

## **Mineralogia e petrografia delle rocce groenlandesi del fiordo di Sermelik**

<sup>1</sup>IEZZI Gianluca, <sup>2</sup>D'AMICODATRI Giovanni, <sup>2</sup>DEL VECCHIO Alessandro, <sup>2</sup>MENICUCCI Lorenzo, <sup>1</sup>DI SABATINO Bruno, <sup>3</sup>PELUZZI Davide

<sup>1</sup>Dipartimento DIGAT, Università G. d'Annunzio, CHIETI

<sup>2</sup>Facoltà di Scienze MM.FF.NN, Università G. d'Annunzio, CHIETI

<sup>3</sup>Gruppo Ricerca Alpinismo Ex-Plora

### **Riassunto**

In questo studio sono stati analizzati quattro campioni della missione polare Saxum dal punto di vista mineralogico e petrografico. I dati microscopici e di diffrazione indicano un chimismo piuttosto simile di tali campioni. Le loro caratteristiche cristallo-chimiche evidenziano che tre di questi campioni sono stati formati in ambiente magmatico intrusivo e filoniano, mentre un quarto campione ha cristallizzato nelle rocce incassanti l'intrusione, essendo uno gneiss. Tutti i dati analizzati testimoniano una formazione di queste rocce avvenuta all'interno della porzione profonda della crosta terrestre, in accordo con i dati geologici di bibliografia.

### **Introduzione**

La Groenlandia è uno dei cratoni terrestri situata all'interno della placca nord americana; dal punto di vista geografico la Groenlandia è una vasta isola (o continente) situata a ridosso ed all'interno del circolo polare artico. Il termine cratone, spesso indicato anche con il sinonimo scudo, deriva dal greco κράτος e significa forza. Geologicamente tale termine indica le aree terrestri relativamente stabili dal punto di vista tettonico e normalmente anche vulcanico, ove affiorano rocce con età uguali o superiori a circa 500 milioni di anni, o più precisamente ove affiorano rocce di età precambriana (pre-570 milioni di anni dal presente). Tali aree sovente mostrano in affioramento rocce ignee e metamorfiche che si sono originate nella parte inferiore della crosta terrestre; queste rocce per via del continuo disgregamento esogeno delle rocce sovrastanti nel corso dei precedenti periodi geologici, sono portate a giorno, in modo da mostrare in affioramento unità litologiche della crosta inferiore o, più raramente della porzione più superficiale del mantello superiore. L'azione erosiva tende a far assumere alle aree cratoniche un peculiare aspetto peneplanare; tuttavia anche rilievi orografici possono essere presenti, ma con altezze relativamente

poco elevate, soprattutto in riferimento alle catene montuose originatesi durante processi geodinamici avvenuti più di recente (Press e Siever, 2000).

Petrograficamente i cratoni normalmente si caratterizzano per la presenza di rocce ignee intrusive a chimismo acido o intermedio (alti e moderati tenori in silice) come i graniti e le granodioriti oppure sono composte da rocce metamorfiche di alto grado, con chimismi simili a quelle delle rocce intrusive con cui sono in contatto stratigrafico come gli gneiss, le granuliti e/o le migmatiti. Questi tipi litologici sono formati prevalentemente da minerali silicatici delle famiglie dei feldspati, degli inosilicati, dei fillosilicati e dei granati. L'assemblaggio dei vari minerali (paragenesi) componenti una roccia cratonica è indicativa delle condizioni di formazione di queste rocce, come la temperatura, la pressione e/o la presenza di fluidi attivi durante la loro formazione. Si può infatti asserire che le unità litologiche che formano i vari cratoni sono una porzione "fossile" di quella che è l'odierna composizione della crosta terrestre inferiore. Quindi lo studio dei cratoni permette di ottenere importanti informazioni su quello che è lo stato chimico-fisico (odiernamente) vigente a diverse decine di chilometri al disotto della superficie terrestre.

Durante la missione Saxum sono stati prelevati diverse rocce nell'areale montuoso nella porzione interna del fiordo di Sermelik, e più esattamente alla latitudine di  $65^{\circ} 55' .081''$  e longitudine di  $37^{\circ} 35.542'$ . Tali campioni sono stati infatti prelevati durante l'ascesa di una montagna "senza nome" per la prima volta scalata durante la spedizione del "Gruppo Ricerca Alpinismo Ex-Plora", composta da Davide Peluzzi, Franco Varrassi e Libero Limoncelli.

In questo articolo sono state analizzate le caratteristiche mineralogiche e petrografiche di quattro campioni rappresentativi delle caratteristiche delle rocce affioranti in tale zona. Tali litotipi sono stati per la prima volta studiati e sono rappresentativi delle caratteristiche petrografiche delle rocce groenlandesi e permettono in via preliminare di inquadrare la storia della formazione ed evoluzione di queste rocce. Informazioni mineralogiche, petrografiche, geochimiche e geologiche di queste rocce sono state studiate dal Servizio Geologico Danese e riportate in generale nella carta geologica groenlandese (Greenland Geological Map 1 : 2500000, 2000).

### **Tessitura e struttura dei campioni**

Una parte dei quattro campioni della missione Saxum, provenienti dall'areale del fiordo di Sermelik sono riportati in Figura 1. Tali campioni macroscopicamente mostrano differenze ben evidenti. Il campione saxum1 ha un aspetto rossastro sia in superficie che internamente al campione dovuta a probabile alterazione sub-aerea; tuttavia sono ancora evidenti cristalli di dimensioni millimetriche (Figura 1). Il campione saxum2 ha un aspetto tondeggiante sub-sferico, tipico di un

ciottolo; tale campione non evidenzia macroscopicamente alterazioni e presenta diversi minerali di dimensione sub-centimetriche (Figura 1). Il terzo litotipo saxum3 di colore alquanto chiaro, rivela prevalentemente la presenza di cristalli leucocrati sub-millimetrici, mentre il quarto campione presenta bande scure e chiare, con cristalli millimetrici immersi in esse (Figura 1). I primi tre litotipi non mostrano evidenti peculiarità strutturali, mentre l'ultimo ha una chiara struttura planare (*layering*).

