



PROVINCIA DI LECCE



COMUNE DI GALATINA

Progetto di adeguamento della coltivazione di una cava di calcare ex art. 29 d. lgs. 152/2006 sita in in località "San Giuseppe"

in attività con Determinazione n.213 del 10.05.2015 del
Dirigente Ufficio Attività Estrattive della Regione Puglia
foglio 73, P.lle 48, 49, 50, 36, 37, 38,40, 41, 42 e 162 ex 37 parte

Relazione Geotecnica

Relazione

R2.2

PROPRIETA' : PIETRO DE PASCALIS srl - GALATINA (LE)

Data

Marzo 2019

TECNICI INCARICATI:

Geol. Luigi Candido



Ing. Tommaso Farenga

Consulenze e collaborazioni:
ing. Gaetano Nuzzo, geom. Domenico Ruggiero

INDICE

- 1. CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA**
- 2. METODOLOGIA DI COLTIVAZIONE**
- 3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA**
 - 3.1 Parametri geotecnici delle rocce calcaree di parete**
 - 3.2 Classificazione delle rocce calcaree finalizzata alla stabilità di parete**
 - 3.2.1 Metodo RMR di BIENIAWSKI, ROMANA**
- 4. STABILITA' DELLA PARETE TIPO CALCAREA A FRONTE UNICO**
- 5. STABILITA' DELLA PARETE TIPO CALCAREA A FRONTE MULTIPLO CON GRADONI ROMPITRATTA**

APPENDICE A - RELAZIONE METODOLOGICA E TABULATI VERIFICA DI STABILITA' DELLA PARETE TIPO CALCAREA A FRONTE UNICO

APPENDICE B - RELAZIONE METODOLOGICA E TABULATI VERIFICA DI STABILITA' DELLA PARETE TIPO CALCAREA A FRONTE MULTIPLO CON GRADONI ROMPITRATTA

1. CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA

La cava in oggetto è in attività da molti anni ed è coltivata dalla ditta "Pietro De Pascalis s.r.l.". È situata nel Comune di Galatina, in località "San Giuseppe", al confine con il territorio di Soleto, a circa 1,8 Km dal centro abitato di Galatina e circa 2,6 Km dal centro abitato di Soleto (cfr. stralcio CTR idrogeomorfologica di Fig.1). La cava, che si raggiunge percorrendo la strada provinciale 362 Galatina – San Cesario di Lecce, è in attività da decenni e l'attuale autorizzazione (per la proroga) fa riferimento alla Determinazione Dirigenziale n. 213 del 10 giugno 2015 attraverso la quale viene autorizzata alla prosecuzione dell'attività estrattiva ai sensi dell'art. 14 della 37/85 e s.m.i. ed ha un'estensione pari ad Ha 15.00.00. È distinta nel Nuovo Catasto Terreni ai mappali 48, 49, 50, 36, 37, 38,40, 41, 42 e 162 del Foglio 73 del Comune di Galatina (cfr. catastale su ortofoto di Fig.2).

La Fig.3 mostra lo stralcio della Carta Giacimentologica Regionale che evidenzia, per la cava in studio, le particelle autorizzate alla coltivazione di inerti calcarei.

La Fig.4 evidenzia poi le postazioni fotografiche panoramiche (Foto A÷D).

La cava in località "San Giuseppe", è impostata nella Formazione lapidea delle "Dolomie di Galatina" e presenta lungo i fronti di scavo significativi livelli prevalentemente calcarei, alternati a dolomie (Cfr. Relazione Geologica a firma del Dott. Candido in ALL.R2.1).

Le quote di coronamento della cava (piano campagna) variano fra 71 e 67 m slm. mentre le quote di fondo variano, nell'area di coltivazione, da 58,5 a 35,5 m slm.

La cava è accessibile direttamente dal lato occidentale, e presenta una lunga pista di accesso che attraversa prima la zona non più soggetta ad estrazione, caratterizzata dalla presenza degli impianti di frantumazione e produzione degli inerti calcarei e poi penetra nella parte orientale dove è in atto l'attività estrattiva che si spinge verso sud-est.

La cava presenta sia pareti a fronte unico con altezza di 30 m, sia pareti a fronti risegati con altezze parziali di 10-12,5 m e berme di larghezza 5 m e profilo di scavo di 80°.

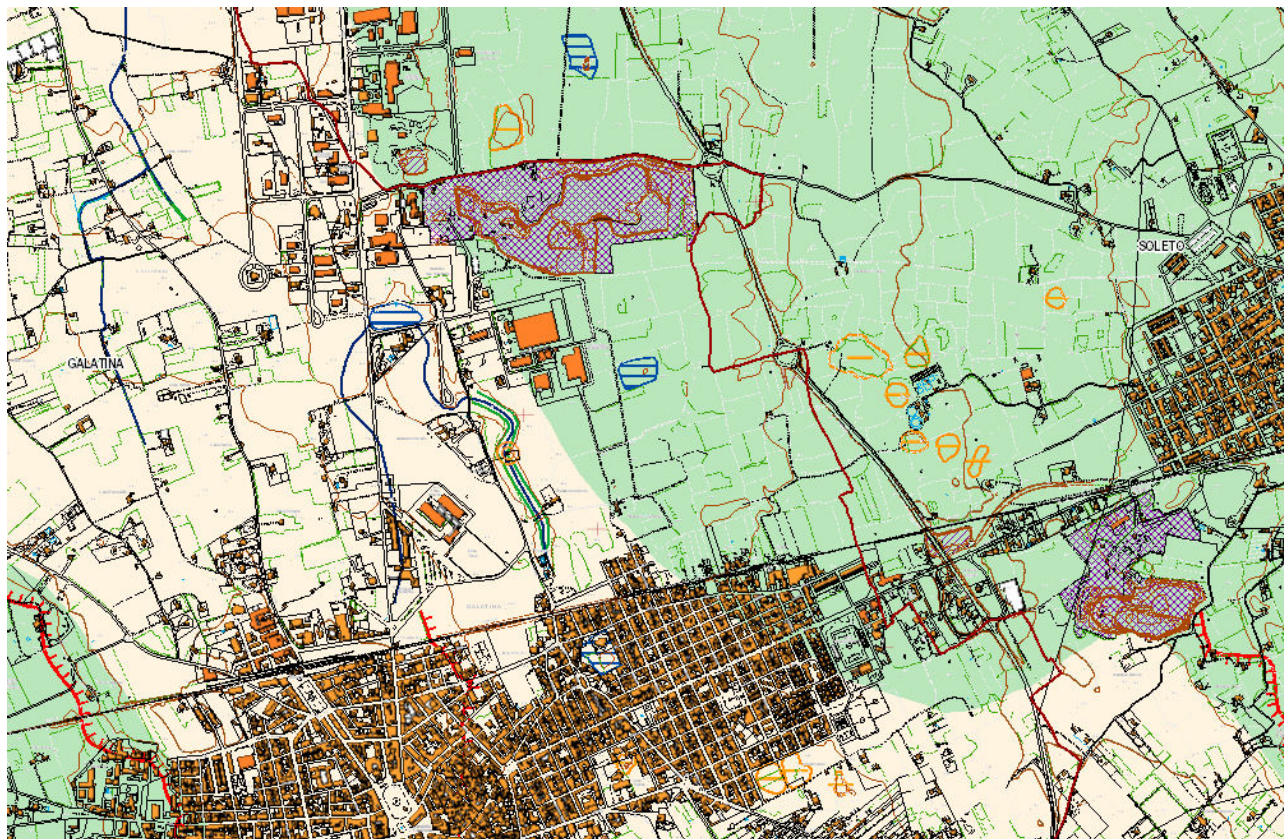


Fig.1 - Stralcio Carta idrogeomorfologica su base CTR/2008 (www.sit.puglia.it)



Fig.2 - Catastale su ortofoto (da Web Gis Ufficio Demanio Marittimo)

