Borsa di studio attivata ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del 10/08/2021

Titolo del progetto: Stoccaggio geologico di CO2 per mitigare i cambiamenti climatici ed innesco di terremoti: approfondimento mediante esperimenti di laboratorio e modellazioni numeriche

La borsa sarà attivata sul seguente corso di dottorato accreditato per il XXXVII ciclo:
SCIENZE DELLA TERRA

Responsabile scientifico: Prof. Cristiano Collettini
Area per la quale si presenta la richiesta: GREEN
Numero di mensilità da svolgere in azienda: 6
Numero di mensilità da svolgere all'estero: 6 presso Penn State University, US, Center for Geomechanics, Geofluids, and Geohazards
Azienda: Eni Spa, San Donato Milanese (Milano)
Il Dipartimento è disponibile a cofinanziare per un importo pari a euro: 10.000,00
Dipartimento finanziatore: DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA con delibera del 21/09/2021

Progetto di ricerca:
La cattura e lo stoccaggio geologico è una tecnica per intrappolare la CO2 prodotta da grandi impianti industriali, comprimerla ed iniettarla nel sottosuolo. Questa tecnologia ha la potenzialità di contribuire a mitigare i cambiamenti climatici, ma durante lo stoccaggio di CO2 si possono generare delle sovrappressioni di fluidi che facilitano la riattivazione delle faglie innescando terremoti (e.g. Ellsworth, 2013).
Lo sviluppo di sovrappressioni di fluidi è uno dei meccanismi principali per lo scivolamento delle faglie, in quanto i fluidi lubrificano le faglie e le sovrappressioni diminuiscono lo sforzo normale effettivo facilitando lo scivolamento. Nonostante questo, modelli che si occupano di nucleazione di terremoti, basati sulle famose equazioni di rate- and -state, prevedono che l'incremento della pressione di fluidi faciliti uno scivolamento stabile delle faglie, ovvero senza generare terremoti. Sebbene vi sia un apparente paradosso, vi sono pochi esperimenti di laboratorio sulla stabilità di faglie pressurizzate (Scuderi and Collettini, 2016; Cappa et al., 2019) e modelli numerici che si basano su dati di laboratorio ad hoc sono in fase di sviluppo (e.g. Tinti et al., 2021, Harris et al, 2021).

In questo progetto si propone di:
a) condurre esperimenti di laboratorio per caratterizzare ed investigare il ruolo di sovrappressioni di CO2 nell'evoluzione delle proprietà dell'attrito di faglie. In particolare si utilizzeranno le rocce di faglia provenienti dal potenziale test-site pilota di ENI in adriatico, ovvero rocce di faglia costituite prevalentemente da quarzo, carbonati e fillosilicati.
b) sviluppare modelli numerici con il software Q-Dyn (https://ydluo.github.io/qdyn/) simulando cicli sismici su faglie pressurizzate con C02 e con proprietà dell'attrito caratterizzate dagli esperimenti di laboratorio previsti nella fase a). Mediante questi esperimenti di laboratorio sarà possibile investigare se e quando sovrappressioni di CO2 accumulate lungo una faglia possono inibire, limitare o fermare una rottura sismica e se vi sia una sovrappressione critica per innescare o stoppare l'enucleazione di un terremoto.

Il candidato selezionato potrà beneficiare di macchinari di laboratorio all'avanguardia per i test di attrito come ad esempio il prototipo BRAVA 2.0 costruito con il finanziamento dei Dipartimenti di Eccellenza 2018-2022. Una elevata qualità nella direzione e supervisione delle attività del dottorando, sia per la parte di laboratorio che per le

modellazioni numeriche, e garantita dal profilo e dalla reputazione internazionale dei proponenti, Collettini https://scholar.google.it/citations?user=xnX6TpEAAAAJ&hl=it&oi=ao; Tinti https://scholar.google.it/citations?hl=it&user=DN02TWEAAAAJ.
Un periodo di ricerca da svolgere in ENI sarà facilitato dalla collaborazione che i proponenti hanno da più di 5 anni con ricercatori ENI su progetti relativi alla sismicità indotta ed allo stoccaggio di CO2. Questo periodo permetterà al candidato di assaporare il punto di vista dell'industria sullo stoccaggio di CO2 e le problematiche associate. Un periodo di ricerca presso la Penn State University, US, permetterà al candidato di espandere le proprie conoscenze sperimentali e modellistiche mediante l'interazione con uno dei gruppi più attivi al mondo nelle tematiche di geomeccanica, geofluidi e geohazard.

References

Cappa, F., Scuderi, M.M., Collettini, C., Guglielmi, Y., Avouac, J.-P., 2019. Stabilization of fault slip by fluid injection in the laboratory and in situ. Science Advances, 5(3),eaau4065.
Ellsworth, W. L. Injection-induced earthquakes. Science. 83, 250–260 (2013).
Harris, R.A., et al , 2021. A Geology and Geodesy Based Model of Dynamic Earthquake Rupture on the Rodgers Creek- Hayward-Calaveras Fault System, California. Journal of Geophysical Research: Solid Earth 126, e2020JB020577. doi:10.1029/2020jb020577.
Scuderi M.M. and Collettini C. 2016. The role of fluid pressure in induced vs. triggered seismicity: Insights from rock deformation experiments on carbonates. Scientific Reports, doi: 10.1038/srep24852.
Tinti et al., Constraining families of dynamic models using geological, geodetic and strong ground motion data: the Mw 6.5, October 30th, 2016, Norcia earthquake, Italy, EPSL, under review.

Titolo del progetto (inglese): CO2 geological storage to mitigate climate change and earthquake triggering: insights from rock deformation experiments and numerical models

Progetto di ricerca (inglese):
Carbon capture and geological storage is a technique for trapping carbon dioxide emitted from large point sources such as power plants, compressing it, and transporting it to a suitable storage site where it is injected into the ground. This technology has significant potential to help mitigate climate change. However during this underground geological storage CO2 fluid overpressure can develop facilitating the reactivation of pre-existing faults and induce/trigger earthquakes (e.g. Ellsworth, 2013).
Fluid overpressure is one of the primary mechanisms for tectonic fault slip, because fluids lubricate the fault and fluid pressure reduces the effective normal stress that holds the fault in place. However, current models of earthquake nucleation, based on rate- and state- friction laws, state that stable sliding is favoured by the increase of pore fluid pressure. Despite this controversy, currently, there are only a few studies on the role of fluid pressure on fault stability under controlled laboratory conditions (Scuderi and Collettini, 2016; Cappa et al., 2019), and numerical models building on real mechanical data are in their infancy (e.g. Tinti et al., 2021, Harris et al, 2021).

In this project we propose:
a) to develop rock deformation experiments to characterize and investigate the role of C02 fluid-overpressure on the evolution of the fault frictional properties. We will use the possible pilot test-sites for CO2 storage selected by ENI in the Adriatic coast of Italy, i.e. reservoirs containing faults made of granular mixtures of quartz, clay and carbonates;
b) to perform numerical models using the Q-Dyn software (https://ydluo.github.io/qdyn/) to simulate earthquake cycles along CO2-pressurized faults with different geometry and with the frictional properties constrained during laboratory experiments. With these models we will be able to test if and when fluid pressure trapped along a fault will inhibit, limit or stop a seismic rupture, and to determine if there is a critical level of fluid overpressure for triggering and/or quenching frictional instabilities.

The selected candidate will benefit from training through research developed in the lab using the rock deformation apparatus, BRAVA2, that has been built with the Excellence Department grant. A high quality supervision, for both laboratory and numerical models, is guaranteed by our long research record and international reputation on these topics, e.g. Collettini https://scholar.google.it/citations?user=xnX6TpEAAAAJ&hl=it&oi=ao; Tinti https://scholar.google.it/citations?hl=it&user=DN02TWEAAAAJ. The research period in ENI will build on the more than 5 years long interaction on projects dealing with laboratory experiments and models of induced seismicity during unconventional reservoir exploitation and CO2 storage. This period will allow the selected candidate to face the industry-problems directly related to CO2 storage. The internship period at Penn State University will allow the selected candidate to expand his knowledge via the interaction with one of the most active research groups in geomechanics, geofluids and geohazard.

References

Cappa, F., Scuderi, M.M., Collettini, C., Guglielmi, Y., Avouac, J.-P., 2019. Stabilization of fault slip by fluid injection in the laboratory and in situ. Science Advances, 5(3),eaau4065.
Ellsworth, W. L. Injection-induced earthquakes. Science. 83, 250–260 (2013).
Harris, R.A., et al , 2021. A Geology and Geodesy Based Model of Dynamic Earthquake Rupture on the Rodgers Creek- Hayward-Calaveras Fault System, California. Journal of Geophysical Research: Solid Earth 126, e2020JB020577. doi:10.1029/2020jb020577.
Scuderi M.M. and Collettini C. 2016. The role of fluid pressure in induced vs. triggered seismicity: Insights from rock deformation experiments on carbonates. Scientific Reports, doi: 10.1038/srep24852.
Tinti et al., Constraining families of dynamic models using geological, geodetic and strong ground motion data: the Mw 6.5, October 30th, 2016, Norcia earthquake, Italy, EPSL, under review.