



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Le mineralizzazioni a quarzo e calcite del sistema di fratture di Porretta

Paolo S. Garofalo

Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche
Ambientali

Collaborazione con

- **Giulio Viola**

Geologo Strutturale. Università di Bologna, Dip. Scienze Biologiche,
Geologiche Ambientali

- **Davide De Santis**

Progetto Laurea Triennale: «Analisi strutturale e di inclusioni fluide di un
sistema di fratture a quarzo-calcite dell'area di Porretta Terme (Bologna)»



Struttura del seminario

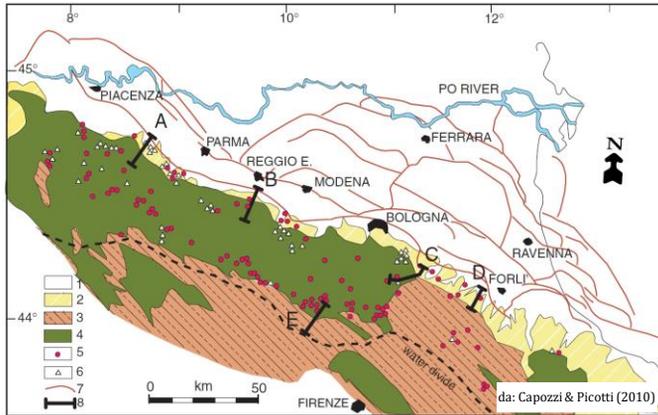
- 1. Cenni sulla geologia di Porretta Terme e caratteristiche delle fratture a quarzo-calcite;**
- 2. I quarzi «a tramoggia» di Porretta;**
- 3. Proprietà fisico-chimiche dei (geo)fluidi naturali che hanno formato le vene a quarzo-calcite (ed i quarzi di Porretta)**



Geologia di Porretta Terme



Geologia regionale

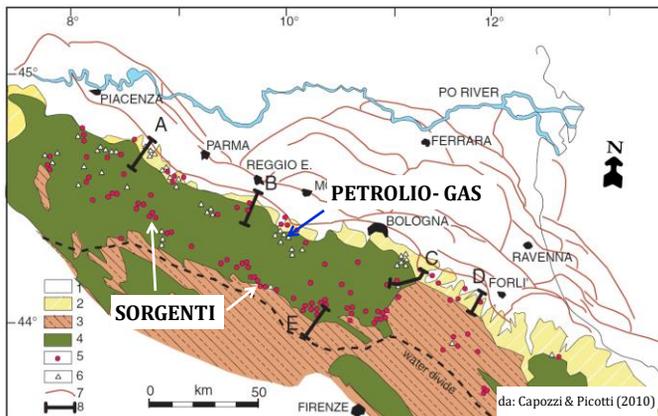


- Struttura «a falde» dell'Appennino si forma nel periodo Terziario (Olig.-Pliocene): sedimenti oceanici sovrascorrono sequenze più giovani;
- Faglie normali ad alto angolo modellano la catena nel periodo più recente

A: Salsomaggiore; B: Regnano; C: Castel S. Pietro; D: Castrocaro; E: Porretta

- 1: Depositi quaternari; 2: Sedimenti marini (Plio-Pleistocene); 3: Sedimenti di fossa tettonica (Miocene); 4: Sedimenti marini oceanici (Liguridi s.l.)
- 5: Emissioni spontanee fluidi
- 6: Olio e gas da pozzi superficiali