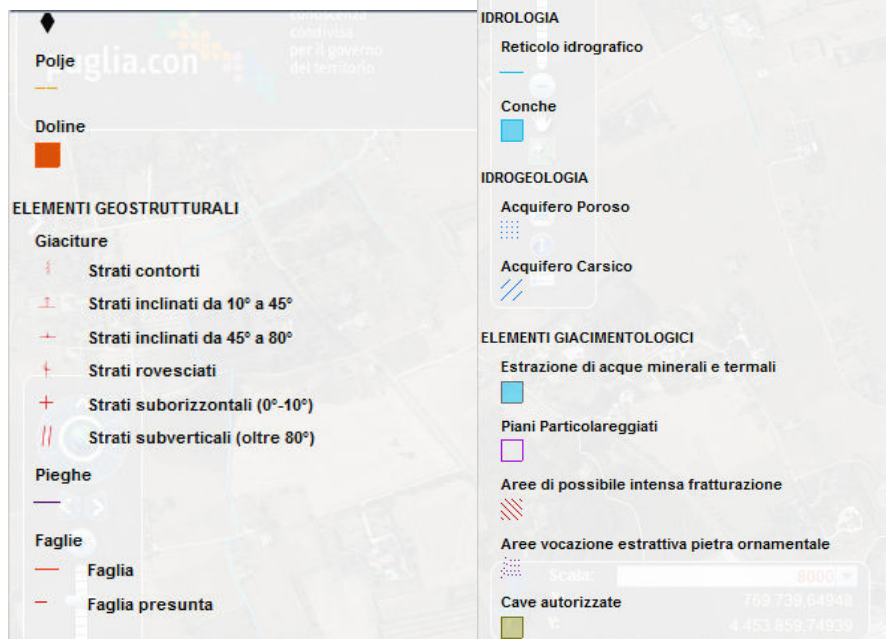
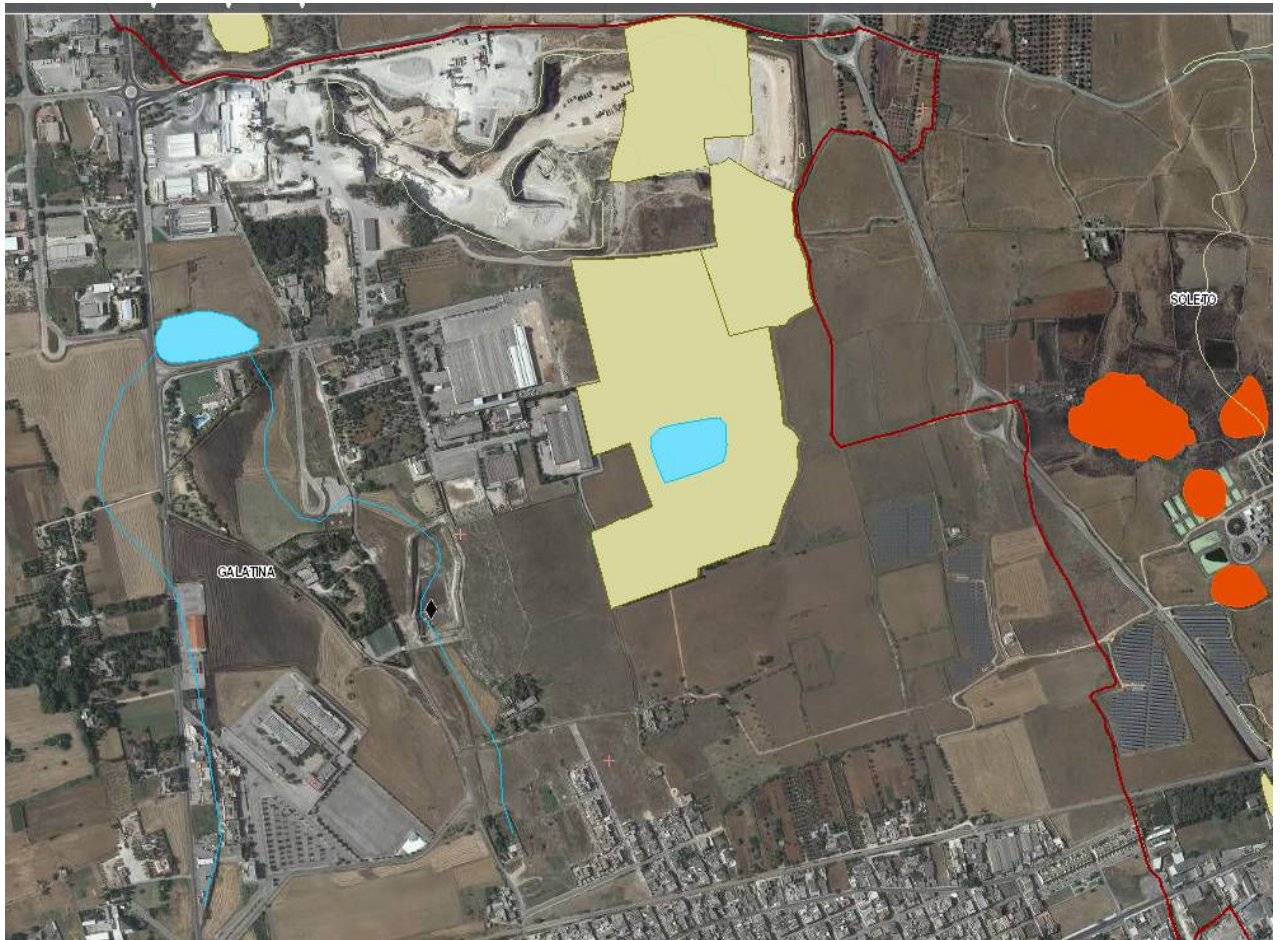


Fig.3 - Stralcio Carta giacimentologica Regionale e relativa legenda

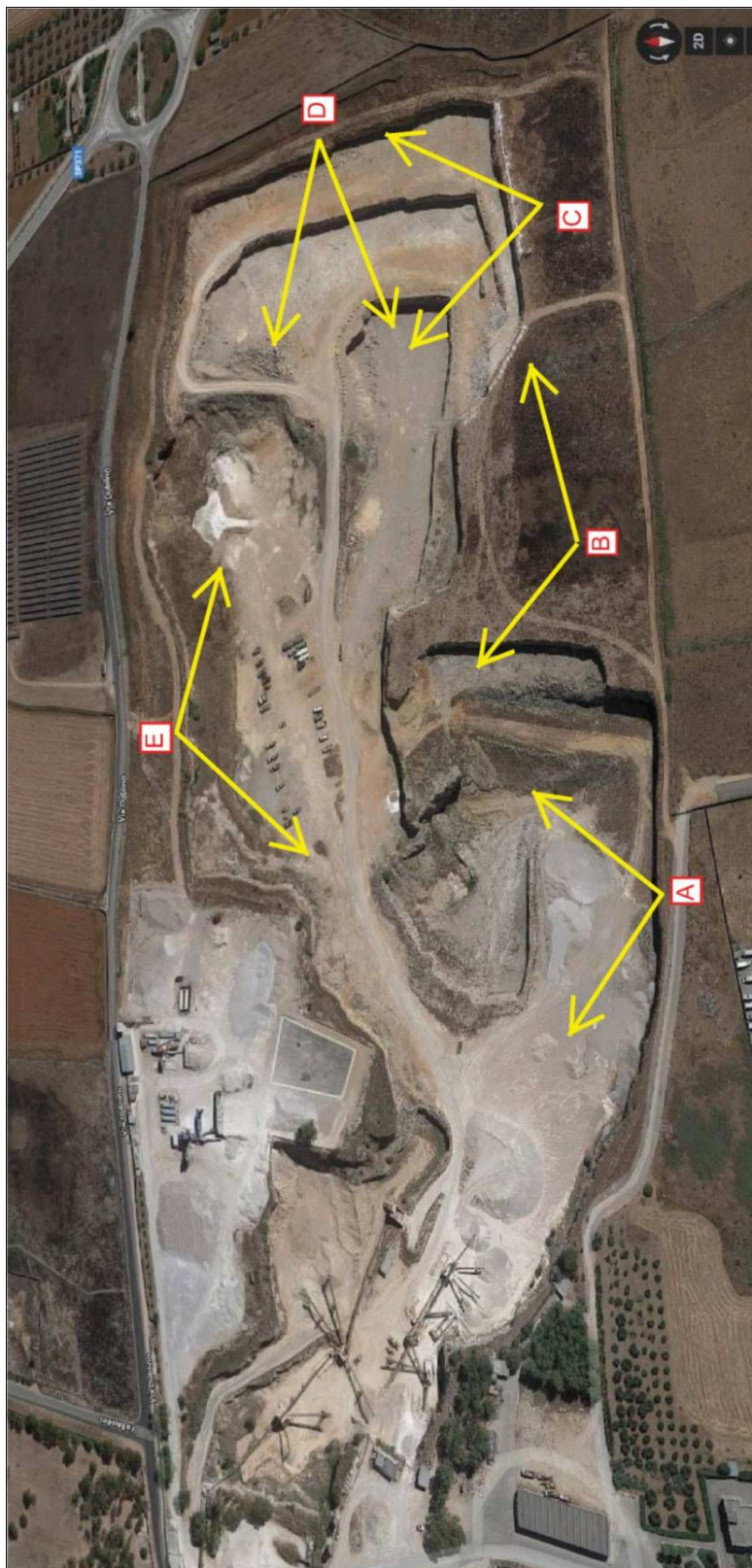


Fig.4 - Ubicazione foto panoramiche della cava



Foto A



Foto B



Foto C

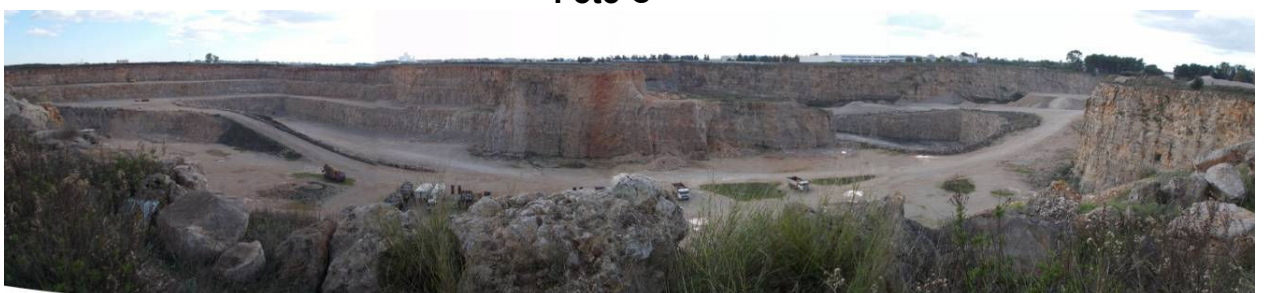


Foto D

Come detto, il bacino estrattivo oggetto degli interventi di progetto, interessa il solo litotipo “Dolomie di Galatina”, con alternanza di livelli calcarei biancastri mediamente fratturati e livelli dolomitici grigiastri piuttosto compatti (Foto 1 e 2).



Foto 1 – Calcari in banchi



Foto 2 – Stratificazione lapidea di parete

Le pareti più "vecchie" della cava sono prevalentemente sub-verticali (80° - 85°) e possono raggiungere altezze di 30 m. Nella zona orientale e sudorientale della cava,

dove si esplica oggi la coltivazione, l'altezza è mitigata dalla presenza di uno o più gradoni.

Ad un'analisi visiva tali pareti mostrano, in affioramento, una roccia calcarea stratificata variamente fratturata e moderatamente carsificata, disposta in banchi suborizzontali, di spessore variabile da qualche decina di centimetri ad oltre un metro, alcune volte interessata da locali fenomeni di crollo di poliedri lapidei (Foto 3).



Foto 3 – Parete di altezza 13 m, localmente molto fratturata, con blocchi instabili da disgiungere

2. METODOLOGIA DI COLTIVAZIONE

L'attività estrattiva in cava si esplica mediante l'uso di esplosivi, secondo la procedura descritta dal Dott. Geol. G. Calò nella Relazione Tecnica del Progetto di Ampliamento del maggio 1990, approvato dalla Regione Puglia con Decreto n.36 del settembre 1990 (vedi allegato "Autorizzazioni").

In particolare, la relazione del Dott. Calò evidenzia che:

Il sistema di abbattimento e lavorazione prevede le seguenti fasi:

- a** - Sbancamento delle superfici poste al piano campagna. Viene effettuato generalmente nella stagione primaverile - estiva per facilitare l'operazione stessa. Lo sbancamento interessa uno spessore di circa 80 cm, salvo il rinvenimento di sacche o zone con spessore maggiore di copertura. Esso viene effettuato utilizzando pale gommate per l'asportazione della parte terrosa e il caricamento su camion e un escavatore con martellone per la rimozione della frazione rocciosa. I materiali vengono caricati e posti in discarica separatamente in modo da essere poi riutilizzati per il ripristino della cava stessa. L'area adibita a discarica è situata in zone non interessate dalla coltivazione.

