Zeitschrift: Bollettino della Società ticinese di scienze naturali

Herausgeber: Società ticinese di scienze naturali

Band: 82 (1994)

Heft: 1

Artikel: Caratterizzazione petrografica e geomeccanica del granofiro di Cuasso al Monte (provincia di Varese, Italia) ai fini della coltivazione di pietra ornamentale

Autor: Carimati, R. / Ferrario, L. / Zaro, G.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1003318

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Boll. Soc. Tic. Sci. Natur. (Lugano) - 82(1), 1994, pp 29-40 ISBN-88-85118-12-7

CARATTERIZZAZIONE PETROGRAFICA E GEOMECCANICA DEL GRANOFIRO DI CUASSO AL MONTE (PROVINCIA DI VARESE, ITALIA) AI FINI DELLA COLTIVAZIONE DI PIETRA ORNAMENTALE

R CARIMATI*, L. FERRARIO** & G. ZARO*

(*) GEDA snc - Gazzada Schianno (VA)
(**) AGIP spa - S. Donato Milanese (MI)

RIASSUNTO

L'articolo descrive le indagini geologiche condotte su un giacimento di granofiro affiorante in alta Vaceresio (VA), già coltivato per la produzione di pietra ornamentale. Le indicazioni emerse dallo studio hanno permesso di dimensionare il piano di coltivazione relativo all'ampliamento dell'attività estrattiva.

ABSTRACT

The present work concerns a description of the geomechanics and petrographic characteristics of the «Granofiro di Cuasso al Monte Fm.» a Permian volcanic rock, historically used as ornamental stone.
The analyses and studies were performed in order to evaluate the problems connected with the quarry project and the way of carrying out the excavation works, expecially with regard to the evaluation of the amounts of rock suitable of use as ornamental stone.

INTRODUZIONE

La ditta CAVE PORFIDO ROSSO di Cuasso al Monte (VA) coltiva da oltre un trentennio un giacimento di granofiro che la Carta Geologica d'Italia, Foglio Varese alla scala 1:100.00, inserisce nella "Formazione porfirica permiana del Varesotto".
Questo corpo di origine magmatica affiora con continuità laterale di ordine chilometrico lungo la porzione più settentrionale della Val Ceresio.
Le ottime caratteristiche petrografiche della pietra ornamentale ricavata, nonché la buona qualità del pietrisco ottenuto dalla frantumazione degli sfridi, rendono il granofiro un materiale lapideo di notevole pregio.
Per poter soddisfare le esigenze commerciali del prossimo decennio viene richiesta alla cava una produzione di circa 200.000 m^3.
A fronte di tale fabbisogno sono state svolte indagini geologiche finalizzate alla caratterizzazione petrografica e geomeccanica del granofiro, allo scopo di supportare il dimensionamento del futuro piano di coltivazione.

CARATTERIZZAZIONE PETROGRAFICA DEL GRANOFIRO E CONSIDERAZIONI GIACIMENTOLOGICHE

Il granofiro oggetto di coltivazione è il prodotto di solidificazione, in condizioni abissali, di una sequenza magmatica calcalcalina fortemente differenziata, di probabile derivazione mantellica (BAKOS et Al., 1990).
Allo scopo di definire le caratteristiche petrografiche del materiale estraibile è stato realizzato il rilievo geologico di dettaglio, alla scala 1:500, dell'area adiacente all'attuale fronte di scavo e l'esame mineralogico, a mezzo microscopio ottico, delle facies litologiche più rappresentative.
Sul terreno sono state distinte le tre seguenti litofacies (vds. fig.1, 2a, 2b):

1) **cappellaccio:** ammasso roccioso di colore grigio biancastro parzialmente ricoperto da patine terrose, talora disgregato in minuti elementi incoerenti; appare fortemente dislocato da un fitto reticolo di microfratture con orientazione dispersa. Il disfacimento della roccia è ascrivibile all'azione di disgregazione chimica e meccanica esercitata dalle acque meteoriche, che si sovraimpone alla alterazione prodotta dalla circolazione dei fluidi idrotermali. Il cappellaccio affiora omogeneamente con uno spessore medio di 2 metri alla sommità del ciglio del fronte e all'intorno dell'area di cava;

