



UNIVERSITÀ
DI PAVIA

Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente

Direttore: Prof. Graziano Rossi

Corso di Laurea Magistrale in Scienze Geologiche Applicate

**MARTIAN MANTLE HETEROGENEITIES INFERRED
FROM IN SITU ANALYSES OF SHERGOTTITES**

-

**ETEROGENEITÀ DEL MANTELLO MARZIANO DEDOTTE
DA ANALISI IN SITU DI SHERGOTTITI**

Relatore:

Prof. Matteo Alvaro

Correlatore:

Prof. Antonio Langone

Tesi di Laurea
in Scienze Geologiche Applicate
di Giulia Mingardi
Matr. N. 496431

Anno Accademico 2021-2022

Gli studi di isotopi e di elementi in traccia nelle shergottiti (basalti marziani) indicano che il mantello di Marte si sarebbe formato durante le prime fasi di differenziazione planetaria, cristallizzandosi da un oceano di magma simile a quello lunare. Questa differenziazione ha portato alla formazione di almeno due sorgenti mantelliche differenti per le shergottiti: un mantello arricchito e uno impoverito.

In questa tesi di Laurea Magistrale, ho investigato le composizioni chimiche e isotopiche di due shergottiti a olivina, DaG 670 e NWA 4222, al fine di determinarne la sorgente di mantello e l'evoluzione geochimica. Per raggiungere questi risultati per prima cosa ho misurato la composizione isotopica del piombo in circa 15 *melt inclusion* per ciascuno dei due campioni attraverso lo strumento SHRIMP (Sensitive High Resolution Ion Microprobe), presente all'istituto KBSI a Ochang in Sud Corea. Le *melt inclusion* all'interno delle olivine delle due shergottiti analizzate risultano essere particolarmente piccole, intorno ai 10 μm di diametro. Questo ha reso le misure alla SHRIMP particolarmente complesse incrementando l'incertezza della misura anche a causa del fatto che il target si trovasse spesso fuori fuoco. I rapporti isotopici ($^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ e $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) ottenuti mostrano un cluster rispettivamente attorno a 17 per $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ e 18 per $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ per il campione NWA 4222. Per quanto riguarda il campione DaG 670 i dati mostrano una larga dispersione lungo la Geocrona a 4.55 Ga. Tale distribuzione suggerisce che i due campioni si siano originati, molto probabilmente, da sorgenti mantelliche differenti. In particolare, i rapporti isotopici del piombo per NWA 4222 suggeriscono che la sua sorgente fosse molto simile al mantello terrestre impoverito, mentre le eterogeneità geochimiche mostrate dal campione DaG 670 potrebbero essere dovute ad un mixing tra le due sorgenti (arricchita e impoverita). Al fine di determinare la sorgente mantellica dei due campioni studiati, ho confrontato i rapporti isotopici del Pb ottenuti per le due shergottiti con quelli di alcuni materiali terrestri ben studiati, fra i quali: MORB, MORB dell'Oceano Indiano, mantello impoverito terrestre e andesiti di arco. I risultati mostrano che le shergottiti correlano molto bene con i materiali terrestri impoveriti (Fig. 1a, b). In particolare, il mantello impoverito terrestre ha concentrazioni molto simili a quelle del cluster di dati di NWA 4222. Questa correlazione potrebbe essere un chiaro indizio che l'origine del fuso che ha formato i basalti marziani derivi da una sorgente impoverita molto simile a quella del mantello impoverito terrestre.

