

ERIC CONDLIFFE, ANNIBALE MOTTANA (\*)

STUDIO SPERIMENTALE DEL «SERIZZO»  
A MODERATE PRESSIONI (\*\*)

(Nota preliminare)

RIASSUNTO. — Studi sperimentali a 1 e 2 kb  $P(H_2O) = P_{tot}$  sono stati eseguiti su tre tipici campioni di «serizzo» del Massiccio di Val Masino-Val Bregaglia. L'ordine di cristallizzazione a 1 kb è: plagioclasio, orneblenda, biotite, quarzo e K-feldspato; a 2 kb l'ordine è il medesimo ma l'orneblenda cristallizza alla stessa temperatura del plagioclasio. Il solidus del «serizzo» è 755°C a 1 kb e 725°C a 2 kb; il liquidus è più alto di 950°C, probabilmente attorno ai 1000-1050°C.

Malgrado la natura preliminare dei risultati si possono già trarre le seguenti conclusioni:

a) temperatura e ordine di cristallizzazione sono analoghi a quelli determinati da Piwinskii (1973) per rocce di composizione analoga della Cordigliera Costiera Californiana;

b) le alte temperature del liquidus e del solidus e l'intervallo di cristallizzazione superiore a 200°C stanno ad indicare che il «serizzo» non può essere derivato dalla anatessi superficiale di anfiboliti, come voluto da H. R. Wenk (1973);

c) il serizzo è probabilmente un prodotto anatettico di profondità ed è indipendente dal duomo Lepontino, di cui non può essere considerato il punto di termalità massima, come proposto da E. Wenk (1962).

ABSTRACT. — *Experimental studies of «serizzo» at moderate pressure: a preliminary note.*

Three samples of «serizzo», the typical quartz-diorite of the southern part of the alpine intrusion Val Masino-Val Bregaglia (Central Alps), have been studied experimentally at 1 and 2 kb  $P(H_2O) = P_{tot}$ .

The three rocks collected from widely spaced localities over a distance of 20 km (Valle del Sasso Bisolo, Cataeggio, Nuova Olonio) show the same crystal-

---

(\*) Istituto di Mineralogia Petrografia e Geochimica, Università degli Studi di Milano, via Botticelli 23, I-20133 Milano.

(\*\*) Lavoro eseguito nell'ambito dei programmi del «Centro di Studio per la Stratigrafia e Petrografia delle Alpi Centrali» del C.N.R.

lisation sequence. At 1 kb the order of crystallisation is plagioclase, hornblende, biotite, quartz and K-feldspar; the order is the same at 2 kb, except that the hornblende crystallises at the same temperature as the plagioclase. The solidus of the serizzo has been fixed provisionally at 775°C at 1 kb and 725°C at 2 kb. The liquidus at 1 kb is in excess of 950°C and probably of the order of 1000-1050°C.

Despite the provisional nature of the results it is possible to make the following comments:

a) the temperature and order of crystallisation are analogous to those reported by Piwinski (1973) for rocks of similar composition from the Coast Range Batholith of California.

b) The relatively high liquidus and solidus temperatures and the crystallisation interval in excess of 200°C at 1 kb indicate clearly that the «serizzo» cannot be an anatectic rock, at least at high crustal levels, neither it is possible that it is derived from in situ mobilisation of amphibolites, as suggested by H. R. Wenk (1973).

c) The serizzo is probably a product of anatexis at deep crustal levels, completely independent from the Lepontine dome and no longer can it be considered the thermal maximum of the Lepontinian thermal rise of the alpine metamorphism as suggested by E. Wenk (1962).

Il massiccio Val Masino-Val Bregaglia è il maggior corpo intrusivo acido affiorante a Nord della linea insubrica nelle Alpi Centrali (G. SCHIAVINATO, 1972). Esso costituisce uno dei più significativi punti nodali dell'orogene alpino poichè non solo fissa il termine ante quem sarebbe terminata la complessa storia della messa in posto delle falde (H. P. CORNELIUS, 1928), ma anche costituisce il massimo termico del duomo di calore lepontino (E. WENK, 1962).