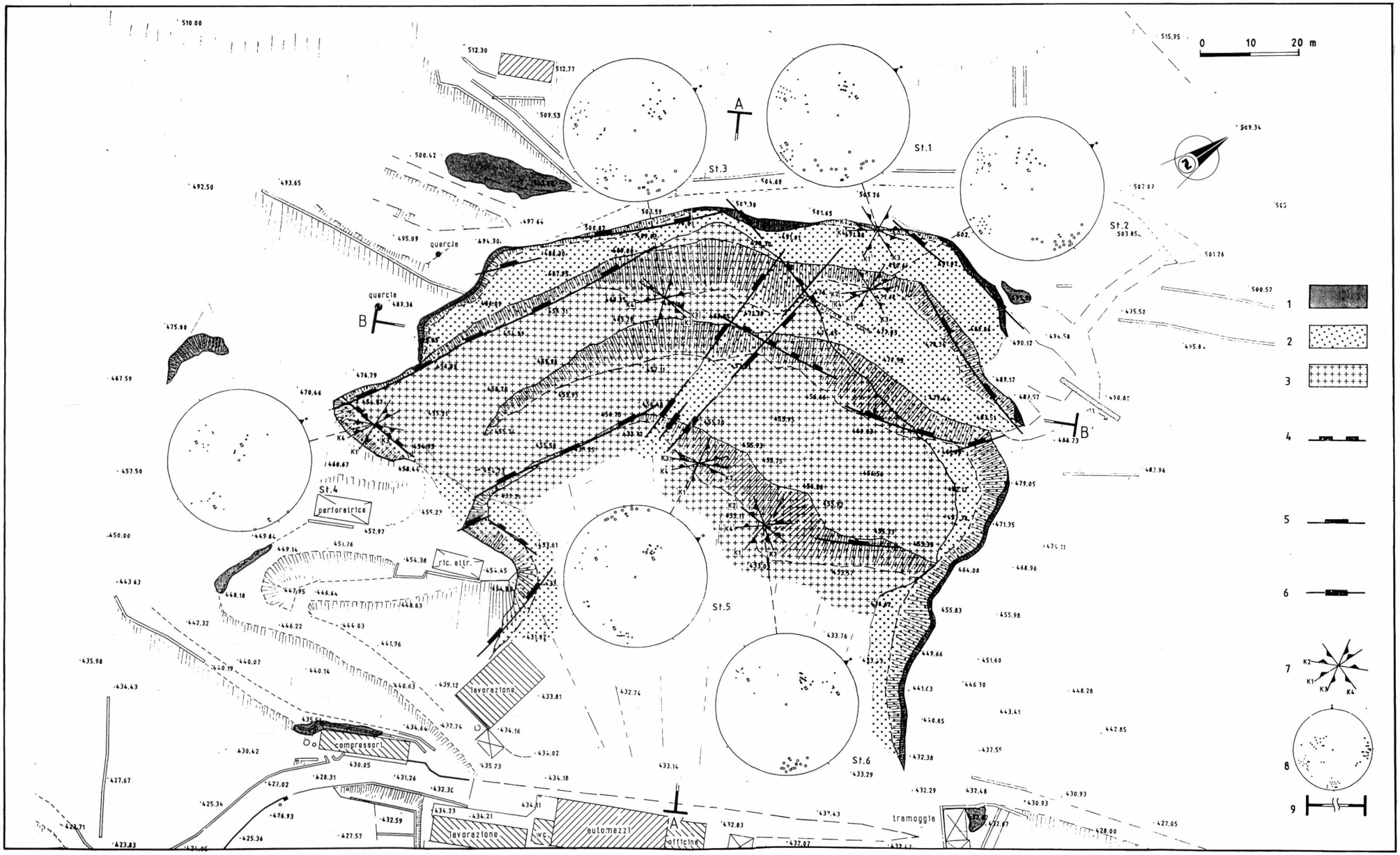
2) **litotipo "alterato":** ammasso roccioso di colore da verde violaceo a rosa pallido con frequenti ed abbondanti patine di clorite disposte lungo le superfici di discontinuità, talvolta feltri di ossidi ed idrossidi di ferro sono frammisti alle spalmate cloritiche. I principali costituenti mineralogici sono: il k-feldspato, il quarzo e l'anfibolo, quest'ultimo presenta una incipiente alterazione in clorite. Sono inoltre riconoscibili cavità miarolitiche di dimensioni massime pari a 1-2 cm, talora tappezzate di minerali di origine idrotermale (FAGNANI, 1941, 1946). In questo litotipo l'alterazione appare esclusivamente legata all'azione pervasiva dei fluidi idrotermali. La litofacies in esame affiora sia in corrispondenza delle più importanti dislocazioni tettoniche, sia interdigitata alla facies non alterata. La potenza di questo litotipo è estremamente variabile, da pochi metri ad alcune decine di metri;

