



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Laureando: Tommaso Rosalen
A.A. 2023/2024



DIPARTIMENTO DI
GEOSCIENZE

INDAGINI DI FLUIDI E MAGMI DELLE ISOLE AZZORRE

Relatore: Prof. Davide Novella, Dipartimento di Geoscienze

Correlatore: Prof. Andrea Marzoli, Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali (TESAF)

Contesto geologico e geografico

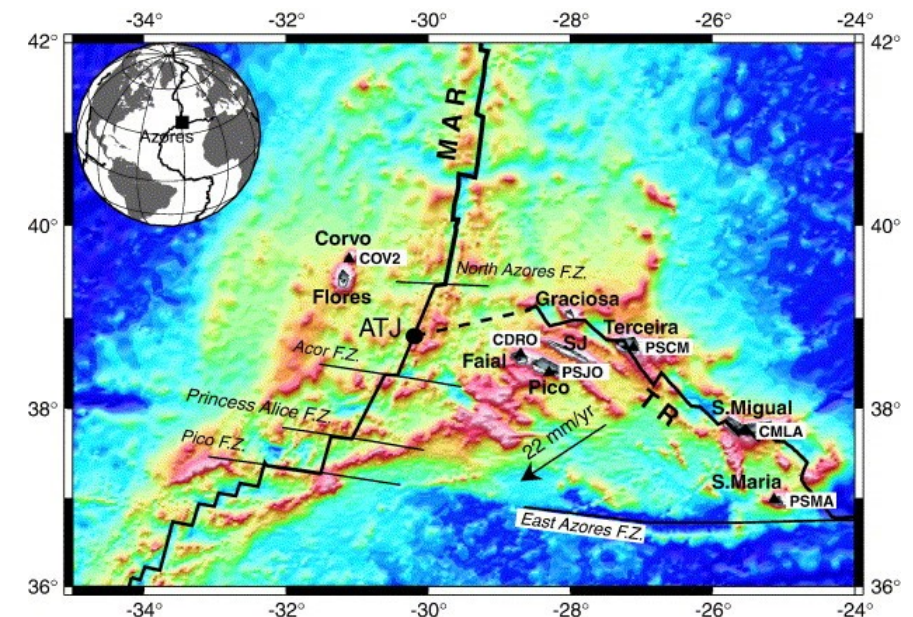
L'arcipelago delle Azzorre è un insieme di 9 isole di origine vulcanica situate nell'Atlantico centrale.

Sviluppate a partire dal Messiniano dall'interazione della **Dorsale Medio-Atlantica** e un **pennacchio del mantello**.

Sono situate sulla giunzione tra **3 placche tettoniche**, il cui movimento è accomodato da faglie trasformi.



(Peter Hermes Furian / Alamy Foto Stock)



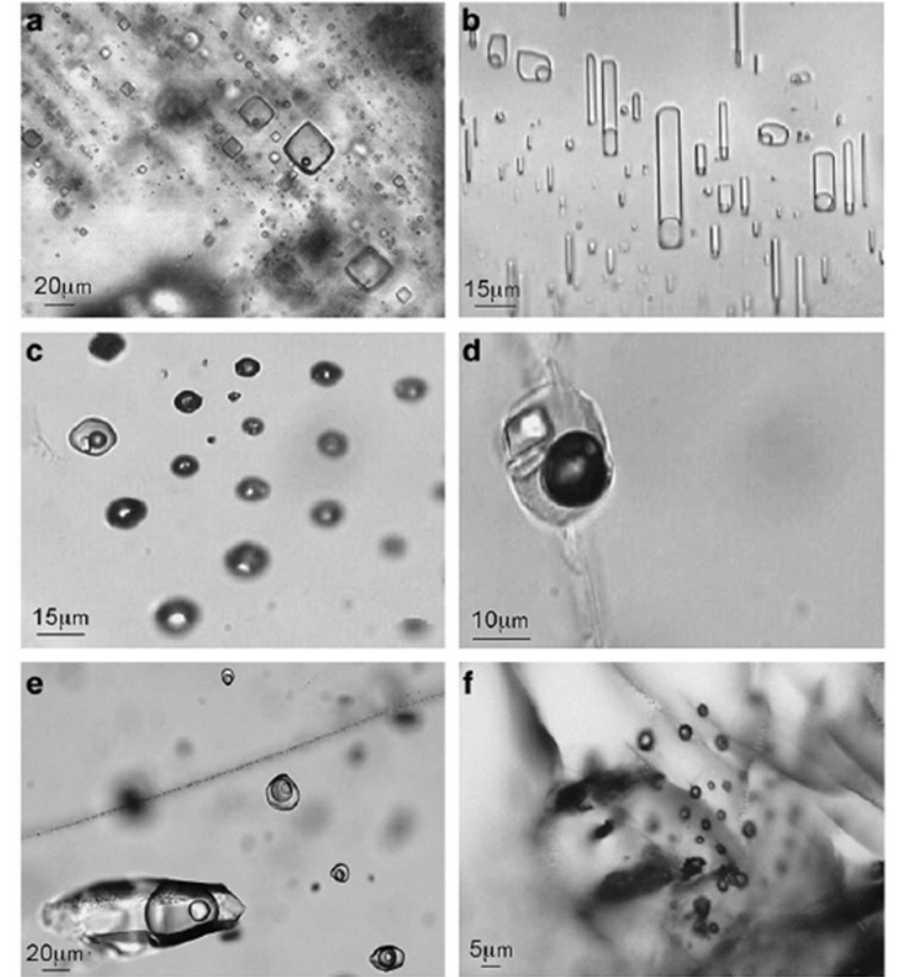
Yang et al., (2006)

Inclusioni vetrose

Inclusioni vetrose: **microvolumi chiusi** (<50 μm) che forniscono **un'indicazioni sui processi geologici** che avvengono nel sottosuolo Terrestre.