Il massiccio è costituito da due corpi intrusivi nettamente distinti: da un lato la massa principale (Val Masino-Val Bregaglia p.d.), dall'altro il granito aplitico a due miche di San Fedelino, che irradia numerosi filoni tanto nella prima quanto nelle metamorfite lepontine. La massa principale è costituita da due litotipi fondamentali, legati tra loro da una zona di transizione estesa da pochi decimetri a quasi 200 m: una granodiorite a facies porfirica («ghiadone»-granodiorite della Val Masino; R. CRESPI, 1971) a Nord e una tonalite a tessitura parallela («serizzo»-quarzo-diorite del M. Bassetta; R. CRESPI, 1971) a Sud. Quest'ultimo inoltre costituisce tutto il contatto con le rocce metamorfiche incassanti, almeno per quanto riguarda la porzione del massiccio affiorante in Italia, sotto forma di una banda spessa da 50 a 500 m.

L'età terziaria tardo-orogena del massiccio è stata un assioma per la geologia alpina fino a pochi anni or sono, prima sulla base delle relazioni geologiche con le falde, «squarciate» dall'intrusione (R. STAUB, 1918), poi con l'ausilio di datazioni, tanto indirette micropaleontologiche (M. B. CITA, 1957), quanto radiometriche con metodi via via diversi (M. GRÜNENFELDER e T. W. STERN, 1960; etc.). Viceversa per la sua genesi, magmatica secondo la maggior parte degli AA., sono state avanzate in varie epoche ipotesi eterodosse: per alcuni sarebbe derivato da granitizzazione in situ con apporto di materia (F. H. DRESCHER KADEN e M. STORZ, 1926, 1929), per altri da rifusione anatettica e successiva feldspatizzazione (E. WENK, 1962; R. CRESPI e G. SCHIAVINATO, 1966).

Recentemente inoltre H. R. WENK (1970, 1973) ha riposto in discussione non solo la genesi ma anche la giacitura dell'intera massa: a suo avviso, il ghiandone deriverebbe da anatessi profonda delle radici della falda Tambò e si sarebbe messo in posto in ambiente di forti deformazioni come una grande lama parallela alle altre falde. Il «serizzo» ne costituirebbe una «unità di contatto» di tipo gneissico (*epidote and alkali-feldspar-bearing hornblende-biotite-andesine gneis*, 1973 p. 271) originato dalla mobilitazione più o meno in posto di anfiboliti. Solo il «Novategranite» sarebbe quindi una vera intrusione tardoalpina. L'anatessi del ghiandone sarebbe anteriore alla fine dei movimenti delle falde e sarebbe antecedente e del tutto indipendente dalla ricristallizzazione metamorfica del duomo lepontino.

La nuova interpretazione, benchè basata a detta dell'Autore soprattutto su osservazioni di campagna, non tiene conto di molti fatti, quali la provata esistenza di metamorfismo di contatto (V. TROMMSDORFF e B. W. EVANS, 1972). Essa merita tuttavia grande attenzione poichè farebbe della parte granitica del massiccio il prodotto di una anatessi profonda di tipo subcrustale durante la subduzione penninica (p. 286) e di riflesso porterebbe a riconoscere anche nelle Alpi il magmatismo alcalico tipico della cintura di alta temperatura della coppia binata h.p-h.t., originariamente descritta in Giappone e nelle Alpi finora ritenuta assente (W. G. ERNST, 1971).

Ciò che più colpisce nella interpretazione di H. R. Wenk è l'aver posto in dubbio la natura ignea del serizzo, indiscussa per tutti gli autori proprio perchè esso presenta un'aureola di contatto. Infatti benchè già tutti gli autori, fin dai tempi di G. MELZI (1893), aves-

sero posto in evidenza la particolare tessitura orientata fino a gneissica che queste rocce spesso presentano, si preferiva spiegare questa orientazione con un flusso laminare durante l'intrusione, in particolare a causa della vicinanza della linea insubrica.

Ricerche sperimentali sono particolarmente adatte a chiarire se una roccia di aspetto eruttivo ha origine magmatica o anatettica. In questo ultimo caso infatti dovrebbe presentare, per la maggior parte dei suoi componenti, un intervallo di fusione ristretto a temperature vicine al minimo dei graniti: intervalli lunghi caratterizzano invece rocce cristallizzate direttamente da un magma. Per questo, lasciando da parte per ora i problemi connessi con la genesi del ghiandone e del granito di San Fedelino, ci siamo concentrati sullo studio del comportamento sperimentale del serizzo.

