

**Zeitschrift:** Bollettino della Società ticinese di scienze naturali  
**Herausgeber:** Società ticinese di scienze naturali  
**Band:** 92 (2004)

**Artikel:** Tipologia degli zirconi dello Gneiss Granitico Leventina : primi risultati e implicazioni petrogenetiche  
**Autor:** Maggini, Luca / Antognini, Marco  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1003165>

### **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:** 01.05.2026

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

---

# Tipologia degli zirconi dello Gneiss Granitico Leventina: primi risultati e implicazioni petrogenetiche

Luca Maggini<sup>1</sup> e Marco Antognini<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Via Caponelli 4, CH-6600 Solduno (lucamaggini@bluemail.ch)

<sup>2</sup> Museo cantonale di storia naturale, Via Cattaneo 4, CH-6900 Lugano (marco.antognini@ti.ch)

---

**Riassunto:** Zirconi estratti da quattro campioni di Gneiss Granitico Leventina sono stati analizzati con il metodo della tipologia degli zirconi (PUPIN 1980). Le caratteristiche tipologiche delle popolazioni indicano una chiara origine magmatica omogenea nel caso delle varietà porfiroide e scistoso-laminare. Le varietà occhiadina e granitoide-lenticolare presentano invece un maggior numero di sottotipi non chiaramente distribuiti attorno ad un unico polo, segno di una possibile origine bipolare (mescolamento di magmi). Tutti e quattro i campioni esaminati si dispongono nel settore dei granitoidi di origine crostale, in contrasto quindi con quanto indicato da analisi isotopiche presenti in letteratura che attribuiscono allo Gneiss Granitico Leventina un'origine magmatica dovuta a frazionamento da fonti mantelliche. I campioni in esame provengono dai cantieri della galleria di base AlpTransit di Bodio e Faido.

**Abstract:** Zircon concentrates from four different rock samples of Gneiss Granitico Leventina (L. granitic gneiss) were studied with the typology method (PUPIN 1980). The typologic characters of the studied populations show an homogeneous igneous origin for the porphyritic and laminated gneisses petrographic types. The augen gneiss and the granitoid-lenticular gneiss, exhibit more subtypes thus suggesting the mixing of two magmas. The mean points of all the analysed populations plot in the fields 1-3 of the typologic diagram, which are typical for granitoids of crustal origin. These results are in contrast with isotopic data from literature that support an I-type origin of the Leventina gneisses.

The studied rocks were sampled in the AlpTransit railway tunnel at construction sites of Bodio and Faido.

---

## INTRODUZIONE

Lo Zirconio,  $ZrSiO_4$ , è un minerale accessorio molto diffuso e oggetto di numerosi studi in vari ambiti delle scienze della terra. La sua grande resistenza all'alterazione chimica e meccanica, come pure la capacità di incorporare atomi di uranio lo hanno reso il minerale più impiegato per la datazione delle rocce plutoniche (HEAMAN & PARRISH 1991). Oltre alle applicazioni geocronologiche, l'analisi della morfologia dei cristalli può fornire indicazioni sulle condizioni iniziali di cristallizzazione e il contesto geodinamico nel quale si è formata una determinata roccia. Tale metodo di indagine, noto con il termine di «tipologia degli zirconi» (PUPIN 1980), è regolarmente impiegato nello studio di rocce magmatiche, ma può essere applicato anche alle rocce metamorfiche allo scopo di meglio caratterizzare il protolito. Infatti la struttura cristallina dello zirconio è molto stabile anche a temperature elevate.

Nel presente lavoro vengono illustrati i risultati ottenuti analizzando la tipologia degli zirconi di alcune varietà dello Gneiss Granitico Leventina. I campioni in esame provengono dai cantieri della galleria di base AlpTransit di Bodio - Pollegio e Faido - Polmengo.

### Contesto geologico

La falda Leventina - Lucomagno costituisce il nucleo della «culminazione ticinese» e rappresenta l'elemento

strutturale più profondo delle alpi penniniche (NIGGLI *et al.* 1936; fig.1). La massa principale è costituita dal cosiddetto *Gneiss Granitico Leventina*, uno gneiss derivato da un'intrusione granitica di età varisica e che ha subito il metamorfismo terziario di facies anfibolitica legato all'orogenesi alpina (CASASOPRA 1939, ALLÈGRE *et al.* 1974, FREY *et al.* 1974). Petrograficamente CASASOPRA (1939) distingue nove varietà principali di gneiss, mentre dal punto di vista geochimico lo stesso autore delinea due gruppi: trondjemitico e leucogranitico. In tempi più recenti, nuove analisi geochimiche e isotopiche attribuiscono allo gneiss granitoide un'origine magmatica dovuta a frazionamento da fonti mantelliche (I-type secondo CHAPPELL & WHITE 1974; BEFFA *et al.* 1996). Subordinatamente sono localmente presenti filoni basici, apliti e pegmatiti (soprattutto nella zona meridionale), livelli di marmo e l'enigmatica «intercalazione centrale di Chironico-Faido-Piottino» costituita da quarziti, micascisti, gneiss scistosi e anfiboliti (CASASOPRA 1939, VOLPERS 1976).

La parte frontale della falda, nota come unità Lucomagno, è costituita da paragneiss, gneiss misti, ortogneiss e anfiboliti (BÖHM 1996). A questa unità è attribuita un'origine prevalentemente sedimentaria (pelitico-clastica) con subordinate manifestazioni vulcaniche (basaltico-andesitiche) e ignee (granitoidi).

