



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

DEFINIZIONE DI UN PROTOCOLLO PER L'ANALISI CHIMICA CON IL SEM TESCAN SOLARIS DI DIOPSIDI CROMIFERI A FINI TERMOBAROMETRICI

Laurea triennale in Scienze Geologiche

Elaborato di: Filippo Pettinati.

Relatore: Prof. Paolo Nimis.

*Diopside cromifero in Kimberlite:
Wyoming Diamond & Gemstone Province*

22 settembre 2022
A.A 2022/2023



OBIETTIVO DEL PROGETTO

1. Eseguire analisi chimiche mediante **spettroscopia EDS** e **WDS** su **diopsidi cromiferi**, verificando **precisione e accuratezza** rispetto alle analisi precedentemente eseguite, sugli stessi campioni, in **microsonda elettronica** (JEOL Superprobe JXA-8200).
2. Verificare se le nuove analisi sono di qualità sufficiente per garantire stime **termobarometriche robuste**.

MATERIALE ANALIZZATO

Xenocristalli di Cpx, provenienti dalla **kimberlite diamantifera di Voorspoed** (Sudafrica)(De Beers Group).



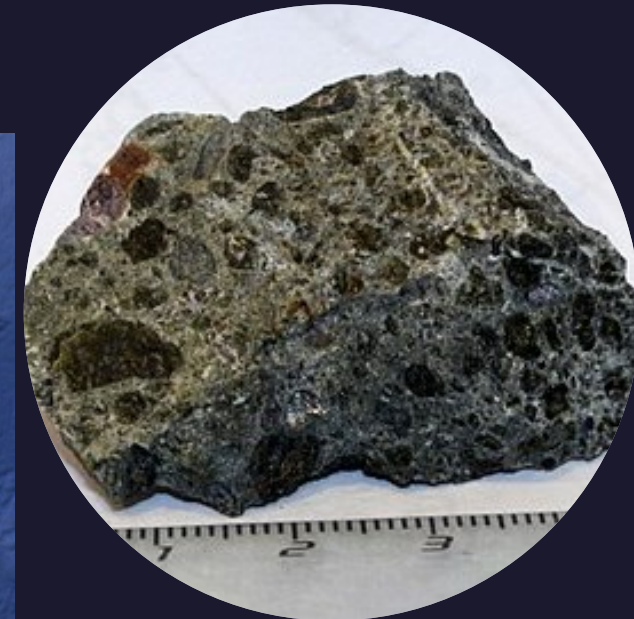
Miniera di Voorspoed (Sud Africa):
Gettyimages.it



Diamante in Kimberlite:
Alexstrekeisen.it



Immagine da Google Earth



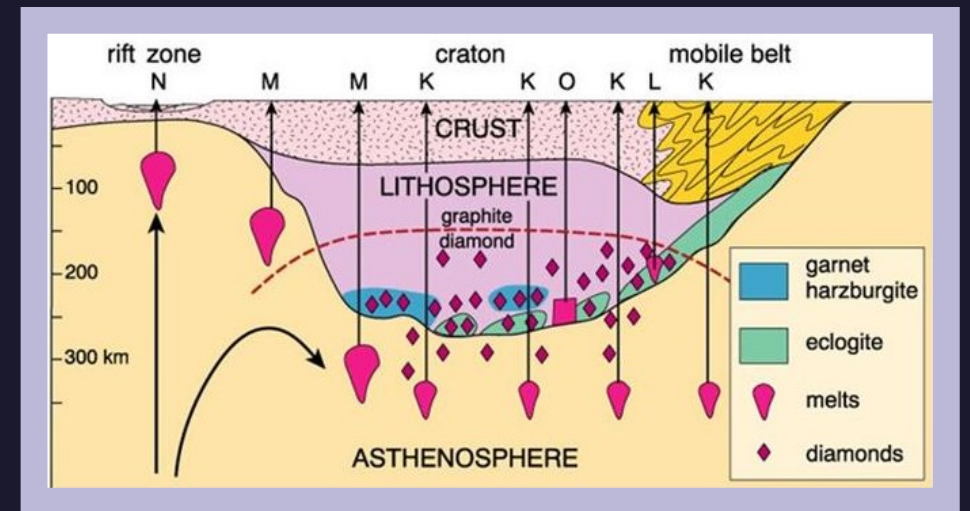
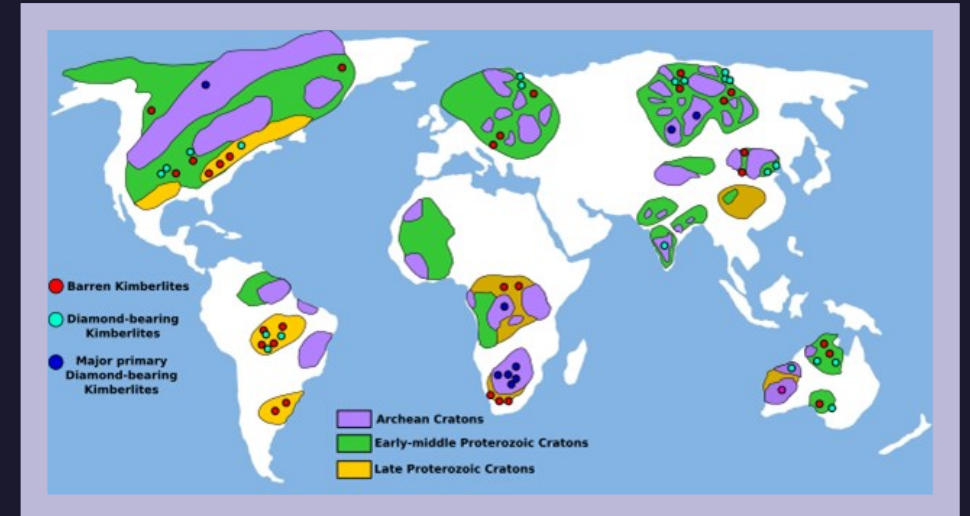
Campione macroscopico di Kimberlite:
Alexstrekeisen.it

LE KIMBERLITI

- Rocce **magmatiche ultramafiche** ricche in MgO (>25 wt%) e in volatili (H₂O, CO₂,F). Derivate da fusi di mantello di origine profonda.
- Caratterizzate dalla presenza di abbondanti xenocristalli di mantello e talora di diamanti.
- Quelle economicamente rilevanti, si trovano in cratoni pre-cambriani, per lo più di età **Archeana**.