Da tali campioni si sono preparate altrettante sezioni sottili con spessori di alcune decine di micron. Queste quattro sezioni sottili sono state analizzate tramite microscopio mineralogico ZEISS standard 25, operante in trasmissione e con luce polarizzata, ed installato presso la Facoltà di Scienze dell'Università G. d'Annunzio. Le caratteristiche tessiturali e strutturali sono state osservate ad ingrandimenti di 2.5x e 10x; le caratteristiche principali di tutti i campioni, registrate tramite telecamera digitale, sono riportate in Figura 2. Il campione saxum1 presenta diverse fasi cristalline e non si evince presenza di materiale amorfo. I minerali presenti sono sia incolore (leucocrati) che di colore marrone (melanocrati) variabile tra toni più chiari e scuri. Le taglie cristalline variano di circa cinque volte tra i cristalli più sviluppati di qualche mm rispetto a quelli più piccoli. In questo campione è ben evidente la presenza di quarzo e di feldspati con evidenti geminazioni e micro-strutture dovute a smescolamento. I minerali melanocrati presentano tracce di sfaldatura. Il campione saxum2 anch'esso non mostra caratteri strutturali, ovvero i minerali sono isorientati. Le fasi cristalline riconosciute sono quarzo, feldspati e mica (con apprezzabile potere pleocroico). La dimensionalità relativa tra i vari cristalli è inferiore ad un ordine di grandezza tra i maggiori, che sono quarzo e microclino, mentre la fase con taglia minore è la mica. Il campione saxum3 anch'esso non presenta direzioni preferenziali dei minerali. La taglia cristallina di questo campione è alquanto uniforme, ed eccetto rari cristalli, circa il 90-95% di tale litotipo è costituito da minerali di taglia sub-millimetrica. Questo campione è principalmente costituito da minerali leucocrati tetrasilicatici. Il quarto ed ultimo campione microscopicamente mostra le medesime peculiarità osservate macroscopicamente (Figura 1). Tale campione mostra quindi anche microscopicamente una struttura di tipo planare. Le bande più chiare sono costituite da feldspati e quarzo, mentre quelle più scure sono prevalentemente formate da fillosilicati. Ben evidente è la presenza del granato di colore rossaceo-violaceo.

### **Mineralogia dei campioni**

Gli stessi quattro campioni sono stati analizzati tramite diffrazione dei raggi X da polveri (XRPD: *X-ray powder diffraction*). Ognuno dei campioni è stato dapprima macinato con un mulino

elettrico, utilizzando circa 100 g di ogni campione. Una decina di g della polvere omogenea così ottenuta è stata poi ulteriormente polverizzata tramite un mortaio d'agata e relativo pestello sempre di agata. Alla fine la polvere con granulometria inferiore ai 10 micron è stata analizzata tramite un diffrattometro Siemens-Bruker D5005, operante in geometria Bragg-Brenatno  $\theta$ - $2\theta$ , con sorgente di Cu ( $k\alpha_1$  e  $k\alpha_2$ ) e monocromatore di Ni. Circa 10-15 mg, per ognuna delle polveri, sono stati alloggiati in un porta campione "zero-background" di Si. I quattro diffrattogrammi sono stati registrati con un passo di campionamento di  $0.01^\circ$  ogni 3 o 4 s, per un *range* di  $2\theta$  compreso tra  $5^\circ$  e  $100^\circ$ . Gli spettri XRPD ottenuti sono stati dapprima analizzati tramite il database EVA per la ricerca delle varie fasi cristalline presenti. I vari minerali riconosciuti essere presenti nei quattro campioni sono stati successivamente utilizzati per caratterizzare semi-quantitativamente tramite metodica Le Bail, le fasi cristalline presenti e per determinare i loro parametri di cella; i gruppi spaziali utilizzati sono stati quelli dei vari modelli strutturali riportati da bibliografia e soprattutto quelli presenti nel database ICSD (*Inorganic Crystal Structure Database*).

I diffrattogrammi dei quattro campioni tra  $0^\circ$  e  $100^\circ$  di  $2\theta$  sono riportati nelle Figure 3-6. Nessuno dei quattro campioni evidenzia la presenza di materiale amorfo. Tutti i campioni contengono, in diverse proporzioni, sia quarzo, che microclino, che plagioclasio albitico (Figure 3-6). I diversi campioni, come riportato sia in tali figure che nella Tabella 1, mostrano anche la presenza di vari fillosilicati e di granato. I parametri di cella elementare affinati accuratamente tramite il metodo Le Bail sono riportati anch'essi nella Tabella 2.

Il quarzo è presente in tutti i campioni e non mostra variazioni dei parametri reticolari significativi, mentre i due feldspati oltre che riportati nella Tabella 2, sono stati riportati anche in Figura 7 per mostrarne le variazioni dei parametri di cella. Benché variazioni sono presenti tra i quattro campioni, le loro differenze non sono elevate per tutti e sei i parametri di cella triclini. La composizione chimica e lo stato strutturale (ordine-disordine nei siti tetraedrici) sono quindi da ritenersi in prima approssimazione alquanto ristrette (Smith & Brown, 1988; Deer et al., 2000).