Il serizzo tipico è una roccia a decisa tessitura orientata, costituita in prevalenza da plagioclasio, orneblenda e biotite con scarso K-feldspato ed epidoto. Il plagioclasio presenta caratteri contrastanti: da un lato è idiomorfo, zonato con notevoli variazioni tra centro e periferia (53-26% An) e talora con residui di nuclei basici corrosi, geminato con leggi sia semplici sia complesse, sovente anche per sinneusi, cioè avente tutti caratteri tipici di una roccia passata per uno stadio di fusione; dall'altro presenta evidenti deformazioni e ricristallizzazioni in solido, come archi poligonali costituiti da spostamenti di fasci biotitico-anfibolici, e numerosi geminati per pressione.

La composizione chimica del serizzo rientra invece perfettamente nei tipi magmatici quarzodioritici, pur con passaggi a tipi meladioritici da un lato o granodioritici dall'altro in ristrette aree marginali. In sostanza tutto indica nel serizzo una tonalite (quarzo-diorite) normale, fuorchè la tessitura orientata e gli effetti di una pressione di carico: secondo l'interpretazione comune si tratterebbe quindi di una intrusione sintettonica insubrica.

Lo studio sperimentale è stato svolto su tre campioni di serizzo tipico raccolti in tre località distanti tra loro circa 20 km nella fascia meridionale dell'intrusione, a considerevole distanza tanto dal contatto con le metamorfite quanto da quello con il ghiandone. Sono rocce di modo dioritico o tonalitico e di composizione pressochè isofala rispetto alla curva di differenziazione tipicamente alcalicaica del massiccio. Si tratta dei serizzi della Valle del Sasso Bisolo (PS-3), della cava grande a W di Cataeggio (PS-4) e della cava di fronte al km 100

della S.S. 36 dello Spluga presso Nuova Olonio (PS-5), al limite della fascia nota come «diorite di Melirola». Altri tre campioni, rappresentativi di differenziazioni locali melanocrate e leucocrate, sono in corso di studio.

### Metodologia.

A partire da blocchi di circa 30 kg sono stati ottenuti per frantumazione, inquartamento e macinazione in mortaio di carburo di tungsteno 200 g di polvere omogenea, ulteriormente macinati per 2 h in mortaio di agata sotto acetone. Gli studi sperimentali sono stati effettuati in autoclavi di Tuttle tenute verticali, a 1 e 2 kb  $P(\text{H}_2\text{O}) = P_{\text{tot}}$ , per una durata massima di 30 gg. circa a 700°C, diminuita proporzionalmente fino a un minimo di 7 gg. a 900°C. Da 70 a 100 mg di polvere con 25%  $\text{H}_2\text{O}$  dist. sono stati saldati ad arco in capsule d'Au o di Pt. Le t/c di controllo, del tipo K schermato, sono state calibrate al punto di fusione del NaCl ( $800^\circ \pm 1,5^\circ\text{C}$ ). Oscillazioni di temperatura dell'ordine di  $\pm 5^\circ\text{C}$  e di pressione di  $\pm 25$  bar sono state constatate nel corso degli esperimenti. Sono stati presi in considerazione solo esperimenti nei quali le capsule non erano aumentate di peso dopo il quenching e ancora presentavano una fase vapore libera. I prodotti sono stati identificati al microscopio usando preparati in immersione e, dove possibile, sezioni sottili; inoltre al diffrattometro usando  $\text{Cu K}\alpha$  e  $1^\circ 2\theta \text{ min}^{-1}$ . Il maggior problema è costituito nell'identificare la scomparsa della biotite, poichè biotite di nuova generazione, pleocroica sul bruno, aghiforme o più raramente lamellare, si forma durante il quenching. Epidoto e K-feldspato sono troppo scarsi per esser identificati al microscopio o ai raggi X: il loro limite di stabilità verrà quindi per ora trascurato.

### Risultati.

Lo studio sperimentale dei tre serizzi tipici ha mostrato anzitutto che le tre rocce hanno un comportamento pressocchè identico, con una uguale sequenza di sparizione dei minerali loro costituenti al crescere della temperatura, in questo ordine (fig. 1):

a) a 1 kb: quarzo (790°-800°C), biotite (850°-865°C), orneblenda (880°-890°C) e infine plagioclasio a temperatura intorno a 1040°C;

b) a 2 kb: quarzo (730°-740°C), biotite (stimata tra 930° e 940°C), orneblenda (stimata tra 950° e 970°C) e infine plagioclasio (tra 970° e 980°C).

