

- La documentazione più antica riguarda l'Egitto (III secolo A.C.) ove vennero sviluppate tecniche specifiche di lavorazione : in periodo faraonico (322 B.C.) veniva usata la dolerite, una pietra più dura del granito, in età Tolemaica venivano già utilizzati i cunei di ferro
- Anche i Romani, i punti d'estrazione erano scelti secondo una programmazione stabilita dal responsabile del distretto minerario (D.L.) ed avevano aree dedicate ad attività complementari quali:
  - Piazzali di deposito
  - Aree di pre-lavorazione : squadratura dei blocchi, sbozzatura
  - Aree di discarica
  - Officine di lavorazione per la manutenzione degli strumenti



## □ Storia dell'attività estrattiva

□ Le cave antiche, chiamate *metalla* dai romani come le miniere, erano coltivate sia a cielo aperto (esempio a gradoni) ma anche in sotterraneo (esempio a camere e pilastri), allorchè lo spessore della "scoperta" era particolarmente elevato

□ Le attrezzature del lapidacea per l'estrazione dei blocchi, la loro sgrassatura e finitura prevedevano

- Leve
- Cunei di ferro
- Cunei di legno
- Mazze
- Picconi
- Scalpelli



«Macchina» romana  
riprodotta dall'  
artigiano Niccolai

- I blocchi venivano sollevati con l'utilizzo di argani e gru (*machinae tractoriae*) ed avviati con vari sistemi di trasporto ai luoghi di destinazione, via terra (con carri a quattro ruote) o via mare (esempio il distretto estrattivo di Aurisina) su apposite navi di trasporto
- La geomorfologia del versante aiutava il trasporto verso le navi
- Per la movimentazione in cava, lungo pendii naturali, si utilizzava la "lizzatura" su travi in legno, scivoli in legno, scivoli lastricati, durante gli spostamenti i blocchi erano trattenuti da funi che venivano lentamente rilasciate

"ora questi monti vengono fatti a pezzi per ricavarne marmi delle specie più varie. I promontori vengono spaccati per lasciare passare il mare e la natura è ridotta ad un piano livellato. Svelliamo ciò che era stato posto a far da confine fra popoli diversi, si fabbricano navi per caricarvi i marmi, e le vette montane sono portate a destra e sinistra sui flutti, l'elemento naturale più selvaggio ..."

Plinio il Vecchio, Nat. Hist., XXXVI, - I sec d.C.

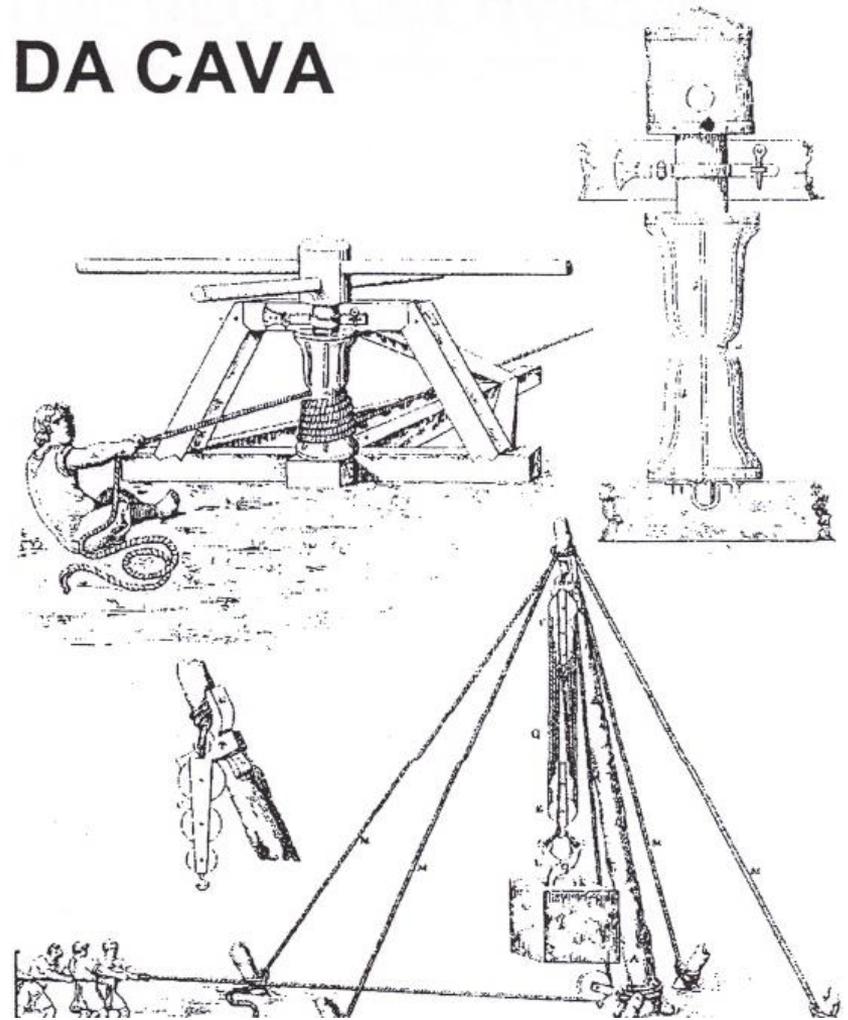
- Le risorse minerarie erano fondamentali per l'impero romano e la Britannia, in particolare l'isola di Anglesey sono due esempi classici



- Foto: Lingotti romani di piombo

- Mappa: Attività estrattive nella Britannia nel tardo impero

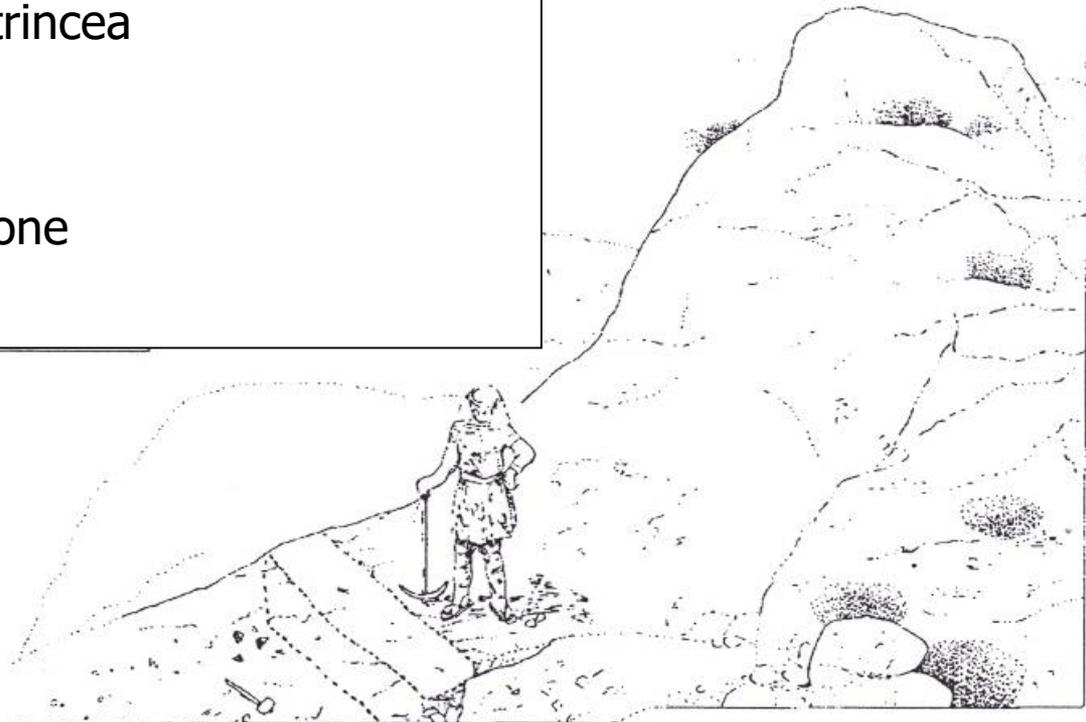
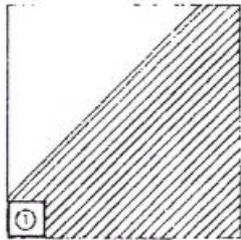
## ARGANI DA CAVA



- Strumenti di lavoro secondo Vitruvio

## SEQUENZA OPERATIVA COLTIVAZIONE

- **FASE 1**
  - Inserimento cunei e trincea
  
- **STRUMENTI**
  - Cunei di legno e piccone



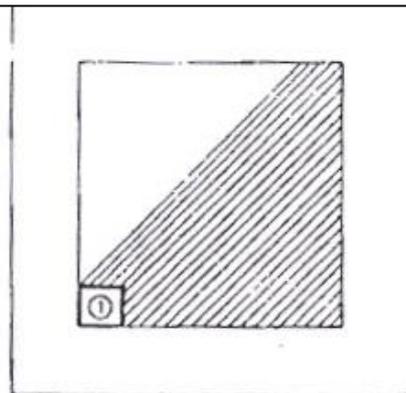
## SEQUENZA OPERATIVA COLTIVAZIONE

### □ **FASE 2**

- Distacco del blocco

### □ **STRUMENTI**

- Leva, scalprum



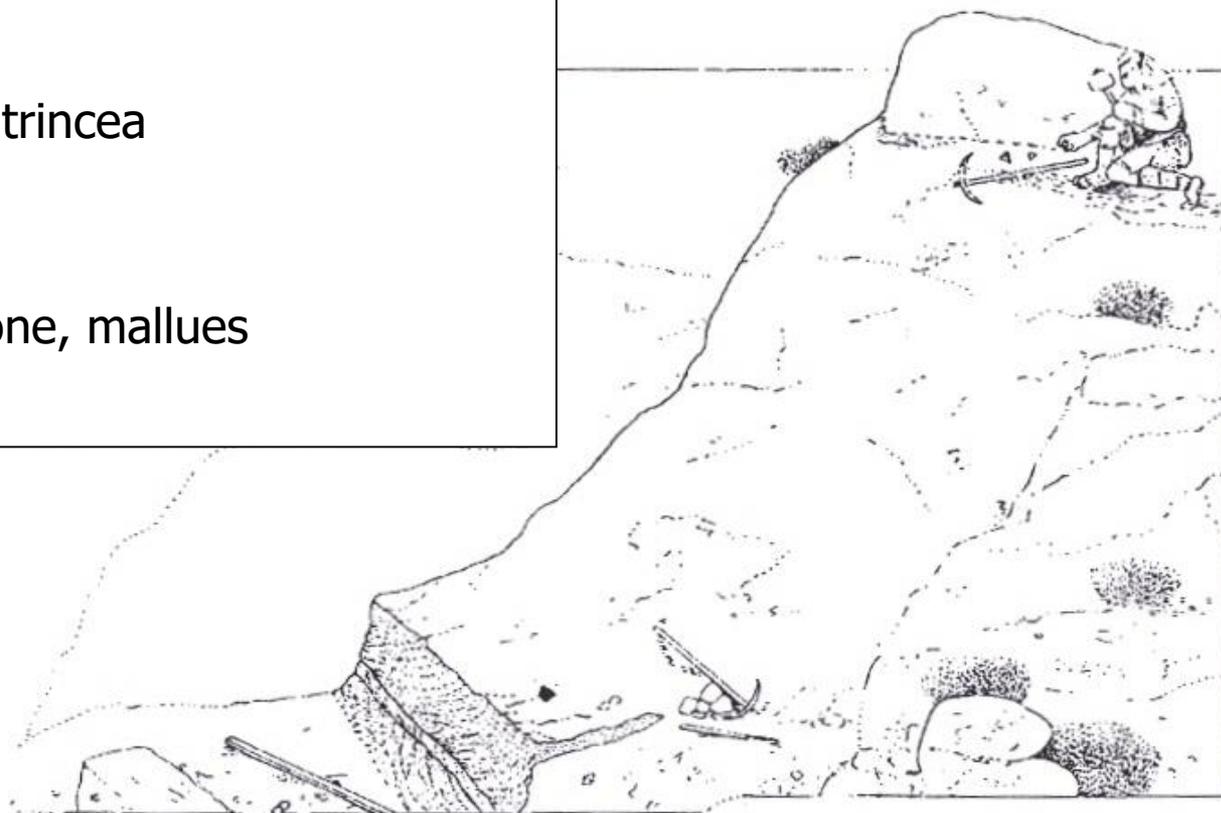
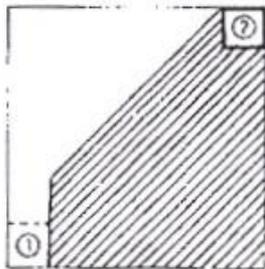
## SEQUENZA OPERATIVA COLTIVAZIONE

### □ **FASE 3**

- Inserimento cunei e trincea

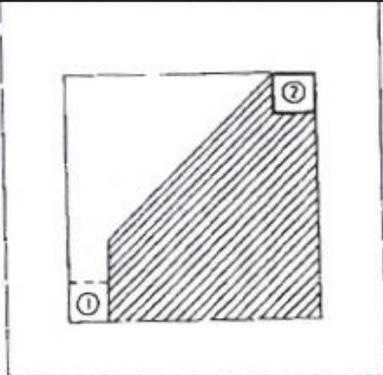
### □ **STRUMENTI**

- Cunei di legno, piccone, mallues



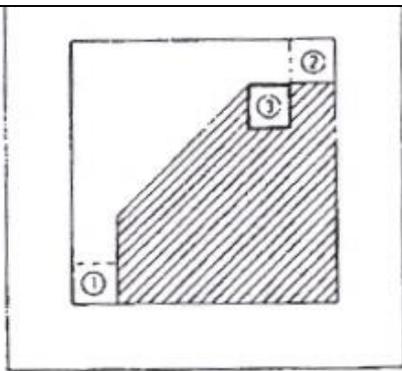
## SEQUENZA OPERATIVA COLTIVAZIONE

- **FASE 4**
  - Distacco del secondo blocco e relativo rotolamento
  
- **STRUMENTI**
  - Leva



## SEQUENZA OPERATIVA COLTIVAZIONE

- **FASE 5**
  - Inserimento cunei e creazione di trincea
  
- **STRUMENTI**
  - Cunei di legno, picconi, mallues



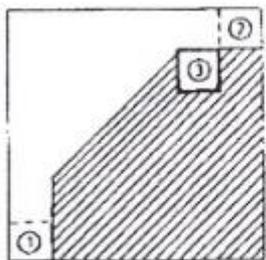
## SEQUENZA OPERATIVA COLTIVAZIONE

### □ **FASE 6**

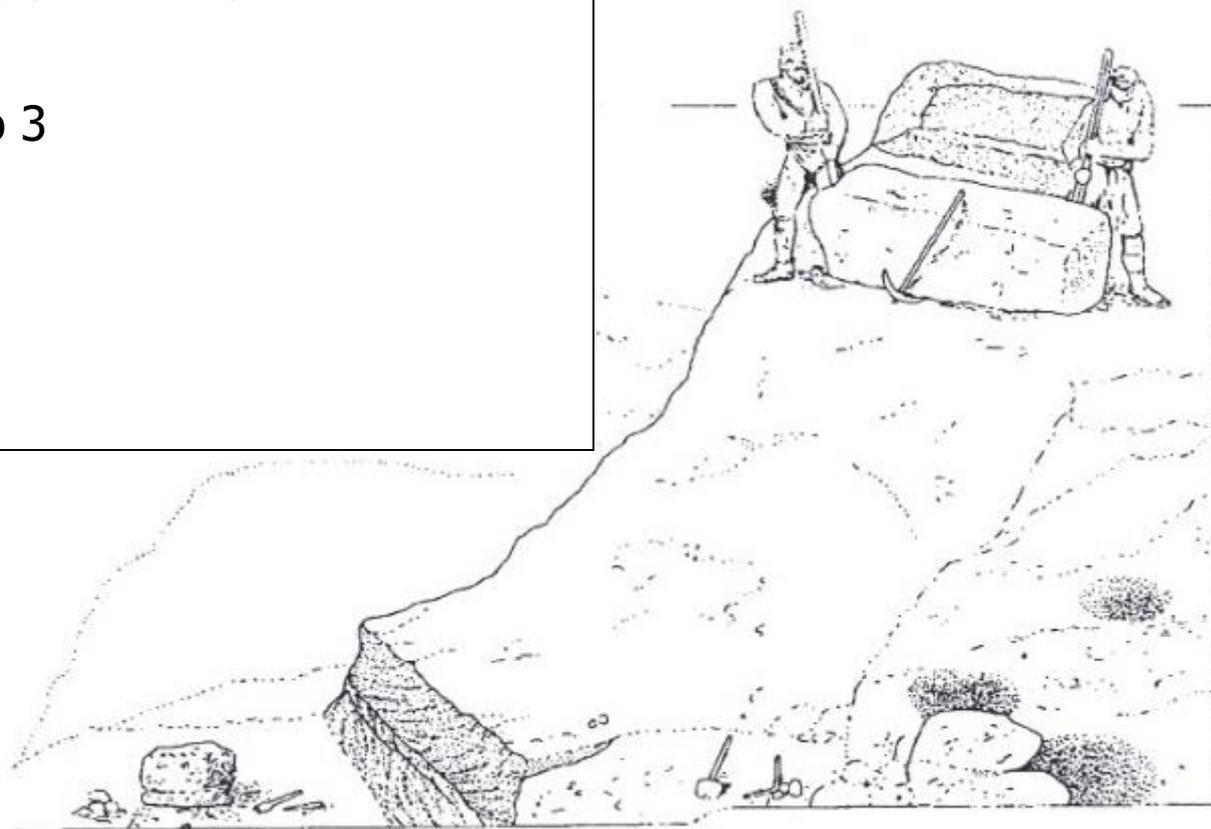
- Distacco del blocco 3

### □ **STRUMENTI**

- Leva



3.



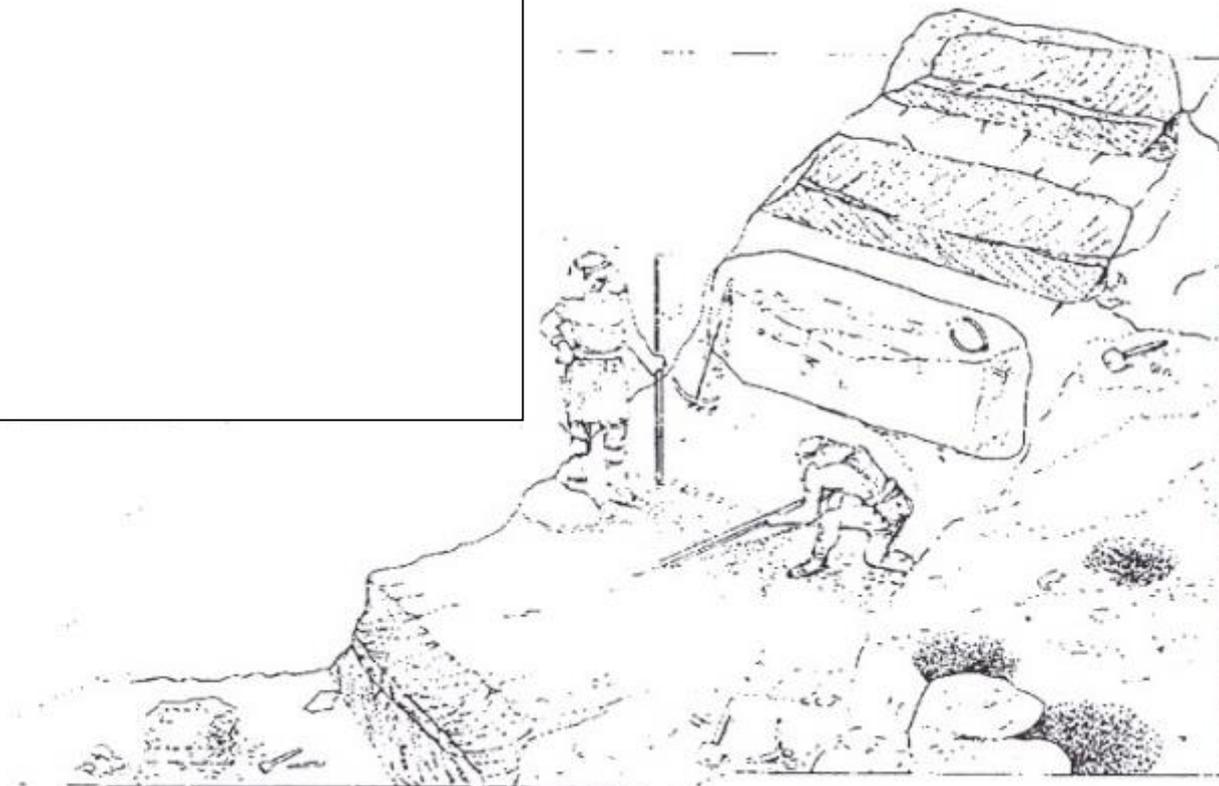
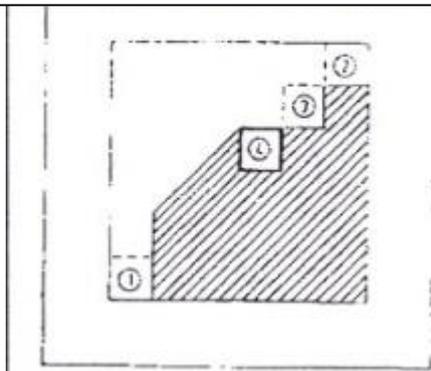
## SEQUENZA OPERATIVA COLTIVAZIONE

