

## **Rischio da liquefazione nella caldera dei Campi Flegrei**

**Tutor: Stefano Vitale Cotutor: Roberto Isaia (INGV-OV)**

Il processo di liquefazione delle sabbie è spesso interpretato come sismicamente indotto, durante il quale sabbie sature di acqua si comportano come fluidi in seguito alla crescita repentina della pressione di poro, quindi annullando la rigidità dei sedimenti sciolti. La perdita della resistenza del suolo può innescare frane e, in aree abitate, può causare il tilting dei palazzi e distruggere strade e tubature. Generalmente, gli effetti più spettacolari della liquefazione sono associati a terremoti di alta energia ( $M_s > 6.5$ ; per esempio i terremoti di Nijgata, 1964, Kobe, 1995, Izmit, 1999 e Canterbury 2010-2011). Tuttavia, evidenze di processi da liquefazione sono presenti anche in associazione con terremoti di moderata magnitudo ( $M_s \geq 4.2$ ). Il processo di liquefazione/fluidificazione può causare la formazione alla mesoscala di (i) intrusioni di sabbie fluidificate in fratture che dissecano strati indeformati (dicchi clastici) e (ii) vulcani di sabbia formate lungo fessure planari. Altre strutture da soft-sediment deformation (SSD) sono strutture da carico e slump generalmente associati a thrust e faglie normali con piccoli rigetti. Tali strutture sono registrate principalmente in ambienti costieri, deltaici e torbiditici, ma anche in sedimenti lacustri suborizzontali. Sebbene dicchi di sabbia e slump indotti sismicamente sono comunemente osservati, esempi di vulcani fossili di sabbia sono molto limitati. Questi elementi sono estremamente utili per implementare il record paleosismologico, specialmente in aree di bassa o moderata attività sismica. Recentemente Vitale et al. (2019) hanno riportato, per la prima volta, evidenze di strutture SSD sismicamente indotte nell'area centrale della caldera attiva dei Campi Flegrei (Italia meridionale). Queste strutture sono state osservate all'interno delle successioni marine-transizionali e continentali poste lungo la scarpata del terrazzo della Starza e in varie sezioni stratigrafiche esposte durante lo scavo di un tunnel lungo 1 km nell'area di Pozzuoli. Le successioni contengono varie strutture SSD come dicchi e vulcani di sabbia, generalmente datati tra 4.55 e 4.28 ka.

Episodi di unrest avvenuti durante gli ultimi 15 ka nella caldera, sono stati caratterizzati da attività sismica e deformazione del suolo simili a quelli osservati oggi. Evidenze di processi di liquefazione nel passato possono fornire informazioni sull'attività vulcano-sismica futura. Come indicato dalle indagini geoelettriche presentate in Vitale et al. (2019), la maggior parte delle sabbie che costituiscono la successione marina della Starza sono attualmente saturate di acqua. Quindi, esse sono potenzialmente liquefabili durante lo scuotimento sismico, con effetti significativi soprattutto per le aree poste in prossimità della costa, dove la superficie piezometrica è vicino alla superficie topografica. Inoltre, la presenza di strutture da liquefazione durante periodi di unrest che ha preceduto le eruzioni di Averno-Solfatara (4.28 ka) suggerisce che terremoti di moderata intensità sono avvenuti in passato, che implica che il rischio da liquefazione deve essere considerato nel caso di futuri scenari di unrest nella caldera dei Campi Flegrei.

### **Proposta per una posizione di dottorato**

Lo scopo della ricerca consiste in due parti principali. La prima si focalizza sulla ricostruzione dei processi da liquefazione avvenuti nel passato, attraverso lo studio di strutture SSD localizzate nella successione marino-transizionale (La Starza) nei Campi Flegrei. Il secondo scopo riguarda la costruzione di mappe della suscettibilità da liquefazione odierne e future.

