UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTÀ DI SCIENZE MM. FF. NN.

Dipartimento di Geoscienze
Direttore Prof. Cristina Stefani

TESI DI LAUREA TRIENNALE IN GEOLOGIA

MECCANISMI DI SOSTITUZIONE DEL TITANIO NELLA BIOTITE IN FUNZIONE DELL'AMBIENTE PETROGENETICO

Relatore: Prof. Claudio Mazzoli
Correlatore: Prof. Raffaele Sassi

Laureando: Davide Cavallin

ANNO ACCADEMICO 2014 / 2015

INDICE

1. Abstract pag 5
2. Introduzione pag 7
3. Le sostituzioni nella biotite pag 9
   3.1. Biotite pag 9
   3.2. Meccanismi di sostituzione pag 12
   3.3. Processi di normalizzazione pag 13
4. Campioni pag 17
5. Discussione pag 19
   5.1. Diagramma Ti vs Mg+Fe+^{VI}Al pag 25
   5.2. Diagramma Fe^{3+}+Al+2Ti-(3-Si) vs 2 ^{VI}□ pag 28
6. Conclusione pag 31

Bibliografia pag 33

Tabelle pag 35

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to investigate on the relationships between mechanisms of Ti substitution in biotite and petrogenetic environments. Ti can be accommodated in biotite according to three main substitution mechanisms: Ti-vacancy, where titanium entrance is balanced by crystalline vacant sites; Ti-oxy, where Ti change is balanced by H loss from the hydroxyle, and Ti-Tschermak, where the entry of Ti causes redistribution of charge in both octahedral and tetrahedral sites. Although Ti substitution mechanisms in biotite have been investigated extensively, the nature of this substitutions in different petrologic environments is still uncertain. In particular, it is unclear where and why the Ti-oxy substitution prevails over the Ti-vacancy and Ti-Schermak substitutions. The aim of this study is to contribute to the understanding of factors controlling the Ti entry mechanisms and to attempt to find a relationship between the dominant operating substitution mechanism and the petrologic context of the rocks.

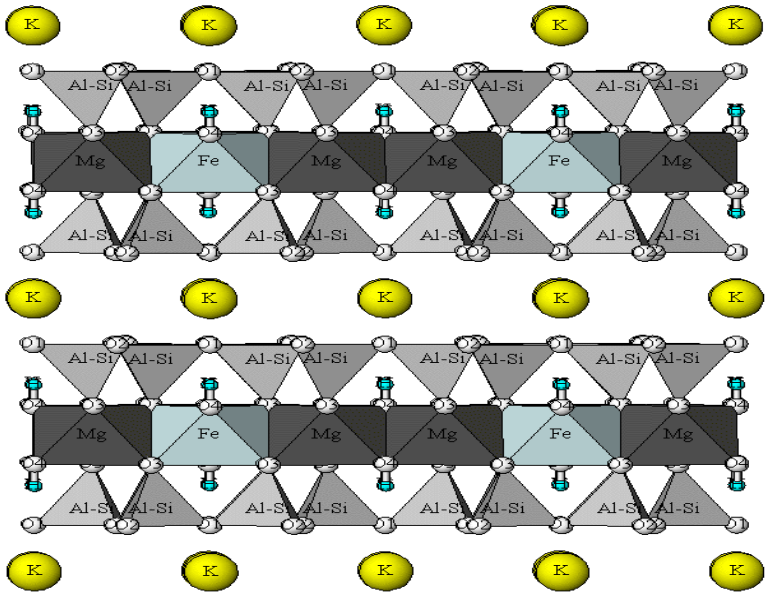
INTRODUZIONE

Scopo di questa tesi è indagare sui rapporti tra i meccanismi di sostituzione del titanio nella biotite e gli ambienti petrogenetici. Il Ti può entrare nella biotite secondo tre principali meccanismi di sostituzione : la Ti-vacanza, in cui l'ingresso di titanio è bilanciato da siti cristallini vacanti; la Ti-oxy, nella quale l'eccesso l'entrata di Ti è bilanciata dalla perdita di H dal sito ossidrile; la Ti-Tschermak, in cui l'ingresso di Ti provoca ridistribuzione di carica nei siti ottaedrico e tetraedrico. Sebbene i meccanismi di sostituzione di Ti nella biotite siano stati studiati in maniera estesa, la natura di queste sostituzioni in relazione ai diversi ambienti petrologici è ancora incerta. In particolare, non è chiaro dove e perché la sostituzione Ti-oxy prevalga sulle sostituzioni Ti-vacanza e Ti-Schermak. L'obbiettivo di questo lavoro è quello di contribuire alla comprensione dei fattori che controllano i meccanismi di entrata di Ti e tentare di trovare una relazione tra il meccanismo di sostituzione dominante e il contesto petrologico delle rocce.

LE SOSTITUZIONI NELLA BIOTITE

BIOTITE:

La biotite $[K(Mg,Fe,Mn)_3[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2]$ è un importante e comune minerale di molte rocce magmatiche intrusive, effusive e metamorfiche. Si presenta generalmente in cristalli euedrali tabulari o lamellari a contorno esagonale. Grazie alla particolare disposizione dei suoi atomi, e soprattutto alla sua struttura a strati *T-O-T* intervallati da cationi ad elevato raggio ionico, la biotite ha una sfaldatura perfetta lungo piani paralleli (in corrispondenza dei cationi interstrato, che hanno bassa energia di legame); le lamine sono flessibili ed elastiche e presentano lucentezza metallica e brillante, con tipico colore che va dal verde scuro al marrone e al nero. La struttura peculiare della biotite è il pacchetto *T-O-T*, che consiste in uno strato a coordinazione ottaedrica interposto a due strati a coordinazione tetraedrica.



Il tetraedro silicio-ossigeno è l'unità fondamentale di tutti i silicati, i minerali più abbondanti sulla Terra (costituiscono oltre il 90% delle rocce della crosta), e consiste in quattro ioni O^{2-} ai vertici di un tetraedro regolare che circondano uno ione Si^{4+} posizionato al centro. Nel legame Si-O, che è per il 50% covalente e per il 50% ionico, si ha condivisione elettronica; la carica totale del silicio viene distribuita in parti uguali ai quattro atomi di ossigeno. La forza di ogni singolo legame Si-O è pari alla metà dell'energia totale disponibile nell'ossigeno: ogni anione O^{2-} ha quindi il potenziale per legarsi ad un altro catione Si^{4+} e partecipare ad un altro gruppo tetraedrico, oppure di legarsi ad altri cationi all'interno di una struttura cristallina. Questo processo di condivisione degli atomi di ossigeno tra siti adiacenti a coordinazione tetraedrica da origine a una varietà di configurazioni strutturali definite come segue: i *nesosilicati* hanno tetraedri indipendenti, non legati tra loro; i *sorosilicati* si collegano a due a due; i *ciclosilicati* formano strutture chiuse ad anello; quando i tetraedri formano catene, singole o doppie, prendono il nome di *inosilicati*; la condivisione di tre atomi di ossigeno in tetraedri disposti in piano ed estesi indefinitamente, di composizione unitaria pari a Si_2O_5,è caratteristica dei *fillosilicati*; quando infine tutti gli O dei tetraedri sono condivisi, si ottengono le strutture dei *tectosilicati*.

Come è stato specificato prima, nei fillosilicati solamente tre O vengono condivisi con altrettanti tetraedri: un atomo di ossigeno "libero" viene condiviso con il sito ottaedrico posto al di sotto del piano di tetraedri. Lo strato a coordinazione 6 del pacchetto *T-O-T* infatti è costituito, nella biotite, da un atomo centrale (Fe e Mg e, in misura minore, Al), circondato da quattro ossigeni e due gruppi OH ai vertici: lo strato ottaedrico si può legare ad uno strato tetraedrico superiore tramite condivisione di due atomi di ossigeno, formando strutture *T-O* come quelle dell'antigorite

$[(Mg,Fe)_3Si_2O_5(OH)_4]$ e della caolinite $[Al_4Si_4O_{10}(OH)_8]$, oppure può formare legami su entrambi i lati, con condivisione di 4 atomi di ossigeno: in questo caso si ottengono strutture *T-O-T* tipiche del talco $[Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2]$ e della pirofillite $[Al_2Si_4O_{10}(OH)_2]$.

Le miche, il gruppo mineralogico di cui fa parte la biotite, presentano una struttura diversa dagli altri fillosilicati grazie alla presenza di Al nel sito tetraedrico: gli atomi di Silicio tetravalente (Si^{4+}) vengono in parte sostituiti da atomi di Alluminio trivalente (Al^{3+}), e ciò genera cariche libere sulla superficie dei pacchetti *T-O-T*; questo provoca l'ingresso di cationi negli interstrati, con il risultato di rinforzare i legami di Van der Waals con legami ionici. disequilibrio di carica. Tipicamente, il catione interstrato è il potassio K.

MECCANISMI DI SOSTITUZIONE:

Il principale meccanismo che provoca un arricchimento in Alluminio nelle biotiti è descritto dalla sostituzione Al-Tschermak:

$$^{VI}R^{2+} + {}^{IV}Si^{4+} = {}^{VI}Al^{3+} + {}^{IV}Al^{3+}$$

Questa reazione implica che alla sostituzione di un atomo di Al per uno di Si nel sito tetraedrico segua un'ulteriore entrata di Al nel sito ottaedrico a discapito di un atomo bivalente nello stesso sito, solitamente Fe e Mg. La Al-Tschermak appena descritta non è l'unico processo di sostituzione che si riscontra nelle biotiti. Oltre infatti alla sostituzione di Si^{4+} con Al^{3+} nel sito tetraedrico, si è osservato anche una sostituzione di Mg^{2+} e Fe^{2+}, gli atomi posti al centro dell'ottaedro, con Fe^{3+} e Ti^{4+}.

I principali metodi di sostituzione che coinvolgono il titanio (Sassi et al, 2008) si possono riassumere in tre processi:
1) la sostituzione chiamata Ti-vacanza implica la creazione di vacanze (cioè siti atomici non occupati) nel sito ottaedrico:

$$^{VI}2R^{2+} = {}^{VI}Ti^{4+} + {}^{VI}\square$$

2) la sostituzione chiamata Ti-Tschermak implica che il bilanciamento di carica dovuto all'entrata del Titanio avvenga con modificazioni sia nel sito ottaedrico sia in quello tetraedrico:

$$^{VI}R^{2+} + 2\,{}^{IV}Si^{4+} = {}^{VI}Ti^{4+} + 2\,{}^{IV}Al^{3+}$$

3) la sostituzione chiamata Ti-oxy coinvolge la perdita di idrogeno da parte di un gruppo ossidrile:

$$^{VI}R^{2+} + 2OH^{-} = {}^{VI}Ti^{4+} + 2O^{2-} + H_2$$

Questa sostituzione viene anche chiamata "Oxy-substitution" (Waters, 2002), per via del fatto che può essere espressa nel seguente modo:

$$^{VI}R^{2+} + 2OH^{-} + ½\,O_2 = {}^{VI}Ti^{4+} + 2O^{2-} + H_2O.$$

PROCESSI DI NORMALIZZAZIONE:

La microsonda elettronica, utilizzata per determinare la composizione delle biotiti, non permette di distinguere tra i due diversi stadi di ossidazione del Ferro (Fe^{2+} e Fe^{3+}) e inoltre non può analizzare direttamente il contenuto in acqua. Un'eventuale sostituzione di un gruppo ossidrile con un atomo di ossigeno quindi non verrebbe rilevata. Non potendo misurare con esattezza il numero di cationi, e conseguentemente il numero di anioni, presenti nel minerale, è stato necessario introdurre degli schemi semplificativi chiamati processi di normalizzazione. Un primo processo può essere schematizzato da questa relazione:

Cationi Totali – (K+Na+Ca+Ba) = 7.0

Questa normalizzazione prevede innanzitutto la completa occupazione dei siti tetraedrici e ottaedrici (eventuali vacanze dovute a sostituzioni come la Ti-vacancy non verrebbero conteggiate) (Dymek, 1983). In un'unità di formula di biotite vengono considerati 10 atomi di ossigeno e 2 anioni monovalenti (OH, F, Cl). La quantità di Fe^{3+} viene calcolata tramite la differenza tra 22.0, la carica totale prevista, e la carica positiva calcolata. Questo metodo di normalizzazione non è efficace nelle biotiti studiate in quanto un'eventuale presenza di vacanze provocherebbe una carica totale sovrastimata in maniera direttamente proporzionale al numero di vacanze stesse. Alternativamente, un eccesso di carica potrebbe non essere indicativo di vacanze, ma potrebbe invece essere dovuto ad una sovrabbondanza di gruppi ossidrili (sostituzione Ti-oxy) (Waters, 2002).

Un secondo processo si basa sulla relazione:

Carica Cationica Totale = 44.0

In questa semplificazione il ferro è considerato interamente Fe^{2+}, e si assume che in un'unità di formula di biotite siano presenti 20 atomi di ossigeno e 4 anioni monovalenti (OH, F, Cl), per un totale di carica

cationica pari a 44.0, o l'equivalente di 22 ossigeni; il silicio è localizzato nel sito tetraedrico e viene bilanciato da Al, che va a sostituirsi in rapporto ¼. L'alluminio in eccesso viene allocato nel sito ottaedrico. La presenza di vacanze non influisce sul calcolo dei cationi, ma la quantità di ferro trivalente rimane incognita con questa procedura. Se una porzione del ferro fosse trivalente, sarebbero necessari meno cationi per bilanciare la carica, e di conseguenza il numero di vacanze nei siti ottaedrici sarebbe maggiore; d'altra parte, se ci fosse un eccesso di ossigeno, il numero di cationi sarebbe sottostimato e le vacanze sarebbero meno di quelle calcolate assumendo la carica costante a 44, come impone la normalizzazione (Abrecht, 1988).

Poiché la sostituzione di Ti potrebbe implicare vacanze, uno schema di normalizzazione più appropriato che tiene conto del numero di cationi sarebbe:

Cationi Totali – (K+Na+Ca+Ba) + Ti = 7.0

Tuttavia non si elimina l'eccesso di carica che si riscontra in molte analisi, in particolare quelle che riguardano biotiti ad alto contenuto in Al^{VI}.

Un ultimo metodo tiene conto delle vacanze associate alla sostituzione di alluminio: la reazione prevede che la sovrabbondanza di alluminio derivante dalla sostituzione Al-Tschermak venga bilanciata da un'ulteriore sostituzione diottaedrica-triottaedrica:

$$3\,{}^{VI}R^{2+} = 2\,{}^{VI}Al^{3+} + {}^{VI}\square$$

L'alluminio in eccesso viene definito nel seguente modo:

$${}^{VI}Al_{xc} = {}^{VI}Al - {}^{IV}Al + (K+Na+2Ca+2Ba)$$

La normalizzazione quindi viene espressa dalla relazione:

Cationi Totali – (K+Na+Ca+Ba) + Ti + ½ ${}^{VI}Al_{xc}$ = 7.0

che colloca una vacanza per ogni due atomi di alluminio in eccesso nel sito ottaedrico. Questa normalizzazione elimina qualsiasi eccesso di carica e permette una buona stima della quantità di Fe^{3+}, ma solo nelle biotiti con alto contenuto in alluminio, nelle quali appunto c'è un arricchimento di Al tramite sostituzione di Al-Tschermak.

I meccanismi di normalizzazione in via definitiva consentono una discreta approssimazione del contenuto in Fe bivalente e trivalente, ma se si vuole stabilire con precisione quale meccanismo di sostituzione prevalga in un determinato campione di biotite, è necessario misurare direttamente il contenuto in ferro mediante, ad esempio, la tecnica spettroscopica Mössbauer.