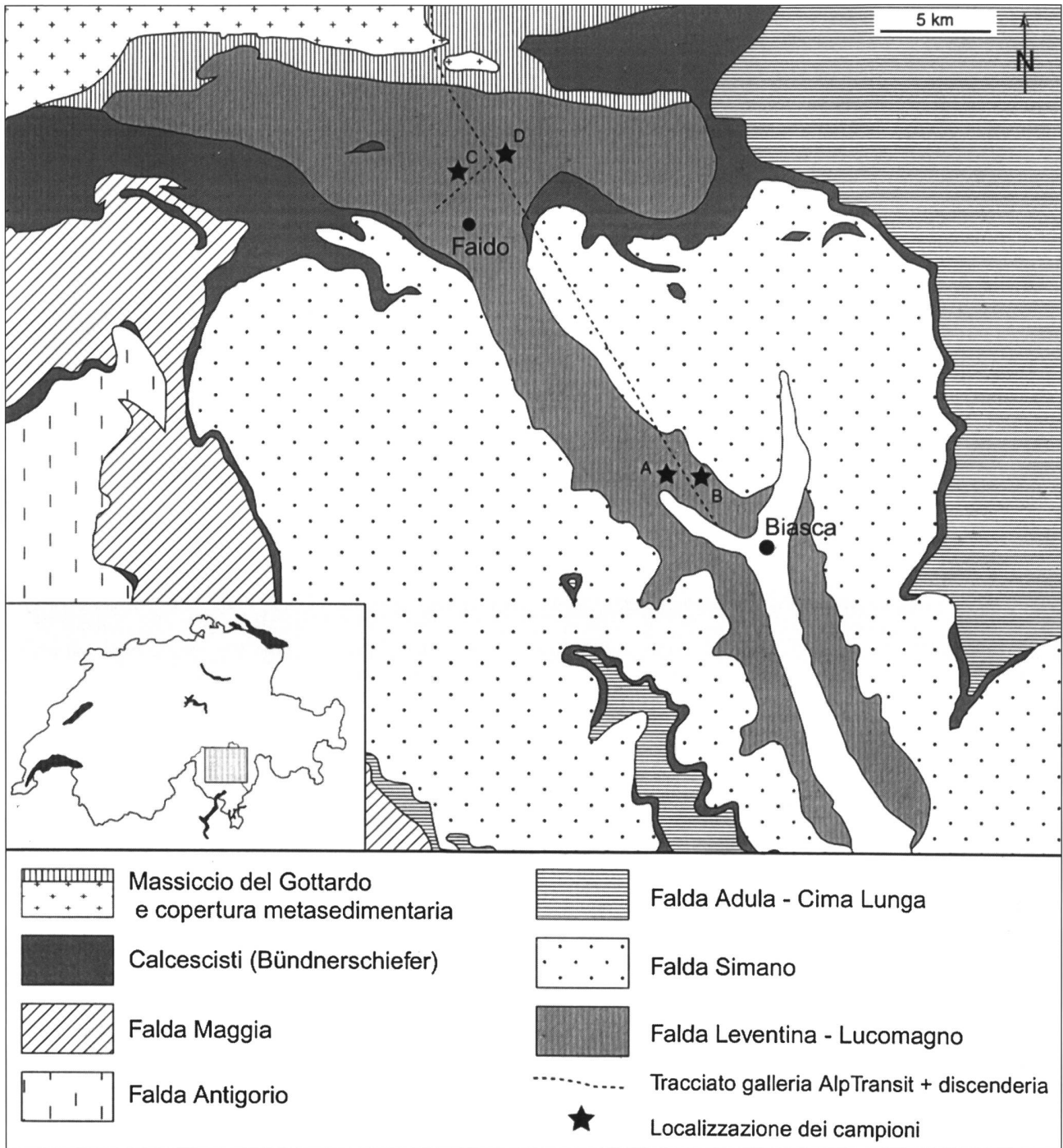


Fig. 1 – Schizzo tettonico del Ticino centro-settentrionale. Ridisegnato in base a SPICHER (1980).

## MATERIALI E METODI

### Campionamento

In questo studio si è deciso di prendere in considerazione le litologie più rappresentative del settore centro-settentrionale della falda Leventina, direttamente interessate dallo scavo della galleria di base AlpTransit. Le varietà di Gneiss Granitico Leventina analizzate sono quindi la porfiroide massiccia, la scistoso-laminare e l'occhiadina (fig. 2, tab. 1). Abbiamo inoltre aggiunto un quarto campione di gneiss granitoide-lenticolare associato alla varietà porfi-

roide proveniente dal cantiere di Bodio - Pollegio per verificare se vi fossero differenze sostanziali a livello della morfologia degli zirconi.

La quantità di zirconi presenti in un singolo campione è generalmente sufficiente per fornire indicazioni precise sull'origine della roccia (PUPIN 1985).

La nomenclatura proposta da CASASOPRA (1939) è tuttora parzialmente impiegata nell'ambito del rilevamento geologico (progetto AlpTransit) per cui, quando possibile, vi faremo riferimento nella descrizione dei campioni analizzati (tab.1).