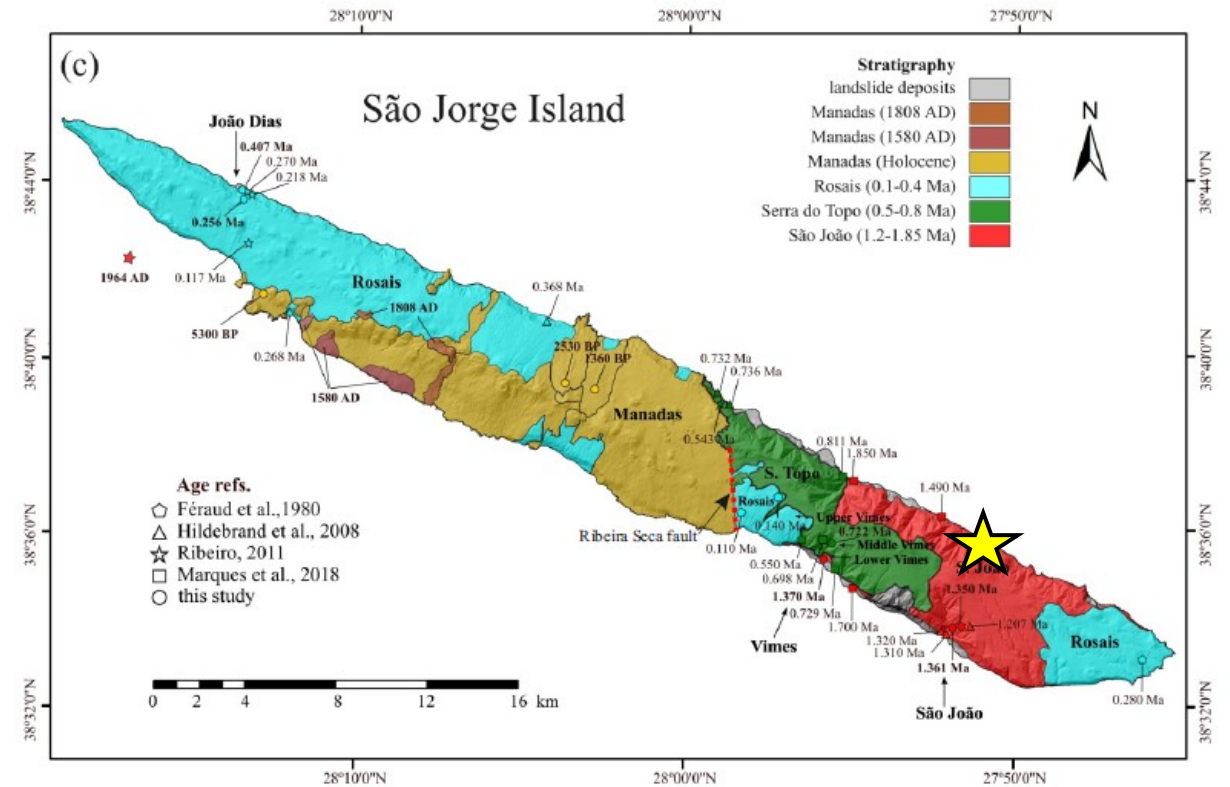
Il vetro nelle inclusioni può contenere **elementi chimici o gas disciolti**.

La pressione e la temperatura dei gas intrappolati sono interdipendenti. Per caratterizzarle è essenziale determinarne la **composizione chimica e densità**.



Obiettivo della tesi

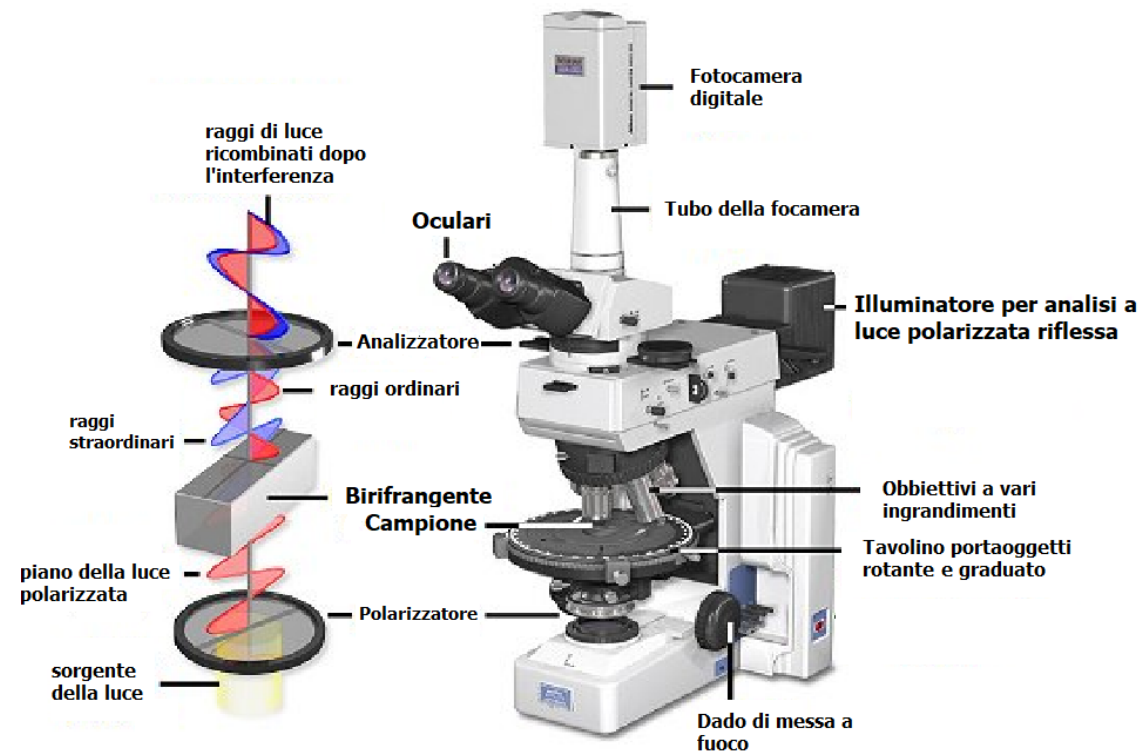
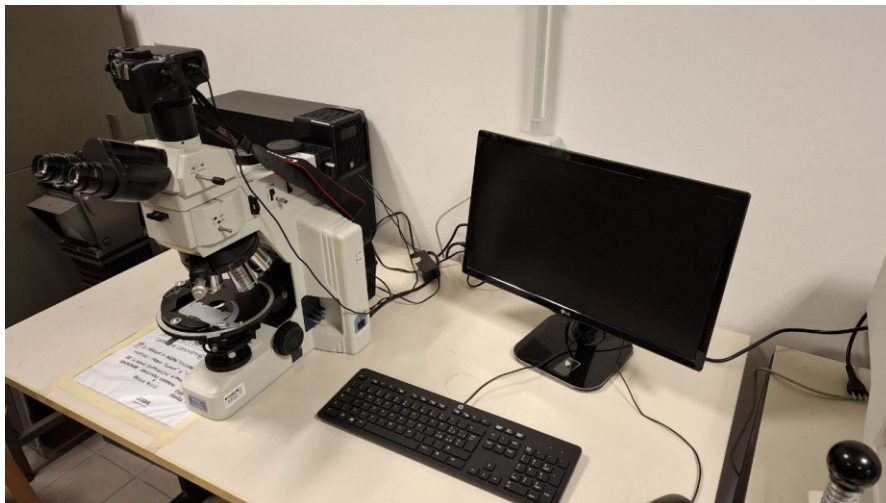
- Studio delle inclusioni intrappolate nei minerali durante la loro formazione; forniscono una **finestra diretta su processi geologici e vulcanologici**.
- Il calcolo della densità delle inclusioni contenenti CO₂.
- Determinazione delle **condizioni fisiche** (pressione e temperatura) a cui si sono formate le inclusioni.