## **Discussione e Conclusione**

Questi quattro campioni in base alle osservazioni microscopiche e diffrattometriche evidenziano che la roccia è chimicamente di tipo silicatica. La mineralogia osservata e le caratteristiche tessiturali e strutturali mostrano che i primi tre campioni saxum hanno una origine di tipo magmatica intrusiva, mentre il quarto campione è invece una roccia formatasi sotto condizioni di alto grado metamorfico. La presenza di clorite e montmorillonite (Tabella 1) è indicativa dell'alterazione di fillosilicati primari di tipo mica; tali alterazioni sono osservabili anche

macroscopicamente sui campioni che contengono tali fasi (Figura 1). Il primo campione (saxum1) contiene anche un ulteriore minerale primario ossidrilato che è l'anfibolo, indicativo di lievi differenze chimiche durante la propria formazione magmatica e di una cristallizzazione avvenuta a temperature più elevate rispetto ai campioni saxum2 e saxum3. I due campioni saxum1 e saxum2 probabilmente sono stati cristallizzati nel medesimo *reservoir* magmatico, mentre le caratteristiche macro- e microscopiche del campione saxum3 ed il suo assemblaggio mineralogico, evidenziano chiaramente la sua formazione tramite intrusione di un dicco in rocce preesistenti. La formazione del campione saxum4, a differenza degli altri tre, è avvenuta tramite ricristallizzazione allo stato solido di precedenti fasi cristalline. Comunque, tali rocce essendo state campionate nel medesimo areale, hanno chiaramente una genesi in linea generale alquanto comune, tenendo anche conto che tale zona della Groenlandia non ha subito grossi eventi tettonici nelle ultime centinaia di milioni di anni.

Una comparazione dei vari campioni è tuttavia possibile tramite il confronto delle caratteristiche cristallografiche dei tettosilicati contenuti in tutti i campioni (tabella 1). Infatti i parametri di cella di tali minerali permettono di desumere le caratteristiche cristallografiche sia dei feldspati alcalini potassici che sodici e quindi di desumere le condizioni di temperatura e pressione attive durante la loro formazione (Smith e Brown, 1988; Deer et al., 2001). Come già detto, in prima analisi sia i K-feldspati che le albite hanno parametri di cella abbastanza simili. Per determinarne in via indiretta la loro composizione chimica, si sono utilizzate delle relazioni empiriche che mettono in corrispondenza la quantità di K e di Na presente nel K-feldspato e nell'albite, rispettivamente (Smith e Brown, 1988; Deer et al., 2001). Tali dati sono riportati nella Tabella 2 ed evidenziano come i due tettosilicati alcalini hanno entrambi una composizione prossima a quella dei poli puri, ovvero  $KAlSi_3O_8$  e  $NaAlSi_3O_8$ . Per quanto invece riguarda lo stato di ordinamento di Al e Si nei 4 differenti siti tetraedrici di entrambe queste fasi, si ha che l'Al è completamente ordinato per il feldspato potassico e fortemente per quello sodico. L'insieme di queste due tipologie di dati, congiuntamente alla presenza di tessiture di smescolamento osservate al microscopio ottico testimoniano che entrambi questi due minerali sono stati cristallizzati in ambienti magmatici o metamorfici. Infatti il forte ordinamento dei siti tetraedrici tra Al e Si ed il chimismo delle fasi prossime entrambe alle chimiche dei due poli puri dei feldspati alcalini, testimoniano tempi di raffreddamento estremamente lenti rinvenibili solo all'interno della crosta terrestre, ovvero sulla scala dei tempi geologici. Le paragenesi mineralogiche e le caratteristiche tessiturali macro- e microscopiche indicano che i campioni saxum1 e saxum2 sono rocce di tipo granitico, ma la prima è fortemente alterata per via della cospicua presenza di entrambi i fillosilicati di tipo clorite e montmorillonite, mentre la seconda rivela solo piccoli ammontari di clorite da dati

XRPD e quindi ha subito solo una lieve alterazione. Il campione saxum<sup>3</sup> è invece un campione sempre intrusivo, ma messo in posto come dicco ed è quindi una roccia di tipo filoniana. Il campione saxum<sup>4</sup> è invece un tipico campione metamorfico di alto grado per via della sua paragenesi. Tutti questi campioni hanno un chimismo globale alquanto sialico e rappresentano le tipiche rocce formatesi all'interno o in prossimità di corpi plutonici, in accordo con i dati geologici del Servizio Geologico Danese.

**Ringraziamenti:** Questo studio è dedicato alla memoria di Franco Varrassi, deceduto sul Gran Sasso d'Italia, pochi mesi dopo la missione Saxum.

---

### “Uomini e Pietre”

Perché Saxum: dal latino “sasso”, elemento primordiale, dal legame inscindibile tra Uomo e Terra, così, un gruppo di persone dell'Ex-Plora Nunaat International & Perigeo onlus hanno ideato un progetto che conciliasse la scienza e l'esplorazione alpinistica, recandosi in una area del Pianeta dove la Ricerca e l'Avventura è ancora possibile.

L'uomo nel corso della sua storia, per sete di conoscenza si è inoltrato nelle silenziose immensità dei Poli Artici e Antartici. Luoghi meno “terreni” della Terra, dalle strane luci che animano il cielo, meravigliosi panorami, visioni che portano sgomento nell'animo che conducono alla ricerca dell'esplorazione umana nell'Universo....ci piace ancora pensare che esiste ancora “*il limite*”, dove l'uomo moderno non può vantarsi e pretendere di aver conquistato il paese del “Grande Nanu”.

La Groenlandia. (foto aerea)

Una gelida fortezza ,solo negli ultimi anni la scienza ha reso possibile vivere in queste regioni con un po' di sicurezza per noi europei.

Ma c'è gente che vive in Artide da millenni, è il popolo più resistente del globo e nello stesso tempo felice. Essi sono il popolo degli Inuit (uomo),da una ricerca antropologica si legge:”il loro stato di felicità è derivante da una filosofia e da un sistema di vita che i popoli *civili hanno abbandonato* da molto tempo,è un trionfo dello spirito umano”. Infatti, difficilmente avviene nei viaggi in aree geografiche remote, di incontrare bambini , uomini, donne così gioiosi e fieri di farsi ritrarre fotograficamente.