### □ **FASE 7**

- Distacco del blocco 4

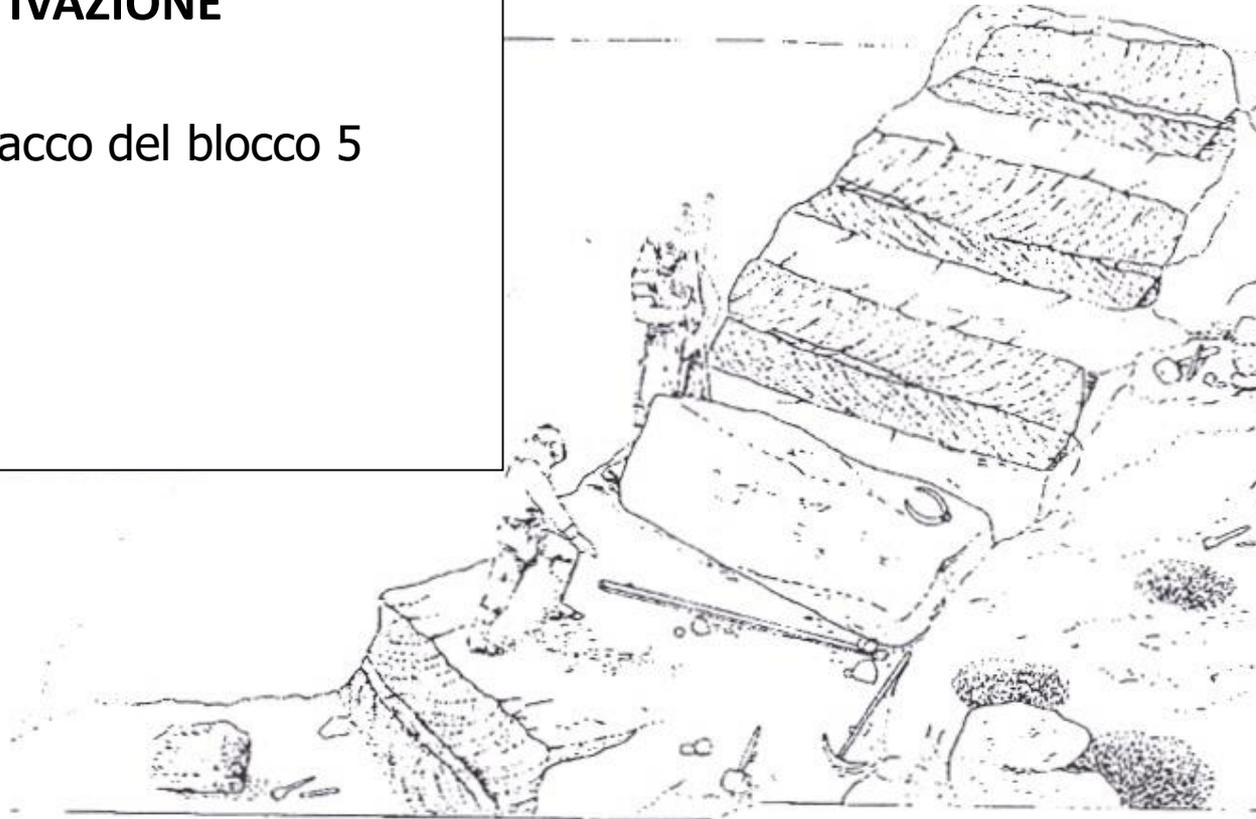
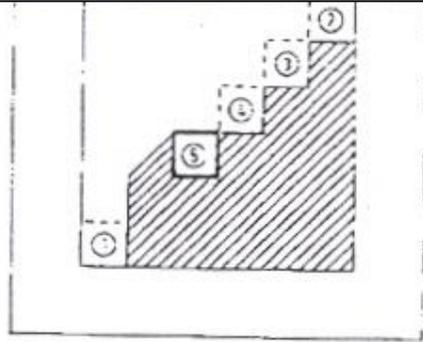
### □ **STRUMENTI**

- Leva



## SEQUENZA OPERATIVA COLTIVAZIONE

- **FASE 8**
  - Preparazione per il distacco del blocco 5
  
- **STRUMENTI**
  - Leva



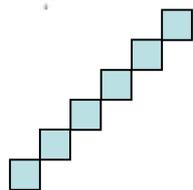
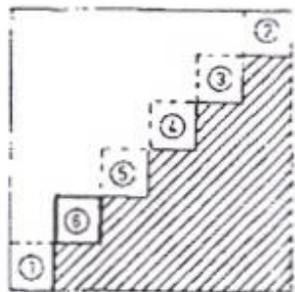
## SEQUENZA OPERATIVA COLTIVAZIONE

### □ **FASE 9**

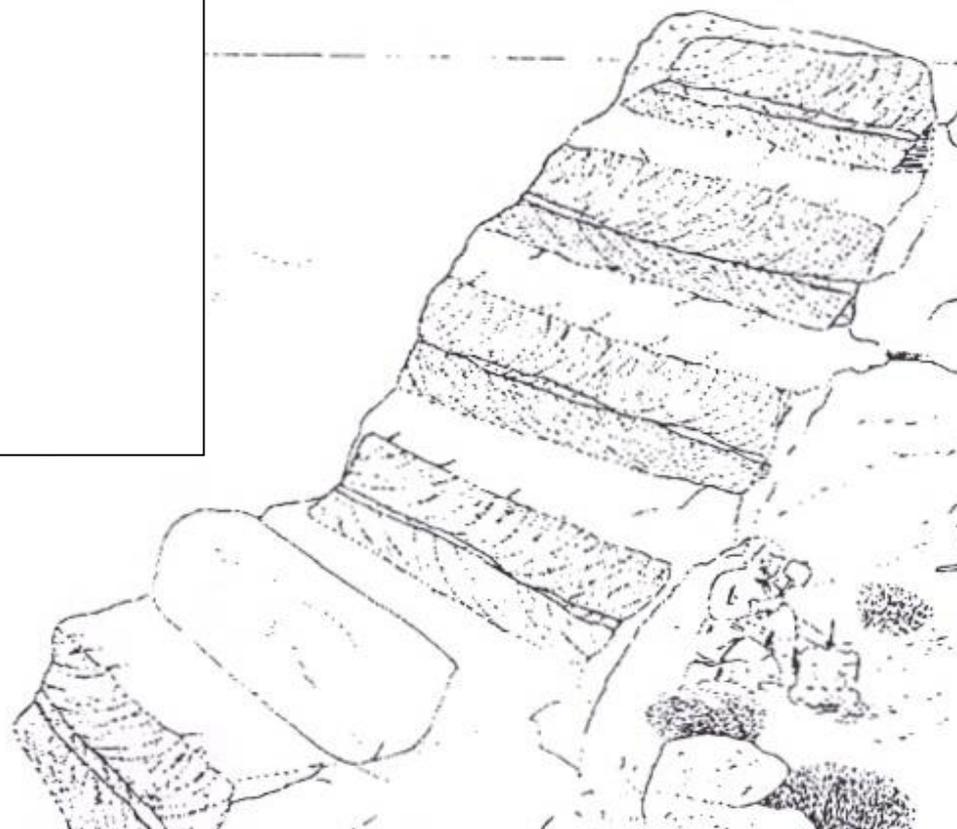
- Distacco del blocco 6

### □ **STRUMENTI**

- Leva



Cava a gradoni



- Egizi e Romani sfruttavano i sistemi le famiglie di discontinuità e le loro proprietà

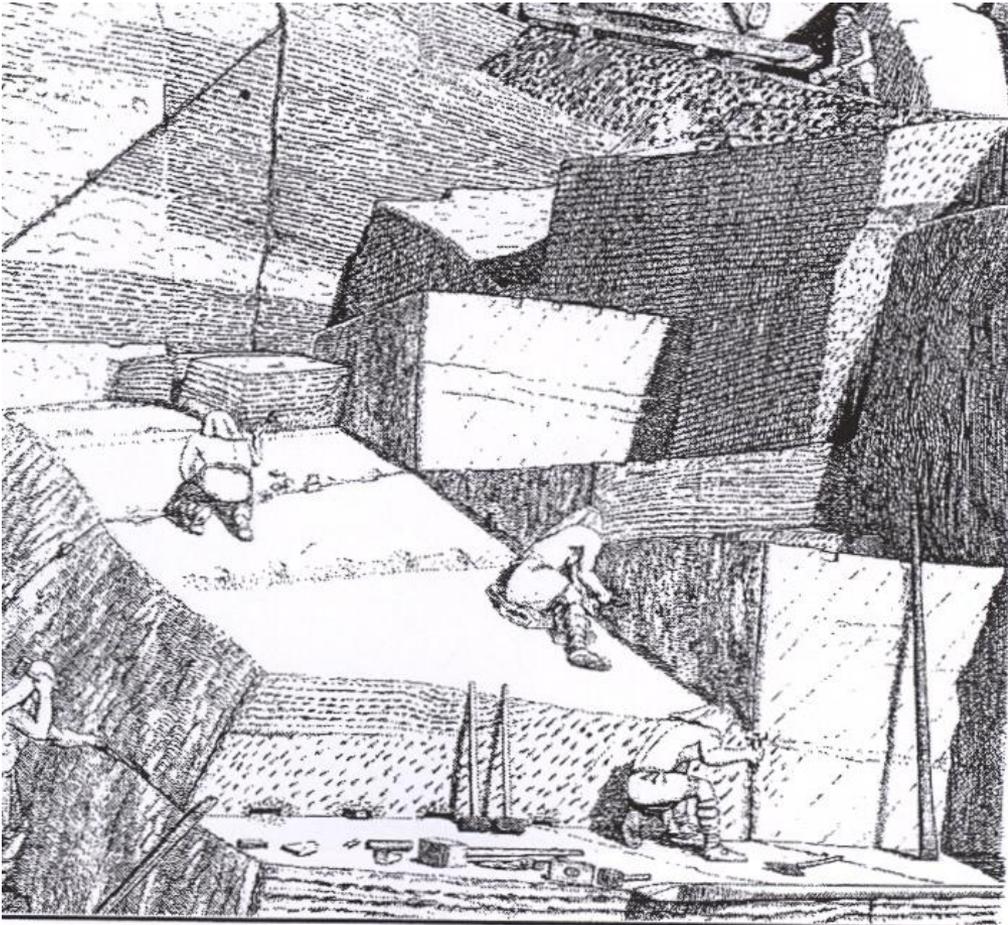
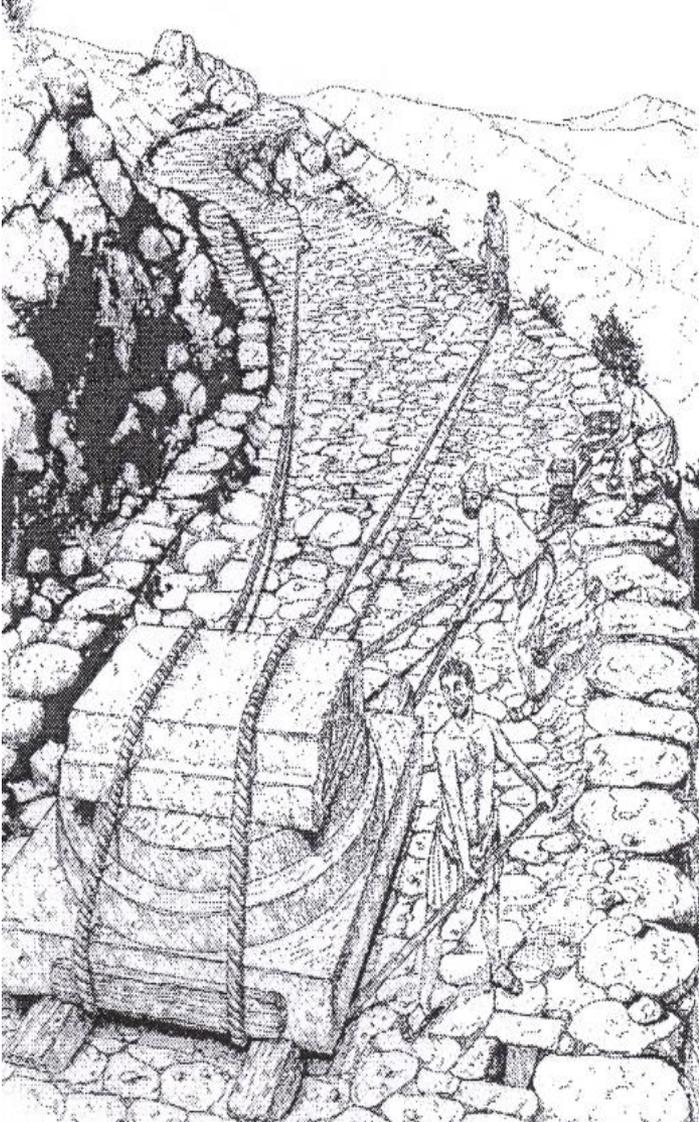
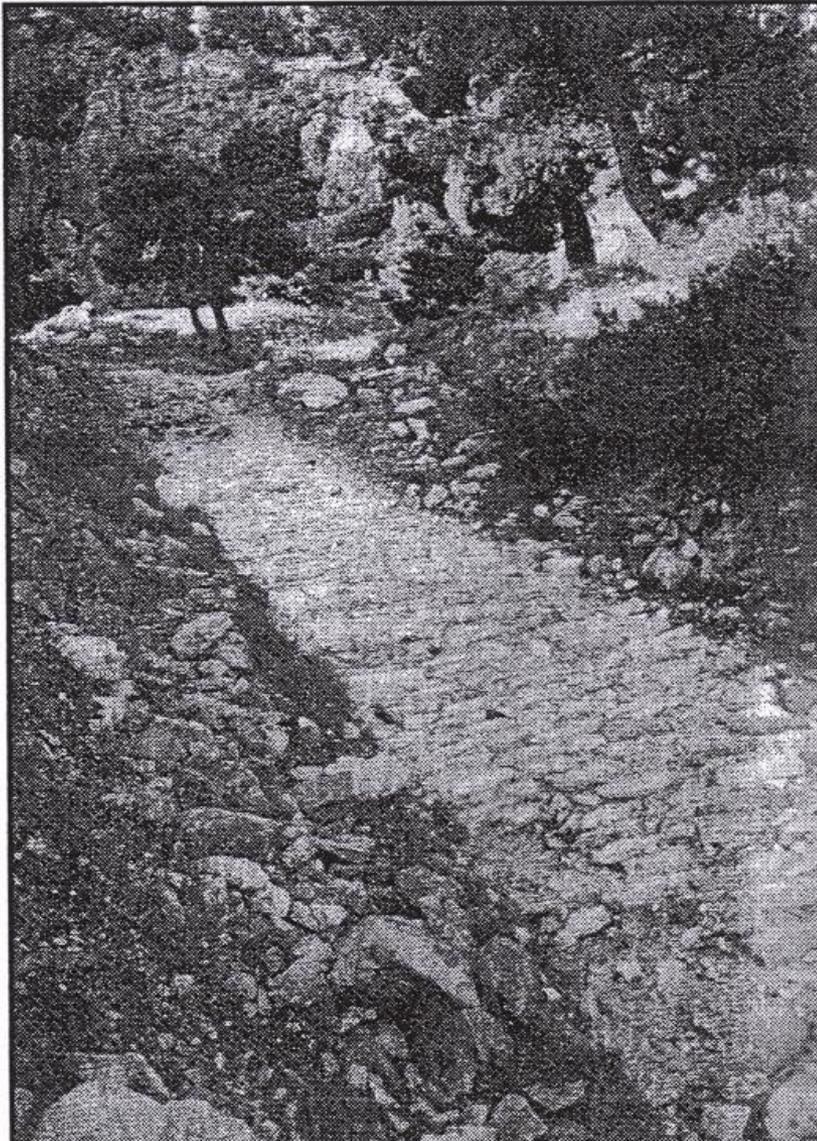


Immagine: Aniceti G.



- Trasporto avveniva tramite un sistema di funi e scivolo lungo strade pavimentate

Immagine: Aniceti G.



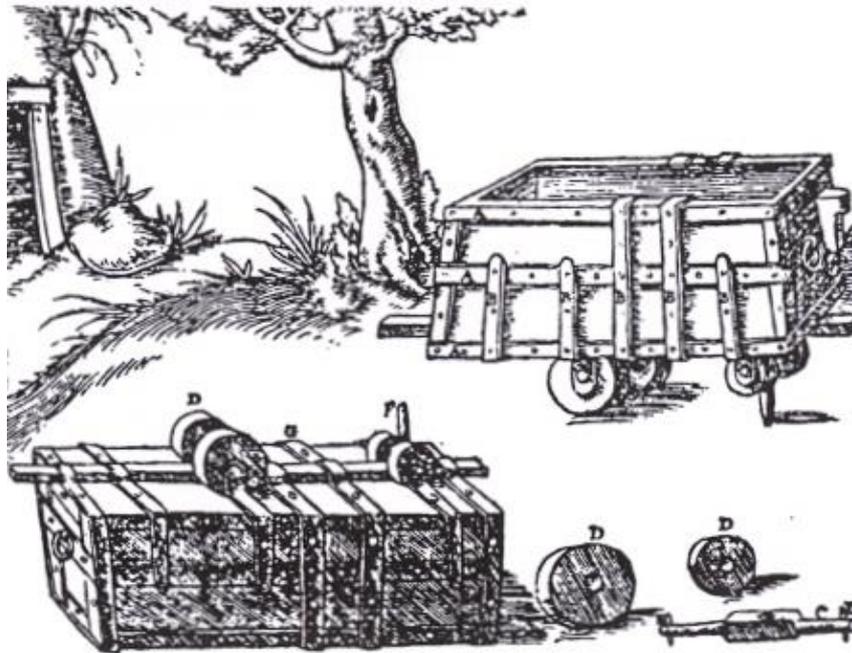
- Via di Izza che discende il monte Pentelico Atene

Immagine: Aniceti G.