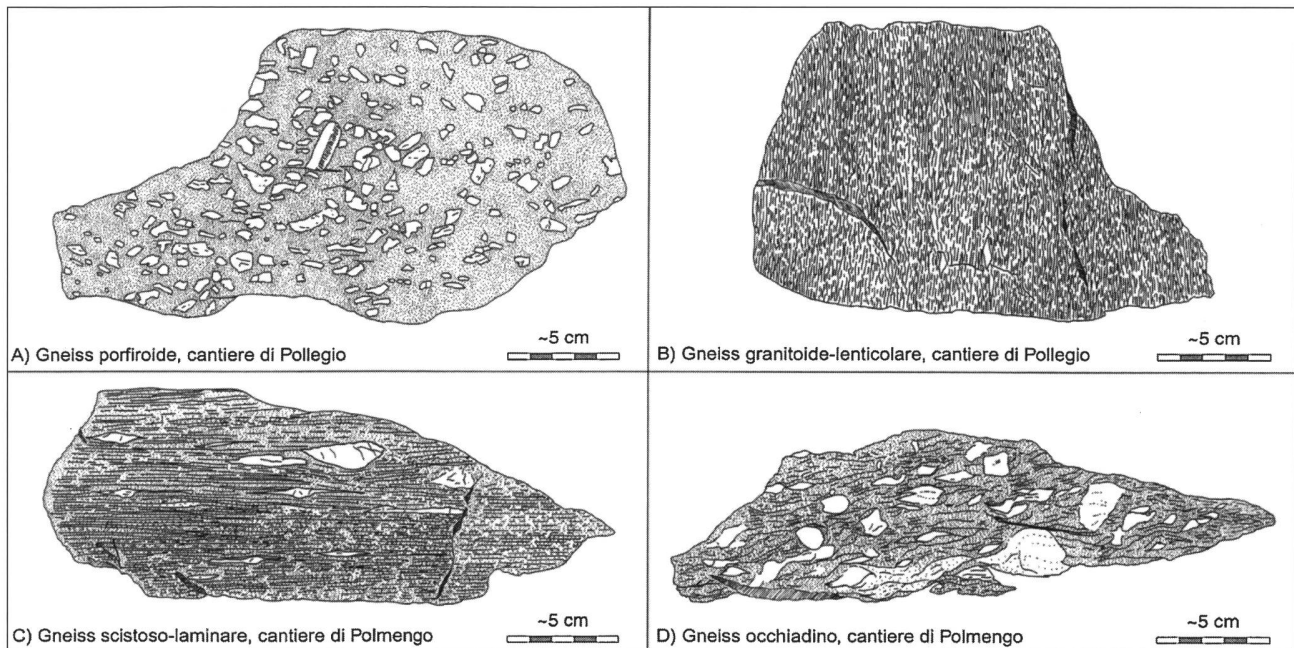


Fig. 2 – Rappresentazione stilizzata dei quattro campioni analizzati.

Tab. 1 - Nomenclatura e descrizione dei campioni analizzati. Abbreviazioni: Qtz.= quarzo; Kf. = feldspato alcalino; Pl.= plagioclasio; Mb.= muscovite + biotite.

ID	Descrizione / Nomenclatura	Località	Nomenclatura CASASOPRA (1939)
A	Gneiss leucocratico a grana media con grossi porfiroblasti di feldspato alcalino (max. 5 cm). [Gneiss porfiroide]	Bodio - Pollegio Tunnel Alp Transit progressiva 154'630	Varietà porfiroide massiccia - IIIa Moda indicativa: Qtz: 30-40 Kf: 35-45 Pl: 15-20 Mb: ~15
B	Gneiss mesocratico a grana fine ed omogenea; la foliazione molto marcata è data dalla biotite. [Gneiss granitoide-lenticolare]	Bodio - Pollegio Tunnel Alp Transit progressiva 154'632	
C	Gneiss mesocratico fortemente orientato a causa dell'alternanza di orizzonti quarzo - feldspatici e livelli micacei con rari porfiroblasti. [Gneiss scistoso-laminare]	Faido - Polmengo, discenderia Alp Transit progressiva 1500 m.	Varietà laminare - VI Moda indicativa: Qtz: 25-30 Kf: 30-35 Pl: ~25 Mb: 10-15
D	Gneiss leucocratico a grana medio-grossa con tessitura occhiadina molto sviluppata [Gneiss occhiadino]	Faido - Polmengo, Caverna principale stazione multifunzione	Varietà occhiadina - VIII Moda indicativa: Qtz: 25 Kf: ~30 Pl: ~25 Mb: 10-15

## Principio del metodo

Le basi del metodo della tipologia degli zirconi sono state poste da PUPIN & TURCO 1972 e PUPIN 1976, 1980. Si tratta di un metodo economico che non necessita di apparecchiature particolari ma si basa essenzialmente sull'osservazione della forma dei cristalli di zircone contenuti in una roccia. Da questa analisi è possibile ricavare delle informazioni riguardanti la genesi di rocce di composizione granitica.

La morfologia dello zircone è dovuta allo sviluppo relativo di due tipi di facce (fig. 3): prismatiche ( $\{100\}$ ,  $\{110\}$ ) e piramidali ( $\{101\}$ ,  $\{211\}$ ). La loro crescita dipende rispettivamente dalla temperatura e dal chimismo dell'ambiente di cristallizzazione (PUPIN 1980). Il metodo consiste nell'individuare i principali tipi e sottotipi di forme cristalline presenti nel campione analizzato per poi inserirli nella griglia tipologica a doppia entrata di PUPIN 1980 (fig. 4). Per poter definire con una certa precisione una popolazione è

necessario considerare almeno 100 individui scelti casualmente (ma comunque ben riconoscibili e possibilmente interi). Una volta ottenuta la distribuzione di frequenza della popolazione di zirconi vengono calcolati due indici: l'indice di alcalinità (I.A., il rapporto alcalini/Al, dipendente dall'alcalinità dell'ambiente magmatico) e l'indice di temperatura (I.T., dipendente dalla temperatura di cristallizzazione). La determinazione dei valori medi si basa sulle seguenti formule:

$$\bar{I.A.} = \sum_{I.A.=100}^{I.A.=800} I.A. \times n_{I.A.} \quad \bar{I.T.} = \sum_{I.T.=100}^{I.T.=800} I.T. \times n_{I.T.}$$

dove  $n_{I.A.}$  e  $n_{I.T.}$  sono le frequenze rispettive di ogni I.A. e I.T., e dunque:

$$\sum n_{I.A.} = \sum n_{I.T.}$$

Questi due valori medi rappresentano una sorta di «baricentro» del campione analizzato e permettono di posizionare il campione in un diagramma di evoluzione magmatica (fig. 7).