I metodi utilizzati- Microscopia ottica

Funzionamento:

- Ingrandimenti standard: da 5x a 100x per dettagli sulle inclusioni.
- **luce trasmessa:** per osservare inclusioni trasparenti.
- **luce polarizzata:** per evidenziare variazioni ottiche delle inclusioni rispetto al cristallo ospitante

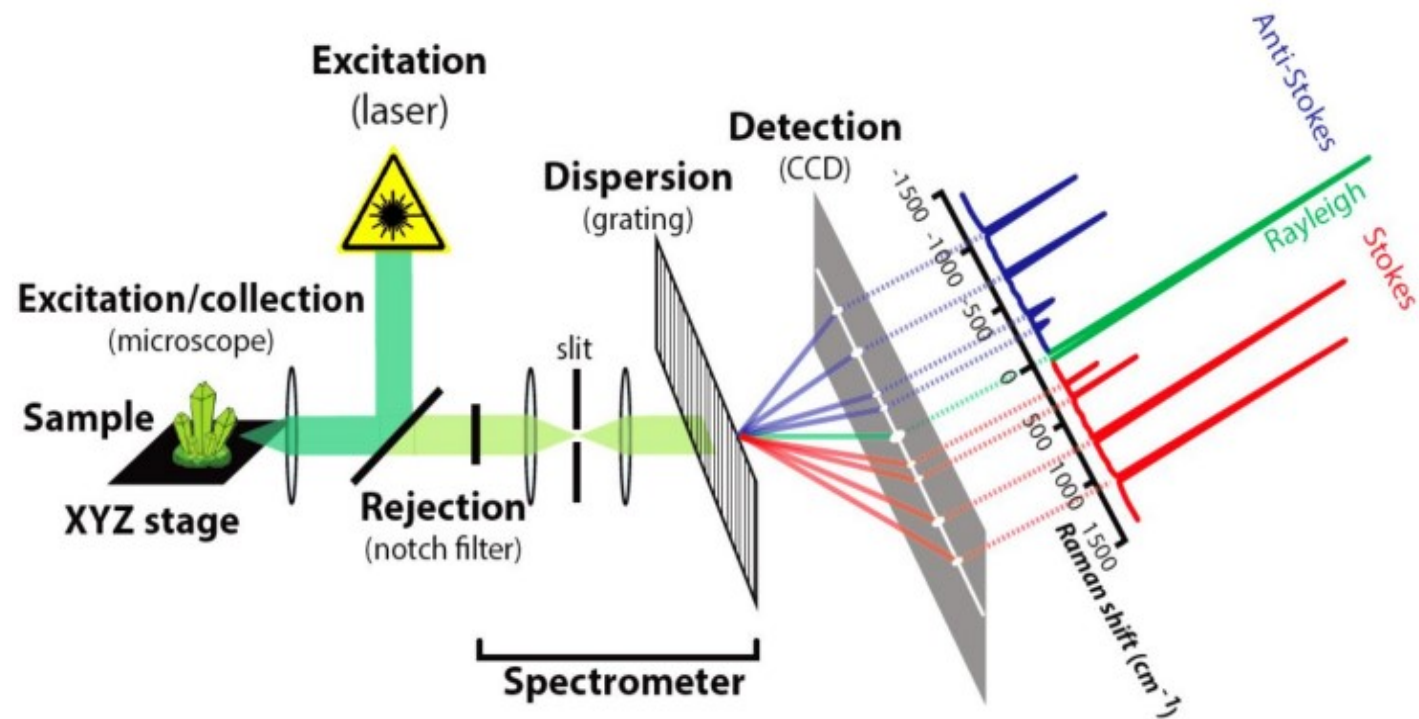


(Microscopio ottico utilizzato per le analisi di questa tesi e schema di funzionamento di un microscopio ottico.)

I metodi utilizzati- Spettroscopia Raman

Principio di base:

- Studia la **diffusione anelastica della luce** a seguito dell'interazione con il campione.
- Il campione è irradiato con un laser monocromatico.
- Una piccola frazione della luce viene diffusa con uno spostamento di frequenza (**effetto Raman**).
- Questo spettro fornisce una "**impronta digitale**" molecolare del campione.

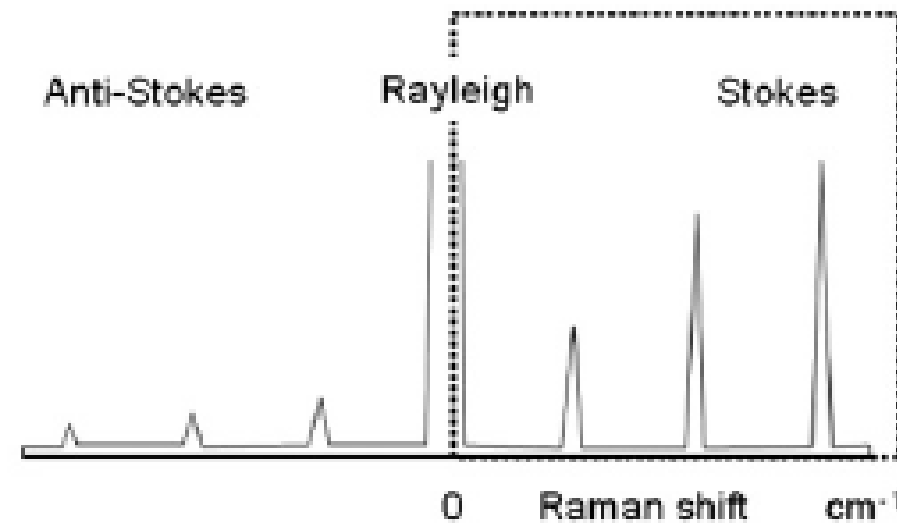


(Dalconi M.C., 2024,
Spettroscopia Raman, Lezione
tenuta presso Università degli
Studi di Padova, Corso di
Tecniche analitiche nelle Scienze
della Terra)

I metodi utilizzati- Spettroscopia Raman

Principio di base:

