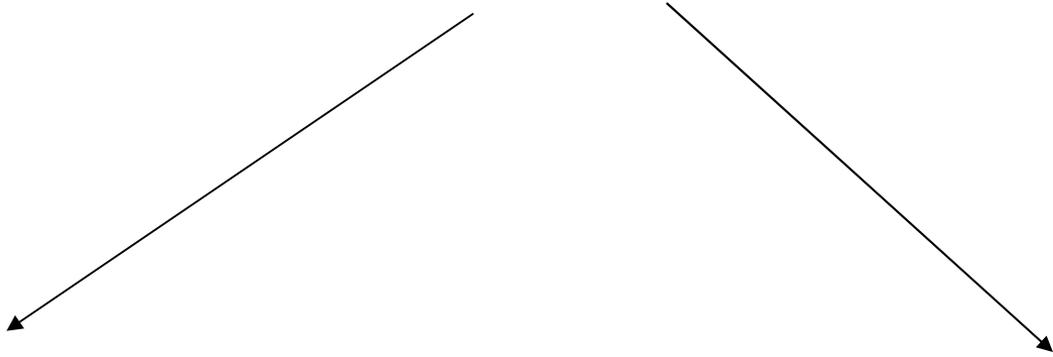


DEMOLIRE - ABBATTERE



Ambito Estrattivo/Minerario

Demolizione di strutture “naturali”

Ambito Civile

Demolizione di strutture “antropiche”
(manufatti, edifici, ecc.) o “naturali”
(scavi, trincee, gallerie)

E' possibile in primo luogo distinguere fra Demolizioni intese come “SCAVI” e Demolizioni propriamente dette intese come “abbattimenti di manufatti”: accettando tale distinzione, in ambito estrattivo parleremo sempre di SCAVI mentre in ambito di civile di SCAVI e DEMOLIZIONI propriamente dette.

ATTIVITA' DI SCAVO

Le attività di scavo e le opere al suolo coinvolgono numerose attività eterogenee fra loro ma tecnicamente connesse ed interdipendenti.

Fra queste le più comuni - che preludono alla costruzione di un'opera (in ambito civile) e alla coltivazione di un giacimento (in ambito estrattivo) - sono: operazioni di scavo, opere provvisorie e accessorie, opere di contenimento e accessorie, ecc.

- Le operazioni di scavo meccanizzato hanno tutte in comune la caratteristica di essere condotte da macchinari mobili che si possono dislocare autonomamente da un punto all'altro del cantiere.

- Lo scavo mediante esplosivo (in ambito estrattivo) segue procedure di preparazione, brillamento, recupero del materiale, secondo approcci e schemi operativi (geometrie e cariche della volata) RIPETITIVI la cui definizione discende da calcoli.

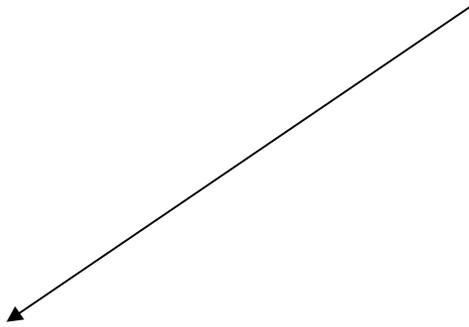
DEMOLIZIONI

Indipendentemente dalle tecnologie utilizzate, un intervento di demolizione eseguito a regola d'arte deve rispondere a diverse esigenze progettuali ed operative: ridurre il più possibile i costi e i tempi dell'intervento, garantire la sicurezza e la tutela dei lavoratori, non generare disturbo o impatto di alcun tipo (stabilità, ambiente, ecc..) ed ottimizzare il recupero delle macerie o, in generale, del materiale abbattuto.

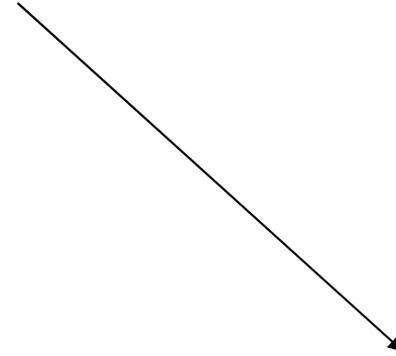
L' intervento di demolizione deve prevedere in prima istanza una vera e propria "presa di contatto" con la struttura; il risultato di questa "presa di contatto" si traduce nella maggior parte dei casi in un'attenta analisi statica strutturale del manufatto oggetto della demolizione o, nel caso di materiali "naturali", in un'analisi delle caratteristiche del materiale stesso (Modello Concettuale del Problema).

Conseguentemente si effettua il dimensionamento dell'intervento che ha come obiettivo tecnico primario quello di giungere al tipo di "disgregazione" desiderata (diametro medio del materiale abbattuto, volume da distaccare, disturbo indotto all'ammasso roccioso adiacente).

DEMOLIZIONE



Convenzionale (meccanico)



**Non convenzionale
(esplosivi o agenti chimici)**

AMBITO ESTRATTIVO:

- Metodi meccanici di abbattimento in cava
- Uso dell'esplosivo in cava

AMBITO CIVILE:

Opere geotecniche (ad es. gallerie o opere in sotterraneo)

- Metodi meccanici di abbattimento
- Uso dell'esplosivo

Demolizioni

- Metodi meccanici di abbattimento
- Uso dell'esplosivo

AMBITO
ESTRATTIVO:
abbattimento
meccanico

Perforazione (hydraulic rotational drill)



Metal rods connect the hydraulic motor to a widia drill head in various diameter.

It is used to make holes in rock mass in order to take the diamond wire for the bench cutting.



Peforazione (hydraulic rotational drill)



STUDIO SULLA SICUREZZA DEI SISPOSITIVI DI SMONTAGGIO NELLE MACCHINE PERFORANTI DA CAVA

3/5 infortuni all'anno.

Le macchine esaminate sono le elettroidrauliche con mandrino a barra passante.

Macchina perforante



Colonna utilizzata per smontare i tubi

Carter protezione catena di trasmissione

Motore elettrico

Mandrino a barra passante

Bulloni di serraggio per fermare le aste

La prima particolarità dell'utilizzo della macchina si riscontra nella fase di smontaggio delle aste. Tale operazione deve avvenire (secondo il manuale) a motore spento. 1) il motore a barra passante, 2) l'impossibilità di bloccare la rotazione dello stesso e 3) la presenza di un solo "niplo" a tubo, obbligano l'operatore a svitare i tubi nella seguente maniera: si infila la chiave inglese nell'apposita sede nel niplo poi con un energico movimento di rotazione manuale si mette in rotazione tutta la batteria di perforazione portando a sbattere la chiave contro il montante sinistro.

L'annullamento improvviso della rotazione della prima asta crea una variazione di momento di inerzia tra l'asta in questione ed il resto della batteria di perforazione, che dovrebbe svitare il filetto immediatamente sotto il niplo tenuto con la chiave.

Capita spesso che il livello di momento raggiunto porta l'insorgenza del fenomeno della “zazzera”, ovvero la femmina del filetto di una asta riesce a scavalcare la battuta del maschio della successiva danneggiando irrimediabilmente il filetto femmina.



Sezionamento a monte con macchine a filo diamantato



Bench sectioning with Diamond-Wire Saw

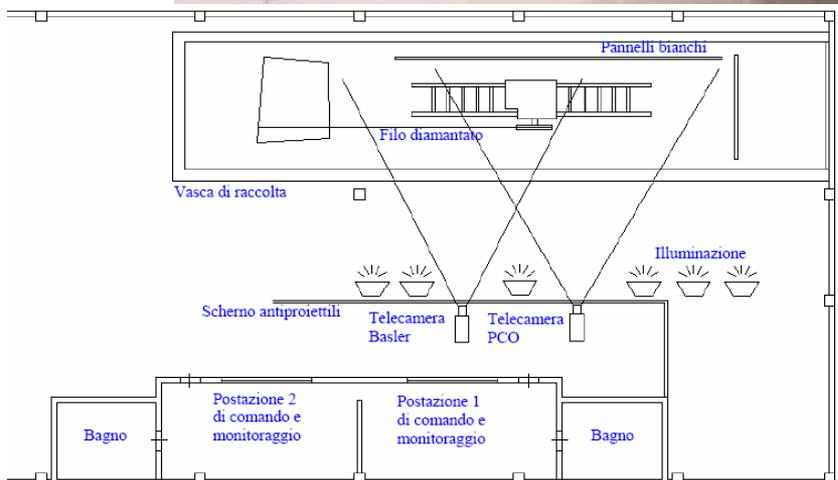
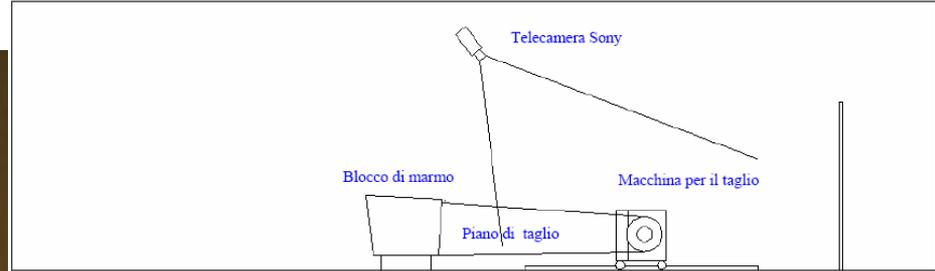


**SICUREZZA DELLE MACCHINE A FILO
DIAMANTATO**

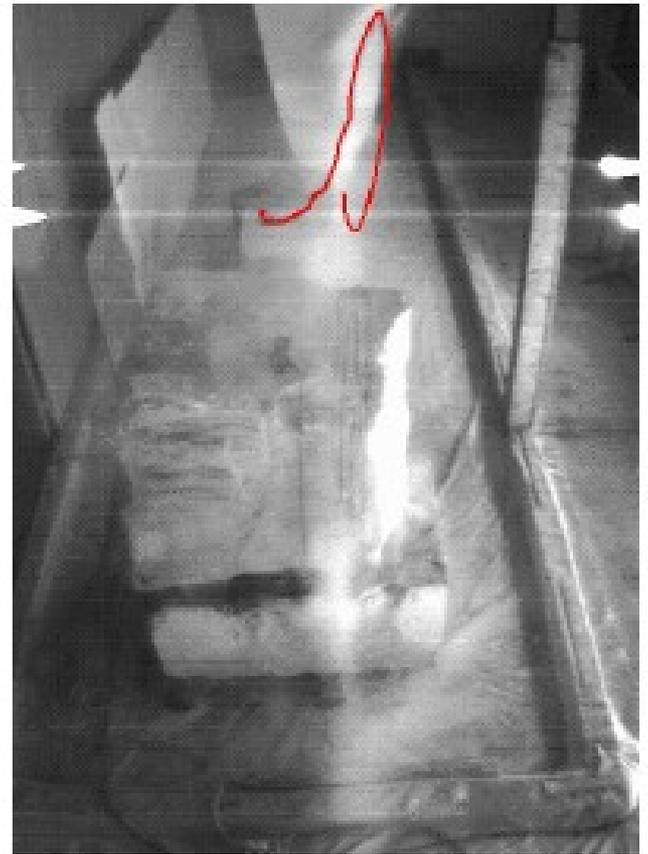
PROVE CONDOTTE

Tipologia	Distanziali	Nota
Filo gommato	molle in materiale sintetico	Perline usurate con scarsa capacità di taglio
Filo gommato	plastica	Perline integre
Filo gommato	molle in materiale sintetico	Perline usurate con scarsa capacità di taglio
Filo tradizionale	molle	Pressatori ogni 5 perline

ESECUZIONE TAGLI - RIPRESE TELEVISIVE



RIPRESE TELEVISIVE



RIPRESE TELEVISIVE

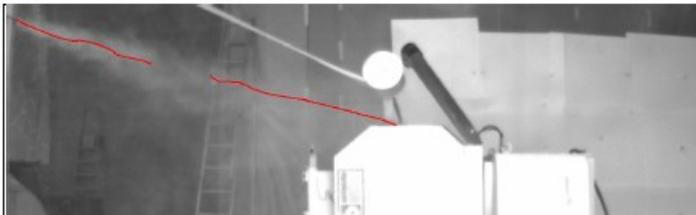


Figura 9.1 (t = 0 ms)



Figura 9.2 (t = 34 ms)



Figura 9.3 (t = 67 ms)

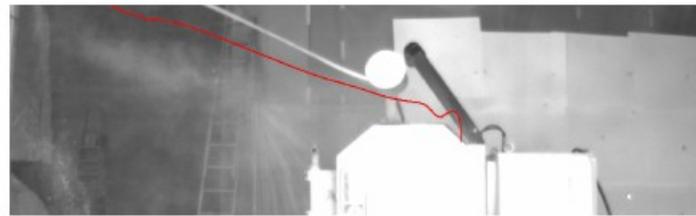


Figura 9.4 (t = 100 ms)

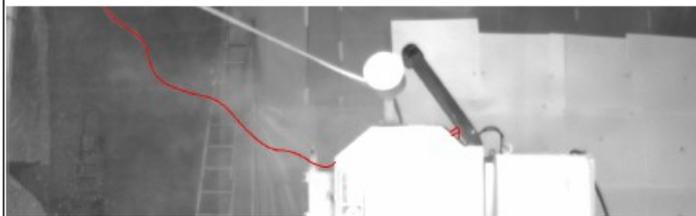


Figura 9.5 (t = 266 ms)

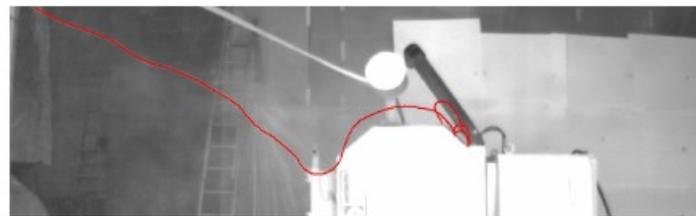


Figura 9.6 (t = 566 ms)

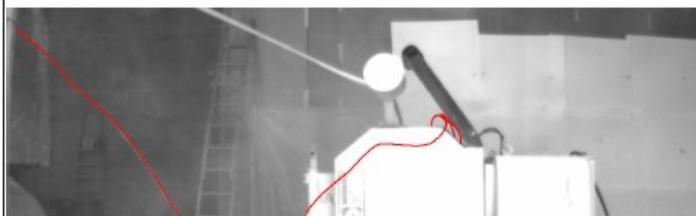


Figura 9.7 (t = 800 ms)



Figura 9.8 (t = 1033 ms)

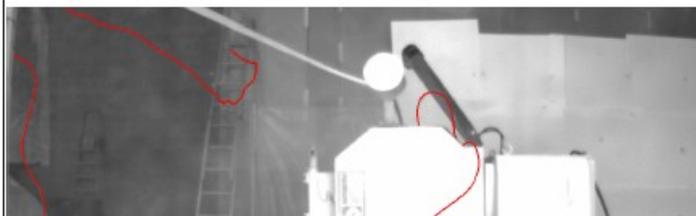


Figura 9.9 (t = 1366 ms)



Figura 9.10 (t = 1500 ms)

RIPRESE TELEVISIVE

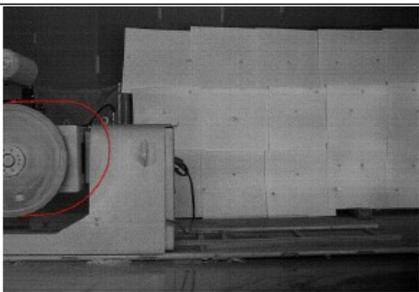


Figura 3.1 (t = 92 ms)

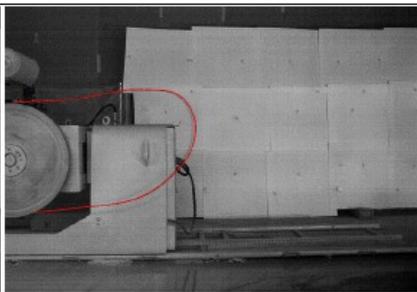


Figura 3.2 (t = 163 ms)

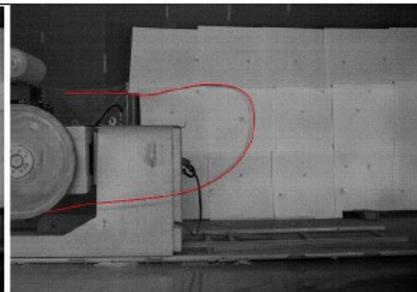


Figura 3.3 (t = 192 ms)

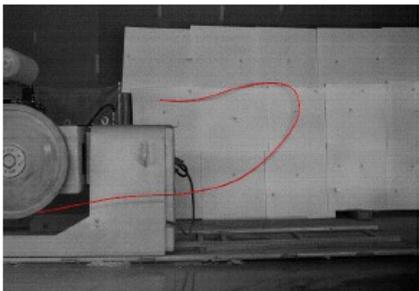


Figura 3.4 (t = 213 ms)