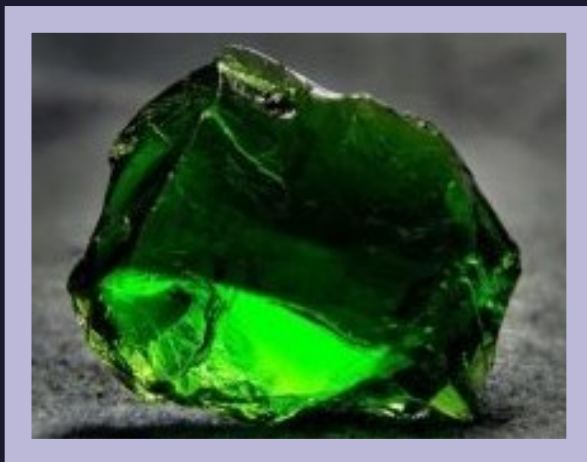


Campioni macroscopici di diamante e Kimberlite:
(Geology for investors)



Inquadramento geografico e geologico dei cratoni:
(Mitchel 2005)

DIOPSIDE CROMIFERO



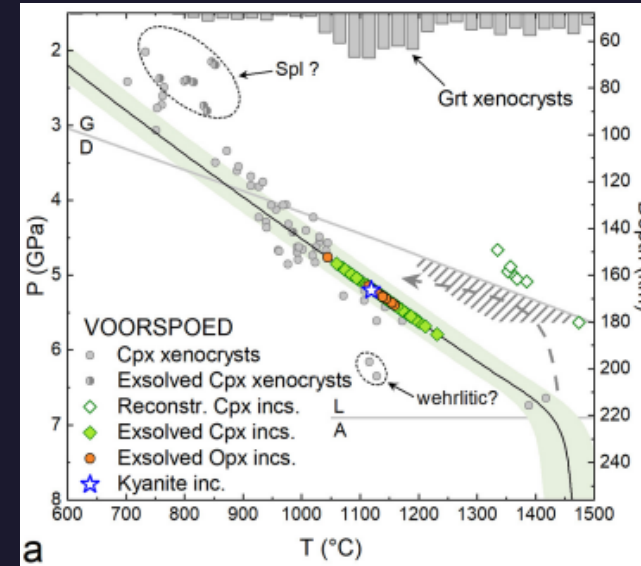
Cristallo di diopside cromifero

- **Formula chimica:** $(Ca,Mg,Na)(Mg,Al,Cr,Fe)(Si,Al)_2O_6$.
- **Sistema cristallino:** Monoclino.
- **Durezza:** da 5 a 6 (scala di Mohs).
- **Colorazione:** Verde.
- **Lucentezza:** Vitrea .

- Fa parte della famiglia dei **pirosseni**.
- Ricco in **Cr** (> 0,5% Cr_2O_3).
- All'interno di rocce **ultramafiche** (es. peridotiti di mantello).
- Intensa colorazione **verde**, dovuta alla presenza di **Cr**.

I CLINOPIROSSENI DI VOORSPOED

Registrano condizioni di P e T che cadono su una **geoterma** modello, 38 mW/m² (flusso di calore superficiale).



Nimis et al. (2020)

Alcuni granuli danno PT anomale, ma contengono essoluzioni lamellari di spinello e opx.



NON in equilibrio con il granato. Stime termobarometriche **NON** affidabili.



Lamelle di opx in cpx: SEM-BSE



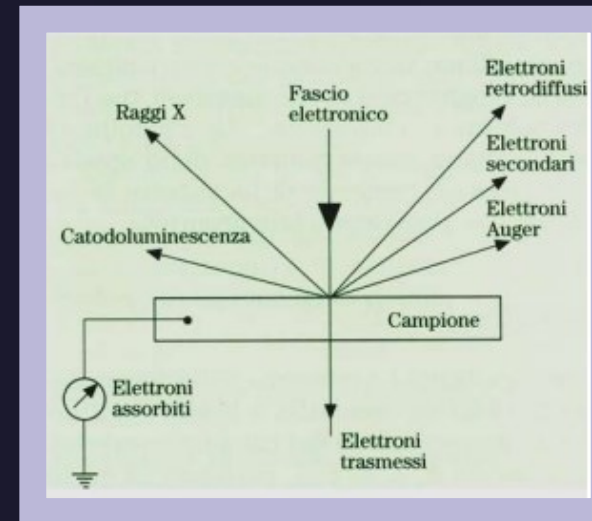
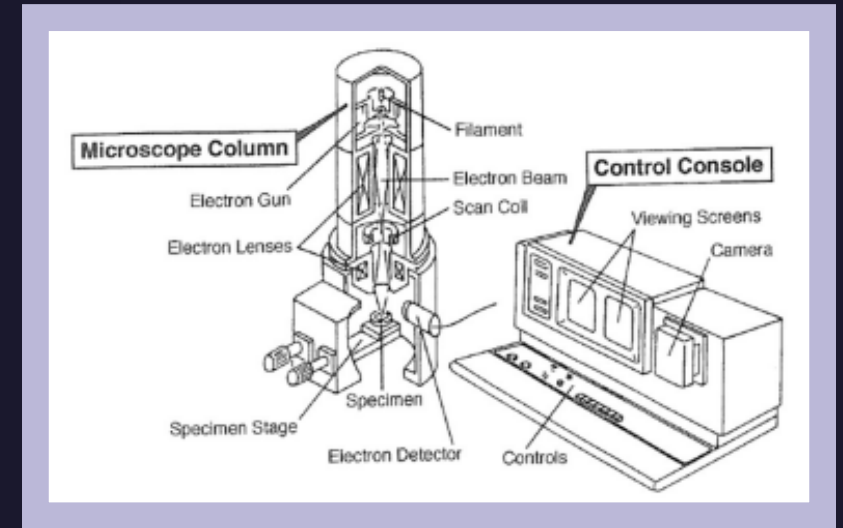
Lamelle di spinello e opx in cpx: SEM-BSE

MICROSCOPIO ELETTRONICO A SCANSIONE (SEM)

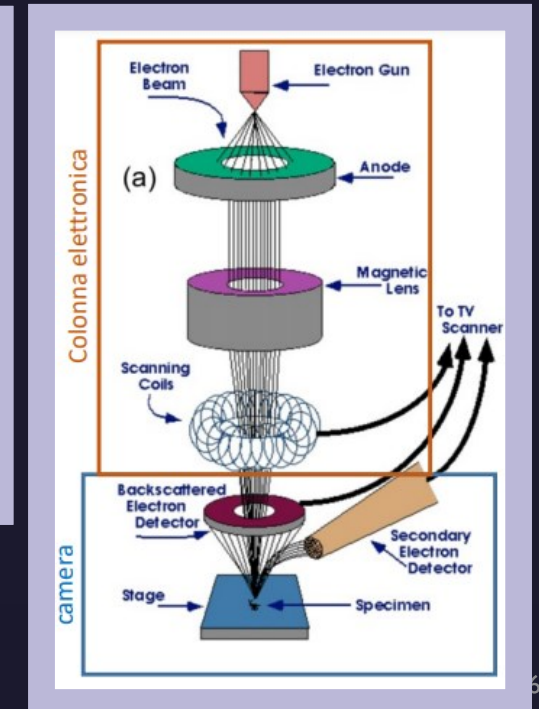
Solitamente è composto da:

- 1) Una **COLONNA ELETTRONICA**, dove viene creato il fascio di elettroni;
- 2) Una **CAMERA DA VUOTO**, ove il fascio elettronico interagisce con il campione;
- 3) Vari tipi di **RIVELATORI**, che acquisiscono i segnali dell'interazione fascio-campione e li trasferiscono agli elaboratori;
- 4) Uno **SCHERMO**, in cui si ricostruisce l'immagine dal segnale.