CAMPIONI

Le analisi delle biotiti qui considerate provengono in parte da letteratura e in parte da nuove analisi ancora inedite. Di seguito una tabella che mostra i lavori utilizzati, i litotipi, le principali associazioni mineralogiche e le località di provenienza dei campioni.

sigla	**litotipo**	**associazione mineralogica**	**località**	**bibliografia**
SCM(08)	xenoliti metapelitiche	Kfs-And-Sill-Pl-Sp-Bt-Ilm	Colli Euganei	Sassi et al. (2008)
LKS(94)	graniti	Kfs-Pl-Qtz-Bt	Caucaso nord	Lyakhovich et al. (1994)
BO(80)	xenoliti ultramafiche	Cpx-Opx-Bt-Phl	Rain Creep Complex, Montana	Boettcher and O'Neil (1980)
CLL(96)	minette lavas	Phl-Bt-Aug-Sa	Mascota, Messico	Carmichael et al. (1996)
DGH(93)	filoni	Ilm-Pyr-Mag-Grt-Ru	Varie località	Dyar et al. (1993)
FLV(96)	minette lavas	Phl-Aug-Bt	Mascota, Messico	Feldstein et al. (1996)
	lamproiti	Ol-Di-Phl-Bt-Sa	Leucite Hills, Wyoming	
	xenoliti di mantello	Cpx-Bt-Phl-Mag	African Rift, Uganda	
	andesiti	Pl-Bt-Hbl	Mono Basin, California	
RDD(02)	xenoliti e duniti	Ol-Sp-Mag-Bt	Miko tuff	Righter et al. (2002)
CCR(03)	xenoliti metapelitiche di anatessi	Pl-Bt-Grt-Gr	El Joyazo, Spagna	Cesare et al. (2003)
SVS(06)	depositi piroclastici a foidite-tefrite	Pl-Opx-Cpx-Bt-Phl	Mt. Vulture, Italia	Scordari et al. (2006)
BFG(00)	graniti	Kfs-Pl-Qtz-Bt	Victoria Land, Antartide; Sardegna, Italia	Brigatti et al. (2000)

MO	gabbri e gabbri cumulitici	Pl-Cpx-Bt-Hbl	Monzoni, Italia	Nuovi dati
T-A-1	tonaliti	Pl-Qtz-Bt-Hbl	Adamello, Italia	Nuovi dati
IST1	tonaliti	Pl-Qtz-Bt-Hbl	Iseltal, Austria	Nuovi dati
MMR1-2	granuliti	Or-Pl-Qtz-Ru-Bt	Colli Euganei	Nuovi dati
GB1	graniti	Kfs-Pl-Qtz-Bt	Bressanone, Italia	Nuovi dati
Ada11	granodioriti	Pl-Qtz-Kfs-Bt-Hbl	Adamello, Italia	Nuovi dati
Leo	filliti	Qtz-Cl-Bt-Ms	St. Leonard, Svizzera	Nuovi dati
Pn	filliti	Qtz-Chl-Bt-Ms	Passo di Pennes, Italia	Nuovi dati
Vd	filliti	Qtz-Chl-Bt-Ms	Vintl, sudTirolo	Nuovi dati
RBS(13)	gneiss	Pl-Qtz-Bt-Amp-Mag-Iml	Limpopo Complex, South Africa	Rajesh et al. (2013)
MSS(08)	rocce piroclastiche	Cpx-Pl-Bt-Phl-Mag-Ap	Mt. Vulture, Italia	Matarrese et al. (2008)
RCH(09)	carbonatiti	Cal-Ap-Phl-Mag	Varie località	Reguir et al. (2009)
	kimberliti	Ol-Phl-Cal		
TVL(97)	lamproiti	Ol-Di-Lct-Phl	Middle Park, Colorado	Thompson et al. (1997)
KR(13)	carbonatiti	Cal-Ap-Aeg-Bt-Amp	Chernigovka Massif, Ucraina	Kogarko and Ryabchilkov (2013)
GBS(11)	granuliti	Grt-Opx-Bt-Kfs	Gruf Complex, Svizzera	Galli et al. (2011)
LMS(12)	kamafugiti	Ol-Mll-Phl-Sp	Kasenji field, Uganda	Lacalamita et al. (2012)
MKG(13)	granuliti	Ca-Di-Phl-Ap	Madagascar	Morteani et al. (2013)

DISCUSSIONE

Scopo di questa tesi è, come già specificato, trovare una corrispondenza tra l'ambiente di formazione delle biotiti titanifere e il meccanismo principale di sostituzione dei Ti nel sito ottaedrico. Prima di analizzare i dati pubblicati, si è cercato di riassumere le principali assunzioni emerse da vari lavori compiuti sulle biotiti, e in particolare, stabilire alcuni concetti e linee guida che aiutino successivamente a classificare le numerose analisi raccolte.

Da uno studio compiuto da J. Abrecht e D. Hewitt (1988) su biotiti a Fe e Mg, è emerso che la sostituzione Ti-Tschermak è predominante nelle biotiti che hanno simili quantità di ferro e magnesio, mentre per quelle molto ricche in ferro sembra prevalere la sostituzione Ti-vacancy.

La correlazione tra alto contenuto in Mg e la sostituzione Ti-Tschermak è confermata anche dalle analisi compiute (Sassi et al, 2008) su xenoliti dei Colli Euganei: le biotiti derivanti da metapeliti con alto Mg sono controllate principalmente dalla sostituzione Tschermak.

I meccanismi Ti-oxy e Ti-vacancy sembrano avere invece una forte correlazione con il contenuto in H_2O: le biotiti studiate da Sassi et al. (2008) sono state differenziate in base all'ambiente petrogenetico: un primo gruppo di biotiti, derivante da rocce vulcaniche, xenoliti e metapeliti ultramafiche di crosta o di mantello soggette a fusione incongruente, ha come meccanismo dominante la Ti-oxy; il minerale si è cristallizzato in un ambiente anidro o molto deidratato, che ha dato spazio a reazioni di deidratazione. Il secondo gruppo, costituito da graniti, xenoliti e metapeliti non derivanti da fusione incongruente, non mostra un meccanismo di sostituzione dominante, infatti, oltre alla Ti-oxy comunque presente, si sono riscontrate vacanze dovute alla Ti-vacancy; l'ambiente di formazione in questo caso è saturo d'acqua, e ha favorito maggiormente la sostituzione di titanio con la creazione di vacanze.

Molto importante è anche il rapporto tra Fe^{2+} e Fe^{3+}. La quantità di ferro trivalente, se non misurata in spettrometria Mössbauer, non è di facile calcolo, in quanto i tradizionali metodi in microsonda elettronica per le analisi chimiche permettono di determinare solamente il contenuto totale di Fe. Alcuni lavori, invece, riportano i dati di Fe^{2+}/Fe^{3+} ottenuti in spettrometria Mössbauer e il contenuto in H_2O ottenuto dalla misura dell'idrogeno in microsonda ionica. Il confronto con questi campioni è stato utilizzato per effettuare una stima approssimativa del rapporto Fe2+/Fe3+ sui campioni per i quali detto rapporto non era disponibile. È stato considerato anche il rapporto Fe/Mg nella biotite, gli ossidi e/o i solfuri associati.

In particolare si è osservata la presenza di alcuni minerali opachi che forniscono indicazioni sulle condizioni redox dell'ambiente genetico:

- Associazioni contenenti *magnetite* suggeriscono condizioni particolarmente ossidanti; alle biotiti di campioni contenenti questa fase è stato quindi assegnato un valore di $Fe^{2+}/Fe_{tot} = 0.4$.
- Associazioni contenenti *ilmenite* e *spinello* indicano condizioni più riducenti, e quindi è stato utilizzato per le biotiti associate un valore del rapporto $Fe^{2+}/Fe_{tot} = 0.6$.
- Associazioni contenenti *grafite* indicano condizioni ancora più riducenti; alle biotiti formatesi in queste condizioni è stato assegnato un valore di 0.8-0.9.

R. Dymek, nel suo studio sul titanio delle biotiti (Dymek, 1983), conclude osservando che il contenuto in Fe^{3+} risulta massimo nelle biotiti con magnetite, minimo nelle biotiti con grafite.

Si è inoltre osservato che in particolari ambienti petrogenetici si riscontra abbondanza di ferro, in altri invece quest'ultimo è presente in minima parte, compensato da un'elevata quantità di magnesio.

Le biotiti derivanti da lave, ad esempio, mostrano bassissimi contenuti in ferro, con rapporto Fe/Fe+Mg che varia da 0.1 a 0.2. Inoltre il Fe^{3+} è presente in maggiore quantità rispetto al Fe^{2+}, con un rapporto Fe^{2+}/Fe_{tot} di 0,2. Al contrario, alti contenuti in ferro sono stati rilevati nei graniti, nelle tonaliti e nelle grano dioriti; in queste rocce si è osservato generalmente un alto rapporto Fe^{2+}/Fe^{3+} con valori di Fe^{2+}/Fe_{tot} superiori a 0.7.

Ad influire sul contenuto in titanio e sul metodo di sostituzione prevalente nelle biotiti, oltre al contenuto in ferro e magnesio, è la presenza di acqua. Come si è visto, un ambiente povero d'acqua favorisce la sostituzione Ti-oxy, che comporta la sostituzione di un gruppo OH con un ossigeno, liberando H^+. Nella gran parte delle analisi prese in esame, il contenuto in acqua non è stato misurato; si è cercato inizialmente di stabilire un metodo che permettesse di calcolarne il peso partendo dai dati acquisiti: il contenuto in H_2O poteva essere espresso come la deficienza in peso del totale degli ossidi, di F e Cl (atomi che possono sostituirsi al gruppo OH) rispetto alla chiusura ideale dell'analisi al 100%. Nonostante in molti casi si ottenesse una stima del contenuto in acqua apparentemente verosimile, si è compreso che con questo tipo di approccio tutti gli errori analitici si riversavano sulla stima dell'acqua, introducendo errori inaccettabili. Di conseguenza si è deciso di imporre un valore medio pari a 2.7 wt% di H_2O per tutte le analisi per le quali l'acqua non era stata misurata in microsonda ionica (con l'eccezione dei campioni per i quali questo valore avrebbe comportato una chiusura dell'analisi superiore al 100%).

Con lo scopo di osservare al meglio il comportamento delle biotiti in relazione al metodo di sostituzione predominante, si sono costruiti due grafici: il primo mostra in ascissa il contenuto in titanio e in ordinata la

somma dei contenuti in magnesio, alluminio e ferro. Il secondo grafico confronta invece il numero di vacanze riscontrate nel sito ottaedrico con la somma di Fe^{3+} e Ti.

Per facilitare la comprensione dei grafici, e specialmente per mettere a confronto biotiti di differente origine petrologica, sono stati attribuiti colori diversi ai diversi litotipi:

Rocce ultramafiche di mantello, xenoliti, lave e rocce piroclastiche (simboli di colore rosso nei grafici di Figure 1 e 2): in questa categoria sono state raggruppate le biotiti di rocce a composizione prevalentemente ultrabasica (Boettcher & O'neil, 1980), derivanti direttamente da lave (Charmichael et al., 1996), o ritrovate come xenoliti all'interno di filoni (kimberliti e lamproiti), o ancora come prodotti piroclastici (Scordari et al, 2006).

Il contenuto in Ti è modesto (0.1-0.2 a.p.f.u.), con rari casi in cui raggiunge un valore leggermente più alto (0.4 a.p.f.u., Sassi et al., 2008). Il ferro totale è variabile, da un minimo di 0,2 (Boettcher & O'neil, 1980) ad un massimo di 1,4 a.p.f.u. (Reguir et al., 2009); si può notare un'abbondanza relativa di ferro bivalente nelle rocce di provenienza mantellica (lamproiti, kimberliti) rispetto alle lave, che mostrano in genere bassissime quantità di FeO. Le vacanze sono quasi totalmente assenti (molte volte il numero di atomi a coordinazione ottaedrica calcolata supera il valore di 3), tranne nel caso delle xenoliti metapelitiche dei Colli Euganei (Sassi et al., 2008), che mostrano un valore di 0,2 p.f.u.

Rocce granitoidi a chimismo da acido a intermedio (simboli di colore nero nei grafici di Figure 1 e 2): questo gruppo comprende le biotiti associate a graniti, tonaliti e granodioriti. Le associazioni mineralogiche principali sono quelle a K-feldspato, plagioclasio, quarzo, biotite ed orneblenda. Il contenuto in titanio nella biotite è basso (circa 0.1 a.p.f.u.), mentre il Fe è abbondante specialmente nei graniti (1.4-1.5 a.p.f.u.). Sempre in

quest'ultimi (GB1, Brigatti et al., 2000, Lyakhovich et al., 1994), si nota uno scarso apporto di Mg (0.8 a.p.f.u.) nelle biotiti, a causa del chimismo prevalentemente acido. Considerevole è anche il valore stimato di vacanze, in media 0.2 p.f.u.

Gabbri (simboli di colore arancione nei grafici di Figure 1 e 2): i gabbri qui considerati provengono dalla Valle dei Monzoni (Trento). Le biotiti di questi campioni, di cui sono stati presentati nuovi dati analitici, sono caratterizzate da un contenuto in titanio decisamente superiore rispetto a quello delle altre rocce granitoidi (0.3-0.4 a.p.f.u.). Il ferro totale è mediamente 1.2 a.p.f.u, salvo in alcuni gabbri ricchi di olivina in cui il valore si abbassa a 0.8 a.p.f.u; da un confronto con altre rocce simili caratterizzate dalla presenza di magnetite e dall'assenza di ilmenite, si è assegnato a queste biotiti un valore di $Fe^{2+}/Fe_{tot} = 0.4$.

Si evidenza inoltre l'assenza di ^{VI}Al, con i siti ottaedrici completamente occupati da Fe, Mg e Ti. Le vacanze, come nei graniti, sono apprezzabili (0.1-0.2 p.f.u.).

Rocce metamorfiche in facies granulitica (simboli di colore verde nei grafici di Figure 1 e 2): questo gruppo comprende le biotiti presenti in granuliti (MMR1-2), rocce metamorfiche di alta temperatura prodottesi da un metamorfismo regionale. Costituenti comuni delle granuliti sono i feldspati (plagioclasio e feldspato alcalino), il quarzo, il granato, l'ortopirosseno (ricco in Al) e il clinopirosseno (diopside). Altri minerali frequenti sono cianite, sillimanite, rutilo, ilmenite, biotite, orneblenda. Le analisi microchimiche indicano che le biotiti di queste rocce presentano in genere un elevato contenuto in Mg (in media 1.9 fino anche a 2.6 a.p.f.u.) e conseguentemente un minore contenuto in Fe (0.7 a.p.f.u.) e Ti (0.2 a.p.f.u.). Le vacanze risultano invece assenti.

Gruppo delle filladi e micascisti (simboli di colore viola nei grafici di Figure 1 e 2): le filladi (Leo) e i micascisti (Pn, Vd) sono prodotti

metamorfici di basso e medio grado di rotte pelitiche. La loro composizione mineralogica comprende muscovite, quarzo, plagioclasio, ± clorite, ± biotite, ± granato, ± staurolite. I dati relativi alla composizione della biotite in queste rocce mostrano bassi valori in Mg (1.1 a.p.f.u.) e contenuti in Ti molto bassi (0.1 a.p.f.u.), mentre il Fe è presente in quantità comprese tra 1.1 e 1.4 a.p.f.u.). È presente anche un discreto contenuto in ^{VI}Al (0.4 a.p.f.u.). Le vacanze non superano il valore 0.1 p.f.u.

Diagramma Ti vs (Mg + Fe + ^{VI}Al)

Nel grafico in Figura 1, in ascissa troviamo il contenuto in titanio: è stato calcolato a partire dall'ossido TiO_2 misurato in microsonda elettronica, dal quale si è calcolato, tramite specifici coefficienti, il quantitativo effettivo di atomi di titanio contenuti in un'unità di formula. In ordinata è contrapposta la somma di Mg, Fe e ^{VI}Al: è da notare che ^{VI}Al, che si riferisce all'alluminio occupante il sito ottaedrico, ha quasi sempre un valore inferiore a 0.1 atomi per unità di formula (tranne rari casi in cui raggiunge quello di 0.4 a.p.f.u.) e quindi è poco influente rispetto a Mg, che in media un ha valore di 1.5 a.p.f.u; il Fe (si intende la somma tra Fe^{2+} e Fe^{3+}) varia tra 1.6 e 0.3 a.p.f.u.

La prima cosa che risulta evidente dalla lettura del grafico è che all'aumento di Ti è ovviamente associata una diminuzione di Mg + Fe + ^{VI}Al; tuttavia, i dati relativi ai diversi gruppi di rocce considerati tendono a disporsi, nel diagramma di Figura 1, secondo allineamenti a diversa pendenza, compresi tra una linea superiore ed una inferiore, che rappresentano rispettivamente le sostituzioni Ti-oxy e Ti-vacanza ideali.

La sostituzione Ti-vacanza ideale, che ricordiamo viene espressa nel seguente modo

$$2\,{}^{VI}R^{2+} = {}^{VI}Ti^{4+} + {}^{VI}\square$$

è rappresentata dalla retta continua inferiore, che relaziona ad ogni aumento di titanio (ascissa) una diminuzione di due unità in ordinata.

La retta superiore è invece la rappresentazione ideale del meccanismo di sostituzione Ti-oxy:

$${}^{VI}R^{2+} + 2OH^{-} = {}^{VI}Ti^{4+} + 2O^{2-} + H_2$$

Come si può notare dalla formula, il titanio sostituisce un altro catione nel sito ottaedrico in relazione 1:1, senza quindi la formazione di vacanze. I campioni che ricadono perciò a ridosso di una o dell'altra retta saranno caratterizzati da prevalente sostituzione Ti-vacanza o Ti-oxy rispettivamente.