Geologia regionale

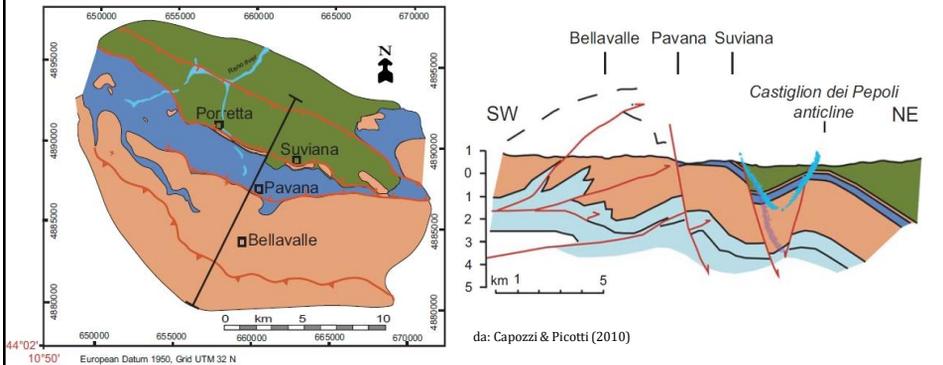


- Struttura «a falde» dell'Appennino si forma nel periodo Terziario (Olig.-Pliocene): sedimenti oceanici sovrascorrono sequenze più giovani;
- Faglie normali ad alto angolo modellano la catena nel periodo più recente

A: Salsomaggiore; B: Regnano; C: Castel S. Pietro; D: Castrocaro; E: Porretta

- 1: Depositi quaternari; 2: Sedimenti marini (Plio-Pleistocene); 3: Sedimenti di fossa tettonica (Miocene); 4: Sedimenti marini oceanici (Liguridi s.l.)
- 5: Emissione spontanee fluidi
- 6: Olio e gas da pozzi superficiali

Geologia regionale



- **Porretta: contatto tettonico tra «falda Ligure» e «falda Toscana» del cuneo orogenico;**
- **Faglie normali tagliano i «thrust» che strutturano il cuneo orogenico;**
- **Sorgenti: acque profonde che sfruttano faglie normali**

Sorgenti di Porretta Terme – genesi proposta

Acqua di Porretta potrebbe essere il prodotto di miscelazione di:

- acqua meteorica superficiale
- acqua di più alta salinità generata in ambiente profondo dove **gas termogenico prodotto da cracking** coesiste con la fase fluida.

Possibile ossidazione anaerobica di CH_4 .

Acqua e gas potrebbero migrare insieme verso la superficie, specialmente a profondità inferiori ai 1000 m.

(Capozzi & Picotti, 2010)