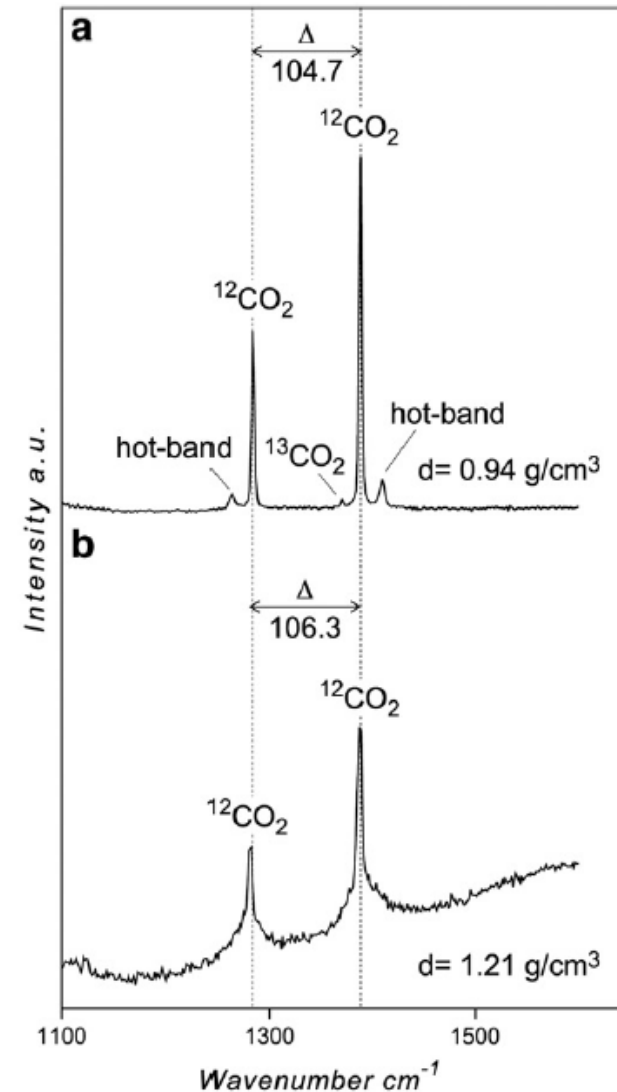
- Studia la **diffusione anelastica della luce** a seguito dell'interazione con il campione.
- Il campione è irradiato con un laser monocromatico.
- Una piccola frazione della luce viene diffusa con uno spostamento di frequenza (**effetto Raman**).
- Questo spettro fornisce una "**impronta digitale**" molecolare del campione.



(Esempio di spettro Raman, Frezzotti et. al, 2011)

Approccio scientifico

- Lo spettro Raman del CO₂ molecolare presenta **due bande forti** a 1285 e 1388 cm⁻¹
- **Due bande deboli** e simmetriche al di sotto di 1285 e al di sopra di 1388 cm⁻¹, chiamate "**bande calde**".
- La distanza tra le due bande principali (detta doppietta di Fermi) è proporzionale alla **densità del fluido**.



da Frezzotti e
Peccerillo,
(2007)

Osservazioni in Microscopia

Aspetto morfologico delle inclusioni:

Forma: Spesso sub-sferiche, ellittiche o irregolari.

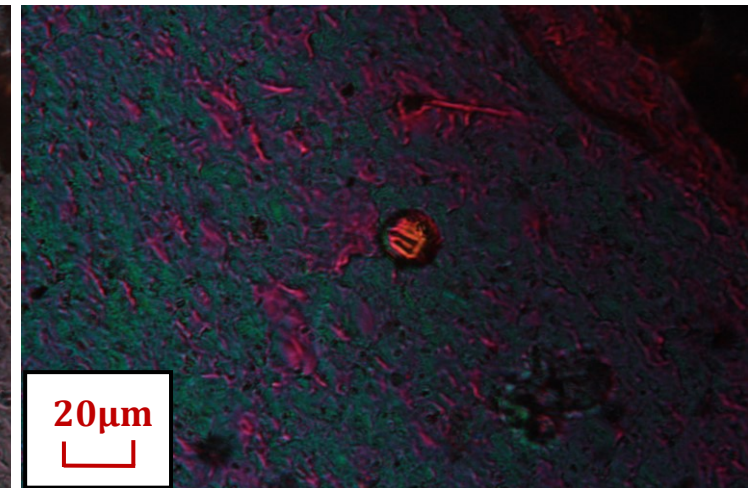
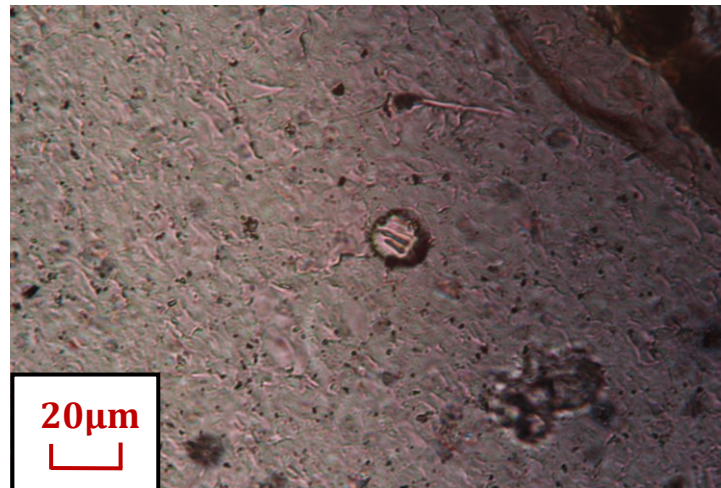
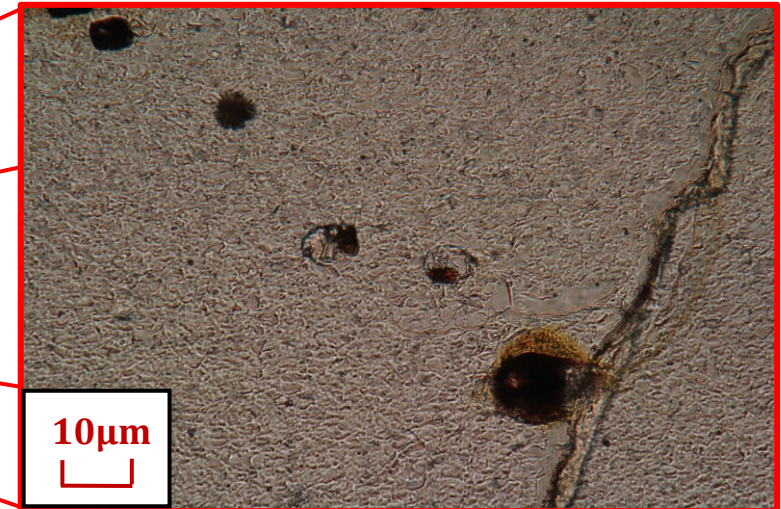
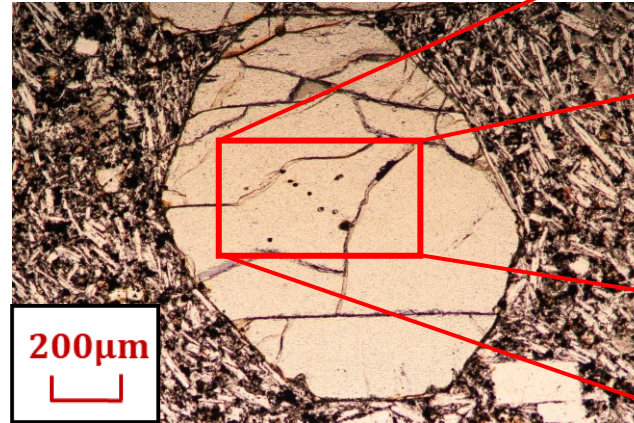
Dimensione: Tipicamente molto piccole (micron),