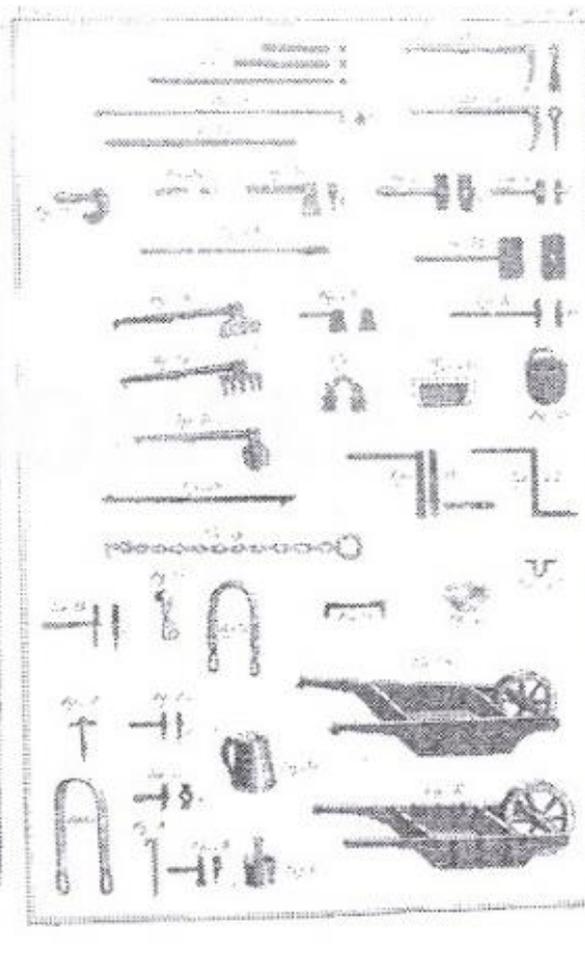
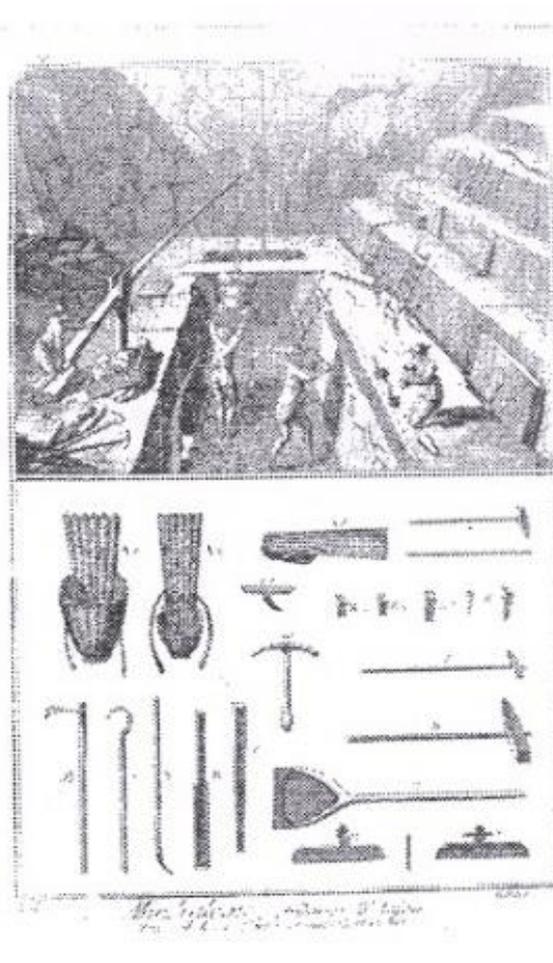
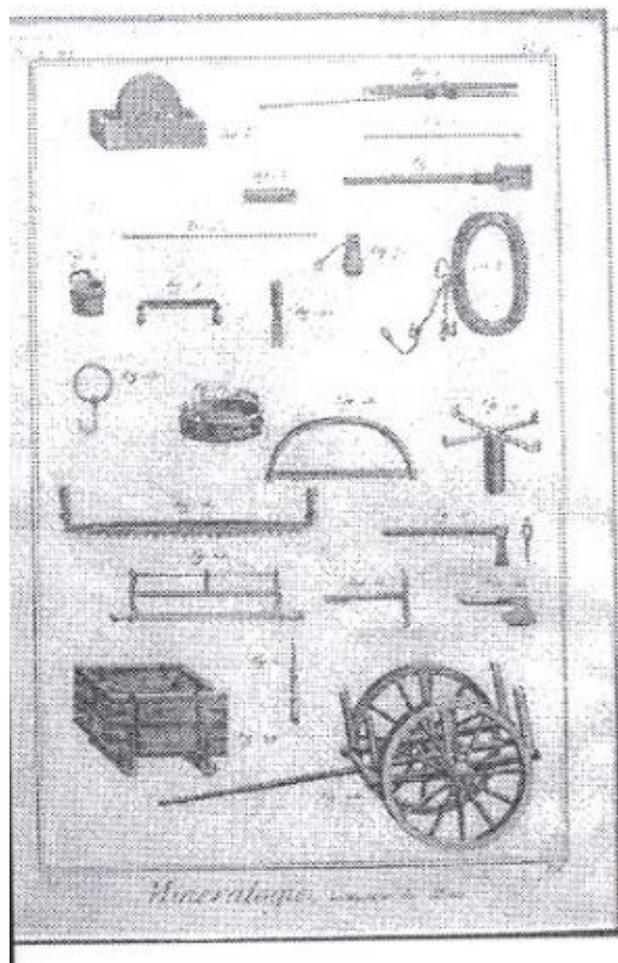


- Le cave e le miniere romane sono distribuite lungo tutto l'impero e il loro sviluppo e la loro prosperità sono legate alla situazione politica e militare dell'Impero
- Le guerre contro i barbari erano spesso finanziate con la conquista delle miniere (campagne daciche di Traiano)
- I principali giacimenti sono:
  - Sardegna (granito del N Sardegna, piombo e Zn nel SW Sardegna)
  - Italia (marmi apuani, calcari di Aurisina)
  - Britannia (oro e piombo dell'isola di Anglesey)
  - Turchia e Grecia (marmi)
  - Egitto
  - Dacia (oro)

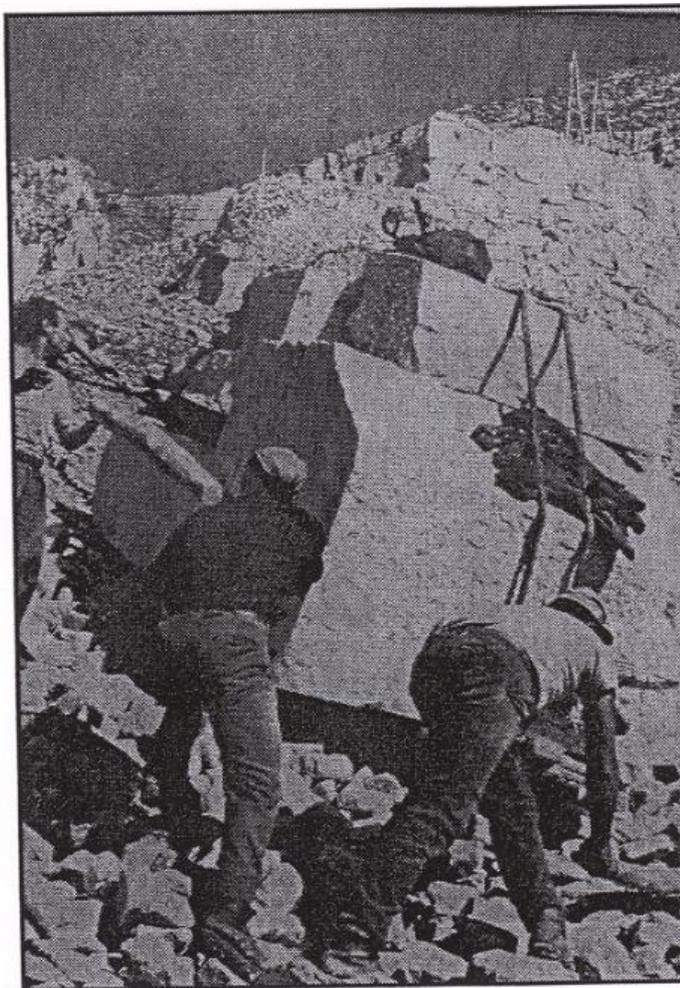
- La crisi e la caduta dell'Impero portano secoli di blocco dell'attività estrattiva e l'utilizzo dei marmi dei templi romani (Colosseo, ecc.)
- FINE DELLA PRIMA GLOBALIZZAZIONE CON L'IMPERO ROMANO
- Fine dei processi di sviluppo dell'attività estrattiva
- Nel medioevo si demoliscono i monumenti romani per utilizzare le pietre ornamentali



□ Strumenti nel 1770 tratti dall'enciclopedia Diderot e d'Alembert



- Attività nelle Alpi Apuane nel 1895 – nessuna differenza con Impero Romano



**Lizzatura nelle cave di marmo di Carrara (fine ottocento)**

↓  
**1900**

**Grandi cambiamenti in Italia**

↙  
**Nuove tecnologie**

↘  
**Coscienza ambientale**

- ❑ Con l'unità d'Italia, nella seconda metà dell'800, Quintino Sella istituisce un corpo di stato "il corpo delle miniere" con il compito di supervisione tecnica delle attività estrattive (minerarie) e vigilanza ai fini della sicurezza sui luoghi di lavoro e salute dei lavoratori
- ❑ Attraverso i distretti minerari ambiti di competenza sovraregionali, il corpo delle miniere svolge il suo compito fino al 2001, anno in cui, con la legge Bassanini sul decentramento amministrativo, i distretti vengono sciolti e le competenze passano alle regioni

R.D. 29 Giugno 1927 N. 1443

“Norme di carattere legislativo per disciplinare la ricerca e la coltivazione delle miniere nel regno”

□ Art. 1 – La ricerca e la coltivazione di sostanze minerali e delle energie del sottosuolo, industrialmente utilizzabili, sotto qualsiasi forma o condizione fisica, sono regolate dalla presente legge

□ Art. 2 – Le lavorazioni del articolo 1 si distinguono in due categorie:

- miniere
- cave

R.D.L. 29 Giugno 1927 N. 1443

“Norme di carattere legislativo per disciplinare la ricerca e la coltivazione delle miniere nel regno”

□ Per l'articolo 2 di tale legge, appartengono alle miniere:

- minerali utilizzabili per l'estrazione dei metalli
- grafite, combustibili solidi, liquidi, gassosi
- fosfati alcalini e magnesiaci, miche, feldspati, argille per porcellana
- pietre preziose, granati, corindone, bauxite, leucite, magnesite
- sostanze radioattive, acque termali, vapori, gas

R.D.L. 29 Giugno 1927 N. 1443

“Norme di carattere legislativo per disciplinare la ricerca e la coltivazione delle miniere nel regno”

□ Appartengono alle cave:

- torbe
- materiali per costruzioni edilizie, stradali, idrauliche
- terre coloranti, quarzo, sabbie silicee
- materiali non compresi nella prima categoria

R.D.L. 29 Giugno 1927 N. 1443

“Norme di carattere legislativo per disciplinare la ricerca e la coltivazione delle miniere nel regno”

□ Art. 15 - La concessione di una miniera può essere fatta a chi abbia, a giudizio insindacabile del ministro dell'industria, del commercio dell'artigianato l' **idoneità tecnica ed economica** a condurre l'impresa

R.D.L. 29 Giugno 1927 N. 1443

“Norme di carattere legislativo per disciplinare la ricerca e la coltivazione delle miniere nel regno”

□ Art. 45 - Le cave e le torbiere sono lasciate in disponibilità del proprietario del suolo



Come una concessione edilizia

- Quando il proprietario non intraprenda la coltivazione della cava o torbiera o non dia ad essa sufficiente sviluppo, l'ingegnere capo del distretto minerario può prefiggere un termine per l'inizio, la ripresa o l'intensificazione dei lavori
- Trascorso infruttuosamente il termine prefisso, l'ingegnere capo del Distretto minerario può dare la concessione della cava e della torbiera in conformità delle norme contenute nel titolo II

## LA CONCESSIONE MINERARIA

□ Le miniere costituiscono patrimonio dello stato (art. 826, Codice Civile); la loro coltivazione è affidata ad operatori privati in forza di un provvedimento concessionario (da R.D. 29 giugno 1927, n. 1443), originariamente rilasciato dal Ministro dell'Industria ed oggi (Legge Bassanini) dalla Regione competente. Esse non sono mai state fino ad oggi oggetto di pianificazione e sono slegate dalla proprietà fondiaria





## AUTORIZZAZIONE (CAVE)

□ Le cave di contro sono in linea generale del proprietario del suolo pur tuttavia la normativa dà facoltà di sottrarre la cava al proprietario allorquando egli non intraprenda la coltivazione o non dia ad essa sufficiente sviluppo e di affidarla a terzi

Foto: Devoto S

## VINCOLO ARCHEOLOGICO

Legge 1 giugno 1939, n. 1089

“Tutela delle cose di interesse artistico e storico”

□ Art.1 - Sono soggette alla presente legge le cose immobili e mobili che presentano interesse artistico, storico, archeologico ed etnografico, compresi:

- le cose che interessano la paleontologia, la preistoria e le primissime civiltà
- le cose d'interesse numismatico
- i manoscritti, gli autografi, i carteggi
- vi sono pure compresi le ville, i parchi e i giardini che abbiano interesse artistico e storico

## VINCOLO PAESSAGGISTICO

Legge 29 giugno 1939, n. 1497

“Protezione delle bellezze naturali”

□ Art. 1 – Sono soggette alla presente legge a causa del loro notevole interesse pubblico:

- le cose immobili che hanno cospicui caratteri di bellezza naturale o di singolarità geologica
- le ville, i giardini, i parchi che, non contemplati dalle leggi per la tutela del vincolo archeologico, si distinguono per la loro non comune bellezza
- le bellezze panoramiche e i punti di vista di quest'ultime

## LA NASCITA DELLA SENSIBILITA' AMBIENTALE

D.P.R. 9 Aprile 1959 N. 128

“Norme di polizia delle miniere e delle cave”

D.P.R. 24 Luglio 1977 N. 616

□ Con il DPR del 24 luglio 1977, tra le altre, sono state trasferite dallo Stato alle Regioni a statuto ordinario le competenze amministrative e di polizia mineraria in materia di cave, torbiere, acque minerali e termali (queste ultime sono conferite tra i beni indisponibili della Regione)

□ Negli anni 80 nascono così le prime leggi regionali sulle cave che introducono elementi di assoluta novità quali:

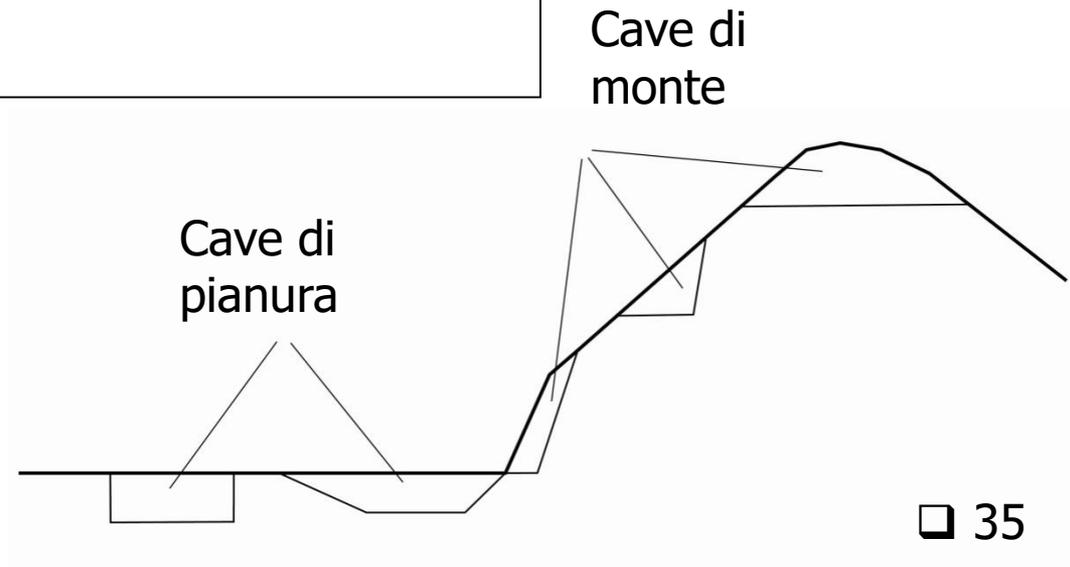
- limitazioni amministrative
- ulteriori nuovi obblighi degli imprenditori
- piani di recupero ambientale

D.P.R. 24 Luglio 1977 N. 616

- Il Recupero ambientale è attività obbligatoria connessa con quella di coltivazione
- Il Recupero ambientale nasce nello stesso momento della progettazione che in maniera multidisciplinare associa competenze minerarie e agroforestali
- Il Recupero ambientale non è un optional d'impresa ma obbligo sociale garantito da polizza fideiussoria

□ Elementi per la classificazione di una cava sono:

- collocazione morfologico / topografica
- sviluppo geometrico
- elementi volumetrici elementari
- metodi di coltivazione
- tecnologie di abbattimento
- tecnologie di movimentazione e trasporto



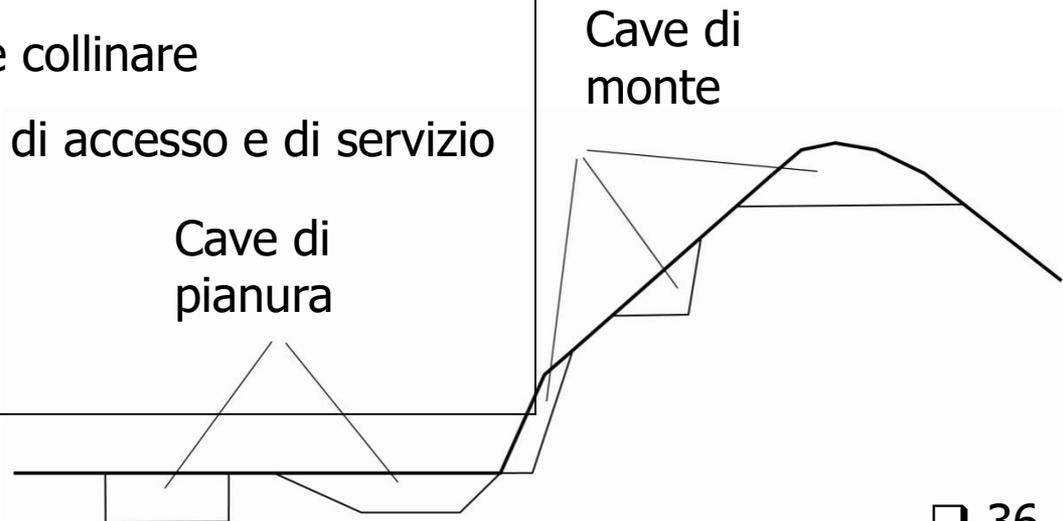
## COLLOCAZIONE MORFOLOGICO / TOPOGRAFICA

### □ Cave di pianura

- inserite nel contesto morfo-topografico pianeggiante
- lavori di scavo ribassati rispetto a quota campagna
- facilità di schermatura visive
- possibilità di interferenze con gli acquiferi

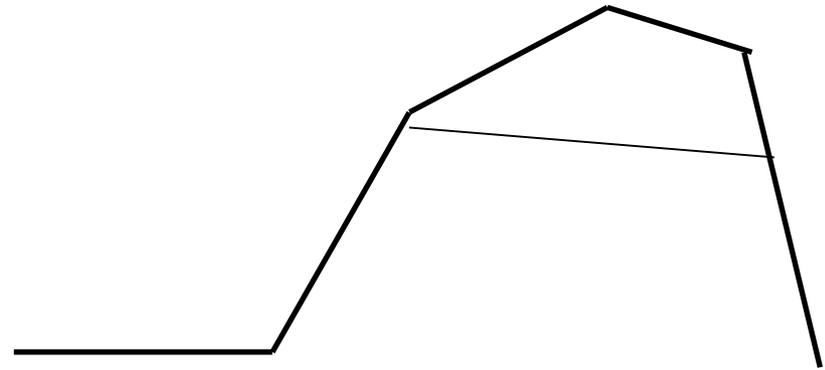
### □ Cave di monte

- inserite in un contesto montuoso e collinare
- necessità della esecuzione di piste di accesso e di servizio
- inquinamento visivo
- difficile da occultare



## COLLOCAZIONE MORFOLOGICO/TOPOGRAFICA

- cava culminale: in qualunque fase interessa il culmine del rilievo
- cava a mezza costa: l'estrazione interessa il fianco di un rilievo nella sua zona mediana
- cava pedemontana: collocata alla base dei rilievi
- cava di pianura: inserita in un contesto morfo/topografico pianeggiante molto più esteso rispetto



□ Cava culminale

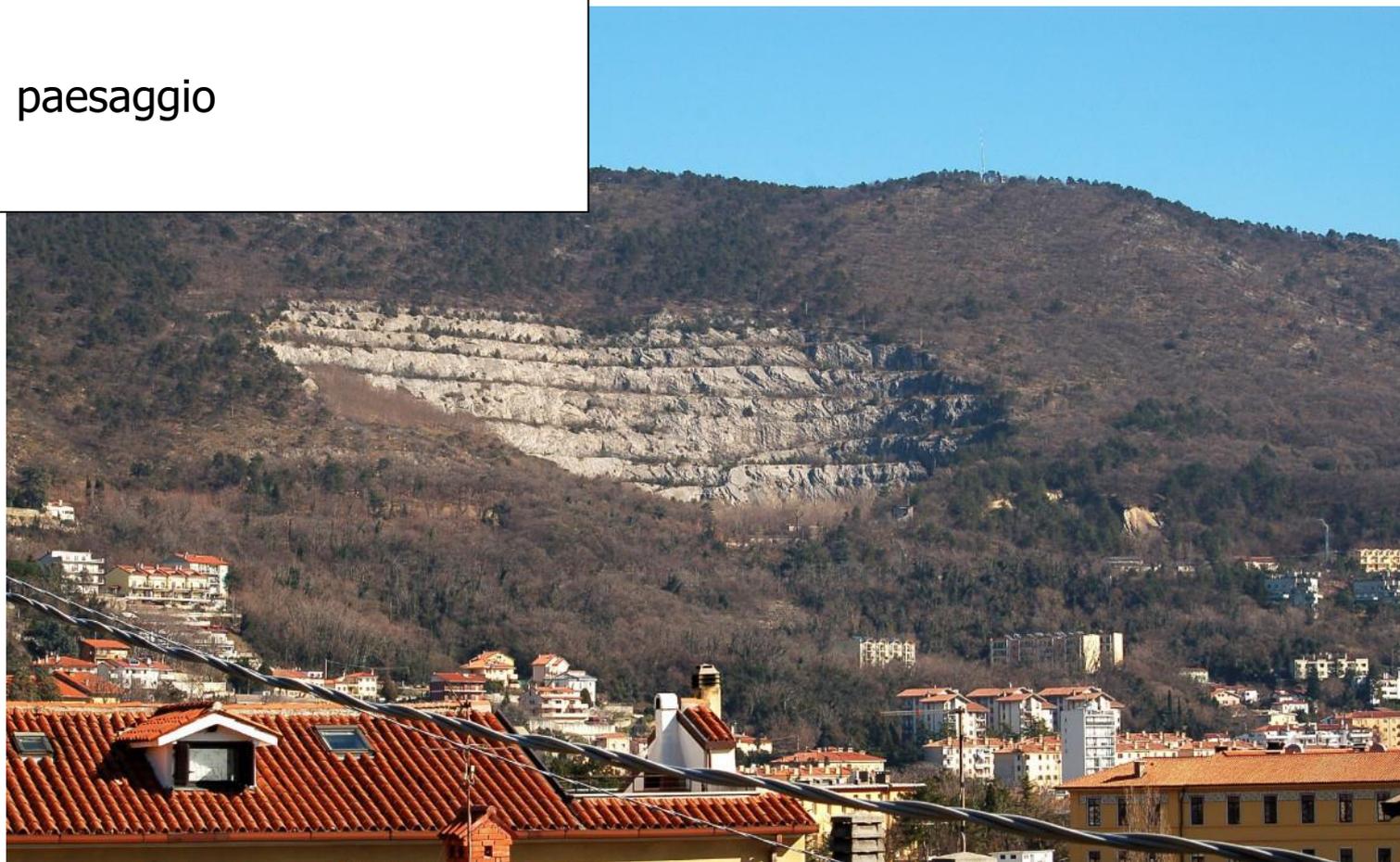
- coltivate di solito per splateamento
- piste d'accesso onerose
- talvolta facilmente schermabili
- modificano lo sky-line