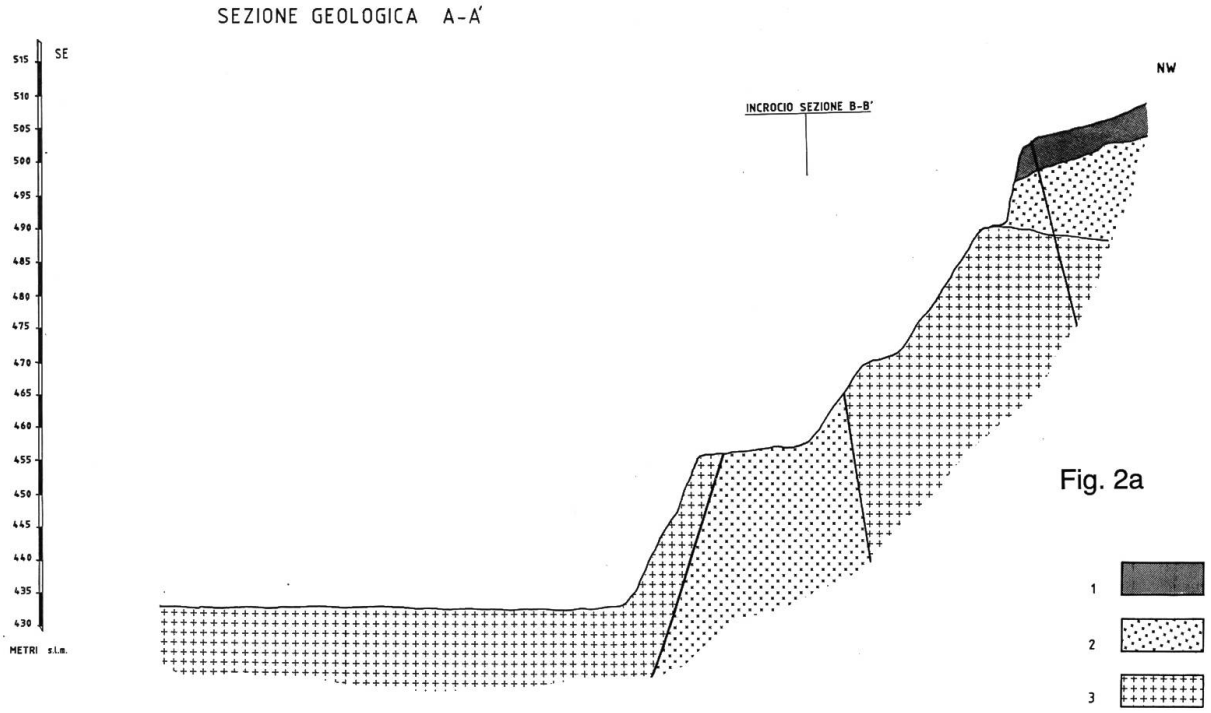
3) **litotipo "sano":** ammasso roccioso di colore da rosso vermiglio a rosa pastello; macroscopicamente sono ben distinguibili il k-feldspato, il quarzo e l'anfibolo, in questo caso senza evidenze di sostituzione o di alterazione. Anche in questo litotipo sono frequenti le cavità miarolitiche di dimensioni centimetriche. L'alterazione superficiale è limitata ad una debole decolorazione localizzata lungo le superfici di discontinuità. Lo spessore medio di questa litofacies, stimato in corrispondenza del massimo approfondimento del fronte di cava all'interno del giacimento, è di circa 30-40 metri.

L'esame microscopico delle sezioni sottili ricavate dal litotipo "alterato" e "sano", ha sostanzialmente confermato la validità della suddivisione operata in campagna. Di seguito vengono illustrate le caratteristiche petrografiche comuni alle due litofacies:

- tessitura da debolmente olocristallina a francamente granofirica a causa dello sviluppo pressochè equidimensionale degli individui minerali, con grana da media a grossolana;
- mineralogicamente il k-feldspato è il componente più rappresentativo e mostra evidenti strutture di implicazione di tipo intracristallino con il quarzo (grafica e micropegmatitica). I

Fig. 1 **CARTA GEOSTRUTTURALE** Legenda: 1) capellaccio, 2) granofiro "facies alterata", 3) granofiro "facies sana", 4) diaclasi o faglie a persistenza elevata, inclinazione 60°-75°, 5) diaclasi o faglie a persistenza elevata, inclinazione 75°-85°, 6) diaclasi o faglie a persistenza elevata, inclinazione 85°-90°, 7) direzione delle principali famiglie di discontinuità rilevate nelle stazioni geomeccaniche, 8) proiezione stereografica dei poli delle famiglie, 9) traccia delle sezioni geologiche.