- b** - Perforazione a mezzo wagon-drill, per il piazzamento delle cariche esplosive, aventi profondità pari all'altezza del fronte di abbattimento e direzione parallela a quest'ultimo. Tali perforazioni vengono eseguite a maglia quadrata, e cioè con distanza da foro a foro e dal fronte, all'incirca uguale; ciò permette di ottimizzare il rapporto quantità di esplosivo/volume di roccia abbattuta, in relazione alle caratteristiche della roccia e della produzione che ottenere.

- c** - Piazzamento e brillamento delle mine (tipo cava extra 2) effettuato con tutte le cautele previste dal D.P.R. 128 del 09.04. 1959 e dall'ordine di servizio sia prima che durante e dopo il brillamento stesso.

- d** - Riduzione dei blocchi estratti, tramite martellone (montato su escavatore), fino alle dimensioni massime di circa 50 cm circa. Questa operazione avviene sul piazzale stesso.

- e** - Caricamento del materiale a mezzo di pala meccanica su di un camion a cassone ribaltabile e trasporto del materiale all'impianto di frantumazione ubicato in cava stessa.

- f** - Frantumazione della roccia con dimensioni da 0 ÷4 mm, 4 ÷12 mm, 12÷20 mm , 20÷35 mm.

3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA

Al fine di inquadrare dal punto di vista geotecnico i litotipi affioranti nella cava in località San Giuseppe, con particolare riferimento all'elaborazione di verifiche di stabilità delle pareti SE, alla base del progetto di coltivazione, sono stati analizzati i parametri geotecnici disponibili in letteratura e negli studi dei Geologi Dott. Calò prima e Dott. Candido poi. Alcuni di tali parametri hanno consentito, insieme alla classificazione geomeccanica della roccia calcarea, di elaborare verifiche di stabilità di parete, sia a fronte unico che a fronte gradonato, in modo da acquisire un dato analitico sulla stabilità in grande e sulla eventuale propensione al dissesto per crollo di blocchi superficiali.

Nei paragrafi seguenti vengono affrontati i problemi di stabilità delle pareti in questione, in funzione di un'adeguata classificazione geomeccanica della roccia e nell'ottica della massima sicurezza a lungo termine.

La planimetria di Fig.5, estratta dalla TAV.TR1, ma con quote di sintesi e sovrapposizione con la CTR/2008, evidenzia i rapporti altimetrici esistenti fra le varie superfici di scavo, con pareti a fronte unico di altezza pari a 30m oppure con pareti a fronti gradonati con altezze di fronte pari a 10÷12,5m (cfr Fig.6), come previste nel progetto di coltivazione (cfr. Fig.7 e ALL.R1).

Le due sezioni tipo di Figg.6 e 7 saranno sottoposte a verifica di stabilità nei paragrafi successivi.



Fig.5 - Ortofoto di rilievo su CTR/2008 con quote semplificate rilevate dal drone

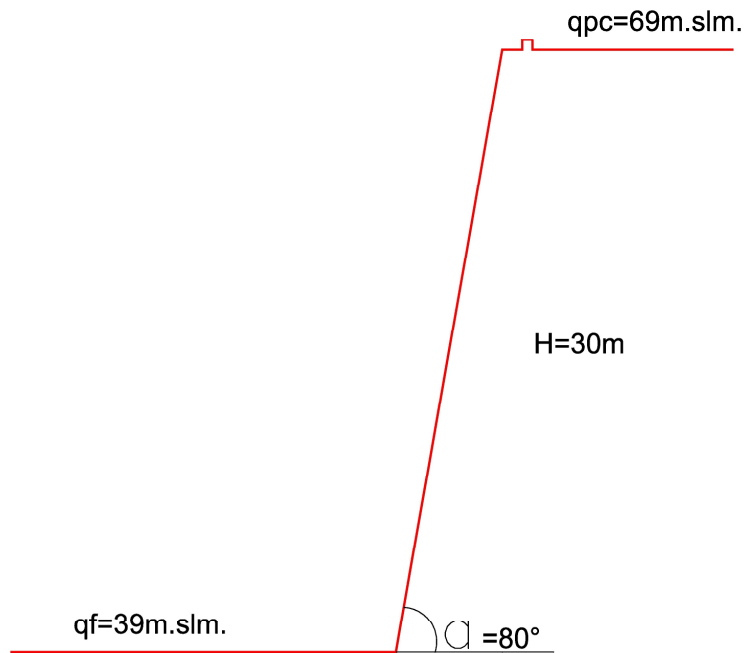


Fig.6 - Sezione tipo a fronte unico (non più adottata)

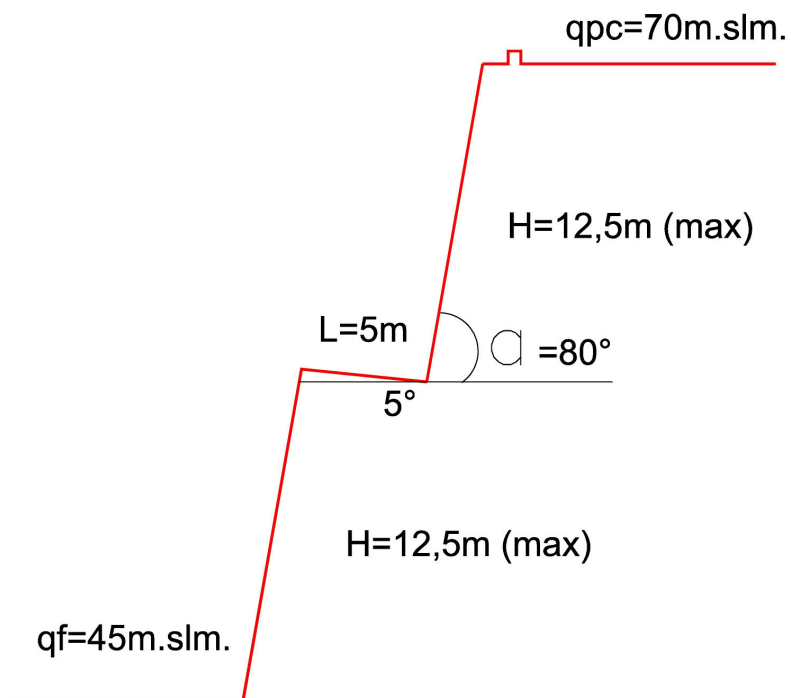


Fig.7 - Sezione tipo con due gradoni (già adottata e proposta nel progetto di coltivazione)

3.1 Parametri geotecnici delle rocce calcaree di parete

Sulla base dell'esperienza in campo geomeccanico, nonché di quanto riportato nella letteratura geologica e geotecnica relativamente ai litotipi calcareo-dolomitici costituenti le rocce di parete interessanti le opere di progetto, si possono esemplificare i seguenti valori orientativi per i parametri fisici e geomeccanici più significativi:

- peso specifico reale $2,7 \text{ g/cm}^3$
- peso specifico apparente $2,4 \text{ g/cm}^3$
- carico di rottura a compressione $500 \div 1000 \text{ kg/cm}^2$

I risultati di indagini geofisiche condotte in aree contermini hanno classificato il sito di Categoria sismica "A".

3.2 Classificazione delle rocce calcaree finalizzata alla stabilità di parete

Per caratterizzare i calcari "di parete", bisogna tenere in adeguato conto l'assetto geostrutturale degli stessi, lo stato di fratturazione ed il risultato di prove di compressione monoassiali. Nel caso in esame i parametri geomeccanici sintetizzati nel paragrafo precedente, forniscono un valido aiuto.

Le prove di compressione monoassiale su campioni di roccia calcarea prelevati in ambito di sondaggi terebrati in aree vicine hanno fornito un intervallo di tensione pari a $50 \div 100 \text{ MPa}$, per cui, nelle classificazioni utilizzate per le analisi geotecniche successivamente esposte, è stato considerato un valore di tensione prudenziale pari al minimo valore dell'intervallo a vantaggio di sicurezza.

3.2.1 Metodo RMR di BIENIAWSKI, ROMANA

Al fine di valutare analiticamente le caratteristiche geomeccaniche dei calcari di parete, partendo dalle valutazioni geostrutturali, dall'RQD rilevato in situ e dalle prove di compressione uniassiale eseguite su campioni di roccia e da prove di rottura empiriche, è stata utilizzata la classificazione geomeccanica di BIENIAWSKI-ROMANA. La classificazione di Beniawsky si basa sul rilievo, in campagna o in laboratorio, di sei parametri:

A1 = resistenza a compressione uniassiale;
 A2 = Rock Quality Designation Index (Indice RQD);
 A3 = spaziatura delle discontinuità;
 A4 = condizioni delle discontinuità;
 A5 = condizioni idrauliche;
 A6 = orientamento delle discontinuità.

Da questi sei parametri si ricava l'**Rock Mass Rating (RMR, Beniawsky)** e con le dovute correzioni apportate da **Romana** nel 1985 lo **Slope Mass Rating (SMR)**.

L'RMR, nella pratica, viene differenziato come:

$$\begin{aligned} \text{RMR di base} &= \text{RMR}_b = A1 + A2 + A3 + A4 + A5 \\ \text{RMR corretto} &= \text{RMR}_c = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + A6 \end{aligned}$$

- VALORE DI A1

Nel caso in esame si è fatto riferimento al valore minimo dell'intervallo del paragrafo precedente, che determina un valore di $S_u=50$ MPa, verificata con una prova d'urto speditiva in campagna.

| | |
|---|---------------------|
| La roccia si frattura con due o tre colpi | $S_u= 50 - 100$ MPa |
|---|---------------------|

- VALORE DI A2

Disponendo di sondaggi è possibile ricavare il valore di RQD, da cui si ottiene il coefficiente A2, dal recupero di percentuale di carotaggio riferito alla somma degli spezzoni di carota con lunghezza maggiore o uguale a 100 mm:

$$\text{RQD} = \frac{\sum L_c}{L_t} \times 100$$

dove:

L_C = somma delle lunghezze degli spezzoni di carota > 100 mm

L_t = lunghezza totale del tratto in cui si è misurata L_C .

Nel caso in esame si è fatto riferimento a roccia molto fratturata con RQD=25%.