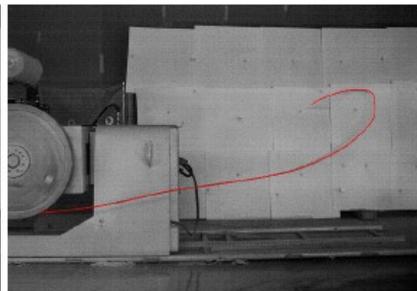


Figura 3.5 (t = 233 ms)

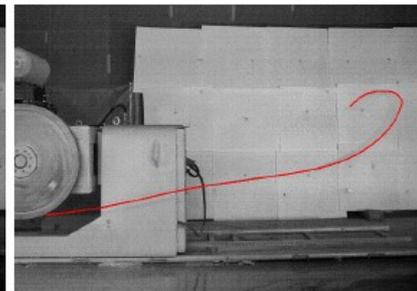


Figura 3.6 (t = 237 ms)

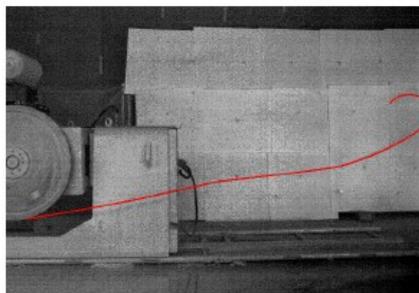


Figura 3.7 (t = 246 ms)

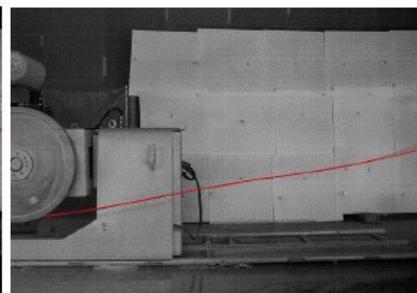


Figura 3.8 (t = 250 ms)

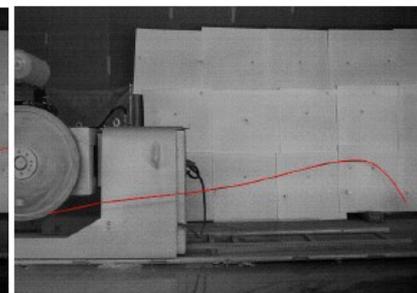


Figura 3.9 (t = 263 ms)

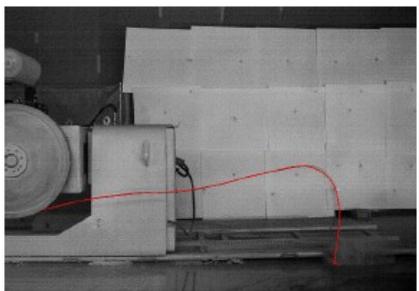


Figura 3.10 (t = 271 ms)

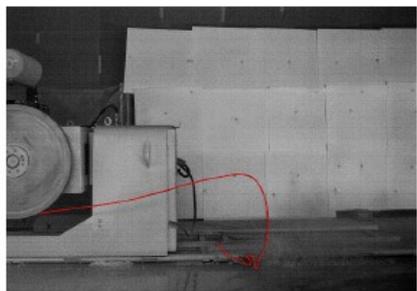


Figura 3.11 (t = 334 ms)

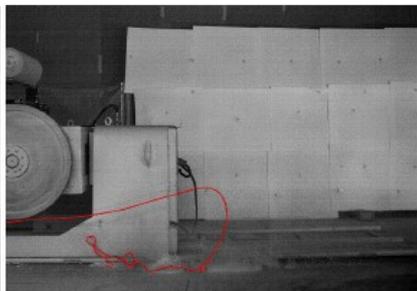


Figura 3.12 (t = 438 ms)

STUDIO DEL MECCANISMO DI ROTTURA



STUDIO DELLE TRAIETTORIE DEGLI ELEMENTI PROIETTATI



RICOSTRUZIONE-SIMULAZIONE GRAFICA

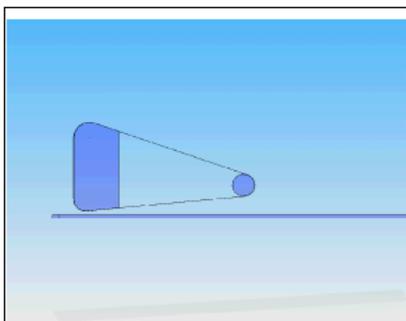


Figura 12.1 (t = 0 ms)

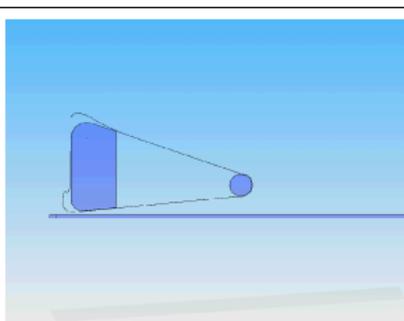


Figura 12.2 (t = 40 ms)

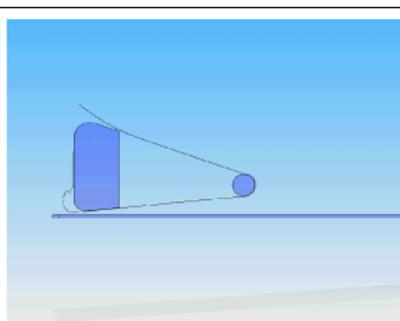


Figura 12.3 (t = 44 ms)

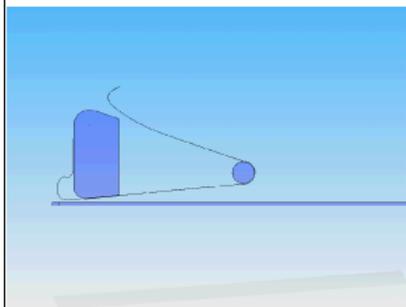


Figura 12.4 (t = 53 ms)

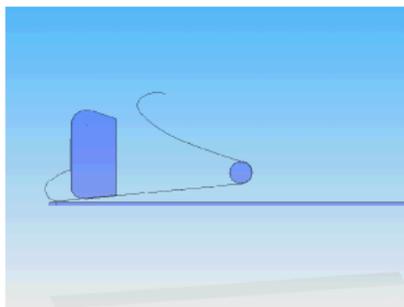


Figura 12.5 (t = 70 ms)

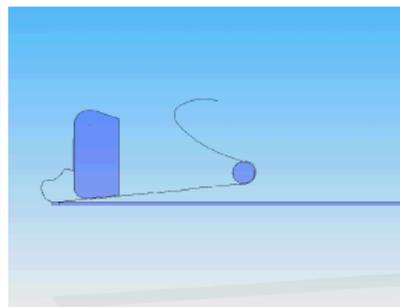


Figura 12.6 (t = 89 ms)

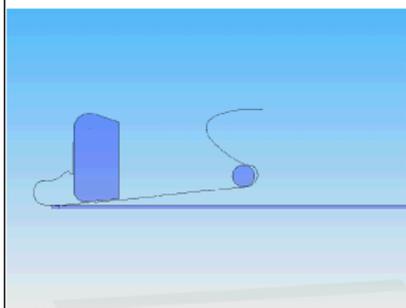


Figura 12.7 (t = 110 ms)

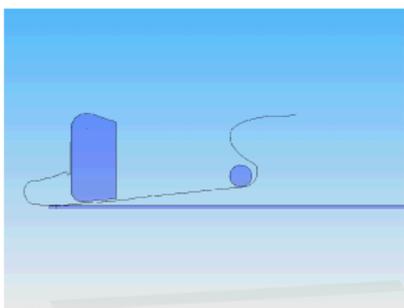


Figura 12.8 (t = 133 ms)

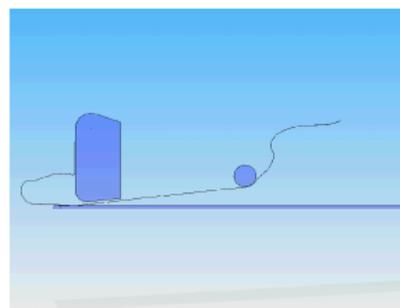


Figura 12.9 (t = 167 ms)

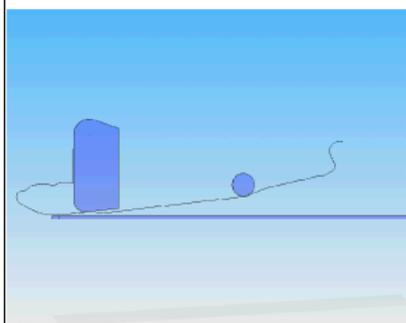


Figura 12.10 (t = 192 ms)

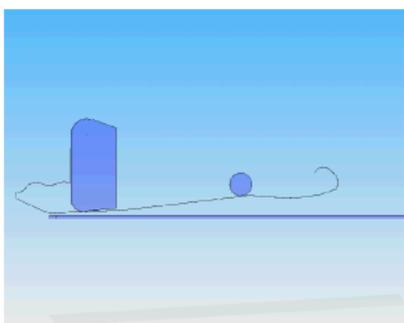


Figura 12.11 (t = 204 ms)

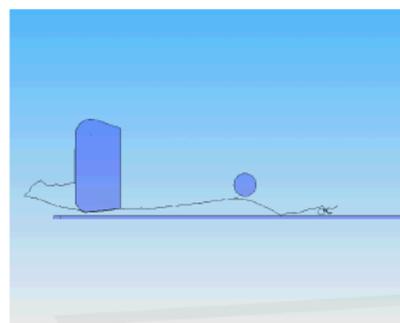
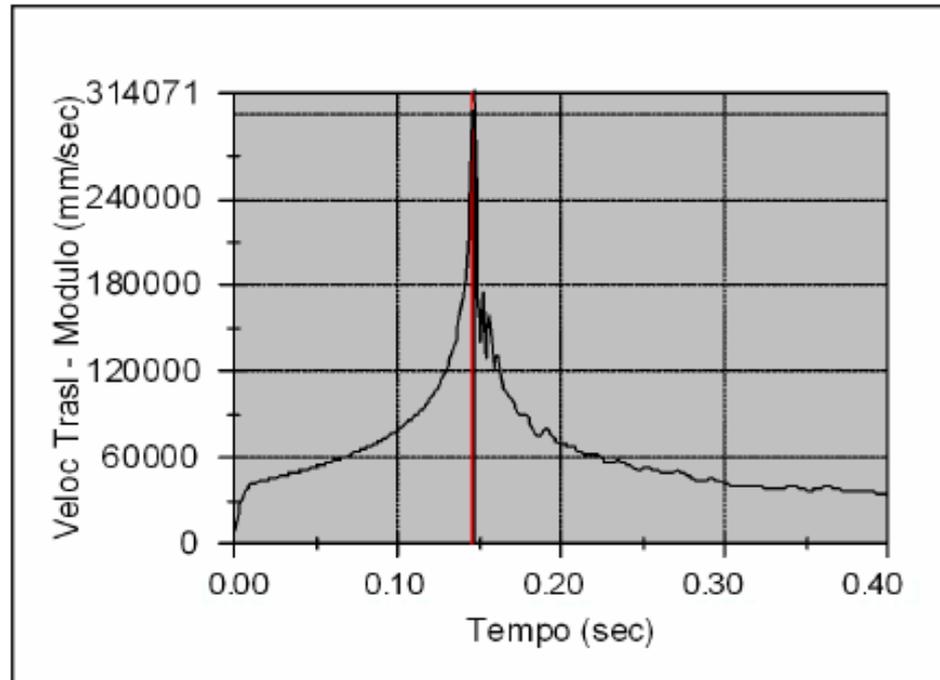


Figura 12.12 (t = 225 ms)

ELABORAZIONE DEI DATI



- p = densità lineare del filo = 0,3 kg/m (cavo con perline, molle e distanziali);
- D_n = diametro nominale del cavo = 4,9 mm;
- D_t = diametro nominale di ciascun trefolo = 1,6 mm (cavo con 7 trefoli);
- $V = 40$ m/s;
- F_s = carico di sfilamento della giunta = 2800 N (ricavato dalle prove di trazione);
- l_0 = lunghezza libera del provino = 493 mm;
- $\Delta l = 2,24$ mm (ricavato dalle prove di trazione come media dell'allungamento elastico dei provini sottoposti ad uno sforzo di trazione di 2800 N);
- $\varepsilon = \Delta l / l_0 = 4,54 \cdot 10^{-3}$;
- l_1 = lunghezza libera del cavo = 6 m (valore ipotizzato);
- $\Delta l_1 = 27,3$ mm
- E_p = energia potenziale elastica = $\frac{1}{2} F_s \Delta l = 76$ J;
- E_c = energia cinetica = $\frac{1}{2} m \cdot V^2 = \frac{1}{2} p \cdot l_1 \cdot V^2 = 1440$ J;

PROVE DI ROTTURA GIUNTE E CAVO

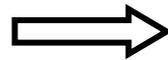
cavo	Carico rottura o sfilamento (N)	Allungamento massimo (mm)	note
A	3207.99479	6.04336	Giunta rame indebolita
B	3069.89583	6.52891	Giunta rame indebolita
C	2194.81771	3.66341	Giunta rame indebolita
D	2804.96654	5.31738	Giunta rame indebolita
E	4272.35677	6.3584	Giunta rame indebolita
F	4529.51826	6.79876	Giunta rame serraggio normale
G	4704.42708	8.72168	Giunta rame serraggio normale
H	4827.21354	6.76764	Giunta rame serraggio normale
I	4776.15885	8.50911	Giunta rame serraggio normale
J	4199.77865	4.87012	Giunta rame serraggio normale
K	10192.91667	7.0373	Giunta acciaio serraggio normale
L	10246.58854	6.1377	Giunta acciaio serraggio normale
M	19287.59551	17.08936	Filo senza giunta
N	19389.51823	18.39303	Filo senza giunta

ATTIVITA' IN CORSO

Le prove sono presentate erano rivolte alla valutazione degli effetti della rottura del filo: l'obiettivo era quello di limitare le conseguenze della rottura.

Quest'anno le prove e gli studi saranno rivolti a migliorare e approfondire la conoscenza di ciò che può concorrere ad evitare la rottura del filo.

Protezione passiva:



Protezione attiva:

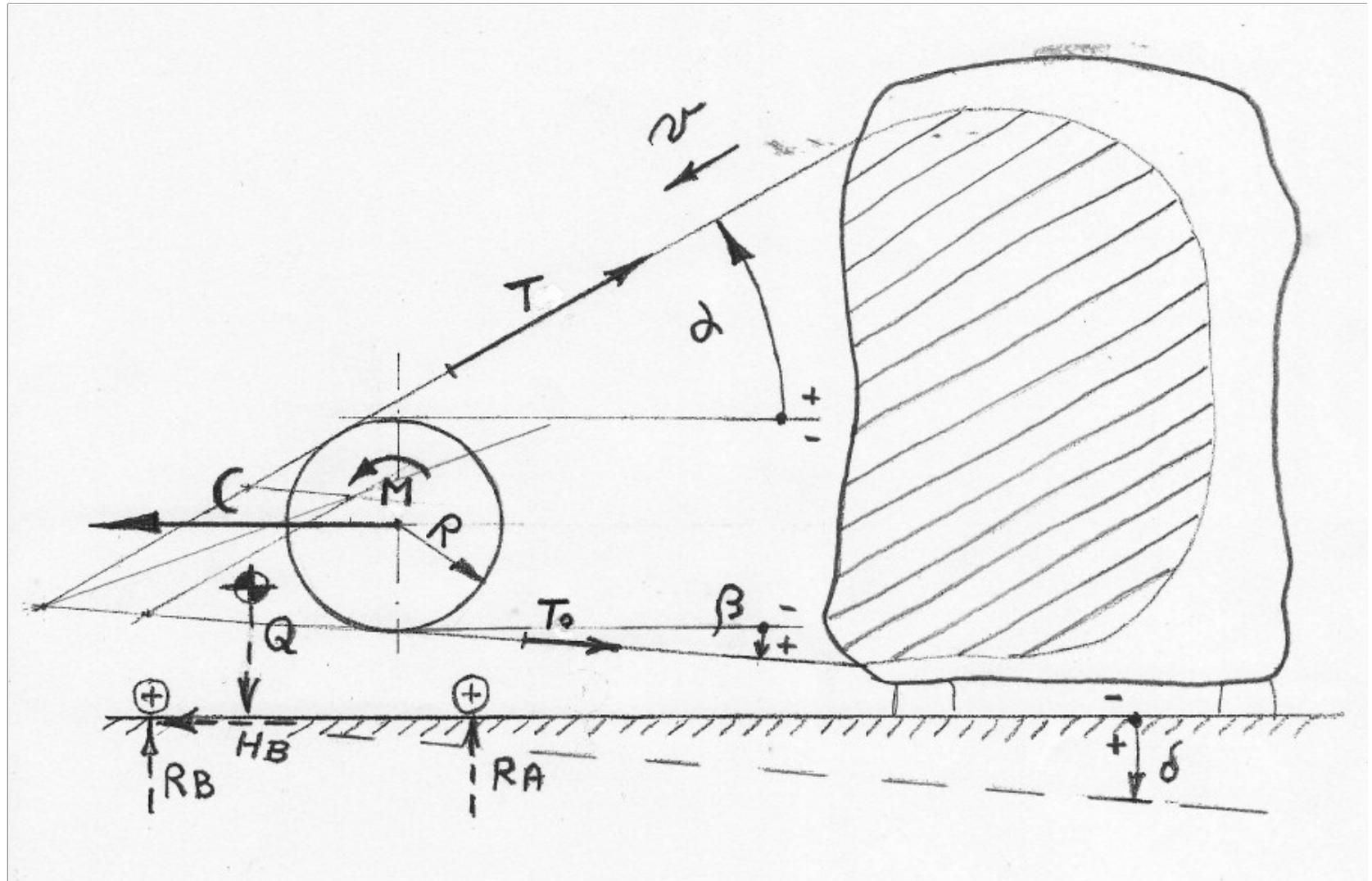
ridurre gli effetti in caso della rottura del filo