Il solidus, che dipende essenzialmente dalla scomparsa dello scasso K-feldspato, si trova a 775°C a 1 kb e decresce a 720°C a 2 kb. Esiste un largo intervallo di temperature (200°-250°C) nel quale plagioclasio, orneblenda e biotite coesistono con un liquido di composizione granitica.

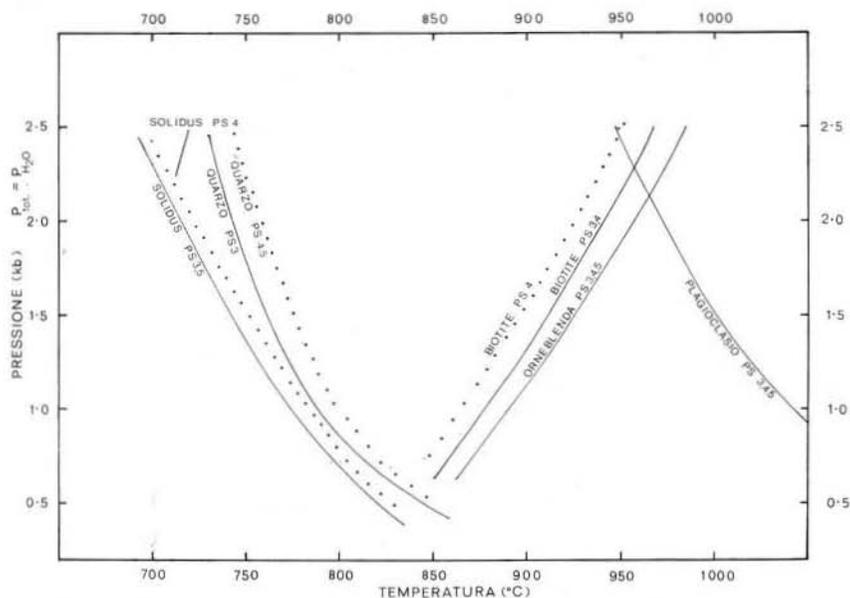


Fig. 1. — Sinossi grafica dei risultati degli esperimenti di fusione eseguiti sui serizzi della Valle del Sasso Bisolo (PS-3), della cava di Cataeggio (PS-4) e di Nuova Olonio (PS-5). E' evidente la sostanziale omogeneità dei risultati e l'ampio intervallo di fusione nel quale le tre fasi silicatiche principali coesistono con un liquido di composizione sostanzialmente granitica.

Alle pressioni studiate il plagioclasio è la fase silicatica refrattaria, ma si può dedurre dall'inclinazione delle curve di fusione che l'orneblenda diventa la fase silicatica stabile al liquidus a pressione di poco superiore. La geometria delle curve di fusione determinate porta a concludere che la formazione del serizzo come roccia magmatica deve aver avuto luogo a pressioni superiori a quelle finora usate negli esperimenti.



rocce di composizione simile tanto intrusive (tonaliti) quanto effusive (andesiti). Poichè è già stato confermato che il serizzo è una tonalite dal punto di vista chimico e mineralogico (anche se non del tutto da quello tessiturale) risulta interessante confrontare il suo comportamento con quello completamente determinato da A. J. PIWINSKII (1973) su una roccia di composizione e caratteristiche simili: la diorite quarzifera CP-1 del batolite della Sierra Nevada in California (fig. 3).

Premettiamo che se una roccia è di genesi anatettica il suo intervallo di fusione sarà piuttosto ristretto poichè, per la definizione stessa di anatessi, essa presenterà una composizione tale da esser fusa alla temperatura più bassa possibile nella maggior parte dei suoi componenti (H. G. F. WINKLER, 1967; O. F. TUTTLE e N. L. BOWEN, 1958; W. C. LUTH *et al.* 1964). E' ovvio e universalmente accettato che l'incorporazione di fasi refrattarie in un fuso di genesi anatettica porterà ad allargare il completo intervallo di fusione della roccia stessa, però rimane un fatto che i dati pubblicati sul comportamento alla fusione di rocce anatettiche confermano che la roccia risulta, in pratica, completamente fusa entro solo 80°C dall'inizio della fusione (W. BUSCH, 1970; G. HOINKES, 1973; A. J. PIWINSKII, 1973). In base alla figura 3, una situazione del genere potrebbe verificarsi, nel serizzo, solo a pressioni molto elevate, dell'ordine di 8-10 kb: è solo a queste condizioni che l'intervallo solidus-liquidus del serizzo cade negli estremi dati da H. G. F. WINKLER (1967) per la genesi di fusi anatettici (cfr. fig. 3). La produzione anatettica del serizzo sarebbe quindi possibile solo nella crosta inferiore della Terra, a profondità dell'ordine di 20-25 km. Ciò si accorda con il meccanismo proposto da H. R. WENK (1973) per la genesi del ghiandone lungo un piano di subduzione, ma non certo con l'affermazione dell'A. che il serizzo è una anfibolite mobilizzata in situ: ghiandone e serizzo anzi debbono esser considerati un insieme inseparabile.