Colore: Generalmente trasparenti o leggermente colorate

- Inclusioni **bicomponenti** o inclusioni **monocomponenti**

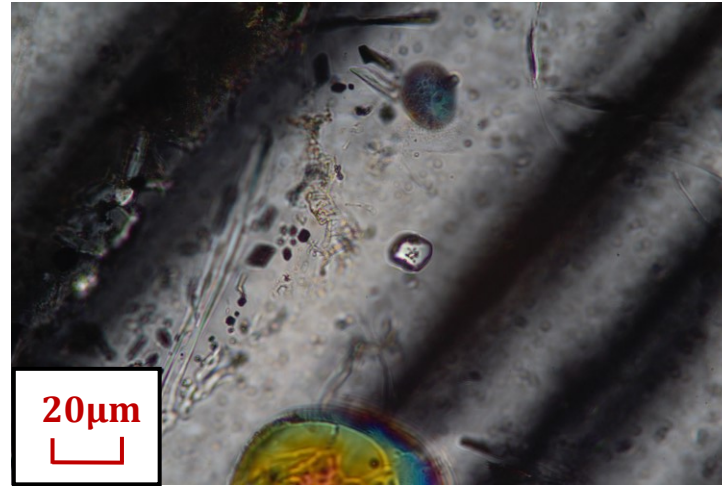
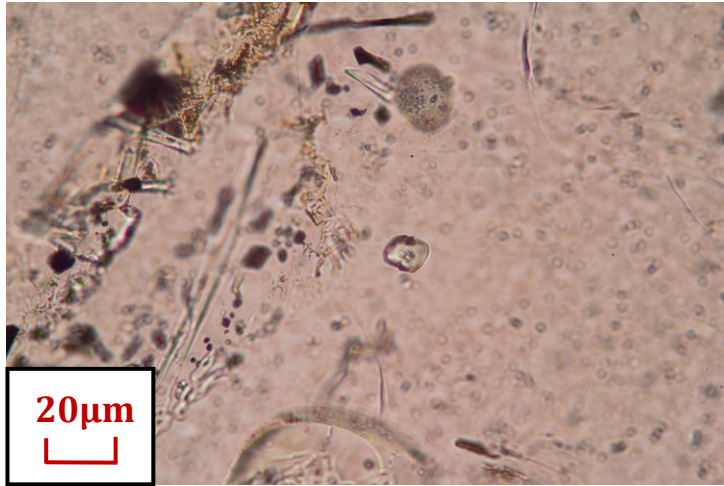
- Possono contenere **microbolle di gas** o piccole cristalli chiamati **microliti**.

(Fotomicrografie in luce trasmessa del campione AJ29 a 5 e 100 ingrandimenti)



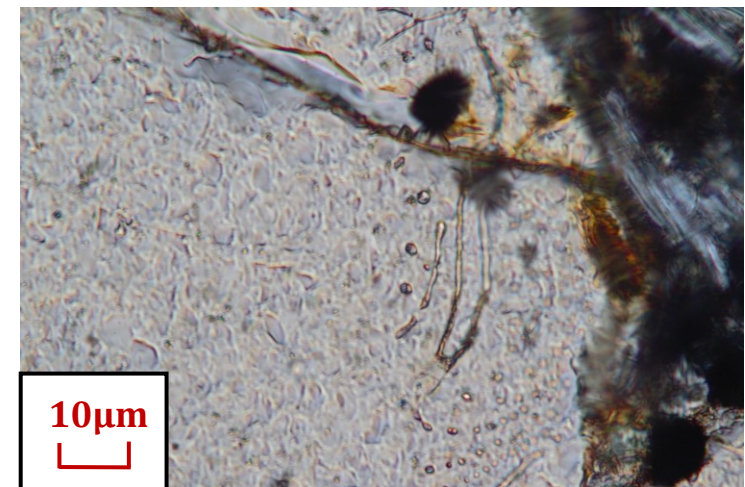
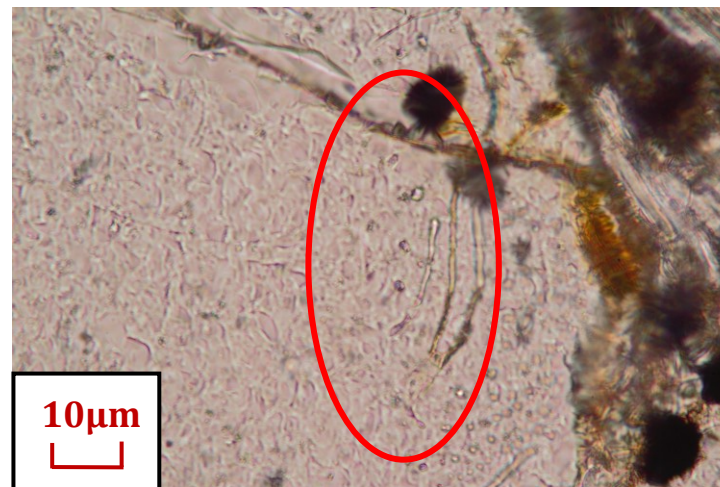
(Fotomicrografie a 50 ingrandimenti di un'inclusione in olivina nel campione AJ29 a luce parallela e a polarizzatore incrociato)

Osservazioni in Microscopia



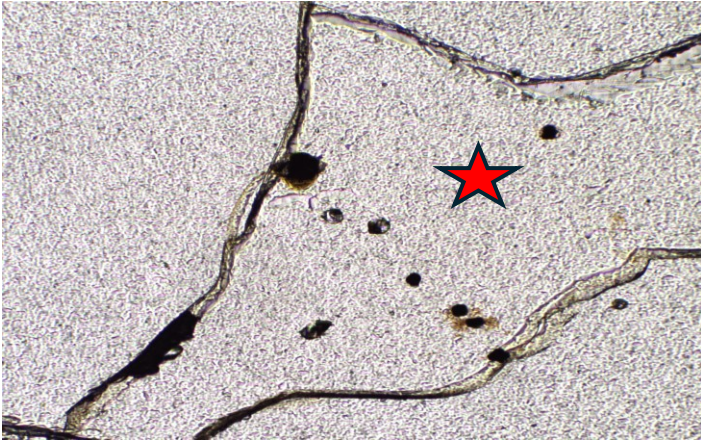
(Fotomicrografie di inclusione a luce polarizzata e con analizzatore inserito a 50 ingrandimenti del campione AJ65)