Ci rechiamo a Ittoqqortoormiit e poi a Tasillaq e Tenitequilaq , gli ultimi abitati a nord e centro-sud est della Groenlandia e poi sulle montagne “Senza” Nome dove il maestoso Inlandisis si “difende” con una scogliera di monti che superano i 3000 metri, fino a raggiungere i 3700 m. della vetta più alta dell'intero Artico.

Una catena montuosa di migliaia di chilometri, una gelida fortezza dove il “Progetto Pietre e Popoli” della Saxum Expedition ( **D.Peluzzi – G.Frinchillucci - G.Marinelli- F.Varrassi-L. Natali- L.Limoncelli – Ottorino Tosti**) ha realmente un “senso”.

Così, per noi, campionare e trasportare nella tasca dello zaino delle pietre della terra di Groenlandia-Kalaallitt Nunaat nel **4°Anno Internazionale Polare 2007- 2008**, per i ricercatori del **Dipartimento DIGAT dell'Università di Chieti** ha un forte significato d'unione tra gli uomini della Terra, con il fine di contribuire alla ricerca scientifica italiana nel mondo.

Ci siamo recati su uno dei Cratoni terrestri, dove gli Inuit, come tutti i popoli del mondo, *devono* alla “*Pietra*” la loro sopravvivenza, in un luogo estremo, come è la loro terra.

Essa li ha ospitati, li ha difesi dal gelido vento polare “Peterak”, dal grande orso polare, è stata lo strumento per procurarsi il cibo con *frecce, lance ,coltelli. E' stata scolpita per ritrarre dei volti sacri... essa è l'elemento strutturale globale delle dimore degli “Dei dell'aria”*: **le Montagne.**

*Un grazie va al Presidente della Repubblica Italiana Giorgio Napolitano per la Medaglia in argento donata , al Popolo Inuit e a Tutti coloro che hanno reso possibile la Saxum Expedition 2008. IPY 2007/08*

*Ex-Plora Nunaat International & Perigeo onlus*



### **Bibliografia**

Deer W.A., Howie R.A., Zussman J. (2001). Rock-forming minerals – Framework silicates: feldspars. The Geological Society, London, 972 pp.

Geological Survey of Denmark and Greenland, GREUS (2000). Geological map of Greenland Geological Map 1 : 2500000 (2000). [www.geus.dk/program-areas/raw-materials-greenl-map/greenland/gr-map/anhstart-uk.htm](http://www.geus.dk/program-areas/raw-materials-greenl-map/greenland/gr-map/anhstart-uk.htm).

Press F., Siever R. (2000). Understanding Earth (3rd edizione), edito dalla W. H. Freeman, ISBN. 0 7167 3504, 573pp.

Smith J.V., Brown W.L. (1988). Feldspars minerals. Volume 1: crystal structures, physical, chemical and microtextural properties. Springer-Verlag, 828 pp.

Tabella 1. fasi cristalline determinate tramite diffrazione dei raggi-X per polveri (XRPD)

Campione saxum 1								
Fase	gruppo spaziale	<i>a</i> (Å)	<i>b</i> (Å)	<i>c</i> (Å)	$\alpha$ (°)	$\beta$ (°)	$\gamma$ (°)	Volume (Å <sup>3</sup> )
Microclino	<i>C</i> -1	8.584(1)	12.931(1)	7.225(1)	90.64(1)	115.86(1)	87.83(1)	721.1(1)
Quarzo	<i>P</i> 3 <sub>2</sub> 21	4.911(1)	4.911(1)	5.401(1)	90	90	120	112.8(1)
Albite	<i>C</i> -1	8.143(1)	12.828(1)	7.106(2)	93.7(1)	116.34(1)	89.34(1)	663.6(1)
Anfibolo	<i>C</i> 2/ <i>m</i>	9.796(1)	17.999(1)	5.284 (1)	90	104.29(1)	90	902.9(1)
Clorite	<i>C</i> -1	5.285(1)	9.289(1)	14.148(1)	90.77(4)	97.52(5)	90.41(5)	688.5(4)
Montmorillonite	<i>C</i> 2/ <i>m</i>	5.19(1)	8.81(1)	11.96(1)	90	96.11(9)	90	543.5(8)
Campione saxum2								
Microclino	<i>C</i> -1	8.582(1)	12.940(1)	7.217(1)	90.65(1)	116.02(1)	87.88(1)	719.8(1)
Quarzo	<i>P</i> 3 <sub>2</sub> 21	4.905(1)	4.905(1)	5.398(1)	90	90	120	112.5(1)
Albite	<i>C</i> -1	8.137(1)	12.83(1)	7.107(1)	93.70(1)	116.34(1)	89.30(1)	663.4(1)
Mica	<i>C</i> 2/ <i>m</i>	5.328(1)	9.267(1)	10.156(1)	90	100.36(1)	90	493.3(1)
Clorite	<i>C</i> -1	5.272(1)	9.29(1)	14.20(1)	90.92(1)	97.51(2)	90.30(2)	689.2(2)
Campione saxum3								
Microclino	<i>C</i> -1	8.587(1)	12.936(1)	7.211(1)	90.66(1)	116.02(1)	87.86(1)	719.3(1)
Quarzo	<i>P</i> 3 <sub>2</sub> 21	4.907(1)	4.907(1)	5.386(1)	90	90	120	112.3(1)
Albite	<i>C</i> -1	8.139(1)	12.855(1)	7.100(1)	93.75(1)	116.30(1)	89.32(1)	664.5(1)
Mica	<i>C</i> 2/ <i>m</i>	-	-	-	-	-	-	-
Campione saxum4								
Microclino	<i>C</i> -1	8.588(1)	12.931(1)	7.211(1)	90.62(1)	116.02(1)	87.86(1)	719.2(1)
Quarzo	<i>P</i> 3 <sub>2</sub> 21	4.911(1)	4.911(2)	5.382(1)	90	90	120	112.4(1)
Albite	<i>C</i> -1	8.137(2)	12.862(4)	7.106(3)	93.73(2)	116.29(3)	89.32(3)	665.2(2)
Mica	<i>C</i> 2/ <i>m</i>	5.508(1)	9.245(1)	10.183(1)	90	99.77(1)	90	511.1(1)
Granato	<i>I</i> a-3 <i>d</i>	11.509(1)	11.509(1)	11.509(1)	90	90	90	1524.3(1)

