

SOLVAY CHIMICA ITALIA S.p.A.

Sede: Rosignano Solvay (LI)

CAVA DI CALCARE SAN CARLO

COMUNE DI SAN VINCENZO (LI)

PROGETTO DI COLTIVAZIONE

Dr. Ing. PIETRO BALLESTRAZZI
Via Corticella, 72 - Bologna
Iscritto Albo Ingegneri Bologna
n° 1051

RELAZIONE B.

*ANALISI DELLE CARATTERISTICHE
GEOTECNICHE DELL'AMMASSO
ROCCIOSO E STABILITÀ DEI FRONTI DI
SCAVO*

**ANALISI DELLE CARATTERISTICHE GEOTECNICHE
DELL'AMMASSO ROCCIOSO E STABILITÀ
DEI FRONTI DI SCAVO**

La presente Relazione contiene:

1	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DELL'AMMASSO ROCCIOSO E STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO	2
1.1	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	2
1.1.1.	<i>Resistenza dei provini di roccia</i>	2
1.1.2.	<i>Caratteristiche dell'ammasso</i>	4
1.1.3.	<i>Analisi di stabilità dei cunei</i>	18

1 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DELL'AMMASSO ROCCIOSO E STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO

1.1 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Le caratteristiche dell'ammasso roccioso dipendono dalla risposta meccanica della roccia alla scala di provini per analisi in laboratorio (campioni omogenei di roccia) e dalle caratteristiche strutturali.

1.1.1. Resistenza dei provini di roccia

La società Solvay Chimica Italia S.p.A. ha fatto eseguire prove, alla scala di provini, rivolte a determinare:

- a) Peso specifico reale (Norme UNI 8520);
- b) Coefficiente di imbibizione (UNI 9724);
- c) Coefficiente di usura (Norma R. D. 2234 del 16 novembre 1939);
- d) Resistenza all'usura (Norme CNR);
- e) Resistenza a compressione uniassiale (Norme UNI 8520);
- f) Resistenza a compressione uniassiale dopo cicli di gelo e disgelo (prove di gelività secondo il R.D. 2234 del 16 novembre 1939);

Dall'analisi dei valori, la roccia appare complessivamente dotata di elevata resistenza anche dopo avere subito cicli di gelo e disgelo. Il coefficiente di imbibizione insieme con il peso specifico della roccia, che non sono presi in considerazione, direttamente, nelle classifiche geomeccaniche, confermano lo stato di compattezza della roccia ed, indirettamente, la resistenza che la roccia è in grado di opporre alle sollecitazioni esterne.

I valori di seguito riportati rappresentano la media di cinque determinazioni:

g) Peso specifico reale:	2.709 t/m ³
h) Coefficiente di imbibizione:	0,39 %
i) Coefficiente di usura:	9,23 mm
j) Resistenza all'usura (CNR):	0,56

- k) Resistenza a compressione uniassiale: 100,9 MPa
- l) Resistenza alla gelività: 101,8 MPa

1.1.2. Caratteristiche dell'ammasso

Discontinuità strutturali. Nelle grandi linee l'assetto strutturale è caratterizzato da tre famiglie di discontinuità, due delle quali hanno inclinazione molto prossima alla verticale, mentre la terza è moderatamente inclinata.

Per una descrizione di maggior dettaglio si farà riferimento a campagne di indagini sviluppate dai tecnici e consulenti della miniera, all'articolo "Strike – slip faulting and pluton emplacement in Southern Tuscany: the Campiglia Marittima case", redatto da Acocella V., Rossetti F., Faccenna C., Fuciniello R., Lazzarotto A., pubblicato nel fascicolo n° 2, Volume CXIX (2000), del Bollettino della Società Geologica Italiana, pp. 517 – 528. Infine, l'acquisizione degli elementi di giudizio è stata completa da una recente verifica in situ, eseguita dal redattore del presente elaborato. La verifica è stata realizzata portando a termine cinque rilievi su più fronti a diversa orientazione.

Ad uno stadio del tutto preliminare e sintetico, le discontinuità tettoniche e stratigrafiche, secondo l'articolo sopra citato, hanno immersioni che possono essere ben rappresentate, dal punto di vista statistico, da valori medi compresi tra 42° (222°) e 95° (275°).

Con riferimento alle concentrazioni con più elevato numero di giunti si distinguono i seguenti poli, con l'avvertenza che, sono stati indicati i due valori (uno è tra parentesi) che rappresentano (indifferentemente) la stessa giacitura di giunti verticali o prossimi alla verticale:

Situazione generale delle immersioni

- *Quadro sintetico:*

- a) 42° (222°);
- b) 95° (275°);
- c) 64° (244°).

- *Immersioni di diaclasi, fratture e faglie nella porzione Est – NordEst della cava:*

- a) 93° (273°);
- b) 62° (242°);
- c) 45° (225°).

- *Immersioni di diaclasi, fratture e faglie nella porzione Ovest – SudOvest della cava:*

- a) 90° (270°);
- b) 110° (290°);
- c) 170° (350°);
- d) 230° (50°).

- *Immersioni di diaclasi sub – verticali riempite di calcite:*

- a) 110° (290°);
- b) 150° (330°);
- c) 50° (230°).

- *Immersioni della pseudo – stratificazione esclusivamente verticale:*

- a) 42° (222°);
- b) 95° (275°);
- c) 64° (244°).

Più in dettaglio, sono stati riscontrati i seguenti assetti geostrukturali nelle sotto indicate quote della cava:

Quota 162 fronte Sud – Est

- *Situazione complessiva delle immersioni:*

- a) 155° (335°);
- b) 130° (310°);
- c) 100° (280°);
- d) 45° (225°).

- *Immersioni dei sistemi di diaclasi: le fratture suddividono in blocchi poligonali il massiccio secondo tre sistemi, due sub-verticali ed uno con inclinazione media di circa 36°:*

- a) 95° (275°);
- b) 135° (315°);
- c) 150° (330°);
- d) 40° (220°).

- *Immersioni delle discontinuità che hanno dato luogo a circolazione idrotermale:*

- a) 160° (340°).

Quota 178 fronte Sud – Est

- *Situazione complessiva delle immersioni:*

- a) 55° (235°);
- b) 160° (340°);
- c) 120° (300°).

- *Immersioni dei sistemi di diaclasi: le fratture suddividono in blocchi poligonali il massiccio secondo tre sistemi, due sub-verticali ed uno con inclinazione media di circa 36°. In questa base di misura il seguente sistema è di gran lunga prevalente rispetto agli altri due:*

- a) 50° (230°).

- *Immersioni delle discontinuità che hanno dato luogo a circolazione idrotermale:*

- a) 170° (350°).

Quota 210 fronte Sud – Est

• *Situazione complessiva delle immersioni:*

- a) 155° (335°);
- b) 135° (315°);
- c) 45° (225°).

- *Immersioni dei sistemi di diaclasi: le fratture suddividono in blocchi poligonali il massiccio secondo tre sistemi, due sub-verticali ed uno con inclinazione media di circa 36°:*

- e) 115° (295°);
- f) 135° (315°);
- g) 25° (205°).

- *Immersioni delle discontinuità che hanno dato luogo a circolazione idrotermale:*

- a) 150° (330°).