## ☐ Le cave

### ☐ Cava a mezza costa

- metodo di coltivazione è influenzato dalla morfologia del versante
- piste d'accesso onerose e impattano sul paesaggio
- impatto alto sul paesaggio

Foto: Devoto S

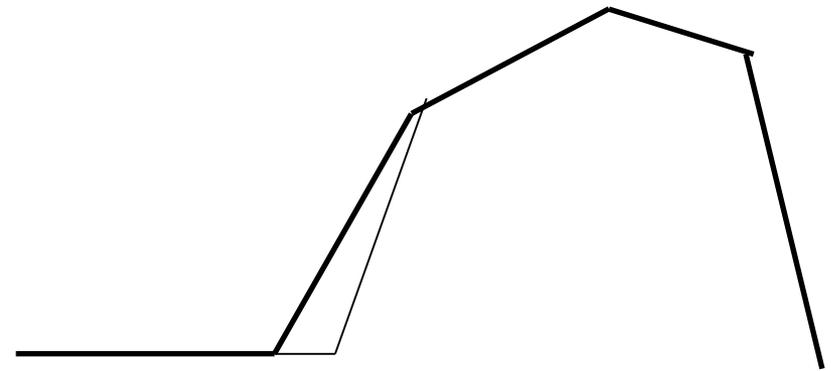


☐ Trieste

## COLLOCAZIONE MORFOLOGICO/TOPOGRAFICA

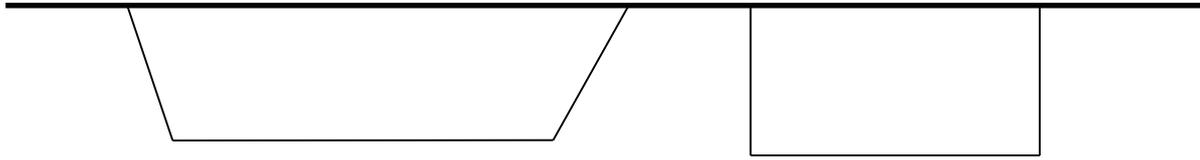
### □ Cava pedemontana

- piazzale alla quota della pianura
- piste d'accesso sono in pianura, quelle di servizio ai fronti sui pendii
- impatto visivo dipende dalle dimensioni della cava, può essere schermato da filari di alberi
- possono essere presenti delle criticità sia ai fini della stabilità del pendio sia per la presenza di acquiferi



□ Castellarano (RE)

□ 40



## COLLOCAZIONE MORFOLOGICO/TOPOGRAFICA

### □ Cava di pianura

- il piazzale di lavoro è a quote inferiori rispetto alla quota campagna
- impatto visivo minimo
- sono facilmente schermabili tramite filari d'alberi
- creano di solito interferenze con le falde acquifere; problemi d'evacuazione delle acque meteoriche

## SVILUPPO GEOMETRICO

□ A geometria aperta

□ A geometria chiusa

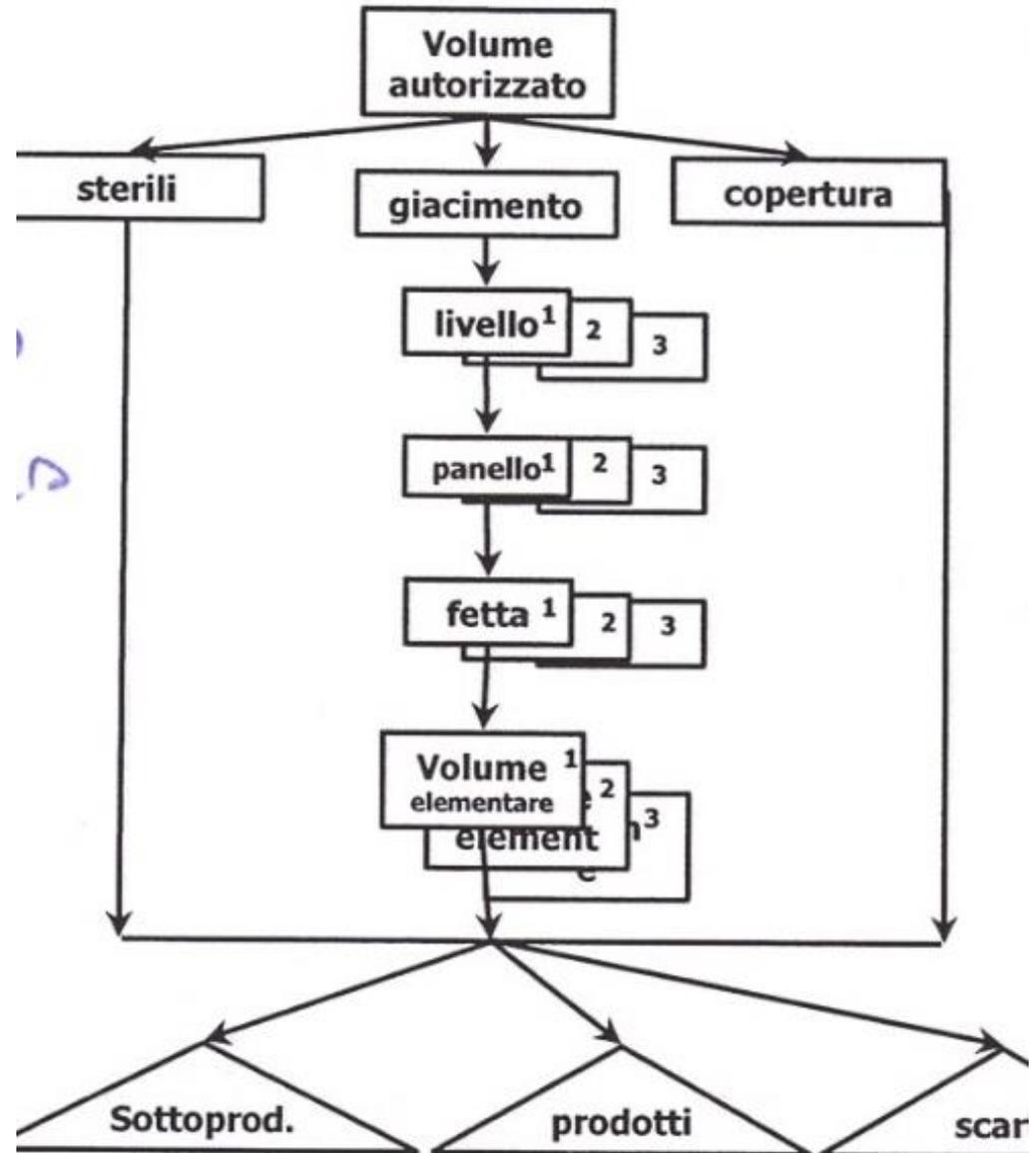
- a fossa: hanno le pareti con inclinazione tale da consentire la realizzazione di piste e/o rampe. La coltivazione avviene all'asciutto, per cui se è presente la falda o acque meteoriche occorre ricorrere alla eduazione dell'acqua
- a pozzo: hanno pareti subverticali quindi i livelli inferiori sono accessibili solo con mezzi verticali di sollevamento; il personale accede o con ascensori o con scale

ELEMENTI  
VOLUMETRICI

□ Gerarchia dei volumi

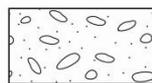
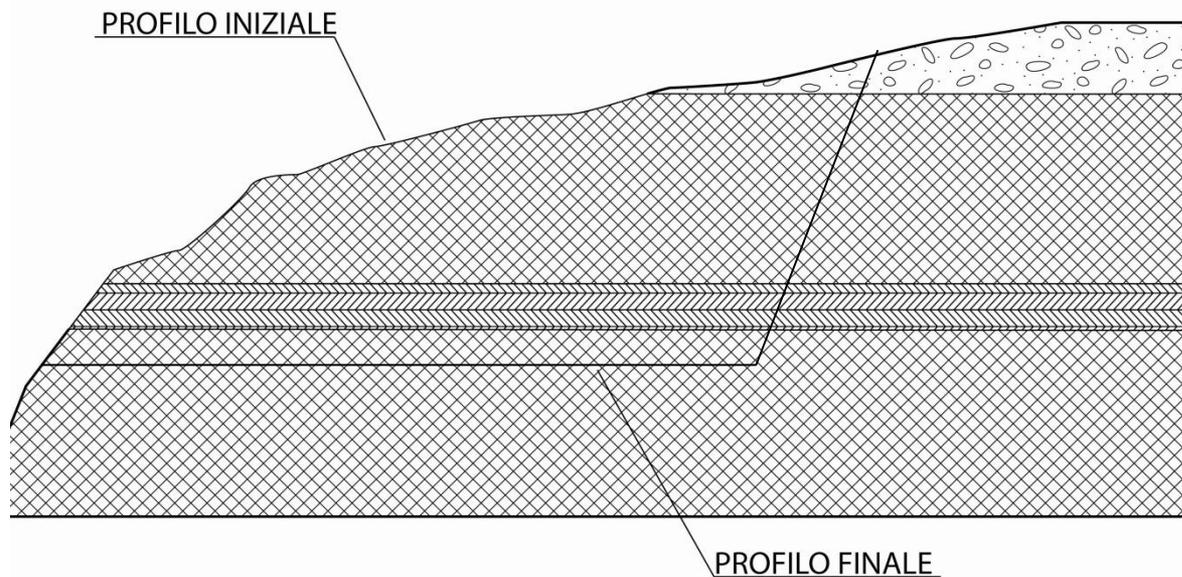
□ La gestione di un volume autorizzato di cava presuppone la sua suddivisione in elementi volumetrici via via più piccoli fino ad arrivare alle dimensioni dei prodotti

□ Tali elementi volumetrici corrispondono a fasi diverse del ciclo di produzione organizzate in maniera gerarchica

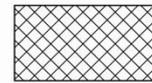


□ Volume autorizzato

- copertura
- giacimento
- sterile di coltivazione



COPERTURA



GIACIMENTO



STERILE DI  
COLTIVAZIONE

### □ Copertura

- viene asportata prima con metodi talora diversi da quelli di coltivazione
- può costituire un onere importante per l'economicità della coltivazione; in tal caso le coltivazioni si possono sviluppare in sotterraneo

### □ Sterile di coltivazione

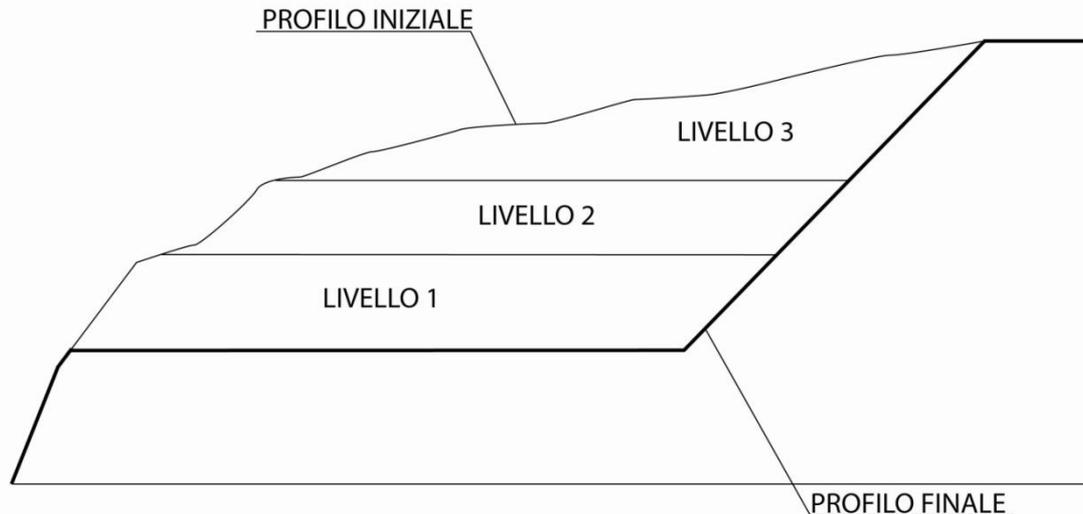
- si trovano all'interno del giacimento e risultano più o meno distinti ad esso

### □ Giacimento

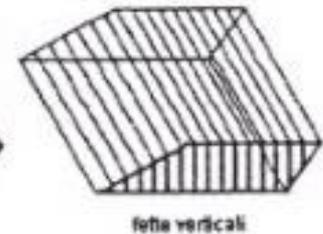
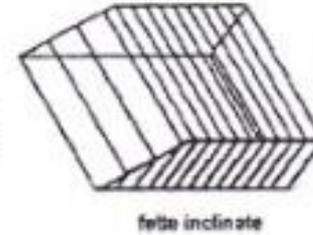
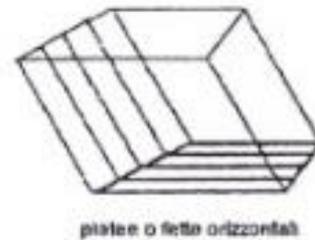
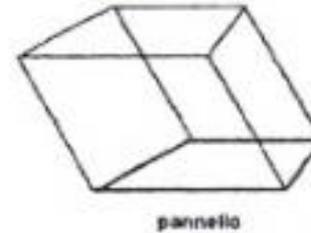
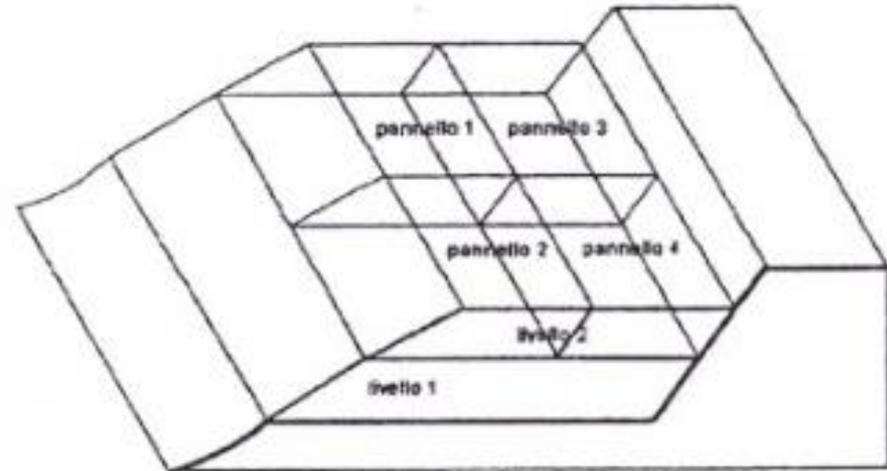
- rappresenta la parte oggetto di coltivazione per la produzione di prodotti economicamente utili

## ELEMENTI VOLUMETRICI

- Il giacimento si compone da uno o più livelli
- il giacimento viene suddiviso in livelli, porzione delimitata da piani di norma sub orizzontali
- ogni livello rappresenta una entità produttiva autonoma nell'ambito della cava e corrisponde di solito ai piazzali sui quali si carica il tout-venant
- il livello può essere suddiviso in pannelli



- i livelli possono essere suddivisi in pannelli, ossia porzioni delimitate da piani verticali
- il materiale proveniente dai pannelli di un livello viene trasportato con la medesima infrastruttura (strada) o impianto (nastro)
- i pannelli sono suddivisi in fette variamente orientate: orizzontali, verticali, inclinate
- ciascuna fetta è suddivisa in volumi elementari di coltivazione (spesso chiamati gradoni)



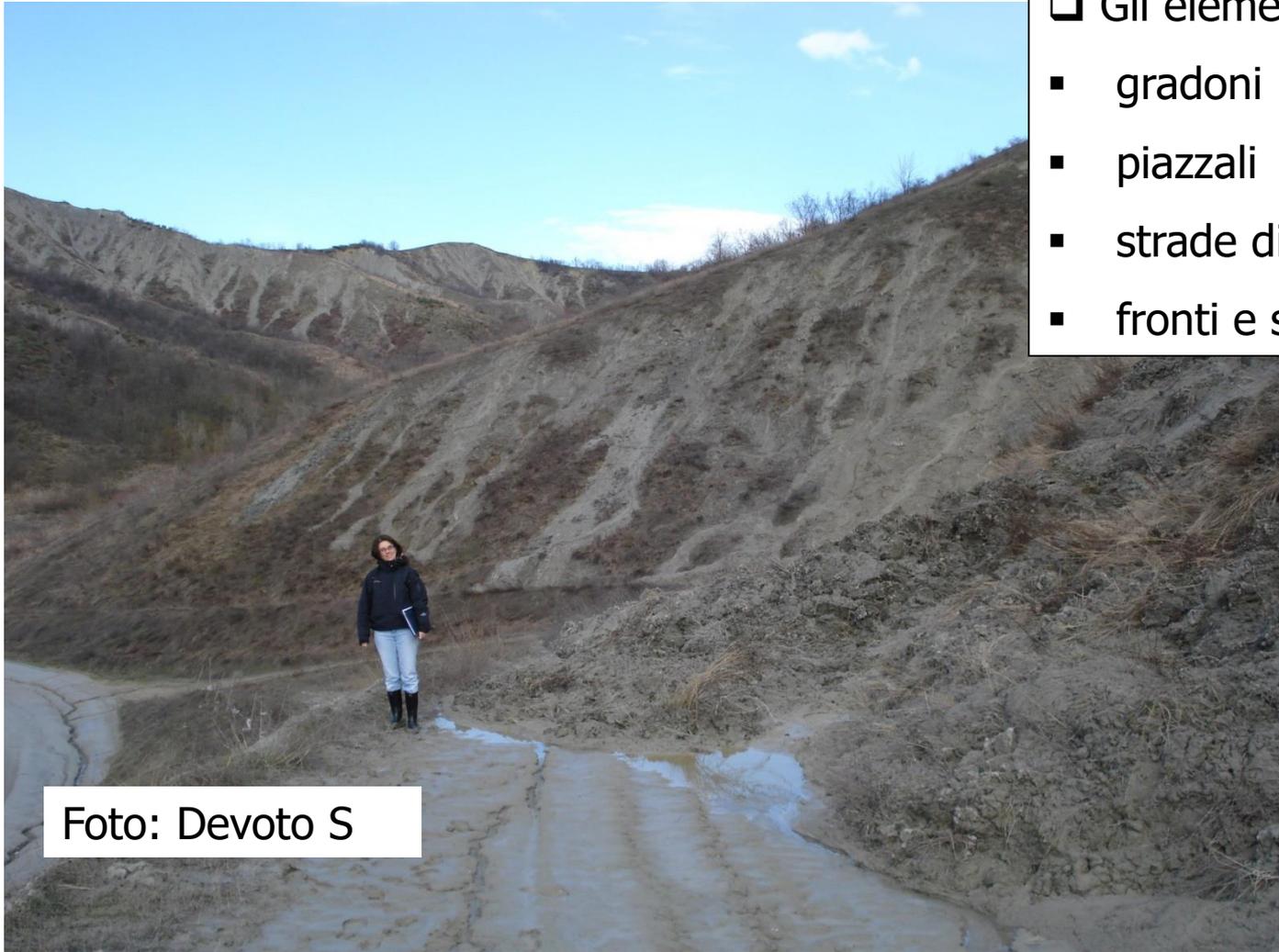


Foto: Devoto S

□ Gli elementi funzionali sono:

- gradoni
- piazzali
- strade di servizio
- fronti e scarpate

□ Castellarano (RE)

## ELEMENTI FUNZIONALI

### ❑ Gradoni

- caratterizzati da un alzata (verticale o variamente inclinata) e da una pedata (in genere suborizzontale) le cui dimensioni dipendono dalle esigenze di stabilità

### ❑ Piazzali

- di norma suborizzontali; è lo spazio su cui avvengono la movimentazione e talora la lavorazione del tout-venant
- qualora siano presenti più di uno, uno è fissi, li altri seguono la lavorazione

### ❑ Strade di servizio

- da non confondere con le strade d'accesso, si dividono in piste (a minor pendenza e praticabili con tutti i mezzi) e rampe (pendenza elevata, praticabili da cingolati o camion 4WD)

### ❑ Fronti e scarpate

- di solito si usa il termine fronte di cava per indicare una superficie inclinata o verticale in continua evoluzione; scarpata si usa per situazioni definitive

## Le cave

- È la fase organizzativa e temporale con cui una certa porzione di giacimento viene interessata dalle attività di coltivazione
- Di solito si ha una certa libertà di scelta del metodo, per cui esso non sempre è dipendente dal tipo di cava, né dalla tecnica di abbattimento prescelta, ma risponde ad obiettivi progettuali ben precisi
- All'interno di una stessa cava si possono adottare diversi metodi di coltivazione (diversi livelli di produttività, diverse formazioni, ecc.)
- Per rocce o prodotti granulari:
  - a gradone unico
  - a gradoni multipli
  - a splateamento su gradone unico
  - a splateamento su più gradoni
  - metodi a platee
- Per pietre ornamentali:
  - per grandi bancate
  - per gradino basso

## A GRADONE UNICO

□ Il giacimento è costituito da un unico livello (coincidente con un'unica platea) la cui altezza coincide con quella del gradone.