0 10 20 m
St.1
St.2
St.3
St.4
St.5
St.6
A
A'
B
B'
quercia
quercia
perforatrice
ric. attr.
lavorazione
compressori
lavorazione
automezzi
officine
tramoggia
1
2
3
4
5
6
7
8
9



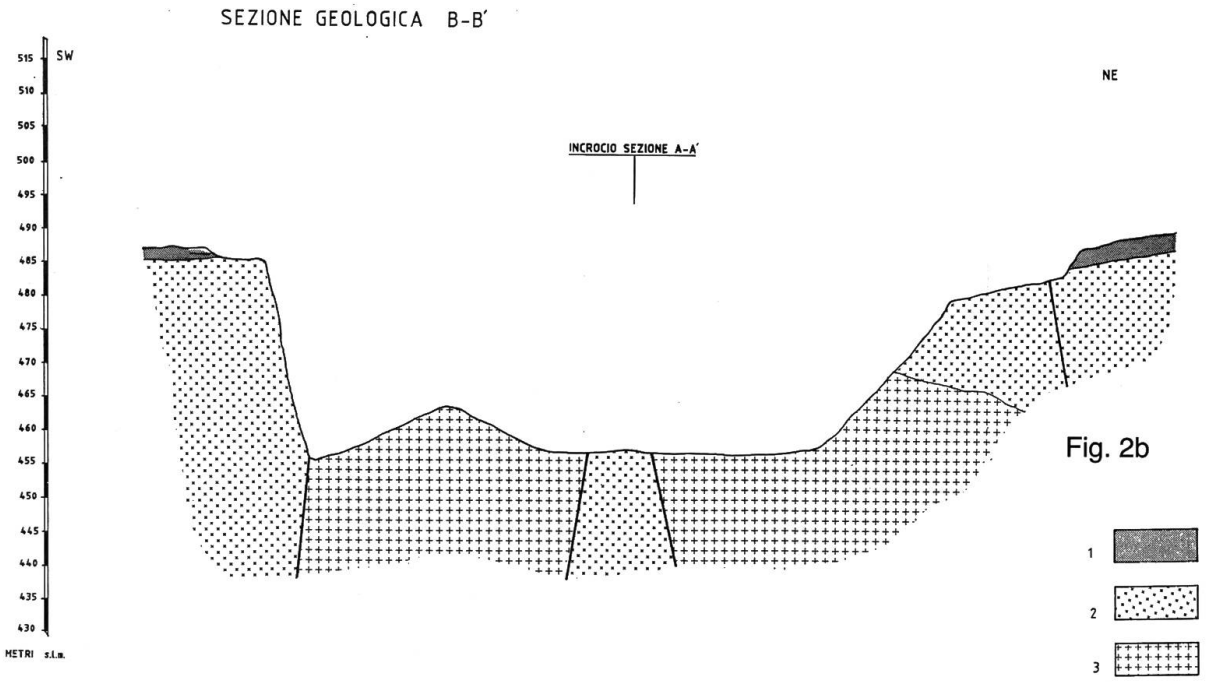


Fig. 2 **SEZIONI GEOLOGICHE**
Legenda: 1) cappellaccio, 2) granofiro "facies alterata", 3) granofiro "facies sana".

cristalli di k-feldspato hanno frequentemente abito prismatico e smistarnenti pertitici, talvolta geminazione secondo Carlsbad;
- gli individui di quarzo (secondo componente mineralogico in ordine di abbondanza) hanno abito rotondeggiante, talora ameboidale con baie di corrosione e frequentemente aspetto scheletrico, raramente sono euedrali;
- il terzo costituente mineralogico è rappresentato dal plagioclasio, con percentuale di anortite pari al 25-30%;
- nettamente subordinati appaiono i minerali femici quali l'anfibolo e la biotite;
- la presenza di clorite, miche bianche di seconda generazione, solfuri [pirite] e calcite è legata alla circolazione dei fluidi idrotermali.

Le seguenti evidenze mineralogiche sono state utilizzate per poter distinguere la litofacies "alterata" da quella "sana":

- percentuale di caolinitizzazione del k-feldspato, talora spinto fino alla produzione di veri e propri feltri di caolino;
- percentuale di aggregati di sericite derivati dall'alterazione del plagioclasio; - percentuale di aggregati di clorite e biotite in pseudomorfosi sugli anfiboli; - estensione delle plaghe di saussurite.