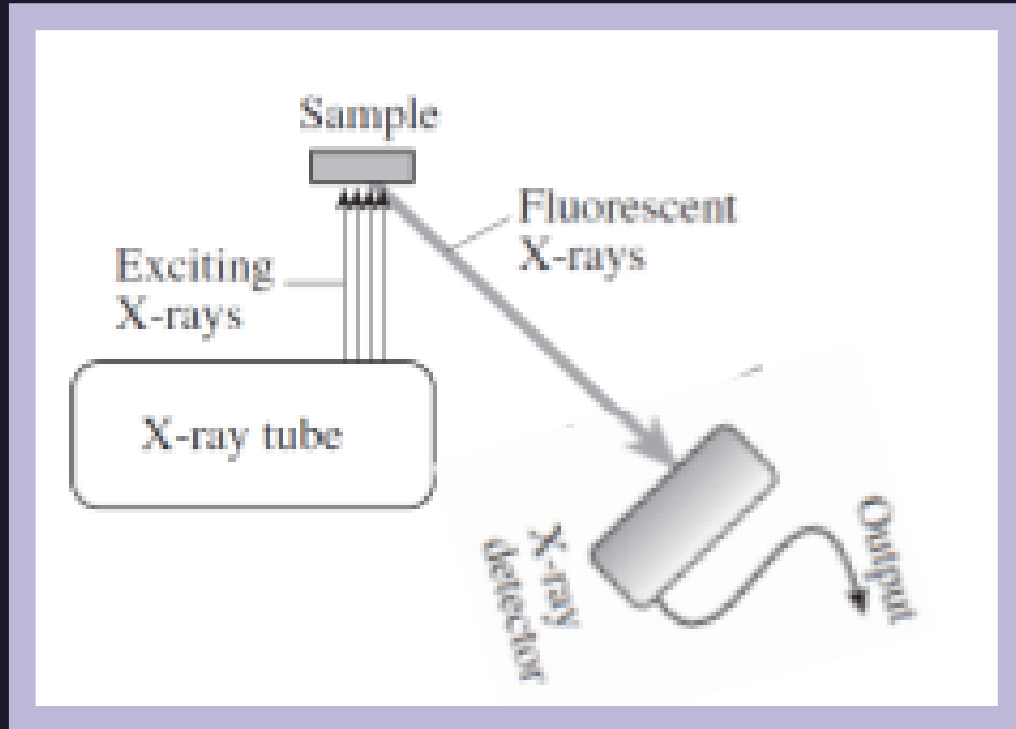
Il SEM del nostro dipartimento è stato dotato anche di un **WDS** e un **EDS**, per analisi quantitative.



Schema di funzionamento SEM:
Slide Prof.ssa Dalconi



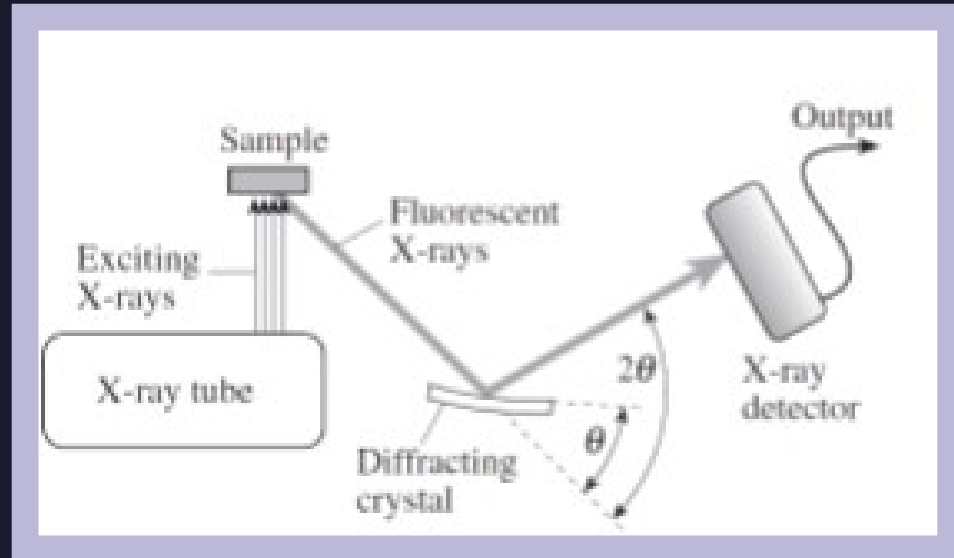
SPETTROMETRIA EDS



- Energy dispersive spectroscopy.
- Risoluzione spettrale limitata.
- Acquisizione molto veloce.



SPETTROMETRIA WDS



- Wavelength dispersive spectroscopy.
- Risoluzione spettrale migliore.
- Rapporto segnale/rumore migliore
- Tempi di acquisizione più lunghi.



EDS o WDS?

Il **SEM** è dotato di **un solo** spettrometro WDS, con diversi cristalli analizzatori, che coprono diversi intervalli di energia, mentre una tipica **microsonda elettronica** ne possiede almeno **4**.

Il **SEM** può analizzare **un solo elemento** per volta e quindi richiede **tempi di acquisizione più lunghi**.

EDS: elementi maggiori,

WDS: elementi a minor concentrazione e/o critici per le applicazioni termobarometriche.

PROTOCOLLO ANALITICO

STANDARD UTILIZZATI

- Si – Ca – Mg → Diopside
- Na → Albite
- Cr → Cr₂O₃
- Mn, Ti → MnTiO₃
- Fe → Fe₂O₃
- Ni → NiO
- K → K-feldspato

