

# **Titolo del progetto: Attivazione alcalina di pozzolane naturali ed artificiali come leganti per il miglioramento di terreni di scarto**

**Tutor: Giacomo Russo**

## **Programma di ricerca**

Le tecniche di miglioramento dei terreni con leganti (calce, cemento) sono impiegate in una varietà di applicazioni di Ingegneria Geotecnica. Una possibile alternativa all'utilizzo di leganti "tradizionali", è rappresentata dai leganti inorganici ad attivazione alcalina, sintetizzati a partire da polveri allumino-silicatiche attivate a freddo attraverso una soluzione alcalina (principalmente idrossido di sodio e/o silicato di sodio). La ricerca sull'uso di tali leganti nella pratica geotecnica riveste un carattere innovativo ed è di grande interesse scientifico e applicativo, poiché in prospettiva consente una transizione verso materiali che abbiano minore impatto sull'ambiente in termini di emissione di anidride carbonica.

Le reazioni chimiche che hanno luogo a seguito dell'aggiunta di leganti tradizionali (calce o cemento) vengono generalmente identificate come reazioni di scambio ionico (Van Olphen, 1977, Bergado, 1996, Vitale et al. 2016a) e reazioni pozzolaniche (Diamond and Kinter, 1965; Taylor, 1990; Sherwood, 1993; Bell, 1996; Boardman et al., 2001; Müller, 2005; Pomakina et al., 2012, Vitale et al., 2016b). Nel caso dei leganti ad attivazione alcalina, la soluzione alcalina è responsabile di un processo di dissoluzione di silicio ed alluminio favorendo la formazione di catene polimeriche, risultato di una policondensazione di ioni silicato e alluminio che danno origine ad una struttura tridimensionale amorfa o semicristallina (gel) di alluminio silicati idrati con proprietà cementizie (Duxson et al. 2007, Provis and van Deventer, 2014).

Le pozzolane naturali ed artificiali costituiscono l'oggetto dell'attività sperimentale nella prospettiva di un loro utilizzo come legante mediante attivazione alcalina. La complessa natura dei processi chimico-fisici considerati viene affrontata diverse scala di osservazione (scala della particella solida, microstruttura, scala dell'elemento di volume), con l'obiettivo primario della valutazione quantitativa degli effetti del trattamento e della comprensione del comportamento del materiale trattato.

Nelle recenti attività del gruppo proponente la ricerca, sono stati studiati diversi terreni piroclastici naturali provenienti da distretti vulcanici dell'Italia Centrale e Meridionale (Cecconi et al. 2010, Tommasi, Verrucci e Rotonda, 2015, Cecconi et al., 2015), ceneri volanti (fly ash) provenienti dalla combustione del carbone (Knapik, Bzówka e Russo, 2014) e scorie residue della produzione metallurgica. Gli studi sono stati prevalentemente dedicati alla reattività dei sistemi in presenza di calce, alla riorganizzazione microstrutturale del sistema, al miglioramento della risposta meccanica (Cambi et al., 2016, Russo et al., 2015, Vitale 2016, Cecconi & Russo, 2013, Cecconi et al., 2010, Cecconi & Russo, 2012, Knapik, Bzówka e Russo, 2014, Knapik, Bzówka, Deneele e Russo, 2015).

Lo studio dell'attivazione alcalina delle pozzolane naturali e artificiali richiede una metodologia di analisi sperimentale basata su un approccio multi-scala. Le reazioni chimiche che hanno luogo fra la fase solida ed il fluido interstiziale possono essere rilevate mediante tecniche di analisi proprie della scienza dei materiali, per osservare l'evoluzione chimico-fisica del sistema nel tempo. La modifica della configurazione delle particelle solide viene osservata ad una scala superiore, in termini cioè di microstruttura dello scheletro solido. Alla scala dell'elemento di volume l'effetto

cumulato delle trasformazioni che hanno luogo a livelli strutturali inferiori può essere colto, in termini di comportamento idro-meccanico, mediante tecniche sperimentali proprie del laboratorio geotecnico.