□ Applicato in piccole cave di giacimenti stratiformi (pozzolane, colate laviche, ghiaie e sabbie)

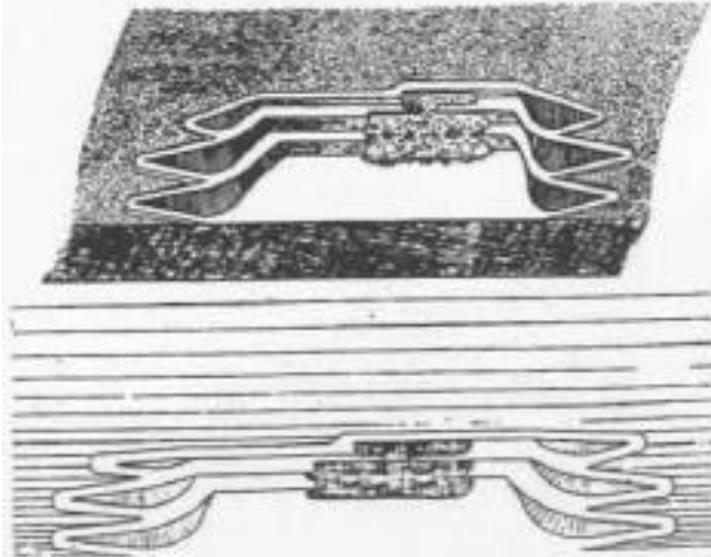
□ Il recupero è realizzabile solo a fine coltivazione

□ La cava è dotata di un unico piazzale antistante il fronte di cava

## A GRADONE MULTIPLI

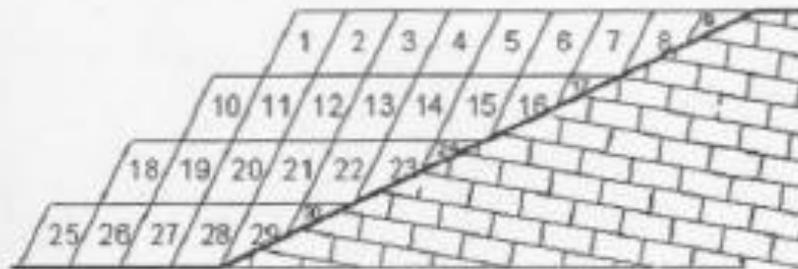
- ❑ Il giacimento è costituito da un unico livello ed è suddiviso in fette orizzontali o platee con altezza uguale a quella del gradone (10-20 m.)
- ❑ Ogni platea è coltivata (di solito con esplosivo e mine lunghe in una o più file ma talvolta anche con demolitori meccanici su escavatori) verticalmente e tutte le platee sono messe in produzione per cui la cava assume la tipica configurazione a gradoni
- ❑ Adottato per cave di monte
- ❑ La pendenza del fronte è sui 70 gradi, nettamente superiore all'angolo di riposo
- ❑ Il recupero può avvenire solo a coltivazione ultimata

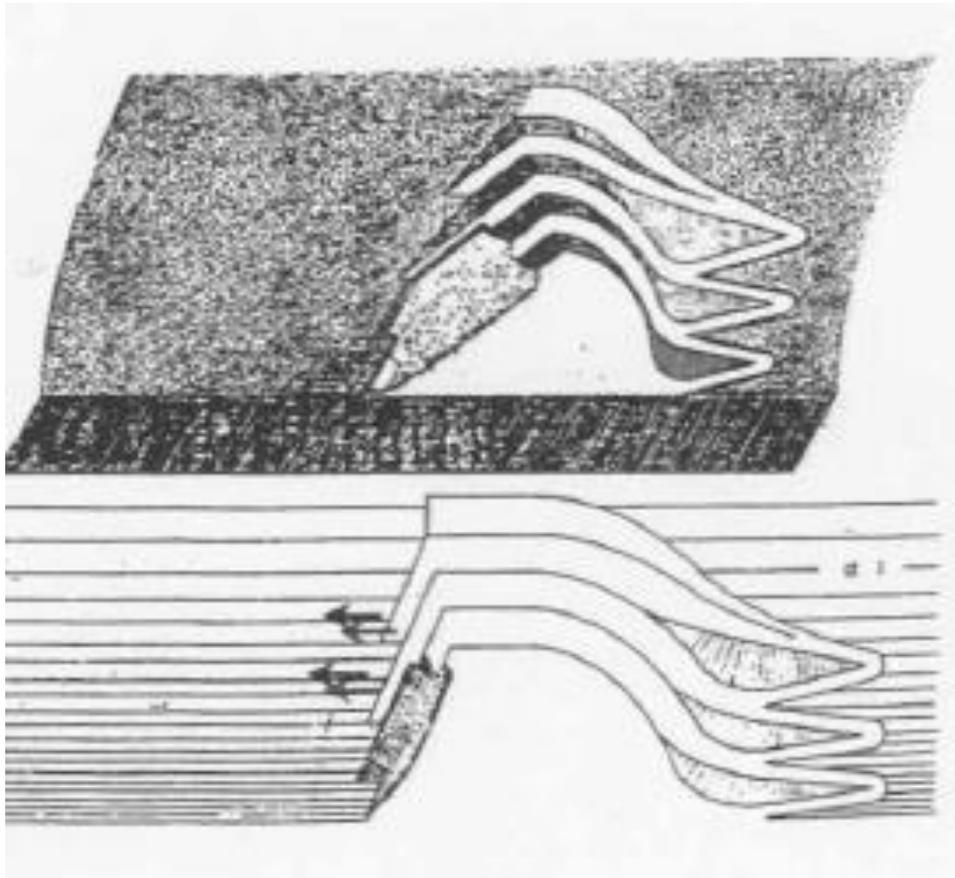
## SPLATEAMENTO SU GRADONE UNICO (O SPALTEAMENTI SUCCESSIVI)



- Le platee nelle quali è suddiviso il giacimento, vengono coltivate sequenzialmente a partire dalla più alta
- Una pista principale (interna o esterna alla cava) transitata da dumper raggiunge il culmine della cava
- Nell'ambito della stessa platea possono essere aperti a più fronti, aumentando così la produzione
- Il recupero può iniziare parallelamente alla coltivazione, al termine (o durante) di ogni platea in lavorazione e possono essere realizzate delle quinte di mascheramento

Una variante al trasporto del tout-venant prevede la realizzazione di fornello di gettito e di una galleria di base alla quota del piazzale di carico. Nelle cave di pianura lo splateamento su uno o più gradoni avviene "a fossa"





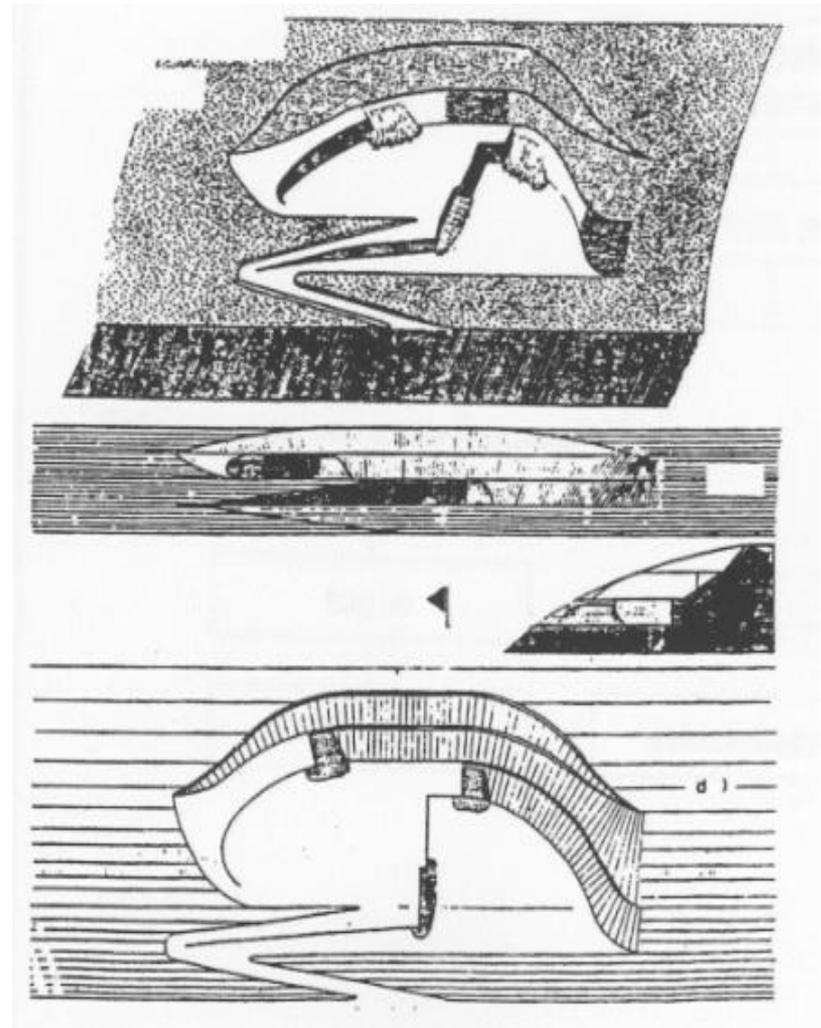
## A GRADONE CON ROTAZIONE DEL FRONTE

□ Per motivi di limitazione dell' impatto visivo , qualora le condizioni morfologiche lo consentano, è possibile ruotare il fronte principale i direzione circa ortogonale rispetto alla vista da tutelare

□ Una volta effettuato il recupero della parte centrale di cava, il fronte può avanzare nella nuova direzione, mantenendo pressochè costanti le condizioni d'impatto

## SPLATEAMENTO SU PIÙ GRADONI

- Il giacimento è suddiviso in platee; ogni platea ha un'altezza pari a quella del gradone; più platee sono in produzione contemporaneamente
- Il metodo viene applicato nei casi in cui è prevalente lo sviluppo orizzontale del giacimento, in quanto il mantenimento dei piazzali secondari richiede spazi adeguati
- Il recupero può iniziare parallelamente alla coltivazione, al termine di ogni platea in lavorazione, anche se i fronti denudati risultano superiori rispetto al metodo di splateamento su gradone unico



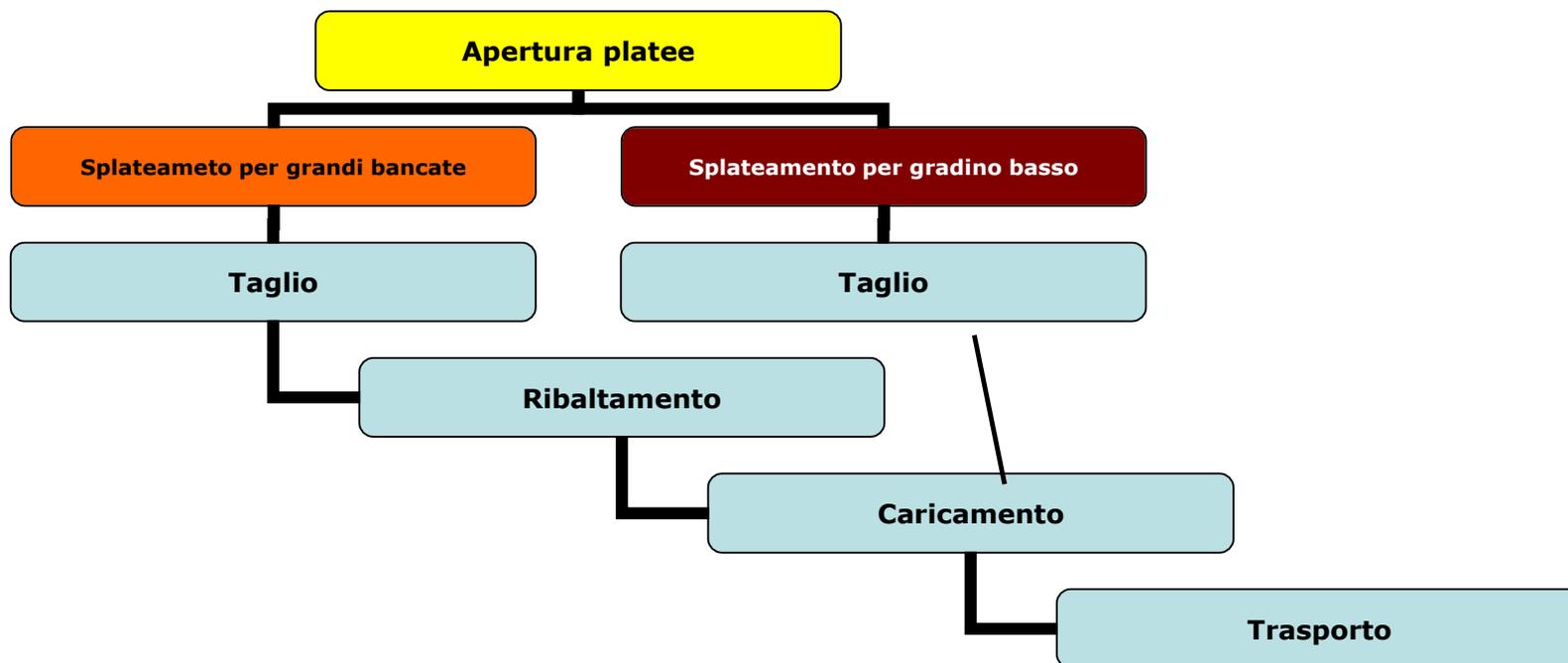
IMPATTO VISIVO MEDIO

## METODO DI COLTIVAZIONE A PLATEE

- Il giacimento è suddiviso in platee di modesto spessore, coltivato con bulldozer, scraper e pale per fette di spessore di pochi centimetri
- Si applica nella coltivazione dei materiali sciolti, principalmente in cave di pianura (sabbie e argille)
- Le aree contemporaneamente in coltivazione sono elevate in quanto i mezzi lavorano su piazzali di grandi dimensioni
- Il recupero delle scarpate può avvenire parallelamente alla coltivazione, specialmente se si procede per lotti

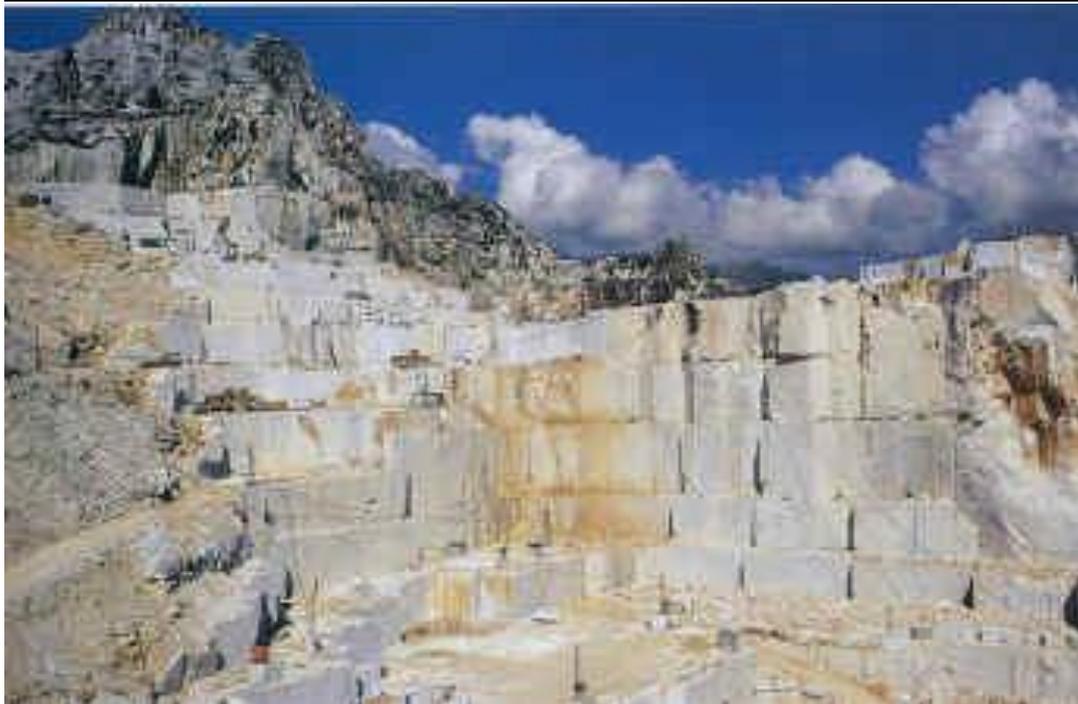


Per rocce ornamentali

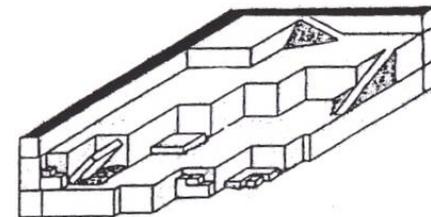


## SPLATEAMENTO PER GRANDI BANCATE

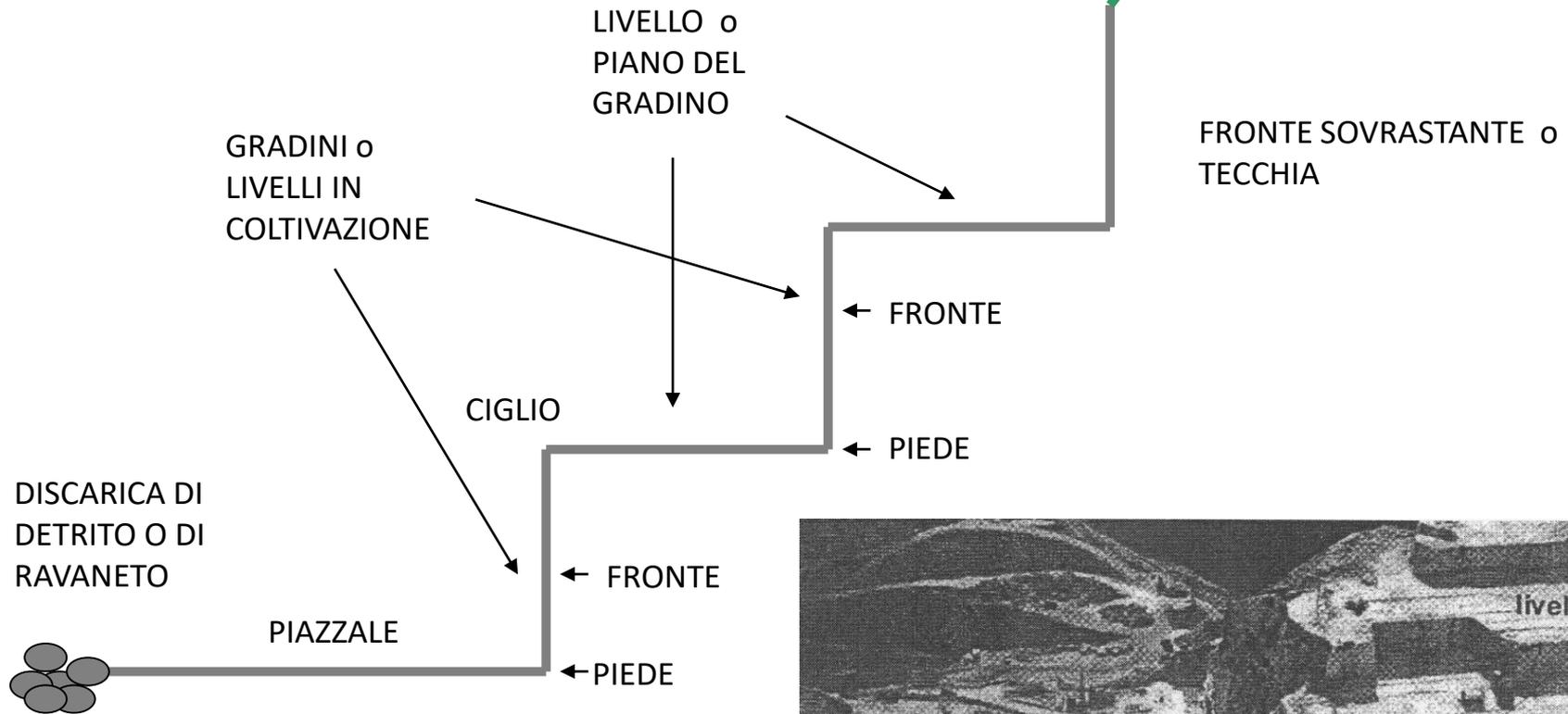
- Il giacimento è suddiviso in grandi platee (di spessore da 3 metri fino a 10-15 metri)
- Ogni platea rappresenta un livello indipendente di produzione ed è collegata al piazzale principale mediante rampe
- Impatti visivi talora devastanti