CONDIZIONI DI UTILIZZO

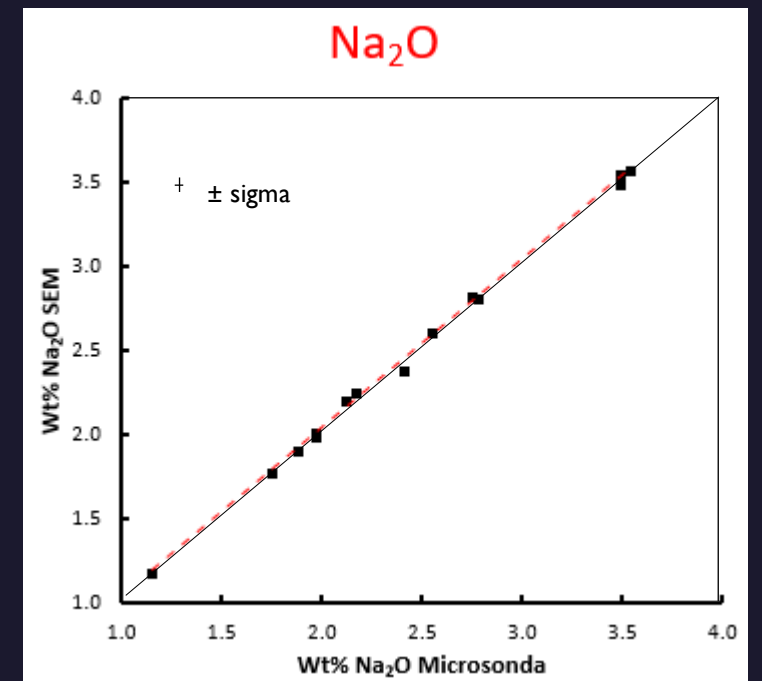
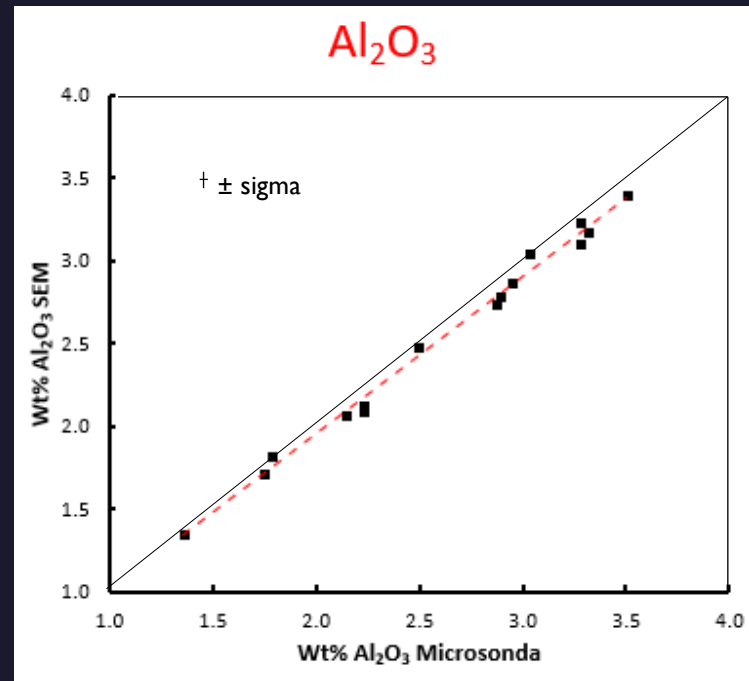
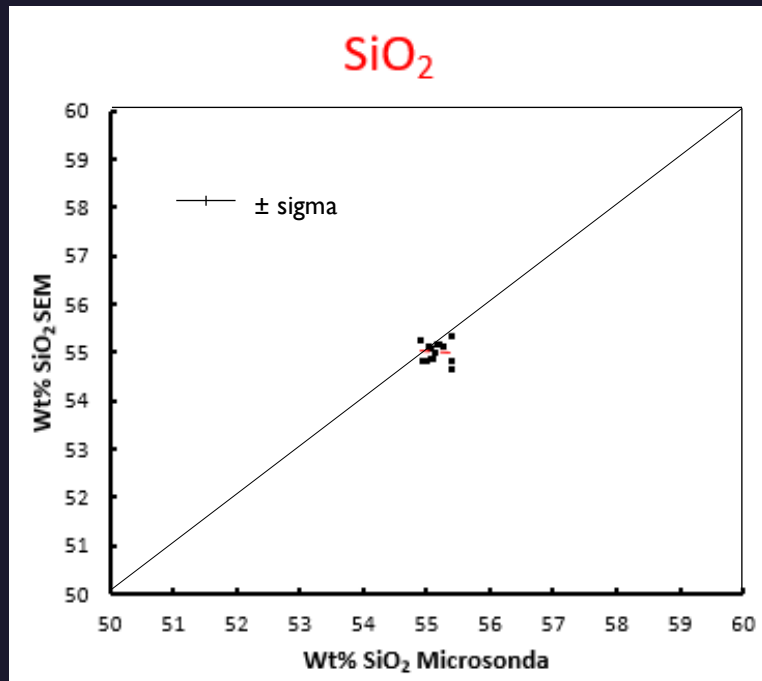
- Accelerazione : 15 KeV
- Intensità di corrente: 15nA

TEMPI DI ACQUISIZIONE

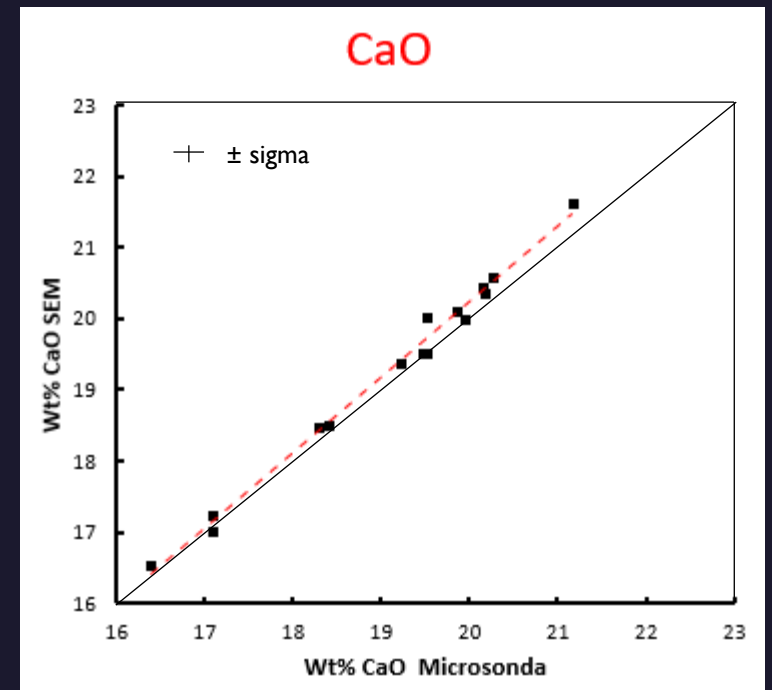
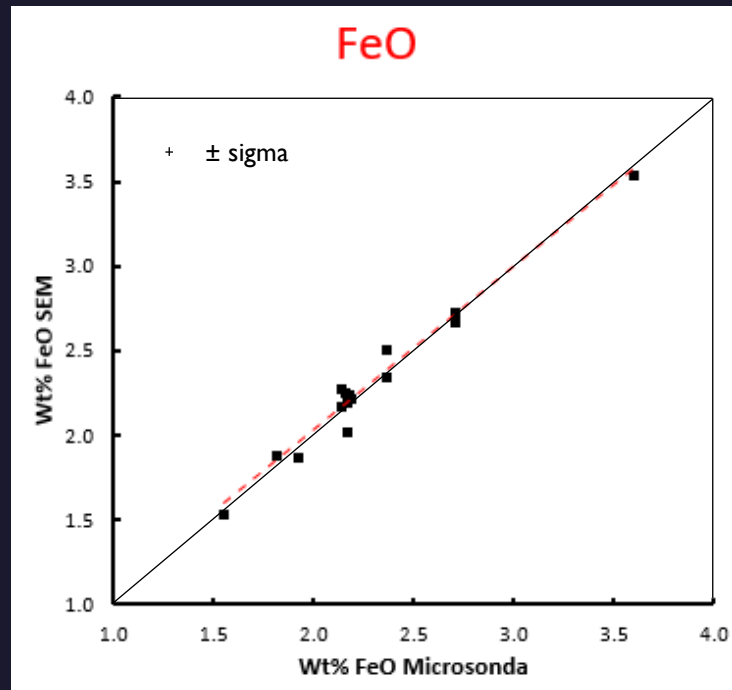
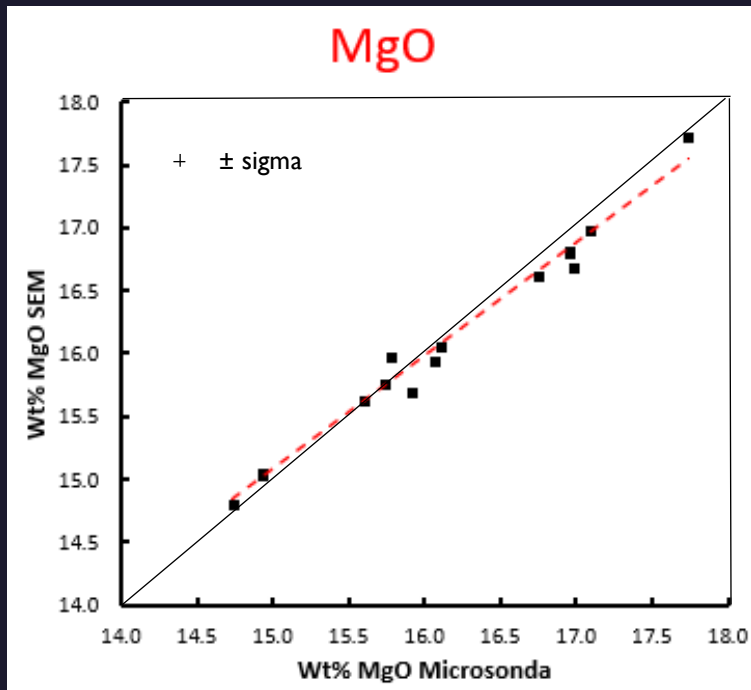
Elem.	Sigma	T picco	T back.
Al	0,03	15	5
Na	0,03	15	5
Cr	0,03	70	25
K	0,03	10	5
Ni	0,04	30	25
Mn	0,04	15	10
Ti	0,03	10	10