- Utilizzare le PROTEZIONI
- Rispettare le DISTANZE dalla macchina durante e dopo il taglio
- Rispettare le indicazioni fornite dai costruttori (MANUALE D'USO)
- Ispezionare con cura il blocco (SEGNATURA)

evitare la rottura del filo

Il FILO DIAMANTATO (Cavo + Giunta) deve avere sempre una RESISTENZA IN GRADO DI OPPORSI ALLA FORZA MASSIMA che la MACCHINA può applicare al filo con rotazione e avanzamento

Studio delle grandezze fisiche in gioco



Studio delle grandezze fisiche in gioco

Ipotesi:

3. Trasferimento del moto tra puleggia e filo in analogia con trasmissione tra pulegge e cinghie
4. Pulegge costruite in materiale rigido e cinghie in materiale elastico assolutamente flessibile
5. Coefficiente di aderenza medio fra filo e pulegge
6. Fenomeno dello scorrimento elastico per determinare le relazioni fra trazione del tratto entrante, trazione del tratto in uscita e momento di trascinarsi

- 1) Equ. Traslazione orizzontale

$$C = T \cos \alpha + T_0 \cos \beta$$

- 2) Equ. Rotazione

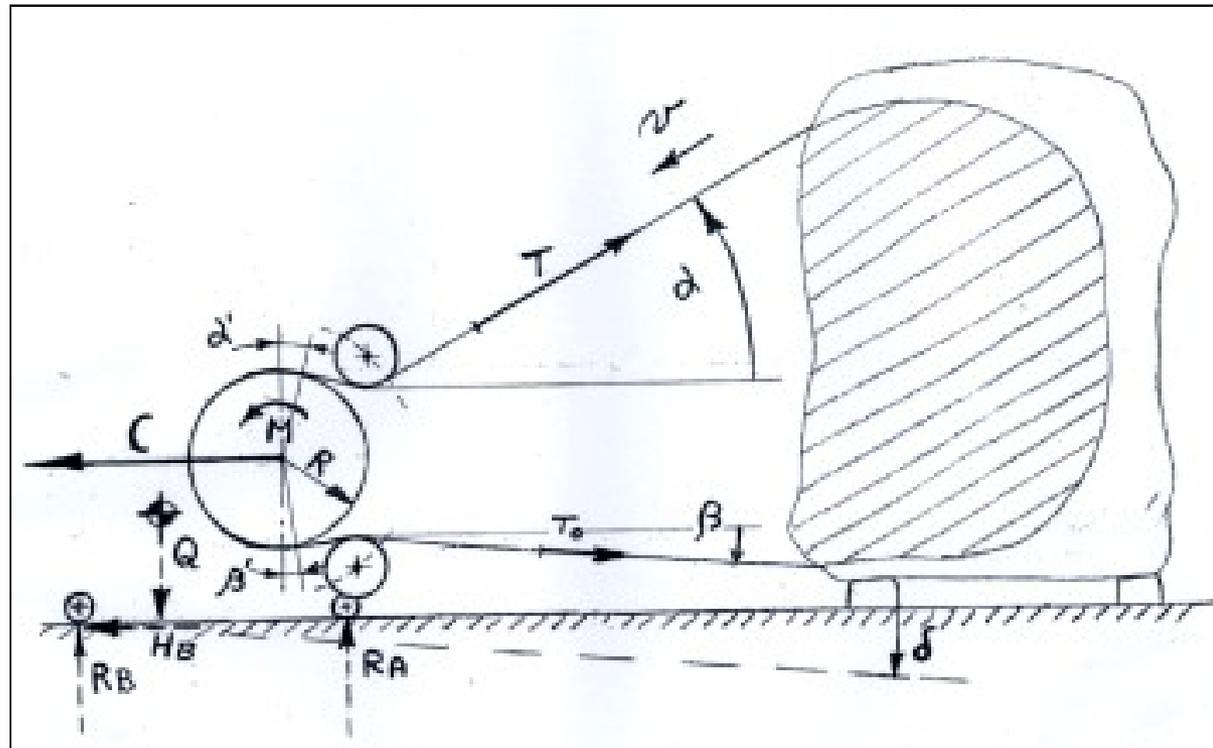
$$T - T_0 = \frac{M}{R}$$

- 3) Condizione di non slittamento

$$\left(T - \frac{\gamma \cdot v^2}{g} \right) \leq e^{f\theta} \cdot \left(T_0 - \frac{\gamma \cdot v^2}{g} \right)$$

- 4) Angolo di avvolgimento

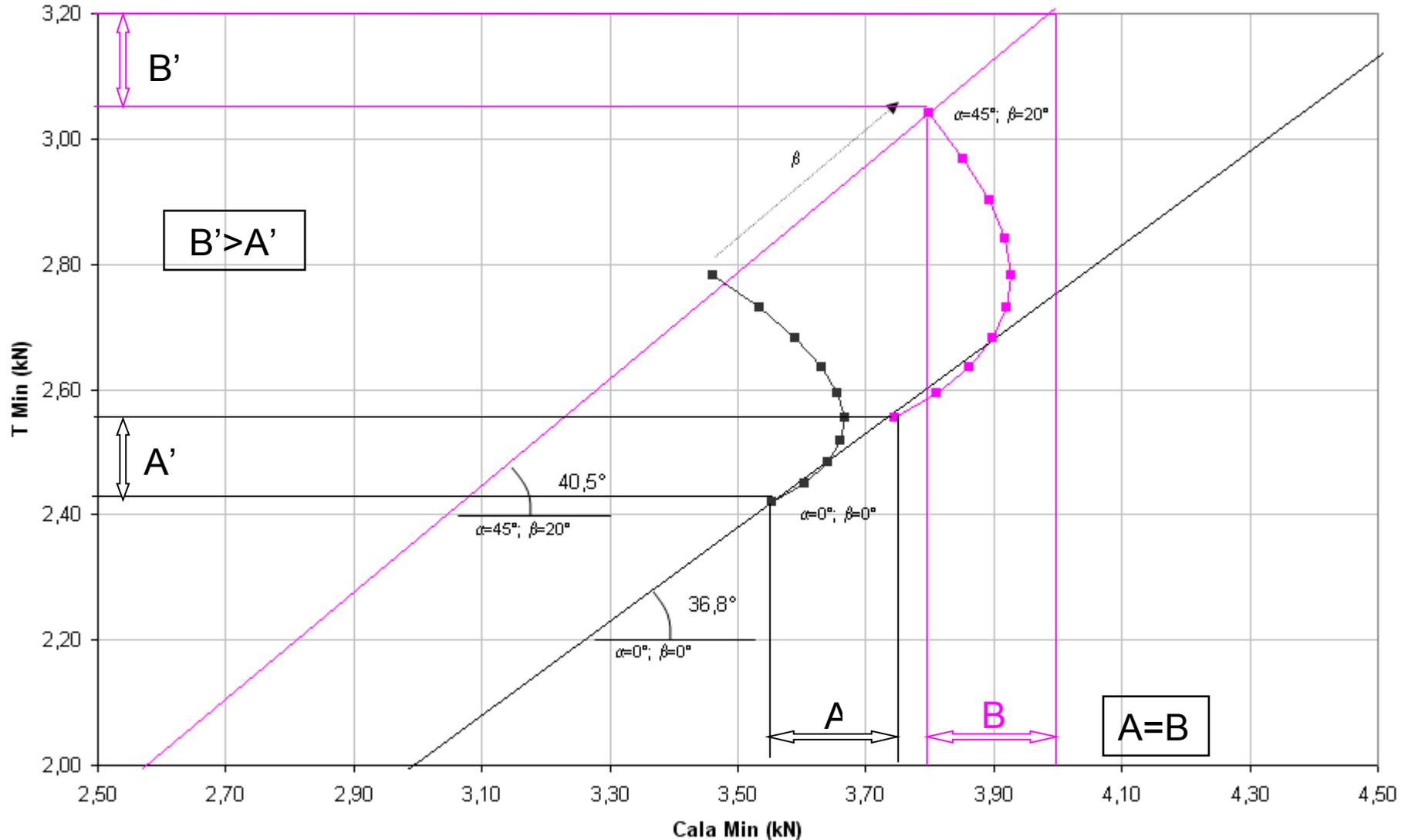
$$\theta = \pi + \alpha' + \beta'$$



Luogo dei poli al limite dello slittamento

Pendenza delle curve limite di slittamento

70 CV - 40 m/s - R=0.5 m



CONSIDERAZIONI FINALI

Suggerimenti tecnici per gli utilizzatori:

- Far passare il nastro al di sopra del blocco, ponendo adeguati distanziali, e fissarlo in modo da coprire la base del blocco;
- Preparare la sede del filo con subbia e mazzetta;
- Nel caso di taglio orizzontale predisporre adeguate protezioni sia per il tratto più teso che per quello meno teso;
- Prestare particolare attenzione in caso di rotazione inversa. Questa modalità rende più difficile la predisposizione di adeguate protezioni contro il colpo di frusta e può essere più complessa per l'impiego dell'acqua;
- Utilizzare giunte di buona qualità eseguite a regola d'arte: le giunte in acciaio hanno resistenze maggiori e le pinze oleodinamiche garantiscono di applicare sempre la stessa forza;

CONSIDERAZIONI FINALI

Suggerimenti tecnici per gli utilizzatori:

- **Utilizzare protezioni a nastro intatte e ben posizionate. Ciò aumenta il potere di intercettazione e riduce la possibilità che il nastro venga deviato da un primo impatto e lasci passare elementi del filo;**
- **Rispettare le distanze di sicurezza dalla macchina;**
- **Verificare l'usura del filo (cavo + giunte): conoscere i metri di taglio effettuati e ispezionare visivamente l'utensile (cavetto, giunte, perline, molle, distanziali, pressatori);**
- **Valutare utensili (cavi + giunte) che consentano di avere meno elementi proiettati;**
- **Effettuare la “segnatura” con cura valutando se il taglio interseca peli o fratture e può causare il distacco di scaglie;**
- **Avvicinarsi sempre con cautela al blocco dopo il taglio o predisporre prolunghe, per esempio, per rimuovere la protezione alla base del blocco.**













Bench sectioning with Chain Saw



Bench sectioning with Chain Saw



Bench sectioning with Chain Saw



Bench Overturning (or removing)



Bench Overturning (or removing)



Bench Overturning (or removing)



Bench Sectioning

(and eventually bench squaring)



Bench Sectioning (and eventually bench squaring)



***AMBITO
ESTRATTIVO:***

***abbattimento con
ESPLOSIVO***

Introduzione

Cava di marmo: lavori di estrazione, intesa come attività estrattiva di 2^a categoria (R.D. 1443/27), situata logisticamente a mezza costa sul monte, con notevoli problematiche di aree frazionate fra imprenditori diversi.

Esplosivo: strumento di lavoro per lo spostamento, abbattimento, frantumazione dei materiali rocciosi. Necessario per la lavorazione di grandi masse e per contenere i costi di produzione, in termini di tempo e di spesa, che aumenterebbero con l'esclusivo uso di mezzi meccanici.

Le procedure amministrative

Materia trattata dal Testo Unico Leggi di Pubblica Sicurezza (TULPS) con autorizzazioni a cascata:

2. Autorizzazione all'uso esplosivi (Sparo mine)
3. Autorizzazione all'acquisto
4. Autorizzazione al trasporto
5. Autorizzazione personale al caricamento (fochino)

L'Autorità di P.S. preposta per ogni singola Autorizzazione si avvale dell'Organismo preparato per la valutazione tecnica preventiva delle necessità (congruità)

PROCEDURA DI RILASCIO CONGRUITA QUANTITATIVI MATERIALI ESPLODENTI (Art. 296 DPR 128/59) PER L'IMPIEGO NELLE ATTIVITÀ' ESTRATTIVE

L'**utente** inoltra contestualmente le seguenti istanze:

all'Autorità di PS (Questura o Commissariato a seconda dell'ubicazione della cava) per il rilascio dell'Autorizzazione all'acquisto dei materiali esplosivi.

all'ASL per il rilascio della attestazione di congruità dei materiali esplosivi

L'istanza fatta all'Asl dovrà contenere:

una valutazione dei quantitativi di esplosivo che ritiene necessari all'attività estrattiva, per la durata di un anno

un elenco addetti esplosivo (artt. 317- 305 DPR 128/59) che deve essere sottoscritto dal Direttore dei lavori, dal Legale Rappresentante e per accettazione dell'incarico, dal Fochino; una dichiarazione da parte del Legale Rappresentante, nella quale si certifica che il fochino è abilitato ad esercitare il mestiere ed ha ottenuto il rinnovo annuale (rinnovo che prevede una visita medica da effettuarsi presso l'ASL di competenza) e di essere in possesso della prevista autorizzazione Comunale alla coltivazione, riportando gli estremi della stessa con riferimento alla data di scadenza

La ASL :

formula il parere di congruità dalla richiesta dell'Utente, previa :
verifica d'ufficio dei quantitativi richiesti dalla Ditta e se necessario tramite sopralluogo conoscitivo da parte dei tecnici della U.O.I.M. nella cava stessa. Nel caso di abbattimenti di tipo civile, vista la loro specificità, è sempre richiesta una relazione di progetto (che nel caso di cave viene richiesta espressamente in caso di operazioni ripetitive o per volate di particolare entità e importanza)

Il parere di congruità, corredato dell'elenco addetti utilizzo esplosivo presentato dalla ditta, viene trasmessa a :

- all'Autorità di PS (Questura o Commissariato a seconda dell'ubicazione della cava) che rilascia l'autorizzazione all'acquisto di materiale esplosivo al richiedente e lo trasmette, per conoscenza, alla Prefettura nel cui territorio di competenza ricade la cava.
- alla Prefettura nel cui territorio di competenza ricade la cava, per i successivi N.O. ed Autorizzazioni al trasporto dell'esplosivo (Il nullaosta al trasporto di materiale esplodente è rilasciato dalla Prefettura/e interessata/e dal transito dell'esplosivo, su istanza del fornitore, o dell'utilizzatore qualora disponga di mezzi idonei, ai sensi di legge, per il trasporto di materiale esplodente).
- alla Ditta richiedente, la quale la consegnerà al fornitore che potrà richiedere alla Prefettura il Nulla Osta al trasporto.

Note tecniche

Si definisce esplosivo una qualsiasi sostanza che per effetto di una adatta causa esterna (innesco) sia essa calore (fiamma) o urto (detonatore) si decompone rapidamente dando luogo a formazione di notevoli quantità di gas ad alta temperatura e pressione.

Si suddivide in 5 categorie:

I[^] deflagranti (polvere nera)

II[^] detonanti (dinamiti/miccia detonante)

III[^] detonatori

IV[^] fuochi d'artificio

V[^] miccia a lenta combustione e accenditori

“IL FOCHINO”

ART. 27 D.P.R. N. 302 DEL 19/03/1956

“LICENZA E MESTIERE DEL FOCHINO”

I COMPITI DI : a) **disgelamento delle dinamiti**

b) **confezionamento con innesco delle cariche e caricamento dei fori da mina**

c) **brillamento delle mine, sia a fuoco che elettriche**

d) **eliminazione cariche inesplose**

Sono effettuati da personale munito di speciale licenza rilasciata dalla Commissione Tecnica Provinciale per gli esplosivi; l'autorizzazione ad esercitare il mestiere di Fochino la rilascia il Prefetto.

1° RILASCIO

- Esame medico presso la Prefettura;

-Esame in Prefettura (Commissione Tecnica Provinciale);

-Rilascio autorizzazione personale di validità illimitata da parte della Prefettura (n.b.: revocabile in ogni momento per abuso, illeciti, etc.);

- Richiesta al Comune di autorizzazione primo rilascio (modulistica già pronta Ufficio Attività Produttive Comune), dopo circa 7-8gg vi rilasciano l'autorizzazione materiale valida 1 anno;

ANNUALMENTE

-Visita medica per accertamento idoneità psico-fisica, presso ASL-Sez. Medicina Legale, previo certificato anamnestico proprio medico;

-Richiesta al Sindaco (moduli già pronti all'Ufficio Attività Produttive del Comune), con marca da 14.62€;

-Dopo circa 7-8gg si ritira l'autorizzazione annuale al mestiere di fochino.