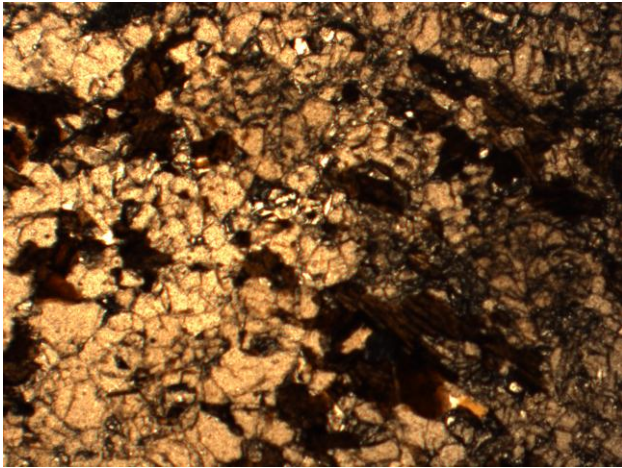


Tabella 2. chimismo e stato d'ordine (o disordine) dei feldspati di tutti e quattro i campioni saxum

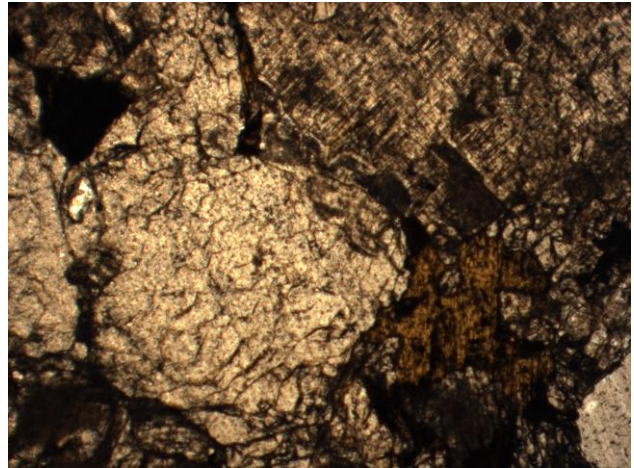
Campione	Microclino			Albite		
	Volume (Å <sup>3</sup> )	% mol. KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> da volume (Hovis, 1986) per microclino	<sup>110</sup> Al determinato tramite <i>b</i> vs <i>c</i> * (Kroll & Ribbe, 1987)	Volume (Å <sup>3</sup> )	% mol. KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> da volume (Hovis, 1986) per plagioclasio	<sup>110</sup> Al determinato tramite <i>b</i> vs <i>c</i> * (Kroll & Ribbe, 1987)
1	721.1(1)	96	~ 1	663.6(1)	0	~ 0.9
2	719.8(1)	92	~ 1	663.4(1)	0	~ 0.8
3	719.3(1)	91	~ 1	664.5(1)	0	~ 0.8
4	719.2(1)	91	~ 1	665.2(2)	0	~ 0.7



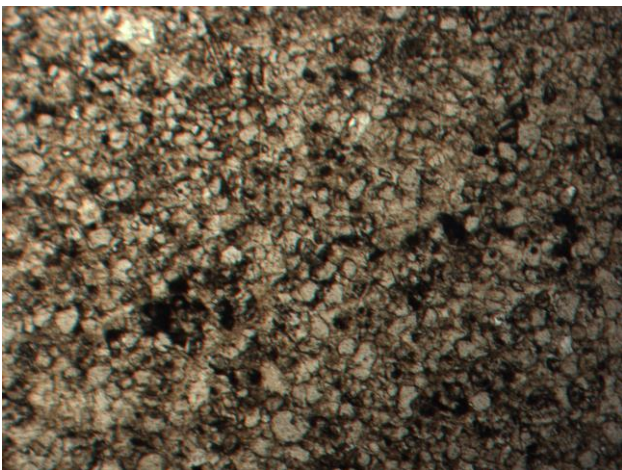
Figura 1. Campioni della spedizione Saxum.



saxum1



saxum2

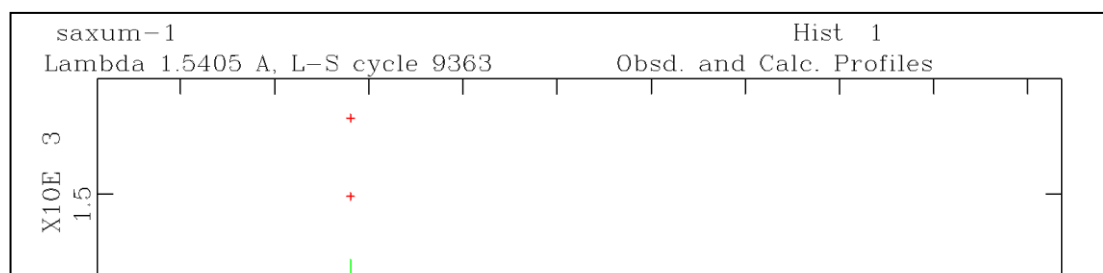


saxum3



saxum4

Figura 2. Caratteristiche tessiturali dei quattro campioni della spedizione Saxum, osservati in luce polarizzata, nicol paralleli ed ingrandimento 2.5x.