Da 20s a 40s per EDS

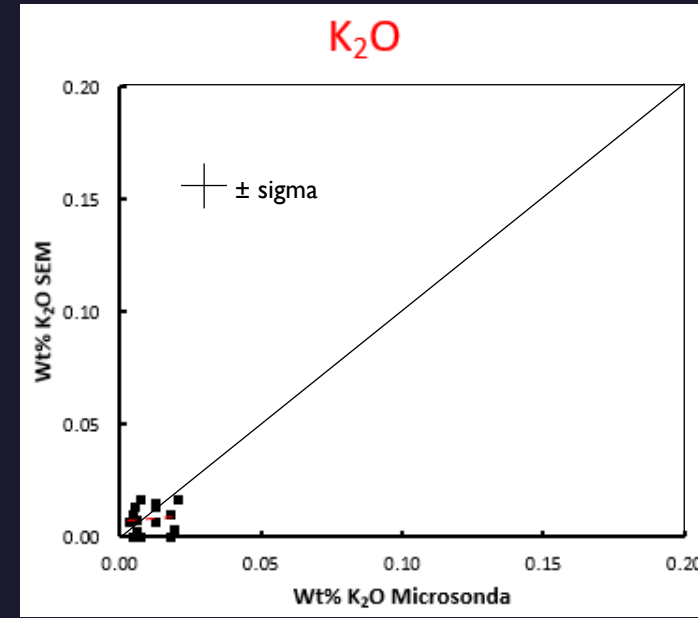
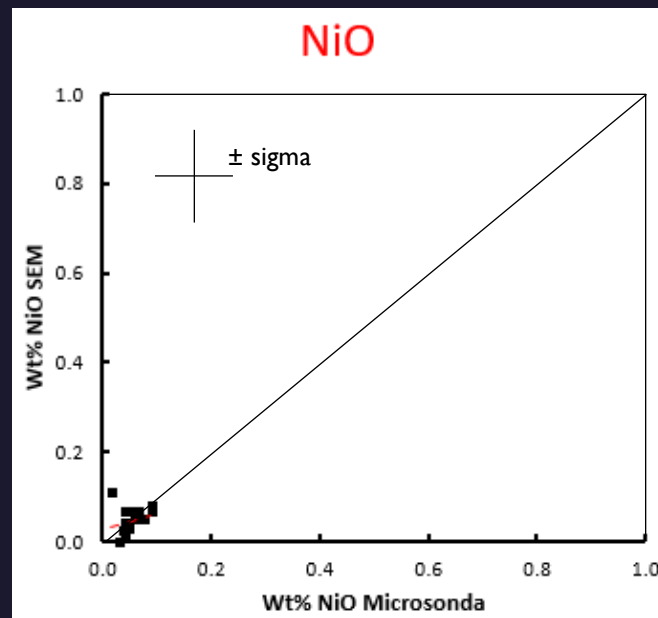
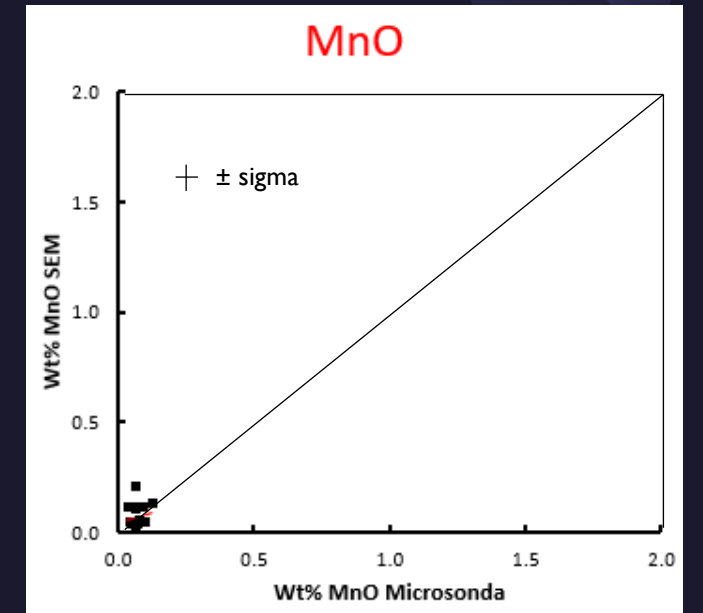
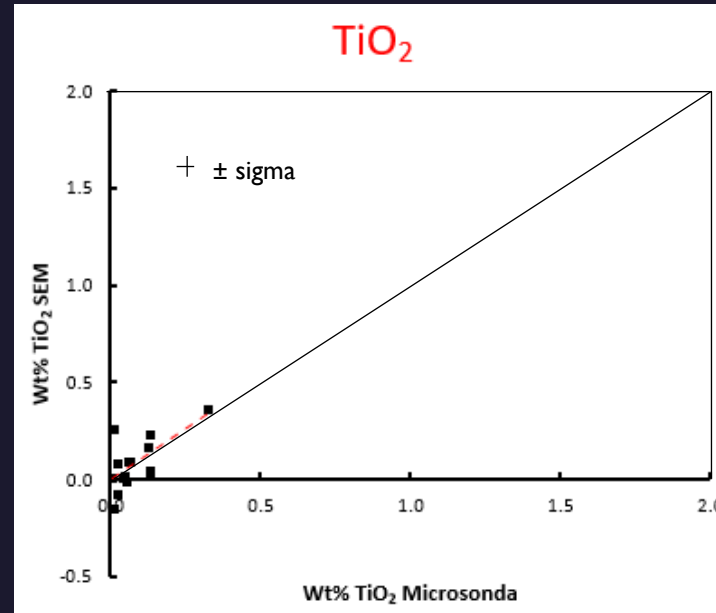
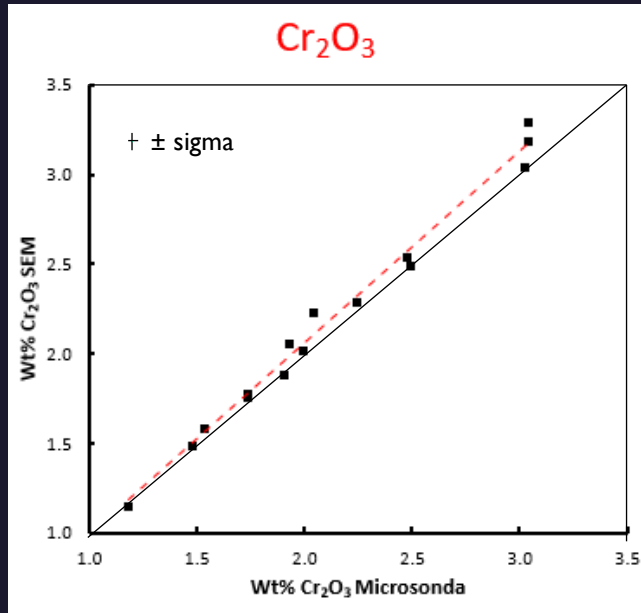
OSSIDI A CONFRONTO