Sulla base della caratterizzazione petrografica del giacimento e in riferimento al metodo di coltivazione utilizzabile (estrazione del materiale in ribasso lungo pendio), le percentuali volumetriche relative alle tre facies di granofiro sono state così previste:

1) il **cappellaccio** non potrà avere alcuna commercializzazione, dovrà quindi essere avviato a discarica in ragione del 3-5% del volume globale escavato;

2) il **litotipo "alterato"** ha caratteristiche fisico-petrografiche scadenti, verrà pertanto utilizzato per la produzione di pietrisco, previa macinazione a mezzo frantoio. Questa facies in affioramento ha una estensione pari al 50-55% dell'area interessata dall'ampliamento, sulla base delle già menzionate considerazioni giacimentologiche è prevedibile che il volume estratto raggiunga anche il 60-65% del totale abbattuto;

3) il **litotipo "sano"** possiede qualità petrografiche tali da poter essere lavorato come pietra ornamentale. Affiora sul 40-45% dell'area coinvolta nell'ampliamento, ma le stime volumetriche effettuate riducono il quantitativo estraibile al 30-35% del globale. La percentuale del materiale lavorabile dipende però anche dalle dimensioni dei blocchi prodotti dalle volate, quindi la quantità destinabile all'uso ornamentale potrebbe subire ulteriori sensibili riduzioni in fase di produzione.

ASPETTO GEOMECCANICO DEL GIACIMENTO

L'analisi geomeccanica degli ammassi di granofiro che verranno coinvolti nell'ampliamento è stata sviluppata con il duplice scopo di acquisire i dati necessari per valutare a stabilità dei gradoni e determinare i volumi rocciosi unitari (VRU).
A questo fine sono stati realizzati sei rilievi geomeccanici secondo la metodologia raccomandata dall'International Society for Rock Mechanis (I.S.R.M., 1978 1980 1981).
L'elaborazione a mezzo proiezione stereografica dei parametri giaciturali rilevati nelle stazioni geomeccaniche, ha permesso di individuare 4 famiglie di discontinuità e talora alcuni piani di faglia con orientazione dispersa (vds. fig. 1). Di seguito vengono illustrate le caratteristiche giaciturali (valore medio della direzione ed inclinazione delle discontinuità) per ogni famiglia:

	K1	K2	LK3	K4
STAZIONE 1	62/72	143/35	1/79	303/767
STAZIONE 2	64/69	117/40	1/74	277/75
STAZIONE 3	49/72	165/39	335/64	291/69
STAZIONE 4	64//48	135/22	338/60	275/90
STAZIONE 5	57/63	149/36	315/73	290/84
STAZIONE 6	72/65	160/35	11/58	299/77

Per quanto riguarda la continuità laterale si segnala che i giunti appartenenti alla famiglia K1 hanno generalmente estensione inferiore al 45 %, mentre quelli dei sistemi K2 e K3 raggiungono e/o superano il 90 %. I piani delle discontinuità afferenti alla famiglia K4 presentano una persistenza compresa tra 45-90 %.
La spaziatura dei giunti dei 4 sistemi di discontinuità è stata rappresentata in figura 3 a mezzo istogramma, utilizzando i dati relativi agli ammassi rocciosi della facies "alterata" e "sana". Dal confronto tra le due distribuzioni si osserva che le classi di spaziatura 20-60 cm e 60-200 cm sono decisamente più rappresentate nella litofacies "sana" piuttosto che in quella "alterata".