La recente verifica dei dati sopra rappresentati, realizzata dall'estensore della presente relazione tecnica, ha fornito i seguenti risultati.

➤ ***Fronte sub – verticale immergente a 350° quota 225 m (1° rilievo)***

La fotografia F1 mostra il fronte su cui sono stati eseguiti due rilievi (il 1° ed il 2°); la fotografia F2 inquadra la situazione strutturale rilevata con la 1ª misura del 1° rilievo; la terza fotografia F3 inquadra una situazione tipica caratterizzante la porzione di fronte esaminata con il 1° rilievo.

Il primo valore, nell'elenco di seguito riportato, indica l'immersione (angolo della proiezione orizzontale, della linea di massima pendenza, contato in senso orario rispetto al Nord) il secondo fornisce l'inclinazione rispetto all'orizzontale:

- | | | |
|----|------|-----|
| 1) | 304° | 12° |
| 2) | 307° | 18° |

CAVA SOLVAY – SAN CARLO (LI)

Analisi delle Caratteristiche Geotecniche dell'Ammasso Roccioso e Stabilità dei Fronti di Scavo

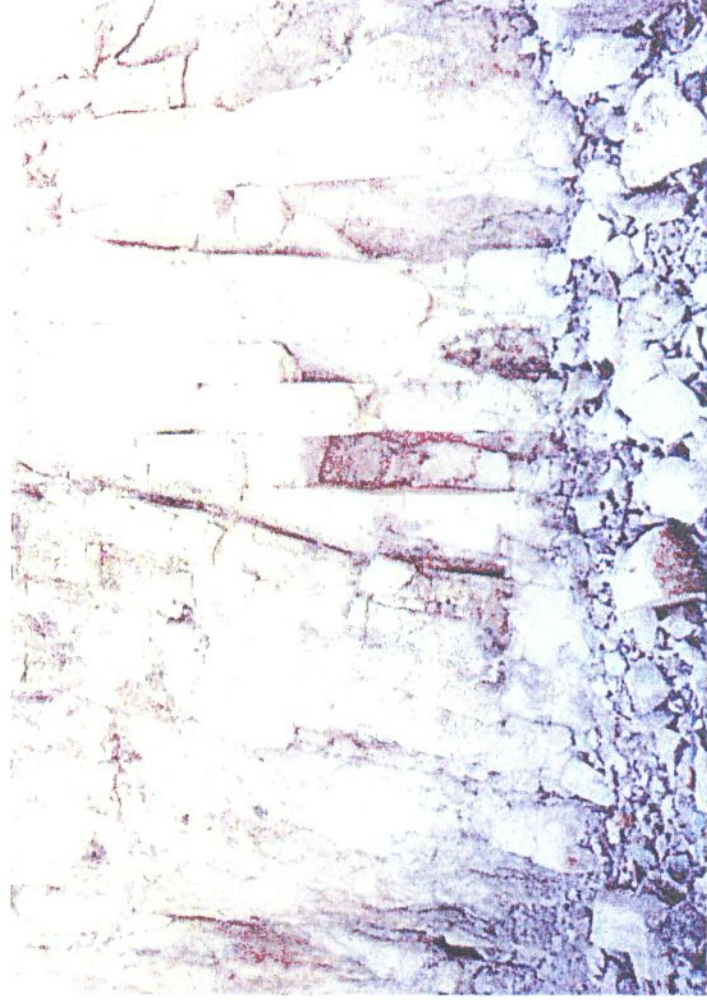
3)	322°	18°
4)	8°	69°
5)	25°	78°
6)	11°	82°
7)	250°	90°
8)	70°	90°
9)	23°	71°
10)	249°	90°
11)	68°	90°
12)	330°	80°



F1 – Fronte nel quale sono stati eseguiti il primo ed il secondo rilievo



F2 – Situazione strutturale relativa alla prime due misure del primo rilievo, numero 1) e 2)



F3 – Porzione di fronte in cui sono state realizzate le altre misure, dalla numero 2) alla numero 12)

Nella figura 1 sono rappresentate le “contour lines” che rendono evidenti le concentrazioni dei poli intorno a tre valori medi.

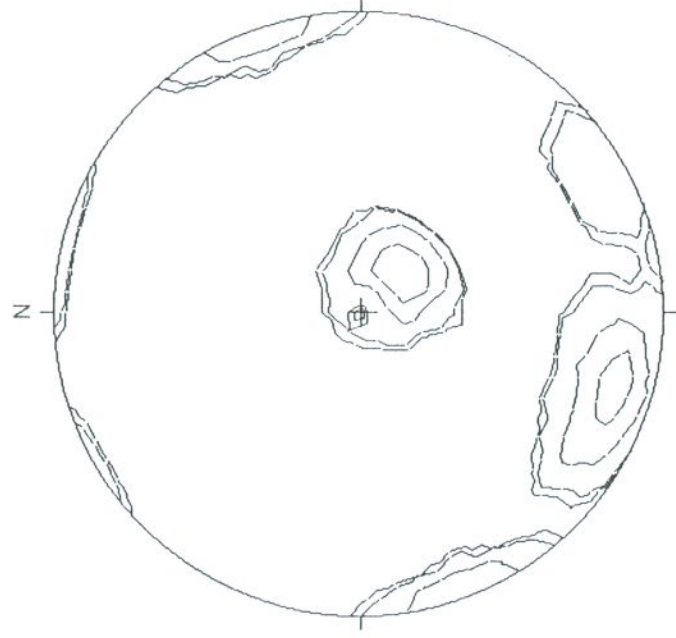


Fig. 1 – Distribuzione probabilistica dello stato di fratturazione nel 1° rilievo

➤ *Fronte sub – verticale immergente a 350° quota 225 m (2° rilievo)*

- 1) 28° 88°
- 2) 25° 83°
- 3) 24° 82°
- 4) 27° 81°

Nella figura 2 sono rappresentate le “contour lines” che mettono in risalto le concentrazioni dei poli intorno ad una giacitura media prevalente.