-QUINDI: LA LICENZA UNA VOLTA SOLA LA RILASCIA LA PREFETTURA (SALVO EVENTUALI VARIAZIONI NELLA NORMATIVA) MENTRE L'AUTORIZZAZIONE ANNUALE ALL'ESERCIZIO DEL MESTIERE LA RILASCIA IL COMUNE DI RESIDENZA (RICORDA: COMUNE DI RESIDENZA)

Impieghi nelle cave di marmo



Mine cilindriche profonde



Mine a fendere

Impieghi nelle cave di inerti



Congruità esplosivi: schema di tiro

SEZIONE		(*) PIANTA	
volata del..... q. m..... quota fronte ϕ mm..... diametro fori spaziatura fori $\left\{ \begin{array}{l} i \text{ m..... interasse} \\ s \text{ m..... spalla} \end{array} \right.$ x inclinazione fori h m..... altezza fronte cava l m..... lunghezza fori p m..... lunghezza fori sotto piazzale fori n°..... su n°..... file			
ESPLOSIVO IMPIEGATO			
..... in cartucce ϕ x m; Kg in cartucce ϕ x m; Kg	
		totale Kg	
detonatori elettrici microritardati da m; n°			
relais microritardati da m; n°			
SEZIONE TIPO CARICA			
CARICA TIPO PER FORO			
esplosivo		Kg	
esplosivo		Kg	
		totale Kg	
SCHEMA TIPO DI CARICA			
		cartuccia gelatinato (ogni cartuccia Kg)	
		cartuccia polverulento (ogni cartuccia Kg)	
		borrhaggio m (riportare sulla linea ausiliaria le varie lunghezze)	
NOTE E GIUDIZI			
pezzatura materiale abbattuto			
taglio della parete			
piede			
proiezioni			
osservazione			
(*) RIPORTARE LA DISPOSIZIONE DEI FORI CON LA RELATIVA SEQUENZA DEI TEMPI DI INNESCO			

DEFINIZIONE DI ESPLOSIONE

ESPLOSIONE \Rightarrow Fenomeno chimico-fisico che in un tempo breve o brevissimo sviluppa notevoli quantità di energia attraverso la produzione di gas a pressione e temperatura elevatissime, con conseguenti effetti meccanici, ottici e acustici.

\Rightarrow a) **DEFLAGRAZIONE**: Rapidissima combustione dove il composto "esplosivo" "brucia" sviluppando calore e quindi energia, il tutto in frazioni di secondo.

Velocità centinaia di metri al secondo (600-800m/sec)

\Rightarrow b) **DETONAZIONE**: Tipo una evaporazione che si concentra in frazioni infinitesime di secondo.

Velocità migliaia di metri al secondo (2000-7000m/sec)

CARATTERISTICHE DEGLI ESPLOSIIVI

ENERGIA DI ESPLOSIONE:

Si deduce indirettamente per via teorica, dalla composizione dell'esplosivo o per via diretta con prove "calorimetriche".

SI ESPRIME → IN UNITA' TERMICHE (calore di esplosione)

→ IN UNITA' MECCANICHE (lavoro di esplosione)

CARATTERISTICHE DEGLI ESPLOSIVI

ENERGIA DI ESPLOSIONE: è l'energia sviluppata da 1Kg di esplosivo (cal/Kg o MJ/kg) o da un 1 litro di esplosivo. Kg o litro dipende dalla convenzione adottata. Essa indica la quantità di energia che teoricamente può essere trasmessa alla roccia.

Si misura teoricamente con calcoli termochimici o direttamente (bomba calorimetria) con sistemi utilizzati per i combustibili.

La sua misura può essere fatta anche indirettamente misurando il lavoro meccanico fatto dall'esplosivo, come nel blocco trautzi o con il pendolo balistico.

MASSA VOLUMICA: è il rapporto tra la massa dell'esplosivo ed il suo volume; si esprime in grammi/litro; valori di riferimento sono 800g/l per l'ANFO a 1550g/l per le dinamiti gomme.

DENSITA' DI CARICA: è il peso di esplosivo contenuto nell'unità di volume del foro da mina.

Ad esso si correlano: il **rapporto di disaccoppiamento** Φ_f/Φ_c (diametro foro su diametro carica) e la **densità critica**, cioè la densità assunta dall'esplosivo (esempio per compattazione nel foro e si parla di *compattazione a morte*) per cui lo stesso risulta insensibile all'innesco o alla propagazione della detonazione.

CARATTERISTICHE DEGLI ESPLOSIVI

VELOCITA' DI DETONAZIONE: è la velocità con cui la reazione si propaga nella massa dell'esplosivo.

Sulla base di questa si distinguono esplosivi:

- **DEFLAGRANTI:** in cui la velocità di reazione è subsonica e la reazione si propaga per conduttività termica (da 200 a 600m/sec secondo la granulometria del miscuglio);
- **DETONANTI:** in cui la velocità è supersonica e la reazione si propaga come onda di pressione (da 1.800 a 9.000m/sec).
- I detonanti si suddividono ancora in **PRIMARI** o **INNESEANTI** (contenuti nei detonatori come carica primaria) e **SECONDARI**. I primari raggiungono il regime di detonazione per semplice contatto con fiamme o urto; i secondari abbisognano di una microesplosione (microcarica).

TEMPERATURA DI ESPLOSIONE: esprime la temperatura massima raggiunta dai gas dell'esplosione; varia tra i 2.500 ed i 6.000°C.

CARATTERISTICHE DEGLI ESPLOSIVI

PRESSIONI GENERATE DALLA DETONAZIONE: nel fenomeno si distinguono due pressioni distinte:

- “QUASI STATICA” o CHIMICA: è la pressione generata dalla costrizione dei gas dell'esplosione (fumi) in un volume ridotto;
- “DI DETONAZIONE – DI PICCO – D'URTO”: è la pressione di tipo impulsivo che esiste solo durante la reazione (detonazione) e solo in corrispondenza di dove la reazione sta avvenendo (fronte di detonazione).

SENSIBILITA' ALL'INNESCO: i deflagranti si innescano per stimolo termico o anche con una carica detonante (miccia detonante) e i detonanti primari si innescano per urto o anche per stimolo termico. I detonanti secondari abbisognano di una microesplosione, fornita da un detonatore. Tra questi ultimi poi si rinvengono esplosivi sensibili al detonatore ed esplosivi “sordi”, che per innescarsi hanno bisogno di uno stimolo maggiore, come una carica ausiliaria (booster).

Esiste una scala di sensibilità all'innescò detta di Sellier-Bellot che comprende una serie di detonatori dal n.1 al n.10 a cui corrisponde un peso di carica man mano crescente. Oggi quasi tutti si innescano con il n.8 a cui corrispondono 2g di fulminato di Hg, mentre l'ANFO ha bisogno del n.10 a cui corrispondono 3g di fulminato di Hg.

CARATTERISTICHE DEGLI ESPLOSIVI

DIAMETRO CRITICO: diametro al di sotto del quale la detonazione innescata ad una estremità della carica non può propagarsi poiché l'energia deputata a trasmettere il processo è diventata insufficiente. A tal proposito si mette in evidenza che cariche di maggior diametro detonano con velocità maggiori a parità di quantitativo di esplosivo.

DISTANZA DI COLPO: si intende la distanza (espressa in cm) alla quale una cartuccia di esplosivo provoca la sicura detonazione di una seconda cartuccia disposta orizzontalmente e sullo stesso allineamento (esplosione "per simpatia")

VOLUME DEI GAS D'ESPLOSIONE: è il volume dei gas che 1Kg di esplosivo può sviluppare nelle condizioni standard di 20°C e 1 atmosfera di pressione.

SALUBRITA' DEI FUMI: questo è legato alla capacità che ha l'esplosivo di ossidarsi completamente e non formare gas nocivi come CO e NO, ma CO₂ e NO₂. In alcuni casi questo concetto è legato ad un altro parametro empirico detto **tempo di sfumo "T"**, che fornisce solo valutazioni comparative tra i vari esplosivi, ad esempio le gomme hanno tempo di sfumo doppio rispetto alle gelatine, e l'ANFO valore intermedio tra i due.

TENUTA ALL'ACQUA: il concetto di "tenuta all'acqua" cioè il tempo che si può lasciare l'esplosivo anche se confezionato in fori umidi o con acqua è difficilmente traducibile in termini quantitativi, e pertanto si preferisce indicare con aggettivi la buona o cattiva tenuta all'acqua dell'esplosivo, affinché l'operatore possa decidere sulla convenienza o meno di impiegare in certe condizioni esplosivo. In ordine decrescente di sensibilità all'umidità: 1) Esplosivi al nitrato di ammonio; 2) Esplosivi ai clorati e perclorati (chedditi); Dinamiti; 3) Pentrite, T4 e tritolo.

ESPLOSIVI IN COMMERCIO

Alcuni dei principali tipi di esplosivi oggi in commercio per uso civile:

GELATINE (dinamiti classiche, gelatine dinamiti e gelatine gomma)

ESPLOSIVI PULVERULENTI (es.chedditi, amatoli)

AN.FO. (nitrato di ammonio e gasolio)

SLURRY (esplosivi a base acquosa)

EMULSIONI (esplosivi a base di liquidi immiscibili)

POLVERE NERA (o pirica)

ESPLOSIVI ANTI-GRISU' O GRISUTINE (esplosivi di sicurezza)

PENTRITE (solo nella miccia detonante e nei detonatori, non sfuso)

AMBIENTE DI LAVORO
(esplosivi da mina)

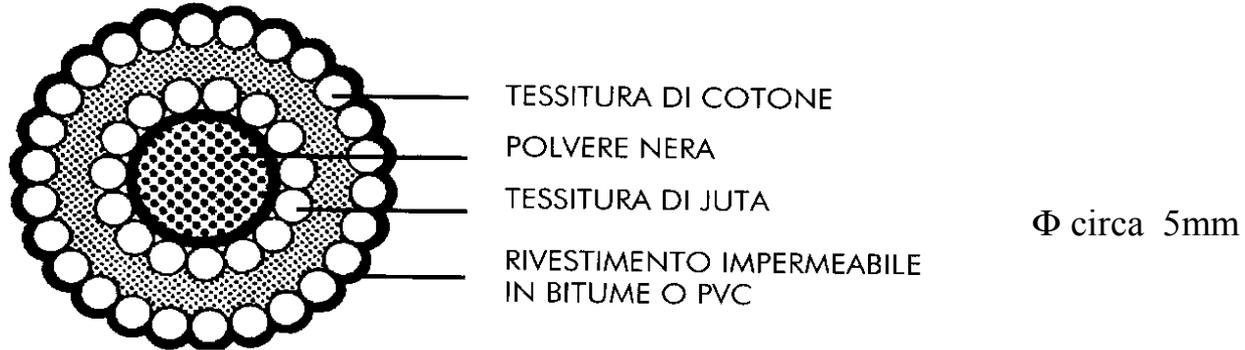
-
- Cava o lavori all'aperto (solitamente in carta gialla)
 - Lavori in sotterraneo (carta rossa)
 - Di sicurezza o antigrisoutosi (carta verde)

SECONDO LE LEGGI DI P.S.
Allegato "A" al T.U.L.P.S.

-
- Categoria I: polveri e prodotti affini (polvere nera)
 - Categoria II: dinamiti e prodotti affini negli effetti esplodenti (comprendono tutti gli altri detonanti compresa la miccia detonante)
 - Categoria III: detonanti e prodotti affini negli effetti esplodenti (detonantori ordinari ed elettrici)
 - Categoria IV: artifici e prodotti affini (non interessa i lavori da mina)
 - Categoria V: munizioni di sicurezza e giocattoli pirici (miccia a lenta combustione e accenditori elettrici non detonanti)

ACCESSORI DA MINA

MICCIA A LENTA COMBUSTIONE (MICCIA DI SICUREZZA – MICCIA ORDINARIA)



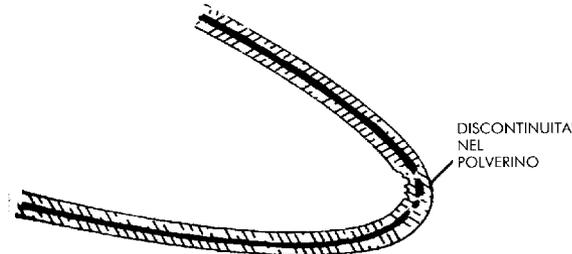
VELOCITA' DI COMBUSTIONE : 120 sec a ml

Scarto più o meno 2 sec a metro, ma non superiore a più o meno 5% del tempo

VERIFICA VELOCITA' DI COMBUSTIONE : REGISTRO PROVA MICCIA

Collaudo di 1 metro ogni 100 metri (1%)

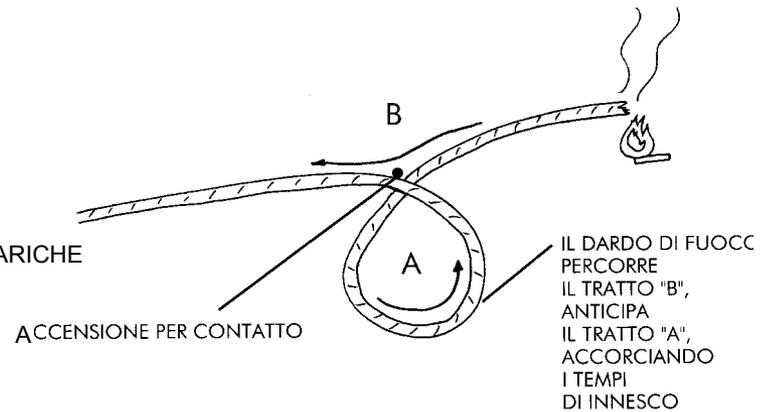
N.B.: MAI piegare eccessivamente la miccia a lenta combustione : discontinuità nel polverino



MAI far si che tratti di miccia nera si sovrappongano : diminuzione nel tempo di durata



ALLE CARICHE



MAI esporre a caldo o freddi intensi la miccia

EVITARE contatto con grassi e oli che possono alterare le guaine esterne.

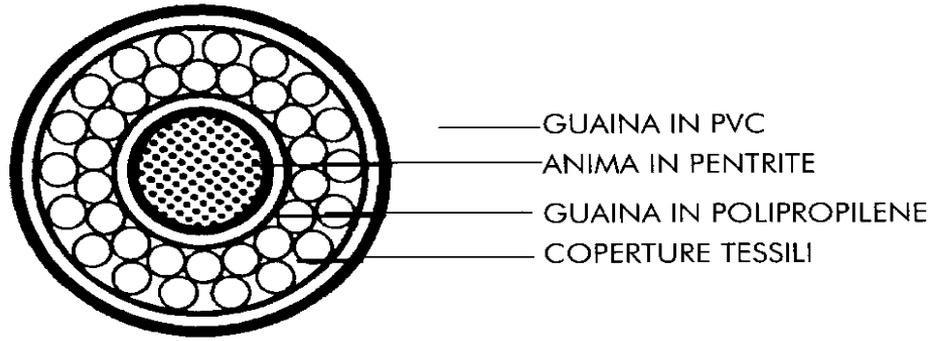
Gli accenditori per miccia a lenta combustione in generale si dividono in :

1- PEZZO DI MICCIA NERA (micino) o FIAMMIFERO ANTIVENTO

2 - PIREA

Pezzo di 10 cm di miccia a lenta combustione di durata circa 1 minuto.
Colore rosa – rossastro.

MICCIA DETONANTE



Anima costituita con esplosivo detonante

$V_d =$ varia tra 5000 e 7000 m/sec

Φ differente a seconda del quantitativo di esplosivo:

da 3 gr/m fino a 100 gr/m

e quindi da 3,5 mm fino a 12,5 mm

Rotoli da 50 a 250 m.

Si differenzia dalla miccia a lenta combustione per il colore del polverino interno : nero nel primo caso; bianco nel secondo.

Non si innesca con fuoco MA SOLO con detonatore; NON è sensibile a urti (particolarmente!) e alle torsioni come la miccia nera.