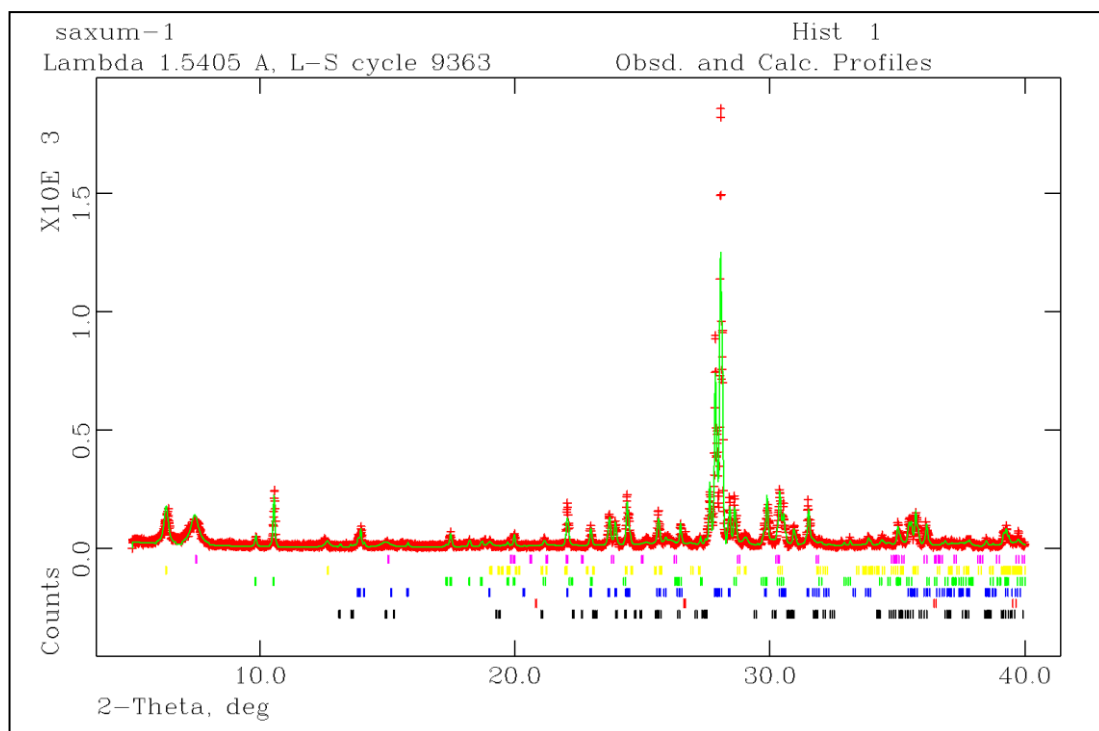
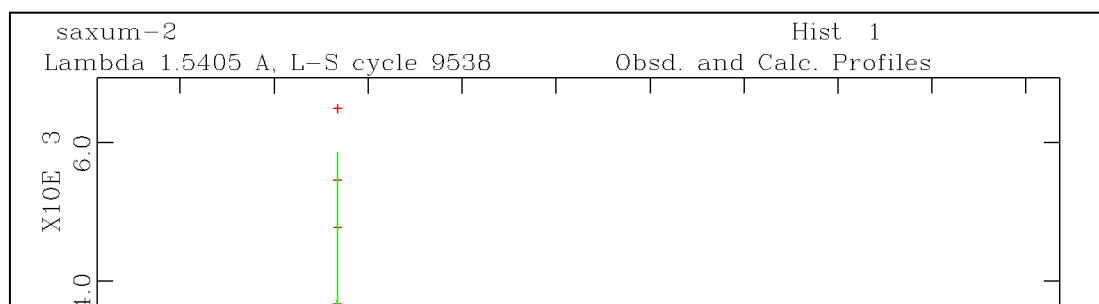


Figura 3. Diffrattogrammi (XRPD) del campione Saxum1; in alto è riportato l'intervallo di  $2\theta$  5-100 ° ed in basso tra 3-40 °. Le croci rosse sono i dati sperimentali, la linea continua verde è lo spettro calcolato tramite metodica Le Bail, i trattini al disotto corrispondono dal basso verso l'alto ai riflessi di Bragg delle seguenti fasi: microclino (nero), quarzo (rosso), albite (blu), anfibolo (verde), clorite (giallo) e montmorillonite (viola).