(Fotomicrografie di inclusioni a luce polarizzata e con analizzatore inserito a 100 ingrandimenti del campione AJ65)

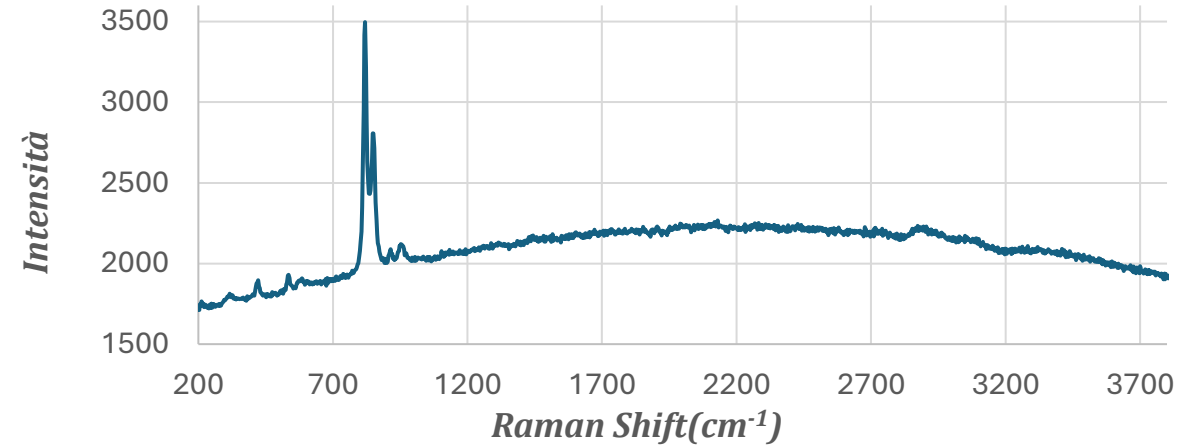


Risultati della Spettroscopia Raman- AJ29

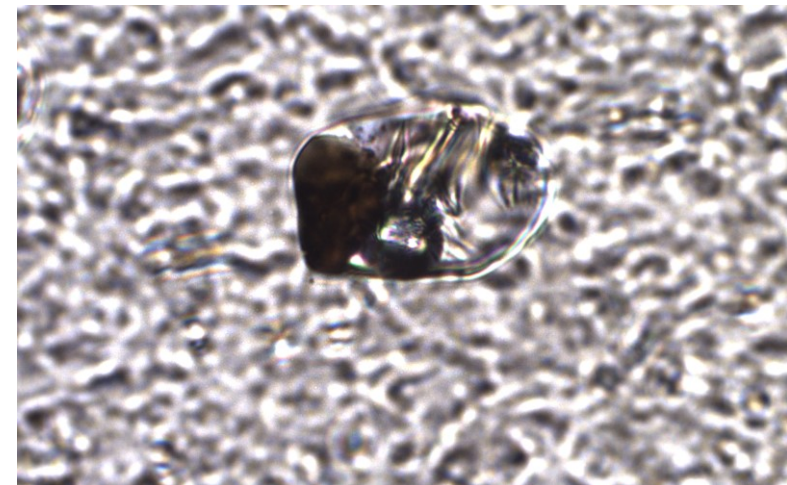
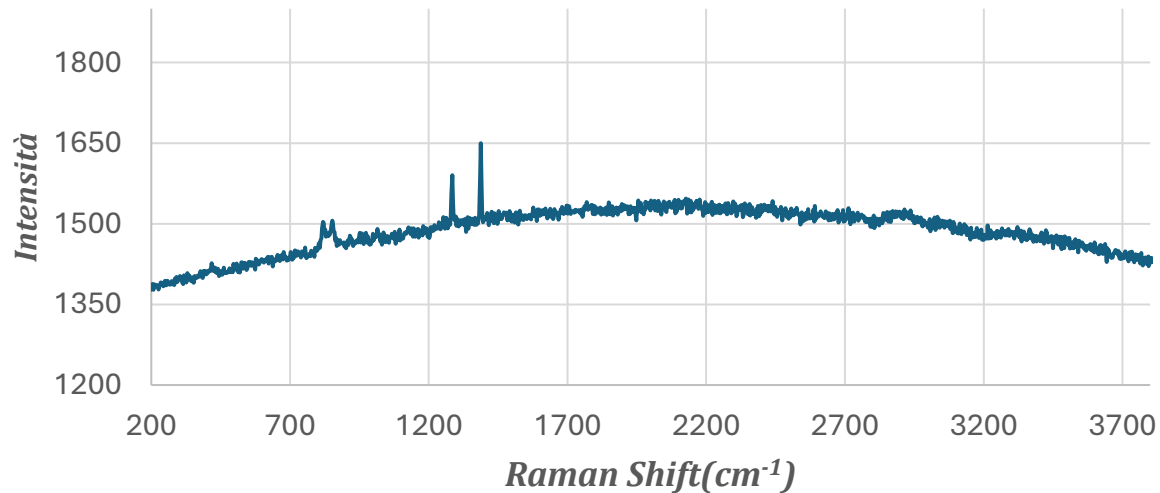
Inclusioni all'interno di un cristallo di olivina, campione AJ29