Fratture a quarzo-calcite



Sistemi di fratture mineralizzate a quarzo-calcite



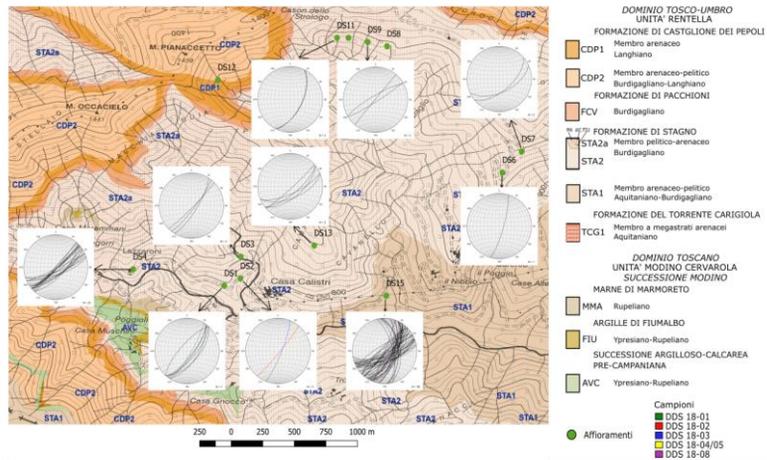
Casa Calistri



Sistemi di fratture mineralizzate a quarzo-calcite

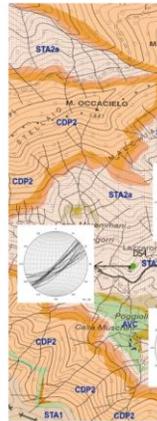


Sistemi di fratture mineralizzate a quarzo-calcite

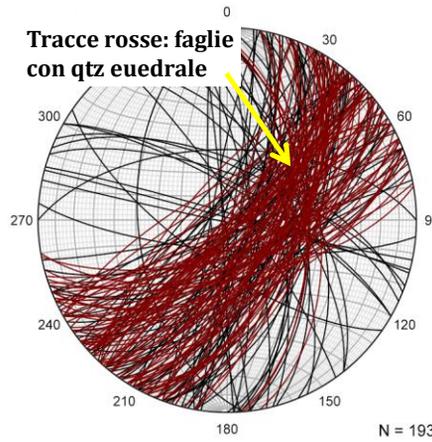


- Misurate 193 fratture di tipo dilatante o ibride, che attraversano sedimenti arenacei (Miocene);
- La maggioranza di queste fratture contengono cristalli euedrali di qtz e cc

Sistemi di fratture mineralizzate a quarzo-calcite



Tracce rosse: faglie con qtz euedrale

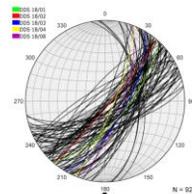


- DOMINIO TOSCO-UMBRO
- UNITA' RENTELLA
- IAZIONE DI CASTIGLIONE DEI PEPOLI
- Membro arenaceo
- Langhiano
- Membro arenaceo-pellico
- Burdigaliano-Langhiano
- IAZIONE DI PACCHIONI
- Burdigaliano
- IAZIONE DI STAGNO
- Membro pellico-arenaceo
- Burdigaliano
- Membro arenaceo-pellico
- Aquitaniense-Burdigaliano
- IAZIONE DEL TORRENTE CARIGIOLA
- Membro a megastriati arenacei
- Aquitaniense
- DOMINIO TOSCANO
- JNITA' MODINO CERVAROLA
- SUCCESSIONE MODINO
- IE DI MARCONIETTO
- Rupelliano
- LLE DI FIUMALBO
- ipresiano-Rupelliano
- SSIONE ARGILLOSO-CALCAREA
- 'AMPANIANA
- ipresiano-Rupelliano
- Campioni
- DDS 18-01
- DDS 18-02
- DDS 18-03
- DDS 18-04/05
- DDS 18-08
- venti

- Misurate 193 fratture di tipo dilatante o ibride, che attraversano sedimenti arenacei (Miocene);
- La maggioranza di queste fratture contengono cristalli euedrali di qtz e cc

Sistemi di fratture mineralizzate a quarzo-calcite

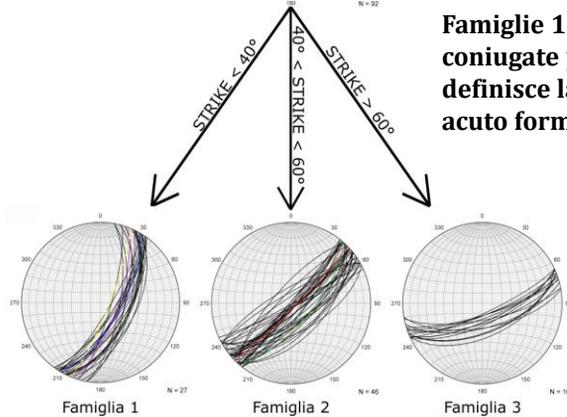
- Campioni
- DDS 18-01
 - DDS 18-02
 - DDS 18-03
 - DDS 18-04/05
 - DDS 18-08



Identificate tre famiglie:

1. Fratture con direzione <math>< 40^\circ</math>
2. Fratture con <math>40^\circ < \text{direzione} < 60^\circ</math>
3. Fratture con direzione >math>> 60^\circ</math>