La ricerca proposta si articola in tre fasi principali:

a) evoluzione chimico-fisica del sistema: indagine sperimentale sulla reattività del sistema attraverso l'identificazione delle fasi mineralogiche e della loro evoluzione chimico fisica mediante diffrazioni a raggi X, analisi termiche differenziali, spettroscopia all'infrarosso, risonanza magnetica nucleare. L'obiettivo è la determinazione qualitativa e quantitativa dell'evoluzione delle fasi mineralogiche in funzione dei parametri di trattamento.

b) riorganizzazione microstrutturale: indagine sperimentale sulla evoluzione della microstruttura indotta dall'aggiunta di leganti mediante misure di adsorbimento di azoto, porosimetrie ad intrusione di mercurio, microscopie a scansione di elettroni, microtomografia a raggi X, con l'obiettivo di valutare qualitativamente e quantitativamente la riorganizzazione strutturale delle particelle/grani solidi come conseguenza delle interazioni elettrochimiche e della formazione delle fasi secondarie.

c) miglioramento del comportamento idro-meccanico: valutazione dell'efficacia del trattamento (miglioramento) alla scala dell'elemento di volume mediante indagini geotecniche di laboratorio, nelle condizioni iniziali corrispondenti a quelle reali di esercizio dei terreni trattati (compattamento, parziale saturazione), con l'obiettivo di determinare la risposta idro-meccanica del terreno trattato come effetto cumulato dell'evoluzione del sistema alla microscala. La valutazione dell'efficienza del trattamento è ottenuta mediante confronto con le caratteristiche geotecniche dei terreni originari.

La ricerca consente un rilevante avanzamento delle conoscenze nel campo del trattamento dei terreni. Attraverso l'approccio multi-scala si indaga in particolare sul collegamento fra i fenomeni rilevati alla microscala ed il comportamento macroscopico dei materiali trattati, e ciò costituisce il principale elemento di originalità della ricerca proposta. E' altresì da sottolineare la multidisciplinarietà che caratterizza l'oggetto della ricerca, dalla mineralogia alla geotecnica alla geochimica. A valle della ricerca sarà possibile ripensare all'utilizzo di materiali di scarto come materiali innovativi, "progettando" adeguatamente il livello prestazionale a seconda degli utilizzi richiesti dal processo costruttivo, intervenendo sui fattori rilevanti che governano l'evoluzione chimico fisica indotta dagli additivi.

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

Una posizione per un dottorato di ricerca sarà richiesta per un candidato che possa svolgere l'attività di ricerca proposta, che potrebbe validamente completarsi nell'arco dei tre anni del ciclo di dottorato.

Il programma di lavoro includerà una fase studio della letteratura disponibile in merito ai più recenti sviluppi dell'uso di leganti nel miglioramento dei terreni. Le attività di laboratorio saranno svolte utilizzando le attrezzature del DiSTAR dell'Università Federico II, dove lo studente di dottorato avrà la possibilità di acquisire competenze tecniche relative alle tipologie di indagine alle diverse scale, dalla scala della particella alla scala dell'elemento di volume.

Corsi di formazione della "Scuola di Dottorato" saranno disponibili per il dottorando presso l'Università ospitante, in modo da migliorare le sue conoscenze su diversi argomenti.

Il programma di lavoro prevederà un periodo di circa 6 mesi da svolgersi in una o più strutture di ricerca partner di UNINA nello svolgimento del Progetto GeoRes, per consentire allo studente di dottorato di apprendere diversi metodi sperimentali e confrontarsi con altri studiosi, anche al fine di avere la possibilità di sviluppare ulteriormente la propria carriera.

La ricerca si inserisce fisiologicamente nelle attività del progetto H2020 MSCA RISE 2017 GeoRes, di cui è responsabile scientifico per l'Università di Napoli Federico II il proponente prof Giacomo Russo.