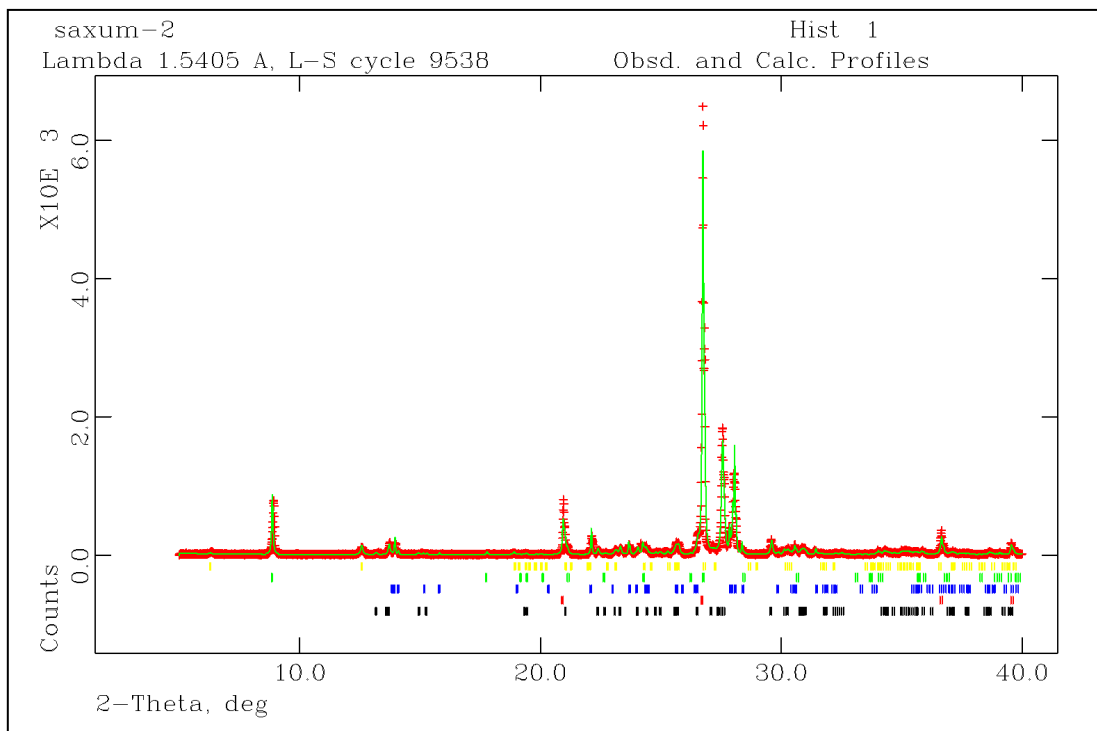
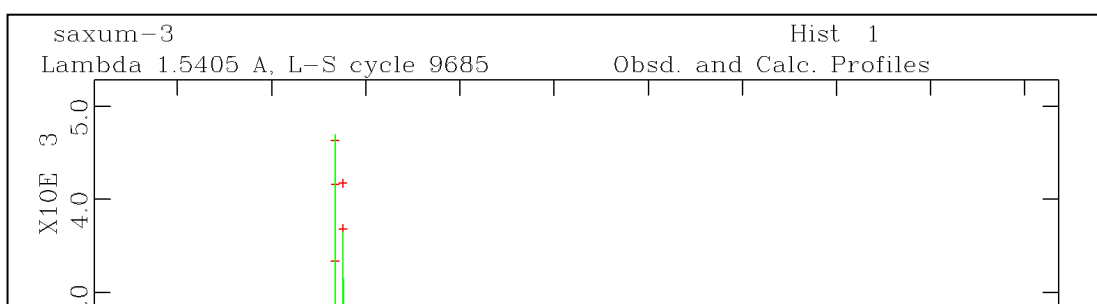


Figura 4. Diffrattogrammi (XRPD) del campione Saxum2; in alto è riportato l'intervallo di  $2\theta$  5-100 ° ed in basso tra 3-40 °. Le croci rosse sono i dati sperimentali, la linea continua verde è lo spettro calcolato tramite metodica Le Bail, i trattini al disotto corrispondono dal basso verso l'alto ai riflessi di Bragg delle seguenti fasi: microclino (nero), quarzo (rosso), albite (blu), biotite (verde), clorite (giallo).



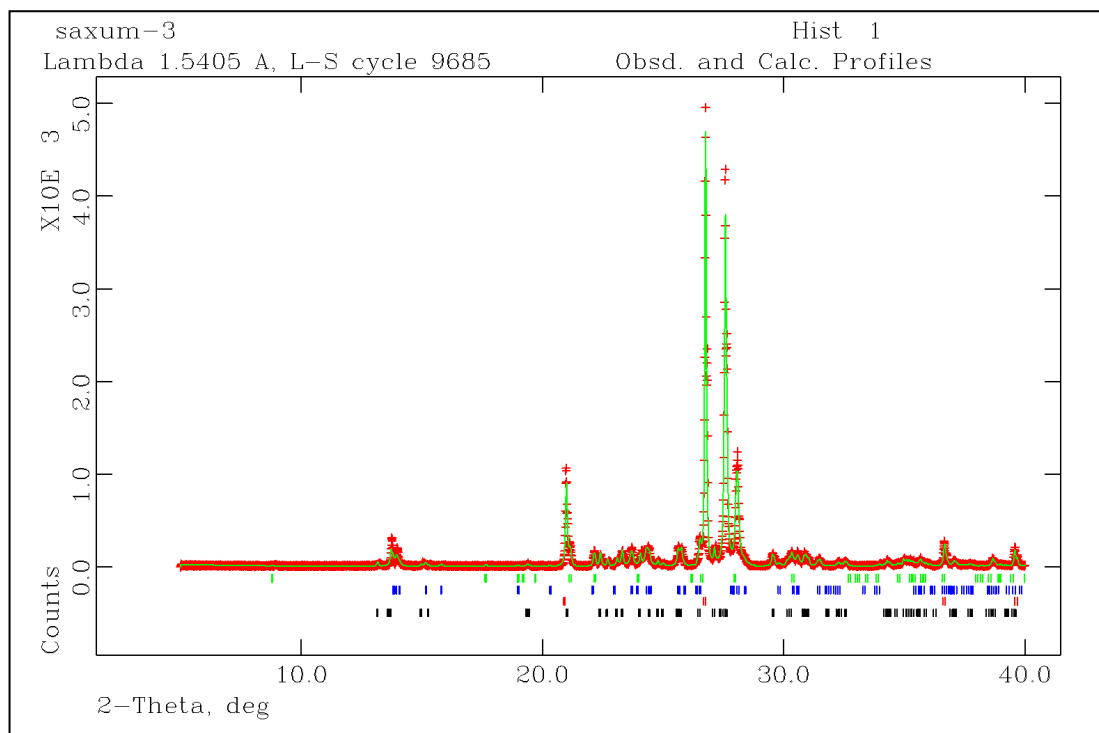
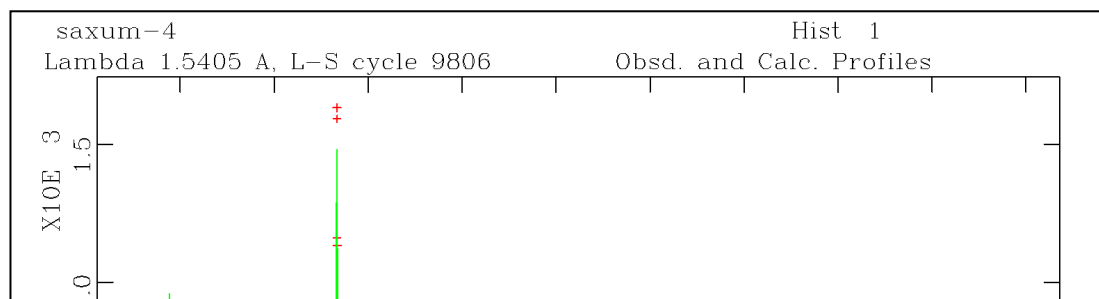