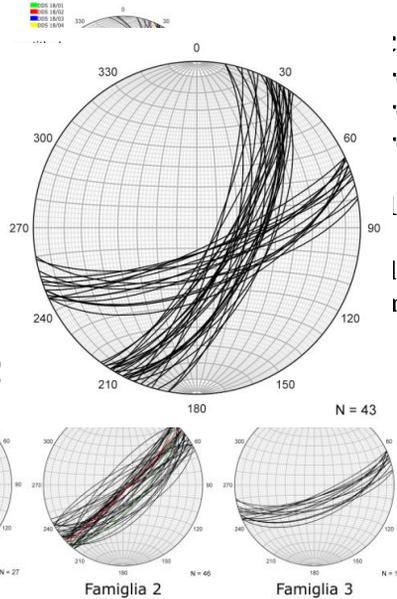
Famiglie 1 e 3 potrebbero essere coniugate perché la famiglia 2 definisce la bisecante dell'angolo acuto formato dalle prime



Sistemi di fratture mineralizzate a quarzo-calcite

Campioni

- DDS 18-01
- DDS 18-02
- DDS 18-03
- DDS 18-04/05
- DDS 18-08

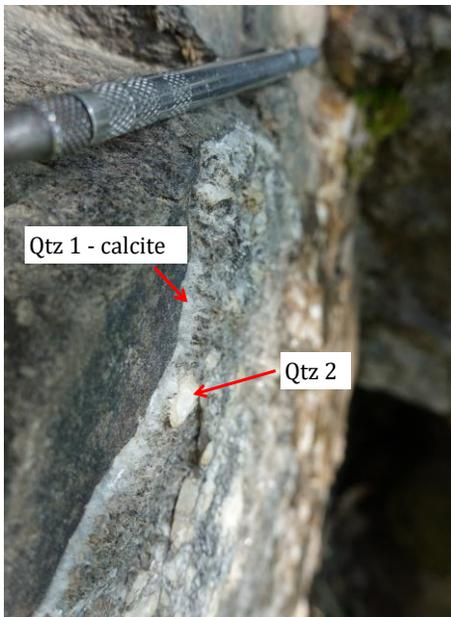


ate tre famiglie:
 e con direzione $< 40^\circ$
 e con $40^\circ < \text{direzione} < 60^\circ$
 e con direzione $> 60^\circ$

le 3 potrebbero essere
 perché la famiglia 2
 la bisecante dell'angolo
 nato dalle prime



Sistemi di fratture mineralizzate a quarzo-calcite



Caratteristiche

Presenza di cristalli euedrali di cc
 e qtz (dimensioni: mm-cm)
 suggeriscono apertura di tipo
 estensionale delle fratture →
 mancanza di movimenti di taglio;



I quarzi a tramoggia di Porretta Terme



Cosa sono i cristalli «a tramoggia»



Cristalli a tramoggia

Definizione

Si formano per precipitazione rapidamente e con un alto grado di sovrassaturazione da un "fluido genitore".

Atomi o ioni sono aggiunti alla struttura cristallina più rapidamente agli spigoli piuttosto che ai piani cristallografici.

Il cristallo sviluppa una forma "dendritica", con un numero di depressioni e vuoti

Quarzo - Nabibia (Gaboboseb)



Quarzo - India



Solubilità del quarzo

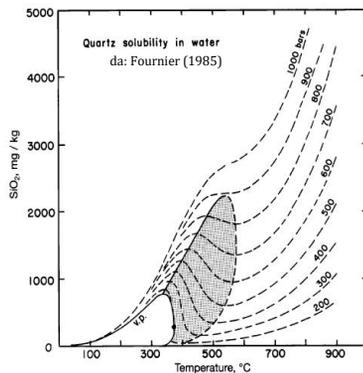


Fig. 3. Calculated solubilities of quartz in water as a function of temperature along isobars ranging from 200 to 1,000 bars. The stippled pattern shows a region of retrograde solubility in which the solubility of quartz decreases with increasing temperature at constant pressure. From Fournier (1985).

La solubilità del quarzo varia al variare di P e T di H₂O.