In mancanza di carote di sondaggio, RQD si ricava dal numero di famiglie di discontinuità caratterizzanti l'ammasso roccioso e dalla misura della loro spaziatura.

Dalla relazione di Palmström (1982) si ha:

$$RQD = 115 - 3,3 J_v$$

dove J_v è il numero di fratture per metro cubo di roccia.

In forma alternativa RQD si può ricavare dalla formula di Priest e Hudson (1981):

$$RQD = 100 e^{(0,1 n)} (0,1 n + 1)$$

con n numero medio di giunti per metro.

Calcolato RQD con uno di questi metodi, si ricava il coefficiente A_2 mediante le equazioni, che derivano sempre dai grafici di Beniawsky:

| VALORE DI RQD % | EQUAZIONE |
|-----------------|------------------------------------|
| $\leq 26,5$ | $A_2 = \frac{3}{26,6} RQD + 3$ |
| $26,5 \div 39$ | $A_2 = \frac{2}{12,4} RQD + 1,71$ |
| $39 \div 76,6$ | $A_2 = \frac{7}{37,6} RQD + 0,739$ |
| $> 76,6$ | $A_2 = \frac{5}{23,4} RQD - 1,367$ |

- VALORE DI A_3

Una volta calcolata la spaziatura media, cioè la distanza media tra due discontinuità adiacenti, è possibile ricavare il valore del coefficiente A_3 , mediante le seguenti relazioni:

| SPAZIATURA (m) | EQUAZIONE |
|------------------|------------------------|
| $\leq 0,2$ | $A_3 = 15 s + 5$ |
| $0,2 \div 0,4$ | $A_3 = 10 s + 6$ |
| $0,4 \div 0,66$ | $A_3 = 7,752 s + 5,9$ |
| $0,66 \div 0,94$ | $A_3 = 7,067 s + 7,35$ |

| | |
|------------|-----------------------|
| 0,94 ÷ 1,6 | $A3 = 6,07 s + 8,288$ |
| 1,6 ÷ 2,0 | $A3 = 5 s + 10$ |
| > 2,0 | $A3 = 20$ |

- VALORE DI A4

Determinare dalle tavole di classificazione di Beniawsky il valore numerico relativo alla condizione delle discontinuità, invece, risulta molto soggettivo. Perciò per valutare correttamente A4 conviene procedere sommando alcuni parametri numerici attribuibili alla persistenza del giunto, all'apertura del giunto, alla rugosità dello stesso, all'alterazione delle pareti, e al materiale di riempimento:

$$A4 = V1 + V2 + V3 + V4 + V5$$

I valori da assegnare sono:

V1 – Persistenza del giunto

| PERSISTENZA (m) | V1 |
|-----------------|----|
| < 1 | 6 |
| 1 ÷ 3 | 4 |
| 3 ÷ 10 | 2 |
| 10 ÷ 20 | 1 |
| > 20 | 0 |

V2 – Apertura del giunto

| APERTURA (mm) | V2 |
|----------------------|----|
| Completamente chiuso | 6 |
| < 0,1 | 5 |
| 0,1 ÷ 1 | 4 |
| 1 ÷ 5 | 1 |
| > 5 | 0 |

V3 – Rugosità del giunto

| RUGOSITA' | V3 |
|--------------------|----|
| Molto Rugosa | 6 |
| Rugosa | 5 |
| Leggermente rugosa | 3 |
| Liscia | 1 |
| Levigata | 0 |

V4 – Alterazione delle pareti

| ALTERAZIONE | V4 |
|----------------------|----|
| Non alterate | 6 |
| Leggermente alterate | 5 |
| Mediamente alterate | 3 |
| Molto alterate | 1 |
| Decomposte | 0 |

V5 – Riempimento delle discontinuità

| RIEMPIMENTO (mm) | RIEMPIMENTO | V5 |
|------------------|-------------|----|
| - | Assente | 6 |
| < 5 | Compatto | 4 |
| > 5 | Compatto | 2 |
| < 5 | Soffice | 2 |
| > 5 | Soffice | 0 |

- VALORE DI A5

Questo valore viene derivato dalle condizioni idrauliche riferite ad un fronte di 10 m. Dalle tabelle fornite da Beniawsky si ottiene:

| Venute d'acqua su 10 m di lunghezza | Nessuna | < 10 l/min | 10-25 l/min | 25-125 l/min | > 125 l/min |
|-------------------------------------|----------|------------|-------------|---------------|--------------|
| Condizione | Asciutta | Umida | Bagnata | Deboli venute | Forti venute |
| Coefficiente A5 | 15 | 10 | 7 | 4 | 0 |

- VALORE DI A6

Per l'orientamento delle discontinuità si applica un coefficiente di correzione A6, a seconda che si tratti di gallerie o fondazioni.

| APPLICAZIONE | Molto favorevole | Favorevole | Mediocre | Sfavorevole | Molto sfavorevole |
|--------------|------------------|------------|----------|-------------|-------------------|
| Gallerie | 0 | -2 | -5 | -10 | -12 |
| Fondazioni | 0 | -2 | -7 | -15 | -25 |

Per quanto riguarda i versanti il coefficiente A6 proposto da Beniawsky risulta troppo "conservativo" e pertanto nel calcolo di RMR si utilizza la metodologia proposta da Romana.

- VALORE DI RMR (ROCK MASS RATING) E PARAMETRI CARATTERISTICI DELL'AMMASSO

Attribuiti tutti i coefficienti, sulla base del valore RMR_C calcolato si identificano 5 intervalli a cui corrispondono 5 classi di ammasso roccioso e altrettante valutazioni di qualità della roccia:

| RMR_C | 100 - 81 | 80 - 61 | 60 - 41 | 40 - 21 | ≤ 20 |
|-------------|-------------|---------|----------|----------|----------------|
| Classe | I | II | III | IV | V |
| Descrizione | Molto buono | Buono | Mediocre | Scadente | Molto scadente |

Dal valore di RMR_b si derivano i parametri caratteristici dell'ammasso, che secondo Beniaowsky assumono il valore:

$$\begin{aligned} \text{coesione di picco } c_p \text{ (kPA)} &= 5 RMR_b \\ \text{angolo di attrito di picco } \phi_p &= 0,5 RMR_b + 5 \\ \text{modulo di deformazione } E \text{ (GPa)} &= 2 RMR_b - 100 \end{aligned}$$

I valori della coesione residua e dell'angolo di attrito residuo si ricavano introducendo nelle formule sopra indicate un valore di RMR_b modificato secondo la:

$$RMR_b = RMR_b(\text{originario}) - [0,2 \times RMR_b(\text{originario})] \text{ (Priest, 1983)}$$

La formula di E è però da considerare valida per valori di RMR superiori di 50, mentre per valori inferiori si utilizza la formula di Serafim e Pereira (1983):

$$E \text{ (GPa)} = 10(RMR_b - 10 / 40)$$

Il valore di GSI (Geological Strength Index) viene ricavato dalla:

$$GSI = RMR - 5$$

dove RMR viene calcolato tenendo conto dei punteggi assegnati ai primi quattro parametri e assumendo condizioni idrauliche asciutte ($A_5 = 15$). Tale relazione è da ritenersi valida per $RMR > 23$.

- SLOPE MASS RATING (SMR, Romana 1985)

Romana propone di aggiungere al valore di RMR (di base), alcuni fattori di aggiustamento sulla base dell'orientamento relativo fra discontinuità e fronte del versante e aggiungere un ulteriore fattore che tiene conto del metodo di scavo:

$$SMR = RMR_b + (F1 \times F2 \times F3) + F4$$

Il primo fattore di aggiustamento è il prodotto di tre fattori:

F1 dipende dal parallelismo fra l'immersione del fronte e l'immersione dei giunti.

F2 è riferito all'inclinazione del giunto nell'ipotesi di rottura planare.

F3 mantiene le relazioni proposte da Beniaowsky per l'inclinazione fra fronte e giunti.

F4 rappresenta un fattore di correzione legato al metodo di scavo ed è stato fissato empiricamente.

Le condizioni di stabilità verificate sono relative rotture planari e per ribaltamento (toppling); il metodo è stato esteso anche alle rotture a cuneo di recente da Anbalagan et al.

Sulla base della tabella che segue si attribuiscono i valori ai fattori:

| CASO | | Molto favorevole | Favorevole | Mediocre | Sfavorevole | Molto sfavorevole |
|------------------------------|---|------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|
| Planare Toppling Cuneo | $\alpha\varphi - \alpha\phi$ $\alpha\varphi - \alpha\phi \square 180^\circ$ $\alpha i - \alpha\phi$ | $> 30^\circ$ | $30^\circ - 20^\circ$ | $20^\circ - 10^\circ$ | $10^\circ - 5^\circ$ | $< 5^\circ$ |
| | F1 | 0,15 | 0,40 | 0,70 | 0,85 | 1,00 |
| Planare Cuneo | $\beta\varphi$ βi | $< 20^\circ$ | $20^\circ - 30^\circ$ | $30^\circ - 35^\circ$ | $35^\circ - 45^\circ$ | $> 45^\circ$ |
| | F2 | 0,15 | 0,40 | 0,70 | 0,85 | 1,00 |
| Toppling | F2 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Planare Cuneo | $\beta\varphi - \beta\phi$ $\beta i - \beta\phi$ | $> 10^\circ$ | $10^\circ - 0^\circ$ | 0° | $0^\circ - (-10^\circ)$ | $< -10^\circ$ |
| Toppling | $\beta\varphi - \beta\phi$ | $< 110^\circ$ | $110^\circ - 120^\circ$ | $> 120^\circ$ | - | - |
| | F3 | 0 | -6 | -25 | -50 | -60 |

dove:

αj = immersione del giunto

αi = immersione della retta di intersezione di due piani per la rottura a cuneo

αf = immersione del fronte del versante

βj = inclinazione del giunto

βi = inclinazione della retta di intersezione di due piani per la rottura a cuneo

βf = inclinazione del fronte

Il fattore F4 vale invece:

| METODO DI SCAVO | F4 |
|------------------------------|----|
| Scarpata naturale | 15 |
| Abbattimento con pretaglio | 10 |
| Abbattimento controllato | 8 |
| Abbattimento normale | 0 |
| Abbattimento non controllato | -8 |