DETONATORI

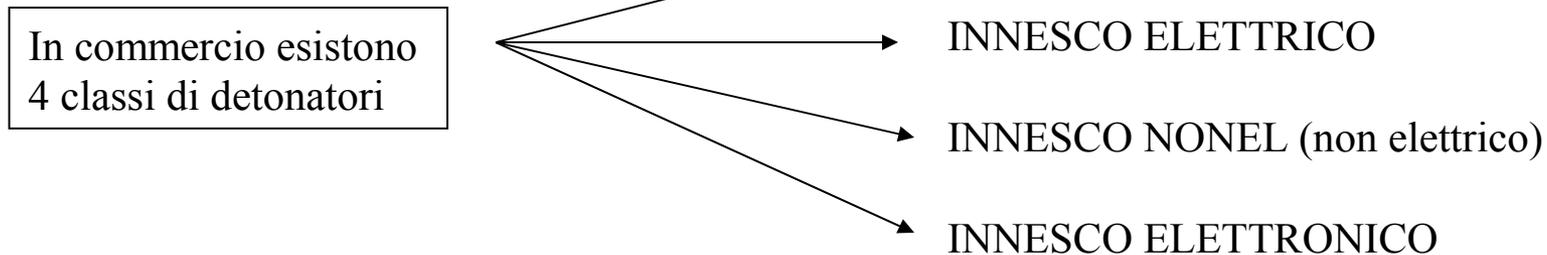
ESPLOSIVI DEFLAGRANTI : FUOCO O SCINTILLA

ESPLOSIVI DETONANTI : SHOCK (piccola carica)



DETONATORE
inventato da NOBEL

Capsule in Al o Cu o Ottone (questi due per uso in sotterraneo in presenza di grisù o altre polveri infiammabili), contenenti una piccola carica sufficiente a iniziare la reazione di una massa di esplosivo detonante.

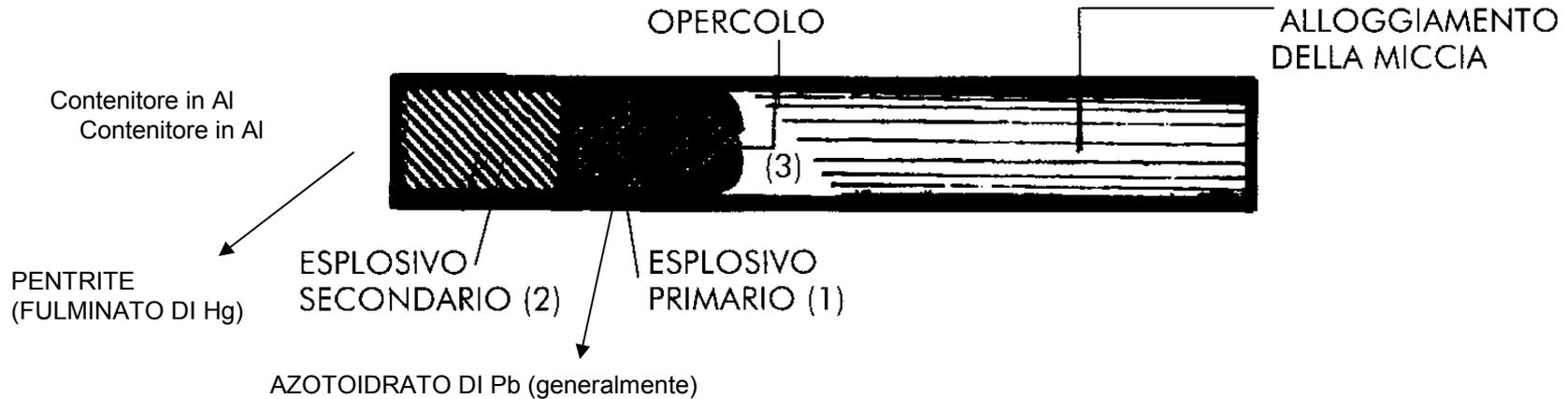


Scala SELLIER-BELLIOT (vecchia scala di 10 gradi, con contenuto di esplosivo crescente); oggi tutti gli esplosivi in commercio detonano con il n. 08.

DETONATORI A FUOCO

Si accende con calore intenso

Si usa unitamente alla miccia a lenta combustione.

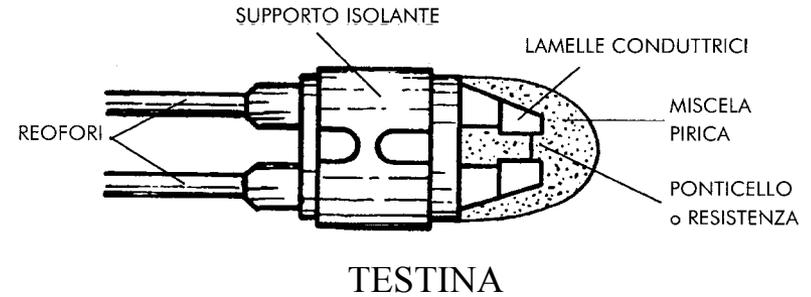
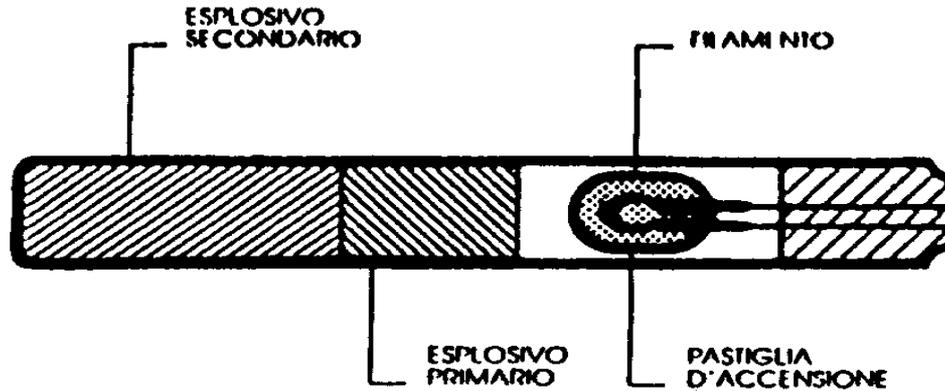


DARDO MICCIA : CARICA I : CARICA II : ESPLOSIONE DI POTENZA CALIBRATA (es. 8)

I detonatori a fuoco non sono ritardati; solo istantanei

Strumenti per il confezionamento: pinza stringicapsula in ottone o rame ecc.. e coltello dello stesso materiale.

DETONATORI ELETTRICI



COLLEGAMENTO → RESISTENZA INCANDESCENTE → ACCENSIONE MISCELA PIRICA
→ CARICA I → CARICA II

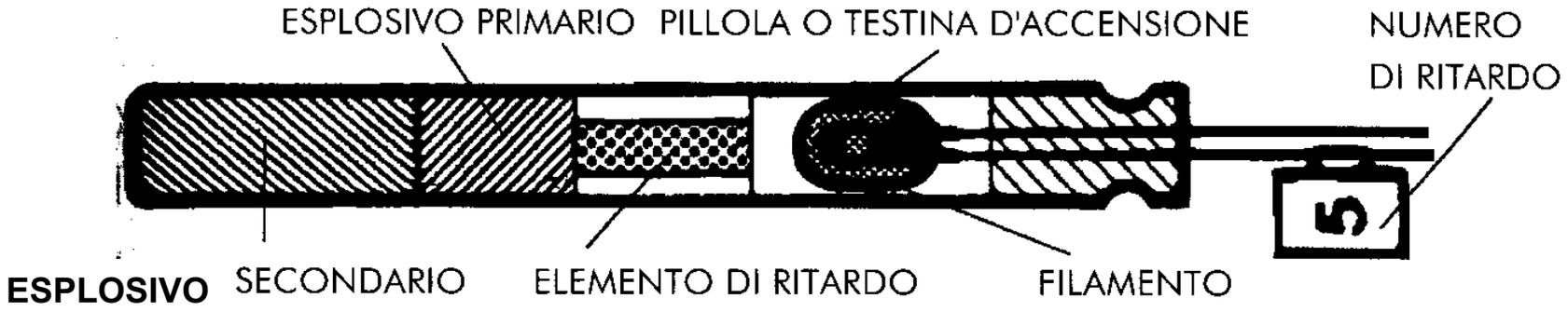
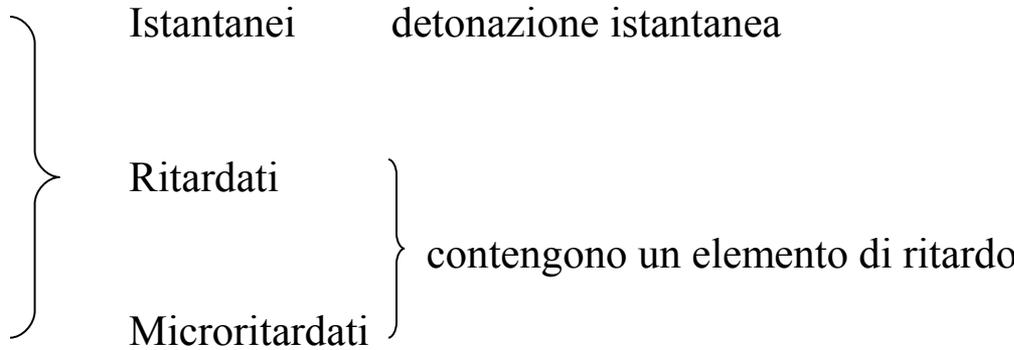
DETONATORI ELETTRICI

BASSA INTENSITA' (media 0,75 A)

MEDIA INTENSITA' (media 1,8 A) non comuni

ALTA INTENSITA' (25 A)

Le tre categorie possono poi dividersi in :



DETONATORI RITARDATI

Lavorano con frazioni di secondo ($1/2$ sec).

Maggiormente lungo è l'elemento di ritardo, più lunga è la pausa prima della detonazione.

La lunghezza esterna della capsula cresce con il ritardo che portano; inoltre il numero impresso sul fondo del bossolo e/o su di una etichetta ai reofori di collegamento.

Ci sono 12 tempi diversi sfalsati di mezzo secondo.

Tempo 1 = 0,5 sec dopo T=0

tempo 2 = 1 sec dopo T=0 e mezzo sec dopo T=1

:

:

tempo 12 = 6 sec dopo T=0 e mezzo sec dopo T=11

DETONATORI MICRORITARDATI

Lavora con decine di millesimi di secondo.

Valore compreso tra i 20 e 30 msec (millisecondo): valore preciso lo dà il fabbricante e viene riportato sulle confezioni e sulle etichette.

Tempi n. 18; es. 25 msec

T1= 25 msec dopo T=0

T2= 50 msec dopo T=0 e 25 msec dopo T=1

:

:

T10= 250 msec dopo T=0 $\frac{1}{4}$ di sec

T18= 450 msec dopo T=0 (0,45 sec)

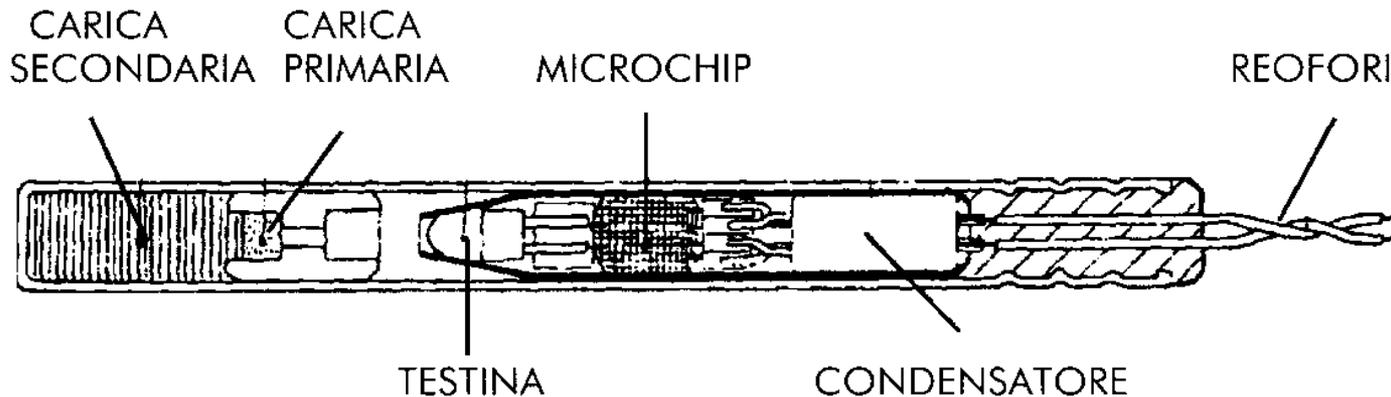
Oltre si possono usare i ritardanti e quindi i produttori si fermano di norma al valore T=18.

DETONATORI ELETTRONICI (DYNATRONIC in commercio)

Degli anni 90 – esistono con 60 diversi ritardi

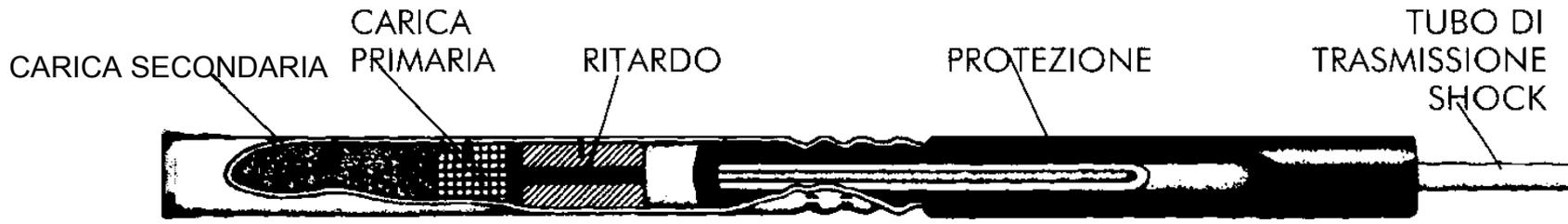
Non contengono elemento di ritardo di tipo classico.

Al suo posto esiste un microchip (scheda elettronica) che funziona da ritardo.



Il microchip può essere programmato per originare il ritardo voluto.

DETONATORI NONEL – NON ELETTRICI (A URTO)



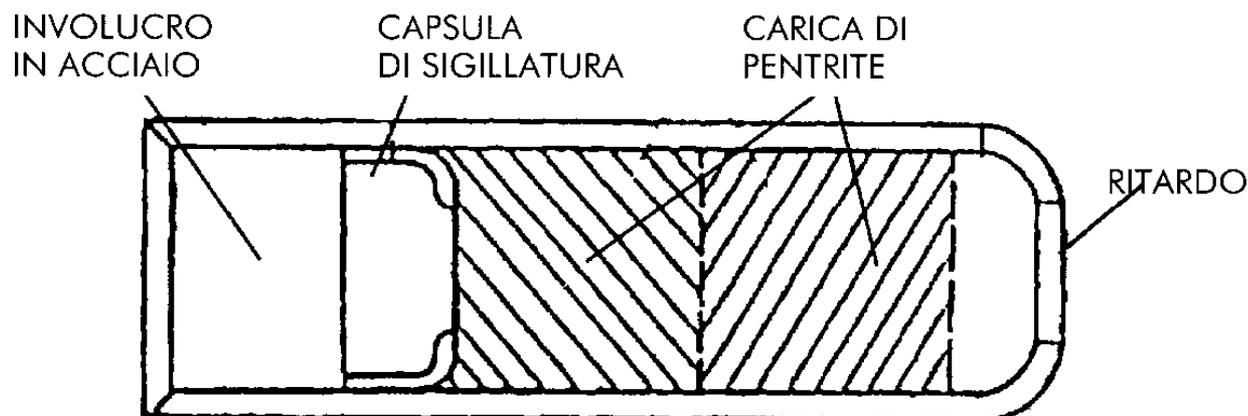
Lunghezza in funzione del ritardo.

DETONATORI NPED

Prodotti dalla Società svedese Nitro Nobel

NPED : NON PRIMARY EXPLOSIVE CHARGE DETONATOR

Detonatori senza carica primaria.

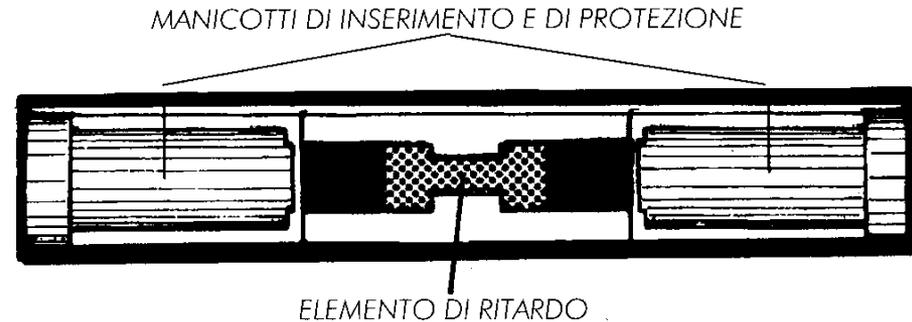


Sono costituiti da 2 cariche di pentrite con diversa densità e qualità, in modo da generare il passaggio da deflagrazione a detonazione.

Non essendoci la carica primaria il detonante è meno sensibile a urti e calore accidentale, con riduzione del rischio di esplosioni per simpatia.

RELAIS

Ritardo da 20/50 msec
SI USA CON LA MICCIA DETONANTE
ORIGINANO UNO SFASAMENTO TIPO QUELLO
CHE SI OTTIENE CON I MICRORITARDI



Si pratica un taglio preciso nella miccia detonante; un capo si inserisce nel tratto di destra ed uno in quello di sinistra. La chiusura viene fatta con le pinze da minatore. L'onda di shock arrivata all'elemento di ritardo subisce uno sfasamento prima di proseguire.