Solubilità **prograda** fino a ca. 340-350 °C, ma retrograda nell'intervallo: 340-350 °C; 300-800 bar (30-80 MPa)

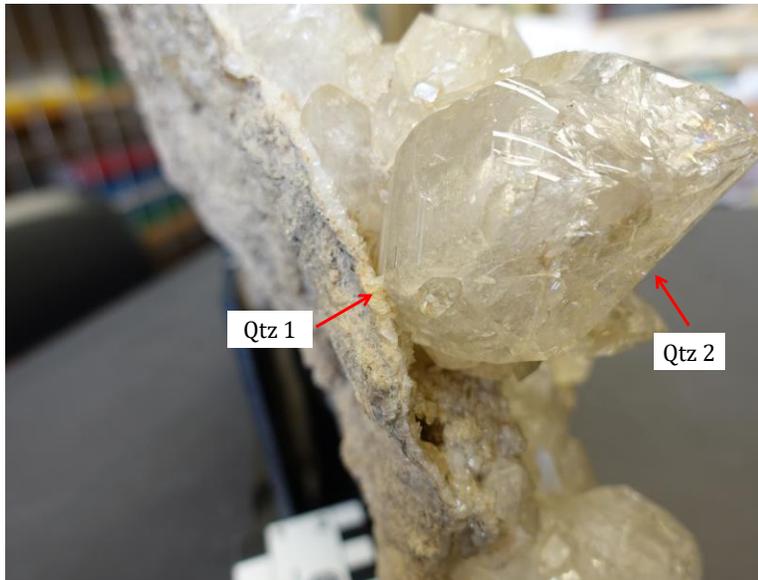
Una soluzione a 500 °C/800 bar satura in quarzo diventa **sovrassatura** se si decomprime isotermicamente a 300 bar.

Una soluzione a 500 °C/500 bar satura in quarzo rimane **satura** se si raffredda a 300 °C.