### Discussione.

Sulla base di questi soli dati sperimentali preliminari, è prematuro entrare in una discussione con H. R. WENK (1970 e 1973) sui tempi e sul tipo di messa in posto del massiccio Val Masino-Val Bregaglia, tuttavia alcune osservazioni sembrano sicure fin da ora:

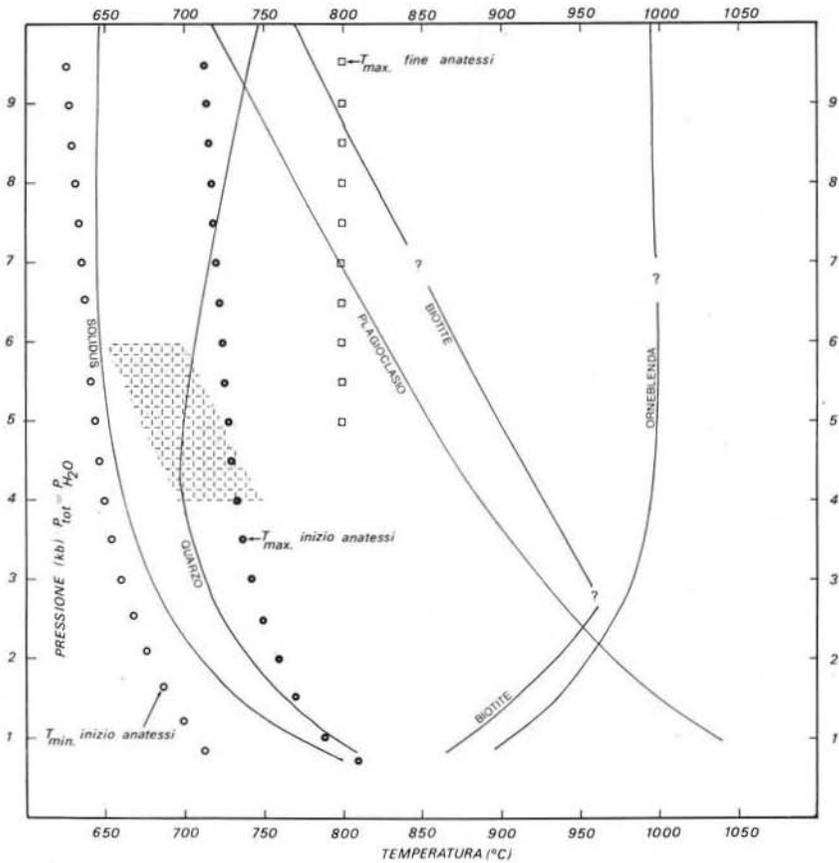


Fig. 3. — Estrapolazione dei risultati ottenuti sul serizzo tipico a pressione elevata, in concordanza coi risultati ottenuti sperimentalmente da Piwinskii (1973) su un litotipo di composizione analoga della Sierra Nevada (California): la quarzodiorite CP-1. A punti aperti le temperature proposte da Winkler (1967) per l'inizio dell'anatessi in rocce di composizione variabile; a quadrati il massimo termico possibile nell'anatessi secondo lo stesso A. L'area tratteggiata è il campo P-T del metamorfismo lepontino nelle Alpi Bregaglio. Il serizzo non può essersi formato che a pressioni minime di 8-10 kb perchè solo a questi valori i suoi minerali principali sono completamente fusi. Non può essere quindi nè un mobilizzato in situ a partire da un'anfibolite, come voluto da H. R. Wenk (1973), nè un prodotto anatettico del metamorfismo lepontino, come proposto da E. Wenk (1962).