BOOSTERS

Cariche esplosive da usare con esplosivi non molto sensibili ai tradizionali detonatori.
Tipo AN.FO e i PULVEROLENTI. Hanno forma di "lattine" contenenti esplosivo, che si innescano con le normali procedure: detonatore + miccia lenta; detonatore elettrico; etc.

ESPLODITORI

Generano corrente continua!

Apparati atti a produrre la corrente necessaria ad un innesco franco ed efficace.
Per legge non si possono usare pile, batterie, circuiti domestici.

Art. 345 D.P.R. 128 : richiede la revisione semestrale dell'apparecchio.

Esplositori di tipo normale e di tipo speciale per aree in presenza di grisù o altri gas esplosivi.

ESPLODITORI DINAMO – ELETTRICI

Per detonatori a b.i. collegati di solito in serie.

Costituiti da una dinamo azionata dalla pressione della mano dell'artificiere o dalla carica di una molla preventivamente caricata.

ESPLODITORI A CONDENSATORE

Sia per b.i. che per a.i. collegati in serie o in parallelo (b.i.).

Batteria di condensatori collegati che accumulano l'energia.

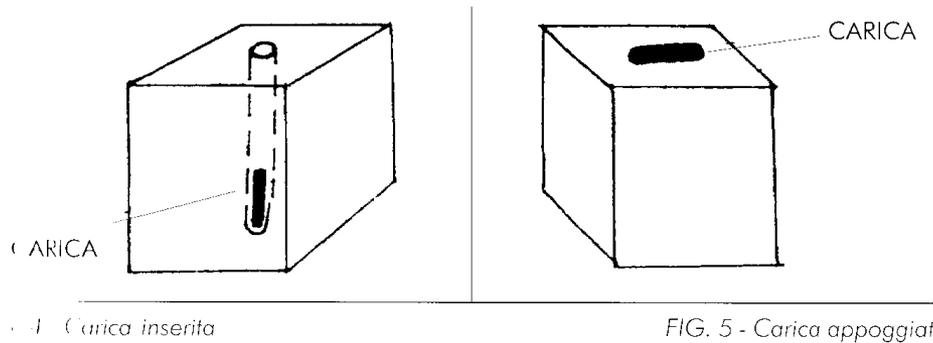
Un segnalatore mostra il livello di carica raggiunta

Esistono modelli che fanno brillare 1000 mine in serie e 9000 in parallelo.

Peso di un tale tipo di arnese è di circa 15-20 Kg.

DINAMICA DELL'ESPLOSIONE

A seconda della disposizione dell'esplosivo si hanno differenti effetti



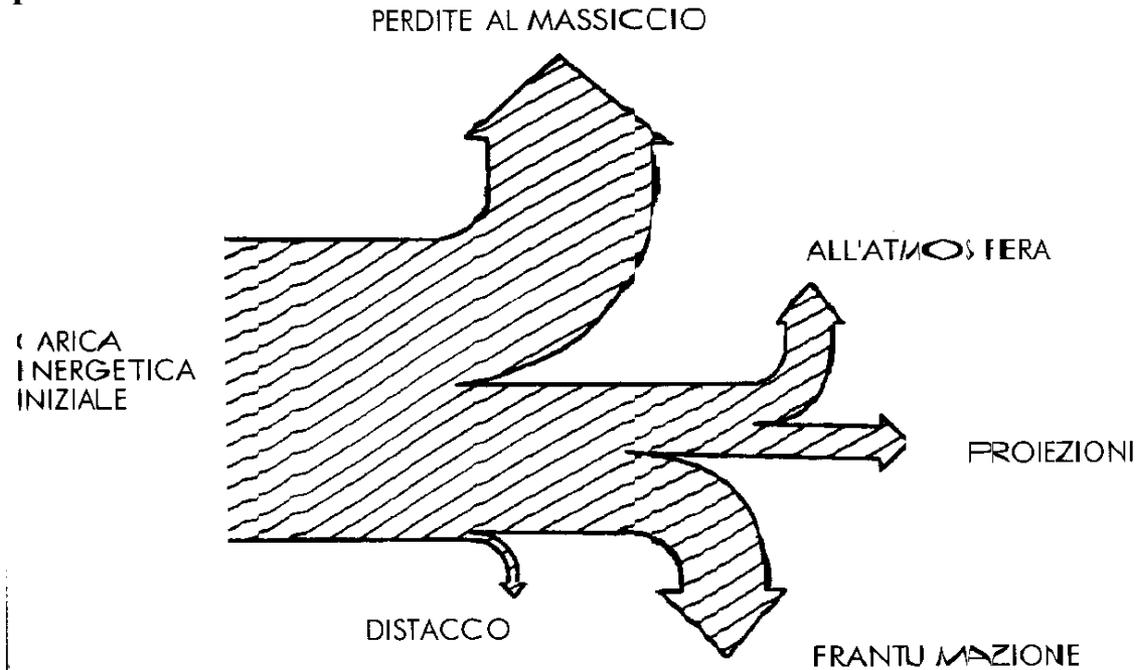
Primo caso: trasferimento dell'energia a tutta la massa

Secondo caso: parte dell'energia dispersa nell'aria

Distribuzione dell'energia al momento dell'esplosione

- 1) distacco < 1%
- 2) frantumazione 15%
- 3) dislocazione 4%
- 4) sovracomminuzione attorno al foro 1,5-2%
- 5) sovraproiezione < 1%
- 6) deformazione della roccia alle spalle della mina <1%
- 7) vibrazioni nel massiccio 40%
- 8) perdite in atmosfera 38-39%

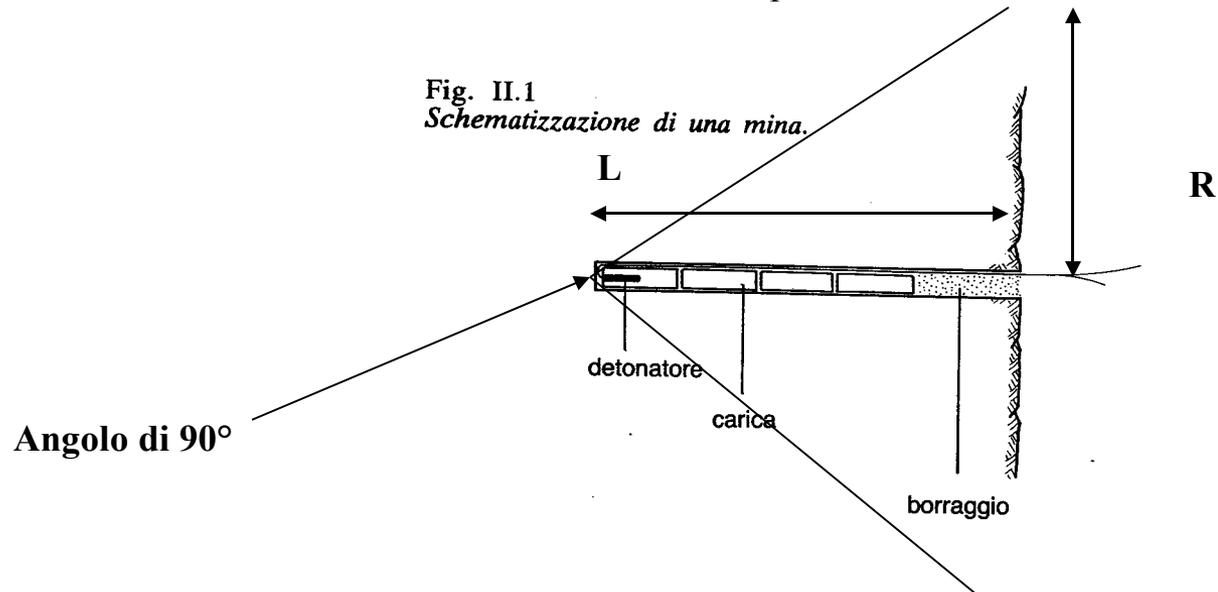
In pratica solo un 20% dell'energia totale rilasciata dall'esplosione lavora per distaccare, frantumare e dislocare il materiale; la maggior parte (80%) viene dissipata in altre forme e non compie lavoro utile



Repartizione de l'energia sviluppata dalla carica esplosiva

SFERA DI ESPLOSIONE

L'esplosione si manifesta con il rilascio di onde elastiche sferiche, che si irradiano in tutte le direzioni (sfera di esplosione) e che producono i loro effetti a seconda di cosa incontrano. In un caso teorico ideale l'esplosione dovrebbe provocare per una carica concentrata un cono di esplosione caratterizzato da $R=L$, dove con R è indicato il raggio di influenza della sfera di esplosione



$R/L > 1$ SOVRACCARICATA

$R/L < 1$ SOTTOCARICATA

$R/L = 1$ CARICATA NORMALMENTE

EFFETTI NELL'IMMEDIATA VICINANZA DEL FORO CARICATO

Vediamo gli effetti di una mina caricata in un punto a notevole distanza da superfici libere.

A distanza di 1 volta il diametro della carica si genera un'onda d'urto che è sufficiente a polverizzare e plasticizzare la roccia.

A distanze dell'ordine di 4-6 volte il diametro della carica la pressione è ancora tale da originare forze di trazione che sviluppano fratturazioni radiali in corrispondenza di microlesioni della roccia.

A distanze maggiori l'onda d'urto attraversa la roccia alla velocità del suono senza provocare fratture (campo elastico).

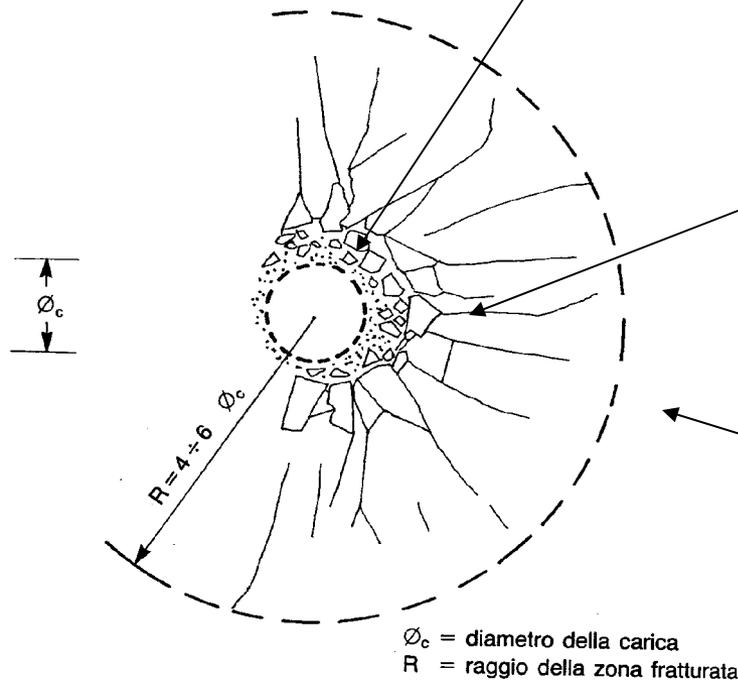


Fig. II.2 *Polverizzazione e fratturazione della roccia nell'intorno della carica a seguito dell'esplosione.*

Vediamo ora cosa accade nel momento in cui si fa esplodere una carica in prossimità di una superficie libera. Ricordiamo che le rocce in genere ed anche i calcestruzzi hanno ottima resistenza alla compressione mentre la resistenza alle forze di trazione è molto scarsa.

Nel momento in cui l'onda d'urto incontra una parete libera essa viene riflessa come onda di tensione e se le tensioni sono maggiori della resistenza a trazione della roccia possono provocare delle fratture disposte parallelamente alla parete libera (a), oltre ovviamente alle fratture di tensione conseguenti all'espansione dei gas (b)

Empiricamente si osserva che affinché ciò si verifichi, la distanza V deve essere $< 0 = a$ 50 volte il diametro della cartuccia. Tale distanza è detta "CARICO DI ROCCIA"

N.b. In tutti i ragionamenti fatti si è sempre inteso che diametro del foro e diametro della cartuccia coincidano.

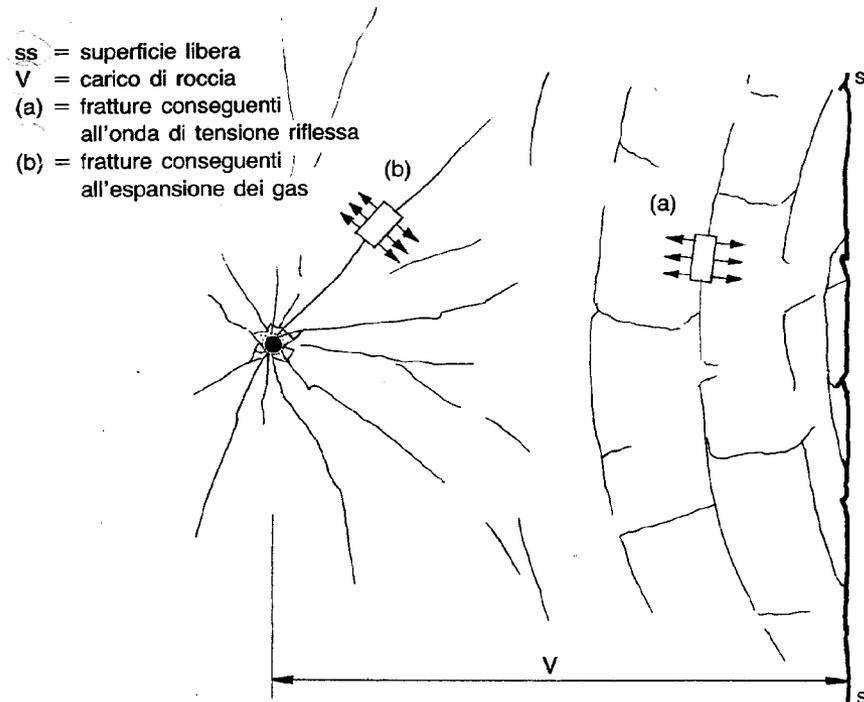


Fig. II.3 *Fratturazione della roccia compressa tra carica e superficie libera a seguito dell'esplosione.*

Ecco cosa accade a seconda dell'aumento o della diminuzione dal valore del carico di roccia oltre 50 volte il diametro della carica, o per valori inferiori a tale limite.

Solitamente il valore del carico di roccia è contenuto tra 40 volte e 50 volte il diametro della carica. Questo per avere materiale più grossolano o più fine.

Valori superiori a 50 volte ϕ_c determinano solo effetti locali senza realizzare dislocazione del materiale eventualmente frantumato.

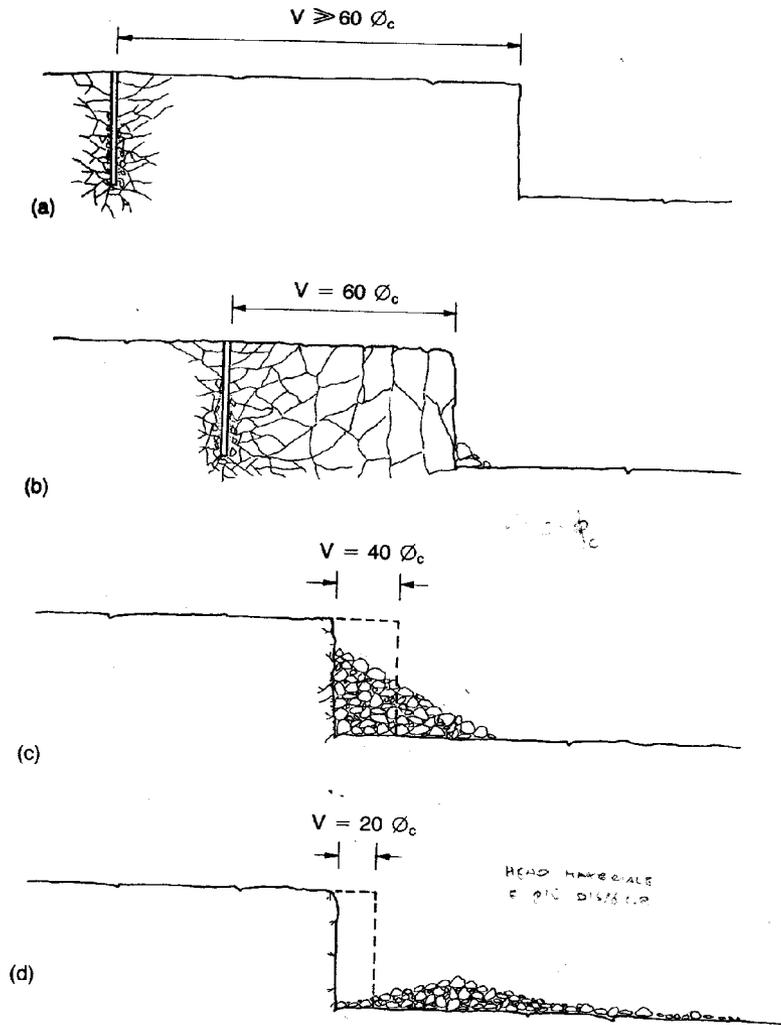
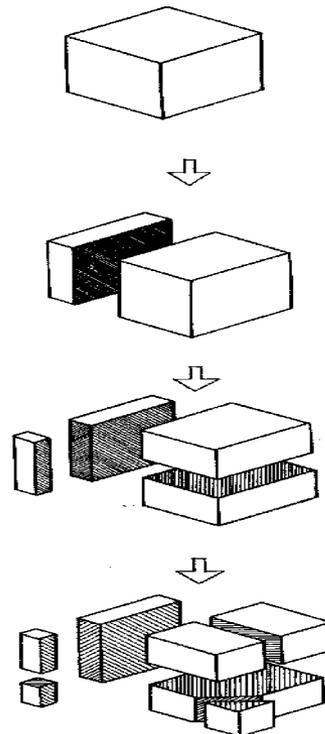


Fig. II.5 Effetti dell'esplosione di una mina quando la sua distanza dalla superficie libera è:
a) eccessiva; b) al limite; c) ottimale; d) troppo piccola.