Quarzi a tramoggia di Porretta - qualità museale



Quarzi di Porretta - qualità museale



Quarzi di Porretta - qualità museale



Quarzi a tramoggia di Porretta - qualità museale

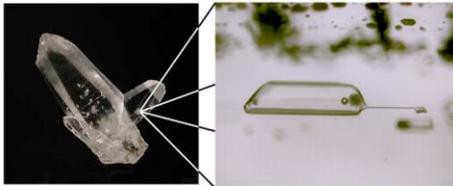


Quarzi a tramoggia di Porretta - dettaglio inclusioni fluide

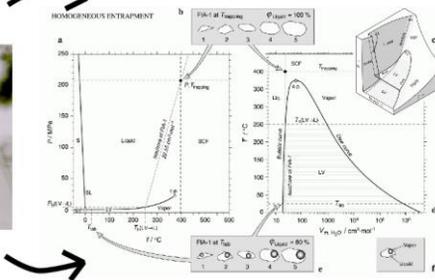


Cosa sono le inclusioni fluide

Natural sample observations



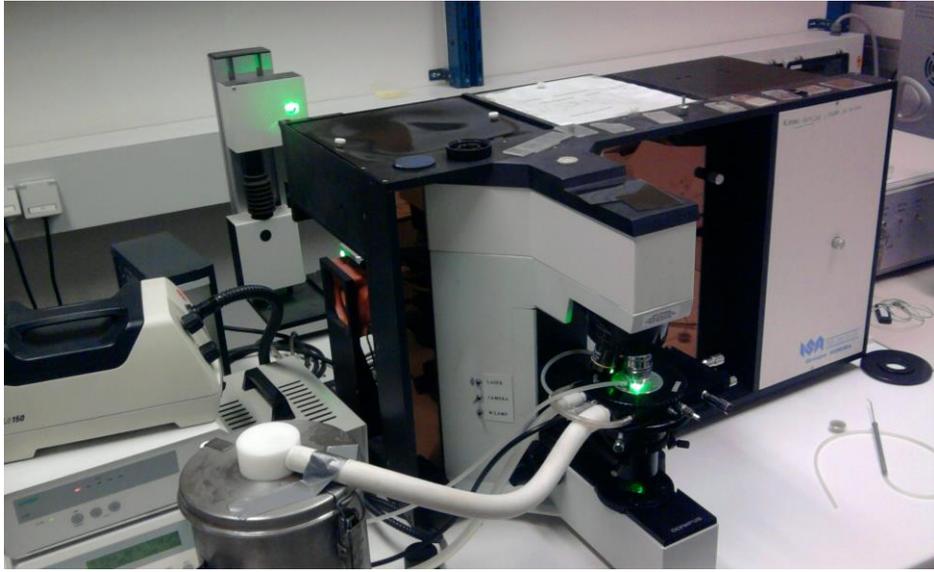
Theoretical models



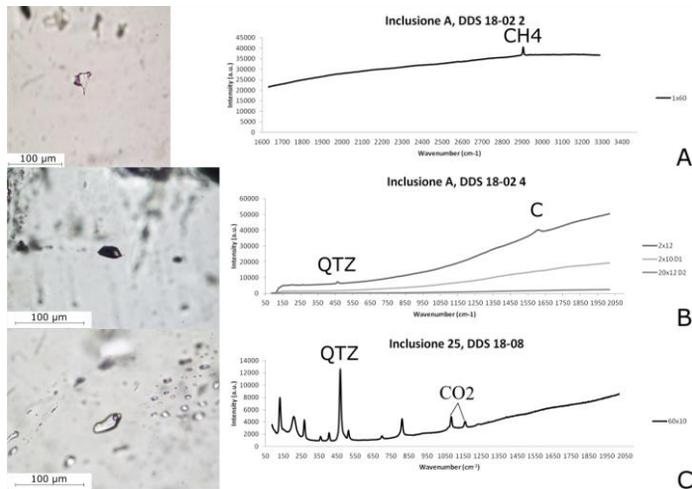
Micro-aliquote di fluido naturale (geofluido) incapsulato dentro un minerale. Questo fluido è parte integrante del minerale che lo contiene e deve essere considerato insieme ai minerali costituenti (i.e., roccia)

Tranne poche eccezioni, tutti i minerali delle rocce contengono IF

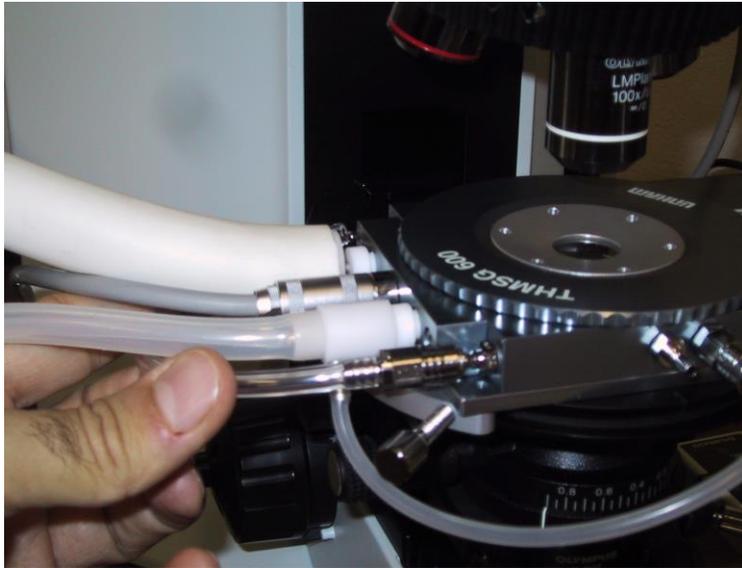
Analisi spettrometrica Raman



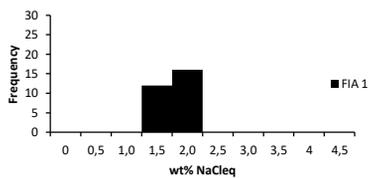
Spettri Raman - specie molecolari (fase gassosa)