Calcolato il valore di SMR, si possono avere indicazioni generali, fornite da Romana, sul grado di stabilità della scarpata, sul tipo di cinematismo di rottura che si può instaurare e su quanto possano pesare eventuali interventi di stabilizzazione:

| SMR | 100 - 81 | 80 - 61 | 60 - 41 | 40 - 21 | 20 - 0 |
|-----------------|---------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| CLASSE | I | II | III | IV | V |
| DESCRIZIONE | Molto buona | Buona | Mediocre | Scadente | Molto scadente |
| STABILITA' | Sicuramente stabile | Stabile | Parzialmente stabile | Instabile | Sicuramente instabile |
| MODO DI ROTTURA | Assente | Possibili blocchi | Lungo piani o per cunei | Lungo piani o su grandi cunei | Su grandi piani o rototraslazionali |
| STABILIZZAZIONE | Nessuna | Occasionale | Sistematica | Estesa | Riprofilare la scarpata |

CALCOLO DEI PARAMETRI CARATTERISTICI DELL'AMMASSO IN STUDIOInput dati per il calcolo di Rock Mass Rating (RMR)

Standard ISRM = La roccia si frattura con 2-3 colpi di martello ($\sigma=50\text{MPa}$)
Lunghezza totale del tratto di carota in cui si effettuano le misure (Lt)=6000 mm
Somma delle lunghezze degli spezzoni di carota > 100 mm (Lc) =1500 mm
Spaziatura delle discontinuità (s)=1,0 m
Persistenza (continuità) del giunto = 1 - 3 m
Apertura del giunto 1-5 mm
Giunto leggermente rugoso
Pareti leggermente alterate
Riempimento compatto < 5 mm
Roccia asciutta
Orientamento delle discontinuità favorevole

RISULTATI RELATIVI A ROCK MASS RATING (RMR)

| Resistenza a compressione Su (MPa) | Rock Quality Designation (RQD) |
|------------------------------------|--------------------------------|
| 50 - 100 | 25 |

| V1 | V2 | V3 | V4 | V5 |
|----|----|----|----|----|
| 4 | 1 | 3 | 5 | 4 |

V1 è un parametro che dipende dalla persistenza (continuità) del giunto

V2 è un parametro che dipende dall'apertura del giunto

V3 è un parametro che dipende dalla rugosità del giunto

V4 è un parametro che dipende dal grado di alterazione delle pareti

V5 è un parametro che dipende dal materiale di riempimento presente

| A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 |
|----|------------|--------|----|----|----|
| 7 | 5,81954887 | 14,358 | 17 | 15 | -2 |

A1 è un valore numerico derivato dalla resistenza della roccia intatta

A2 è un valore numerico derivato dall'indice RQD

A3 è un valore numerico derivato dalla spaziatura delle discontinuità

A4 è un valore numerico derivato dalle condizioni delle discontinuità

A5 è un valore numerico derivato dalle condizioni idrauliche

A6 è un indice di correzione per la giacitura delle discontinuità

CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

| RMRbase | RMRcorretto | Classe | Descrizione |
|---------|-------------|--------|-------------|
| 59,2 | 57,2 | Terza | Mediocre |

CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO

| Modulo di deformazione (GPa) | Geological Strength Index (GSI) | Coesione di picco (kPa) | Angolo di attrito di picco (°) | Coesione residua (kPa) | Angolo di attrito residuo (°) |
|------------------------------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------------|------------------------|-------------------------------|
| 18,4 | 54,2 | 296 | 34,5 | 236,7 | 28,6 |

INPUT DATI PER IL CALCOLO DI SLOPE MASS RATING (SMR)

Rottura: **planare o a cuneo**

Parallelismo fra l'immersione dei giunti e quella del pendio: **condizione mediocre**

Inclinazione dei giunti: **condizione mediocre**

Relazione fra inclinazione del fronte e quella dei giunti: **condizione mediocre**

Metodo di scavo: **Abbattimento controllato**

Risultati relativi a Slope Mass Rating (SMR)Fattori di aggiustamento

| F1 | F2 | F3 | F4 |
|-----|-----|-----|----|
| 0,7 | 0,7 | -25 | 8 |

F1 dipende dal parallelismo fra l'immersione del fronte e l'immersione dei giunti

F2 è riferito all'inclinazione del giunto

F3 mette in relazione l'inclinazione del fronte e quella dei giunti

F4 è legato al metodo di scavo

CLASSIFICAZIONE CORRETTA DELL'AMMASSO ROCCIOSO

| SMR | Classe | Descrizione |
|-------|--------|-------------|
| 54,93 | Terza | Mediocre |

GRADO DI STABILITÀ, TIPO DI CINEMATISMO DI ROTTURA, EVENTUALI INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE

| Stabilità | Modo di rottura | Stabilizzazione |
|----------------------|-------------------------|-----------------|
| Parzialmente stabile | Lungo piani o per cunei | Sistematica |

E' opportuno sottolineare che per stabilizzazione sistematica si intende l'interposizione di gradoni, la bonifica e disaggio di elementi lapidei instabili ed in ultima analisi (qualora necessario) il ricorso ad ulteriori idonee tecnologie, fra cui l'installazione di reti chiodate paramassi o altro.

La Fig.8 mostra le caratteristiche tecniche della rete paramassi chiodata.

PARTICOLARE COSTRUTTIVO CONSOLIDAMENTO ATTIVO CON RETE METALLICA

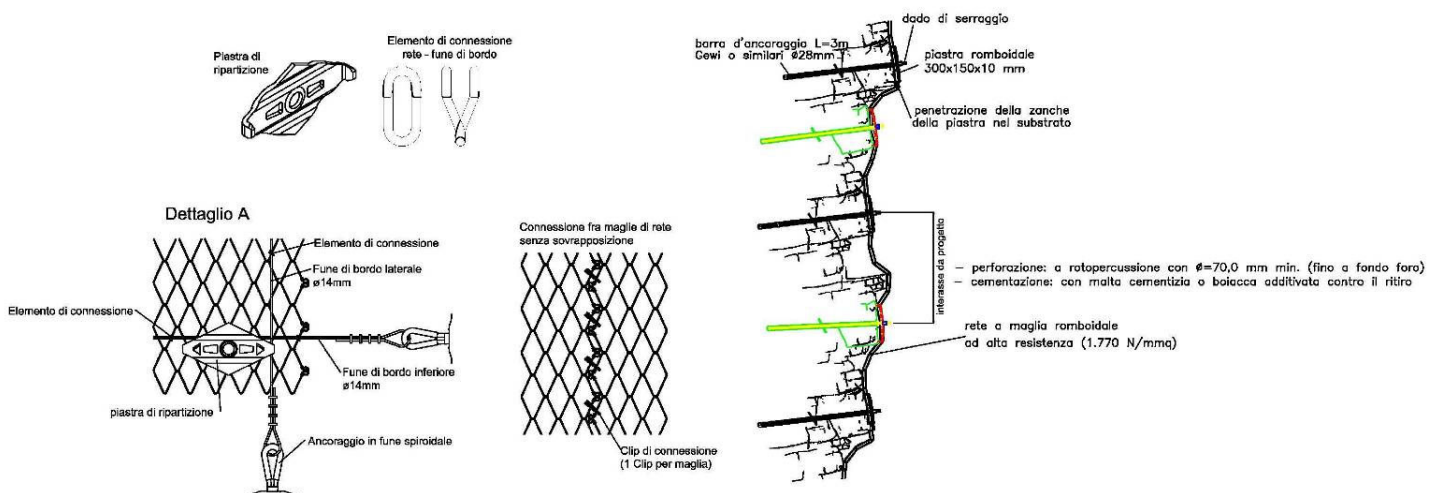


Fig.8

4. STABILITA' DELLA PARETE TIPO CALCAREA A FRONTE UNICO

Come detto precedentemente, decenni fa la Ditta ha eseguito lo scavo a fronte unico, con altezza finale dello stesso pari a 30 m circa (Foto 4).



Foto 4 - Perimetro di scavo NW a fronte unico

Allo scopo di valutare la propensione al dissesto della parete suddetta, è stata identificata una sezione trasversale tipo caratterizzata da calcari aventi i seguenti parametri geomeccanici:

$$\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3; R_{\text{comp}} = 500 \text{ kg/cm}^2$$

E' stato adottato il metodo di Bishop per pendii in roccia, con il criterio di rottura di Hoek e Bray (cfr. relazione e tabulati in Appendice A), utilizzando i risultati della classificazione di Bieniawski.

Le condizioni di verifica adottate sono quelle post operam con riduzione dei parametri geotecnici e in SLC. La categoria sismica del suolo è stata considerata A come detto precedentemente (cfr. parametri sismici in Tab.1).

La categoria topografica è stata considerata T2.

Tab.6 - Parametri sismici suolo CAT. A

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 40,192478
 longitudine: 18,180373
 Classe: 1
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

| | | | | |
|--------|-----------|--------------|--------------|--------------------|
| Sito 1 | ID: 35702 | Lat: 40,1885 | Lon: 18,1368 | Distanza: 3730,584 |
| Sito 2 | ID: 35703 | Lat: 40,1857 | Lon: 18,2021 | Distanza: 1989,549 |
| Sito 3 | ID: 35481 | Lat: 40,2356 | Lon: 18,2057 | Distanza: 5258,854 |
| Sito 4 | ID: 35480 | Lat: 40,2384 | Lon: 18,1403 | Distanza: 6133,343 |

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: A
 Categoria topografica: T2
 Periodo di riferimento: 35anni
 Coefficiente cu: 0,7

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
 Tr: 30 [anni]
 ag: 0,014 g
 Fo: 2,415
 Tc*: 0,157 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
 Tr: 35 [anni]
 ag: 0,015 g
 Fo: 2,414
 Tc*: 0,171 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 332 [anni]
 ag: 0,046 g
 Fo: 2,415
 Tc*: 0,420 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 682 [anni]
ag: 0,061 g
Fo: 2,445
Tc*: 0,499 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,000
Cc: 1,000
St: 1,200
Kh: 0,003
Kv: 0,002
Amax: 0,167
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,000
Cc: 1,000
St: 1,200
Kh: 0,004
Kv: 0,002
Amax: 0,182
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,000
Cc: 1,000
St: 1,200
Kh: 0,011
Kv: 0,005
Amax: 0,539
Beta: 0,200

SLC:

Ss: 1,000
Cc: 1,000
St: 1,200
Kh: 0,015
Kv: 0,007
Amax: 0,714
Beta: 0,200

I risultati dell'analisi di stabilità (SLC) eseguita per la parete tipo a fronte unico sono riportati in Appendice A ed evidenziano fattore di sicurezza minimo pari a 1,4 (cfr. Fig.9) e quindi si parla di stabilità verificata. In presenza di situazioni di potenziale distacco di elementi lapidei superficiali occorre intervenire con disgaggio in cordata ed eventuale applicazione di rete paramassi chiodata o altro idonea tecnologia.