QUANDO L'ESPLOSIVO LAVORA, LA COMBINAZIONE DEI GAS DI ESPLOSIONE CON L'ONDA DI SCHOK PRODUCE NUOVA SUPERFICIE LIBERA. IN SOSTANZA LA MASSA GENERALE DI ROCCIA INTERESSATA RIMANE LA STESSA, MA CREANDOSI PEZZI DI RIDOTTE DIMENSIONI AUMENTA LA SUPERFICIE TOTALE. I CALCOLI PER IL DIMENSIONAMENTO DELLE CARICHE FATTI IN MANIERA RIGOROSA PARTONO DA QUESTO PRESUPPOSTO:



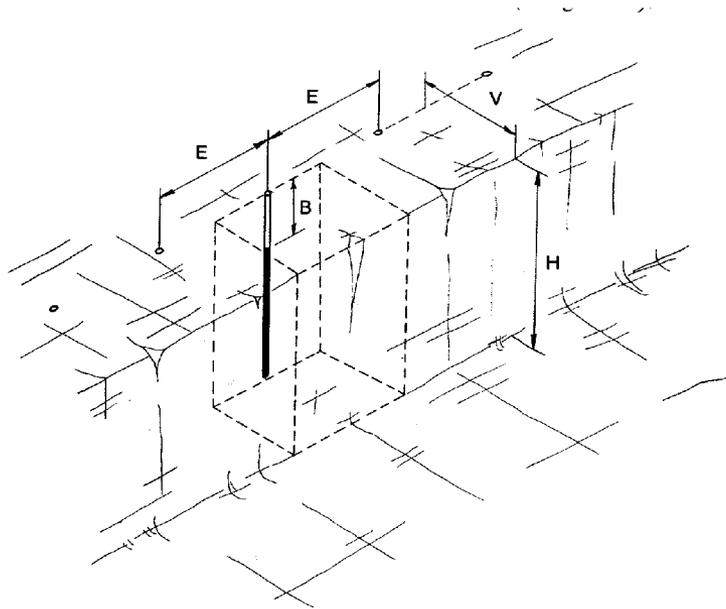
ESISTE UNA SEMPLICE RELAZIONE TRA LA SUPERFICIE NUOVA CHE SI FORMA PARTENDO DA 1 MC DI MATERIALE:

$S = 64/D_M$ espressa in mq di nuova superficie riferiti a 1mc di materiale.

D_M esprime il diametro medio o la dimensione media del frammento che vogliamo ottenere in m.

Le unità di misura di S sono mq/mc.

Fig. II.9 *Schema del meccanismo di frantumazione della roccia per successive suddivisioni sino all'esaurimento dell'energia potenziale in essa contenuta. Il tratteggio delle facce evidenzia le superfici di nuova formazione.*



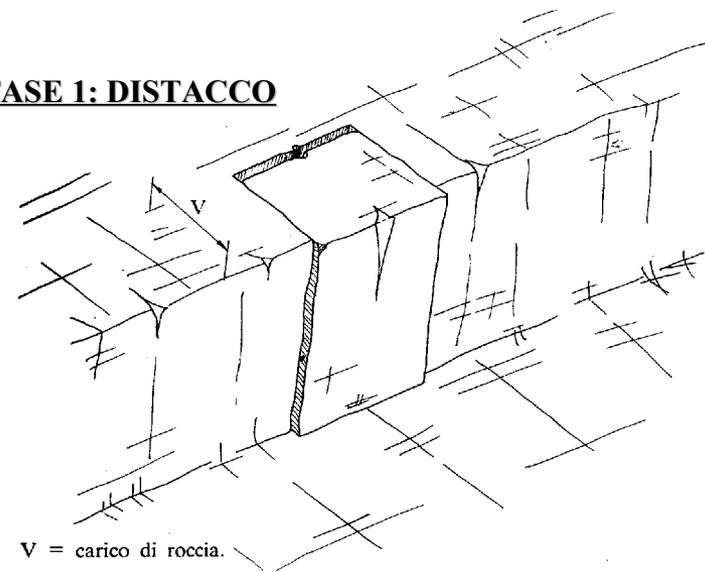
GEOMETRIA DEL SISTEMA

H = altezza gradone
 V = carico di roccia
 E = distanza tra le mine
 B = lunghezza del borrag

Fig. II.6 Schematizzazione di una volata e delle caratteristiche geometriche di una mina.

SCHEMATIZZAZIONE DEGLI EFFETTI DELL'ESPLOSIONE IN UNA BANCATA DI ROCCIA

FASE 1: DISTACCO



V = carico di roccia.

Fig. II.7 Schematizzazione del volume di roccia interessato dal distacco per azione di una mina.

FASE 2: FRANTUMAZIONE



V = carico di roccia.

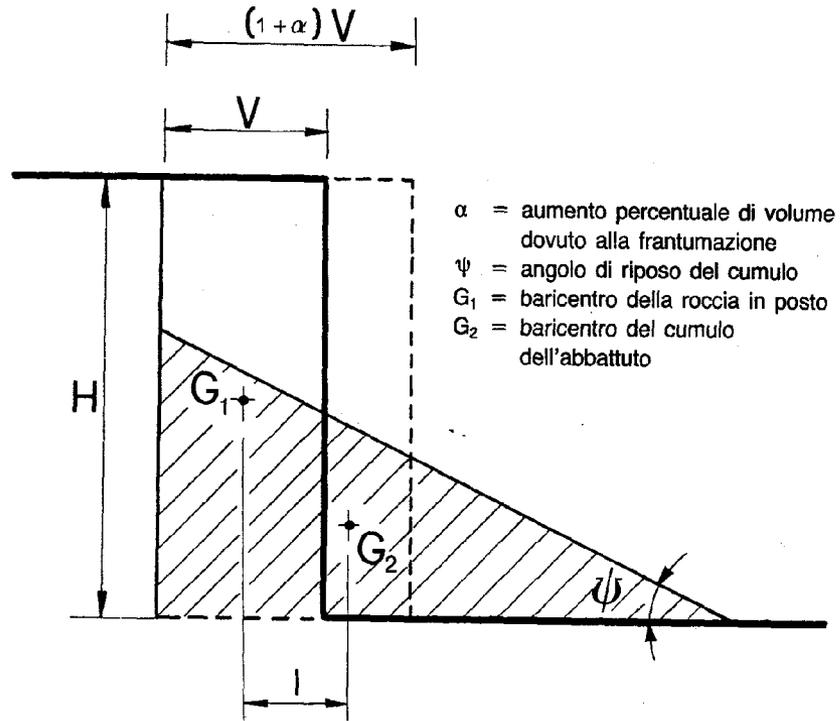
Fig. II.8 Schematizzazione del volume di roccia interessato dalla frantumazione per azione di una mina.

FASE 3: **DISLOCAZIONE**

Il materiale abbattuto è rappresentato dal triangolo con linee trasversali.

La linea in grassetto rappresenta il profilo della bancata originaria, mentre in tratteggiato l'aumento di volume conseguente alla frantumazione.

Il triangolo rappresenta la disposizione teorica ideale in seguito all'esplosione.



Dislocazione della massa di roccia abbattuta dalle mine, definita dallo spostamento «l» del suo baricentro.

EFFETTO DELL'AZIONE DELL'ESPLOSIVO SU DI UNA BANCATA AVENDO DIMENSIONI AL MEGLIO CARICA E GEOMETRIA DEL SISTEMA

DISTACCO+FRANTUMAZIONE +DISLOCAZIONE

Per comodità gli effetti sono stati distinti in tre singole fasi; nella realtà il fenomeno si realizza con continuità.

CENNI SUL CALCOLO DELLE CARICHE

FUNZIONAMENTO DELL'ESPLOSIVO

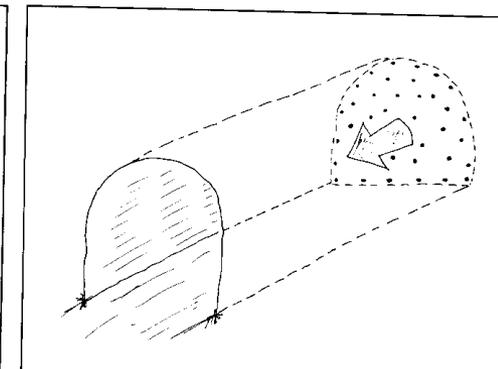
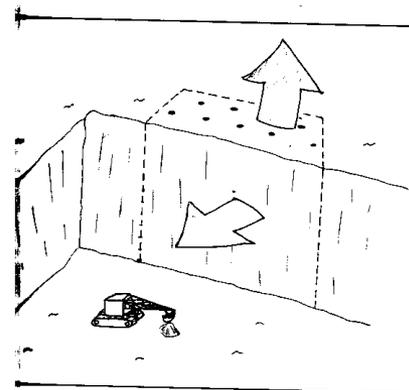
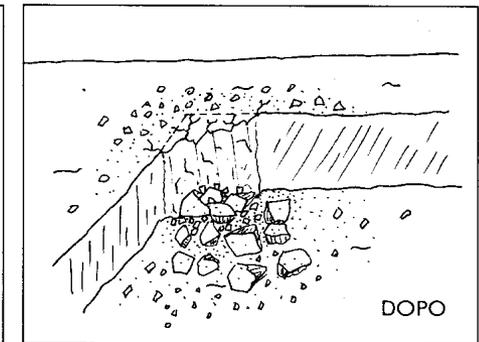
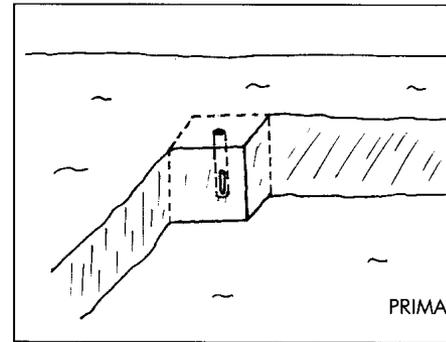
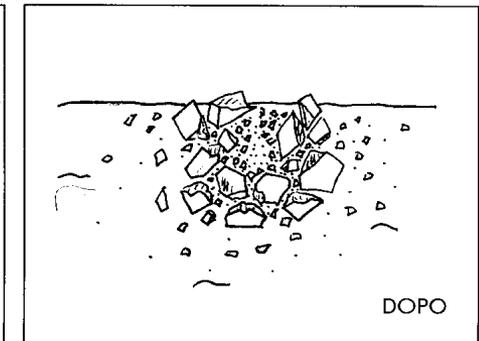
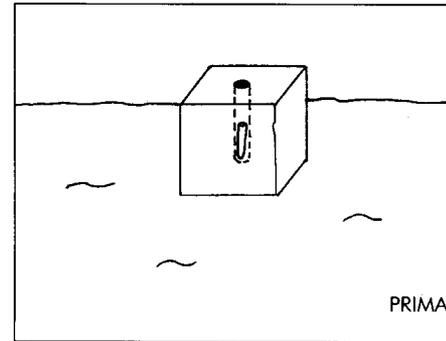
Riprendiamo quanto visto la volta scorsa.

Sintetizzando:

L'ESPLOSIVO: serve a tagliare, frantumare (rompere) e spostare;

COME AGISCE: onde di shock che creano nuove fratture; gas ad alta T e pressione che occupa fratture nuove e vecchie, aumentando il volume del blocco e allargando progressivamente gli spazi, con creazione di nuova superficie (frantumazione).

N.B. Vale il seguente concetto generale: tanta più superficie libera è presente attorno al blocco, tanto più l'esplosivo lavora bene.



REGOLA GENERALE: QUANTA MENO SUPERFICIE LIBERA HO, TANTO PIU' ESPLOSIVO DEVO USARE PER RAGGIUNGERE IL MASSIMO RISULTATO. ECCO PERCHE' IN GALLERIA SOLITAMENTE IL CONSUMO SPECIFICO E' MAGGIORE CHE A CIELO APERTO.

CONCETTO DI CONSUMO SPECIFICO DI ESPLOSIVO

E' il rapporto tra la quantità di esplosivo (C , espressa in Kg o g) necessaria per compiere un determinato lavoro ed il volume di roccia (o altro materiale, V , espresso in metri cubi) interessato da quel lavoro.

$$C_s = C / V$$

Si misura in Kg/mc o g/tonnellate

Indirettamente, conoscendo il C_s si può risalire al quantitativo di esplosivo necessario a compiere un determinato lavoro:

$$C = C_s \times V$$

Dipende principalmente da:

- TIPO DI ROCCIA
- VOLUME INTERESSATO
- PEZZATURA FINALE CHE SI VUOLE OTTENERE
- DALLE CONDIZIONI AL CONTORNO (stato di fratturazione; superficie libera disponibile; etc.)

In genere: in galleria si necessita a parità di altre condizioni di consumo specifico maggiore di esplosivo rispetto ad una cava poiché la superficie libera verso cui può lavorare l'esplosivo è limitata.

TABELLA GENERALE DEI CONSUMI SPECIFICI

TIPO DI LAVORO	TIPO DI ROCCIA	CONSUMO DI ESPLOSIVO g/mc di roccia in posto abbattuta
Scavi di fondazione pali alta tensione	Calacare	700 - 900
Scavi ferroviari e stradali in trincea	Calcere	200 480
Sbancamenti stradali a mezza costa	Calcere, arenaria	200 - 350
Cave a mezza costa, piccole mine	Calcere medio, trachite	190 - 350
Cave a mezzacosta	Basalto colonnare	250 - 300
Cave a fronte rettilinea, mine medie (8-10Kg)	Calcere tenero	90 - 120
Cave ad imbuto, piccole mine	Dolomia, calcare	150 - 200
Mine progressive (10-30Kg) a camera	Dolomia, calcare	150 200
Cave a fossa con mine profonde	Leuciti, diabasi	250 300
Grandi cave a più gradoni, 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	Calcere tenero	15 - 25

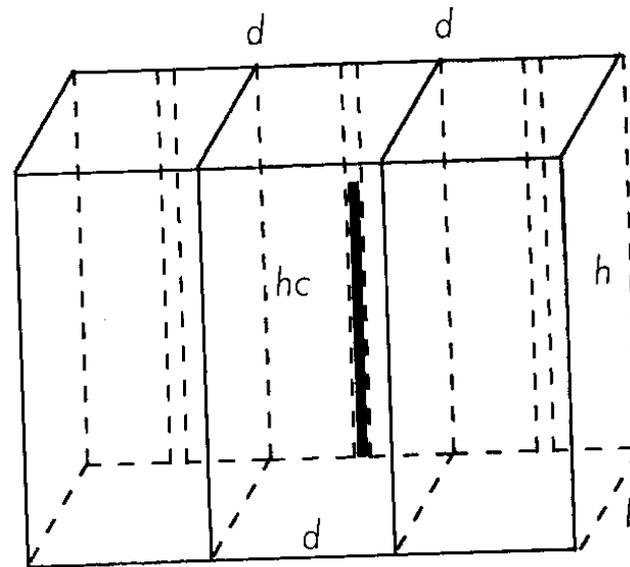
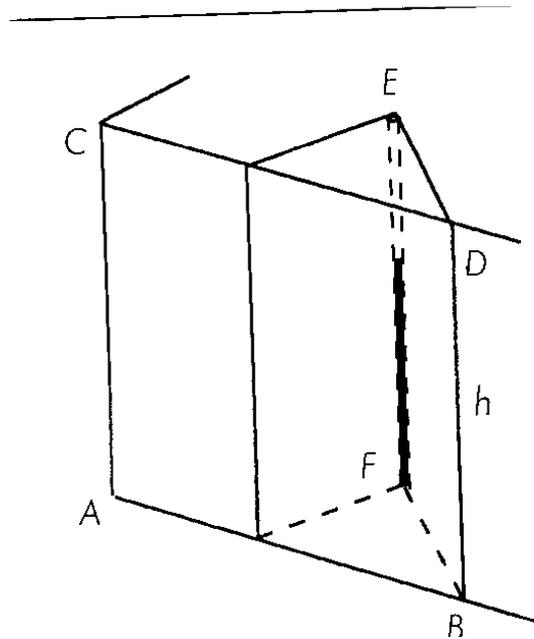
N.B.: La presente fornisce valori di massima. Ognuno dovrà poi adattarla ai casi specifici. Da: T. Seguiti - “Le Mine” tratto da “Manuale di Esplosivistica Civile – Danilo Coppe”

A seconda del lavoro che dovrò svolgere potrò operare utilizzando una sola mina o una serie di mine. Generalmente più mine affiancate, se ben disposte, lavorano meglio di una mina singola.