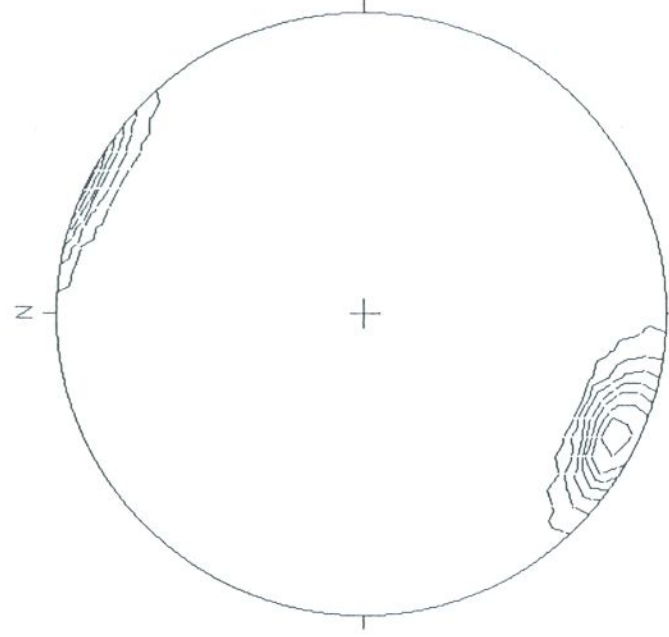
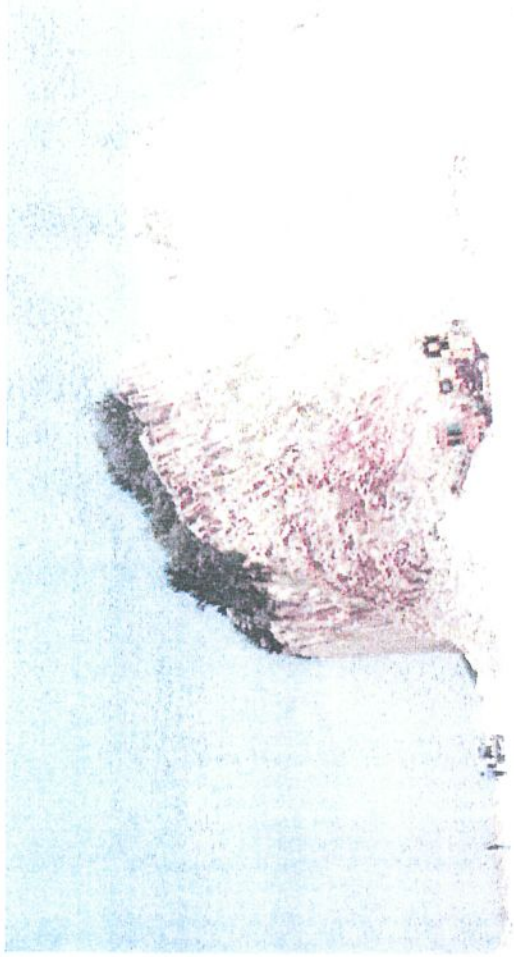


Fig. 2 – Distribuzione probabilistica dello stato di fratturazione nel 2° rilievo

➤ *Fronte verticale immergente a 220° (40°) quota 225 m (3° rilievo)*

- | | |
|---------|-----|
| 1) 227° | 43° |
| 2) 222° | 39° |
| 3) 216° | 37° |
| 4) 220° | 45° |
| 5) 226° | 38° |
| 6) 327 | 86° |
| 7) 152° | 85° |
| 8) 43° | 78° |
| 9) 46° | 78° |
| 10) 55° | 85° |

La fotografia F4 mostra la situazione strutturale analizzata nel 3° rilievo.



F4 - Situazione strutturale relativa al terzo rilievo effettuato

Nella figura 3 sono rappresentate le “contour lines” che mostrano le concentrazioni dei poli intorno a tre valori medi prevalenti.

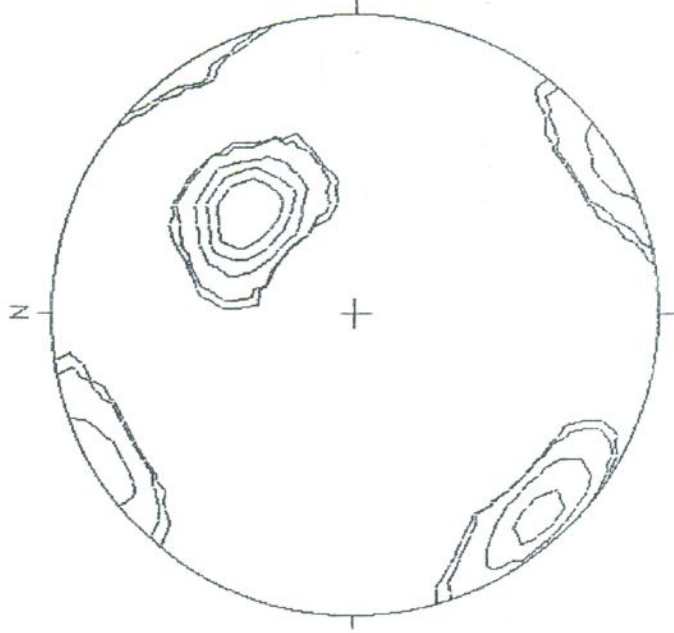


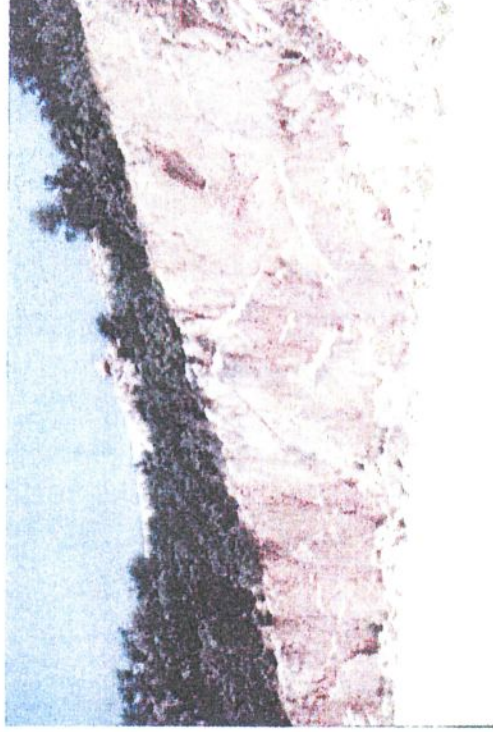
Fig. 3 – Distribuzione probabilistica dello stato di fratturazione nel 3° rilievo

La spaziatura dei giunti immergenti a Nord – Est è compresa tra 15 e 40 cm mentre la spaziatura, del sistema con inclinazione di circa 40°, è maggiore ed i valori variano da 27 a 120 cm circa.

➤ **Fronte sub – verticale immergente a 220° quota 159 m (4° rilievo)**

- | | |
|---------|-----|
| 1) 42° | 90° |
| 2) 222° | 90° |
| 3) 216° | 37° |

La fotografia F5 fornisce una rappresentazione di elementi strutturali caratterizzanti la porzione di fronte rilevata.



F5 - Situazione del fronte analizzato nel quarto rilievo

Nella figura 4 sono rappresentate le “contour lines” che evidenziano le concentrazioni dei poli attorno ad una giacitura media prevalente.