OSSIDI A CONFRONTO



OSSIDI A CONFRONTO



TERMOBAROMETRIA A CPX SINGOLO

Nimis & Taylor (2000)

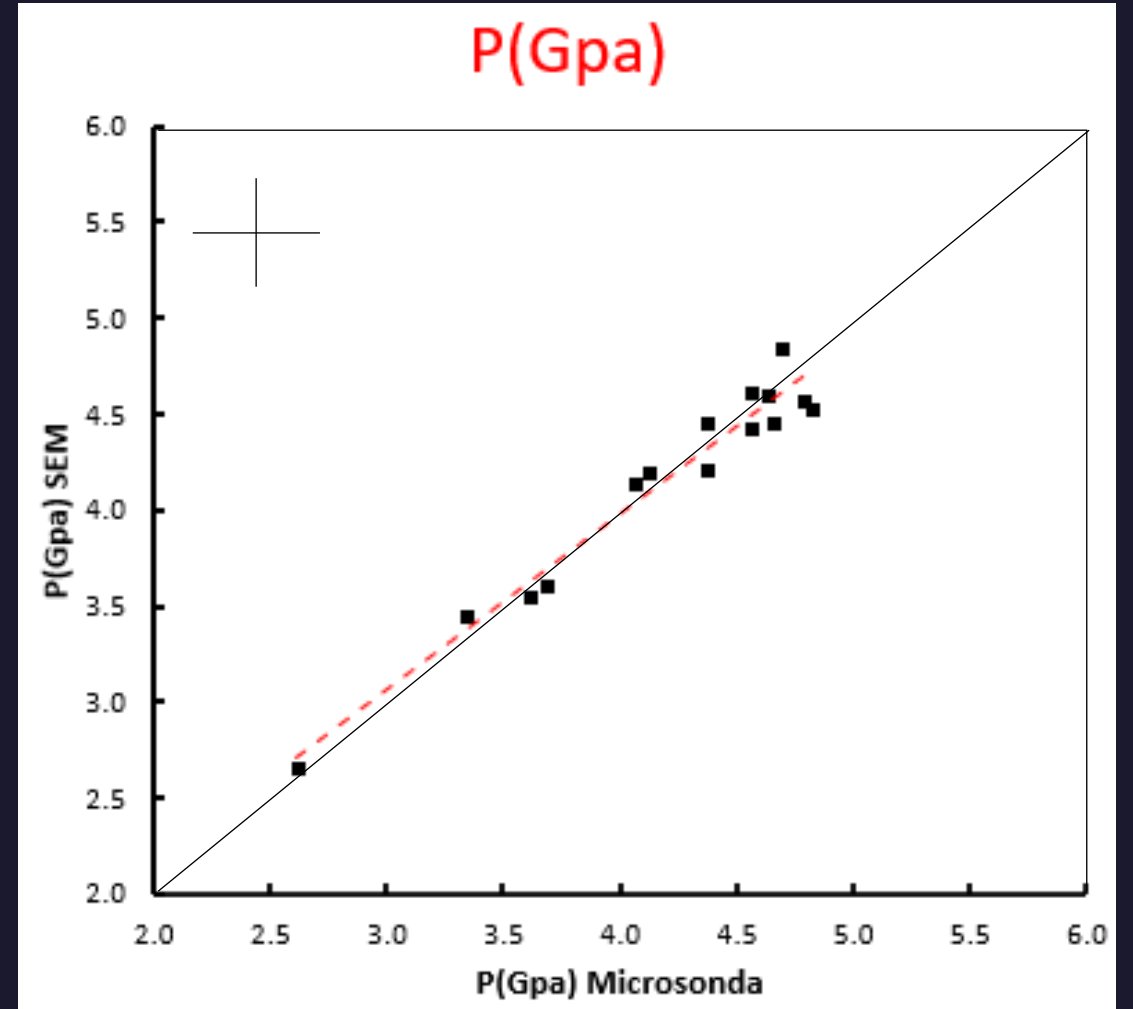
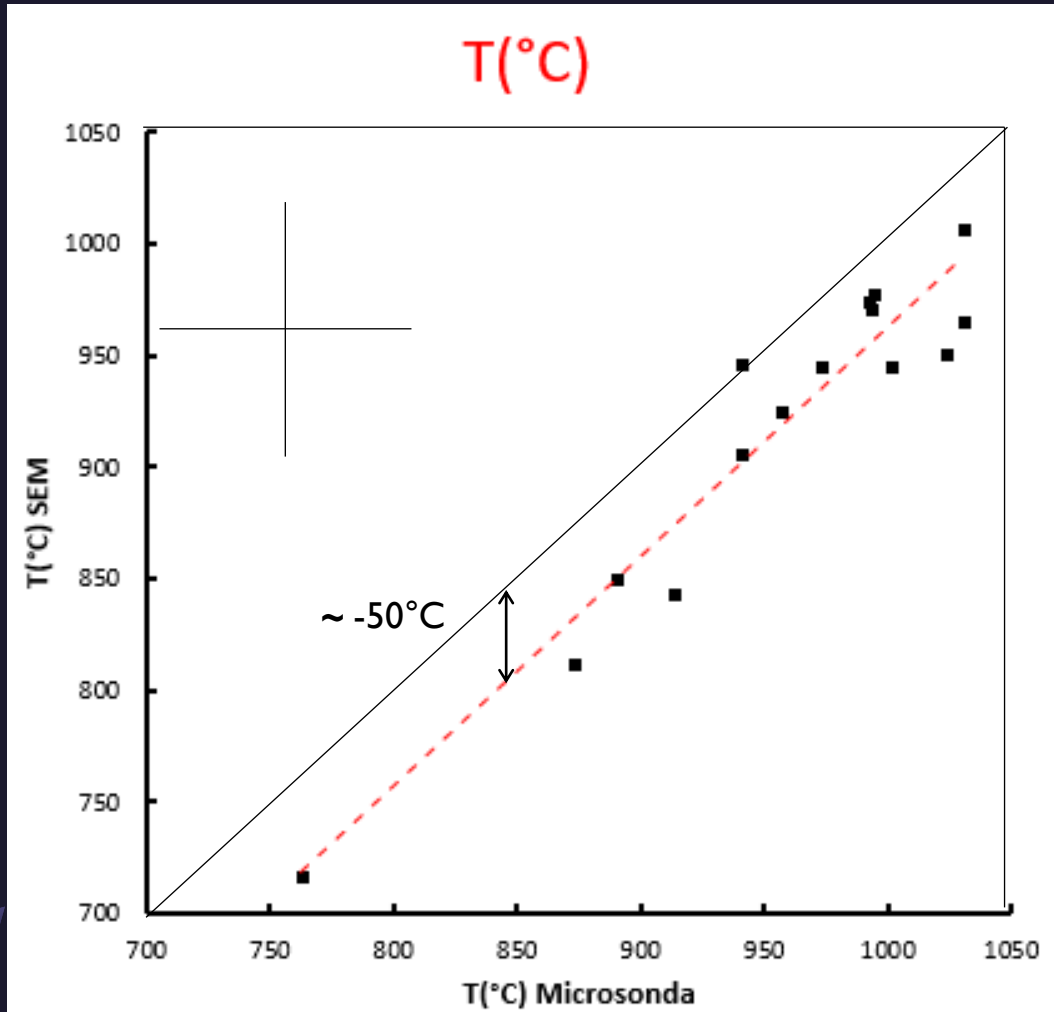
- **Termometro: basato su contenuto di componente enstatitico nel cpx.**

