# Titolo: Riuso di terreni di scarto mediante trattamento con leganti ad attivazione alcalina nella costruzione di grandi infrastrutture

**Tutor: Giacomo Russo**

**Co-tutor: Enza Vitale**

**Proposta di ricerca**

Le tecniche di miglioramento dei terreni con leganti tradizionali (calce, cemento) sono impiegate in una varietà di applicazioni di Ingegneria Geotecnica, con la finalità di modificare le caratteristiche fisiche e meccaniche di terreni di scarto. Le crescenti esigenze da una parte di individuare metodologie di riutilizzo integrale dei materiali di scarto, e dall’altra di utilizzare materiali a basso impatto sul ambiente, indirizzano sempre più la ricerca scientifica verso tecniche di miglioramento basate sull’uso di leganti innovativi, per una maggiore sostenibilità del processo costruttivo.

I leganti inorganici ad attivazione alcalina vengono sintetizzati a partire da polveri allumino-silicatiche amorfe (precursori) attivate a freddo attraverso una soluzione alcalina, principalmente idrossido di sodio e/o silicato di sodio. Durante l’attivazione alcalina, la dissoluzione di silicio ed alluminio favorisce la formazione di catene polimeriche, risultato di una policondensazione di ioni silicato e alluminato che danno origine ad una struttura tridimensionale amorfa o semicristallina (gel) di allumino silicati idrati con proprietà cementizie (Provis and Bernal, 2014). Diversi sottoprodotti industriali sono stati utilizzati come precursori per la sintesi di leganti ad attivazione alcalina (ceneri volanti, loppa d'altoforno, cenere di lolla di riso, vetro frantumato, ecc.), alcuni dei quali validamente utilizzati anche nel trattamento dei terreni di scarto nelle applicazioni geotecniche (Vitale et al. 2017, Coudert et al. 2019, 2020, 2022, Turan et al. 2022). Recentemente l’attenzione è rivolta anche a precursori naturali quali ceneri vulcaniche e terreni piroclastici (Costa et al. 2023).

Il progetto di ricerca è finalizzato alla definizione di una metodologia di riutilizzo integrale dei terreni di scarto mediante tecniche di miglioramento basate sull’uso di leganti innovativi. Nel progetto si intende dimostrare come l’utilizzo di leganti innovativi e a basso impatto in termini di emissioni in atmosfera sia immediatamente trasferibile nella pratica costruttiva, nel rispetto delle metodologie operative già consolidate.

**Programma di ricerca**

Lo studio del trattamento dei terreni di scarto mediante leganti ad attivazione alcalina richiede una metodologia di analisi sperimentale basata su un approccio multi-scala (Russo 2019).

La **prima fase** della ricerca è dedicata alla selezione e alla caratterizzazione mineralogica e fisica dei precursori alla base dei leganti ad attivazione alcalina, con riferimento ad un precursore artificiale (loppe di altoforno, ceneri volanti) ed uno naturale (ceneri vulcaniche). Le soluzioni attivanti vengono progettate e realizzate in base alla specifica composizione mineralogica dei precursori. L’evoluzione chimico-fisica e le caratteristiche meccaniche del legante sono determinate sperimentalmente in funzione del tempo di maturazione e della formulazione della soluzione attivante.

La **seconda fase** della ricerca consiste nel trattamento di terreni di scarto mediante il legante ad attivazione alcalina. Questa parte dello studio è finalizzata a verificare l’efficienza del trattamento in termini di caratteristiche fisiche e meccaniche del terreno trattato, in riferimento ai parametri di trattamento (percentuale di legante, densità iniziale, contenuto d’acqua) ed al tempo di maturazione. Lo studio sperimentale di questa fase della ricerca si articola in tre livelli di analisi:

a) analisi dell’evoluzione chimico-fisica del sistema terreno+legante+acqua, mediante identificazione delle fasi mineralogiche e loro evoluzione nel tempo basata su diffrattometrie a raggi X, analisi termiche differenziali, spettroscopie all’infrarosso.

b) analisi della riorganizzazione microstrutturale delle particelle solide mediante porosimetrie ad intrusione di mercurio, microscopie a scansione di elettroni, microtomografie a raggi X.

c) analisi del comportamento idro-meccanico del terreno trattato mediante sperimentazione di laboratorio geotecnico.

La **terza fase** della ricerca è finalizzata all’implementazione della tecnica di miglioramento. Tale fase verrà sviluppata presso un cantiere in piena operatività, con la finalità di verificare l’efficienza delle tecniche di trattamento messe a punto nel corso dello studio di laboratorio, e di validare le procedure costruttive. A tale scopo verrà realizzato un rilevato sperimentale mediante l’uso di terreni trattati con leganti ad attivazione alcalina, secondo le soluzioni messe a punto nel corso dello studio di laboratorio. Il controllo del processo di costruzione del rilevato sperimentale verrà effettuato con riferimento ai parametri di trattamento rilevanti (densità, contenuto d'acqua, quantità di legante), in funzione del tempo di maturazione. Verrà implementato un monitoraggio geotecnico di grandezze rilevanti durante e dopo la fase costruttiva, con particolare riferimento ai parametri di stato fisico del terreno trattato (densità, suzione, contenuto d’acqua volumetrico) e al comportamento meccanico del manufatto (deformabilità, resistenza).

La ricerca sperimentale verrà sviluppata in collaborazione con l’Université Gustave Eiffel, Nantes, Francia, per la parte relativa all’analisi dell’evoluzione chimico fisica del legante, e con l’Université de Lorraine, Nancy, Grance per la parte relativa al comportamento idromeccanico dei terreni trattati con leganti innovativi.

La ricerca è finanziata dal gruppo Webuild S.p.A: