

Titolo: Modello strutturale ed esperimenti di forward modelling sismico di una sezione mantellica carbonatata: analogo per stoccaggio di CO<sub>2</sub> in un reservoir profondo

Tutor: D. Iacopini

Co-tutor: Roberto Rizzo (Uni Firenze) e CNR IGG (Andrea Rielli)

Programma di ricerca: MUR

Uno degli approcci alla mitigazione del cambiamento climatico è basato sul 'sequestro' (stoccaggio) dell'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) atmosferica nel suolo, in fondo all'oceano, o nelle rocce. In particolare, uno dei processi più promettenti per lo stoccaggio sicuro e a lungo termine della CO<sub>2</sub>, riguarda i meccanismi di carbonatazione di alcuni minerali che possono reagire con la CO<sub>2</sub>, assorbendone una parte che rimane intrappolata nella roccia stessa. In questo progetto proveremo ad esplorare l'espressione sismica che la deformazione (e.g., fagliazione e fratturazione) esercita nel modificare gli effetti della carbonatazione, creando complesse eterogeneità (micro-) strutturali e, quindi, promuovendo l'interazione fluido/roccia. Come analogo di possibili reservoir nel sottosuolo, utilizzeremo affioramenti molto ben preservati di serpentiniti carbonatate e che rappresentano unità trasportate dalle profondità del mantello ai fondali oceanici fino alla posizione attuale.

**Proposta per una posizione di dottorato:**

Il principale obiettivo del progetto di dottorato è di caratterizzare dal punto di vista della risposta sismica le eterogeneità strutturali (da micro a meso scala) che deformano unità ultramafiche serpentinite e carbonatate a vari gradi e dunque modellizzare la loro espressione sismica. I dati di input sono definiti dal modello strutturale e petrofisico ottenuti dall'analisi di un affiorante in ottimo stato di preservazione nell'Isola d'Elba orientale attraverso un campionamento microstrutturale e mineralogico e dalle analisi petrofisiche in laboratorio preliminarmente effettuati dai gruppi di Firenze e Pisa. Tale modello petrofisico e strutturale rappresenterà il punto di partenza del *forward modelling* sismico. L'esperimento di modelling esplorerà possibili strategie di acquisizione, analisi di illuminazione e stime di risoluzione, simulazione del processo di migrazione (PSTM) e le potenziali variazioni di ampiezza (AVO) al procedere delle reazioni di carbonatazione (synthetic time lapses).

=====

Title: Structural and forward seismic model of a carbonatized sheared mantle rocks: exploring the seismic signature of fractured and carbonated ultramafic rocks.

Tutor: David Iacopini

Co-tutor: Roberto Rizzo (Uni Firenze), CNR IGG (Andrea Rielli)

Research program; MUR

Monitoring the efficiency of the carbonation reaction in the subsurface represents one of the most challenging aspects of Carbon Capture sequestration by mineralization (CCSM) . A research

collaboration between Naples University, Florence University and CNR-IGG Pisa aims to develop innovative structural, petrophysics and seismic modelling to decipher the geophysical signature of fluid-rock interaction in a fault zone involving carbonated mantle rocks. The overarching target of this project is to understand the role of the heterogeneous architecture and transient deformation processes in shaping the stress, failure and ultimately the volume change, permeability and fluxes in fault zones and their significance for CO<sub>2</sub> storage potential.

### **Proposal for a PhD position**

The main objective of this PhD project is to describe and map faults and related damage features characterizing the ultramafic rocks and use those outcrops and the related petrophysical data to produce analogue synthetic seismic datasets.

Input data for the seismic models are field and petrophysical data acquired from a fault zone within mantle rocks cropping out in eastern Elba Island, showing increasing degrees of carbonations. These rocks are an excellent analogue for (physical and chemical) processes involving subsurface ultramafic rocks subjected to CO<sub>2</sub> injection.

The PhD project aims at improving our understanding of the seismic response to the CO<sub>2</sub> induced carbonation across fault zones. These analogue synthetic seismic datasets will then be compared with real subsurface data imaging, for example, subducting plate boundaries or areas of mantle exhumation. The interpretation will require to develop and test new image processing algorithms and workflows with the aim of producing supervised (through petrophysics data) and unsupervised attributes maps of structures (using machine learning approaches). Those data and seismic image properties will be matched with the strain and deformation maps obtained from the field data analysis with the aim to construct strain and seismic damage facies.

The methodologies will include:

- Controlled seismic modelling of fault zones: this technique will include wavefront construction, Kirchhoff modeling and modelling by de-migration to generate seismic records and seismic image simulators. The modelling will explore the effect of fluid migration and carbonation reaction simulating synthetic time lapses and Amplitude versus Offset response.
- Illumination and resolution analyses: here we will simulate seismic images from the selected outcrops for different illumination scenarios and analyse the subsequent resolution. The aim is to guide the acquisition design to image subsurface of equivalent deformed mantle rock reservoir.

=====