Per la prima parte, lo studente dovrà ricostruire la storia deformativa del vulcano negli ultimi 15 ka attraverso un rilievo strutturale della caldera, prestando attenzione alla presenza di strutture SSD tali come dicchi clastici, vulcani di sabbia, slump in sedimenti lacustri ed iniezioni di sabbie associate alle faglie. Questa parte è necessaria per comprendere il ruolo della liquefazione nel passato e mettere in evidenza la presenza di terremoti capaci di innescare processi da liquefazione. Per la seconda parte lo studente dovrà ricostruire la geologia dell'area in profondità con particolare attenzione alla distribuzione spaziale delle sabbie della Starza. Questo sarà fatto studiando i dati di pozzo disponibili. Dai dati collezionati lo studente dovrà estrarre

le informazioni utili per definire la suscettibilità alla liquefazione, tali come la profondità della piezometrica e la profondità e lo spessore degli strati caratterizzati da tessiture prevalentemente sabbiose. Le informazioni sulla piezometrica saranno ottenuti dai dati geognostici analizzati e/o dalle mappe idrogeologiche dei Campi Flegrei. La ricostruzione della stratigrafia in profondità sarà supportata da rilievi di tomografia elettrica (ERT). Saranno prodotte diverse mappe della suscettibilità da liquefazione di sabbie, tenendo conto dei futuri scenari di deformazione del suolo (bradisismo) all'interno della caldera attraverso l'utilizzo di modelli matematici per le intrusioni magmatiche/fluidi idrotermali.

### **Cronoprogramma**

**Primo anno:** rilievo strutturale nella caldera dei Campi Flegrei e acquisizione dati di strutture SSD come orientazione, vettore spostamento, cinematica, relazioni di sovrapposizione tra le strutture e i tefra degli ultimi 15 ka. Ricostruzione dell'evoluzione deformativa della caldera. Costruzione di mappe della presenza di strutture SSD e eventuale localizzazione di paleo-terremoti.

**Secondo anno:** studio della piezometrica e della profondità e spessore dei depositi marini e transizionali della Starza, attraverso dati geognostici e/o mappe idrogeologiche della caldera e rilievi tomografici elettrici. Costruzione di mappe della piezometrica e della profondità e spessore della successione della Starza. Sei mesi di esperienza all'estero presso università o enti di ricerca.

**Terzo anno:** costruzione di diverse mappe della suscettibilità alla liquefazione, tenendo in conto della deformazione del suolo all'interno della caldera attraverso modelli matematici di intrusioni magmatiche/fluidi idrotermali.

### **Progetti**

Nell'ambito della Convenzione B2 DPC-INGV 2019-2021, il sottoscritto è coinvolto nel Work Package 2 - VULCANI - Sviluppo e finalizzazione di prodotti pre-operativi

ed operativi, utili ai fini della sorveglianza vulcanica e della definizione di scenari di pericolosità per l'operatività del sistema di allertamento per rischio vulcanico e in supporto alle attività di pianificazione dell'emergenza. Coordinatori: Sonia Calvari e Giovanni Macedonio

In particolare nella task 2 e 4.

**Task 2.** Realizzazione di un sistema di monitoraggio in tempo reale delle deformazioni del suolo dell'area vulcanica napoletana (Campi Flegrei, Vesuvio ed Ischia) tramite misure GNSS ad alta frequenza (HR-GNSS) e sviluppo di modelli statistici e numerici per la mappatura della probabilità eruttiva a breve termine della caldera dei Campi Flegrei. Data inizio 21/03/2019. Data fine 31/12/2021. Sezioni coinvolte Napoli-Osservatorio Vesuviano, Catania, Pisa. Referente INGV Prospero De Martino. Partecipazioni esterne: **Stefano Vitale** (Università di Napoli, Federico II) contribuirà all'analisi delle deformazioni avvenute in epoche eruttive precedenti anche in relazione agli studi di lungo-termine realizzati in precedenti progetti e attività svolte per il DPC.

Piano Finanziario Task 2: 150.229,57 Euro

**Task 4.** Monitoraggio geofisico 4D del sistema Solfatara-Pisciarelli. Data inizio 21/03/2019, Data fine 30/06/2021. Referente INGV Roberto Isaia. Partecipazioni esterne: **Stefano Vitale**, Professore Associato presso DISTAR "Federico II", Napoli. Contribuirà alle misure geologiche strutturali e geofisiche, e alla elaborazione e interpretazione dei dati.

Piano Finanziario Task 4: 34.415,63 Euro