Dall'analisi del diagramma di Figura 1, è emerso che:

1. Le biotiti associate a rocce di mantello e lave (colore rosso) presentano generalmente una prevalenza di sostituzione Ti-oxy, pur essendoci alcuni dati che si discostano da questo andamento. Bisogna tuttavia ricordare che questi campioni hanno elevato contenuto in Fe e quindi un errore nella stima del rapporto Fe^{2+}/Fe_{tot} ha una grande influenza nella collocazione dei campioni nel diagramma di Figura 1;

2. Le biotiti riferite delle rocce granitoidi (colore nero) mostrano la Ti-vacanza come meccanismo prevalente di sostituzione;

3. Le biotiti dei gabbri (arancione) hanno valori di Ti più elevati, e si collocano in una posizione intermedia tra le rette Ti-vacanza e Ti-oxy. È lecito supporre che in queste biotiti le due sostituzioni siano entrambe presenti;

4. Le biotiti associate a granuliti (verde) sono dominate dalla Ti-oxy (retta superiore) e occupano la parte più a sinistra del grafico, in corrispondenza cioè di bassi valori di Ti; le altre rocce di natura intrusiva assimilate a questo litotipo mostrano invece abbondanza di titanio e sostituzioni maggiormente regolate dalla Ti-vacanza;

5. Infine le biotiti associate alle metapeliti sembrano dominate dalla sostituzione Ti-vacanza, anche se il basso contenuto in Ti rende più difficile una corretta interpretazione.

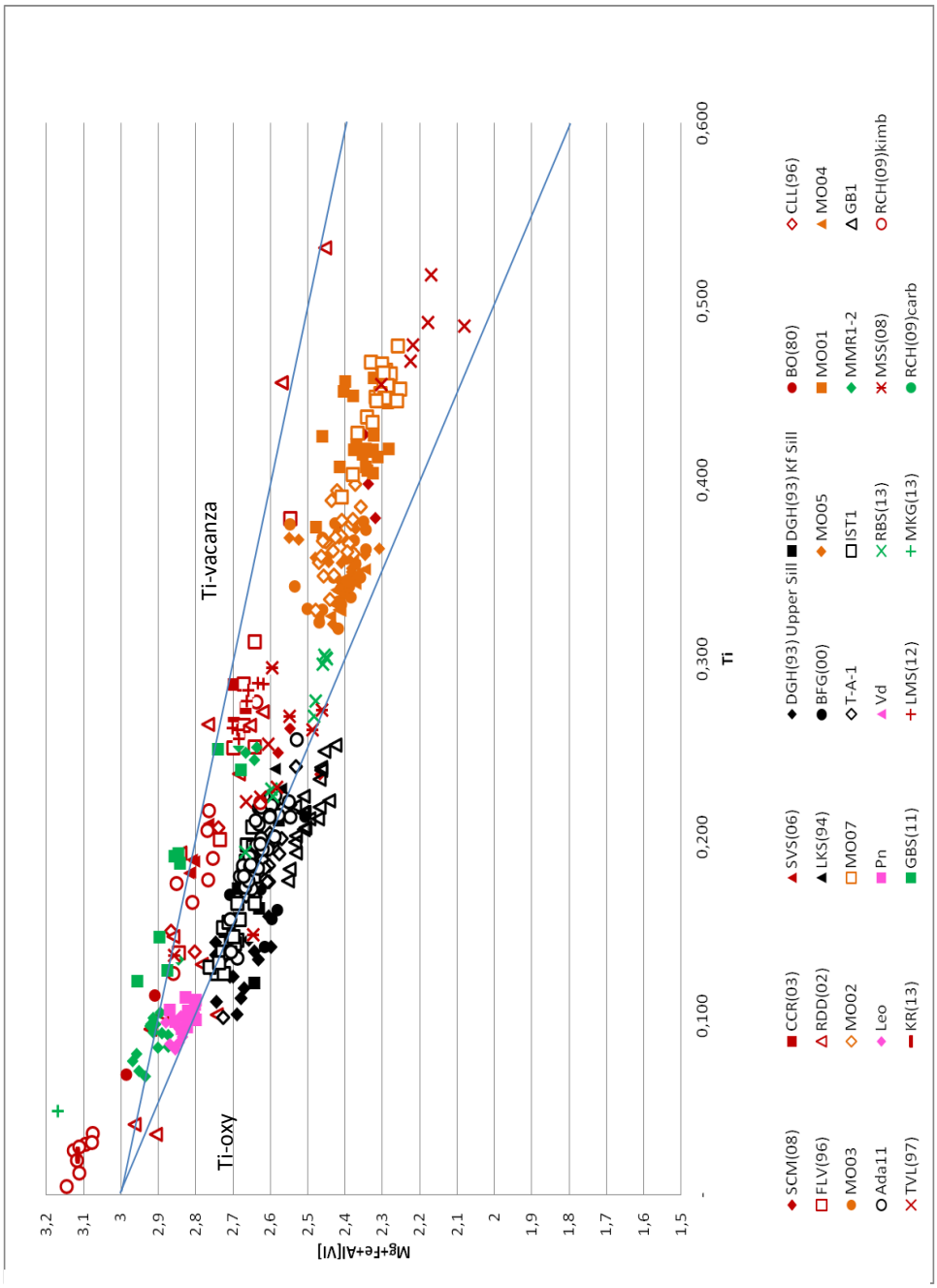


Figura 1 - diagramma di variazione dei componenti chimici principali che descrivono i meccanismi di sostituzione di titanio; la linea inferiore rappresenta la sostituzione Ti-vacanza ideale, mentre la linea superiore rappresenta la sostituzione Ti-oxy ideale. Simboli rossi = rocce ultramafiche di mantello, xenoliti, lave e rocce piroclastiche; simboli neri = rocce granitoidi; simboli arancioni = gabbri; simboli verdi = rocce metamorfiche in facies granulitica; simboli viola = filladi e micascisti. SCM(08) = Sassi et al. (2008); CCR(03) = Cesare et al. (2003); SVS(06) = Scordari et al. (2006); DGH(93) = Dyar et al. (1993); FLV(96) = Feldstein et al. (1996); BO(80) = Boettcher and O'Neil (1980); LKS(94) = Lyakhovich et al. (1994); CLL(96) = Carmichael et al. (1996); RDD(02) = Righter et al. (2002); BFG(00) = Brigatti et al. (2000); MSS(08) = Matarrese et al. (2008); RBS(13) = Rajesh et al. (2013); RCH(09) = Reguir et al. (2009); TVL(97) = Thompson et al. (1997); KR(13) = Kogarko et al. (2013); GBS(11) = Galli et al. (2011); LMS(12) = Lacalamita et al. (2012); MKG(2013) = Morteani et al. (2013); MO, T-A-1, IST1, MMR1-2, GB1, Ada11, Leo, Pn, Vd = nuovi dati.

Diagramma $^{VI}Fe^{3+}$ + ^{VI}Al + 2Ti - (3-Si) vs 2 $^{VI}\square$

Il secondo grafico (Figura 2) analizza in contenuto in vacanze rispetto al numero totale di atomi occupanti il sito ottaedrico. I dati che ricadono sull'asse orizzontale hanno vacanza pari a 0: ciò significa che l'eccesso di carica legato all'entrata del Ti (e del Fe^{3+}) nel sito ottaedrico è compensato da una deprotonizzazione (Ti-oxy). I dati che si allineano lungo la retta inclinata che parte dall'origine, indicano una situazione opposta: l'eccesso di carica nel sito ottaedrico viene interamente compensato da vacanze (due per ogni eccesso di un atomo), tale retta rappresenta quindi il caso ideale di sostituzione Fe^{3+}-Ti-vacanza.

Si è potuto osservare che:

1. Le biotiti derivanti da rocce ultramafiche, xenoliti di mantello e lave, si allineano lungo l'orizzontale della Ti-oxy ideale; ambienti poveri di acqua sembrano dunque favorire la sostituzione Ti-oxy;
2. Nelle biotiti associate a graniti, tonaliti e granodioriti, agiscono entrambe le sostituzioni, ma la Ti-vacanza tende a prevalere.

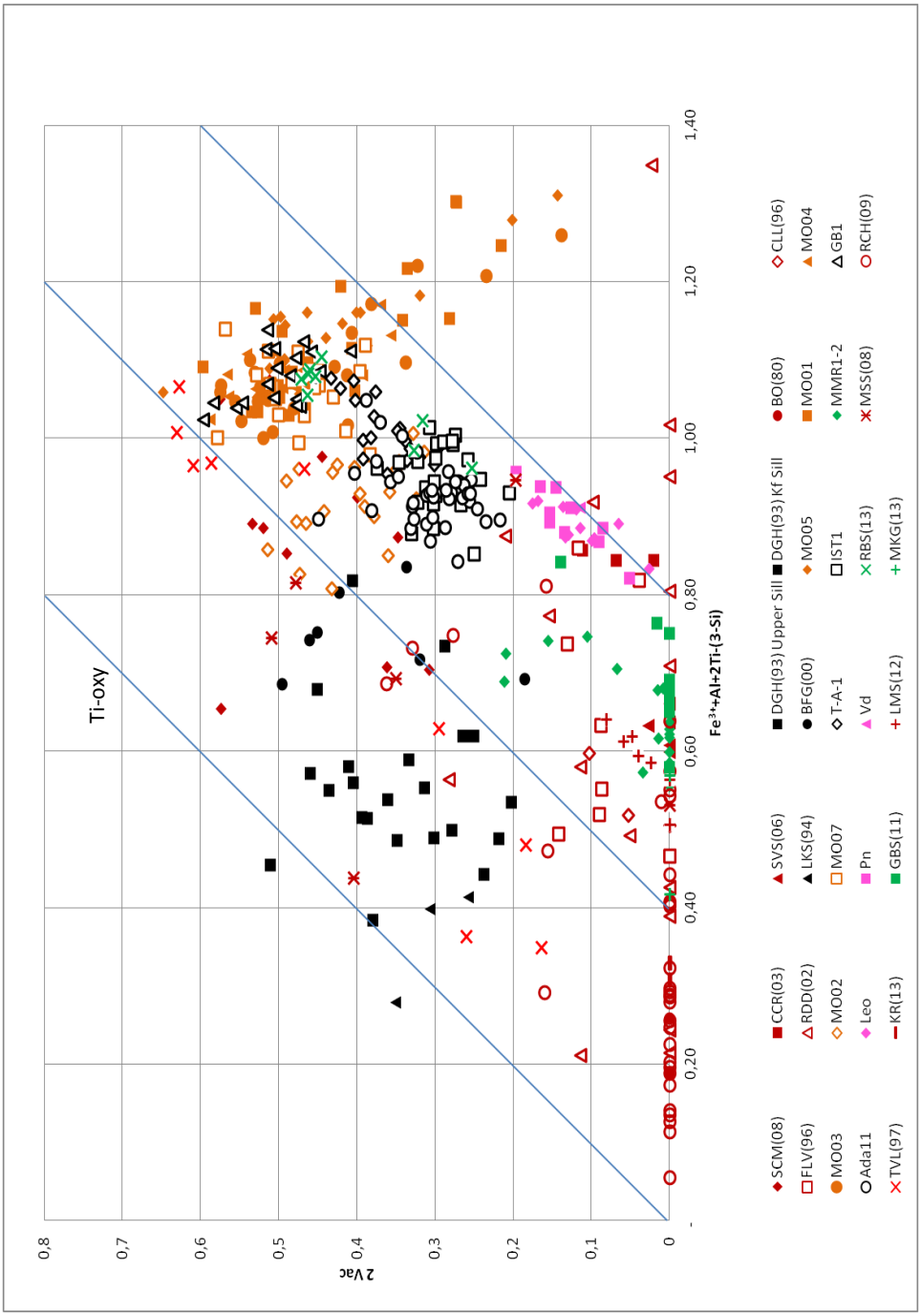


Figura 2- Fe^{3+VI} + Al^{VI} + 2Ti - (3-Si) vs 2 Vac^{VI} diagramma di variazione dei componenti chimici principali che descrivono i meccanismi di sostituzione di titanio; la linea inferiore rappresenta la sostituzione Ti-vacanza ideale, mentre la linea superiore rappresenta la sostituzione Ti-oxy ideale. Simboli rossi = rocce ultramafiche di mantello, xenoliti, lave e rocce piroclastiche; simboli neri = rocce granitoidi; simboli arancioni = gabbri; simboli verdi = rocce metamorfiche in facies granulitica; simboli viola = filladi e micascisti. Per le sigle dei campioni si veda la didascalia di figura 1.

CONCLUSIONI

Dai risultati ottenuti con questo lavoro, si è potuto fare maggiore chiarezza sulle condizioni ambientali che controllano le sostituzioni di titanio all'interno delle biotiti: si è visto come l'ambiente petrogenetico, principalmente attraverso la presenza o meno di acqua, influenzi i meccanismi di sostituzione. Le biotiti sviluppatesi in condizioni di scarsa disponibilità d'acqua, (xenoliti e rocce vulcaniche) hanno mostrato di prediligere la Ti-oxy. La formazione di vacanze è invece favorita da ambienti ricchi di acqua (graniti, rocce metamorfiche).

La presenza di particolari minerali accessori è stata utile per stimare il rapporto tra ferro bivalente e trivalente: i minerali utilizzati sono stati principalmente ossidi (magnetite $FeFe_2O_4$, ilmenite $FeTiO_3$, spinello $MgAl_2O_4$ e in rari casi rutilo TiO_2), solfuri e grafite. È emerso che una maggiore quantità di ferro bivalente di norma comporta alti valori di Fe_{tot}, mentre una predominanza di ferro trivalente è tipica di biotiti ad alto contenuto in Mg e ^{VI}Al. La sostituzione di tipo Ti-vacanza è stata osservata nelle biotiti ricche in Fe, mentre è risultata assente nelle biotiti da rocce di mantello cristallizzate in ambiente pressoché anidro.

Questo lavoro offre in conclusione diversi spunti per ulteriori studi sulla biotite e le sue sostituzioni, in particolare mette in luce come sia determinante la misurazione del contenuto in H_2O e la determinazione del rapporto Fe^{2+}/Fe^{3+} per poter calcolare con precisione la formula cristallochimica e comprendere i meccanismi di sostituzione del titanio.

BIBLIOGRAFIA

Abrecht, J. H. (1988). Experimental evidence of the substitution of Ti in biotite. In *American Mineralogist, Volume 73* (pp. 1275-1284). Blacksburg, Virginia.

Boettcher, A., & O'neil, J. (1980). Stable isotope, chemical, and petrographic studies of high-pressure amphiboles and micas: evidence for metasomatism in the mantle source regions of alkali basalts and kimberlites. In *American Juornal Of Science, Volume 280-A* (pp. 594-621).

Brigatti, M. F., Frigieri, P., Ghezzo, C., & Poppi, L. (2000). Crystal chemistry of Al-rich biotites coexisting with muscovites in peralluminous granites. In *American Mineralogist, Volume 85* (pp. 436-448).

Cesare, B., Cruciani, G., & Russo, U. (2003). Hydrogen deficiency in Ti-rich biotite from anatectic metapelites (El Joyazo, SE Spain): Crystal-chemical aspects and implications for high-temperature petrogenesis. In *American Mineralogist, Volume 88* (pp. 583-595). Italy.

Charmichael, I. S., Lange, R. A., & Luhr, J. F. (1996). Quaternary minettes and associated volcanic rocks of Mascota, western Mexico: a consequence of plate extension above a subduction modified mantle wedge. In *Contrib Mineral Petrol* (pp. 302-333).

Dyar, M. D., Guidotti, C. V., Holdaway, M. J., & Colucci, M. (1993). nonstoichiometric hydrogen contents in common rock-forming hidroxyl silicates. In *Geochimica et Cosmochimica Acta, Volume 57* (pp. 2913-2918).

Dyar, M. D., Guidotti, C. V., Holdaway, M. J., & Colucci, M. (1993). Nonstoichiometric hydrogen contents in common rock-forming hydroxyl silicates. In *Geochimica et Cosmochimica Acta, Volume 57* (pp. 2913-2918).

Dymek, R. F. (1983). Titanium, alluminium and interlayer cation substitutions in biotite from high-grade gneisses, West Greenland. In *American Mineralogist, Volume 68* (pp. 880-899). Harward University, Cambridge, Massachusetts.

Feldstein, S. N., Lange, R. A., Vennemann, T., & O'Neil, J. R. (1996). Ferric-ferrous rations, H2O contents and D/H rations of phlogopite and biotite from lavas of different tectonic regimes. In *Contrib Mineral Petrol* (pp. 51-66).

Galli, A., Bayon, B., Schmidt, M., Burg, J.-P., Caddick, M., & Reusser, E. (2011). Granulites and charnockites of the Gruf Complex: Evidence for Permian ultra-high

temperature metamorphism in the Central Alps. In *Lithos 124* (pp. 17-45). Zurich, Switzerland.

Kogarko, L., & Ryabchikov, I. (2013). Diamond Potential versus Oxigen Regime of Carbonatites. In *Petrology* (pp. 316-335). Mosca, Russia.

Lacalamita, M., Mesto, E., Scordari, F., & Schingaro, E. (2012). Chemical and structural study of 1M- and 2M1-phlogopites coexisting in the same Kosenyi kamafugitic rock (SW Uganda). In *Phis Chem Minerals* (pp. 601-611). Italy.

Lyakhovich, V. V., Katayeva, Z. T., & Semenov, Y. I. (1994). Variations in Biotite Composition in a Vertical Sections of a North Caucasus Granite Intrusion. In *Geochemistry International* (pp. 535-547).