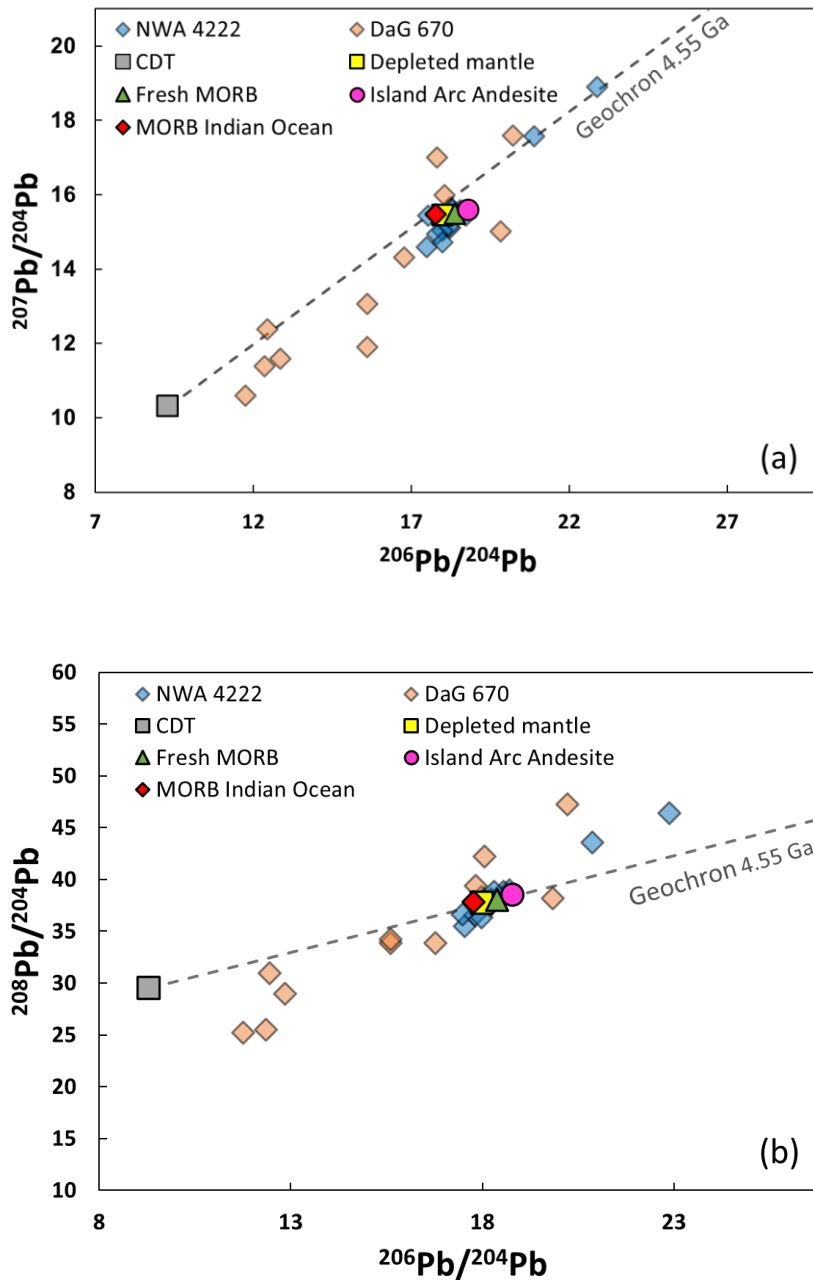


Fig. 1: Grafici che mostrano (a) $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ and (b) $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ per i campioni NWA 4222 e DaG 670 comparati con materiali terrestri.

In aggiunta agli isotopi del Pb, ho misurato gli elementi in traccia dei pirosseni che compongono la matrice delle shergottiti. Essi rivelano anomalie significative per gli elementi Eu e Sr nei core. Pattern simili sono stati osservati nei pirosseni di rocce gabbriche della crosta inferiore nella Zona di Ivrea-Verbano e sono stati interpretati come il risultato di processi di assimilazione di livelli anortositici avvenuti nella crosta. In questa luce si può ipotizzare che un processo simile possa essere avvenuto anche durante la formazione dei due campioni di shergottite studiati.

Dalle analisi degli isotopi del Pb e degli elementi in traccia ho ipotizzato, per prima cosa, che i fusi che hanno originato i basalti marziani sono stati formati dalla fusione del mantello impoverito. La semplice fusione del mantello, però, e la conseguente cristallizzazione frazionata, non avrebbero potuto produrre le caratteristiche particolari che ho riscontrato nei due campioni, come le anomalie positive in Eu e Sr analizzate nei pirosseni. Questi pattern si sarebbero formati durante lo stadio di camera magmatica all'interno della crosta marziana. Infatti, durante l'intrusione nella crosta dei fusi prodotti dal mantello impoverito, questi avrebbero riassorbito alcuni livelli ricchi in plagioclasio (anortositi). È proprio a causa di questo processo che si sarebbero originate le anomalie positive di Eu e Sr nei cristalli di pirosseno della matrice (Fig.2).

Come precedentemente menzionato, questi risultati risultano essere particolarmente in accordo con alcuni studi su corpi gabbrici della crosta inferiore dell'Ivrea Verbano ed è la prima volta che tali processi sono stati studiati e documentati per le shergottiti marziane. Questa conclusione risulta di particolare interesse perché identificherebbe un nuovo analogo terrestre per rocce marziane, un aspetto chiave nelle scienze planetarie che devono affrontare il problema della scarsità di campioni.

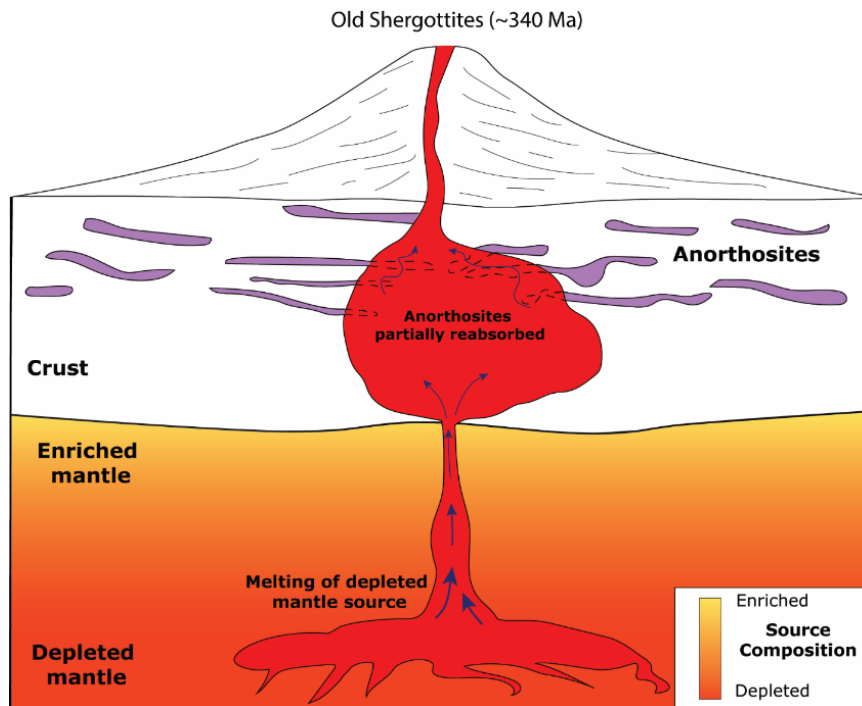


Fig. 2: Modello di formazione delle shergottiti DaG 670 e NWA 4222.