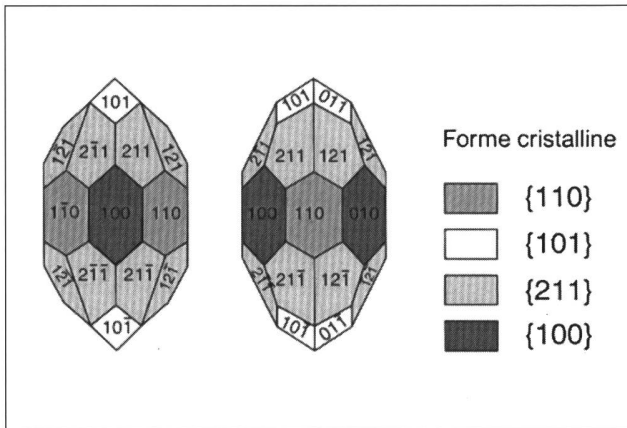


Fig. 3 – Illustrazione schematica delle più comuni forme cristalline dello zircone (piramidi {101}, {211} e prismi {100}, {110}). Ridisegnato in base a VAVRA (1990).

### Preparazione e osservazione

L'estrazione degli zirconi segue una procedura standard che ha lo scopo di concentrare gli zirconi eliminando la parte minerale residua. La roccia viene frantumata e polverizzata. Il materiale è in seguito fatto passare attraverso un setaccio (<250 µm) prima di subire un trattamento di separazione con liquidi pesanti (bromofornio). Infine si utilizza un separatore magnetico allo scopo di asportare i numerosi minerali metallici che hanno un peso specifico simile a quello dello zircone (4.68). La frazione rimanente contiene solitamente abbastanza zirconi per permettere lo studio tipologico al microscopio binoculare (dimensione dei cristalli: ~50 µm). In alternativa la separazione dei grani di zircone può anche essere effettuata con la batea (piatto di lavaggio), operazione che implica tuttavia molta abilità da parte dell'operatore. L'intero processo di estrazione necessita dalle 3 alle 5 ore di lavoro partendo da un