Morteani, G., Kostitsyn, Y., Gilg, H., Preinfalk, C., & Razakamanana, T. (2013). Geochemistry of phlogopite, diopside, calcite, anhydrite and apatite pegmatites and syenites of southern Madagascar: evidence for crustal silicocarbonatitic (CSC) melt formation in a Panafrican collisional tectonic setting. In *Int J Earth Sci* (pp. 627–645).

Rajesh, H., Belyanin, G., Safonov, O., Kovaleva, E., Golunova, M., & Van Reenen, D. D. (2013). Fluid-induced Dehydration of the Paleoarchean Sand River Biotite-Horneblende Gneiss, Central Zone, Limpopo Complex, South Africa. In *Journal of petrology, Volume 54* (pp. 41-74).

Reguir, E. P., Chakhmouradian, A. R., Halden, N., Malkovets, V., & Yang, P. (2009). Major-and trace-element compositional variation of phlogopite from carbonatites as a petrogenetic indicator. In *Lithos* (pp. 372-384).

Sassi, R., Cruciani, G., Mazzoli, C., Nodari, L., & Craven, J. (2008). Multiple titanium substitutions in biotites from high-grade metapelitic xenoliths (Euganean Hills, Italy): Complete crystal chemistry and appraisal of petrologic control. In *American Mineralogist, Volume 93* (pp. 339-350).

Scordari, F., Ventruti, G., Sabato, A., Bellatreccia, F., Della Ventura, G., & Predazzi, G. (2006; Volume 18). Ti-rich phlogopite from Mt. Vulture (Potenza, Italy) investigated by a multianalitycal approach: substitutional mechanisms and orientation of the OH dipoles. In *Eur. J. Mineral.* (pp. 379-391). Italy.

Thompson, R., Velde, D., & Leat, P. (1997). Oligocene lamproite containing an Al-poor, Ti-rich biotite, Middle Park, northwest Colorado, USA.

Waters, D. J. (2002). Local equilibrium in polymetamorphic gneiss and the titanium substitution in biotite. In *American Mineralogist, Volume 87* (pp. 383-396). Park Road, Oxford.

Tabella 1. Nuovi dati analitici relativi alle biotiti ottenuti in microsonda elettronica. Per le sigle dei campioni si veda la didascalia di Figura 1.

Camp	MO05-1	MO05-2	MO05-3	MO05-4	MO05-5	MO05-6	MO05-7	MO05-8	MO05-9	MO05-10	MO05-11	MO05-12	MO05-13	MO05-14	MO05-15	MO05-16	MO05-17
Luogo	Mon.	Mon.	Mon.	Mon.	Mon.	Mon.	Mon.	Mon.	Mon.	Mon.	Mon.	Mon.	Mon.	Mon.	Mon.	Mon.	Mon.
Roccia	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro
SiO_2	35.96	36.06	35.82	35.47	36.14	35.65	35.69	35.99	35.89	35.82	35.77	35.74	36.11	36.12	36.09	36.10	36.07
TiO_2	6.18	6.45	6.14	6.30	6.30	6.23	6.23	6.51	6.48	6.29	5.61	6.01	5.83	6.06	6.23	6.37	6.37
Al_2O_3	13.03	12.95	13.09	13.24	13.01	13.15	13.51	13.41	13.26	13.21	13.22	13.15	13.47	13.14	13.07	13.31	13.17
Cr_2O_3	0.03	0.00	0.01	0.02	0.00	0.04	0.04	0.03	0.00	0.00	0.11	0.03	0.06	0.00	0.00	0.00	0.04
FeO	21.39	21.01	20.87	20.99	21.17	21.25	21.34	20.73	21.12	21.67	21.67	21.79	21.32	20.81	21.24	21.32	21.95
MgO	10.36	10.64	10.67	10.27	10.23	10.69	10.57	10.61	10.56	10.28	10.40	10.13	10.30	10.58	10.70	10.46	10.31
MnO	0.15	0.13	0.10	0.12	0.18	0.10	0.10	0.16	0.11	0.04	0.08	0.07	0.11	0.05	0.07	0.15	0.13
CaO	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.04	0.02	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Na_2O	0.08	0.21	0.08	0.10	0.17	0.12	0.17	0.18	0.17	0.12	0.10	0.14	0.09	0.20	0.19	0.18	0.09
K_2O	9.09	9.22	9.21	9.24	9.29	9.08	9.07	9.36	9.20	9.34	9.17	9.32	8.89	9.04	9.07	9.10	9.40
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.44	0.30	0.76	0.74	0.45	0.24	0.19	0.12	0.06	0.29	0.21	0.49	0.41	0.00	0.86	1.00	0.55
Cl	0.58	0.66	0.62	0.59	0.59	0.63	0.63	0.49	0.48	0.61	0.74	0.61	0.56	0.59	0.60	0.69	0.57
Totale	96.27	96.67	96.01	95.74	96.50	96.32	96.72	96.98	96.83	96.79	96.14	96.38	96.19	96.00	96.68	96.99	97.53
H_2O c.	2.70	2.37	2.62	2.70	2.46	2.70	2.46	2.41	2.63	2.31	2.70	2.52	2.70	2.70	1.86	1.32	1.35
Si	2.709	2.728	2.700	2.680	2.731	2.691	2.697	2.718	2.705	2.716	2.706	2.706	2.717	2.734	2.743	2.762	2.767
$^{IV}Fe^{3+}$	0.133	0.118	0.138	0.141	0.109	0.140	0.100	0.088	0.117	0.103	0.115	0.121	0.088	0.094	0.087	0.037	0.042
^{IV}Al	1.157	1.154	1.163	1.179	1.159	1.170	1.203	1.194	1.178	1.181	1.179	1.174	1.194	1.172	1.170	1.201	1.191
^{VI}Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al_{tot}	1.157	1.154	1.163	1.179	1.159	1.170	1.203	1.194	1.178	1.181	1.179	1.174	1.194	1.172	1.170	1.201	1.191
Ti	0.350	0.367	0.348	0.358	0.358	0.353	0.354	0.370	0.368	0.359	0.319	0.342	0.330	0.345	0.356	0.366	0.368
Cr^{3+}	0.002	0.000	0.001	0.001	0.000	0.002	0.003	0.002	0.000	0.000	0.006	0.002	0.004	0.000	0.000	0.000	0.002
Fe^{2+}	0.539	0.532	0.526	0.531	0.535	0.537	0.540	0.524	0.533	0.550	0.548	0.552	0.537	0.527	0.540	0.546	0.563
$^{VI}Fe^{3+}$	0.680	0.684	0.656	0.659	0.697	0.669	0.713	0.702	0.686	0.726	0.712	0.711	0.721	0.700	0.727	0.785	0.807
Fe^{3+}_{tot}	0.813	0.802	0.793	0.800	0.807	0.809	0.813	0.789	0.803	0.829	0.827	0.832	0.809	0.794	0.814	0.823	0.849
Mg	1.163	1.199	1.199	1.156	1.152	1.203	1.191	1.194	1.186	1.162	1.173	1.143	1.155	1.194	1.213	1.193	1.179
Mn^{2+}	0.010	0.009	0.006	0.007	0.012	0.006	0.007	0.011	0.007	0.003	0.005	0.004	0.007	0.003	0.005	0.010	0.008
Ca	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.003	0.002	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Na	0.011	0.030	0.012	0.015	0.024	0.017	0.025	0.026	0.024	0.017	0.014	0.020	0.014	0.029	0.029	0.027	0.013
K	0.873	0.890	0.885	0.891	0.896	0.874	0.874	0.902	0.885	0.904	0.885	0.900	0.853	0.872	0.880	0.888	0.920
Ba	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabella 1. (continua)

Camp	MO05-18	MO05-19	MO05-20	MO05-21	MO01-1	MO01-2	MO01-3	MO01-4	MO01-5	MO01-6	MO01-7	MO01-8	MO01-9	MO01-10	MO01-11	MO01-12	MO01-13
Luogo	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni
Roccia	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro ol	Gabbro ol	Gabbro ol	Gabbro ol	Gabbro ol	Gabbro ol	Gabbro ol	Gabbro ol	Gabbro ol	Gabbro ol	Gabbro ol	Gabbro ol	Gabbro ol
SiO_2	35,90	36,03	35,75	35,72	35,56	36,08	35,54	36,04	36,35	35,74	35,98	36,33	36,23	36,07	36,27	36,43	35,99
TiO_2	6,42	6,32	6,53	6,38	7,14	7,19	7,23	7,38	7,55	7,34	7,43	6,59	7,39	7,42	7,20	8,01	8,08
Al_2O_3	13,16	13,20	13,05	13,27	13,55	13,62	13,75	13,33	13,54	13,50	13,75	13,78	13,48	13,59	13,68	13,55	13,29
Cr_2O_3	0,08	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,04	0,00	0,04	0,05	0,03	0,04	0,02
FeO	21,47	21,48	21,38	20,60	18,01	17,06	17,86	17,22	17,33	17,85	17,30	18,54	17,41	17,56	17,44	17,78	18,15
MgO	10,08	10,00	10,00	10,17	11,77	12,15	12,03	11,61	11,85	11,94	12,60	11,95	12,40	12,03	12,20	11,64	11,54
MnO	0,10	0,09	0,11	0,12	0,08	0,10	0,09	0,05	0,08	0,11	0,07	0,12	0,07	0,07	0,11	0,12	0,13
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,04	0,02	0,00	0,02	0,02	0,03	0,00
Na_2O	0,13	0,16	0,17	0,08	0,11	0,13	0,22	0,23	0,16	0,17	0,23	0,14	0,17	0,19	0,11	0,25	0,26
K_2O	9,14	9,04	8,89	9,17	9,00	9,13	9,24	9,30	9,29	9,11	9,34	9,16	9,12	9,32	9,62	9,31	9,37
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,42	0,51	0,11	1,11	0,87	0,56	0,54	0,73	0,18	0,87	0,06	1,04	0,41	0,87	1,02	0,86	0,45
Cl	0,71	0,67	0,52	0,59	0,44	0,45	0,47	0,39	0,46	0,43	0,43	0,49	0,38	0,46	0,41	0,45	0,48
Totale	96,48	96,33	95,89	95,51	95,27	95,46	95,97	95,16	96,16	95,76	96,78	96,65	96,31	96,32	96,67	97,17	96,84
H_2O c.	2,39	2,49	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	1,83	2,70	2,36	1,89	1,52	2,23
Si	2,717	2,721	2,712	2,689	2,671	2,705	2,663	2,711	2,719	2,672	2,684	2,737	2,701	2,700	2,730	2,753	2,707
$^{IV}Fe^{3+}$	0,109	0,105	0,121	0,134	0,129	0,092	0,122	0,107	0,086	0,138	0,107	0,038	0,114	0,101	0,056	0,040	0,115
^{IV}Al	1,174	1,174	1,167	1,177	1,200	1,204	1,214	1,182	1,194	1,190	1,209	1,224	1,185	1,199	1,214	1,207	1,178
^{VI}Al	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al_{tot}	1,174	1,174	1,167	1,177	1,200	1,204	1,214	1,182	1,194	1,190	1,209	1,224	1,185	1,199	1,214	1,207	1,178
Ti	0,366	0,359	0,373	0,361	0,404	0,405	0,407	0,417	0,425	0,413	0,417	0,374	0,414	0,417	0,407	0,455	0,457
Cr^{3+}	0,005	0,000	0,001	0,000	0,003	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,003	0,000	0,002	0,003	0,002	0,002	0,001
Fe^{2+}	0,543	0,543	0,543	0,519	0,453	0,428	0,448	0,433	0,434	0,446	0,432	0,467	0,434	0,440	0,439	0,450	0,457
$^{VI}Fe^{3+}$	0,711	0,713	0,697	0,648	0,554	0,553	0,552	0,546	0,567	0,535	0,543	0,667	0,540	0,562	0,606	0,638	0,573
Fe^{3+}_{tot}	0,819	0,818	0,818	0,782	0,682	0,645	0,675	0,653	0,654	0,673	0,651	0,705	0,654	0,663	0,662	0,678	0,689
Mg	1,137	1,126	1,131	1,141	1,318	1,358	1,344	1,302	1,321	1,331	1,400	1,343	1,378	1,342	1,368	1,311	1,293
Mn^{2+}	0,006	0,006	0,007	0,007	0,005	0,006	0,006	0,003	0,005	0,007	0,004	0,008	0,005	0,005	0,007	0,008	0,008
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,003	0,001	0,000	0,002	0,001	0,002	0,000
Na	0,019	0,023	0,025	0,011	0,016	0,019	0,032	0,034	0,023	0,024	0,033	0,021	0,025	0,028	0,016	0,036	0,038
K	0,883	0,871	0,860	0,880	0,862	0,873	0,883	0,892	0,886	0,869	0,889	0,880	0,867	0,890	0,923	0,898	0,899
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabella 2. (continua)

Camp	MO01-14	MO01-15	MO01-16	MO01-17	MO01-18	MO01-19	MO01-20	MO04-3	MO04-4	MO04-5	MO04-6	MO04-7	MO04-8	MO04-9	MO04-10	MO04-11	MO04-12
Luogo	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monz.	Monz.	Monz.	Monz.	Monz.	Monz.	Monz.	Monzoni	Monzoni	Monzoni
Roccia	Gabbro ol	Gabbro ol	Gabbro ol	Gabbro ol	Gabbro ol	Gabbro ol	Gabbro ol	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro
SiO_2	36,27	36,17	35,66	36,24	36,10	35,80	36,51	35,87	36,25	36,21	36,01	36,13	36,42	36,29	36,18	36,33	36,16
TiO_2	7,89	7,86	7,84	7,46	7,37	7,40	7,48	6,18	6,19	5,70	5,68	6,02	5,90	6,07	6,31	6,24	5,76
Al_2O_3	13,69	13,31	13,43	13,46	13,33	13,56	13,91	13,28	13,10	13,48	13,26	13,31	13,35	13,05	13,13	13,16	13,43
Cr_2O_3	0,05	0,05	0,01	0,00	0,02	0,00	0,03	0,04	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
FeO	17,89	18,13	18,59	17,57	17,41	17,66	17,25	19,66	19,91	20,28	20,33	20,32	20,35	20,18	20,01	20,32	20,01
MgO	11,45	11,28	11,40	12,24	12,11	12,03	12,28	10,94	10,70	11,19	10,92	10,72	10,88	10,72	10,82	10,89	10,91
MnO	0,12	0,08	0,10	0,14	0,09	0,15	0,10	0,12	0,09	0,11	0,08	0,09	0,10	0,07	0,10	0,13	0,05
CaO	0,01	0,00	0,08	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na_2O	0,15	0,24	0,23	0,28	0,26	0,21	0,19	0,14	0,10	0,12	0,14	0,13	0,12	0,16	0,18	0,18	0,12
K_2O	9,57	9,03	9,33	9,07	9,33	9,11	9,17	8,99	9,13	9,16	8,97	8,98	8,94	8,95	8,92	9,23	9,23
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	1,10	0,26	1,31	0,78	0,25	0,62	1,23	1,10	0,43	0,95	0,27	0,40	0,80	0,34	0,35	1,06	0,49
Cl	0,44	0,43	0,44	0,47	0,47	0,42	0,47	0,49	0,58	0,53	0,61	0,52	0,65	0,51	0,50	0,56	0,62
Totale	97,08	96,14	96,68	96,47	96,02	95,93	96,90	95,21	95,47	96,30	95,39	95,71	96,04	95,48	95,64	96,49	95,67
H_2O c.	1,39	2,70	1,57	2,29	2,70	2,70	1,40	2,70	2,70	2,23	2,70	2,70	2,51	2,70	2,70	1,89	2,70
Si	2,749	2,710	2,705	2,712	2,708	2,678	2,753	2,700	2,739	2,731	2,729	2,727	2,735	2,745	2,731	2,753	2,726
$^{IV}Fe^{3+}$	0,028	0,115	0,094	0,101	0,114	0,126	0,011	0,123	0,095	0,071	0,087	0,089	0,084	0,092	0,100	0,072	0,080
^{IV}Al	1,223	1,175	1,201	1,188	1,179	1,196	1,236	1,178	1,166	1,198	1,184	1,184	1,181	1,163	1,168	1,175	1,194
^{VI}Al	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al_{tot}	1,223	1,175	1,201	1,188	1,179	1,196	1,236	1,178	1,166	1,198	1,184	1,184	1,181	1,163	1,168	1,175	1,194
Ti	0,449	0,443	0,447	0,420	0,416	0,417	0,424	0,350	0,352	0,324	0,324	0,342	0,333	0,345	0,358	0,356	0,327
Cr^{3+}	0,003	0,003	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,002	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Fe^{2+}	0,454	0,454	0,472	0,440	0,437	0,442	0,435	0,495	0,503	0,512	0,515	0,513	0,511	0,511	0,505	0,515	0,505
$^{VI}Fe^{3+}$	0,656	0,570	0,617	0,563	0,545	0,540	0,645	0,624	0,664	0,701	0,690	0,684	0,686	0,678	0,661	0,705	0,681
Fe^{3+}_{tot}	0,684	0,685	0,711	0,663	0,659	0,666	0,656	0,746	0,759	0,771	0,777	0,773	0,770	0,770	0,762	0,777	0,761
Mg	1,294	1,260	1,289	1,365	1,354	1,342	1,380	1,227	1,205	1,258	1,234	1,205	1,217	1,208	1,217	1,230	1,226
Mn^{2+}	0,008	0,005	0,006	0,009	0,006	0,009	0,006	0,008	0,006	0,007	0,005	0,006	0,006	0,004	0,007	0,008	0,003
Ca	0,000	0,000	0,006	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Na	0,022	0,035	0,035	0,040	0,038	0,030	0,027	0,021	0,014	0,017	0,021	0,019	0,017	0,023	0,026	0,026	0,017
K	0,925	0,863	0,903	0,865	0,892	0,869	0,882	0,863	0,880	0,882	0,867	0,865	0,856	0,864	0,859	0,892	0,888
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabella 3. (continua)