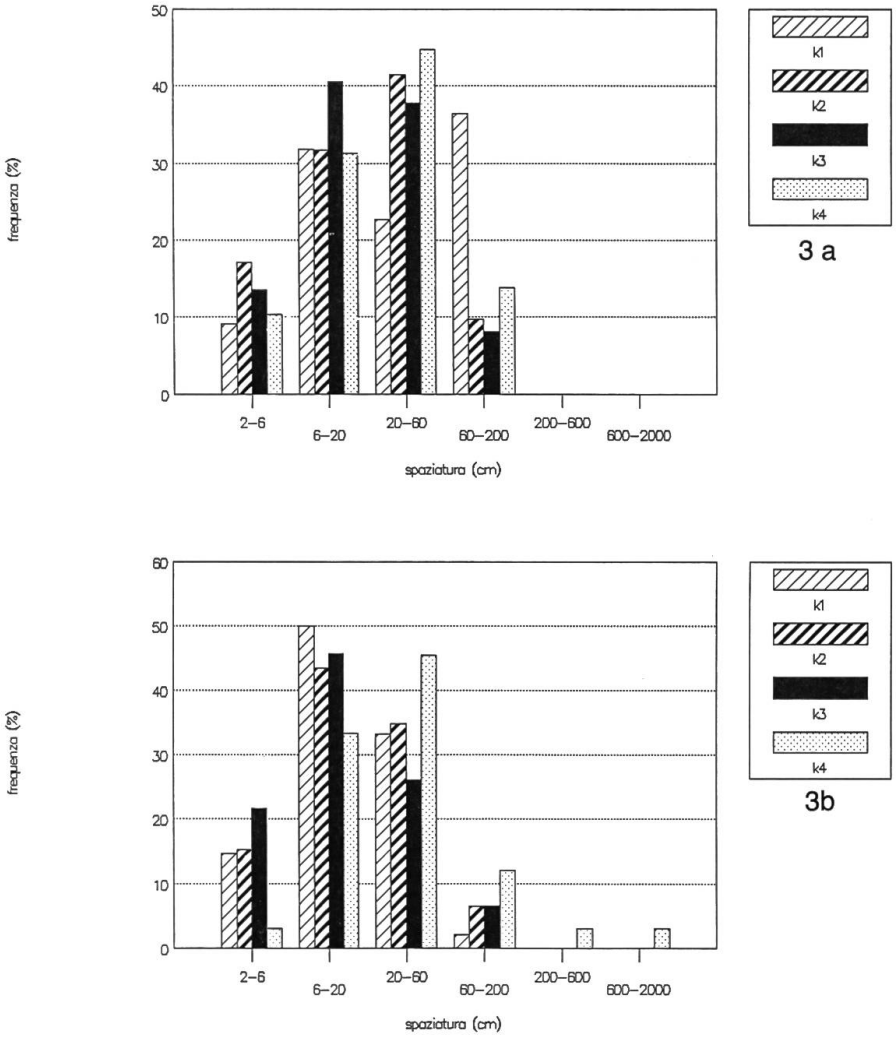


Fig. 3 **ISTOGRAMMI DELLA SPAZIATURA DEI GIUNTI**
Legenda: a) granofiro "facies sana", b) granofiro "facies alterata".

L'apertura delle fratture riconducibili ai sistemi identificati è estremamente variabile: da chiusa a inferiore o uguale a 3 mm per K1 e K2, da chiusa a 3 - 5 mm e talora sino ed oltre i 5 mm per le famiglie K3 e K4. Generalmente non si ha presenza di riempimento nelle fratture e solo sporadicamente è stato segnalato materiale incoerente originato per cataclasi.
La resistenza a compressione lungo giunto (JCS) del granofiro è stata ottenuta interpolando le misure eseguite con il Martello di Schimdt, lungo le superfici di discontinuità, sul grafico proposto da Miller (1965), assegnando al materiale un peso di volume pari a 27 KN/m^3 (HOEK & BRAY, 1981). I valori calcolati sono compresi tra i 135 e i 215 MPa dimostrando l'ampia variabilità del grado di alterazione della matrice rocciosa.
La rugosità delle superfici dei giunti è stata stimata con il pettine di Barton, JRC è pari a 6-8 per le famiglie K1 e K2 ed a 10-12 per K3 e K4.
Il volume roccioso unitario (VRU) è stato ottenuto partendo dai valori mediani della spaziatura di ogni famiglia di discontinuità, considerando sia la continuità laterale, che l'orientazione nello spazio dei giunti. I volumi rocciosi unitari più bassi sono pari a 5-10 dm^3 per il litotipo "alterato" ed a 5-25 dm^3 per quello "sano". I termini più elevati raggiungono invece valori di 1-2 m^3 in entrambe le facies. La sagoma dei blocchi di gran lunga più rappresentata è quella di un parallelepipedo irregolare.

MODALITÀ DI COLTIVAZIONE DEL GACIMENTO E GEOMETRIA DEL FRONTE DI CAVA

Il progetto di coltivazione è stato dimensionato in funzione di molteplici fattori tra loro interagenti, quali: le caratteristiche petrografiche e geomeccaniche del granofiro, il metodo di coltivazione, l'esigenza di armonizzare il prelievo minerario a cielo aperto con le perturbazioni ambientali da esso indotte, gli obieffivi produffivi.
La prosecuzione dell'affività estraffiva coinvolgerà necessariamente le porzioni di banco attigue all'attuale area di cava. La superficie interessata dall'ampliamento, pari a 18.000 m2, è stata suddivisa in cinque lotti; la coltivazione avrà durata biennale su ciascuno di essi. Il porfido estraibile nella sua globalità è stato stimato in 225.000 m^3, il cappellaccio in 25.000 m^3, quindi il materiale lapideo utile si ridurrà a circa 200.000 m^3.
L'abbattaggio del granofiro awerrà per trance orizzontali lungo gradoni multipli discendenti, a partire dalla quota topografica più elevata dell'area. Il fronte di scavo sarà modellato per larga parte in tre gradoni con alzata massima pari a 20 metri, pedata di 8 metri ed inclinazione di 60°. Le pedate saranno ubicate all'incirca alle quote di 494, 474 e 454 metri s.l.m.. La base del gradone inferiore si collegherà con il piazzale di quota 434 metri, comportando una ulteriore ingressione del piano di cava nel fianco della montagna.
Al termine della coltivazione il modellato topografico della cava avrà la sagoma di un anfiteatro a pianta emiciclica. In corrispondenza dei limiti settentrionale e meridionale del fronte di scavo, a causa della diminuzione di quota del rilievo, i gradoni si rastremeranno.