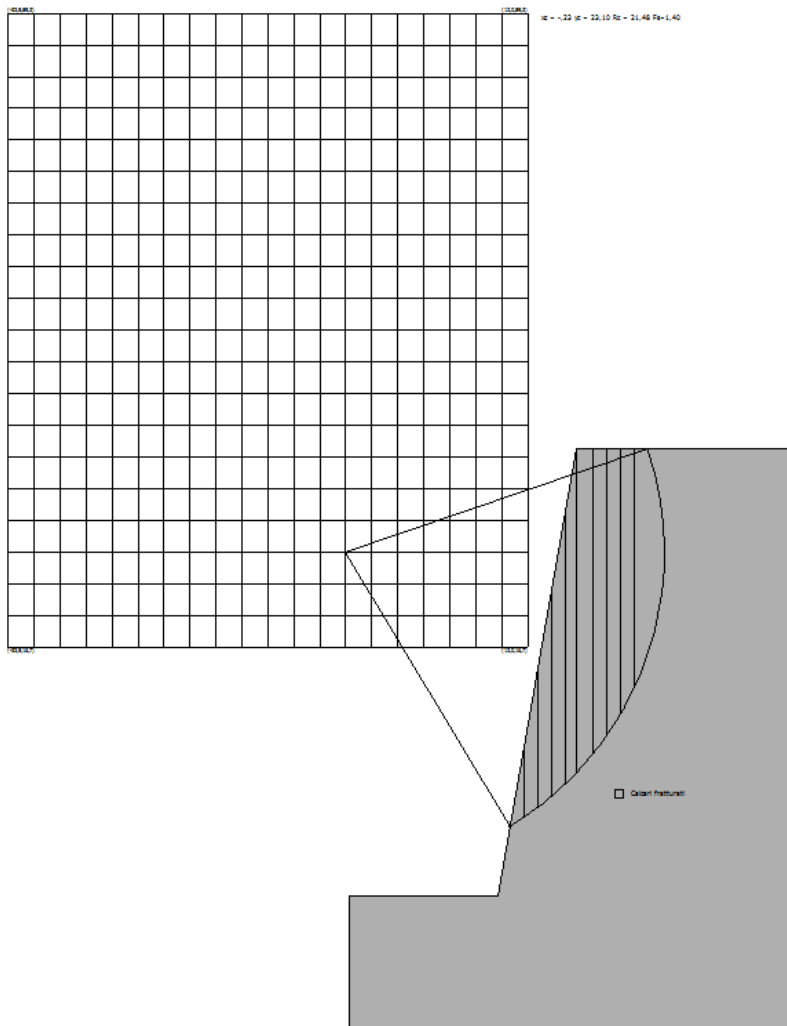


Fig.9 - Sezione tipo del fronte di scavo H=30 m a fronte unico.

La Fig.10 mostra la totalità delle superfici di potenziale rottura indagate.

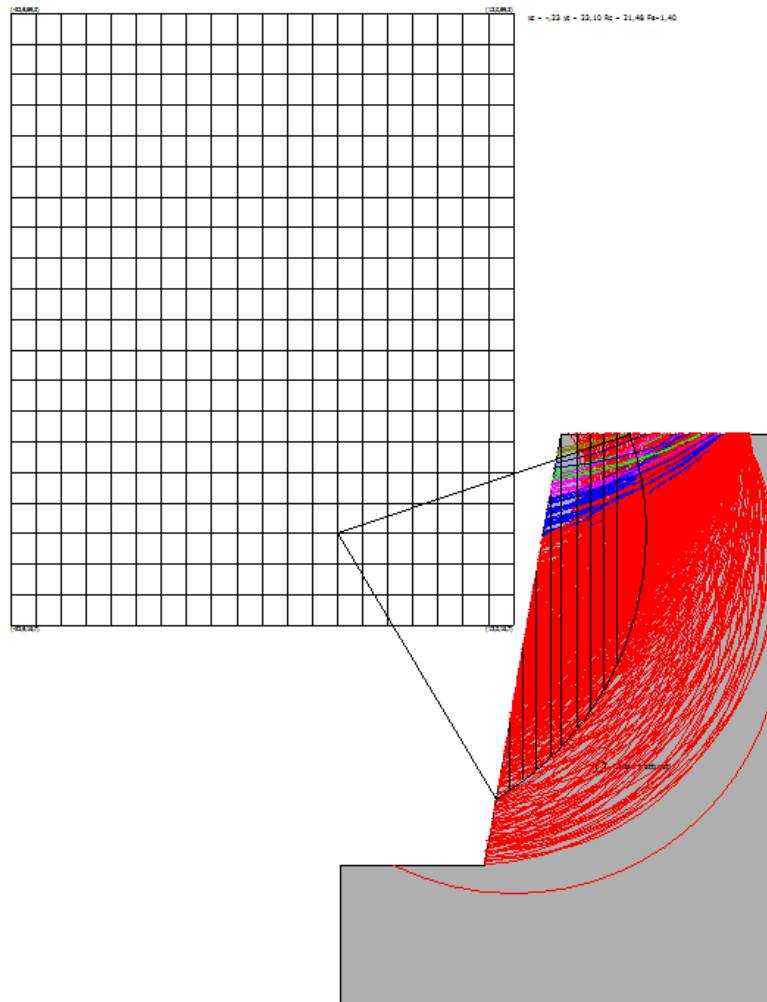


Fig.10

5. STABILITA' DELLA PARETE TIPO CALCAREA A FRONTE MULTIPLO CON GRADONI ROMPITRATTA

Come detto precedentemente, oggi la Ditta esegue lo scavo a fronte multiplo con gradoni larghi non meno di 5 m e altezza del singolo fronte intorno ai 10-12.5 m, come prescritto dall'Ufficio Minerario.

Le ipotesi geometriche fissate nel Progetto di coltivazione proposto in questa sede ed esplicitato nella Relazione Tecnica dell'ALL.R1, prevede una sezione di scavo finale di altezza complessiva pari a 24-25m (da 69-70 m slm a 45 m slm), costituita da

due fronti di altezza 12,5m metri rispettivamente e larghezza del gradone non meno di 5 m (Foto 5).



Foto 5 - Perimetro di scavo Est a fronte multiplo

Allo scopo di valutare la stabilità della parete suddetta, è stata identificata una sezione trasversale tipo caratterizzata da calcari aventi i seguenti parametri geomeccanici:

$$\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3; R_{\text{comp}} = 500 \text{ kg/cm}^2$$

E' stato adottato il metodo di Bishop per pendii in roccia, con il criterio di rottura di Hoek e Bray (cfr. relazione e tabulati in Appendice B), utilizzando i risultati della classificazione di Bieniawski.

Le condizioni di verifica adottate sono quelle post operam con riduzione dei parametri geotecnici e in SLC. La categoria sismica del suolo è stata considerata A come detto precedentemente (cfr. parametri sismici in Tab.1).

La categoria topografica è stata considerata T2.

I risultati dell'analisi di stabilità (SLC) eseguita per la parete tipo a fronte multiplo sono riportati in Appendice B ed evidenziano fattore di sicurezza minimo pari a 1,88 (cfr. Fig.11) e quindi si parla di ottima stabilità verificata.

In presenza di situazioni di potenziale distacco di elementi lapidei superficiali occorre intervenire con un localizzato disaggio in cordata ed eventuale applicazione di rete paramassi chiodata.

Per la difesa idraulica delle attività di scavo e di recupero si propone un fosso di guardia perimetrale di sommità e l'incasso del terreno vegetale sulla berma.

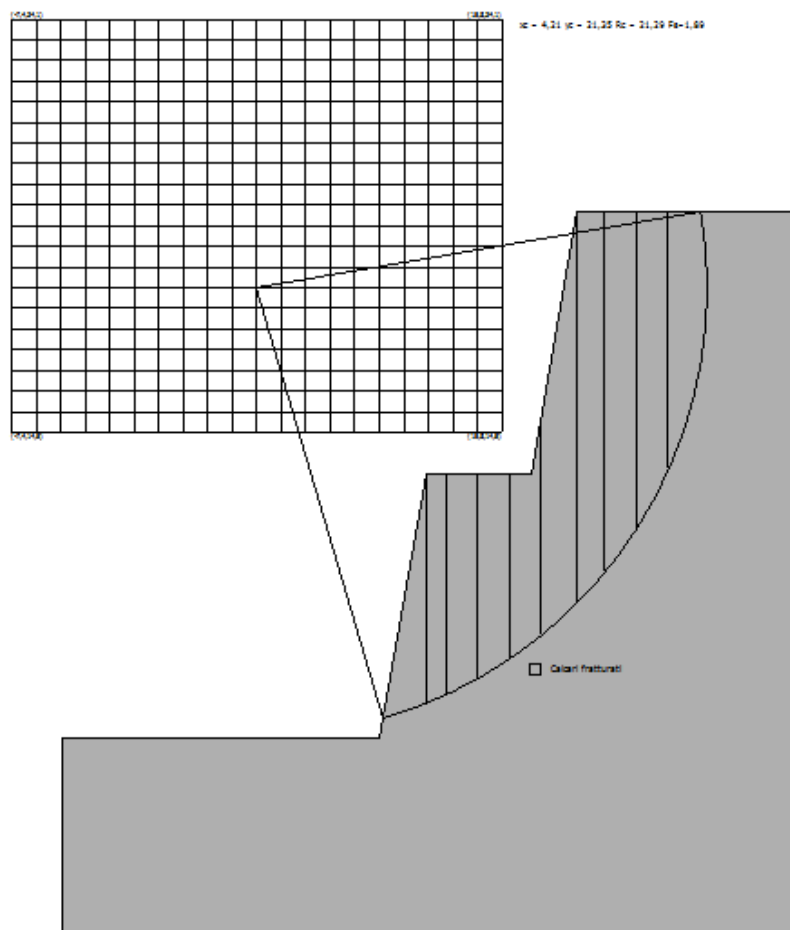


Fig.11 - Sezione tipo del fronte di scavo H=25 m a fronte multiplo.