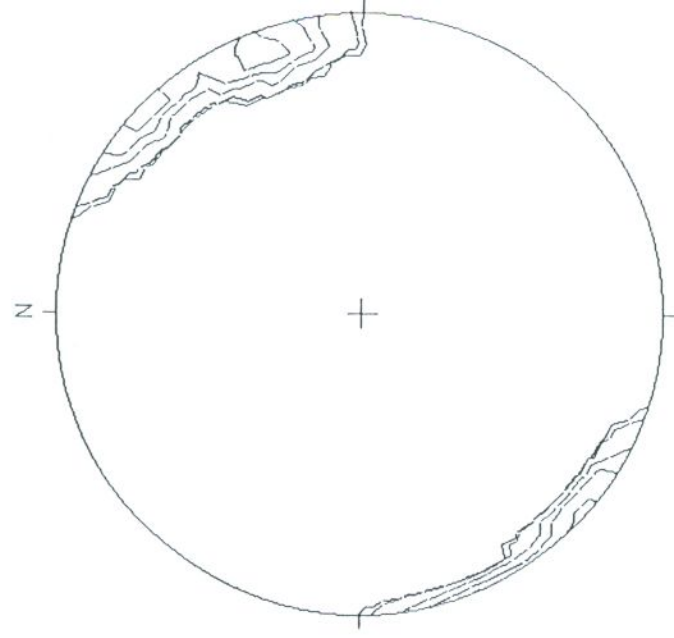
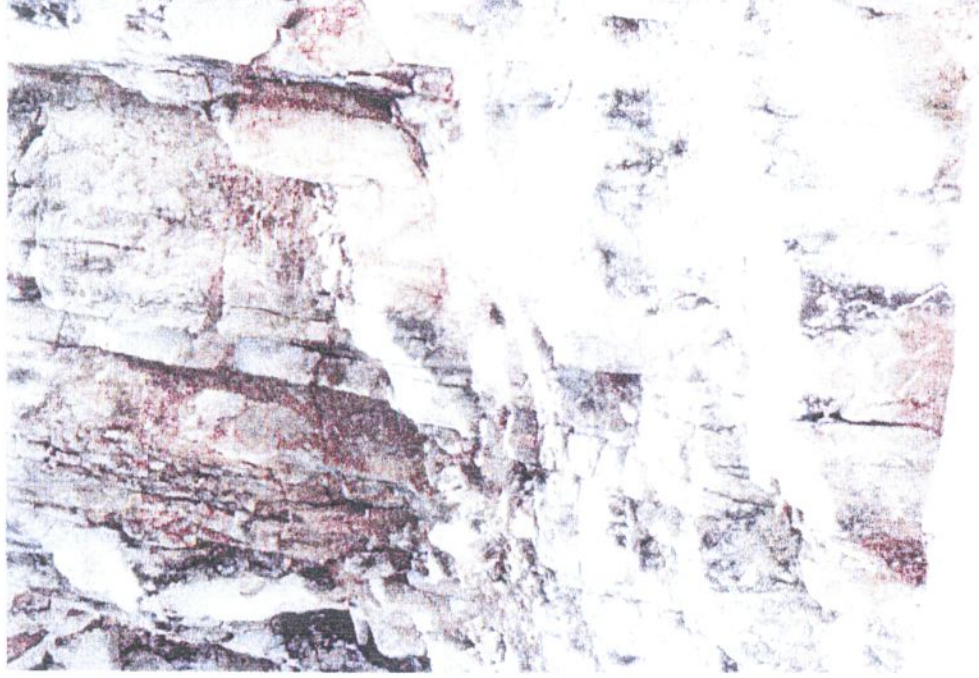


Fig. 4 – Distribuzione probabilistica dello stato di fratturazione nel 4° rilievo

➤ *Fronte sub – verticale immergente a 355° quota 159 m (5° rilievo)*

- 1) 40° 80°
- 2) 260° 61°
- 3) 51° 89°
- 4) 240° 30°

La fotografia F6 fornisce il quadro del contesto strutturale rilevato.



F6 - Porzione di fronte in cui sono state effettuate le misure del quinto rilievo

Nella figura 5 sono rappresentate le “contour lines” che mostrano le concentrazioni dei poli intorno a due valori medi prevalenti.

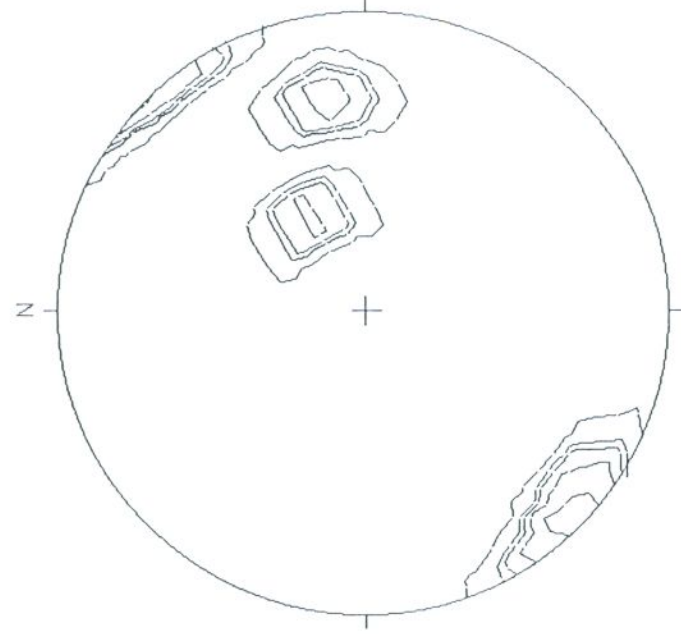


Fig. 5 – Distribuzione probabilistica dello stato di fratturazione nel 5° rilievo

Considerata la sostanziale omogeneità dei risultati del rilievo geostrutturale i dati sono stati anche considerati indifferenziati. L'analisi statistica delle giaciture (figura 6) mostra che nell'ambito della cava le discontinuità sono riferibili alle seguenti immersioni medie:

- 1) 32° 78°;
- 2) 228° 38°;
- 3) 330° 88°.

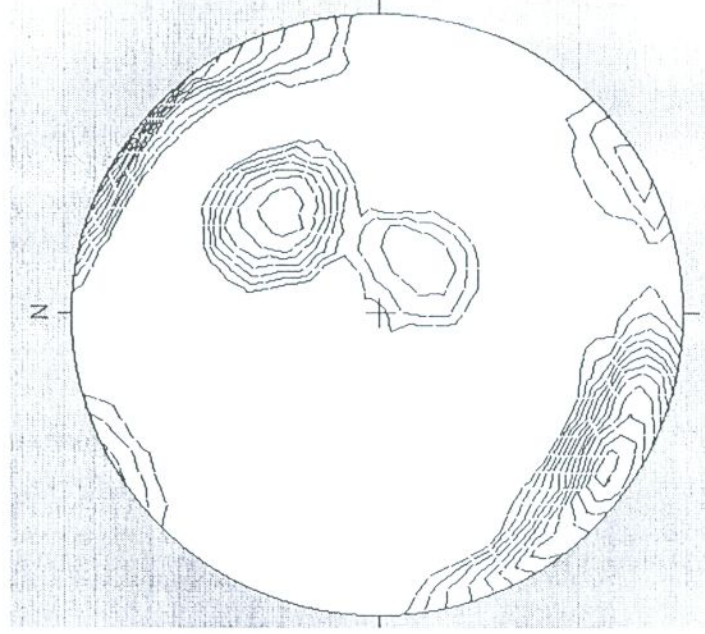


Fig. 6 – Distribuzione probabilistica dello stato di fratturazione. Analisi complessiva dei dati rilevati

Il rilievo, lungo linee di massima pendenza, dei profili delle superfici di alcuni giunti ha messo in vista che alla rugosità può essere attribuito un valore di J_r pari a 2 (al parametro JRC, su base di 1 m, corrisponde un valore pari a 8).

I giunti, in generale, appaiono ben serrati, privi di riempimento e di segni di alterazione ($J_n = 1$).

In mancanza di carotaggi, sulla base delle misure di spaziatura, eseguite su due diversi allineamenti e sulla base di stime “a vista”, convalidate da misure a campione, è ragionevolmente cautelativo attribuire al parametro RQD un valore pari al 80 % (valore stimato con la nota relazione empirica suggerita da Barton).