VALUTAZIONE DELLA STABILITÀ DEL FRONTE DI SCAVO

La valutazione della stabilità dei gradoni stata sviluppata mediante il test di MARKLAND (1972). Il metodo consente di riportare sul reticolo di Schmidt, emisfero inferiore, i grandi cerchi che rappresentano la giacitura media di ogni singola famiglia di discontinuità (Kn) e l'orientazione del fronte di cava (PP). Sullo stereogramma viene rappresentato anche l'angolo d'attrito (f mobilizzabile lungo giunto, assumendolo costante per tutta la superficie di movimento. Il valore dell'angolo di attrito è stato ricavato esplicitando l'equazione empirica di BARTON & CHOUBEY (1977) nella forma:

$$\phi = JRClog10(JCS/c\delta n) + \phi\rho$$

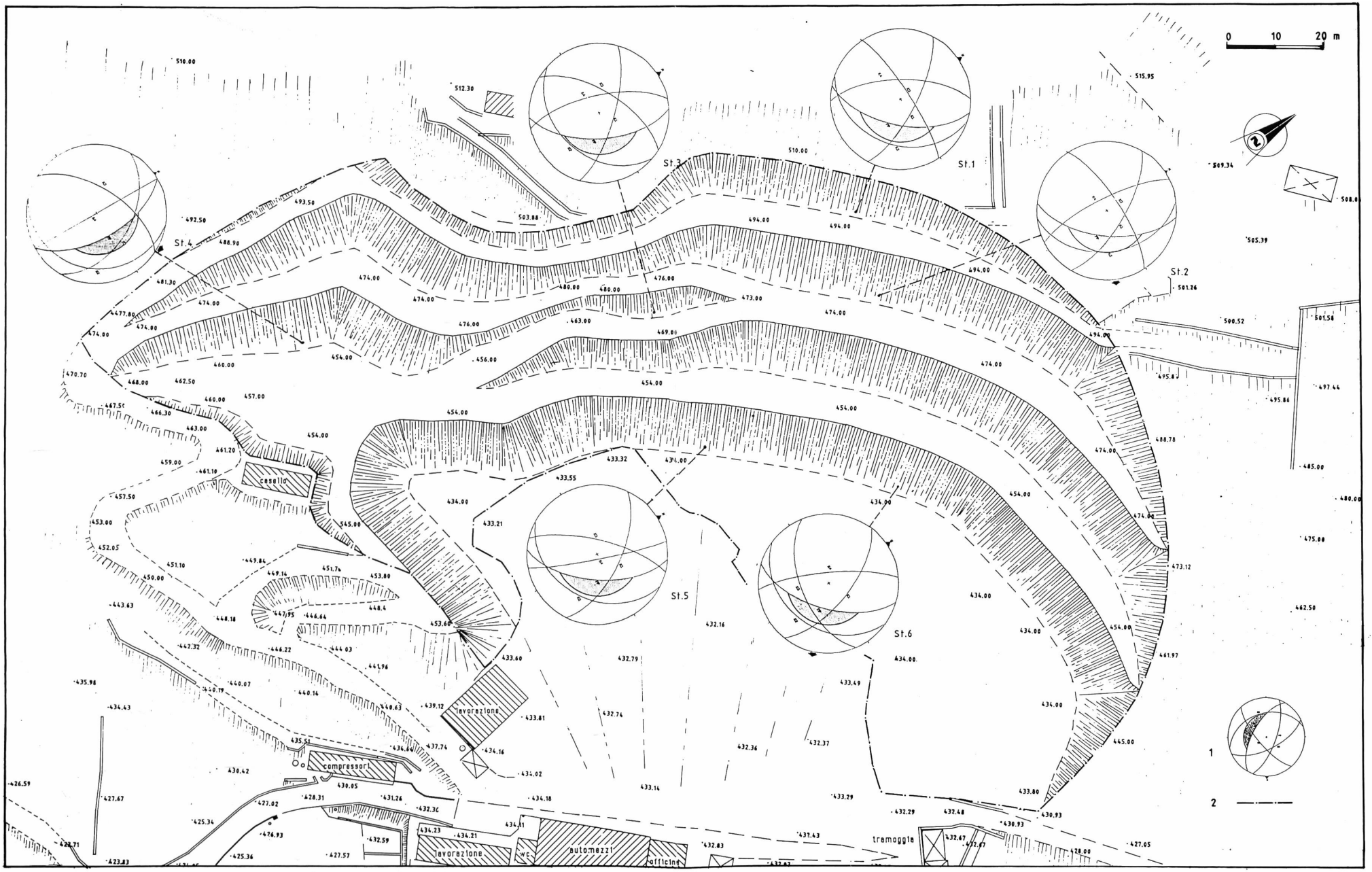


Fig. 4 **FRONTE DI SCAVO - STABILITÀ DEL PENDIO**
Legenda: 1) test di Markland, 2) limite area in ampliamento.

dove l'angolo d'atrito di base (fr) per il porfido e stato assunto pari a 31° (BARTON, 1971); per sn è stato adottato il valore di 1 MPa, equivalente ad un carico pari a 4 metri circa di spessore di roccia. Essendo i parametri JRC e JCS definiti da un intervallo di valori, variabili per ogni famiglia di discontinuità, i valori da utilizzare nell'equazione sono stati determinati in funzione del singolo cinematismo esaminato in ogni stazione geomeccanica.
Considerando la giacitura delle varie famiglie (Kn), quella del fronte (PP) ed il valore dell'angolo di attrito (f, è stato possibile individuare le discontinuità per le quali si realizzano le condizioni di svincolo cinematico dei blocchi rocciosi.
L'analisi svolta ha confermato la stabilità globale del fronte di scavo (fig. 4) evidenziando la possibilità che si esplichino solo dei meccanismi di distacco localizzati, quali: uno scivolamento planare originato dai piani di discontinuità della famiglia K2 in corrispondenza delle stazioni geomeccaniche n.2 e n.4 ed uno a cuneo definito dai giunti delle famiglie K1 e K3 in corrispondenza della stazione n.6. Infine la generica tendenza al ribaltamento dalle fratture di K4 sarà controbilanciata dalla moderata inclinazione del fronte di scavo, prossima ai 60°.