La Fig.12 mostra la totalità delle superfici di potenziale rottura indagate.

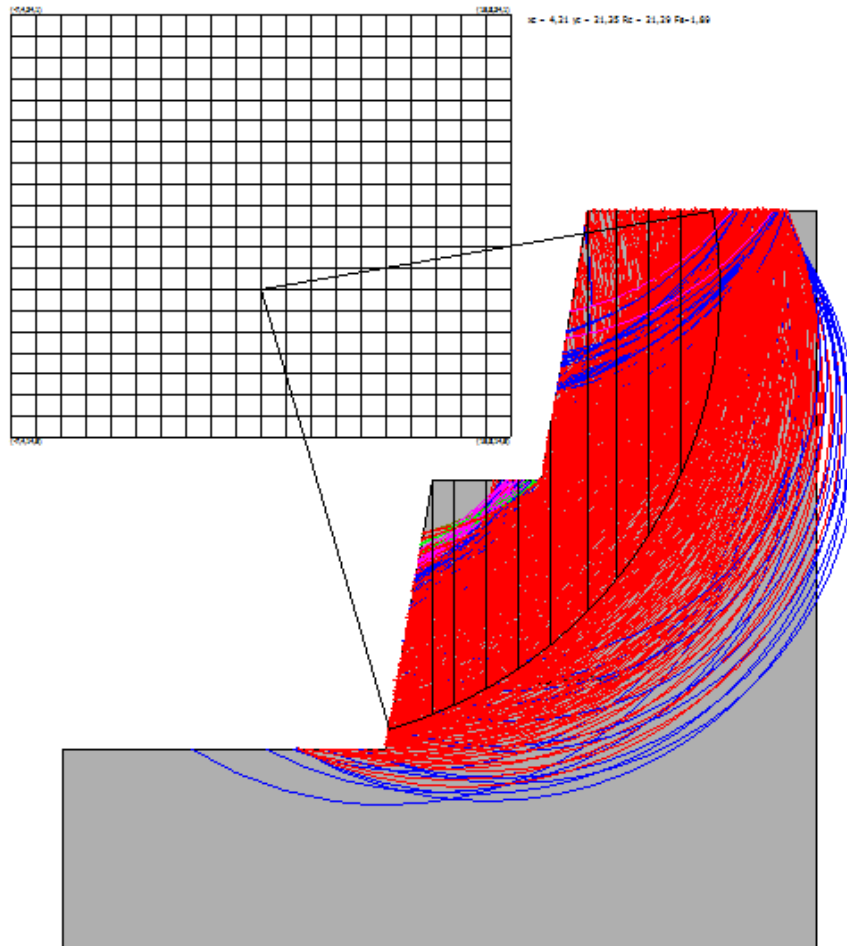


Fig.12

Galatina, 05 aprile 2019

dott. geol. Luigi Candido

SIT&A srl (ing. Tommaso Farenga)

APPENDICE A
RELAZIONE METODOLOGICA E TABULATI VERIFICA DI STABILITA'
DELLA PARETE TIPO CALCAREA A FRONTE UNICO

Pendii in roccia (Metodo di Hoek e Bray)

Per i versanti in roccia, diversamente da quelli in terra, il criterio di rottura di Mohr-Coulomb non può essere impiegato per definire la resistenza del materiale; tuttavia con questo metodo viene descritta una procedura che consente l'applicazione dei metodi classici dell'Equilibrio Limite anche nei versanti rocciosi. A tale scopo vengono definiti l'angolo di resistenza a taglio e la coesione che si mobilitano lungo la superficie di scorrimento secondo le seguenti espressioni:

$$\operatorname{tg}\varphi = AB \left(\frac{N}{\sigma_c} - T \right)^{B-1}$$

$$c = A\sigma_c \left(\frac{N}{\sigma_c} - T \right)^B - N\operatorname{tg}\varphi$$

dove:

σ_c è la resistenza a compressione monassiale della roccia;

A, B, T costanti in funzione del litotipo e della qualità della roccia (*riportati in tabella*);

N sforzo normale alla base del concio.

Le costanti A, B e T sono vengono determinate in funzione della classificazione della roccia secondo Bieniawski (indice RMR) e secondo Barton (indice Q). Tra i due sistemi di classificazione, sulla base di 111 esempi analizzati, è stata trovata la seguente correlazione:

$$\operatorname{RMR} = 9 \ln Q + 44$$

| | Calcari Dolomie Marne | Argilliti Siltiti Scisti | Areniti Quarziti | Andesiti Basalti Rioliti | Anfiboliti Gneiss Graniti |
|----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| RMR = 100 Q = 500 | A = 0.816 B = 0.658 T = -0.140 | A = 0.918 B = 0.677 T = -0.099 | A = 1.044 B = 0.692 T = -0.067 | A = 1.086 B = 0.696 T = -0.059 | A = 1.220 B = 0.705 T = -0.040 |
| RMR = 85 Q = 100 | A = 0.651 B = 0.679 T = -0.028 | A = 0.739 B = 0.692 T = -0.020 | A = 0.848 B = 0.702 T = -0.013 | A = 0.883 B = 0.705 T = -0.012 | A = 0.998 B = 0.712 T = -0.008 |
| RMR = 65 Q = 10 | A = 0.369 B = 0.669 T = -0.006 | A = 0.427 B = 0.683 T = -0.004 | A = 0.501 B = 0.695 T = -0.003 | A = 0.525 B = 0.698 T = -0.002 | A = 0.603 B = 0.707 T = -0.002 |
| RMR = 44 Q = 1 | A = 0.198 B = 0.662 T = -0.0007 | A = 0.234 B = 0.675 T = -0.0005 | A = 0.280 B = 0.688 T = -0.0003 | A = 0.295 B = 0.691 T = -0.003 | A = 0.346 B = 0.700 T = -0.0002 |
| RMR = 3 Q = 0.1 | A = 0.115 B = 0.646 T = -0.0002 | A = 0.129 B = 0.655 T = -0.0002 | A = 0.162 B = 0.672 T = -0.0001 | A = 0.172 B = 0.676 T = -0.0001 | A = 0.203 B = 0.686 T = -0.0001 |
| RMR = 3 Q = 0.01 | A = 0.042 B = 0.534 T = 0 | A = 0.050 B = 0.539 T = 0 | A = 0.061 B = 0.546 T = 0 | A = 0.065 B = 0.548 T = 0 | A = 0.078 B = 0.556 T = 0 |

Analisi di stabilità del fronte di scavo con BISHOP

| | |
|--------------------------------|------|
| Numero di strati | 1,0 |
| Numero dei conci | 10,0 |
| Coefficiente di sicurezza [R2] | 1,3 |

Superficie di forma circolare**Maglia dei Centri**

| | |
|--|----------|
| Ascissa vertice sinistro inferiore xi | -22,94 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 16,73 m |
| Ascissa vertice destro superiore xs | 12,0 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 59,23 m |
| Passo di ricerca | 10,0 |
| Numero di celle lungo x | 20,0 |
| Numero di celle lungo y | 20,0 |

Coefficienti sismici [N.T.C.]**Dati generali**

| | |
|----------------------|---------------------|
| Descrizione: | |
| Latitudine: | 40,19 |
| Longitudine: | 18,18 |
| Tipo opera: | 2 - Opere ordinarie |
| Classe d'uso: | Classe I |
| Vita nominale: | 50,0 [anni] |
| Vita di riferimento: | 35,0 [anni] |

Parametri sismici su sito di riferimento

| | |
|------------------------|----|
| Categoria sottosuolo: | A |
| Categoria topografica: | T2 |

| S.L. Stato limite | TR Tempo ritorno [anni] | ag [m/s ²] | F0 [-] | TC* [sec] |
|----------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------|--------------|
| S.L.O. | 30,0 | 0,14 | 2,42 | 0,16 |
| S.L.D. | 35,0 | 0,15 | 2,41 | 0,17 |
| S.L.V. | 332,0 | 0,45 | 2,42 | 0,42 |
| S.L.C. | 682,0 | 0,6 | 2,45 | 0,5 |

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

| S.L. Stato limite | amax [m/s ²] | beta [-] | kh [-] | kv [sec] |
|----------------------|-----------------------------|-------------|-----------|-------------|
| S.L.O. | 0,168 | 0,2 | 0,0034 | 0,0017 |
| S.L.D. | 0,18 | 0,2 | 0,0037 | 0,0018 |
| S.L.V. | 0,54 | 0,2 | 0,011 | 0,0055 |
| S.L.C. | 0,72 | 0,2 | 0,0147 | 0,0073 |

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,015

Coefficiente azione sismica verticale 0,007

Vertici profilo

| N | X m | y m |
|---|--------|--------|
| 1 | 0,0 | 0,0 |
| 2 | 10,0 | 0,0 |
| 3 | 15,3 | 30,0 |
| 4 | 30,0 | 30,0 |

Stratigrafia

| Strato | Peso unità di volume (Kg/m ³) | A | B | T | Resistenza compressione monoassiale (kg/cm ²) | Texture | Descrizione |
|--------|---|-------|-------|---------|--|---------|------------------------|
| 1 | 2400 | 0,198 | 0,662 | -0,0007 | 500 | | Calcarei fratturati |

Risultati analisi pendio**Fs minimo individuato****1,4**

Ascissa centro superficie -0,23 m

Ordinata centro superficie 23,1 m

Raggio superficie 21,48 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei concii. Superficie...xc = -0,231 yc = 23,103 Rc = 21,483 Fs=1,3993