Camp	MO04-13	MO04-14	MO04-15	MO04-16	MO04-17	MO04-18	MO04-19	MO04-20	MO04-21	MO03-1	MO03-2	MO03-3	MO03-1	MO03-2	MO03-3	MO03-4	MO03-5
Luogo	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monz.	Monz.	Monz.	Monz.	Monz.	Monz.	Monz.	Monz.
Roccia	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro
SiO_2	36,12	36,27	36,02	36,14	36,26	35,88	35,97	36,54	36,62	36,07	36,69	36,13	36,20	36,42	36,43	36,10	36,45
TiO_2	6,03	5,98	6,14	5,79	6,28	6,29	6,02	5,98	5,81	5,86	5,97	5,84	5,65	5,79	5,78	6,01	6,11
Al_2O_3	13,08	13,08	13,08	13,42	13,09	13,51	13,13	13,24	13,01	13,16	13,36	13,14	13,01	13,41	13,21	13,36	13,20
Cr_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,09	0,00	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
FeO	20,13	20,82	20,85	20,75	20,11	19,60	19,23	19,19	19,02	20,09	20,16	20,05	20,05	19,92	20,17	20,15	20,06
MgO	10,82	10,86	10,40	10,73	11,31	11,08	11,07	11,68	11,58	11,24	11,31	11,36	11,70	11,35	11,56	11,20	11,29
MnO	0,09	0,07	0,08	0,13	0,10	0,04	0,10	0,13	0,11	0,02	0,11	0,08	0,10	0,10	0,06	0,13	0,15
CaO	0,00	0,02	0,01	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01	0,00	0,02
Na_2O	0,17	0,15	0,14	0,15	0,24	0,14	0,16	0,09	0,07	0,15	0,20	0,15	0,10	0,16	0,17	0,18	0,10
K_2O	9,07	9,28	9,09	9,14	9,36	9,09	8,97	9,03	8,96	9,01	9,00	9,13	9,16	8,99	8,96	8,82	9,08
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,79	0,15	0,65	0,51	0,62	0,71	0,60	0,56	0,47	0,61	0,93	0,74	1,03	1,01	1,07	0,89	0,45
Cl	0,53	0,58	0,62	0,54	0,47	0,41	0,50	0,46	0,53	0,61	0,63	0,59	0,60	0,56	0,54	0,55	0,56
Totale	95,52	96,53	95,80	96,29	96,77	95,66	94,64	95,97	95,21	95,63	96,81	95,90	96,04	96,19	96,35	95,98	96,45
H_2O c.	2,70	2,70	2,70	2,66	2,13	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	1,63	2,70	2,33	2,25	2,04	2,58	2,54
Si	2,721	2,730	2,715	2,717	2,742	2,700	2,732	2,737	2,762	2,717	2,781	2,713	2,729	2,740	2,749	2,708	2,737
$^{IV}Fe^{3+}$	0,117	0,109	0,123	0,094	0,092	0,102	0,093	0,093	0,082	0,115	0,025	0,124	0,115	0,070	0,076	0,111	0,095
^{IV}Al	1,162	1,160	1,162	1,189	1,166	1,198	1,175	1,169	1,156	1,168	1,194	1,163	1,156	1,189	1,175	1,181	1,168
^{VI}Al	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al_{tot}	1,162	1,160	1,162	1,189	1,166	1,198	1,175	1,169	1,156	1,168	1,194	1,163	1,156	1,189	1,175	1,181	1,168
Ti	0,342	0,338	0,348	0,327	0,357	0,356	0,344	0,337	0,330	0,332	0,340	0,330	0,320	0,327	0,328	0,339	0,345
Cr^{3+}	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,005	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000
Fe^{2+}	0,507	0,524	0,526	0,522	0,509	0,493	0,488	0,481	0,480	0,506	0,511	0,504	0,506	0,501	0,509	0,506	0,504
$^{VI}Fe^{3+}$	0,648	0,681	0,670	0,693	0,675	0,642	0,643	0,632	0,642	0,649	0,746	0,635	0,647	0,686	0,691	0,652	0,664
Fe^{3+}_{tot}	0,765	0,790	0,792	0,787	0,767	0,744	0,736	0,725	0,724	0,763	0,771	0,759	0,762	0,756	0,768	0,763	0,760
Mg	1,215	1,218	1,168	1,202	1,275	1,243	1,254	1,304	1,302	1,262	1,277	1,271	1,315	1,273	1,300	1,253	1,263
Mn^{2+}	0,005	0,004	0,005	0,008	0,006	0,003	0,006	0,009	0,007	0,002	0,007	0,005	0,006	0,006	0,004	0,008	0,010
Ca	0,000	0,002	0,001	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,001	0,000	0,001
Na	0,025	0,022	0,020	0,021	0,035	0,021	0,023	0,013	0,011	0,022	0,029	0,022	0,014	0,024	0,025	0,026	0,015
K	0,872	0,891	0,874	0,877	0,903	0,873	0,869	0,863	0,862	0,866	0,870	0,874	0,881	0,863	0,863	0,844	0,869
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabella 4. (continua)

Camp	MO03-6	MO03-7	MO03-8	MO03-9	MO03-10	MO03-11	MO03-12	MO03-13	MO03-14	MO03-15	MO03-16	MO03-17	MO03-18	MO03-19	MO03-20	MO03-21	MO02-1
Luogo	Monz.	Monz.	Monz.	Monz.	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni
Roccia	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro	Gabbro con Ol
SiO_2	36,41	36,35	36,24	36,32	36,12	36,33	36,58	36,12	36,74	36,20	36,37	36,46	36,61	36,29	36,47	36,82	36,56
TiO_2	6,61	6,53	6,68	6,45	6,39	6,54	6,50	6,59	6,26	5,59	5,94	5,92	6,01	6,04	6,28	6,11	6,53
Al_2O_3	13,07	12,98	13,01	13,28	12,94	13,27	13,00	12,88	12,96	12,99	12,97	12,81	13,29	12,89	12,80	12,78	13,58
Cr_2O_3	0,04	0,00	0,04	0,00	0,00	0,01	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,03	0,07	0,04
FeO	19,88	20,06	19,28	20,78	20,08	20,35	19,53	19,56	19,29	19,76	19,77	19,79	19,27	19,33	19,15	18,65	15,55
MgO	11,12	11,20	11,38	10,64	10,86	11,34	11,31	11,27	11,31	11,41	11,22	11,35	11,03	11,38	11,54	11,45	14,27
MnO	0,11	0,13	0,15	0,16	0,13	0,13	0,10	0,11	0,16	0,09	0,10	0,12	0,06	0,10	0,14	0,07	0,02
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Na_2O	0,10	0,20	0,18	0,13	0,19	0,20	0,15	0,12	0,22	0,09	0,19	0,14	0,14	0,13	0,16	0,23	0,13
K_2O	9,17	8,88	8,92	9,32	9,20	9,12	9,07	9,03	9,17	8,86	9,03	8,71	8,82	9,19	8,89	8,76	9,23
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	1,01	1,03	0,67	0,24	0,90	0,79	0,41	0,87	0,50	0,89	0,66	1,04	0,61	0,56	0,42	0,83	1,13
Cl	0,50	0,50	0,55	0,61	0,57	0,52	0,51	0,54	0,53	0,61	0,57	0,59	0,54	0,49	0,56	0,62	0,52
Totale	96,50	96,32	95,89	97,07	95,90	97,30	96,27	95,68	96,20	95,01	95,58	95,31	95,24	95,39	95,46	94,95	95,92
H_2O c.	1,99	2,15	2,70	2,08	2,63	1,39	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,43
Si	2,750	2,739	2,716	2,752	2,715	2,768	2,740	2,711	2,752	2,730	2,737	2,736	2,755	2,740	2,749	2,768	2,715
$^{IV}Fe^{3+}$	0,086	0,108	0,134	0,062	0,139	0,041	0,113	0,149	0,104	0,115	0,113	0,131	0,066	0,113	0,114	0,100	0,097
^{IV}Al	1,164	1,153	1,150	1,186	1,146	1,191	1,147	1,139	1,144	1,154	1,150	1,133	1,179	1,147	1,137	1,132	1,189
^{VI}Al	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al_{tot}	1,164	1,153	1,150	1,186	1,146	1,191	1,147	1,139	1,144	1,154	1,150	1,133	1,179	1,147	1,137	1,132	1,189
Ti	0,375	0,370	0,377	0,368	0,361	0,375	0,366	0,372	0,353	0,317	0,336	0,334	0,340	0,343	0,356	0,346	0,365
Cr^{3+}	0,002	0,000	0,003	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,002	0,004	0,003
Fe^{2+}	0,502	0,506	0,483	0,527	0,505	0,519	0,489	0,491	0,483	0,498	0,498	0,497	0,485	0,488	0,483	0,469	0,386
$^{VI}Fe^{3+}$	0,671	0,655	0,595	0,732	0,622	0,741	0,624	0,591	0,625	0,636	0,638	0,618	0,665	0,623	0,614	0,607	0,486
Fe^{3+}_{tot}	0,757	0,762	0,729	0,794	0,761	0,782	0,738	0,740	0,729	0,751	0,750	0,749	0,731	0,736	0,728	0,707	0,582
Mg	1,252	1,258	1,271	1,202	1,217	1,288	1,262	1,261	1,263	1,283	1,259	1,269	1,237	1,281	1,296	1,283	1,579
Mn^{2+}	0,007	0,008	0,009	0,010	0,008	0,008	0,007	0,007	0,010	0,006	0,006	0,008	0,004	0,006	0,009	0,004	0,001
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001
Na	0,015	0,029	0,026	0,019	0,028	0,030	0,022	0,018	0,032	0,013	0,027	0,020	0,020	0,020	0,023	0,033	0,018
K	0,883	0,854	0,853	0,901	0,882	0,886	0,866	0,864	0,876	0,853	0,867	0,833	0,846	0,885	0,854	0,839	0,875
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabella 5. (continua)

Camp	MO02-2	MO02-3	MO02-4	MO02-5	MO02-6	MO02-7	MO02-8	MO02-9	MO02-10	MO02-11	MO02-12	MO02-13	MO02-14	MO02-15	MO02-16	MO02-17	MO02-18
Luogo	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni
Roccia	Gabbro con Ol	Gabbro con Ol	Gabbro con Ol	Gabbro con Ol	Gabbro con Ol	Gabbro con Ol	Gabbro con Ol	Gabbro con Ol	Gabbro con Ol	Gabbro con Ol	Gabbro con Ol	Gabbro con Ol	Gabbro con Ol	Gabbro con Ol	Gabbro con Ol	Gabbro con Ol	Gabbro con Ol
SiO_2	36,16	36,72	36,64	36,41	36,51	36,79	36,49	36,03	36,53	36,52	36,50	36,63	36,69	36,67	36,81	37,20	36,69
TiO_2	6,71	6,61	6,75	6,70	6,59	6,32	6,52	7,00	6,89	6,91	7,15	6,17	6,43	5,82	6,39	6,22	6,47
Al_2O_3	13,50	13,57	13,39	13,47	13,48	13,67	13,46	13,60	13,38	13,59	13,47	13,78	13,37	13,35	13,50	13,97	13,36
Cr_2O_3	0,04	0,02	0,00	0,04	0,04	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,02	0,01	0,00	0,04	0,11	0,00	0,00
FeO	15,51	15,79	15,49	15,16	15,61	15,60	15,30	15,47	15,50	15,56	14,79	14,46	14,38	14,45	14,79	14,74	14,05
MgO	13,96	13,78	13,67	13,86	14,20	14,04	14,04	13,98	13,66	13,88	14,46	14,58	14,48	14,93	14,67	14,01	14,99
MnO	0,09	0,06	0,08	0,15	0,14	0,04	0,10	0,15	0,12	0,17	0,11	0,09	0,11	0,18	0,16	0,17	0,14
CaO	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na_2O	0,24	0,18	0,33	0,25	0,27	0,23	0,22	0,31	0,26	0,29	0,19	0,14	0,15	0,10	0,23	0,17	0,19
K_2O	9,54	9,20	9,34	9,36	9,21	9,21	9,09	9,19	9,31	9,32	8,29	9,41	9,29	9,61	9,44	9,45	9,39
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	1,15	0,95	1,41	0,43	0,68	1,35	1,23	0,23	1,26	1,16	1,50	0,71	1,58	0,78	1,23	0,68	1,51
Cl	0,47	0,49	0,50	0,48	0,57	0,56	0,53	0,50	0,49	0,45	0,32	0,46	0,41	0,42	0,41	0,42	0,39
Totale	95,75	95,96	95,69	95,41	96,04	95,91	95,25	95,77	95,69	96,25	95,03	95,26	94,91	95,13	96,08	95,94	95,29
H_2O c.	2,63	2,61	2,40	2,70	2,70	2,19	2,70	2,70	2,56	2,14	2,70	2,70	2,70	2,70	2,27	2,70	2,70
Si	2,688	2,722	2,724	2,724	2,707	2,738	2,708	2,694	2,712	2,724	2,694	2,728	2,718	2,738	2,736	2,753	2,710
$^{IV}Fe^{3+}$	0,129	0,092	0,102	0,088	0,115	0,063	0,115	0,107	0,118	0,081	0,133	0,063	0,114	0,087	0,082	0,029	0,126
^{IV}Al	1,182	1,186	1,173	1,187	1,178	1,199	1,177	1,198	1,171	1,195	1,172	1,209	1,168	1,174	1,182	1,218	1,164
^{VI}Al	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al_{tot}	1,182	1,186	1,173	1,187	1,178	1,199	1,177	1,198	1,171	1,195	1,172	1,209	1,168	1,174	1,182	1,218	1,164
Ti	0,375	0,368	0,378	0,377	0,368	0,354	0,364	0,394	0,385	0,388	0,397	0,346	0,358	0,327	0,357	0,346	0,359
Cr^{3+}	0,003	0,001	0,000	0,003	0,002	0,000	0,001	0,000	0,003	0,000	0,001	0,001	0,000	0,002	0,006	0,000	0,000
Fe^{2+}	0,386	0,392	0,385	0,379	0,387	0,388	0,380	0,387	0,385	0,388	0,365	0,360	0,356	0,361	0,368	0,365	0,347
$^{VI}Fe^{3+}$	0,452	0,498	0,479	0,484	0,469	0,523	0,457	0,476	0,463	0,505	0,417	0,480	0,423	0,457	0,472	0,521	0,397
Fe^{3+}_{tot}	0,581	0,590	0,581	0,572	0,584	0,586	0,573	0,583	0,580	0,585	0,551	0,543	0,537	0,544	0,554	0,550	0,523
Mg	1,546	1,522	1,515	1,546	1,570	1,558	1,553	1,558	1,511	1,544	1,591	1,619	1,599	1,662	1,625	1,544	1,651
Mn^{2+}	0,006	0,004	0,005	0,009	0,009	0,003	0,007	0,010	0,008	0,011	0,007	0,006	0,007	0,011	0,010	0,011	0,009
Ca	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Na	0,035	0,026	0,048	0,037	0,039	0,033	0,032	0,045	0,037	0,042	0,027	0,020	0,022	0,015	0,033	0,025	0,027
K	0,905	0,870	0,886	0,893	0,871	0,875	0,860	0,877	0,881	0,886	0,780	0,894	0,878	0,915	0,895	0,892	0,885
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabella 6. (continua)