Adottando il “Q system” di Barton per classificare il massiccio roccioso interessato dalla cava S. Carlo, sulla base delle stime dei parametri, sopra indicate, e ricordando che si tratta di scavi a cielo aperto, con fronti di coltivazione moderatamente alti (gradoni alti 15 m), il valore di classifica, indifferenziato in tutta la cava, è cautelativamente stimabile pari a 20 (corrispondente ad un massiccio complessivamente “buono” sotto il profilo del comportamento geomeccanico).

Si deve peraltro sottolineare che durante la coltivazione i fronti sono dinamici e che, di fatto, fenomeni di instabilità locali (improbabili ma da non escludere) non dovrebbero

interessare personale e macchine, poiché le aree alla base dei gradoni sono soggette unicamente ad operazioni di smarino.

1.1.3. Analisi di stabilità dei cunei

L'analisi di stabilità, per essere efficace, deve essere realizzata su cunei individuati e definiti determinandone la geometria e la posizione sul fronte.

A livello di previsione di situazioni non note e che potrebbero venirsi a determinare, non si può che ricorrere ai risultati di analisi statistiche (poli medi della popolazione di giunti) mettendo in conto la probabilità che due giunti medi si intersechino sul fronte in esame, isolando un cuneo di roccia che di interessi la massima superficie possibile del fronte di scavo (in altri termini si studiano situazioni estreme, altamente improbabili).

Considerato lo sviluppo geometrico della cava in progetto ed in particolare l'orientazione prevalente dei fronti, le indagini sull'assetto geostrutturale, indicate in precedenza, sono state realizzate su fronti immergenti con angoli di 220° e di 350°. Per la previsione delle condizioni di stabilità dei fronti si è tenuto conto che durante l'avanzamento della coltivazione i fronti di scavo hanno un'inclinazione di 70° e che per la realizzazione del ripristino si prevede un angolo finale di 65° rispetto all'orizzontale.

Di seguito si passano in rassegna i risultati delle analisi di stabilità eseguite per le due diverse orientazioni dei fronti e per le due diverse inclinazioni.

Le analisi sono state condotte sia supponendo l'esistenza di coppie di giunti (ottenuti dalle famiglie principali derivanti dalle analisi statistiche) che formano cunei delimitati dal fronte e dalla pedata, sia considerando terne di giunti formanti cunei delimitati dalla superficie del fronte. Sono stati scelti i seguenti valori, del tutto cautelativi ed indifferenziati rispetto alle diverse famiglie di giunti, dei parametri di resistenza allo scorrimento:

coesione apparente $c = 1 \text{ t/m}^2$

angolo d'attrito $\varphi = 30^\circ$

➤ *Fronte esposto a 220°*

I sistemi di discontinuità principali che lo caratterizzano sono tre ed hanno i seguenti valori che ne definiscono la giacitura (figura 7):

1) 32° 78°

- 2) 228° 38°
 3) 330° 88°

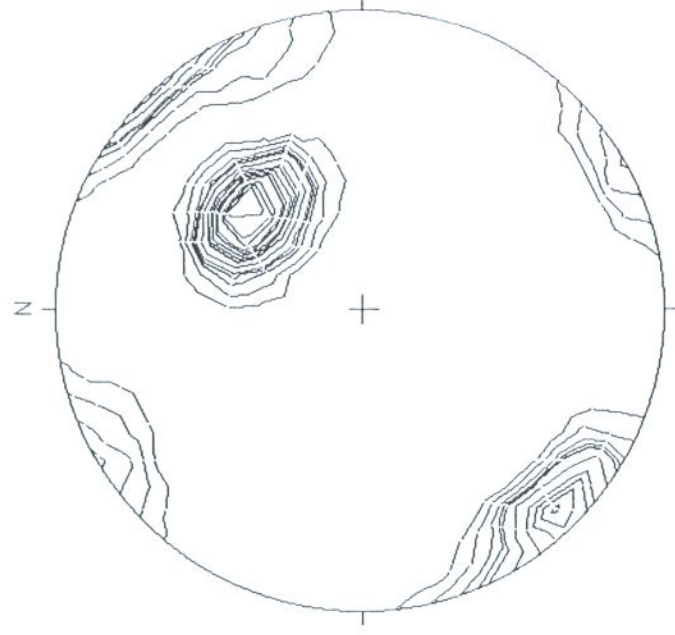


Fig. 7 – Distribuzione probabilistica dello stato di fratturazione. Analisi complessiva dei dati rilevati su fronti immergenti a 220°

Le analisi di stabilità sono state condotte considerando l'esistenza di coppie di giunti (tre diverse combinazioni della terna in elenco).

La coppia costituita dai giunti 1 e 3 associata alla superficie del fronte che immerge verso i 220° ed al piano della pedata del gradone non isola cunei sia nel caso di fronte inclinato di 70° (figura 8) sia nel caso di inclinazione a 65° (figura 9).

La coppia di giunti 1 e 2, associata al fronte, inclinato di 70° ed al piano della pedata del gradone (figura 10), isola un cuneo tendente a scorrere lungo il giunto n° 2. Il cuneo è stabile con coefficiente di sicurezza pari a 2.12 (figura 11). Nel caso di fronte inclinato di 65° (figura 12) i giunti potrebbero isolare un cuneo, di volume limitato (circa 40 m³), potenzialmente instabile (figura 13).

L'analisi sul cuneo, di notevole volume (superiore a 3000 m³), isolato dall'associazione dei giunti 2 e 3 con la superficie del fronte inclinato di 70° ed il piano della pedata del

gradone (figura 14) mostra una potenziale instabilità lungo il giunto n° 2 (figura 15). Anche nel caso di fronte inclinato di 65° (figura 16) la coppia di giunti potrebbe isolare un cuneo instabile (figura 17) di minori dimensioni.

Se si considera l'insieme dei tre giunti sopra elencati (figura 18), associati alla superficie del fronte inclinata di 70° ed al piano della pedata, si può ipotizzare l'isolamento di un poliedro che in figura 19 è rappresentato in una sezione contenente la linea di massima pendenza, in figura 20 è mostrata uno schema in prospettiva del fronte e la traccia dei tre giunti che isolano il cuneo, in figura 21 è mostrato uno schema tridimensionale del cuneo che, per rendere più evidenti le geometrie è rappresentato come apparirebbe ad un osservatore posto all'interno del massiccio roccioso. Il cuneo rappresenta la geometria massima ipotizzabile, ha un volume inferiore a 120 m^3 , è stabile e le forze resistenti superano quelle tendenti a rimuovere il solido dalla posizione originaria con un coefficiente di 1.42.