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm ²) | Fi (°) | Ui (Kg) | N'i (Kg) | Ti (Kg) |
|-----|--------|-------------|---------|------------|---------------|---------------|----------------------------|-----------|------------|-------------|------------|
| 1 | 0,93 | 32,5 | 1,1 | 5218,93 | 78,28 | 36,53 | 0,87 | 49,7 | 0,0 | 1209,6 | 7824,3 |
| 2 | 0,93 | 35,4 | 1,14 | 15543,18 | 233,15 | 108,8 | 1,03 | 43,3 | 0,0 | 8850,8 | 14370,1 |
| 3 | 0,93 | 38,5 | 1,19 | 25701,63 | 385,52 | 179,91 | 1,17 | 40,1 | 0,0 | 16863,0 | 20080,9 |
| 4 | 0,93 | 41,8 | 1,25 | 35672,59 | 535,09 | 249,71 | 1,27 | 38,2 | 0,0 | 25088,8 | 25460,2 |
| 5 | 0,76 | 44,9 | 1,07 | 36330,79 | 544,96 | 254,32 | 1,34 | 37,2 | 0,0 | 26676,8 | 24698,4 |
| 6 | 1,1 | 48,5 | 1,66 | 55807,46 | 837,11 | 390,65 | 1,3 | 37,9 | 0,0 | 41058,7 | 38189,7 |
| 7 | 0,93 | 52,8 | 1,54 | 44371,75 | 665,58 | 310,6 | 1,18 | 39,8 | 0,0 | 31520,7 | 31777,7 |
| 8 | 0,93 | 57,1 | 1,71 | 41428,59 | 621,43 | 290,0 | 1,08 | 42,0 | 0,0 | 27978,6 | 31242,5 |
| 9 | 0,93 | 62,0 | 1,98 | 37918,22 | 568,77 | 265,43 | 0,98 | 44,8 | 0,0 | 23408,4 | 30501,8 |
| 10 | 0,93 | 86,7 | 16,12 | 33514,61 | 502,72 | 234,6 | 0,81 | 56,5 | 0,0 | -52282,4 | 36588,2 |

APPENDICE B
RELAZIONE METODOLOGICA E TABULATI VERIFICA DI STABILITA'
DELLA PARETE TIPO CALCAREA A FRONTE MULTIPLO
CON GRADONI ROMPITRATTA

Pendii in roccia (Metodo di Hoek e Bray)

Per i versanti in roccia, diversamente da quelli in terra, il criterio di rottura di Mohr-Coulomb non può essere impiegato per definire la resistenza del materiale; tuttavia con questo metodo viene descritta una procedura che consente l'applicazione dei metodi classici dell'Equilibrio Limite anche nei versanti rocciosi. A tale scopo vengono definiti l'angolo di resistenza a taglio e la coesione che si mobilitano lungo la superficie di scorrimento secondo le seguenti espressioni:

$$\operatorname{tg}\varphi = AB \left(\frac{N}{\sigma_c} - T \right)^{B-1}$$

$$c = A\sigma_c \left(\frac{N}{\sigma_c} - T \right)^B - N\operatorname{tg}\varphi$$

dove:

σ_c è la resistenza a compressione monassiale della roccia;

A, B, T costanti in funzione del litotipo e della qualità della roccia (*riportati in tabella*);

N sforzo normale alla base del concio.

Le costanti A, B e T sono vengono determinate in funzione della classificazione della roccia secondo Bieniawski (indice RMR) e secondo Barton (indice Q). Tra i due sistemi di classificazione, sulla base di 111 esempi analizzati, è stata trovata la seguente correlazione:

$$\operatorname{RMR} = 9 \ln Q + 44$$

| | Calcari Dolomie Marne | Argilliti Siltiti Scisti | Areniti Quarziti | Andesiti Basalti Rioliti | Anfiboliti Gneiss Graniti |
|----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| RMR = 100 Q = 500 | A = 0.816 B = 0.658 T = -0.140 | A = 0.918 B = 0.677 T = -0.099 | A = 1.044 B = 0.692 T = -0.067 | A = 1.086 B = 0.696 T = -0.059 | A = 1.220 B = 0.705 T = -0.040 |
| RMR = 85 Q = 100 | A = 0.651 B = 0.679 T = -0.028 | A = 0.739 B = 0.692 T = -0.020 | A = 0.848 B = 0.702 T = -0.013 | A = 0.883 B = 0.705 T = -0.012 | A = 0.998 B = 0.712 T = -0.008 |
| RMR = 65 Q = 10 | A = 0.369 B = 0.669 T = -0.006 | A = 0.427 B = 0.683 T = -0.004 | A = 0.501 B = 0.695 T = -0.003 | A = 0.525 B = 0.698 T = -0.002 | A = 0.603 B = 0.707 T = -0.002 |
| RMR = 44 Q = 1 | A = 0.198 B = 0.662 T = -0.0007 | A = 0.234 B = 0.675 T = -0.0005 | A = 0.280 B = 0.688 T = -0.0003 | A = 0.295 B = 0.691 T = -0.003 | A = 0.346 B = 0.700 T = -0.0002 |
| RMR = 3 Q = 0.1 | A = 0.115 B = 0.646 T = -0.0002 | A = 0.129 B = 0.655 T = -0.0002 | A = 0.162 B = 0.672 T = -0.0001 | A = 0.172 B = 0.676 T = -0.0001 | A = 0.203 B = 0.686 T = -0.0001 |
| RMR = 3 Q = 0.01 | A = 0.042 B = 0.534 T = 0 | A = 0.050 B = 0.539 T = 0 | A = 0.061 B = 0.546 T = 0 | A = 0.065 B = 0.548 T = 0 | A = 0.078 B = 0.556 T = 0 |

Analisi di stabilità del fronte di scavo con BISHOP

| | |
|--------------------------------------|------|
| Numero di strati | 1,0 |
| Numero dei conci | 10,0 |
| Coefficiente di sicurezza [R2] | 1,3 |
| Superficie di forma circolare | |

Maglia dei Centri

| | |
|--|---------|
| Ascissa vertice sinistro inferiore xi | -7,4 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 14,5 m |
| Ascissa vertice destro superiore xs | 15,81 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 34,09 m |
| Passo di ricerca | 10,0 |
| Numero di celle lungo x | 20,0 |
| Numero di celle lungo y | 20,0 |

Coefficienti sismici [N.T.C.]**Dati generali**

| | |
|----------------------|---------------------|
| Descrizione: | |
| Latitudine: | 40,19 |
| Longitudine: | 18,18 |
| Tipo opera: | 2 - Opere ordinarie |
| Classe d'uso: | Classe I |
| Vita nominale: | 50,0 [anni] |
| Vita di riferimento: | 35,0 [anni] |

Parametri sismici su sito di riferimento

| | |
|------------------------|----|
| Categoria sottosuolo: | A |
| Categoria topografica: | T2 |

| S.L. | TR | ag | F0 | TC* |
|--------------|-------------------------|---------------------|------|-------|
| Stato limite | Tempo ritorno [anni] | [m/s ²] | [-] | [sec] |
| S.L.O. | 30,0 | 0,14 | 2,42 | 0,16 |
| S.L.D. | 35,0 | 0,15 | 2,41 | 0,17 |
| S.L.V. | 332,0 | 0,45 | 2,42 | 0,42 |
| S.L.C. | 682,0 | 0,6 | 2,45 | 0,5 |

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

| S.L. | amax | beta | kh | kv |
|---|---------------------|-------|--------|--------|
| Stato limite | [m/s ²] | [-] | [-] | [sec] |
| S.L.O. | 0,168 | 0,2 | 0,0034 | 0,0017 |
| S.L.D. | 0,18 | 0,2 | 0,0037 | 0,0018 |
| S.L.V. | 0,54 | 0,2 | 0,011 | 0,0055 |
| S.L.C. | 0,72 | 0,2 | 0,0147 | 0,0073 |
| Coefficiente azione sismica orizzontale | | 0,015 | | |
| Coefficiente azione sismica verticale | | 0,007 | | |

Vertici profilo

| N | X m | y m |
|---|--------|--------|
| 1 | -5,0 | 0,0 |
| 2 | 10,0 | 0,0 |
| 3 | 12,2 | 12,5 |
| 4 | 17,2 | 12,5 |
| 5 | 19,4 | 25,0 |
| 6 | 30,0 | 25,0 |

Stratigrafia

| Strato | Peso unità di volume (Kg/m ³) | A | B | T | Resistenza compressione monoassiale (kg/cm ²) | Texture | Descrizione |
|--------|---|-------|-------|---------|--|---------|-----------------------|
| 1 | 2400 | 0,198 | 0,662 | -0,0007 | 500 | | Calcari fratturati |

Risultati analisi pendio

| | |
|----------------------------|---------|
| Fs minimo individuato | 1,89 |
| Ascissa centro superficie | 4,21 m |
| Ordinata centro superficie | 21,35 m |
| Raggio superficie | 21,29 m |

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei concii. Superficie...xc = 4,209 yc = 21,355 Rc = 21,295 Fs=1,8895

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm ²) | Fi (°) | Ui (Kg) | N'i (Kg) | Ti (Kg) |
|-----|--------|-------------|---------|------------|---------------|---------------|----------------------------|-----------|------------|-------------|------------|
| 1 | 2,04 | 19,1 | 2,16 | 26787,44 | 401,81 | 187,51 | 1,05 | 42,9 | 0,0 | 20674,2 | 22136,0 |
| 2 | 0,97 | 23,5 | 1,05 | 24760,65 | 371,41 | 173,32 | 1,28 | 38,1 | 0,0 | 20247,6 | 15541,4 |
| 3 | 1,5 | 27,1 | 1,69 | 36426,69 | 546,4 | 254,99 | 1,22 | 39,1 | 0,0 | 28945,4 | 23385,3 |
| 4 | 1,5 | 31,8 | 1,77 | 33366,15 | 500,49 | 233,56 | 1,15 | 40,5 | 0,0 | 25449,8 | 22272,8 |
| 5 | 1,5 | 36,7 | 1,87 | 29679,84 | 445,2 | 207,76 | 1,07 | 42,3 | 0,0 | 21412,8 | 20935,5 |
| 6 | 1,73 | 42,4 | 2,33 | 60024,74 | 900,37 | 420,17 | 1,22 | 39,2 | 0,0 | 48447,3 | 35955,6 |
| 7 | 1,28 | 48,1 | 1,92 | 54988,6 | 824,83 | 384,92 | 1,22 | 39,1 | 0,0 | 46305,2 | 32327,8 |
| 8 | 1,5 | 54,1 | 2,56 | 58323,11 | 874,85 | 408,26 | 1,09 | 41,9 | 0,0 | 47752,8 | 37440,6 |
| 9 | 1,5 | 61,9 | 3,19 | 49722,91 | 745,84 | 348,06 | 0,94 | 46,2 | 0,0 | 37289,3 | 36445,8 |
| 10 | 1,5 | 83,0 | 12,34 | 37145,28 | 557,18 | 260,02 | 0,81 | 55,9 | 0,0 | -17015,9 | 39511,0 |