Camp	MO02-19	MO02-20	MO02-21	MO07-1	MO07-2	MO07-3	MO07-4	MO07-5	MO07-6	MO07-7	MO07-8	MO07-9	MO07-10	MO07-11	MO07-12	MO07-13	MO07-14
Luogo	Monz.	Monz.	Monz.	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni
Roccia	Gabbro con Ol	Gabbro con Ol	Gabbro con Ol	Gabbro Cumuliticco	Gabbro Cumuliticco	Gabbro Cumuliticco	Gabbro Cumuliticco	Gabbro Cumuliticco	Gabbro Cumuliticco	Gabbro Cumuliticco	Gabbro Cumuliticco	Gabbro Cumuliticco	Gabbro Cumuliticco	Gabbro Cumuliticco	Gabbro Cumuliticco	Gabbro Cumuliticco	Gabbro Cumuliticco
SiO_2	36,49	36,79	36,54	36,47	36,43	35,88	36,21	36,61	36,83	36,56	36,87	36,03	36,45	36,31	36,39	37,12	36,05
TiO_2	5,93	6,52	6,40	8,00	8,11	6,91	8,32	8,00	8,00	7,23	7,66	8,07	8,48	8,19	8,30	7,97	8,23
Al_2O_3	13,14	13,58	13,48	13,44	13,99	13,92	14,33	13,72	13,66	14,18	14,16	13,73	13,59	13,62	13,67	13,77	13,45
Cr_2O_3	0,00	0,06	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,01	0,00	0,02	0,05	0,02	0,00	0,02	0,05	0,00	0,00
FeO	14,41	15,13	14,83	14,89	15,06	15,21	13,03	14,59	13,88	14,78	14,45	14,79	14,61	14,50	14,87	14,66	14,53
MgO	14,95	14,18	14,22	13,15	13,15	13,61	14,27	13,10	13,85	13,74	13,64	13,18	13,03	13,26	13,36	12,66	13,27
MnO	0,15	0,22	0,16	0,23	0,14	0,13	0,14	0,13	0,17	0,16	0,10	0,13	0,15	0,09	0,10	0,18	0,15
CaO	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Na_2O	0,22	0,15	0,20	0,47	0,18	0,20	0,09	0,15	0,10	0,05	0,14	0,10	0,01	0,08	0,06	0,09	0,11
K_2O	8,98	9,63	9,48	9,75	9,18	9,02	9,69	9,39	9,33	9,35	9,50	9,74	9,65	9,70	9,52	9,64	9,48
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	1,48	1,23	0,56	0,35	0,72	0,63	0,90	0,78	0,60	0,74	0,22	1,26	0,56	0,69	0,00	0,70	0,30
Cl	0,35	0,35	0,44	0,22	0,13	0,07	0,10	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,03	0,07	0,06	0,11
Totale	94,28	96,30	95,31	96,38	96,27	94,90	96,12	95,73	95,81	96,07	96,58	95,80	95,98	95,77	96,31	96,08	95,28
H_2O c.	2,70	2,12	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70
Si	2,722	2,743	2,731	2,715	2,694	2,695	2,671	2,720	2,731	2,707	2,729	2,673	2,712	2,705	2,714	2,750	2,708
$^{IV}Fe^{3+}$	0,123	0,063	0,082	0,105	0,086	0,073	0,083	0,079	0,075	0,056	0,036	0,126	0,097	0,099	0,085	0,047	0,102
^{IV}Al	1,155	1,193	1,187	1,179	1,219	1,232	1,246	1,201	1,194	1,237	1,235	1,201	1,191	1,196	1,201	1,202	1,190
^{VI}Al	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al_{tot}	1,155	1,193	1,187	1,179	1,219	1,232	1,246	1,201	1,194	1,237	1,235	1,201	1,191	1,196	1,201	1,202	1,190
Ti	0,333	0,366	0,360	0,448	0,451	0,390	0,461	0,447	0,446	0,403	0,426	0,450	0,474	0,459	0,465	0,444	0,465
Cr^{3+}	0,000	0,004	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,001	0,000	0,001	0,003	0,001	0,000	0,001	0,003	0,000	0,000
Fe^{2+}	0,359	0,377	0,371	0,371	0,373	0,382	0,322	0,362	0,344	0,366	0,358	0,367	0,364	0,361	0,371	0,363	0,365
$^{VI}Fe^{3+}$	0,419	0,506	0,477	0,454	0,475	0,503	0,401	0,467	0,444	0,496	0,504	0,427	0,451	0,445	0,474	0,500	0,449
Fe^{3+}_{tot}	0,542	0,569	0,559	0,559	0,562	0,576	0,485	0,546	0,519	0,552	0,539	0,553	0,548	0,545	0,559	0,548	0,550
Mg	1,663	1,576	1,584	1,459	1,450	1,524	1,568	1,450	1,531	1,516	1,505	1,457	1,445	1,472	1,486	1,398	1,486
Mn^{2+}	0,009	0,014	0,010	0,014	0,009	0,008	0,009	0,008	0,011	0,010	0,006	0,008	0,010	0,006	0,006	0,011	0,010
Ca	0,002	0,003	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Na	0,031	0,021	0,029	0,067	0,026	0,029	0,013	0,022	0,015	0,007	0,020	0,014	0,001	0,012	0,009	0,013	0,017
K	0,855	0,916	0,904	0,926	0,866	0,864	0,912	0,890	0,882	0,883	0,897	0,922	0,916	0,921	0,906	0,911	0,909
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabella 7. (continua)

Camp	MO07-15	MO07-16	MO07-17	MO07-18	MO07-19	MO07-20	MO07-21	T-A-1-1	T-A-1-2	T-A-1-3	T-A-1-4	T-A-1-5	T-A-1-6	T-A-1-7	T-A-1-8	T-A-1-9	T-A-1-4-1
Luogo	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Monzoni	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada
Roccia	Gabbro Cumulitico	Gabbro Cumulitico	Gabbro Cumulitico	Gabbro Cumulitico	Gabbro Cumulitico	Gabbro Cumulitico	Gabbro Cumulitico	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite
SiO_2	36,23	36,19	36,42	36,37	35,80	35,49	36,46	35,58	35,38	35,29	35,75	36,10	35,95	36,44	36,00	36,16	35,78
TiO_2	8,05	8,02	7,76	8,01	8,12	7,84	7,72	3,13	2,87	3,01	3,05	3,50	3,37	3,32	2,91	1,72	3,33
Al_2O_3	13,35	13,82	13,64	13,76	14,08	14,31	13,71	15,54	15,46	15,44	16,07	16,43	15,65	15,70	15,42	16,47	14,88
Cr_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,07	0,00	0,00	0,03	0,00	0,08	0,09	0,05	0,01	0,00
FeO	14,75	14,83	14,77	14,80	14,68	14,69	14,36	20,07	20,47	20,49	19,38	19,52	20,04	19,33	20,89	19,89	21,47
MgO	13,27	13,37	13,55	13,44	12,74	12,85	13,68	10,61	10,51	10,42	10,46	10,12	10,10	10,27	10,45	10,64	10,26
MnO	0,16	0,16	0,13	0,15	0,11	0,17	0,13	0,36	0,33	0,38	0,35	0,31	0,38	0,41	0,32	0,37	0,34
CaO	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00
Na_2O	0,09	0,17	0,07	0,12	0,15	0,06	0,08	0,12	0,00	0,08	0,04	0,05	0,08	0,08	0,09	0,01	0,08
K_2O	9,44	9,49	9,63	9,75	9,50	9,89	9,26	9,63	9,22	9,61	9,73	9,79	9,34	9,62	9,83	9,83	9,51
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21
F	0,80	0,66	0,45	0,82	0,31	0,27	0,86	0,00	0,00	0,00	0,27	0,18	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Cl	0,05	0,06	0,03	0,08	0,03	0,05	0,07	0,03	0,08	0,06	0,01	0,04	0,08	0,04	0,01	0,01	0,06
Totale	95,33	96,06	95,96	96,39	95,19	95,35	95,40	95,11	94,24	94,72	94,85	95,83	95,02	95,28	95,97	95,10	95,86
H_2O c.	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70
Si	2,707	2,690	2,715	2,692	2,693	2,674	2,712	2,724	2,728	2,717	2,728	2,728	2,746	2,772	2,739	2,760	2,732
$^{IV}Fe^{3+}$	0,117	0,099	0,087	0,107	0,059	0,056	0,087	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
^{IV}Al	1,176	1,210	1,198	1,201	1,248	1,271	1,201	1,276	1,272	1,283	1,272	1,272	1,254	1,228	1,261	1,240	1,268
^{VI}Al	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,126	0,133	0,117	0,173	0,192	0,155	0,179	0,122	0,241	0,071
Al_{tot}	1,176	1,210	1,198	1,201	1,248	1,271	1,201	1,402	1,405	1,401	1,445	1,464	1,409	1,407	1,382	1,482	1,339
Ti	0,452	0,448	0,435	0,446	0,459	0,444	0,432	0,180	0,167	0,174	0,175	0,199	0,193	0,190	0,166	0,099	0,191
Cr^{3+}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,004	0,000	0,000	0,002	0,000	0,005	0,005	0,003	0,001	0,000
Fe^{2+}	0,369	0,369	0,368	0,366	0,369	0,370	0,357	0,514	0,528	0,528	0,495	0,493	0,512	0,492	0,532	0,508	0,549
$^{VI}Fe^{3+}$	0,439	0,456	0,468	0,445	0,498	0,502	0,452	0,775	0,796	0,795	0,746	0,744	0,772	0,741	0,802	0,766	0,827
Fe^{3+}_{tot}	0,556	0,556	0,555	0,552	0,557	0,558	0,539	0,775	0,796	0,795	0,746	0,744	0,772	0,741	0,802	0,766	0,827
Mg	1,478	1,481	1,505	1,483	1,429	1,443	1,517	1,211	1,208	1,196	1,190	1,141	1,150	1,164	1,185	1,211	1,168
Mn^{2+}	0,010	0,010	0,008	0,009	0,007	0,011	0,008	0,023	0,022	0,025	0,023	0,020	0,025	0,026	0,021	0,024	0,022
Ca	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,003	0,000	0,000	0,000
Na	0,013	0,025	0,010	0,017	0,022	0,009	0,012	0,018	0,000	0,013	0,006	0,007	0,011	0,012	0,013	0,001	0,011
K	0,900	0,900	0,916	0,921	0,912	0,950	0,878	0,940	0,907	0,943	0,947	0,944	0,911	0,933	0,954	0,957	0,926
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006

Tabella 8. (continua)

Camp	T-A-1-4-2	T-A-1-4-3	T-A-1-4-4	T-A1-01-1	T-A1-01-2	T-A1-01-3	T-A1-01-4	T-A1-01-5	T-A1-01-6	IST1-6-1	IST1-6-2	IST1-2-1	IST1-2-2	IST1-2-3	IST1-2-4	IST1-2-5	IST1-2-6
Luogo	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Iseltal	Iseltal	Iseltal	Iseltal	Iseltal	Iseltal	Iseltal	Iseltal
Roccia	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite
SiO_2	35,60	35,55	35,96	35,74	35,88	36,16	35,52	35,67	35,68	36,63	36,41	36,10	36,27	36,23	36,41	36,57	36,12
TiO_2	3,27	4,19	3,05	3,79	3,44	3,24	3,26	3,18	3,50	2,87	2,50	3,40	2,58	2,18	2,60	3,28	2,49
Al_2O_3	15,17	14,55	15,16	15,23	15,46	15,13	15,21	15,17	14,91	15,98	15,87	15,24	15,72	16,27	15,62	15,55	15,56
Cr_2O_3	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	21,61	22,56	21,20	20,54	20,66	20,84	20,82	20,79	20,04	17,96	18,22	18,71	18,40	18,47	18,07	18,87	18,59
MgO	10,45	9,63	10,19	9,80	10,25	10,69	10,59	10,68	10,68	11,72	12,12	11,68	12,14	12,49	12,26	11,80	12,07
MnO	0,38	0,43	0,38	0,28	0,34	0,26	0,34	0,34	0,33	0,10	0,06	0,07	0,04	0,12	0,05	0,00	0,06
CaO	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00
Na_2O	0,05	0,04	0,08	0,03	0,06	0,02	0,03	0,08	0,02	0,08	0,01	0,03	0,00	0,11	0,12	0,11	0,07
K_2O	9,80	9,57	9,40	9,76	9,72	9,42	9,48	9,73	9,52	9,48	9,59	9,10	9,56	9,47	9,29	9,37	9,37
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,15	0,04	0,48	0,27
F	0,06	0,19	0,32	0,06	0,10	0,60	0,19	0,32	0,05	0,52	0,38	0,00	0,12	0,43	0,00	0,00	0,61
Cl	0,03	0,04	0,06	0,04	0,05	0,05	0,07	0,03	0,07	0,06	0,04	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01
Totale	96,33	96,52	95,46	95,17	95,82	95,75	95,35	95,63	94,68	94,85	94,78	94,32	94,74	95,50	94,46	96,04	94,60
H_2O c.	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70
Si	2,706	2,701	2,738	2,736	2,728	2,732	2,713	2,715	2,740	2,764	2,758	2,760	2,759	2,730	2,775	2,760	2,744
$^{IV}Fe^{3+}$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
^{IV}Al	1,294	1,299	1,262	1,264	1,272	1,268	1,287	1,285	1,260	1,236	1,242	1,240	1,241	1,270	1,225	1,240	1,256
^{VI}Al	0,065	0,004	0,098	0,110	0,113	0,079	0,082	0,076	0,089	0,186	0,175	0,133	0,169	0,174	0,178	0,143	0,137
Al_{tot}	1,359	1,303	1,360	1,374	1,386	1,348	1,369	1,361	1,349	1,422	1,417	1,373	1,410	1,444	1,403	1,383	1,393
Ti	0,187	0,239	0,175	0,218	0,197	0,184	0,187	0,182	0,202	0,163	0,143	0,195	0,147	0,123	0,149	0,186	0,142
Cr^{3+}	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe^{2+}	0,550	0,573	0,540	0,526	0,526	0,527	0,532	0,529	0,515	0,453	0,462	0,478	0,468	0,466	0,461	0,476	0,473
$^{VI}Fe^{3+}$	0,829	0,864	0,814	0,793	0,792	0,794	0,802	0,798	0,776	0,684	0,696	0,721	0,706	0,702	0,695	0,718	0,712
Fe^{3+}_{tot}	0,829	0,864	0,814	0,793	0,792	0,794	0,802	0,798	0,776	0,684	0,696	0,721	0,706	0,702	0,695	0,718	0,712
Mg	1,185	1,090	1,156	1,118	1,161	1,203	1,206	1,212	1,222	1,319	1,369	1,331	1,377	1,403	1,393	1,328	1,367
Mn^{2+}	0,024	0,028	0,025	0,018	0,022	0,016	0,022	0,022	0,022	0,007	0,004	0,004	0,003	0,008	0,003	0,000	0,004
Ca	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000
Na	0,008	0,005	0,012	0,005	0,008	0,003	0,005	0,012	0,004	0,012	0,001	0,004	0,000	0,016	0,018	0,016	0,010
K	0,950	0,928	0,913	0,953	0,943	0,908	0,923	0,945	0,933	0,912	0,927	0,887	0,928	0,910	0,903	0,902	0,908
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,004	0,001	0,014	0,008

Tabella 9. (continua)