a) serizzo e ghiandone non sono rocce da tenere separate, ma costituiscono un insieme i cui processi di differenziazione magmatica presentano un ruolo petrogenetico comune;

b) le curve di fusione confermano che il massiccio si è formato a grande profondità come voluto da H. R. WENK. Ciò vale però solo per il serizzo e resta ancora da dimostrare per il ghiandone. Il serizzo non può comunque esser ridotto a un semplice « gneiss a biotite e orneblenda » derivato dalla rimobilitazione in situ di una anfibolite come voluto dall'autore;

c) il serizzo non può essersi formato nel corso del metamorfismo lepontino come voluto da E. WENK (1962) perchè il campo di pressione e temperatura di questo metamorfismo nelle Alpi Valtellinesi (facies delle anfiboliti di bassa pressione: V. TROMMSDORFF, 1968) è molto inferiore a quello necessario a produrre un fuso anatettico di composizione dioritica. Potrebbe essersi tuttavia formato in profondità ed essere risalito in forma diapirica entro il duomo già esistente. Però se, come voluto da H. R. WENK, fosse già stato in posto all'atto del metamorfismo lepontino, esso dovrebbe mostrare fenomeni di rimobilizzazione parziale. Infatti almeno due dei suoi minerali (quarzo e K-feldspato), le cui curve di fusione intersecano i valori dati da V. TROMMSDORFF per il metamorfismo lepontino (fig. 3), si sarebbero mobilizzati producendo dei fenomeni reomorfici di cui non c'è traccia. Sono caso mai presenti fenomeni di deformazione allo stato solido che un metamorfismo lepontino tardivo avrebbe risanato.

Alla possibile obiezione che si avrebbero rimobilizzazioni solo se la roccia avesse contenuto una fase fluida di composizione opportuna, risponde direttamente la realtà geologica: che questa fosse presente e contenesse  $H_2O$  in abbondanza è dimostrato indirettamente dal comportamento del granito di San Fedelino per il quale persino H. R. WENK è costretto ad accettare modalità di genesi e di messa in posto intrusiva in epoca tardo-alpina. Quindi è il granito di San Fedelino un tardo mobilizzato più o meno in situ che avvicina la composizione di un fuso a temperatura minima di tipo crustale: *il serizzo è probabilmente invece il prodotto di una anatessi molto profonda, venuta a giorno con movimento diapirico in una fase tardiva della sua consolidazione*, forse aiutato dai movimenti tettonici tardivi lungo le cicatrici preesistenti dell'edificio alpino piegato in falde.

*Riconoscimenti.*

La presente ricerca rientra nei programmi di studio del «Centro per la Stratigrafia e Petrografia delle Alpi Centrali» del C.N.R. ed ha fruito di finanziamenti speciali per le apparecchiature nell'ambito del Progetto Geodinamico Italiano. E. C. ringrazia la Royal Society e l'Accademia Nazionale dei Lincei per la concessione di una borsa di scambio che ha permesso il suo soggiorno all'Università di Milano.