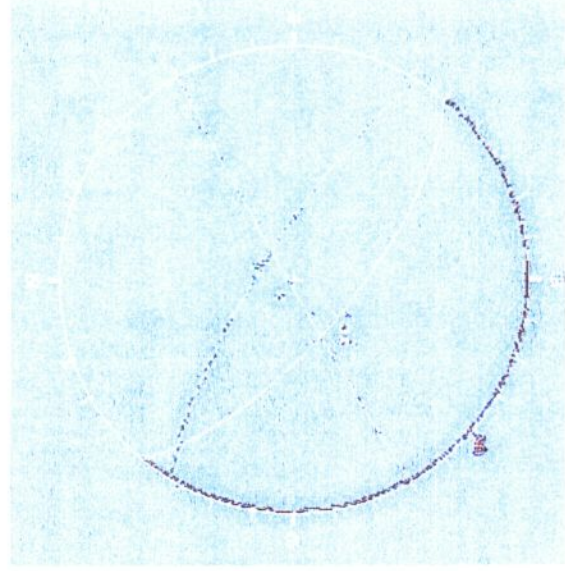


Fig. 8 – Fronte che immerge a 220° . Giacitura di due dei tre sistemi principali di giunti (immersioni a 32° ed a 330°), del fronte (70° di inclinazione) e della pedata del gradone

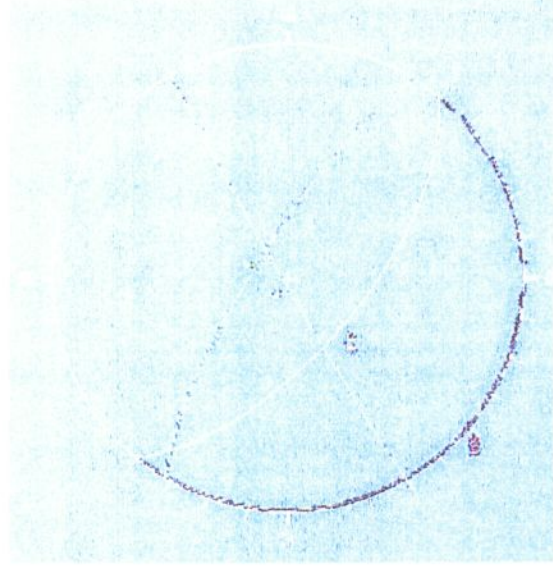


Fig. 9 – Fronte che immerge a 220°. Giacitura di due dei tre sistemi principali di giunti (immersioni a 32° ed a 330°), del fronte (65° di inclinazione) e della pedata del gradone

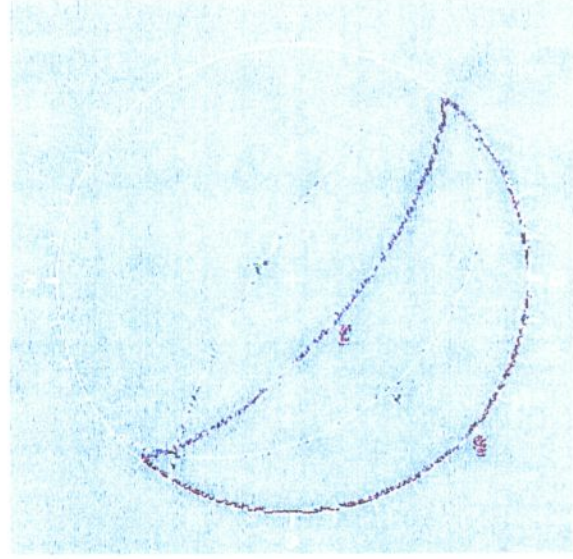


Fig. 10 – Fronte che immerge a 220°. Giacitura di due dei tre sistemi principali di giunti (immersioni a 32° ed a 228°), del fronte (70° di inclinazione) e della pedata del gradone

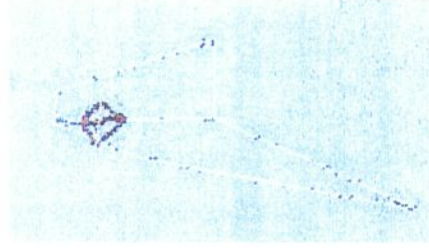


Fig. 11 – Fronte che immerge a 220° . Cuneo delimitato dal sistema di superfici rappresentato nella Fig. 10

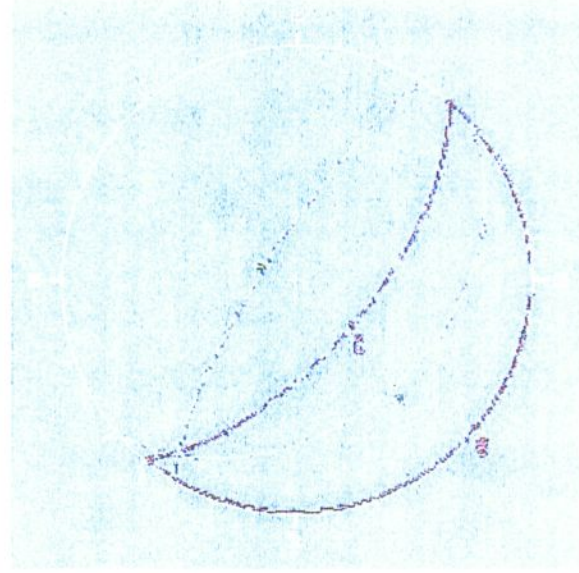


Fig. 12 – Fronte che immerge a 220° . Giacitura di due dei tre sistemi principali di giunti (immersioni a 32° ed a 228°), del fronte (65° di inclinazione) e della pedata del gradone

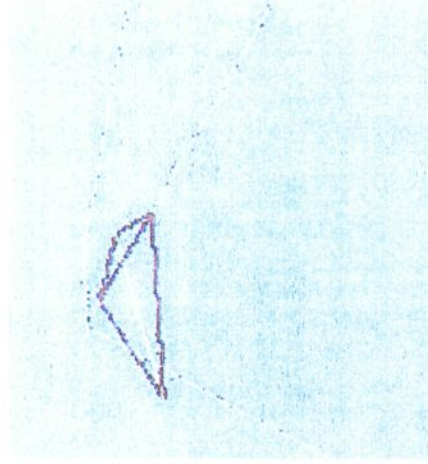


Fig. 13 – Cuneo delimitato dal sistema di superfici rappresentato nella Fig. 12

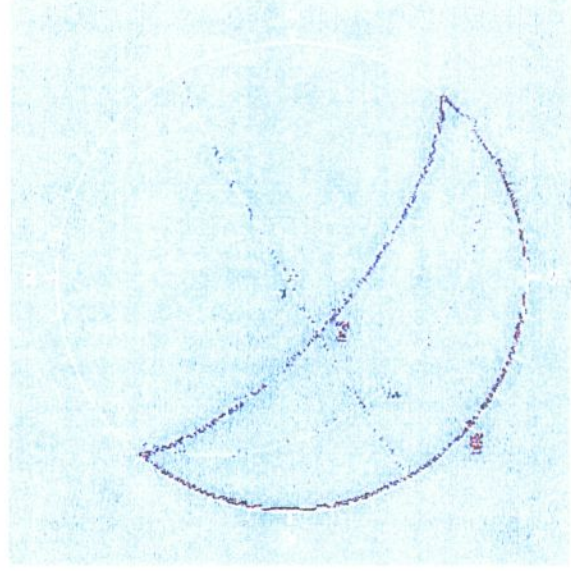


Fig. 14 – Fronte che immerge a 220° . Giacitura di due dei tre sistemi principali di giunti (immersioni a 228° ed a 350°), del fronte (70° di inclinazione) e della pedata del gradone