Camp	IST1-2-7	IST1-2-8	IST1-2-9	IST1-2-10	IST1-2-11	IST1-3-1	IST1-3-2	IST1-3-3	IST1-3-4	IST1-3-5	IST1-3-6	IST1-3-7	IST1-3-8	IST1-4-1	IST1-4-2	IST1-4-3	MMR2-1-1
Luogo	Iseltal	Iseltal	Iseltal	Iseltal	Iseltal	Iseltal	Iseltal	Iseltal	Iseltal	Iseltal	Iseltal	Iseltal	Iseltal	Iseltal	Iseltal	Iseltal	Euganean Hills
Roccia	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Tonalite	Granulite
SiO_2	36,21	36,47	36,32	36,32	36,24	36,60	36,52	36,77	36,72	36,85	37,11	36,65	37,24	36,48	36,71	36,59	35,69
TiO_2	3,61	2,70	3,22	2,66	2,47	2,23	2,39	2,48	2,17	2,87	2,28	3,29	2,39	3,43	2,54	3,14	1,81
Al_2O_3	15,55	15,36	15,76	15,78	16,10	15,89	16,04	16,58	16,43	15,90	16,29	15,75	16,01	15,62	16,21	15,77	18,33
Cr_2O_3	0,01	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03
FeO	18,82	19,04	18,80	18,14	18,89	18,75	18,42	18,06	17,96	18,07	18,15	18,65	18,53	18,95	18,06	18,40	12,91
MgO	11,82	11,96	11,67	12,14	12,07	12,25	12,24	12,02	12,09	11,96	12,11	11,85	11,92	11,54	12,05	11,80	16,27
MnO	0,08	0,04	0,08	0,09	0,06	0,13	0,03	0,13	0,04	0,05	0,08	0,16	0,11	0,08	0,09	0,06	0,16
CaO	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
Na_2O	0,13	0,10	0,04	0,04	0,11	0,07	0,06	0,08	0,09	0,06	0,08	0,09	0,09	0,09	0,08	0,14	0,47
K_2O	9,34	9,59	9,35	9,66	9,45	9,32	9,39	9,50	9,51	9,36	9,48	9,40	9,66	9,52	9,58	9,24	9,05
BaO	0,00	0,30	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,06	0,04	0,08	0,00	0,00	0,38
F	0,00	0,36	0,32	0,00	0,46	0,00	0,31	0,46	0,32	0,08	0,00	0,00	0,15	0,00	0,28	0,47	0,17
Cl	0,03	0,02	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,00	0,04	0,02	0,01	0,04	0,00	0,01	0,02	0,01	0,13
Totale	95,59	95,57	95,28	94,85	95,79	95,24	95,09	95,61	95,04	95,12	95,73	95,91	95,99	95,79	95,33	95,17	95,15
H_2O c.	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70
Si	2,738	2,757	2,742	2,763	2,729	2,771	2,758	2,755	2,769	2,783	2,791	2,759	2,794	2,755	2,765	2,756	2,663
$^{IV}Fe^{3+}$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
^{IV}Al	1,262	1,243	1,258	1,237	1,271	1,229	1,242	1,245	1,231	1,217	1,209	1,241	1,206	1,245	1,235	1,244	1,337
^{VI}Al	0,123	0,127	0,145	0,177	0,158	0,189	0,185	0,219	0,229	0,198	0,235	0,157	0,209	0,146	0,204	0,157	0,275
Al_{tot}	1,385	1,369	1,402	1,415	1,429	1,418	1,427	1,464	1,460	1,415	1,444	1,398	1,415	1,391	1,439	1,400	1,612
Ti	0,206	0,154	0,183	0,152	0,140	0,127	0,135	0,140	0,123	0,163	0,129	0,186	0,135	0,195	0,144	0,178	0,102
Cr^{3+}	0,001	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002
Fe^{2+}	0,476	0,482	0,475	0,462	0,476	0,475	0,465	0,453	0,453	0,457	0,456	0,470	0,465	0,479	0,455	0,464	0,322
$^{VI}Fe^{3+}$	0,718	0,726	0,716	0,696	0,717	0,716	0,701	0,682	0,683	0,688	0,688	0,708	0,701	0,722	0,686	0,699	0,486
Fe^{3+}_{tot}	0,718	0,726	0,716	0,696	0,717	0,716	0,701	0,682	0,683	0,688	0,688	0,708	0,701	0,722	0,686	0,699	0,486
Mg	1,332	1,348	1,313	1,377	1,354	1,382	1,377	1,342	1,359	1,346	1,357	1,330	1,333	1,299	1,353	1,324	1,810
Mn^{2+}	0,005	0,003	0,005	0,006	0,004	0,008	0,002	0,008	0,003	0,003	0,005	0,010	0,007	0,005	0,006	0,004	0,010
Ca	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003
Na	0,019	0,014	0,006	0,005	0,017	0,010	0,009	0,011	0,014	0,009	0,012	0,013	0,012	0,013	0,012	0,021	0,068
K	0,901	0,925	0,901	0,937	0,908	0,900	0,904	0,908	0,914	0,902	0,910	0,903	0,924	0,917	0,921	0,888	0,862
Ba	0,000	0,009	0,000	0,000	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,002	0,001	0,002	0,000	0,000	0,011

Tabella 10. (continua)

Camp	MMR2-1-5	MMR2-1-8	MMR2-1-9	MMR2-1-10	MMR2-1-11	MMR2-1-13	MMR2-1-14	MMR2-2-1	MMR2-2-2	MMR2-2-3	MMR2-2-4	MMR1-1-2	MMR1-1-4	MMR1-1-5	MMR1-2-1	MMR1-2-2	MMR1-2-3
Luogo	Euganean Hills	Euganean Hills	Euganean Hills	Euganean Hills	Euganean Hills	Euganean Hills	Euganean Hills	Euganean Hills	Euganean Hills	Euganean Hills	Euganean Hills	Euganean Hills	Euganean Hills	Euganean Hills	Euganean Hills	Euganean Hills	Euganean Hills
Roccia	Granulite	Granulite	Granulite	Granulite	Granulite	Granulite	Granulite	Granulite	Granulite	Granulite	Granulite	Granulite	Granulite	Granulite	Granulite	Granulite	Granulite
SiO_2	35,77	36,22	36,31	36,30	36,34	35,92	35,80	36,19	36,58	36,99	36,66	36,31	35,70	35,23	36,38	36,30	36,19
TiO_2	2,35	1,34	1,24	1,19	1,41	1,69	1,62	4,44	4,45	4,44	4,31	1,77	1,70	1,67	1,60	1,47	1,47
Al_2O_3	18,31	18,34	18,25	18,06	18,13	18,00	18,59	14,59	14,76	14,84	14,27	18,11	18,28	18,05	16,72	17,34	17,62
Cr_2O_3	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,04	0,00	0,05	0,08	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
FeO	12,66	12,54	12,87	12,61	12,45	12,60	12,73	13,52	12,42	12,53	11,79	13,02	13,37	13,99	14,00	15,46	15,38
MgO	16,04	17,13	16,98	17,10	17,34	16,56	16,45	15,97	16,75	16,73	16,92	16,59	16,21	16,29	16,37	14,91	15,29
MnO	0,25	0,11	0,11	0,13	0,15	0,17	0,03	0,13	0,18	0,12	0,09	0,07	0,07	0,19	0,19	0,16	0,22
CaO	0,06	0,00	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00
Na_2O	0,46	0,46	0,55	0,46	0,56	0,52	0,57	0,38	0,41	0,39	0,33	0,47	0,51	0,43	0,40	0,61	0,42
K_2O	8,81	9,30	9,26	9,22	8,93	9,21	9,34	9,41	9,10	9,55	9,42	9,20	9,17	9,35	9,36	9,32	9,26
BaO	0,09	0,00	0,19	0,13	0,17	0,06	0,02	0,49	0,32	0,36	0,34	0,13	0,26	0,30	0,09	0,00	0,04
F	0,27	0,00	0,21	0,57	0,19	0,14	0,22	0,54	0,19	0,32	0,75	0,14	0,00	0,13	0,35	0,11	0,12
Cl	0,10	0,15	0,12	0,11	0,10	0,09	0,11	0,14	0,16	0,11	0,14	0,07	0,15	0,06	0,11	0,07	0,13
Totale	94,80	95,45	95,76	95,20	95,50	94,76	95,16	95,17	94,97	96,05	94,23	95,66	95,27	95,53	95,13	95,58	95,88
H_2O c.	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70
Si	2,665	2,688	2,687	2,688	2,690	2,685	2,663	2,713	2,737	2,741	2,748	2,691	2,666	2,636	2,718	2,714	2,696
$^{IV}Fe^{3+}$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
^{IV}Al	1,335	1,312	1,313	1,312	1,310	1,315	1,337	1,287	1,263	1,259	1,252	1,309	1,334	1,364	1,282	1,286	1,304
^{VI}Al	0,273	0,292	0,279	0,264	0,271	0,271	0,293	0,001	0,039	0,038	0,009	0,272	0,276	0,227	0,190	0,242	0,242
Al_{tot}	1,608	1,604	1,592	1,576	1,582	1,586	1,630	1,288	1,302	1,297	1,261	1,582	1,610	1,591	1,472	1,528	1,547
Ti	0,132	0,075	0,069	0,066	0,079	0,095	0,091	0,250	0,251	0,247	0,243	0,099	0,095	0,094	0,090	0,083	0,082
Cr^{3+}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,003	0,000	0,003	0,004	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000
Fe^{2+}	0,315	0,311	0,319	0,312	0,308	0,315	0,317	0,339	0,311	0,311	0,296	0,323	0,334	0,350	0,350	0,387	0,383
$^{VI}Fe^{3+}$	0,475	0,469	0,480	0,471	0,465	0,475	0,478	0,511	0,468	0,468	0,446	0,486	0,504	0,528	0,528	0,583	0,578
Fe^{3+}_{tot}	0,475	0,469	0,480	0,471	0,465	0,475	0,478	0,511	0,468	0,468	0,446	0,486	0,504	0,528	0,528	0,583	0,578
Mg	1,781	1,895	1,873	1,887	1,913	1,846	1,824	1,784	1,868	1,848	1,891	1,832	1,804	1,816	1,823	1,661	1,697
Mn^{2+}	0,016	0,007	0,007	0,008	0,009	0,011	0,002	0,008	0,012	0,008	0,005	0,004	0,005	0,012	0,012	0,010	0,014
Ca	0,005	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,001	0,000	0,000	0,003	0,002	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000
Na	0,067	0,066	0,079	0,066	0,080	0,076	0,082	0,055	0,059	0,056	0,047	0,067	0,074	0,063	0,058	0,088	0,060
K	0,838	0,881	0,874	0,870	0,843	0,879	0,886	0,900	0,869	0,903	0,901	0,870	0,874	0,892	0,892	0,889	0,880
Ba	0,002	0,000	0,006	0,004	0,005	0,002	0,001	0,014	0,009	0,011	0,010	0,004	0,008	0,009	0,002	0,000	0,001

Tabella 11. (continua)

Camp	MMR1-2-4	GB1-1-1	GB1-1-2	GB1-1-4	GB1-1-5	GB1-1-6	GB1-1-7	GB1-1-8	GB1-2-1	GB1-2-2	GB1-2-3	GB1-2-4	GB1-2-5	GB1-2-6	GB1-3-1	GB1-3-2	GB1-3-3
Luogo	Euganean Hills	Bressanone	Bressanone	Bressanone	Bressanone	Bressanone	Bressanone	Bressanone	Bressanone	Bressanone	Bressanone	Bressanone	Bressanone	Bressanone	Bressanone	Bressanone	Bressanone
Roccia	Granulite	Granito	Granito	Granito	Granito	Granito	Granito	Granito	Granito	Granito	Granito	Granito	Granito	Granito	Granito	Granito	Granito
SiO_2	35,18	34,79	34,71	34,97	35,27	34,85	35,06	34,72	33,95	34,58	34,69	34,67	34,79	34,77	34,24	34,88	34,69
TiO_2	1,57	3,62	3,52	3,31	3,71	3,66	3,46	3,12	4,30	4,07	4,09	4,25	3,00	3,60	3,70	3,49	3,34
Al_2O_3	17,06	13,96	14,10	14,27	14,25	13,85	14,09	14,19	13,79	13,88	13,60	13,87	14,02	13,96	13,86	13,70	13,97
Cr_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,05	0,07	0,05	0,08	0,00	0,00	0,05	0,00	0,03	0,00	0,10	0,01	0,04	0,00
FeO	14,50	25,48	25,49	25,68	26,12	25,68	25,66	25,53	25,89	25,90	25,90	25,70	25,95	25,77	25,71	25,50	25,26
MgO	15,72	7,65	7,71	7,86	7,54	7,52	7,79	7,74	7,31	7,23	7,33	7,22	7,68	7,38	7,35	7,66	7,37
MnO	0,33	0,61	0,55	0,59	0,61	0,55	0,51	0,45	0,47	0,56	0,66	0,58	0,49	0,57	0,62	0,60	0,54
CaO	0,00	0,02	0,13	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,05	0,03	0,07
Na_2O	0,32	0,11	0,12	0,10	0,16	0,11	0,10	0,11	0,19	0,13	0,13	0,13	0,15	0,11	0,15	0,11	0,11
K_2O	9,01	9,09	8,88	9,02	9,10	8,98	8,87	8,61	8,79	8,85	9,09	8,89	8,91	8,58	8,78	9,14	8,77
BaO	0,11	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00	0,02	0,14	0,08	0,35	0,00	0,10	0,04	0,21	0,10	0,00	0,04
F	0,67	0,78	0,52	0,41	0,41	0,19	0,33	0,52	0,86	0,26	0,21	0,19	0,44	0,42	0,69	0,20	0,00
Cl	0,12	0,20	0,18	0,19	0,20	0,21	0,18	0,20	0,19	0,18	0,19	0,21	0,20	0,24	0,19	0,20	0,21
Totale	93,80	95,32	95,22	96,18	96,83	95,26	95,63	94,61	94,79	95,61	95,49	95,46	95,03	95,05	94,57	95,14	94,17
H_2O c.	2,70	2,70	2,70	2,70	2,57	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70
Si	2,660	2,680	2,682	2,686	2,696	2,703	2,701	2,694	2,634	2,679	2,690	2,686	2,698	2,693	2,665	2,709	2,719
$^{IV}Fe^{3+}$	0,000	0,052	0,034	0,022	0,020	0,032	0,020	0,008	0,104	0,053	0,067	0,048	0,021	0,032	0,063	0,037	0,000
^{IV}Al	1,340	1,268	1,284	1,292	1,283	1,266	1,279	1,298	1,261	1,268	1,243	1,266	1,281	1,275	1,272	1,254	1,281
^{VI}Al	0,181	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
Al_{tot}	1,521	1,268	1,284	1,292	1,283	1,266	1,279	1,298	1,261	1,268	1,243	1,266	1,281	1,275	1,272	1,254	1,291
Ti	0,089	0,210	0,205	0,191	0,213	0,213	0,200	0,182	0,251	0,237	0,239	0,248	0,175	0,210	0,217	0,204	0,197
Cr^{3+}	0,000	0,000	0,000	0,003	0,004	0,003	0,005	0,000	0,000	0,003	0,000	0,002	0,000	0,006	0,001	0,003	0,000
Fe^{2+}	0,367	0,657	0,659	0,660	0,668	0,666	0,661	0,663	0,672	0,671	0,672	0,666	0,673	0,668	0,669	0,663	0,662
$^{VI}Fe^{3+}$	0,553	0,938	0,959	0,972	0,987	0,973	0,977	0,991	0,908	0,959	0,946	0,956	0,994	0,975	0,946	0,962	0,999
Fe^{3+}_{tot}	0,553	0,990	0,993	0,994	1,007	1,004	0,997	0,999	1,013	1,012	1,013	1,004	1,015	1,007	1,009	0,999	0,999
Mg	1,772	0,878	0,888	0,900	0,859	0,869	0,894	0,896	0,846	0,835	0,847	0,833	0,887	0,853	0,852	0,887	0,862
Mn^{2+}	0,021	0,040	0,036	0,038	0,039	0,036	0,033	0,030	0,031	0,037	0,043	0,038	0,032	0,037	0,041	0,039	0,036
Ca	0,000	0,002	0,011	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,001	0,004	0,002	0,005
Na	0,047	0,016	0,018	0,015	0,023	0,017	0,015	0,016	0,028	0,020	0,019	0,019	0,023	0,017	0,023	0,017	0,016
K	0,870	0,894	0,875	0,884	0,888	0,888	0,872	0,852	0,870	0,875	0,899	0,879	0,881	0,847	0,871	0,905	0,877
Ba	0,003	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,001	0,004	0,003	0,011	0,000	0,003	0,001	0,006	0,003	0,000	0,001

Tabella 12. (continua)