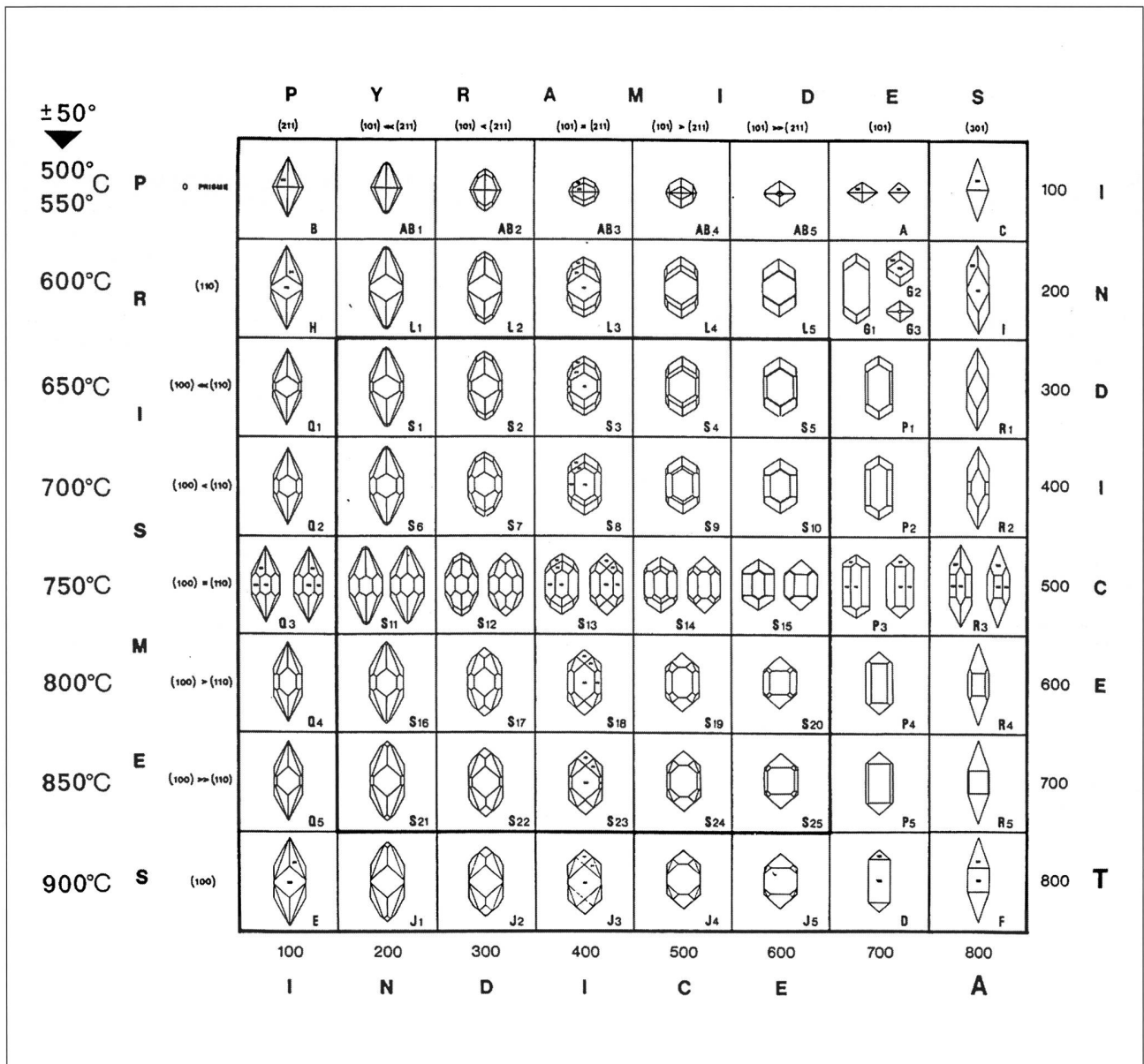


Fig. 4 – I principali tipi e sottotipi considerati per la classificazione tipologica degli zirconi. Estratto da PUPIN (1980).

campione di 3-4 kg di roccia. Il tutto nelle massime condizioni di igiene, al fine di evitare la contaminazione di zirconi provenienti da altre polveri rocciose (si separa quindi un campione alla volta).

## RISULTATI E DISCUSSIONE

Gli zirconi analizzati sono stati di relativamente facile attribuzione tipologica, grazie a delle facce nella maggior parte dei casi ben definite e conservate (fig. 5). Tutti e quattro i campioni studiati hanno mostrato due famiglie di zirconi. Una di queste è probabilmente ereditata vista l'esistenza di un cuore metamittico. Per lo studio tipologico abbiamo considerato unicamente la famiglia di zirconi chiaramente appartenente alla fase magmatica che ha originato il protolito dello gneiss in questione.

Per i campioni A e D, la distribuzione abbastanza raggruppata degli zirconi nella griglia (14 e 17 sottotipi, fig. 6) e l'abito automorfo suggerisce una chiara origine magmatica omogenea.

Gli altri due campioni, B e C, presentano un maggior numero di sottotipi (20 e 22) i quali, in particolare nel caso del campione B, sembrano distribuiti attorno a due poli (fig. 6). Partendo dal presupposto che la loro origine sia magmatica, questo è segno di una possibile origine bipolare (mescolamento di magmi). Nel dettaglio abbiamo ottenuto i seguenti risultati:

**Campione A** (gneiss porfiroide): gli zirconi sono perlopiù molto allungati, larghi dai 50 ai 100  $\mu\text{m}$ , incolori, trasparenti e senza nuclei ereditati (fig. 5b). Essi si distribuiscono in 14 sottotipi, con una predominanza nel tipo G (in alto a destra). Il prisma dominante è la faccia {110}, mentre la piramide dominante è la {101}. A volte è visibile lo sviluppo della faccia piramidale {301}, che è prova di un ambiente alcalino ricco in potassio (K) a scapito dell'alluminio (Al).

**Campione B** (gneiss granitoide-lenticolare): presenta degli zirconi distribuiti su 20 sottotipi e due poli (uno, più marcato, e rappresentato dal sottotipo G, ed un altro in L2). Questo potrebbe suggerire un'origine bimodale (mescolamento di magmi). Come nel campione precedente, le facce dominanti sono il prisma {110} e la piramide {101}. In questo caso gli individui sono pure assai allungati, leggermente più stretti di quelli del campione precedente (40-80  $\mu\text{m}$ ), incolori, trasparenti e senza cuori ereditati. Vista la vicinanza di prelevamento con il campione A, la lieve differenza nella tipologia è interpretabile come una variazione evolutiva dello stesso magma.

**Campioni C** (gneiss scistoso-laminare): gli zirconi sono suddivisi su 22 sottotipi in modo abbastanza omogeneo, con una maggior concentrazione in L2, L3 e S3. Lo sviluppo relativo marcato della faccia piramidale {211} testimonia un ambiente ricco in alluminio. La piramide dominante è sempre la {101}. Gli individui appaiono leggermente più tozzi, ma sono sempre incolori, trasparenti e senza cuore ereditato (fig. 5a).

**Campione D** (gneiss occhiadino): pure in questo caso, lo sviluppo della faccia piramidale {211}, anche se non dominante, testimonia un ambiente abbastanza ricco in alluminio. Gli individui si distinguono per una larghezza a volte notevole (fino a 150  $\mu\text{m}$ ) e lo sviluppo frequente della piramide {301}, sintomo di un ambiente di formazione ricco in potassio. Il sottotipo maggiormente rappresentato è S3. In questo campione è marcante la presenza di una popolazione di zirconi molto grossi, con cuore ereditato e leggermente brunastri che sono comunque stati esclusi dallo studio tipologico.

La tavola 2 riassume i principali parametri degli zirconi osservati. La scala geotermometrica corrispondente all'indice T ha semplicemente un valore indicativo e non ha la presunzione di sostituirsi ad un geotermometro (si veda in proposito il lavoro di BENISEK & FINGER 1993). L'indice di allungamento  $L/l$  è una valutazione approssimativa del rapporto tra la lunghezza lungo l'asse quaternario dello zircone e la larghezza lungo uno degli assi binari. Le dimensioni e l'allungamento degli zirconi possono fornirci informazioni sulla velocità di cristallizzazione del magma originale: piccoli prismi allungati sono testimoni di una cristallizzazione rapida, mentre combinazioni tozze rivelano una cristallizzazione lenta.