SPLATEAMENTI PER  
GRANDI BANCATE



Per rocce ornamentali



□ Splateamento per grandi bancate

1. si taglia con il filo dentato

2. si spinge

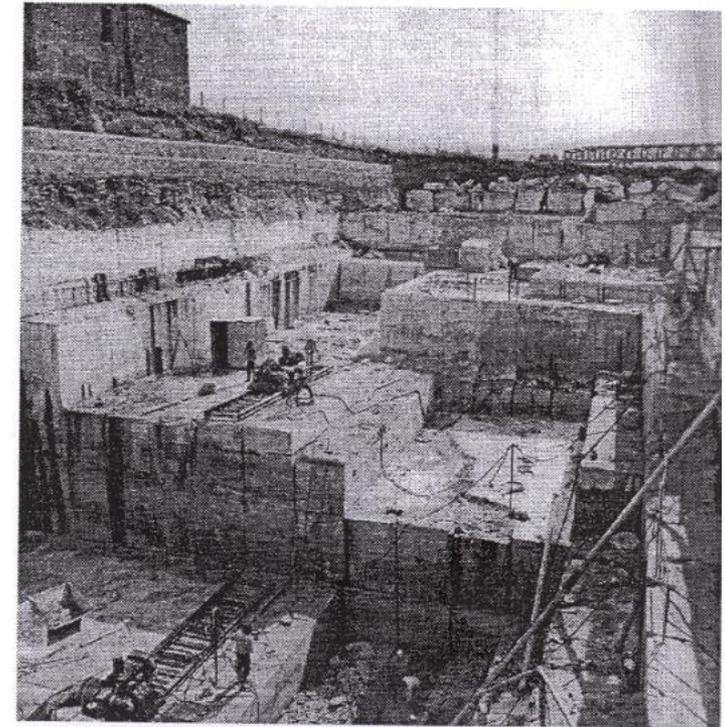
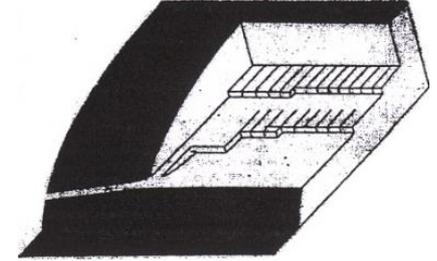
3. materiale per attutire il toppling

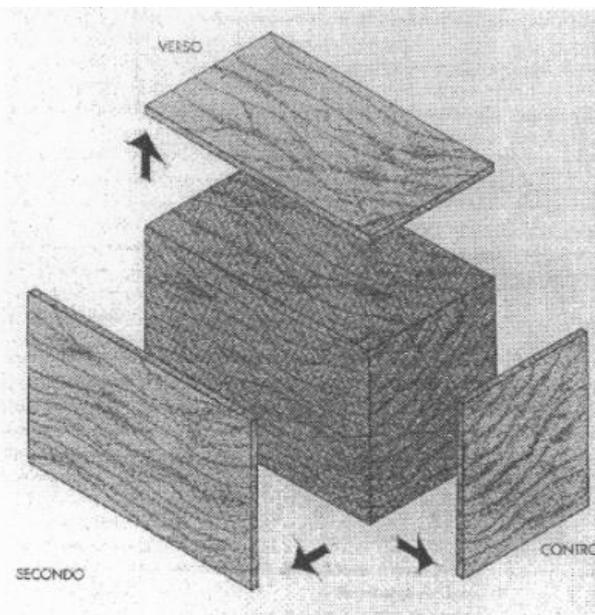
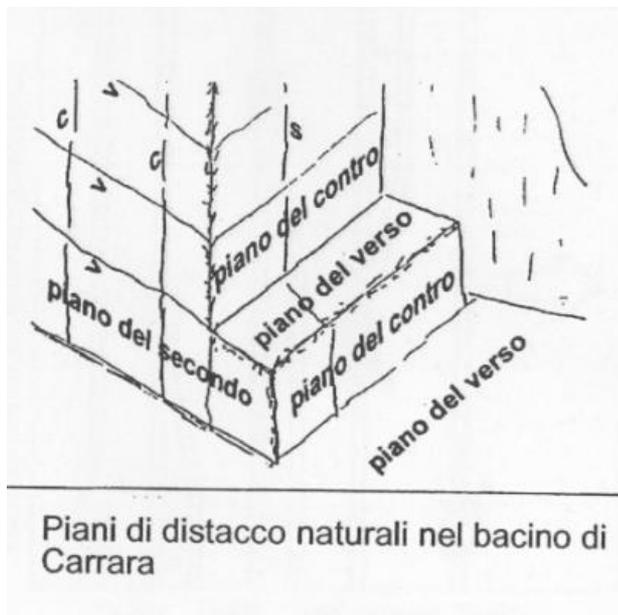


## SPLATEAMENTO PER GRADINO BASSO

- Le platee hanno un spessore ridotto e la coltivazione avviene per splateamento su uno più gradoni. L'altezza delle platee è funzione delle dimensioni commerciali dei blocchi utili
- I tagli vengono fatti con tagliatrici a catena o con tecniche miste (filo diamantato, esplosivo, tagliatrice, ...)
- La conduzione della coltivazione è molto più elastica di quella per grandi bancate, in quanto le direzioni di avanzamento possono essere modificate con facilità
- Nelle cave di tufo del centro Italia si sta passando dalla metodologia a "Grandi bancate" a quella a "Gradino basso"

SPLATEAMENTI PER  
"GRADINO BASSO"





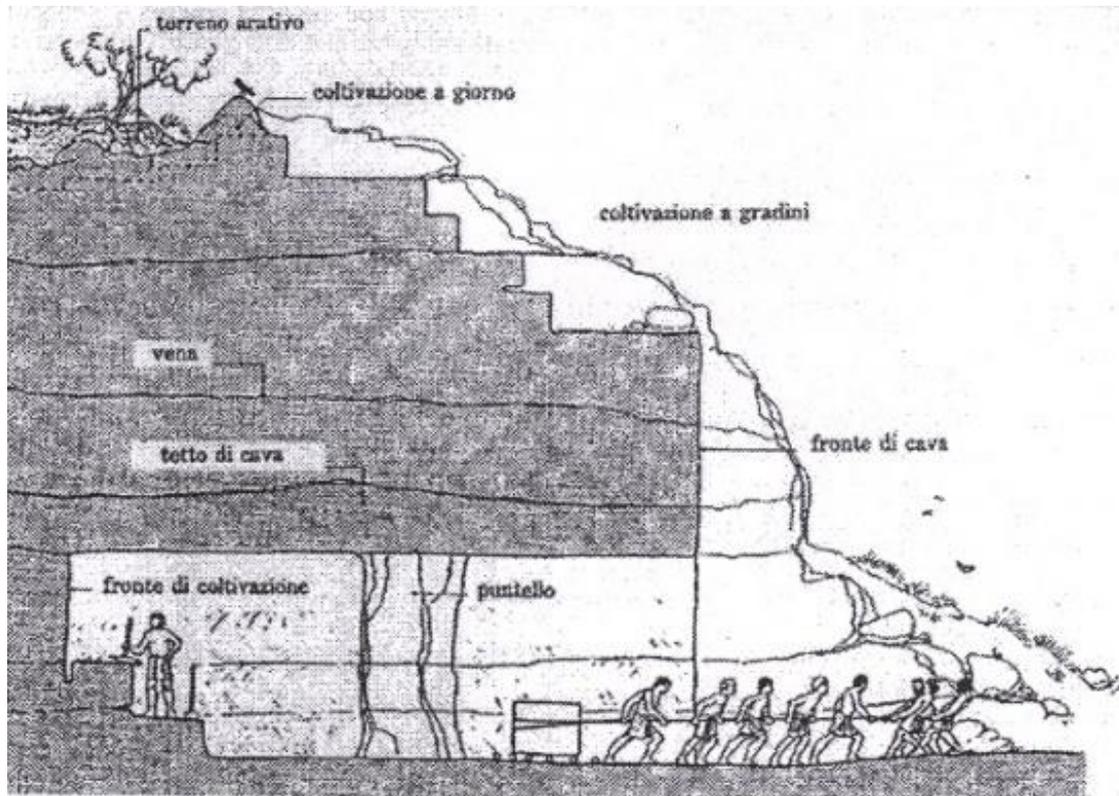
□ Al fine di ottimizzare la resa in blocchi commerciale, è fondamentale nelle pietre di taglio conoscere il sistema di famiglie di discontinuità, che condizionano l'impostazione delle discontinuità

QUALITA' DEI  
BLOCCHI

RENDE PIU' FACILE  
IL TAGLIO

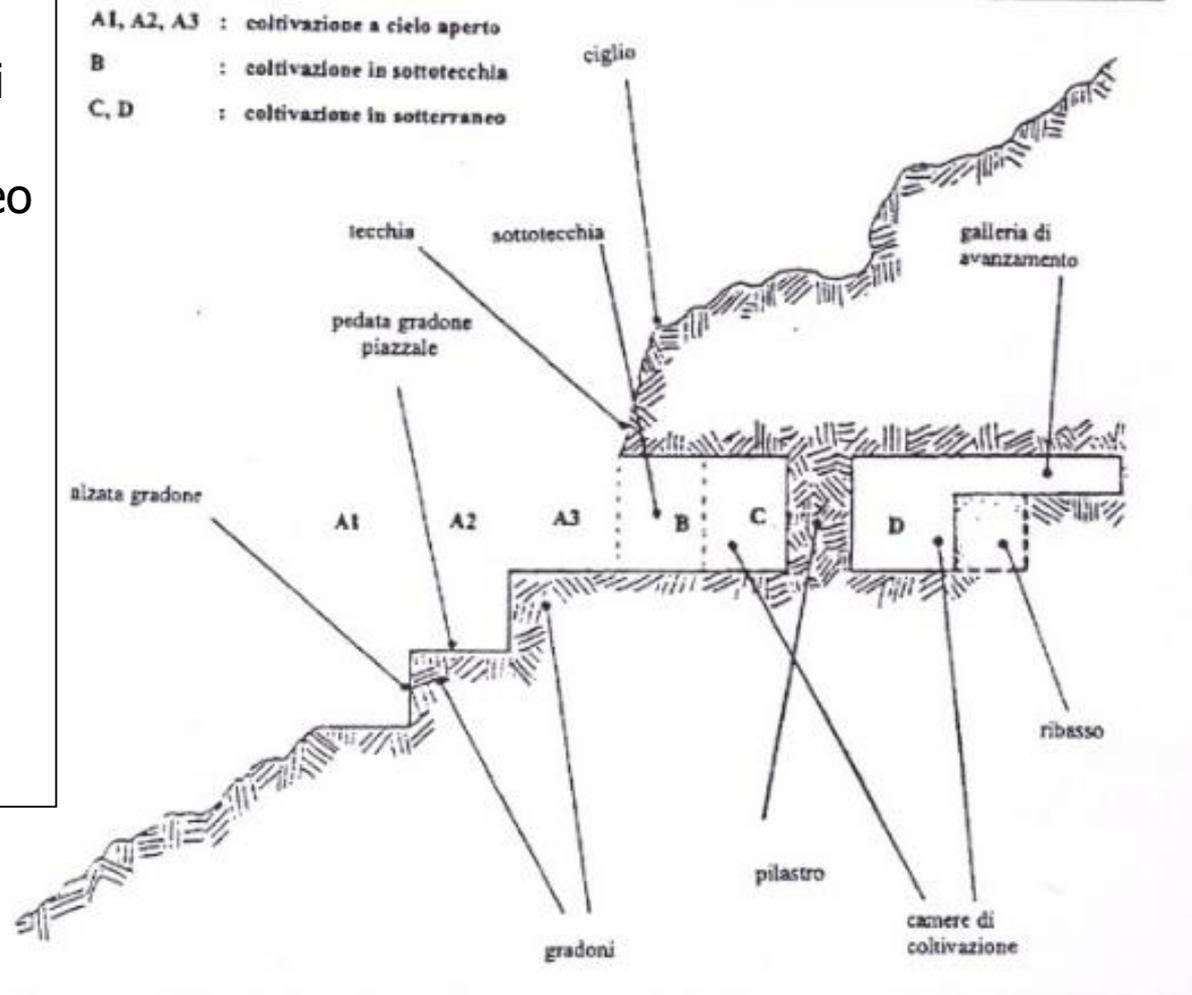
## LA COLTIVAZIONE IN SOTTERRANEO

- La coltivazione in sotterraneo era già praticata dagli egizi con gallerie alte 6 m
- Il marmo statuario dell'Isola di Paros in Grecia era coltivato in galleria come si coltivava in galleria il calcare di Aurisina



□ Negli ultimi 20 anni nel bacino marmifero di Carrara si è avuto uno sviluppo notevole della coltivazione in sotterraneo dovuto a

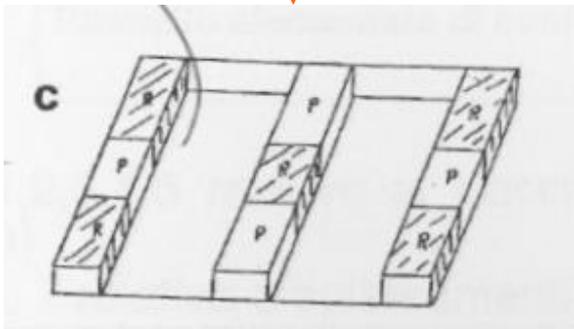
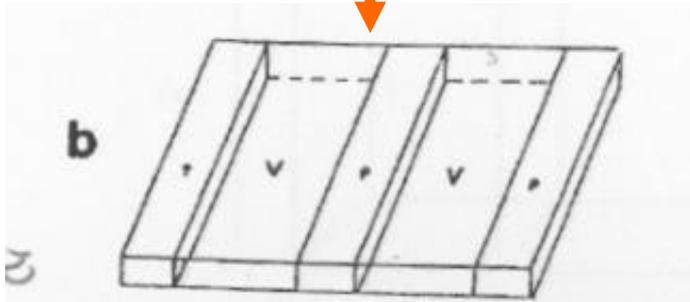
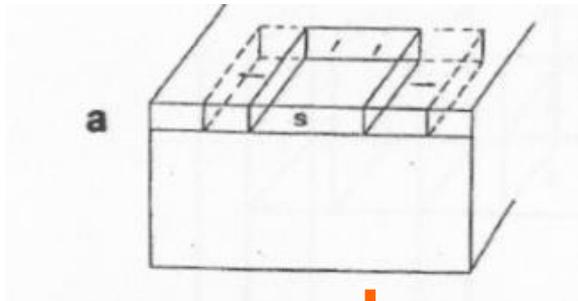
- grande potenza della formazione
- maggiore fratturazione del marmo superficiale
- limitazioni all'espansione a cielo aperto





□ Monti Apuani

□ Entrata di un sistema esteso di camere di coltivazione



Successione delle operazioni di coltivazione in sotterraneo di una pietra da taglio per diaframmi (camere) e pilastri (Carrara)

a) Apertura in galleria del sottosuolo a partire da un piazzale esistente opportunamente preparato



b) Allargo progressivo della galleria e realizzazione di diaframmi



c) Recupero produttivo dei diaframmi ed abbandono dei pilastri



□ Monti Apuani

□ Entrata di un sistema esteso di camere di coltivazione

Dati caratteristici della coltivazione in sotterraneo a Carrara

**Geometria dei cantieri**

- Dimensione media camere 20-30
- Altezze da 3 m
- Schema più frequente : camere e pilastri

**Personale impiegato**

- Da 3 a 15 persone; continuo tutto l'anno

**Macchinari**

- Tagliatrici a catena
- Due segatrici a filo diamantato
- Due macchine perforatrici

**Produzioni annue**

- 6000 -15000 t

**Resa media**

- 40 %

$$\text{Resa} = \frac{\text{Volume di materiale utile}}{\text{Volume di materiale tagliato a monte}}$$

	Resa %
Travertino	> 50
Carrara	35-50

- Abbattimento con perforazione
- Abbattimento con mezzi meccanici
  - Escavatori (con benna, con martello demolitore)
  - Scrapers
  - Dozer
- Taglio nelle rocce ornamentali
  - Filo diamantato
  - Tagliatrice a catena
  - Miccia detonante
  - Water jet
  - ecc

- ❑ Getto del materiale lungo il fronte con creazione di un cumulo di spillamento
- ❑ Su gomma
  - Dumper
  - Camion
  - Ecc.
- ❑ Fornello di getto e galleria di ripresa
- ❑ Nastri trasportatori
- ❑ Derrick

## Esempio completo di classificazione di una cava

- Cava di calcare a mezza costa
- A geometria aperta
- Coltivata per splateamento su gradone unico
- Con abbattimento e sparo
- Movimentazione del materiale con sistema fornello e galleria



## ABBATTIMENTO

- La scelta della tecnologia di abbattimento dipende dalla:
  - Coesione delle roccia (rocce incoerenti escludono da subito l'impiego di esplosivo come le rocce coerenti a comportamento plastico e quelle a bassa resistenza)
  - Dalle numero di famiglie e dalle proprietà delle fratture

## SCELTA DEL TIPO DI ABBATTIMENTO

- La scelta dipende:
  - Condizioni ambientali legate agli effetti dell'uso dell'esplosivo
  - Schema di coltivazione della cava: per gradoni e per splateamento



□ L'abbattimento viene condotto tramite:

- Esplosivo
- Mezzi meccanici

	<b>Esplosivo</b>	<b>Mezzi meccanici</b>
<b>Vantaggi</b>	Grande energia  Dimensionamento dell'energia in funzione della comminazione richiesta e della mitevolezza del materiale	Contenimento dell'impatto ambientale
<b>Svantaggi</b>	Effetti indotti significativi a discreta distanza	Rigido nei confronti della mitevolezza del materiale  Maggiore investimento iniziale

### PERFORAZIONE E SPARO

- L'esplosione è un fenomeno chimico-fisico che in tempo breve sviluppa notevoli quantità d'energia attraverso la produzione di gas e pressione e temperature elevatissime
- In un ammasso roccioso continuo e con buone caratteristiche geomeccaniche , la detonazione della carica genera un'onda di tensione che incontrando la superficie libera torna indietro come onda di trazione e quindi la rottura avviene per superamento della resistenza a trazione
- In un ammasso roccioso estremamente fratturato l'azione dell'esplosivo è legata più all'espansione, nelle fratture della roccia, dei gas d'esplosione, delle elevate temperature e pressioni
- Gli esplosivi si dividono in due categorie:
  - Primari - detonano per semplice contatto con la fiamma
  - Secondari - detonano solo se innescati da un urto che viene dato dall'esplosione del detonatore

## SCELTA DEL TIPO DI ABBATTIMENTO

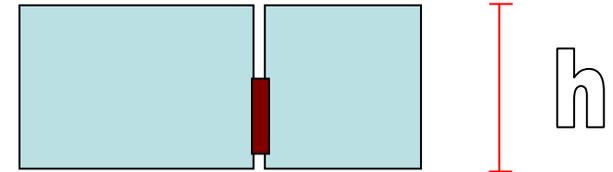
- I diversi tipi di esplosivi impiegati e scelti sono funzione di :
  - Condizioni dell'ammasso roccioso
  - Condizioni d'impiego
  - Risultati in termini di pezzatura



- All'aperto non si usano i jumbo ma i wagon drill

## PERFORAZIONE E SPARO

- Schema fondamentale di perforazione
  - Spalla: Distanza tra versante e foro mina
  - Interasse: Distanza tra foro e foro
  - Boraggio: Altezza del foro non riempito dalla mina
  - Altezza del fonte