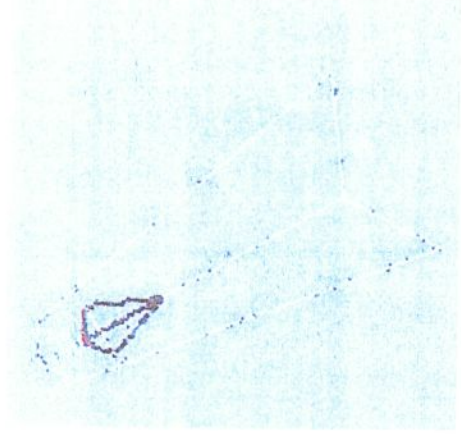


Fig. 15 – Cuneo delimitato dal sistema di superfici rappresentato nella Fig. 14

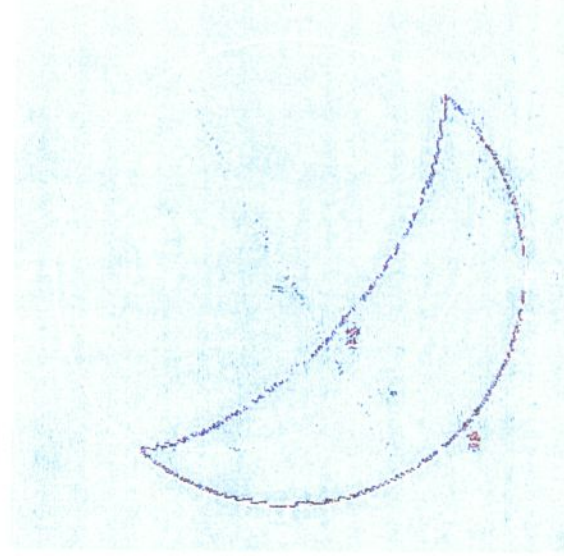


Fig. 16 – Fronte che immerge a 220° . Giacitura di due dei tre sistemi principali di giunti (immersioni a 228° ed a 350°), del fronte (65° di inclinazione) e della pedata del gradone

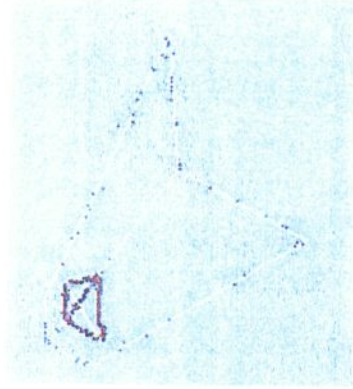


Fig. 17 – Cuneo delimitato dal sistema di superfici rappresentato nella Fig. 16

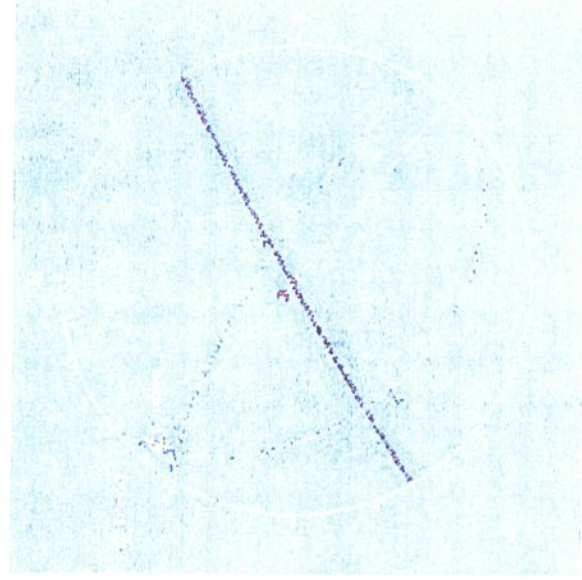


Fig. 18 – Fronte che immerge a 220° . Giacitura dei tre sistemi principali di giunti (immersioni a 32° , a 228° ed a 350°), del fronte (70° di inclinazione) e della pedata del gradone

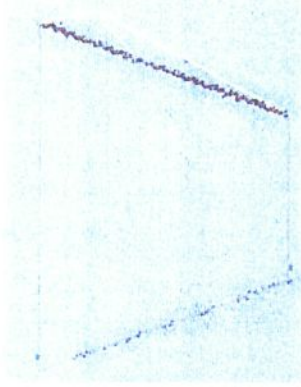


Fig. 19 – Sezione trasversale al fronte, contenente la linea di massima pendenza e rappresentazione della sezione del cuneo isolabile dal sistema di superfici rappresentato nella Fig. 18

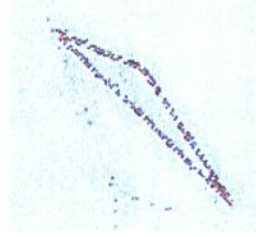


Fig. 20 – Schema del fronte e tracce dei tre giunti di Fig. 18 che isolano il cuneo

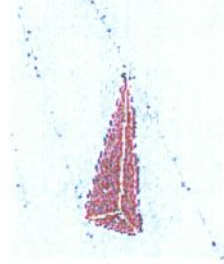


Fig. 21 – Schema tridimensionale del cuneo rappresentato nelle Fig. 19 e 20. Il cuneo è visto dall'interno del massiccio roccioso

➤ **Fronte esposto a 350°**

A causa dell'esposizione, sul fronte si distinguono solo due sistemi di discontinuità principali che hanno giacitura definita dai seguenti valori (figura 22):

- 1) 27° 81°
- 2) 303° 18°

L'analisi di stabilità è stata condotta considerando l'esistenza di due giunti, aventi giacitura uguale ai valori medi sopra indicati (valori statistici), che si incrociano dando luogo insieme con la superficie del fronte (inclinato di 70°) e della pedata del gradone al massimo cuneo ipotizzabile (figura 23). Il cuneo ha un volume notevole (circa 3400 m³), è stabile e le forze resistenti superano quelle tendenti a rimuovere il solido dalla posizione originaria con un coefficiente di 1.53. In figura 24 il cuneo è rappresentato con uno schema tridimensionale.

L'analisi, analoga alla precedente, condotta per fronti inclinati di 65° (figura 25) ha dato luogo ad un ipotetico cuneo (figura 26) stabile con coefficiente di sicurezza pari a 1.51.

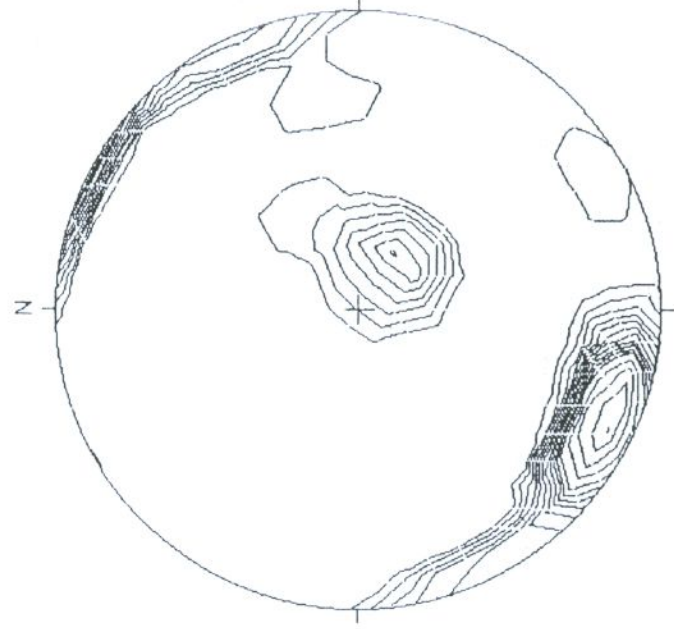


Fig. 22 – Distribuzione probabilistica dello stato di fratturazione. Analisi complessiva dei dati rilevati su fronti immergenti a 350°