Spettro Raman su olivina in campione AJ29



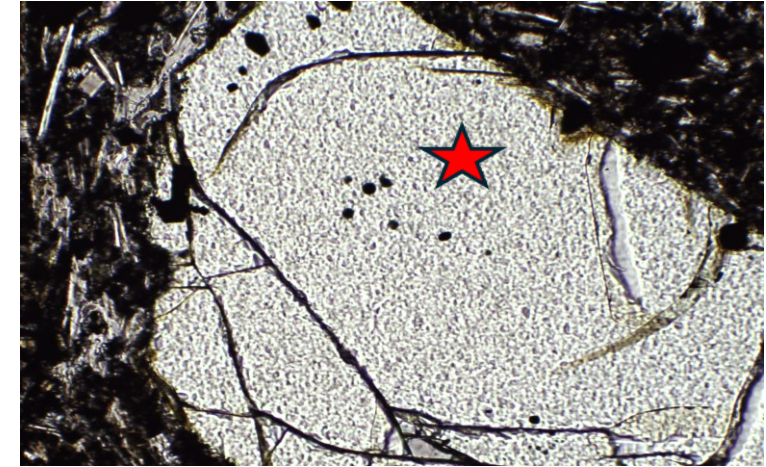
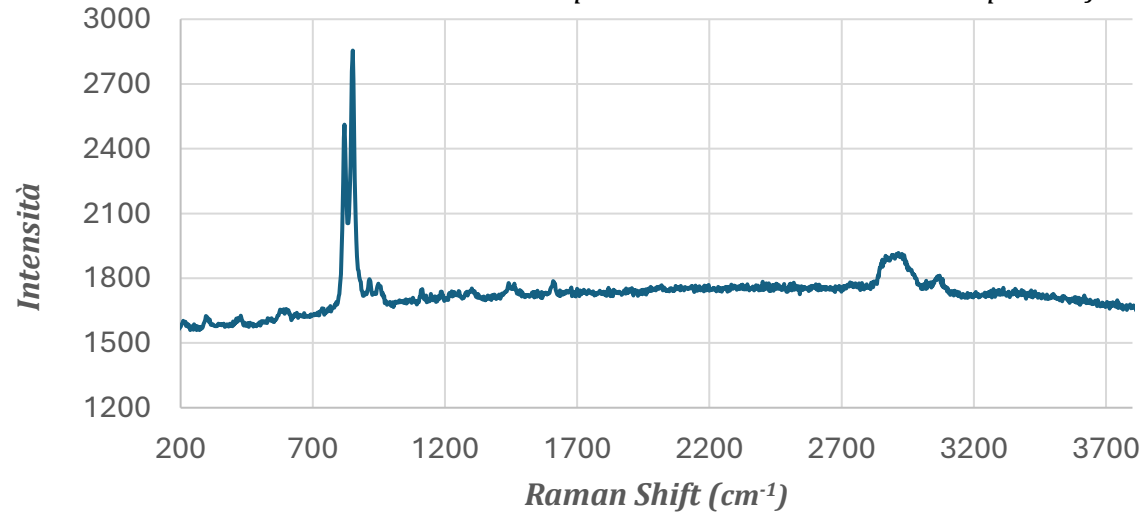
Spettro Raman di inclusione Ol1 su campione AJ29



Inclusione Ol1, campione AJ29

Risultati della Spettroscopia Raman- AJ65

Spettro Raman su olivina in campione AJ65



Spettro Raman dell'inclusione su campione AJ65

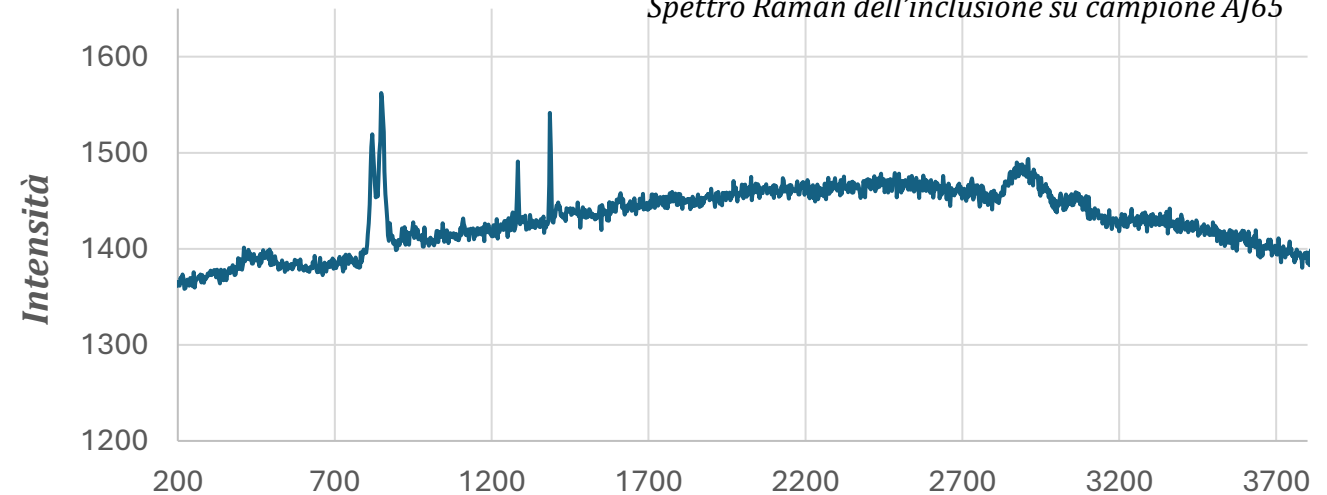
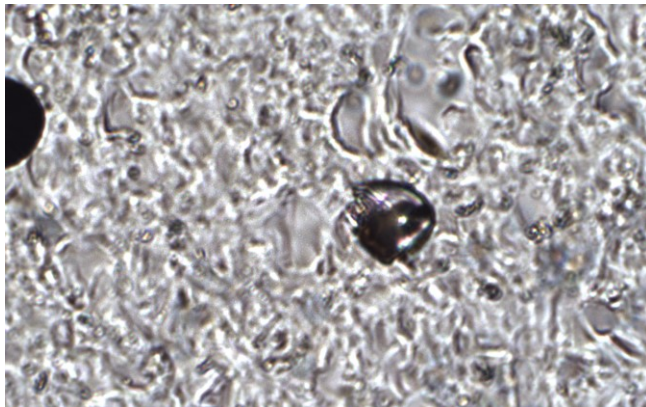
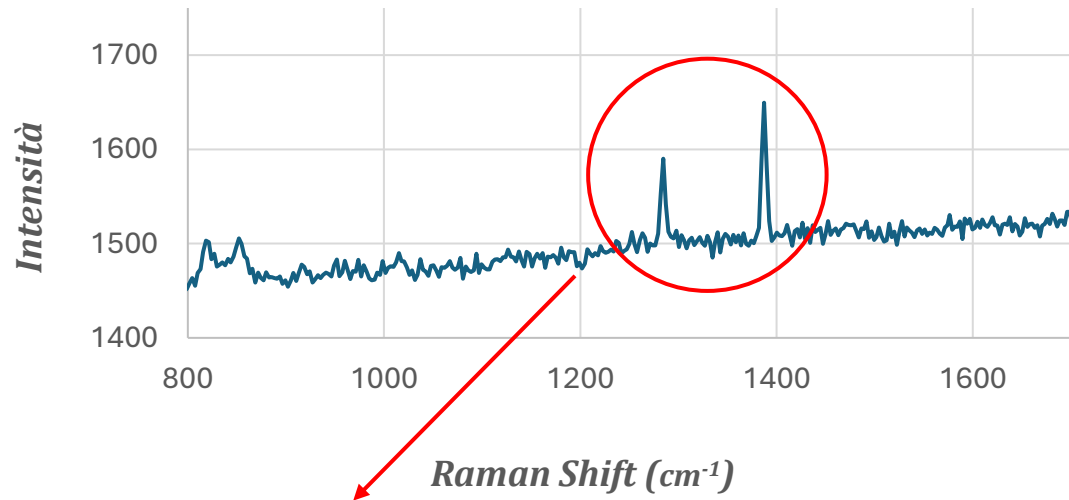