Studio microtermometrico

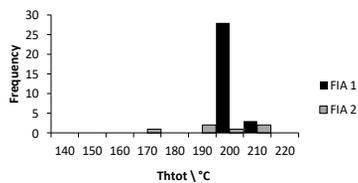


Dati microtermometrici



Salinit 

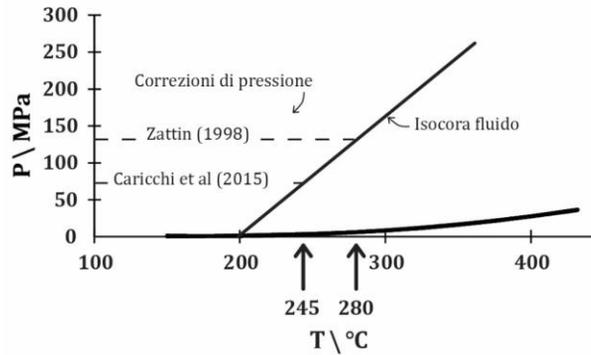
1.5-2.0 wt% NaCl



T omogenizzazione totale (T_{min} di formazione)

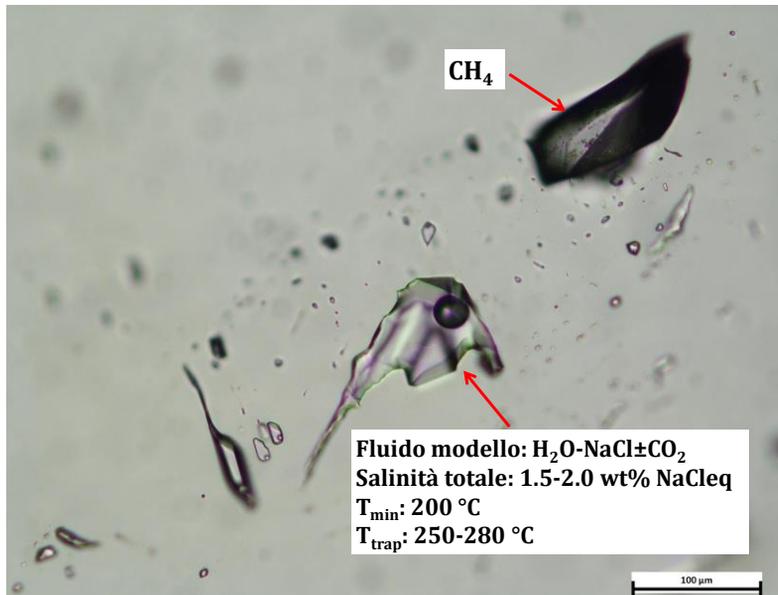
190-200  C

Stima condizioni di intrappolamento



Opportune correzioni di pressione (3-5.5 km, 75-135 MPa) fatte alle T_{hom} totale permettono di stimare la T di intrappolamento del fluido: 250-280 °C

Sommario dati: due fluidi distinti



Implicazioni

1. Il quarzo a tramoggia di Porretta si è formato in fratture che hanno direzioni anti-appenniniche ed in un regime dilatante;
2. Il fluido acquoso che ha formato i cristalli a tramoggia aveva una T valutata in 245-280 °C ed una salinità di c. 2 wt% NaCleq - i.e, fluido idrotermale intrappolato a 3-5.5 km;
3. Questo fluido idrotermale profondo potrebbe essere uno dei due «end member» che generano il fluido delle sorgenti;
4. Le caratteristiche chimico-fisiche del fluido acquoso del quarzo sono coerenti con la natura termogenica del gas di Porretta;
5. La presenza di CH₄ insieme al fluido acquoso nei cristalli di quarzo rafforza l'ipotesi di una genesi profonda (cracking) ed antica del fluido



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

www.unibo.it