In un mc di roccia se inserisco la stessa quantità di esplosivo in un solo foro o in 2 fori paralleli, otterrò nel secondo caso un lavoro finale migliore che nel primo. Per ottenere il medesimo risultato, nel primo caso dovrò inserire più esplosivo.

Proprietà sinergica delle mine: “collaborano” all’esecuzione del lavoro.

FUNZIONAMENTO DI UNA SERIE DI MINE:



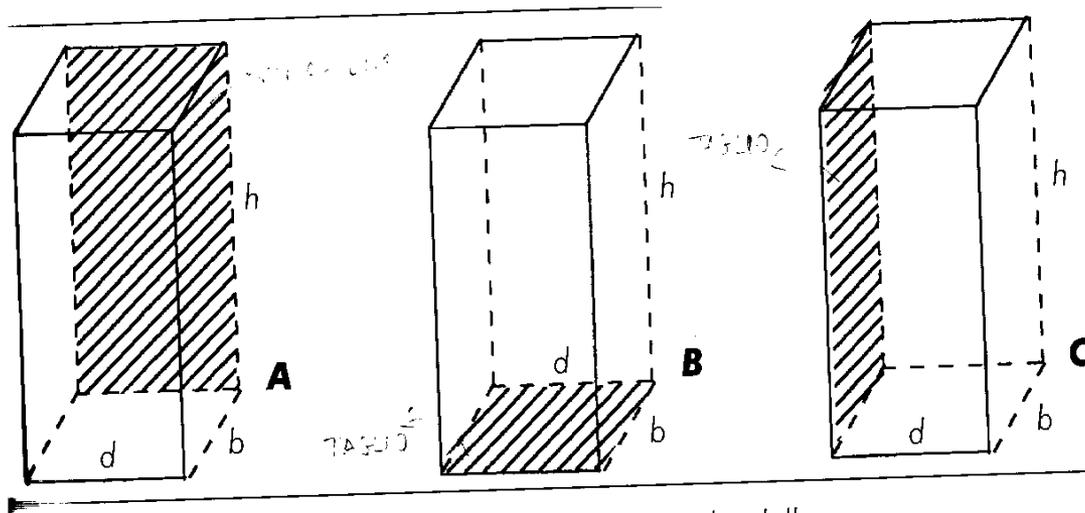
MINA ISOLATA
E SERIE DI
MINE
EQUIDISTANTI

TABELLA DI GRENON – COEFFICIENTI DI RESISTENZA DI VARIE ROCCE

ROCCIA	PESO SPECIFICO	α	β
	<i>t/mc</i>	<i>t/mq</i>	<i>t/mq</i>
Diabase	3,20	1800	3000
Basalto	3,00	800	2000
Granito compatto	2,80	800	1000
Arenaria compatta	2,60	200-600	1500
Calcarea compatto	2,65	500	1100
Quarzite	2,65	300-500	1000
Marmo di Carrara	2,70	450	700
Calcarea medio	2,50	300	300

α = resistenza a trazione del materiale in tonnellate per mq;

β = resistenza a taglio del materiale in tonnellate per mq.



Parametri:

h = altezza del prisma (bancata),

b = carico di roccia;

d = distanza tra le mine.

α = resistenza a trazione del materiale in tonnellate per mq;

β = resistenza a taglio del materiale in tonnellate per mq.

RESISTENZA A TRAZIONE DEL PRISMA:

$$PTR = \alpha (d \times h)$$

RESISTENZA A TAGLIO DEL PRISMA:

$$PTA = \beta (d \times b)$$

CALCOLO GENERALE DEL DIMENSIONAMENTO DELLE MINE DERIVANTE DAL BILANCIO ENERGETICO (Testo del Berta-Italesplosivi)

DEFINIZIONE DEL CONSUMO SPECIFICO

La seguente formula per il calcolo del consumo specifico è ricavata partendo dal bilancio energetico relativo al lavoro sviluppato dall'esplosivo per frantumare, tagliare e dislocare. E' funzione di parametri dipendenti dal tipo di roccia, dal tipo di esplosivo, dalle caratteristiche geometriche della carica, dal rendimento della mina (variabile se a cielo aperto o in galleria), dal grado di frantumazione voluto.

$$C = Q/Ar = (s \cdot e_{ss}) / (h_1 h_2 h_3 e) \quad \text{in Kg/mc}$$

Dove:

C= consumo specifico in Kg/mc;

Q = quantitativo complessivo di esplosivo in Kg;

Ar = volume di roccia in mc;

h₁ = caratteristiche esplosivo/roccia (tabellato in Tabella 1);

h₂ = caratteristiche geometriche della carica (tabellato in Tabella 2);

h₃ = rendimento della mina (solitamente a cielo aperto e in galleria 0.15)

e = caratteristiche dell'esplosivo (tabellato per alcuni; lo fornisce la casa produttrice, Tabella 3)

e_{ss} = caratteristiche della roccia (tabellato, Tabella 4);

s = mq/mc grado di frantumazione voluto ($s=64/Dm$) con Dm diametro del marino voluto in cm

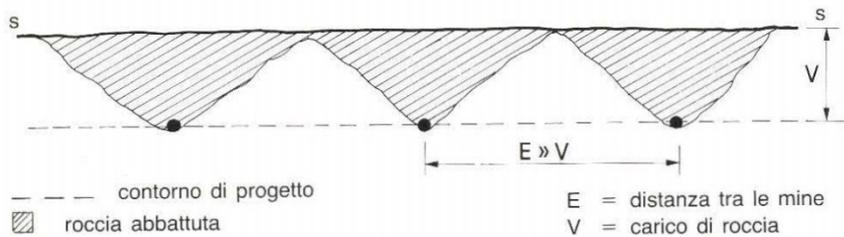


Fig. V.21
 Schematizzazione della maglia di perforazione più opportuna nel caso di rocce che presentano una stratificazione parallela al fronte di scavo.

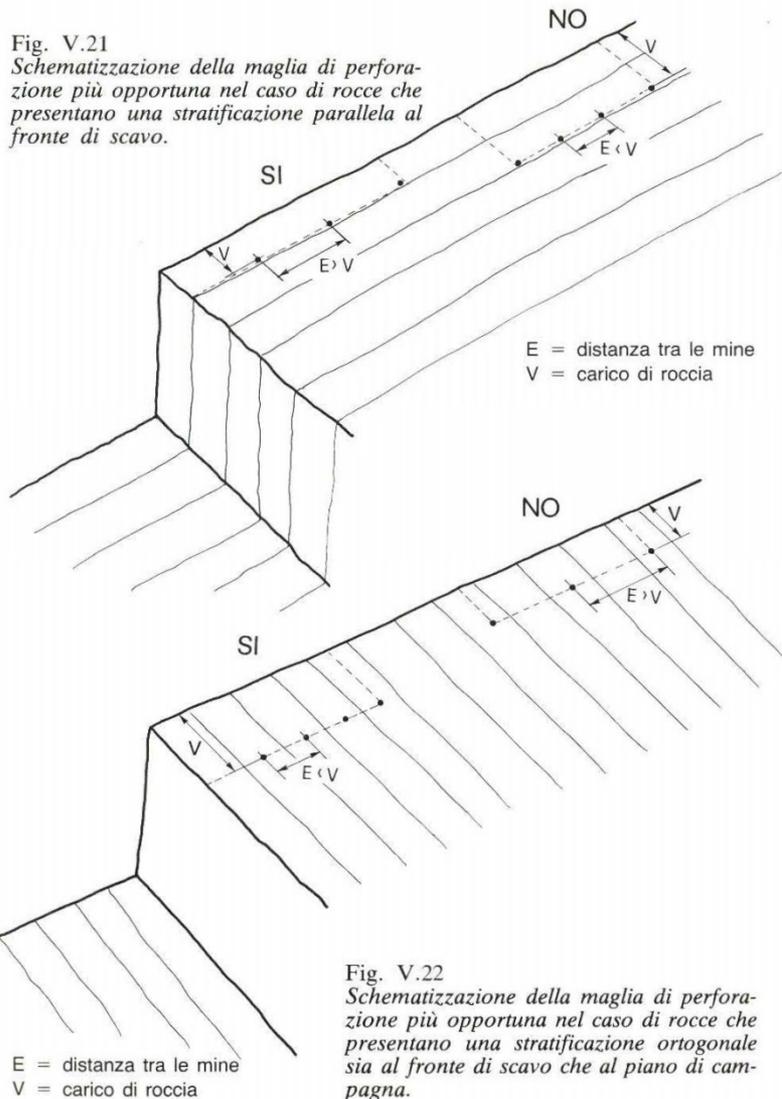
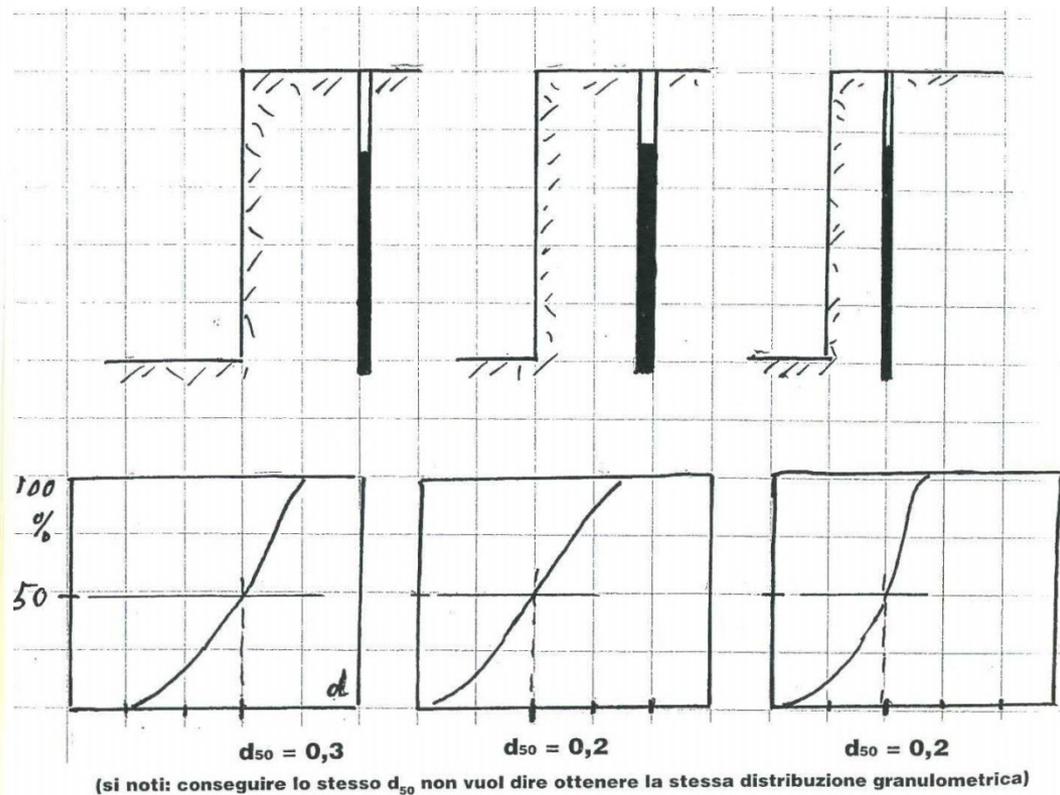
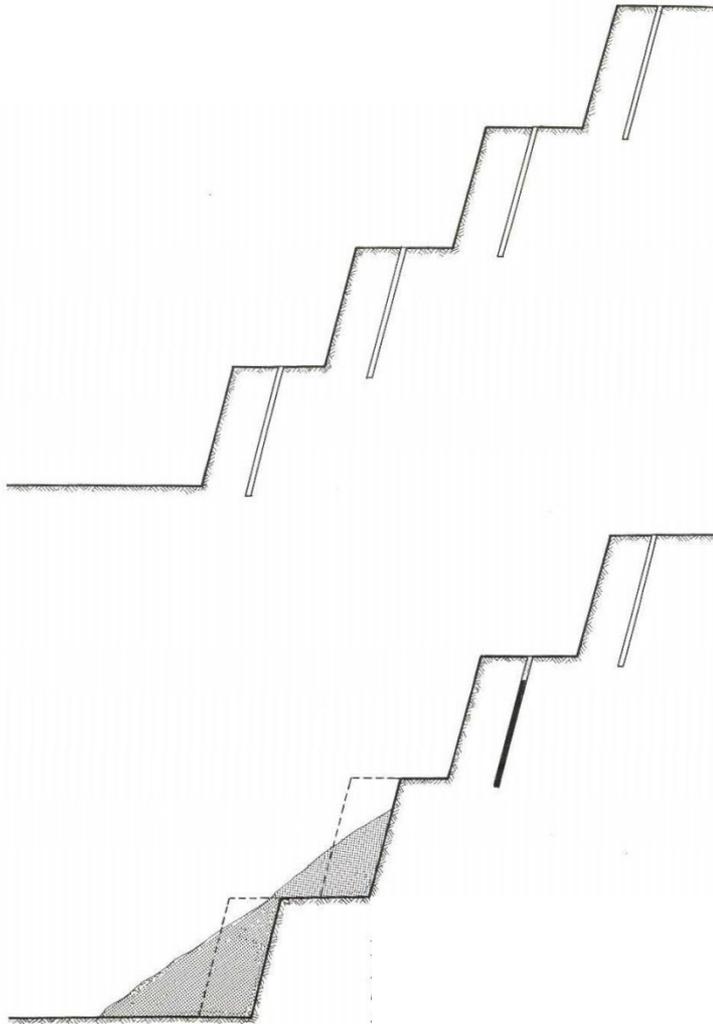


Fig. V.22
 Schematizzazione della maglia di perforazione più opportuna nel caso di rocce che presentano una stratificazione ortogonale sia al fronte di scavo che al piano di campagna.



Esempio



La roccia può essere genericamente definita serpentina mineralizzata ad amianto. L'altezza dei gradoni di coltivazione è di 11 metri. I fori hanno diametro $\varnothing_f = 102 \text{ mm}$ e l'esplosivo attualmente impiegato è il Tutagex 210 (fornito in cartucce con diametro $\varnothing = 80 \text{ mm}$). In relazione alla capacità dei mezzi di caricamento e all'ampiezza della bocca dei frantoi primari, le dimensioni dell'abbattuto non devono superare il valore $D_M = 1,2 \text{ m}$.

La carica di fondo, dovendo garantire la completa asportazione del piede del gradone, è dimensionata in modo da produrre nel suo intorno un grado di frantumazione più spinto ($D_M = 0,5 \text{ m}$). È previsto che il Tutagex possa espandersi completamente nel foro in modo che il diametro della carica sia $\varnothing_c = 102 \text{ mm}$. I parametri operativi occorrenti per calcolare l'incidenza di esplosivo e geometria delle mine sono i seguenti:

- $\eta_1 = 0,77$ (essendo $I_e = 3,86 \cdot 10^6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ per il Tutagex 210 e $I_r = 11,13 \cdot 10^6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ per la serpentina)
- $\eta_2 = 1$ (essendo $\varnothing_c = \varnothing_f = 0,102 \text{ m}$)
- $\eta_3 = 0,15$ (trattandosi di mine di abbattimento verso una superficie libera)
- $\mathcal{E} = 3,52 \text{ MJ/kg}$
- $\rho_e = 1150 \text{ kg/m}^3$ } caratteristiche del Tutagex 210
- $s = 128 \text{ m}^2/\text{m}^3$ (essendo $s = 64/D_M = 64/0,5$)
- $\varepsilon_{ss} = 1,35 \cdot 10^{-3} \text{ MJ/m}^2$ (caratteristiche della serpentina)

L'incidenza di esplosivo prevedibile per il lavoro della carica di fondo vale allora:

$$c' = \frac{s \cdot \varepsilon_{ss}}{\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \mathcal{E}} = \frac{128 \cdot 1,35 \cdot 10^{-3}}{0,77 \cdot 1 \cdot 0,15 \cdot 3,52} = 0,43 \text{ kg/m}^3$$

e la maglia di perforazione

$$V = E = \varnothing_c \sqrt{\frac{\rho_e \cdot \pi}{4 \cdot c'}} = 0,102 \sqrt{\frac{1150 \cdot \pi}{4 \cdot 0,43}} = 4,67 \text{ m}$$

Esempio