Camp	GB1-3-4	GB1-3-5	GB1-3-7	GB1-3-8	ADa11-2-1	ADa11-2-2	ADa11-2-3	ADa11-2-4	ADa11-2-5	ADa11-2-6	ADa11-2-7	ADa11-2-8	ADa11-1-1	ADa11-1-2	ADa11-1-3	ADa11-1-4	ADa11-1-5
Luogo	Bressanone	Bressanone	Bressanone	Bressanone	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello
Roccia	Granito	Granito	Granito	Granito	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite
SiO_2	34,43	34,60	34,60	34,59	36,18	36,05	36,40	36,38	36,57	36,51	35,82	36,92	36,07	36,05	36,65	36,64	36,52
TiO_2	3,69	3,82	3,99	3,79	3,80	3,92	3,76	3,00	2,69	3,62	3,72	3,04	3,79	3,89	4,48	3,85	3,93
Al_2O_3	13,96	13,80	13,80	13,73	14,82	14,85	14,50	15,30	15,34	14,63	14,64	15,33	15,00	14,88	15,28	15,10	14,96
Cr_2O_3	0,04	0,03	0,06	0,05	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,05	0,03	0,04	0,02	0,02	0,08
FeO	25,77	25,97	25,49	25,68	18,69	18,68	18,61	17,85	17,71	18,16	18,20	18,08	17,88	17,88	17,27	17,83	18,00
MgO	7,50	7,63	7,64	7,53	12,26	12,17	12,36	12,45	12,77	12,36	12,26	12,40	12,40	12,19	11,73	11,94	12,04
MnO	0,65	0,61	0,60	0,53	0,38	0,35	0,29	0,34	0,34	0,30	0,32	0,34	0,39	0,33	0,31	0,28	0,37
CaO	0,03	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Na_2O	0,10	0,12	0,06	0,15	0,06	0,00	0,02	0,06	0,10	0,05	0,01	0,05	0,08	0,08	0,09	0,01	0,07
K_2O	8,47	8,93	8,96	9,08	9,38	9,69	9,42	9,74	9,78	9,67	9,75	9,82	9,51	9,80	9,73	9,82	9,86
BaO	0,00	0,00	0,02	0,12	0,21	0,53	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,00	0,13	0,50	0,92	0,00	0,18	0,30	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56	0,09	0,05	0,00
Cl	0,19	0,22	0,24	0,24	0,11	0,14	0,12	0,10	0,10	0,13	0,14	0,15	0,13	0,12	0,09	0,16	0,13
Totale	94,63	95,54	95,22	95,27	95,80	96,23	95,70	95,13	95,32	95,31	94,72	96,03	95,21	95,13	95,57	95,49	95,83
H_2O c.	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70
Si	2,689	2,681	2,676	2,668	2,739	2,723	2,750	2,751	2,771	2,770	2,740	2,778	2,740	2,728	2,763	2,770	2,758
$^{IV}Fe^{3+}$	0,027	0,058	0,066	0,084	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
^{IV}Al	1,285	1,260	1,258	1,248	1,261	1,277	1,250	1,249	1,229	1,230	1,260	1,222	1,260	1,272	1,237	1,230	1,242
^{VI}Al	0,000	0,000	0,000	0,000	0,061	0,045	0,042	0,115	0,140	0,078	0,060	0,136	0,082	0,055	0,120	0,115	0,091
Al_{tot}	1,285	1,260	1,258	1,248	1,322	1,322	1,292	1,364	1,369	1,308	1,320	1,359	1,343	1,327	1,357	1,345	1,332
Ti	0,217	0,223	0,232	0,220	0,216	0,223	0,214	0,171	0,153	0,207	0,214	0,172	0,216	0,221	0,254	0,219	0,223
Cr^{3+}	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	0,005
Fe^{2+}	0,673	0,673	0,660	0,663	0,473	0,472	0,470	0,452	0,449	0,461	0,466	0,455	0,454	0,453	0,435	0,451	0,455
$^{VI}Fe^{3+}$	0,988	0,957	0,928	0,915	0,713	0,712	0,709	0,681	0,676	0,695	0,702	0,686	0,685	0,682	0,657	0,680	0,686
Fe^{3+}_{tot}	1,015	1,015	0,994	0,999	0,713	0,712	0,709	0,681	0,676	0,695	0,702	0,686	0,685	0,682	0,657	0,680	0,686
Mg	0,872	0,881	0,880	0,866	1,383	1,370	1,392	1,403	1,442	1,397	1,398	1,391	1,404	1,375	1,318	1,345	1,355
Mn^{2+}	0,043	0,040	0,039	0,035	0,024	0,023	0,019	0,022	0,022	0,019	0,020	0,022	0,025	0,021	0,020	0,018	0,024
Ca	0,002	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Na	0,015	0,018	0,009	0,023	0,009	0,000	0,003	0,009	0,014	0,007	0,001	0,008	0,011	0,012	0,013	0,002	0,010
K	0,843	0,883	0,884	0,893	0,906	0,934	0,908	0,939	0,945	0,935	0,952	0,943	0,921	0,946	0,935	0,946	0,950
Ba	0,000	0,000	0,001	0,004	0,006	0,016	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabella 13. (continua)

Camp	ADa11-1-6	ADa11-1-7	ADa11-1-8	ADa11-1-9	ADa11-1-10	ADa11-3-1	ADa11-3-2	ADa11-3-3	ADa11-3-4	ADa11-3-5	ADa11-3-6	ADa11-3-7	ADa11-3-8	ADa11-3-9	ADa11-4-1	ADa11-4-2	ADa11-4-3
Luogo	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello
Roccia	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite
SiO_2	36,39	36,51	36,37	36,33	36,17	36,23	35,88	36,46	36,61	36,06	36,45	35,89	36,16	36,23	36,17	35,70	35,63
TiO_2	3,74	3,88	3,41	3,49	3,37	3,06	3,28	2,31	3,72	3,81	3,13	3,42	3,38	3,19	3,19	3,64	3,69
Al_2O_3	15,14	15,11	14,95	14,95	15,25	15,22	15,14	15,75	15,24	14,87	15,11	15,02	14,95	15,31	14,75	14,75	14,78
Cr_2O_3	0,00	0,03	0,03	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,08	0,07	0,02	0,00	0,00	0,01	0,03
FeO	17,68	18,07	18,20	18,30	17,99	17,78	18,08	17,13	17,88	17,86	17,86	18,03	17,97	17,72	18,54	18,52	18,53
MgO	12,16	11,84	11,94	11,61	11,81	12,28	12,26	12,53	11,54	12,30	12,84	12,48	12,45	12,24	12,43	12,21	12,08
MnO	0,27	0,39	0,29	0,32	0,38	0,39	0,40	0,41	0,39	0,48	0,43	0,30	0,31	0,30	0,33	0,28	0,33
CaO	0,00	0,02	0,03	0,02	0,00	0,08	0,06	0,05	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na_2O	0,09	0,13	0,09	0,12	0,10	0,06	0,08	0,03	0,10	0,14	0,07	0,08	0,11	0,09	0,10	0,07	0,07
K_2O	9,56	9,64	9,74	9,50	9,68	9,68	9,47	9,65	9,62	9,70	9,63	9,57	9,53	9,75	9,57	9,62	9,69
BaO	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,13	0,00	0,00	0,00
F	1,05	0,55	0,30	0,27	0,22	0,00	0,00	0,45	0,13	0,13	0,00	0,31	0,51	0,29	0,00	0,00	0,36
Cl	0,12	0,12	0,09	0,19	0,16	0,11	0,13	0,15	0,08	0,12	0,10	0,11	0,13	0,11	0,15	0,10	0,12
Totale	95,14	95,64	95,06	94,69	94,74	94,93	94,65	94,32	95,09	95,27	95,62	94,85	94,98	94,96	95,07	94,79	94,83
H_2O c.	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70
Si	2,732	2,745	2,760	2,764	2,753	2,761	2,741	2,769	2,775	2,738	2,755	2,729	2,739	2,750	2,755	2,730	2,716
$^{IV}Fe^{3+}$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
^{IV}Al	1,268	1,255	1,240	1,236	1,247	1,239	1,259	1,231	1,225	1,262	1,245	1,271	1,261	1,250	1,245	1,270	1,284
^{VI}Al	0,072	0,084	0,097	0,104	0,120	0,128	0,104	0,178	0,137	0,068	0,102	0,075	0,073	0,120	0,079	0,060	0,044
Al_{tot}	1,340	1,339	1,337	1,340	1,368	1,367	1,363	1,409	1,362	1,330	1,346	1,346	1,335	1,370	1,324	1,330	1,328
Ti	0,211	0,220	0,195	0,200	0,193	0,175	0,189	0,132	0,212	0,217	0,178	0,195	0,193	0,182	0,182	0,209	0,212
Cr^{3+}	0,000	0,002	0,002	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,005	0,004	0,001	0,000	0,000	0,001	0,002
Fe^{2+}	0,444	0,455	0,462	0,466	0,458	0,453	0,462	0,435	0,453	0,454	0,452	0,459	0,455	0,450	0,472	0,474	0,473
$^{VI}Fe^{3+}$	0,669	0,685	0,696	0,702	0,691	0,683	0,696	0,656	0,684	0,684	0,681	0,691	0,686	0,678	0,712	0,714	0,712
Fe^{3+}_{tot}	0,669	0,685	0,696	0,702	0,691	0,683	0,696	0,656	0,684	0,684	0,681	0,691	0,686	0,678	0,712	0,714	0,712
Mg	1,361	1,327	1,350	1,316	1,339	1,395	1,395	1,419	1,304	1,392	1,447	1,414	1,406	1,386	1,411	1,392	1,373
Mn^{2+}	0,017	0,025	0,019	0,021	0,024	0,025	0,026	0,026	0,025	0,031	0,027	0,019	0,020	0,020	0,021	0,018	0,021
Ca	0,000	0,002	0,003	0,001	0,000	0,006	0,005	0,004	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Na	0,013	0,018	0,013	0,018	0,014	0,009	0,012	0,004	0,014	0,020	0,011	0,012	0,016	0,013	0,015	0,011	0,011
K	0,916	0,925	0,943	0,922	0,940	0,941	0,923	0,935	0,930	0,939	0,929	0,928	0,921	0,944	0,929	0,939	0,942
Ba	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,004	0,000	0,000	0,000

Tabella 14. (continua)

Camp	ADa11-4-4	ADa11-4-5	ADa11-4-6	ADa11-4-7	ADa11-4-8	ADa11-4-9	ADa11-4-10	ADa11-4-11	Leo1+Bt A1	Leo1+Bt A2	Leo1+Bt A3	Leo1+Bt A4	Leo1+Bt A5	Leo1+Bt B1	Leo1+Bt B3	Leo1+Bt B4	Leo1+Bt D1
Luogo	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	Adamello	St. Leonard	St. Leonard	St. Leonard	St. Leonard	St. Leonard	St. Leonard	St. Leonard	St. Leonard	St. Leonard
Roccia	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Granodiorite	Fillade	Fillade	Fillade	Fillade	Fillade	Fillade	Fillade	Fillade	Fillade
SiO_2	36,32	36,51	35,99	36,09	36,07	36,30	36,46	36,37	36,24	36,87	36,48	35,98	36,79	36,36	36,40	36,62	36,36
TiO_2	3,21	2,38	3,70	3,50	3,41	3,20	3,22	3,12	1,66	1,48	1,79	1,54	1,43	1,62	1,77	1,71	1,49
Al_2O_3	14,80	15,11	14,88	15,07	14,65	14,92	14,94	15,11	19,14	19,41	19,57	19,21	19,94	19,09	19,46	19,24	18,83
Cr_2O_3	0,00	0,02	0,00	0,03	0,04	0,00	0,06	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,12	0,06	0,03
FeO	18,24	17,78	18,73	18,64	18,16	18,03	18,20	18,74	18,81	18,01	18,22	18,28	18,10	17,87	18,81	18,59	18,72
MgO	12,45	12,87	12,03	12,25	12,12	12,28	12,23	12,20	10,66	11,06	10,43	10,41	10,62	10,84	10,65	11,48	10,50
MnO	0,21	0,32	0,36	0,35	0,33	0,31	0,34	0,33	0,04	0,23	0,19	0,15	0,07	0,06	0,09	0,12	0,08
CaO	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01	0,03	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na_2O	0,00	0,04	0,06	0,10	0,11	0,05	0,09	0,06	0,13	0,23	0,25	0,20	0,21	0,18	0,19	0,20	0,20
K_2O	9,67	9,49	9,80	9,59	9,74	9,34	9,54	9,66	8,69	8,10	8,59	8,69	8,64	8,51	8,71	8,48	8,71
BaO	0,00	0,00	0,44	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,00	0,49	0,20	0,36	0,04	0,19	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Cl	0,17	0,16	0,14	0,15	0,08	0,13	0,15	0,15	0,02	0,05	0,02	0,01	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00
Totale	94,92	94,52	96,00	95,66	94,68	94,43	95,07	95,64	95,42	95,41	95,52	94,48	95,81	94,58	96,20	96,51	94,91
H_2O c.	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70
Si	2,765	2,769	2,726	2,724	2,759	2,767	2,770	2,754	2,745	2,773	2,753	2,749	2,763	2,765	2,736	2,739	2,769
$^{IV}Fe^{3+}$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
^{IV}Al	1,235	1,231	1,274	1,276	1,241	1,233	1,230	1,246	1,255	1,227	1,247	1,251	1,237	1,235	1,264	1,261	1,231
^{VI}Al	0,094	0,120	0,054	0,065	0,081	0,107	0,108	0,103	0,454	0,494	0,493	0,479	0,527	0,476	0,461	0,435	0,458
Al_{tot}	1,328	1,351	1,328	1,341	1,321	1,340	1,338	1,349	1,709	1,721	1,740	1,730	1,765	1,711	1,724	1,696	1,690
Ti	0,184	0,136	0,211	0,199	0,196	0,183	0,184	0,178	0,095	0,084	0,102	0,088	0,081	0,093	0,100	0,096	0,085
Cr^{3+}	0,000	0,001	0,000	0,002	0,002	0,000	0,004	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,007	0,004	0,002
Fe^{2+}	0,465	0,451	0,474	0,471	0,465	0,460	0,463	0,475	0,715	0,680	0,690	0,701	0,682	0,682	0,710	0,698	0,715
$^{VI}Fe^{3+}$	0,701	0,680	0,715	0,710	0,700	0,693	0,697	0,716	0,479	0,455	0,462	0,470	0,457	0,457	0,475	0,467	0,479
Fe^{3+}_{tot}	0,701	0,680	0,715	0,710	0,700	0,693	0,697	0,716	0,479	0,455	0,462	0,470	0,457	0,457	0,475	0,467	0,479
Mg	1,413	1,455	1,358	1,379	1,382	1,395	1,386	1,378	1,204	1,240	1,173	1,186	1,188	1,228	1,194	1,280	1,192
Mn^{2+}	0,014	0,020	0,023	0,023	0,022	0,020	0,022	0,021	0,002	0,015	0,012	0,010	0,004	0,004	0,006	0,008	0,005
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,001	0,002	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Na	0,000	0,007	0,009	0,015	0,016	0,007	0,014	0,009	0,020	0,033	0,037	0,030	0,030	0,026	0,027	0,028	0,030
K	0,940	0,918	0,946	0,923	0,951	0,908	0,925	0,933	0,840	0,777	0,826	0,847	0,827	0,826	0,835	0,809	0,846
Ba	0,000	0,000	0,013	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabella 15. (continua)

Camp	Leo1+BtD3	Leo1+BtD2	Pn1+BtA4	Pn1+BtC1	Pn1+BtC2	Pn1+BtC3	Pn1+BtE1	Pn1+BtD1	Pn1+BtD2	Pn1+BtD3	Pn1+BtE2	Pn1+BtE3	Vd3IIIBtX1
Luogo	St. Leonard	St. Leonard	Pennes	Pennes	Pennes	Pennes	Pennes	Pennes	Pennes	Pennes	Pennes	Pennes	Vintl
Roccia	Fillade	Fillade	Fillade	Fillade	Fillade	Fillade	Fillade	Fillade	Fillade	Fillade	Fillade	Fillade	Fillade
SiO_2	36,96	36,81	34,72	35,47	35,58	34,65	35,63	36,08	35,53	35,60	34,15	35,38	36,91
TiO_2	1,91	1,80	1,90	1,73	1,91	1,67	1,70	1,64	1,80	1,64	1,77	1,84	1,60
Al_2O_3	18,84	19,09	19,25	19,24	19,82	19,67	19,62	19,72	19,73	19,68	18,98	19,13	18,60
Cr_2O_3	0,01	0,08	0,10	0,03	0,13	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,01	0,00	0,06
FeO	18,45	18,86	21,72	21,87	21,35	23,12	21,48	21,40	21,35	21,05	22,95	21,36	18,36
MgO	10,53	10,25	8,82	8,64	8,55	8,12	8,21	9,08	9,06	8,99	8,71	8,47	10,71
MnO	0,13	0,03	0,19	0,04	0,19	0,13	0,09	0,00	0,16	0,13	0,04	0,15	0,14
CaO	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,07
Na_2O	0,29	0,22	0,35	0,45	0,36	0,25	0,40	0,43	0,29	0,61	0,21	0,24	0,19
K_2O	8,83	8,91	7,92	8,21	8,08	7,86	8,24	8,18	8,76	8,19	8,12	8,17	8,06
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,03
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,04
Totale	95,96	96,07	94,97	95,69	95,95	95,51	95,37	96,65	96,69	95,90	94,94	94,75	94,71
H_2O c.	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70
Si	2,782	2,771	2,670	2,708	2,700	2,659	2,722	2,717	2,687	2,704	2,643	2,720	2,799
$^{IV}Fe^{3+}$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
^{IV}Al	1,218	1,229	1,330	1,292	1,300	1,341	1,278	1,283	1,313	1,296	1,357	1,280	1,201
^{VI}Al	0,454	0,464	0,416	0,438	0,473	0,438	0,489	0,467	0,446	0,466	0,375	0,454	0,462
Al_{tot}	1,672	1,694	1,745	1,731	1,773	1,779	1,767	1,750	1,759	1,761	1,731	1,734	1,662
Ti	0,108	0,102	0,110	0,099	0,109	0,096	0,097	0,093	0,102	0,093	0,103	0,106	0,091
Cr^{3+}	0,001	0,005	0,006	0,002	0,008	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,001	0,000	0,004
Fe^{2+}	0,697	0,713	0,838	0,838	0,813	0,890	0,823	0,809	0,810	0,802	0,891	0,824	0,699
$^{VI}Fe^{3+}$	0,467	0,477	0,562	0,561	0,545	0,596	0,552	0,542	0,543	0,537	0,597	0,552	0,468
Fe^{3+}_{tot}	0,467	0,477	0,562	0,561	0,545	0,596	0,552	0,542	0,543	0,537	0,597	0,552	0,468
Mg	1,181	1,150	1,011	0,983	0,968	0,929	0,935	1,019	1,022	1,017	1,005	0,971	1,211
Mn^{2+}	0,008	0,002	0,012	0,003	0,012	0,009	0,006	0,000	0,011	0,009	0,003	0,010	0,009
Ca	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,006
Na	0,043	0,033	0,052	0,067	0,053	0,037	0,059	0,062	0,043	0,089	0,032	0,036	0,028
K	0,848	0,855	0,777	0,800	0,782	0,770	0,803	0,786	0,846	0,794	0,802	0,801	0,780
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000