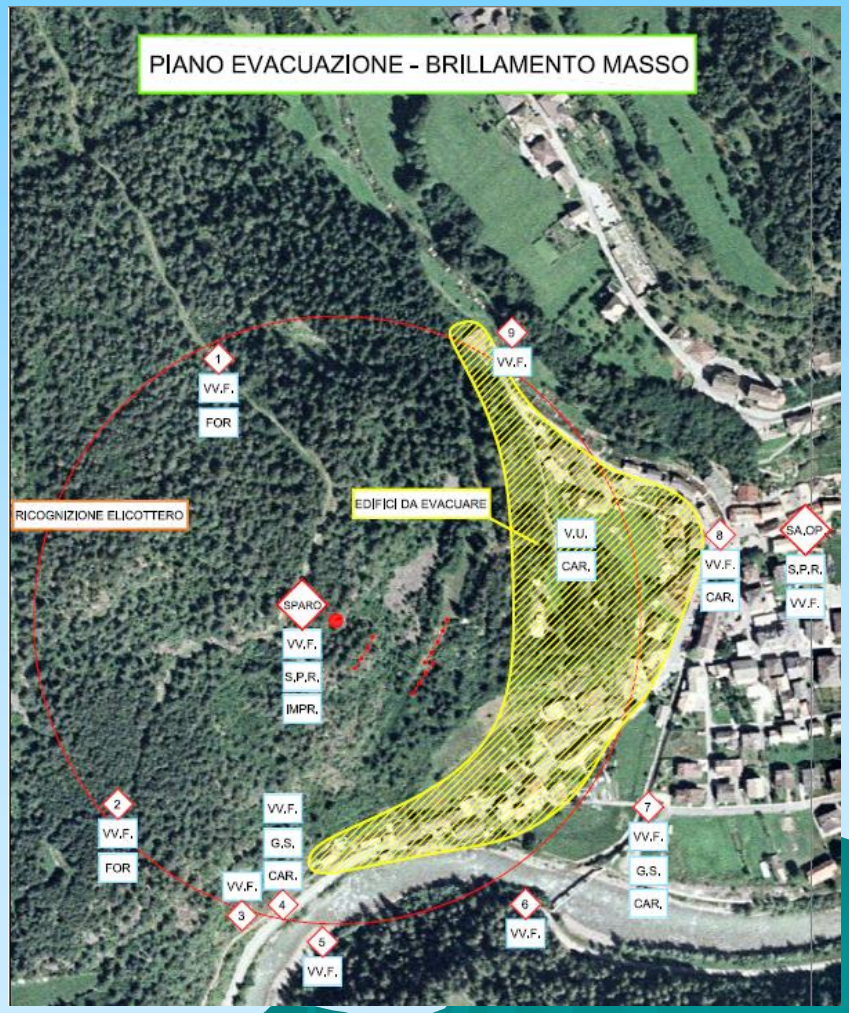
B) APPROFONDIMENTO

3. PIANO DI EVACUAZIONE PER BRILLAMENTO MASSI

COMUNE DI CALLIANO
BRILLAMENTO MASSO 800 mc



AREA INTERDETTA ALL'ACCESSO



ing. Stefano Filippi

C) PRESENTAZIONE LAVORI ESEGUITI

1) Demolizione masso in loc. Murazzi nel Comune di CALLIANO

VINCOLI: ferrovia, strada statale, edifici

SOLUZIONE ADOTTATA: piccola pezzatura e limitazione proiezioni con pannelli ad anelli

- - - -

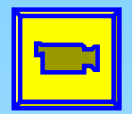
2) Demolizione masso in loc. Besagno nel Comune di MORI

VINCOLI: strada provinciale e comunale, edifici a 120 metri

SOLUZIONE ADOTTATA: grossa pezzatura con poca carica e detonatori microritardati, limitazione proiezioni con pannelli ad anelli e rete metallica

C) PRESENTAZIONE LAVORI ESEGUITI

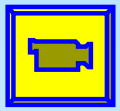
1) Demolizione masso in loc. Murazzi nel Comune di CALLIANO



Progetto: ing. Stefano Filippi, ing. Luciano Ioriatti

Direzione Lavori: ing. Luciano Ioriatti

2) Demolizione masso in loc. Besagno nel Comune di MORI



Progetto: ing. Stefano Filippi, ing. Luciano Ioriatti

Direzione Lavori: ing. Stefano Filippi

GRAZIE PER L'ATTENZIONE !

ing. Stefano Filippi