Figura 5. Diffrattogrammi (XRPD) del campione Saxum3; in alto è riportato l'intervallo di  $2\theta$  0-100° ed in basso tra 3-40°. Le croci rosse sono i dati sperimentali, la linea continua verde è lo spettro calcolato tramite metodica Le Bail, i trattini al disotto corrispondono dal basso verso l'alto ai riflessi di Bragg delle seguenti fasi: microclino (nero), quarzo (rosso), albite (blu), mica (verde). Per la mica i parametri di cella non sono stati affinati dato il suo basso ammontare nella roccia.



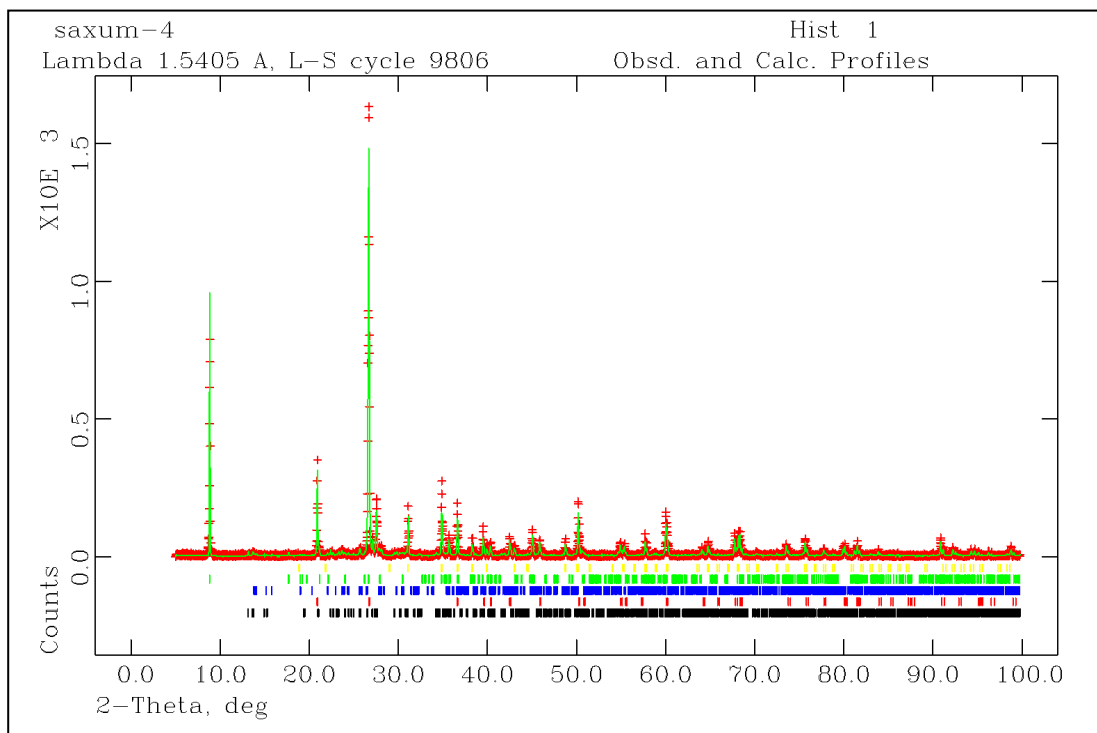


Figura 6. Diffrattogrammi (XRPD) del campione Saxum4; in alto è riportato l'intervallo di  $2\theta$  0-100 ° ed in basso tra 3-40 °. Le croci rosse sono i dati sperimentali, la linea continua verde è lo spettro calcolato tramite metodica Le Bail, i trattini al disotto corrispondono dal basso verso l'alto ai riflessi di Bragg delle seguenti fasi: microclino (nero), quarzo (rosso), albite (blu), mica (verde) e granato (giallo).

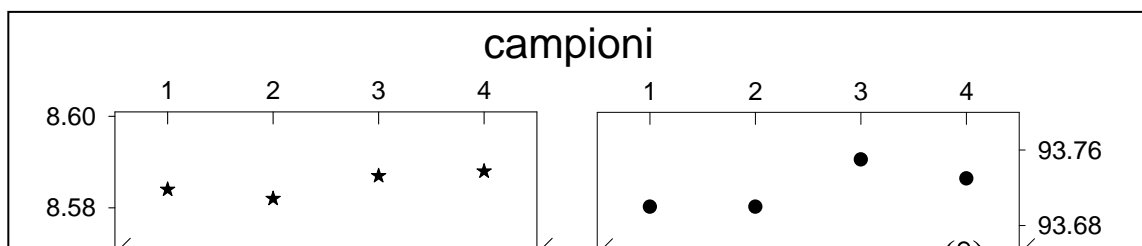


Figure 7. Variazione dei parametri di cella elementare per i due feldspati presenti in tutti e quattro i campioni saxum; il numero dei campioni corrisponde a quelli riportati nelle figure 1 e 2.