Immagine dell'inclusione Ol1 nel campione AJ65 ottenuta attraverso spettroscopia Raman



Calcolo delle densità

Campione AJ29:

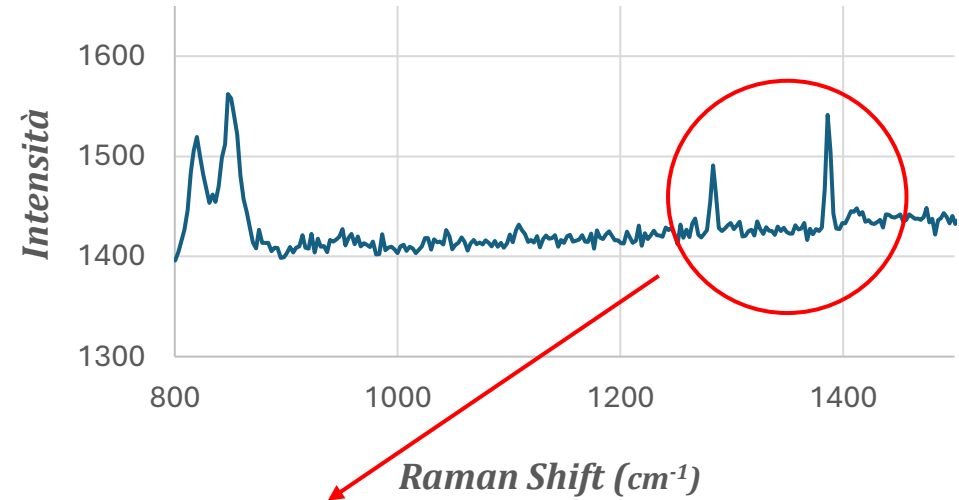


Calcolo distanza del Doppietto di Fermi in AJ29:

$$\Delta = 1387,36 - 1284,51 = 102,85$$

Densità: $\sim 0,1 \text{ g/cm}^3$

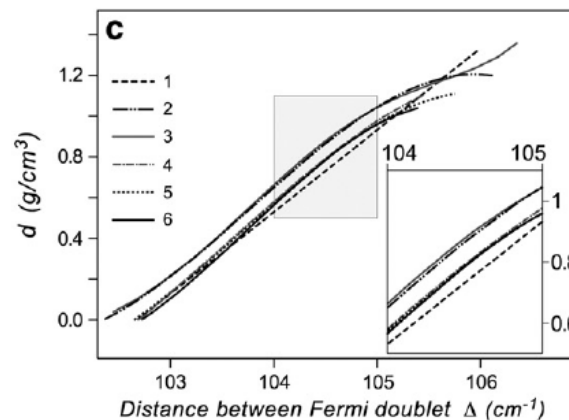
Campione AJ65:



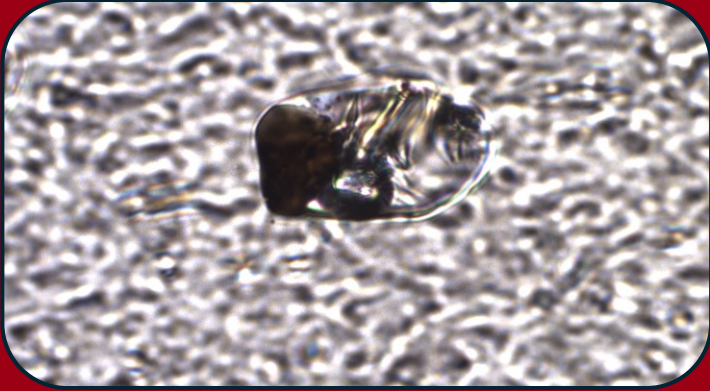
Calcolo distanza del Doppietto di Fermi in AJ65:

$$\Delta = 1283,22 - 1386,1 = 102,88$$

Densità: $\sim 0,1 \text{ g/cm}^3$



Conclusioni ed implicazioni

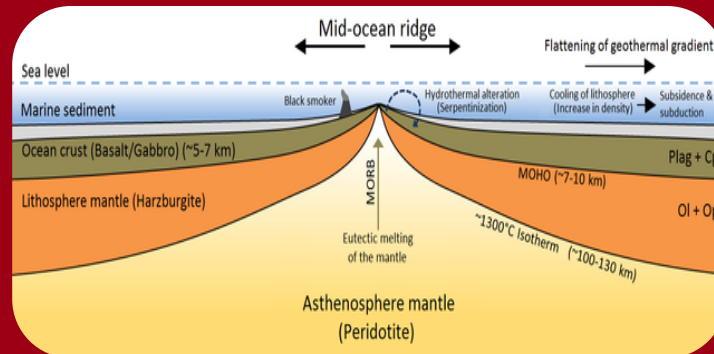


Stima della CO₂

- Densità media: ~0.1 g/cm³.
- Concentrazione stimata: 0.5% peso.
- Coerenza con stime dell'isola di Pico.

Profondità e Pressione

- Essoluzione a 0.4-0.5 GPa.
- Compatibile con transizione crosta-mantello sotto São Jorge.



Mid-ocean ridge cross-section (cut-away view),
Wikipedia



Processi Magmatici

- La CO₂ favorisce risalita rapida del magma.
- Cruciale per comprendere la dinamica eruttiva.

Bibliografia

- *Frezzotti et al. (2011), “Raman spectroscopy for fluid inclusion analysis”, Journal of Geochemical Exploration (112), pg 1-20, <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2011.09.009>.*
- *Marzoli et al. (2024), “Time-dependent evolution and source heterogeneities of ocean island basalts from a weak plume, São Jorge, Azores”, Oxford Journal of petrology (65, Issue 12), <https://doi.org/10.1093/petrology/egae122>.*
- *Beghini E.L. (2023), Tesi di laurea Triennale, Università degli Studi di Padova, “Volcanological implications inferred from chemical analyses of olivines collected at São Jorge island (Azorean Archipelago, Portugal)”.*
- *Dalconi M.C., 2024, Spettroscopia Raman, Lezione tenuta presso Università degli Studi di Padova, Corso di Tecniche analitiche nelle Scienze della Terra.*

Grazie per l'attenzione