## Formule

### Sigle

**Spalla = S**

**Altezza del fronte = h**

**Interasse = I**

**Boraggio = B**



**S = 46\* diametro foro**

**B = S**

**Sottoperforazione = S/3**

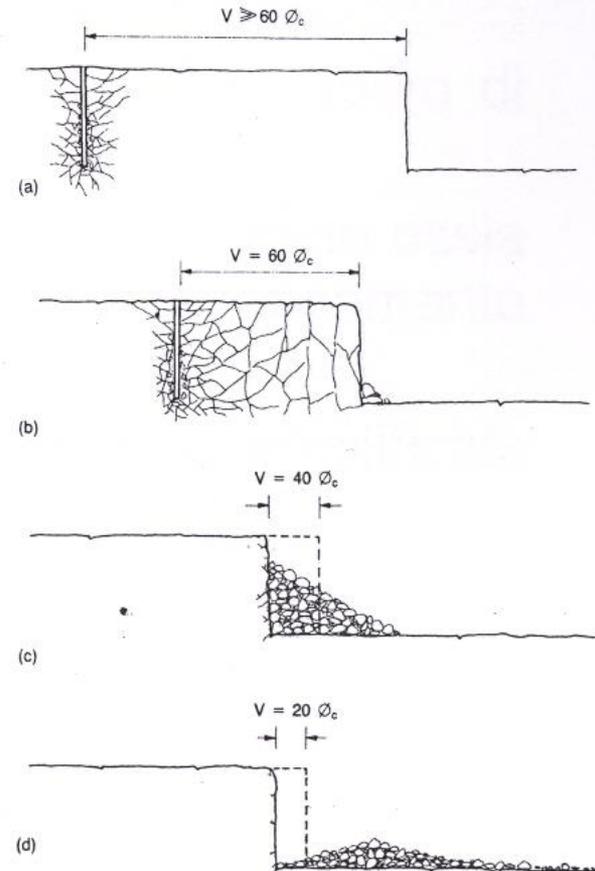
**I = 1,25\*S**

**Volume = I\*h\*S**

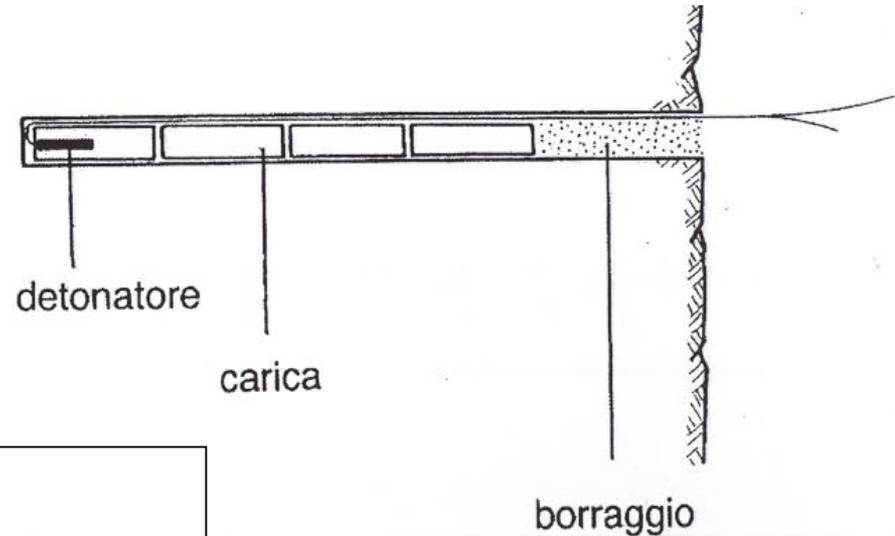
## Perforazione e sparo

Effetti della dimensione  
della spalla  
sull'abbattimento

- $V < 40 \Phi_c$   
pezzatura ridotta,  
dislocazione del materiale
- $V > 40 \Phi_c$   
assenza di abbattimento



### Esempio di foro da mina caricato e terminologia



#### MINA

□ Una mina è una carica esplosiva disposta in un foro praticato nella roccia provvista di necessari mezzi di innesco che permettono di farla esplodere allo scopo di frammentare o distaccare un certo volume di roccia

## □ Le cave

- Raramente si ricorre in cava allo sparo di singole mine
- In genere si effettuano volate di mine ossia gruppi di mine esplodenti simultaneamente o in rapida successione
- In cava si utilizzano in maniera semplificata due schemi di volata
  - Volata classica (con mine lunghe)
  - Preminaggio

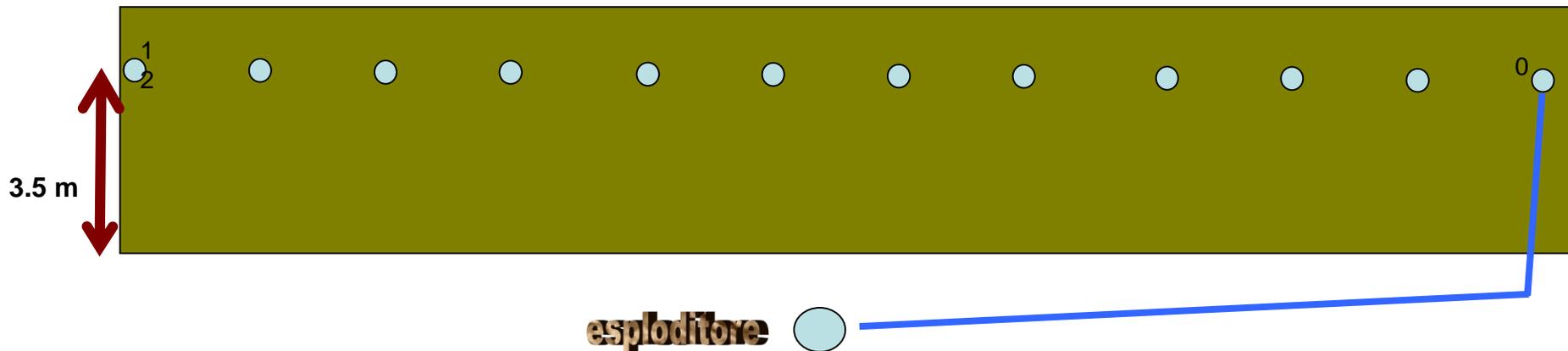
### **Volata classica**

**Interasse tra i fori: 3.5 metri**

**Numero massimo di fori = 12**

**Successione di innesco = 25 ms**

**Spalla = 3.5 m**

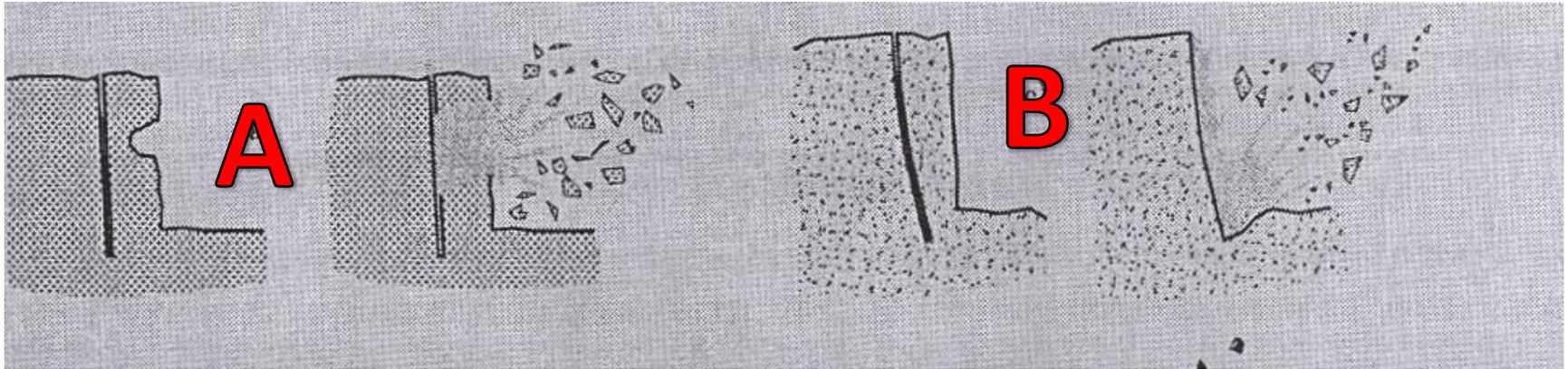


Esempio di dimensionamento di una cava

La produzione di circa 338.000 mc/anno corrispondenti a circa 1536 mc/giorno, ipotizziamo una volata al giorno

Possiamo scegliere tra :

<b>Preminaggio</b>	<b>Volata classica</b>
<input type="checkbox"/> Pezzatura più grande	<input type="checkbox"/> Pezzatura minore
<input type="checkbox"/> Minore dislocamento di materiale	<input type="checkbox"/> Proiezione del materiale in avanti
<input type="checkbox"/> Metodo di lavoro per splateamenti successivi e quindi ampi spazi di lavoro	<input type="checkbox"/> Unico sistema nel caso di coltivazione a gradoni
<input type="checkbox"/> Spazi di lavoro ampi	

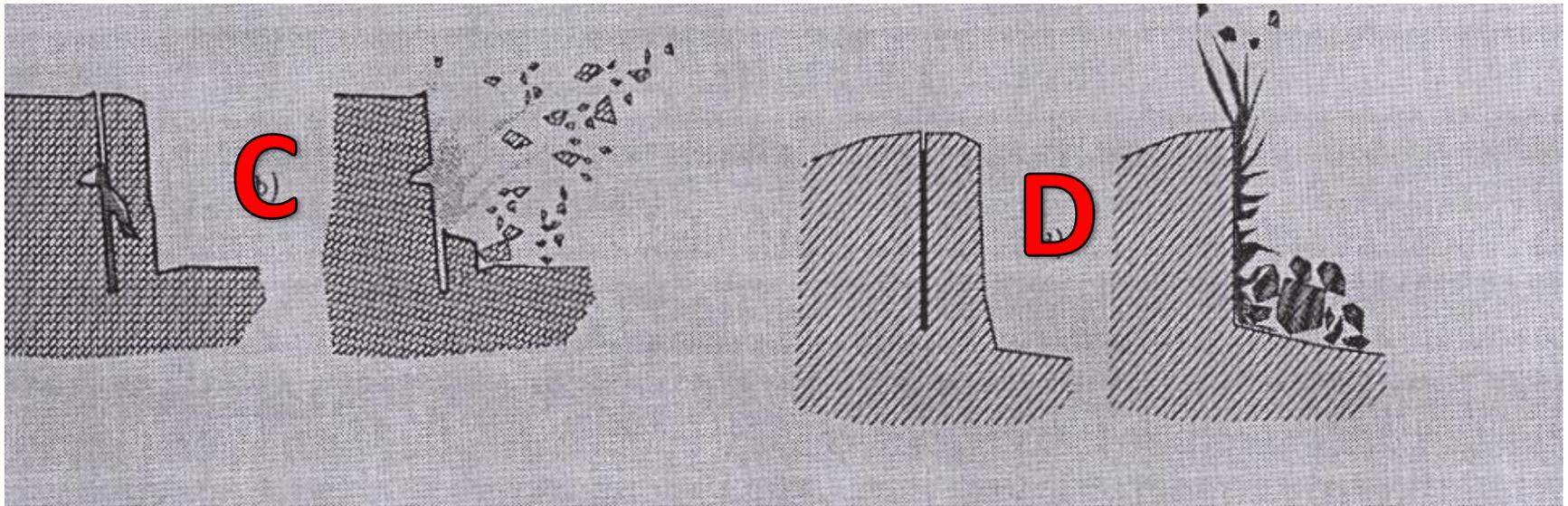


Situazione a)

- Lancio di materiale causa cavità nel versante

Situazione b)

- Differenze di resistenza del materiale causano non verticalità nel foro con conseguente lancio di proiettili di roccia



Situazione c)

❑ Cavità non rilevata – Situazione altamente pericolosa per gli operai

Situazione d)

❑ Insufficiente boraggio – Situazione altamente pericolosa

## ABBATTIMENTO CON MEZZI MECCANICI

□ 84

□ La disgregazione della roccia è ottenuta con macchine dotate di utensili che applicano localmente pressioni elevate, idonee a disgregare una certa porzione di roccia

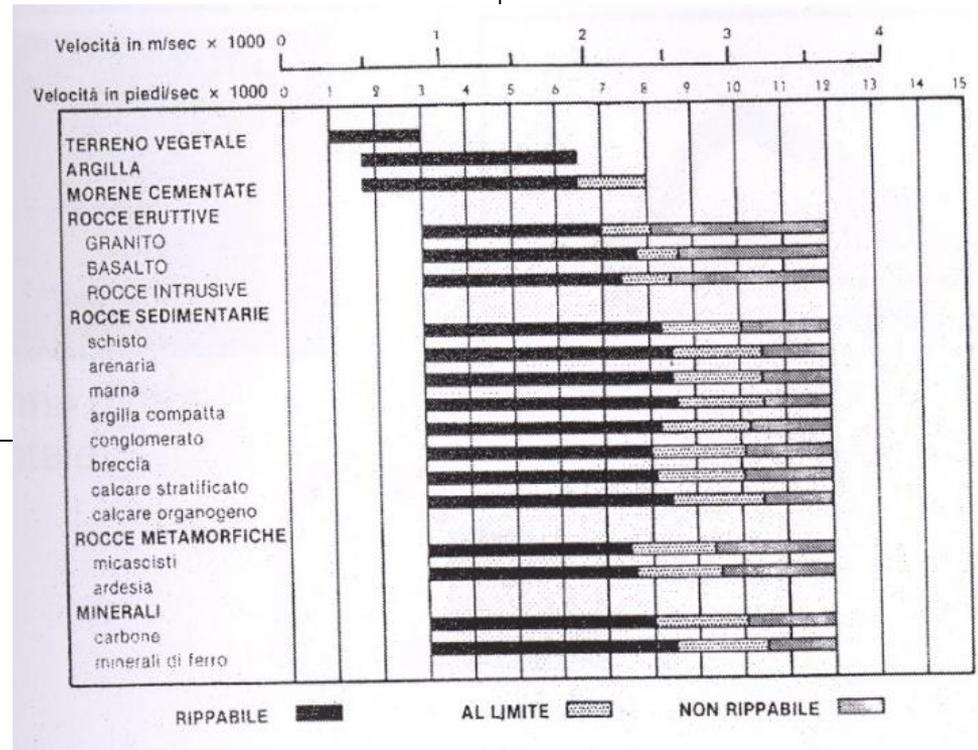
□ I mezzi meccanici sono

- Ripper
- Escavatori con benna
- Escavatori con martello
- Macchine fresanti
- Motoscraper

Nelle cave si usano molto, la gente non vuole l'esplosivo

## RIPPER

- E' costituito da un robusto dente trainato da un dozer
- Possono avere in dente o più denti
- Il ripper non è applicabile per rocce massive, per rocce non fragili, per ammassi rocciosi con compressione monoassiale superiori a 100 Mpa
- Si parla d'indice di rippabilità rappresentato dalla velocità sismica



## Indice di rippabilità

- In generale roccia rippabile fino a 2000 m/s
- Roccia localmente rippabile fino a 2500 -3000 m/s
- Roccia non rippabile oltre 3000 m/s

Indipendentemente dal materiale si consiglia di adottare il seguente criterio generale :

0-1500 m/s	<b>Rippers ed escavatori</b>
1500 – 2000 m/s	<b>Soprattutto rippers</b>
2000 – 2500 m/s	<b>Rippers e locali volate</b>
2500 – 3000 m/s	<b>Volate leggere</b>
> 3000 m/s	<b>Volate pesanti, costi alti</b>

## ESCAVATORI CON BENNA

- Gli escavatori idraulici sono macchine che possono essere utilizzate sia per la fase di scavo che di carico
- In funzione del tipo di lavoro e del materiale da cui scavare si possono utilizzare diversi tipi di benna:

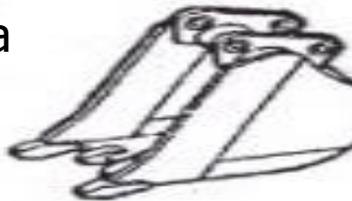
- Benna per escavazione in materiali teneri relativamente plastici



- Benna per lo scavo in materiali teneri relativamente plastici



- Benna speciale da roccia





□ Escavatori dotato di benna rovescia

## Scelta del modello di escavatore

Modello escavatore	15T	25T	35T	50T
<i>Dimensioni benna (mc)</i>	0,75	1,1	1,5	2,5
<i>Tipo di terreno</i>	Argilla dura	Argilla dura	Argilla dura	Argilla dura
<i>Profondità di scavo (m)</i>	2	3	4	5
<i>Angolo di rotazione (gradi)</i>	60-90	60-90	60-90	60-90
<i>Ostruzioni</i>	no	no	no	no
<i>Abilità operatore</i>	media	media	media	media
<i>Tempo di carico della benna (secondi)</i>	5,5	6	6,5	7
<i>Rotazione (secondi)</i>	4,5	5	6	7
<i>Scarico benna (secondi)</i>	1,5	2	2.5	3
<i>Rotazione a vuoto (secondi)</i>	3,5	4	5	6
<b>Ciclo totale</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>23</b>

## Escavatori con martello demolitore

- **Abbattimento Primario** :  
sostituiscono in alcuni casi  
l'escavazione con esplosivo
- **Abbattimento Secondario** :  
completano l'abbattimento con  
l'esplosivo disgregando ulteriormente il  
tout – venant che presenta ancora  
dimensioni elevate per il primario
- **Disgaggio del fronte** : pulizia del  
fronte ai fini della sicurezza



## Escavatori con martello demolitore

Le caratteristiche degli escavatori con martello demolitore montano su :

- Peso escavatore
- Peso operativo
- Energia per colpo
- Frequenza colpi
- Potenza di percussione = energia per colpo x frequenza di battuta

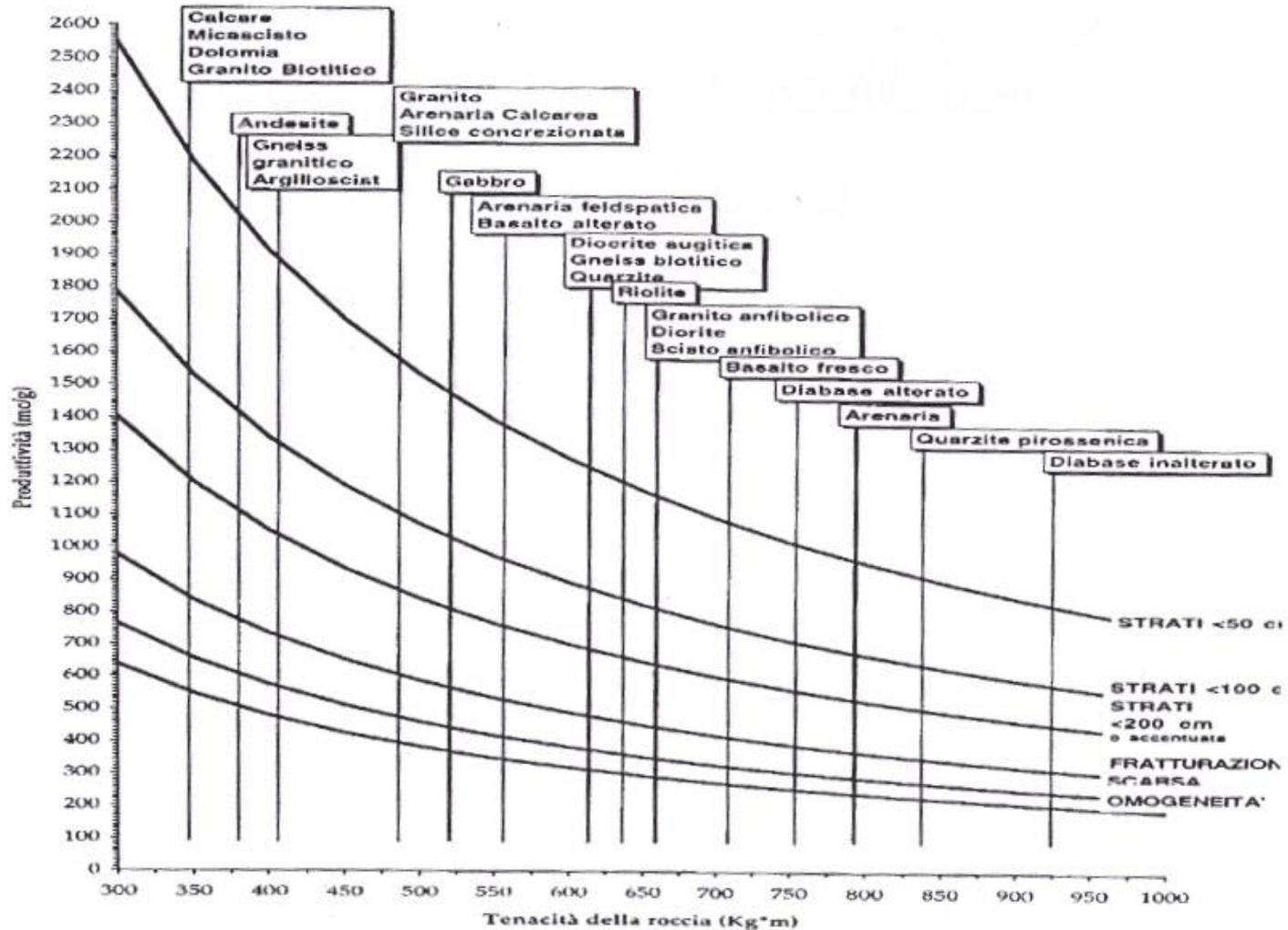
### Produttività

- la produttività di un martello escavatore dipende dal tipo di roccia
- vi sono abachi per desumere le dimensioni del mezzo
- in generale per un calcare ben stratificato la produzione oraria varia tra 20 e 60 mc/h