La classificazione petrogenetica dei graniti associata al diagramma tipologico proposta da PUPIN 1988 definisce otto campi corrispondenti alla distribuzione degli indici per vari granitoidi. In ogni dominio può essere identificata una traiettoria evolutiva verso delle forme a indice T piccolo e indice A grande. In questo modo tutte le serie convergono verso delle morfologie di tipo G (angolo in alto a destra). Tutti e quattro i campioni esaminati si dispongono nel settore dei granitoidi di origine crostale (campi 1, 2 e 3), anche se si osserva un certo cammino evolutivo dai granitoidi a carattere piuttosto alluminifero (C e D) verso tipi maggiormente evoluti (B e A). I due valori medi (I.A. e I.T.), fanno di quest'ultimo il più evoluto dei quattro campioni analizzati, non a caso esso presenta una colorazione assai leucocratica (basso contenuto in biotite o ferromagnesiani).

In sintesi, possiamo affermare che gli gneiss porfiroide (A) e occhiadino (D) presentano una chiara origine magmatica, con un'unica sorgente magmatica, mentre per gli altri due campioni (B e C) una maggior distribuzione degli zirconi fa supporre un mescolamento tra due magmi. La presenza sporadica di zirconi dagli spigoli arrotondati (possibile abrasione dovuta al trasporto) potrebbe anche mettere in dubbio l'origine puramente magmatica di queste due ultime varietà di gneiss.

Lo studio tipologico degli zirconi dello Gneiss Granitico Leventina sembra suggerire un'origine crostale dei magmi originari. Un altro dato a sostegno di questa tesi è dovuto al carattere peraluminoso della varietà IIIa (ASI = 1.28; CASASOPRA 1939) che generalmente caratterizza i granitoidi di origine crostale (BARBARIN 1999). Questi dati sono in contrasto con quanto indicato da analisi isotopiche ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) che attribuiscono allo Gneiss Granitico Leven-

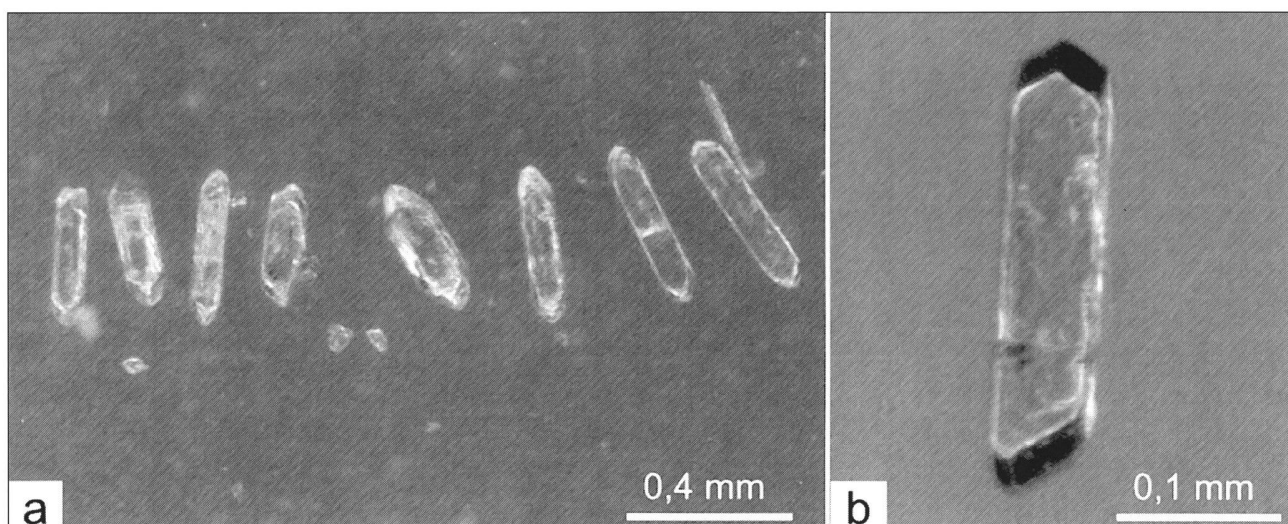


Fig. 5 - (a) Foto digitale di alcuni zirconi estratti dallo gneiss scistoso-laminare. (b) Immagine ravvicinata di un cristallo idiomorfo (sottotipo L5) proveniente dallo gneiss porfiroide.