## BIBLIOGRAFIA

- BROWN M. G., SCHAIRER J. F. (1968) - *Melting relations of some calc-alkaline volcanic rocks*. Yb. Carnegie Inst. Wash., 66, 460-466.
- BUSCH W. (1970) - *Dioritbildung durch Remobilisation*. Z. Neues. Jahrb. Mineral. Abh., 112, 219-238.
- CITA M. B. (1957) - *Studi stratigrafici sul terziario subalpino lombardo*. Ist. Geol. Pal. Univ. Milano, Ser. G, No. 97.
- CONDLIFFE E. (1974) - *An experimental determination of the melting relationships of selected diorites*. Unpubl. Ph. D. Thesis. University of London, 297 pp.
- CORNELIUS H. P. (1928) - *Zur Alterbestimmung der Adamello- und Bergeller-Intrusion*. Sitz. ber. Ak. Wiss. Wien, 137-138.
- CRESPI R. (1971) - *Note illustrative alla carta geologica d'Italia F° 7 & 18 «Pizzo Bernina» e «Sondrio»*, pp. 130.
- CRESPI R., SCHIAVINATO G. (1966) - *Osservazioni petrogenetiche sul settore centro-occidentale del massiccio di Val Masino-Val Bregaglia*. Rend. Soc. Miner. Ital., 22, 27-57.
- DRESCHER F. K., STORZ M. (1926) - *Ergebnisse petrographisch-tektonischer Untersuchungen am Bergeller Granit*. Neues. Jahrb. Mineral. B.B. 54, Abt. A, 284-291.
- DRESCHER F. K. (1929) - *Zur Tektonik und Genese des Bergeller Massivs (Versuch zur Behebung einiger Einwände)*. Zbl. Mineral. Abt. A, 239-251.
- EGGLER D. H. (1972) - *Water saturated and undersaturated melting relations in a Paracutin andesite and an estimation of the water content of the natural magma*. Contrib. Mineral. Petrol., 34, 261-271.
- ERNST W. G. (1971) - *Metamorphic zonations on presumably subducted lithospheric plates from Japan, California and the Alps*. Contr. Mineral. Petrol., 34, 43-59.
- GRÜNENFELDER M., STERN T. W. (1960) - *Das Zirkon-Alter des Bergeller Massivs*. Schweiz. miner. petrogr. Mitt., 40, 253-259.
- HOINKES G. (1973) - *Die Anatexis des Winnebachgranites (Öztaler Alpen, Österreich) am Beispiel eines Aufschlusses*. Tscherm. Min. Petr. Mitt., 20, 225-239.
- LUTH W. C., JAHNS R., TUTTLE O. F. (1964) - *The granite system at pressures of 4 to 10 kilobars*. J. Geophys. Res., 69, 759-773.
- MELZI G. (1893) - *Ricerche geologiche e petrografiche sulla Valle del Masino*. Giorn. Min. Crist. Petr., 4, 89-134.

- MOTICKA P. (1970) - *Petrographie und Strukturanalyse des westlichen Bergeller Massivs und seines Rahmens*. Schweiz. miner. petrogr. Mitt., 50, 355-443.
- PIWINSKII A. J. (1968) - *Experimental studies of igneous rock series. Central Sierra Nevada Batholith, California*. J. Geol., 76, 548-570.
- PIWINSKII A. J. (1973) - *Experimental studies of granitoids from the Central and Southern Coast Ranges, California*. Tschermaks Min. Petr. Mitt., 20, 107-130.
- PIWINSKII A. J., WYLLIE P. J. (1968) - *Experimental studies of igneous rock series. A zoned pluton in the Wallowa Batholith, Oregon*. J. Geol., 76, 205-234.
- SCHIAVINATO G. (1972) - *Plutonismo e vulcanismo sul versante italiano delle Alpi centrali e orientali*. Rend. Accad. Naz. Lincei, 52, 523-538.
- STAUB R. (1918) - *Geologische Beobachtungen am Bergellermassiv*. Vjschr. Natf. Ges., 63, 1-18.
- THORNTON C. P., TUTTLE O. F. (1960) - *Chemistry of igneous rocks. 1. Differentiation index*. Am. J. Sci., 258, 664-684.
- TROMMSDORFF V. (1968) - *The wollastonite reaction in the western Bergell Alps*. Schweiz. min. petrogr. Mitt., 48, 828-829.
- TROMMSDORFF V., EVANS B. W. (1972) - *Progressive metamorphism of antigorite schists in the Bergell tonalite aureole (Italy)*. Am. J. Sci., 272, 423-437.
- TUTTLE O. F., BOWEN N. F. (1958) - *The origin of granite in the light of experimental studies in the system  $NaAlSi_3O_8-SiO_2-H_2O$* . Geol. Soc. Am. Mem., 74.
- WENK E. (1962) - *Das reaktivierte Grundgebirge der Zentralalpen*. Geol. Rdsch., 52, 754-766.
- WENK H. R. (1970) - *Geologische Beobachtungen im Bergell. 1. Gedanken zur Genese des Bergeller Granits. Rückblick und Ausblick*. Schweiz. miner. petrogr. Mitt., 50, 321-349.
- WENK H. R. (1973) - *The structure of the Bergell Alps*. Eclogae geol. Helv., 66, 255-291.
- WINKLER H. G. F. (1967) - *Petrogenesis of metamorphic rocks*. Springer Verlag, Berlin, 237 pp.
- YODER H. S., JR., TILLEY C. E. (1962) - *Origin of basaltic magmas: an experimental study of natural and synthetic rock systems*. J. Petrol., 3, 346-522.