# ABBATTIMENTO CON MEZZI MECCANICI

## Escavatori con martello demolitore

Produttività Rammer G 120



## Caratterizzazione della roccia da abbattere con martello demolitore

- La TENACITA' di una roccia è la resistenza che essa oppone a lasciarsi rompere sotto l'azione di carichi dinamici (urti)
- Le rocce che offrono una debole resistenza all'urto si dicono FRAGILI
- Per stabilire la tenacità di una roccia vi sono diverse prove; la più usuale è quella di sottoporre la roccia (avente la forma di una lastra con spessore di 20 cm), alla caduta di un peso cilindrico. Il coefficiente di rottura per urto è data dal prodotto dell'altezza di caduta per il peso del corpo battente:

$$R = h \times P$$

## MACCHINE FRESANTI

- ❑ Le macchine fresanti sono caratterizzate dal fatto che l'abbattimento, la frantumazione, il sollevamento, la raccolta e il trasporto del materiale avvengono in continuo
- ❑ Le tipologie di frese utilizzate nelle cave a cielo aperto sono surface miner che sono provviste di un tamburo fresante ad asse orizzonte disposto sotto la macchina, ad altezza regolabile
- ❑ Tali macchine derivano dalle frese impiegate per la fresatura dei tappetini stradali
- ❑ La profondità di scavo è funzione della roccia



fresa

❑ Surface miner



□ Surface miner

## MOTOSCRAPER

- E' costituito da unità di trazione, tipo trattore gommato e da un cassone con bordo inferiore a lama
- Sono utilizzati per ghiaia e argilla
- Sono mezzi di scavo e trasporto
- In fase di scavo il cassone si è abbassato
- Quando il cassone è colmo, il cassone si chiude e diventa camion
- Profondità operativa tra i 20 e 40 cm



## MOVIMENTAZIONE E TRASPORTO

La movimentazione dell'abbattuto nelle cave di versante può essere realizzata in tre modi principali:

- Con mezzi gommati lungo le piste che collegano il piazzale di coltivazione con il piazzale di base, ove normalmente sono collocati gli impianti
- Con il gettito del tout-venant lungo il fronte e la creazione di cumulo di spillamento sul piazzale di base
- Fornello di gettito e galleria di ripresa





Dozer



dumper

## MEZZI GOMMATI

Sono presenti di diversi tipi. Ne elenchiamo i principali:

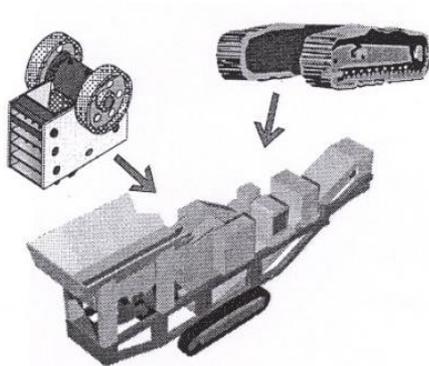
- Dumper
- Escavatori
- Motoscraper
- Dozer
- Nastri trasportatori

Nastri trasportatori



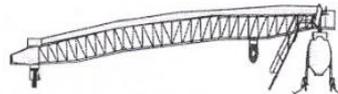
Prevedono la frantumazione prima

mezzi gommati



Gruppo di frantumazione primaria mobile cingolato

LL LOKOLINK



Sistema di nastri mobili, montati su gomma, composti da 2 o 3 unità da 36 metri

### Vantaggi

- Riduzione dei costi d'esercizio
- Miglioramento della sicurezza
- Riduzione dell'impatto ambientale
- Riduzione dei costi di manutenzione delle piste
- Elevato valore di rivendita

La frantumazione "mobile" in cava ed il trasporto sui nastri



Il sistema Lokotrack – Lokolink della società Metso-Mineral

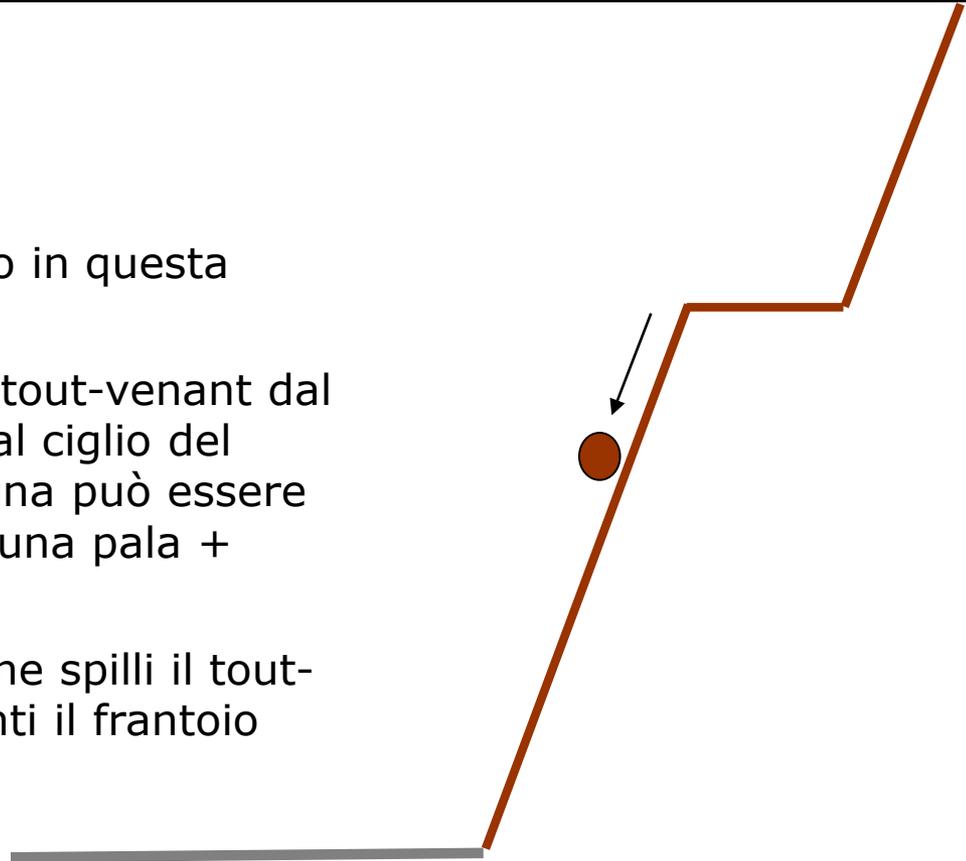
mezzi gommati

## **Quando usare il sistema Lokotrack-Lokolink?**

- ❑ Nella coltivazione di cave e miniere a cielo aperto con estensione prevalentemente orizzontale
- ❑ In caso di elevate distanze di trasporto
- ❑ Per produzioni superiori a 500.000 ton/anno
- ❑ Quando è necessario ridurre l'impatto ambientale sostituendo il trasporto su gomma con il nastro trasportatore

## Gettito

- L'organizzazione del lavoro in questa configurazione consta di :
  - 1 mezzo che movimentati il tout-venant dal piazzale in coltivazione fino al ciglio del cumulo di getto (tale macchina può essere un dozer o una pala oppure una pala + dumper)
  - Pala sul piazzale di base che spilli il tout-venant dal cumulo ed alimenti il frantoio primario

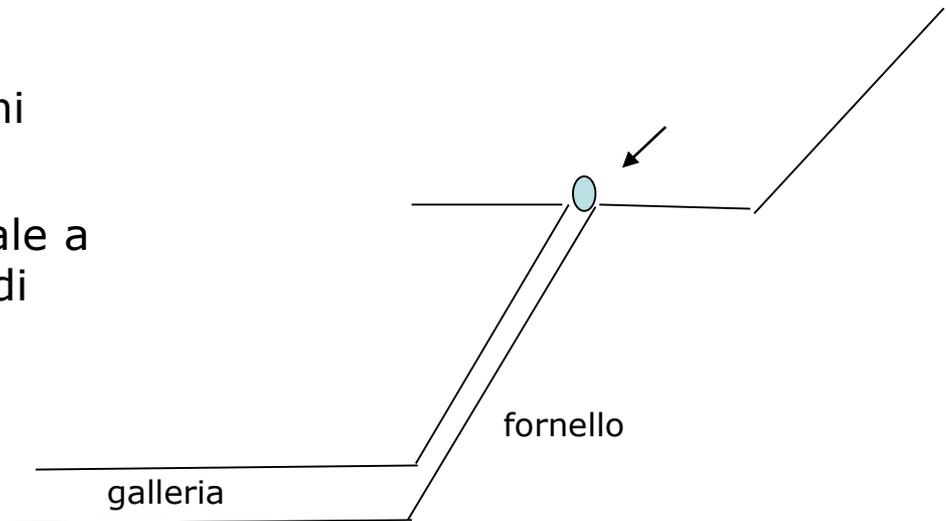


gettito

## Fornello di getto e galleria di ripresa

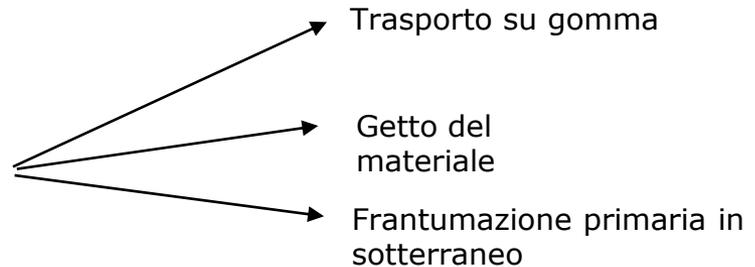
### □ **Qualità del prodotto**

- La granulometria dell'abbattuto non viene variata a seguito dello stesso da altezze elevate
- Il tout-venant non si carica di fini durante la caduta
- Possibilità di selezionare materiale a caratteristiche diverse già in fase di abbattimento



## □ **Minimizzazione impatti**

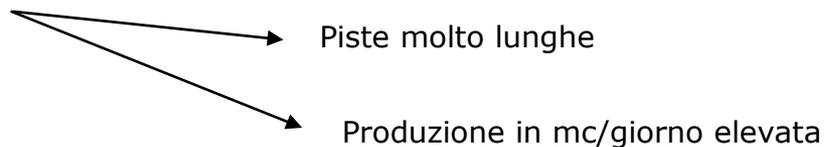
➤ Eliminazione delle polveri legate a



➤ Minimetizzazioni dell'impatto visivo con recuperi temporanei dei vecchi fronti di cava

## □ **Convezione economica**

➤ Il sistema risulta economicamente vantaggioso quando il trasporto su gomma ha un'incidenza rilevante



## Fasi di lavoro

- **Scavo della galleria**
- **Istallazione RBM**
- **Perforazione del foro pilota**
- **Alesaggio**

## **Caratteristiche della galleria di estrazione**

- Sub-orizzontale
- Sezione medie 30-35 mq
- Possibilità realizzazione camerone 20\*20\*20 per installare in sotterraneo la sezione di frantumazione primaria
- Scavo con mezzi meccanici o esplosivo
- Messa in sicurezza delle pareti
- Allestimenti finali

## Perforazione del foro pilota

- Inclinazione ottimale 70-75 gradi
- Spurgo con aria e /o acqua
- Dispositivo auto centrante

## Alesaggio

- Montaggio testa alesante (da 0,6 a 6 metri)
- Tipo TBM con rulli e bottoni diamantati
- Smarino del materiale per gravità
- Rimozione del materiale con mezzi meccanici



## STRUTTURA DI UN PROGETTO DI CAVA

Lazio

*Da L.R. 6 dicembre 2004 – n. 17*

**Art. 4** alla domanda concernente il rilascio della autorizzazione per l'attività di coltivazione di materiali di cava e torbiera, presentata ed indirizzata al comune .... va allegata la seguente documentazione :

- a) ....
- b) piano di coltivazione e di recupero ambientale
- c) .....
- .....
- m) relazione geologica, geomeccanica, geomineraria prevista all'articolo 6
- n) relazione naturalistico, faunistico, vegetazionale prevista all'articolo 7
- o) computo metrico estimativo di cui all'articolo 8
- p) elaborati grafici, cartografica e documentazione topografica
- q) progetto relativo al rispetto delle norme di sicurezza
- r) valutazione di impatto ambientale prevista dall'articolo 46 della l.r. 6/1999

## STRUTTURA DI UN PROGETTO DI CAVA

Lazio

Da L.R. 6 dicembre 2004 – n. 17

### **Art. 5** – Piano di coltivazione e di recupero ambientale

1. Il piano di recupero ambientale previsto all'articolo 4, comma 1, lettera b),.....si articola in due parti:

- a) il piano di coltivazione (*composto da relazione tecnica ed elaborati cartografici dettagliatamente specificati*)
- b) il piano di recupero ambientale (*composto da relazione tecnica ed elaborati cartografici dettagliatamente specificati*)

### **Art. 6**

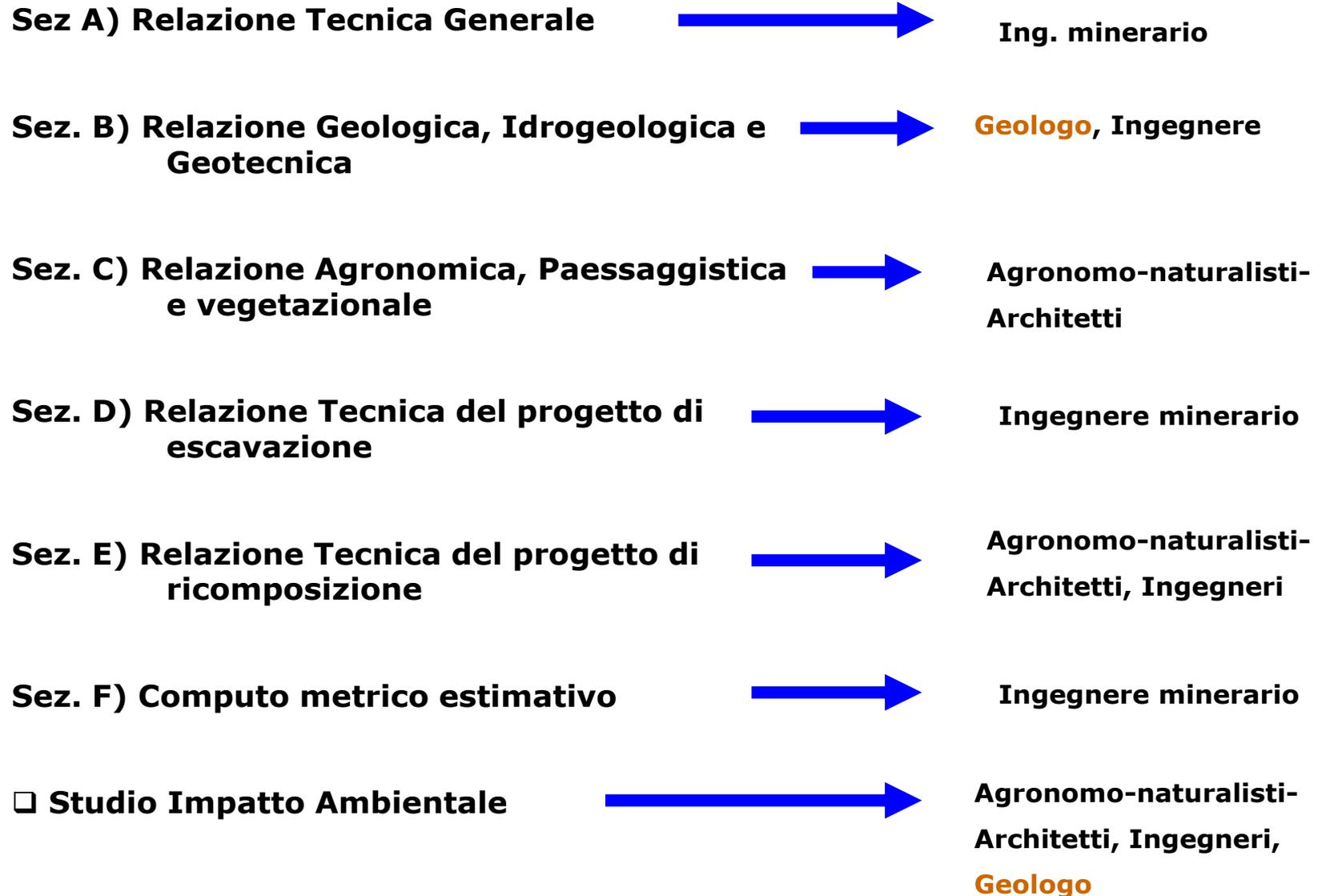
**(Relazione geologica, geotecnica e geomineraria)**

### **Art. 7**

**(Relazione naturalistica, faunistica, vegetazionale)**

**(VENGONO INDICATI GLI ARGOMENTI DA TRATTARE E GLI ELEMENTI MINIMI DA PRENDERE IN CONSIDERAZIONE NELLA RELAZIONE**

STRUTTURA DI UN PROGETTO DI CAVA



**Sezione A) Relazione Tecnica Generale**

• **A1: Premessa**

**A1.1 Motivazioni ed obiettivi**

**A1.2 Metodologia**

• **A2: Inquadramento generale dell'intervento nell'ambito della pianificazione di settore, ambientale, urbanistica, territoriale**

**A2.1 Aree in disponibilità**

**A2.2 Inquadramento normativo – legislazione del settore**

**A2.3 Inquadramento territoriale, urbanistico e vincolistico**

.....

• **A3: Analisi della rete viaria interessata dalla cava**

• **A4: Durata dell'attività e produzione media annua**

• **A5: Tipologia dei prodotti**

**Esempio**

**Sezione B) Relazione geologica, idrogeologica e geotecnica**

- **B1: Caratteristiche geomorfologiche**
- **B2: Rilevamento geologico**
- **B3: Caratteristiche idrogeologiche**
- **B4: Regimazione delle acque superficiali**

**B4.1 Calcolo idraulico**

- **B5: Caratteristiche geotecniche**
- **B6 : Analisi di stabilità**

**Elaborati Grafici**

- **Carta geologica**
- **Carta geomorfologica**
- **Carta idrogeologica**
- **Sezioni geologiche e idrogeologiche**

**Sezione C) Relazione agronomica, paesaggistica e vegetazionale**

• **C1: Studio su Vegetazione, Flora e Fauna**

**C1.1 Analisi dell'area vasta**

**C1.2 Analisi dell'area d'intervento**

**C1.3 Analisi previsiva degli impatti**

• **C2: Studio sugli ecosistemi**

**C2.1 Analisi dello stato di fatto della componente e attribuzione dei livelli della qualità**

**C2.2 Ecosistema dei boschi**

**C2.3 Ecosistema dei pascoli arborati e cespugliati**

**C2.4 Ecosistema delle aree umide**

**C2.5 Ecosistema delle aree agricole**

**C2.6 Ecosistema delle aree edificate**

**C2.7 Ecosistema delle aree estrattive**

**C2.8 Stima degli effetti**

**Elaborati Grafici**

- **Carta dell'uso del suolo**

- **Carta degli ecosistemi (1: 10000)**

- **Carta della vegetazione**

- **Carta della connettività ecologica (1: 10000)**

**Sezione D) Relazione tecnica di progetto di escavazione**

- **D1: Premessa**
  
- **D2: Metodologie di coltivazione**
  - D2.1 Classificazione della cava e metodo di coltivazione**
  - D2.2 Situazione di fatto**
  - D2.3 Linee informatrici del nuovo**
  - D2.4 Organizzazione del lavoro ed unità lavorative impiegate**
  - D2.5 I lavori di preparazione**
  - D2.6 Coltivazione vera e propria**
  
- **D3: Ricomposizione Ambientale**
  
- **D4: Consistenza del giacimento – computi metrici**
  
- **D5: Stima dei volumi interessati**
  
- **D6: Programma di prevenzione dei rischi di infortunio, di malattie professionali e di igiene ambientale**

**Sezione E) Relazione tecnica del progetto di ricomposizione ambientale**

• **E1: Premessa**

**E1.1 Interventi ed essenze vegetali utilizzate**

**E1.2 Aspetti generali**

**E1.3 Descrizione degli interventi e tabelle floristiche**

• **E2: Consistenza del giacimento – computi metrici**

• **E3: Computo dei costi di recupero**