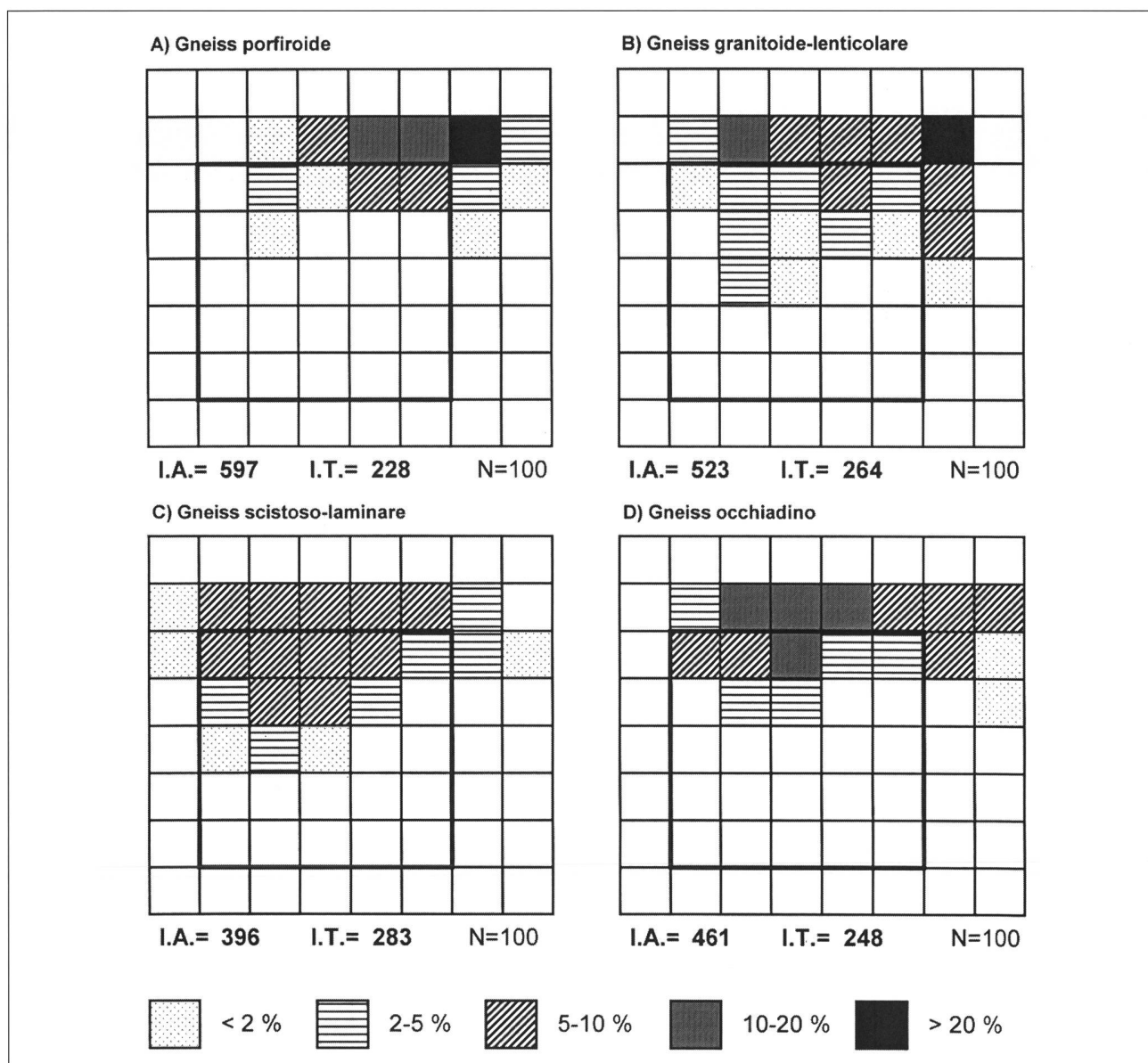


Fig. 6 - Distribuzione delle frequenze dei sottotipi dei quattro campioni analizzati. Sono pure indicati i valori medi A, T per ogni popolazione.

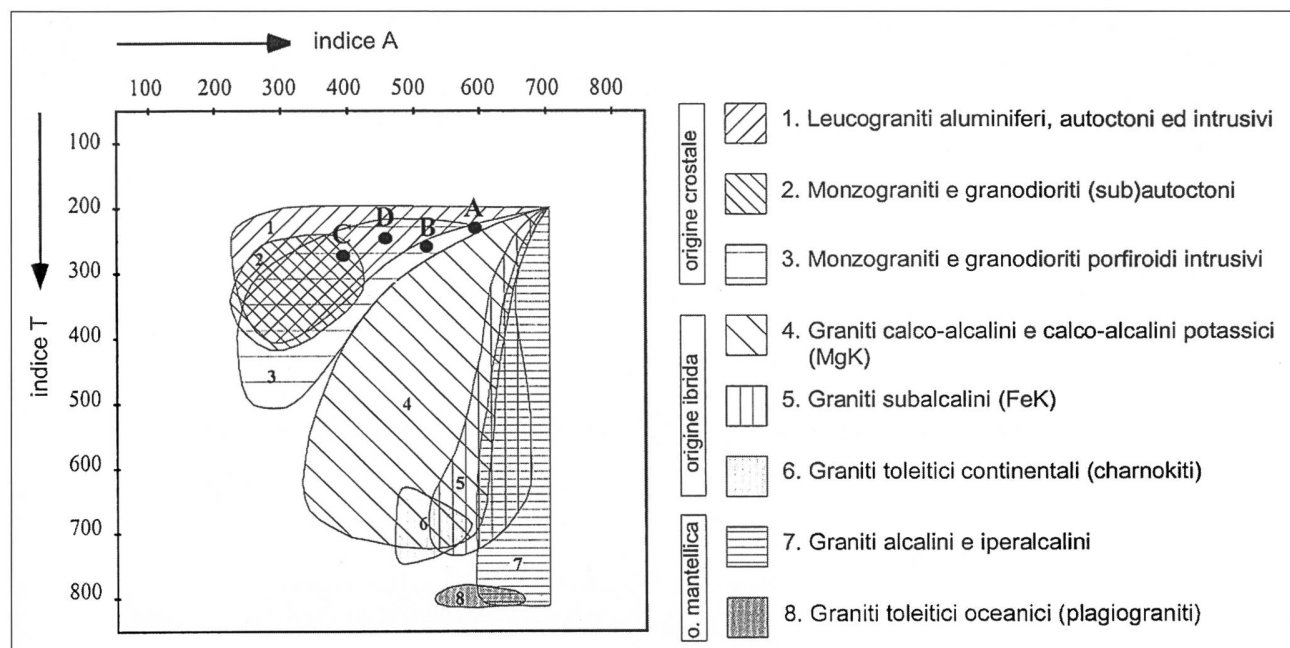


Fig. 7 - Localizzazione dei campioni analizzati (A-D) all'interno dei campi di ripartizione degli indici tipologici dei principali insiemi granitici. Ridisegnato in base a PUPIN (1988).

Tab. 2 - Tavola riassuntiva con i principali parametri osservati.