Richiede equilibrio con opx.

- **Barometro: basato su contenuto di componente cromifero.**

Richiede equilibrio con granato.

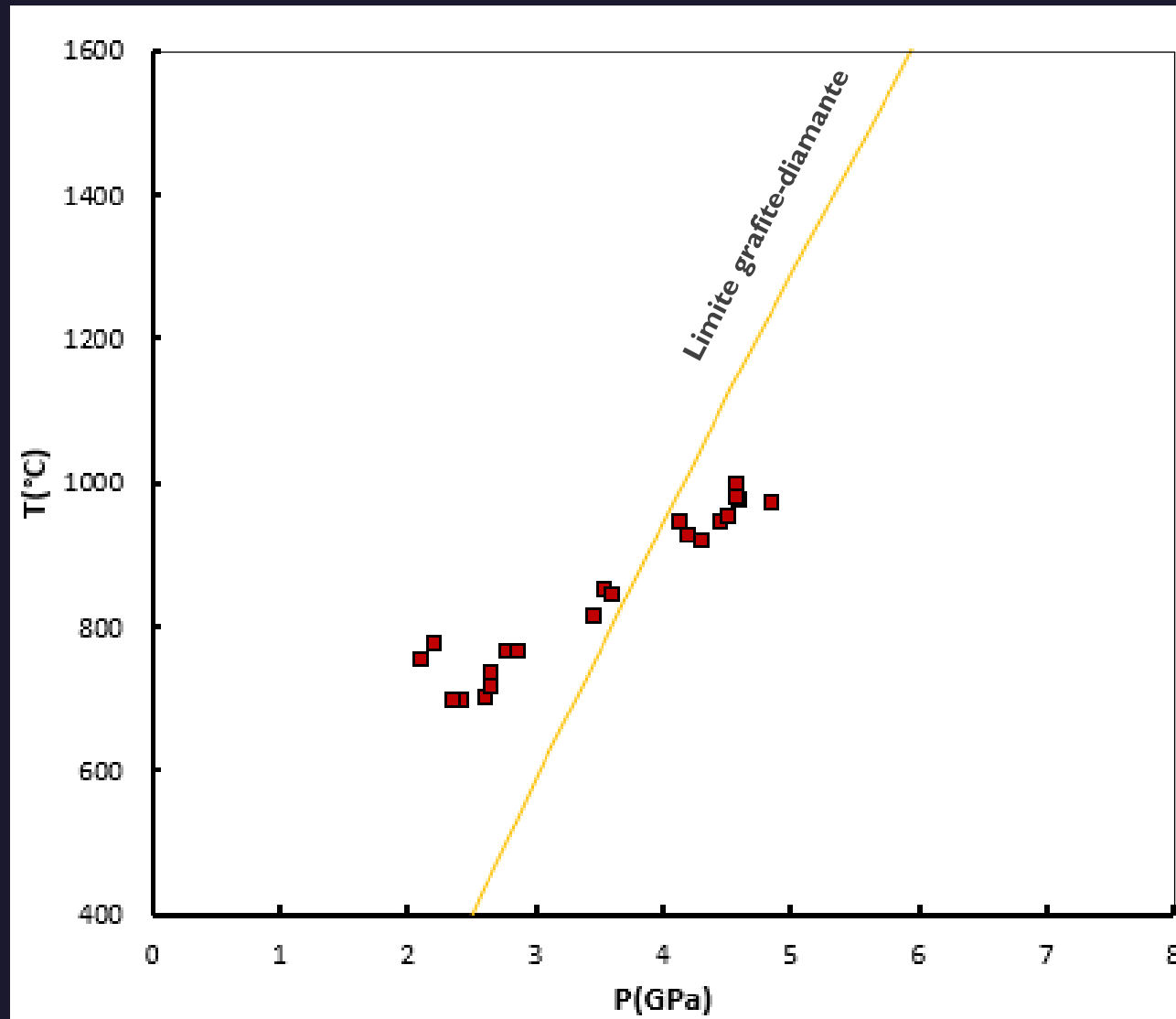
TEMPERATURA E PRESSIONE A CONFRONTO



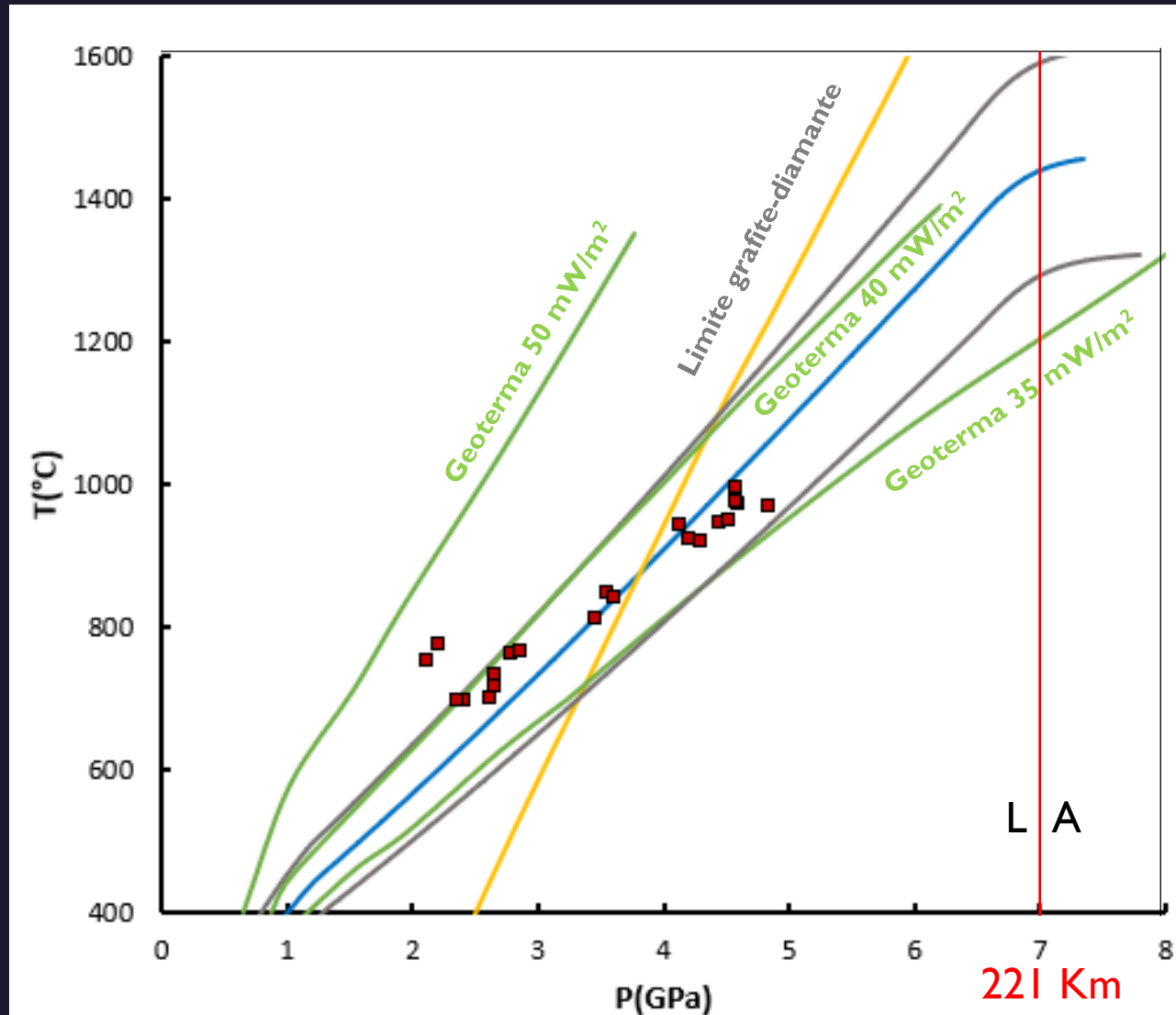
MODELLIZZAZIONE GEOTERMA

1. Modellizzazione della geoterma con software FitPlot (di: Mother et al. 2011).
2. Parametri di Input:
 - Spessore crosta sup.=20,0 km
 - Spessore crosta inf.= 19,0 km
 - Temp. Potenziale del mantello=1325,0 °C
 - Produzione di cal. Crosta sup.=1.6E-6 $\mu\text{W}/\text{m}^3$
 - Produzione di cal. Crosta sup.=0.4E-6 $\mu\text{W}/\text{m}^3$

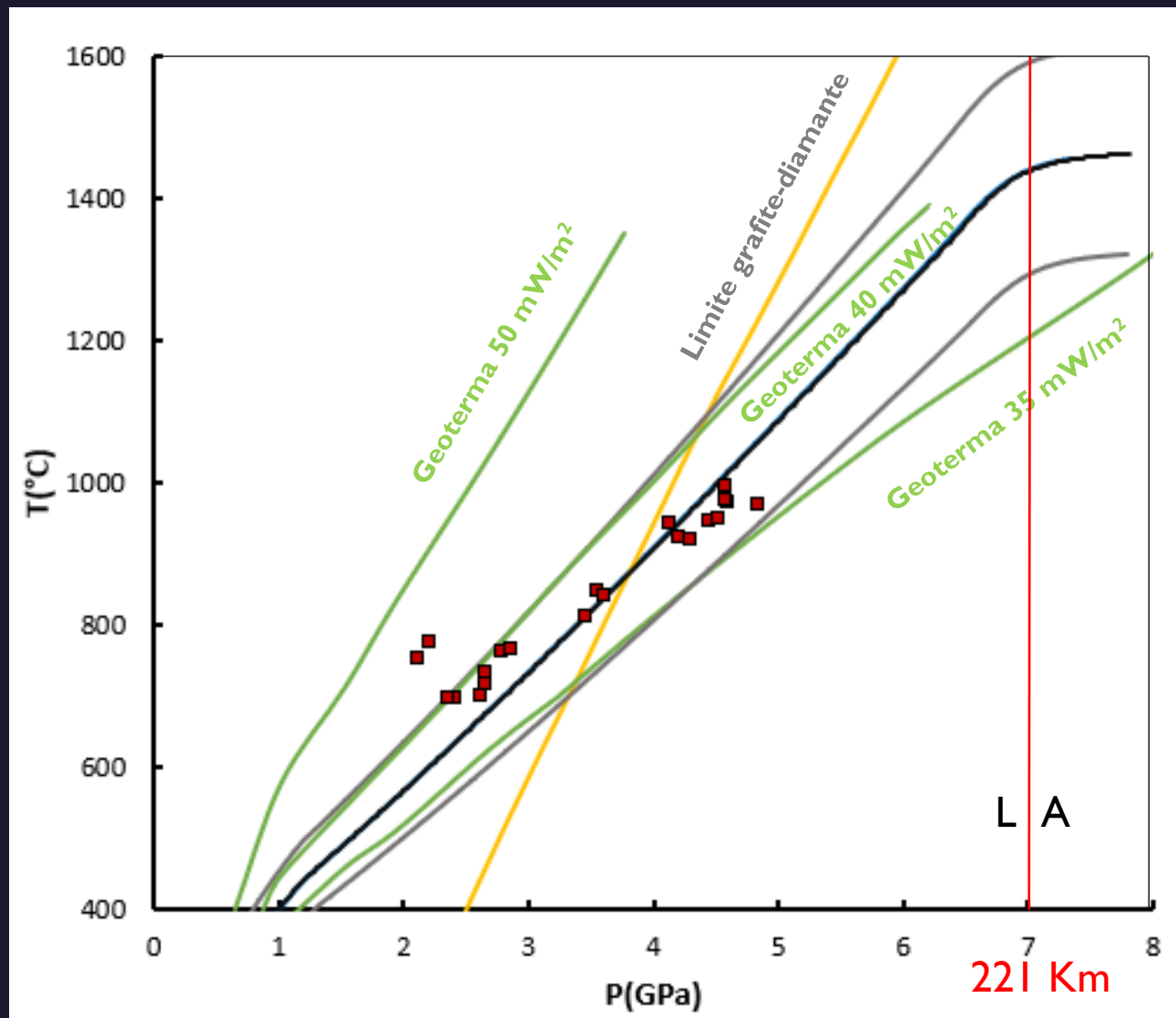
PT (SEM)



GEOTERMA MODELLO



GEOTERMA (MICROSONDA)



CONCLUSIONI...

1. Il protocollo analitico utilizzato è sufficiente a generare misure analitiche confrontabili con le analisi in microsonda elettronica.
 2. Esistono deviazioni sistematiche per lo più all'interno dell'errore analitico (maggiori per il Ca). Il risultato è:
 - T sistematicamente più basse di circa 50°C.
 - P coerenti, senza variazioni significative.
 3. Per analisi di questo tipo, la microsonda elettronica resta lo strumento più adatto se opportunamente standardizzata, ma solo per i tempi di acquisizione più rapidi:
 - Tempo di acquisizione > per il SEM, (fino a 8-9 min).
 - Tempo di acquisizione < per la microsonda elettronica, (2-3 min).
- Data la bassa dispersione dei dati si potrebbe pensare di ridurre i tempi di analisi, per alcuni elementi (Na,Al,Cr).

GRAZIE