Nel caso in cui le vibrazioni indotte dalle cariche della volate dovessero innescare alcuni dei cinematismi segnalati sugli ammassi verranno approntati degli interventi di difesa attiva. I blocchi instabili saranno imbragati per mezzo di cavi metallici, reti in aderenza e al limite chiodature, in attesa di essere asportati con la successiva evoluzione del fronte di scavo.

BIBLIOGRAFIA

BAKOS F., DEL MORO A. & VISONA' D. (1990) "The Hercynian volcano - plutonic association of Ganna (Lake Lugano, Central Southern Alps, Italy)", Eur. J. Mineral., 2, 373-383.

BARTON N. (1971) "A relationship between joint roughness and joint shear strength", Proc. Int. Symp. Rock Mech. Nancy, Rock Fracture Paper I, 8.

BARTON N. & CHOUBEY V. (1977) "The shear strength of rock joints in theory and practice", Rock Mechanics (Spring-Verlang) 10, 1-54.

FAGNANI G. (1941) "Fayalite, Gadolinite, Zinwaldite ~el porfido quarzifero di Cuasso al Monte", Atti Soc. Ital. N`at., LXXXV, 28-32.

FAGNANI G. (1946) "Il porfido quarzifero di Cavagnano (Porto Ceresio)", Atti Soc. Ital. Sci. Nat., LXXXV, 85-96.

HOEK E. & BRAY J.W. (1981) "Rock slope engineering", Inst. of Mining and Metall., 3 ed., 309 p., London.

I.S.R.M. (1978) "Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses", Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., Vol.15 319-368, London

I.S.R.M. (1980) "Basic geotechnical description of rock masses", Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., Vol.18, London.

I.S.R.M. (1981) "Rock characterization testing & monitoring. Suggested methods", Commission on testing methods.

MARKLAND J. T. (1972) "A useful technique for estimating the stability of rock slopes when the rigid wedge sliding type of failure is expected", Imperial College Rock Mechanics Research Report N.I9, London.

MILLER R.P. (1965) "Engineering classification and index properties for intact rock", Ph.D. Thesis Univ. of Illinois 1-332.

NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA alla scala 1:100.000, foglio VARESE (1939), Roma.

Manoscritto ricevuto il: 23.12.1993
Ultime bozze restituite il: 20.6.1994