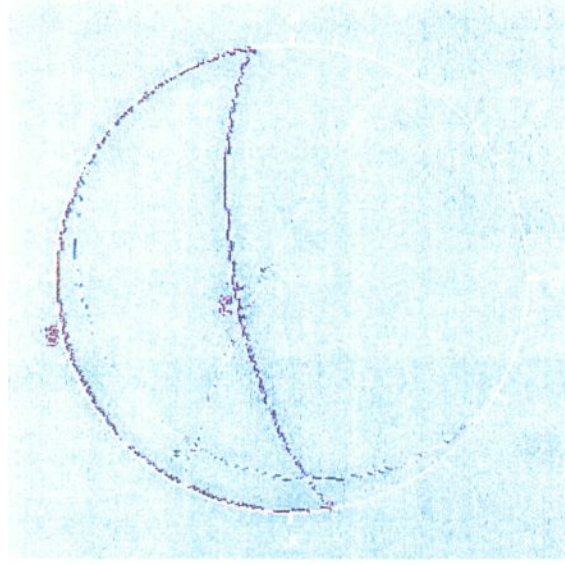


Fig. 23 – Fronte che immerge a 350°. Giacitura dei sistemi principali di giunti (immersioni a 27° ed a 303°), del fronte (70° di inclinazione) e della pedata del gradone

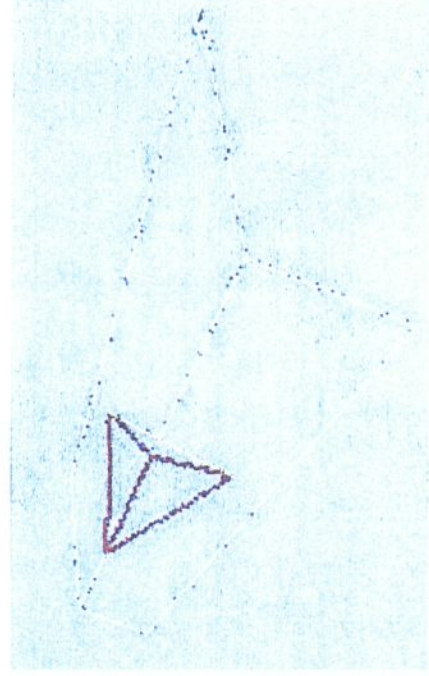


Fig. 24 – Schema tridimensionale del cuneo isolato dal sistema di superfici rappresentato in Fig. 23

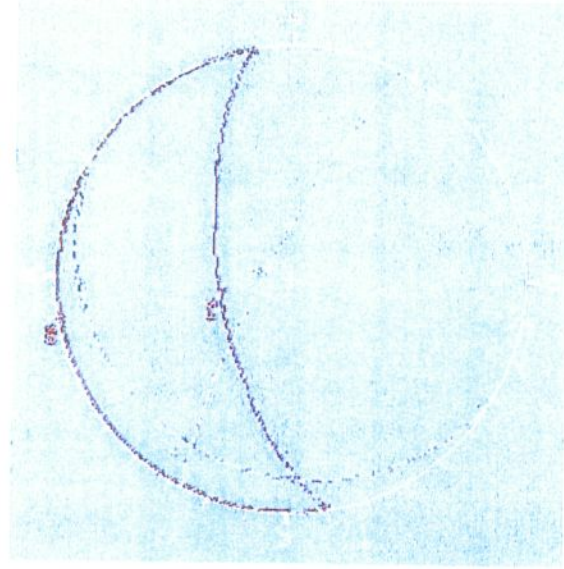


Fig. 25 – Fronte che immerge a 350°. Giacitura dei sistemi principali di giunti (immersioni a 27° ed a 303°), del fronte (65° di inclinazione) e della pedata del gradone

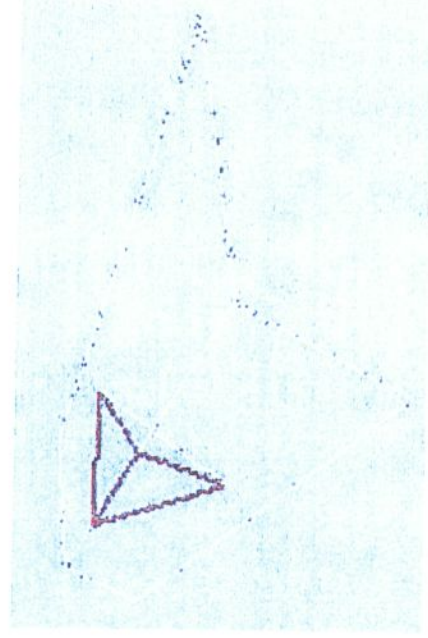


Fig. 26 – Schema tridimensionale del cuneo isolato dal sistema di superfici rappresentato in Fig. 25

Considerazioni conclusive

In conclusione, lo stato degli attuali fronti della cava appare complessivamente stabile. A seconda dell'esposizione del fronte, sono riconoscibili (come è mostrato anche dalle precedenti fotografie) porzioni di roccia di volume limitato, potenzialmente instabili, peraltro facilmente rimovibili con un'attenta ed efficace azione di disaggio.

Sotto il profilo dei potenziali rischi di scorrimento di porzioni di roccia e di crolli dalle pareti dei gradoni sui piazzali sottostanti, si deve rilevare che, nel corso della coltivazione, i fronti sono prevalentemente impegnati dal materiale abbattuto (marino), che viene rimosso (smarino) con pale frontali e, pertanto, gli operatori sono sempre a distanza di sicurezza dalla zona potenzialmente soggetta a crollo di limitati volumi di roccia.

Il progetto di ripristino prevede l'accumulo di materiale frantumato sui fronti dei gradoni, fino a coprire quasi totalmente i 15 m della loro altezza ed in quantità tale da costituire un efficace contrasto ai potenziali fenomeni di instabilità che si potrebbero originare sulle pareti dei gradoni stessi. La messa in opera della roccia frantumata sarà realizzata rovesciando il materiale, per la rimodellazione a base della rivegetazione, dal ciglio del gradone verso il basso lungo la superficie inclinata a 65°. In definitiva, le operazioni di ripristino saranno realizzate in condizioni di sicurezza. Tuttavia, per rendere più efficace il complesso di interventi di tutela della sicurezza dei lavoratori, preventivamente si realizzerà un accurato e puntuale intervento di controllo dei fronti e di disaggio delle porzioni rimovibili.

Per quanto riguarda i modelli sopra esposti e commentati si deve ribadire che sono basati sull'ipotesi che giunti (ottenuti dal calcolo probabilistico) si intersechino a dare luogo i cunei delle dimensioni massime immaginabili. Pertanto, la geometria prevista dal modello è molto improbabile che trovi conferma in un caso reale.

Dr. Ing. PIETRO BALLESTRAZZI
Via Corficella, 72 - Bologna
Iscritto Albo Ingegneri Bologna
n° 1051