Parametri	A, Porfiroide		B, Granitoide-lent.		C, Scist.-laminare		D, Occhiadino	
Famiglie presenti	2		2		2		2	
Prisma dominante	{110}		{110}	{110}	{110}	{110}	{110}	{110}
Piramide dominante	{101}	{211}	{101}	{101}	{211}	{211}	-	{211}
Sottotipi frequenti	L <sub>4</sub> -L <sub>5</sub> -G		L <sub>2</sub> -G		L <sub>2</sub> -L <sub>3</sub> -S <sub>3</sub>		L <sub>2</sub> -L <sub>3</sub> -L <sub>4</sub> -S <sub>3</sub>	
Numero di sottotipi	14		20		22		17	
Individui determinati	100		100		100		100	
Indice I.A medio	597		523		396		461	
Indice I.T medio	228		264		283		248	
Temperatura stimata (±50°C)	614		632		641		624	
Allungamento L / l	2-8		2-8		2-6		2-3	
Larghezza min-max (µm)	50-100		40-80		30-100		100-200	
Arrotondamento - erosione	No	Si	A volte		A volte	Si	No	Si
Cuore metamittico	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si
Grado di trasparenza	alto		alto		alto		basso	
Colorazione	incolore		incolore		incolore		rosato	
Dissimmetria	media-alta		media		media		bassa	
Piramide (301)	Si		No		rara		Si	
Altro	magmatico		Origine bipolare?				forse Thorite	
							magmatico	

tina un'origine magmatica dovuta a frazionamento da fonti mantelliche (BEFFA *et al.* 1996). Allo stato attuale delle conoscenze non è quindi possibile determinare con esattezza il contesto di formazione dello gneiss.

## RINGRAZIAMENTI

Gli autori sono grati a AlpTransit AG (dr. F. Keller, D. Balanti) per aver concesso l'autorizzazione a pubblicare i dati relativi ai campioni raccolti sui cantieri. I geologi Rinaldo Volpers e Stefano Daverio hanno verificato la nomenclatura impiegata nel testo. L'estrazione degli zirconi è stata

fatta all'istituto di mineralogia e petrografia dell'Università di Losanna (Prof. J. Hernandez, Prof. F. Bussy) con il prezioso aiuto di Pierre-Alain Wulzer.

## BIBLIOGRAFIA

- ALLÈGRE C.J, ALBAREDE F., GRÜNENFELDER M., KÖPPEL V.1974. Zircon Geochronology in Alpine and Non-Alpine Environment. *Contr. Mineral. & Petrol.* 43: pp.163-194.
- BARBARIN B. 1999. A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments. *Lithos*, v. 46: pp.605-626.

- BEFFA F.A.D, BOEHM C., MEIER M. 1996. Geochemistry and Sr-Nd whole-rock isotope data for the Leventina gneiss (Central Swiss Alps): first results and interpretations of petrogenesis. Abstract, Mitt. Österr. Min. Ges. 141: pp.62-63.
- BENISEK A., FINGER F. 1993. Factors controlling the development of prism faces in granite zircons: a microprobe study. Contr. Mineral. & Petrol. 114: pp.441-451.
- BÖHM C.O. 1996. Provenance and pre-mesozoic evolution of the Lucomagno Unit (Central Swiss Alps): a geochemical, isotopic and geochronological approach. - Diss. ETH No.11773, Zurigo: pp.1-143.
- CASASOPRA S. 1939. Studio petrografico dello Gneiss granitico Leventina (Valle Riviera e Valle Leventina, Canton Ticino). Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. 19: pp.449-709.
- CHAPPELL B.W., & WHITE A.J.R. 1974. Two contrasting granite types. Pacific Geology 8: pp.173-174.
- FREY M, HUNZIKER J.C., FRANK U., BOQUET J., DAL PIAZ G.V., JÄGER E., NIGGLI E. 1974: Alpine Metamorphism of the Alps. A Review. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. 54: pp.247-290.
- HEAMAN L. & PARRISH R.R. 1991. U-Pb geochronology of accessory minerals. In: Heaman L. and Ludden J.N. (eds). Applications of radiogenic isotope systems to problems in geology. Mineralog. Assoc. Canada, Short Course Handbook, 19: pp.59-102.
- NIGGLI P., PREISWERK H., GRÜTTER O., BOSSARD L., KÜNDIG E. 1936. Geologische Beschreibung der Tessiner Alpen zwischen Maggia- und Bleniotal. - Beitr. Geol. Karte Schweiz N.F. 71: 1-190.
- PUPIN J.P. 1976. Signification des caractères morphologiques du zircon commun des roches en pétrologie. Base de la méthode typologique. Applications. Thèse Doct. Etat. Univ. Nice (France), 1-394.
- PUPIN J.P. 1980. Zircon and Granite Petrology. Contr. Mineral. & Petrol. 73: pp.207-220.
- PUPIN J.P. 1985. Magmatic zoning of Hercynian Granitoids in France. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. 65/1: pp.29-56.
- PUPIN J.P. 1988. Granites as indicators in paleogeodynamics. Rend. Soc. Ital. Mineral. Petrol., 43/2: pp.237-262.
- PUPIN J.P. & TURCO G. 1972. Une typologie originale du zircon accessoire. Bull. Soc. Fr. Mineral. Cristallogr., 95: pp.348-359.
- SPICHER A. 1980. Tektonische Karte der Schweiz. Schweizerische Geologische Kommission.
- VAVRA G. 1990. On the kinematics of zircon growth and its petrogenetic significance: a cathodoluminescence study. Contr. Mineral. & Petrol. 106: pp.90-99.
- VOLPERS R. 1976. Geologia e petrografia della regione del Piottino. - Lavoro di Diploma ETH Zurigo: 1-126.