

LE NUOVE FRONTIERE DELLA STABILIZZAZIONE A CALCE

DA RIFIUTO A RISORSA

Catania, 31 Maggio 2024

LA STABILIZZAZIONE A CALCE DELLE CENERI DELL'ETNA



Enza Vitale, Giacomo Russo



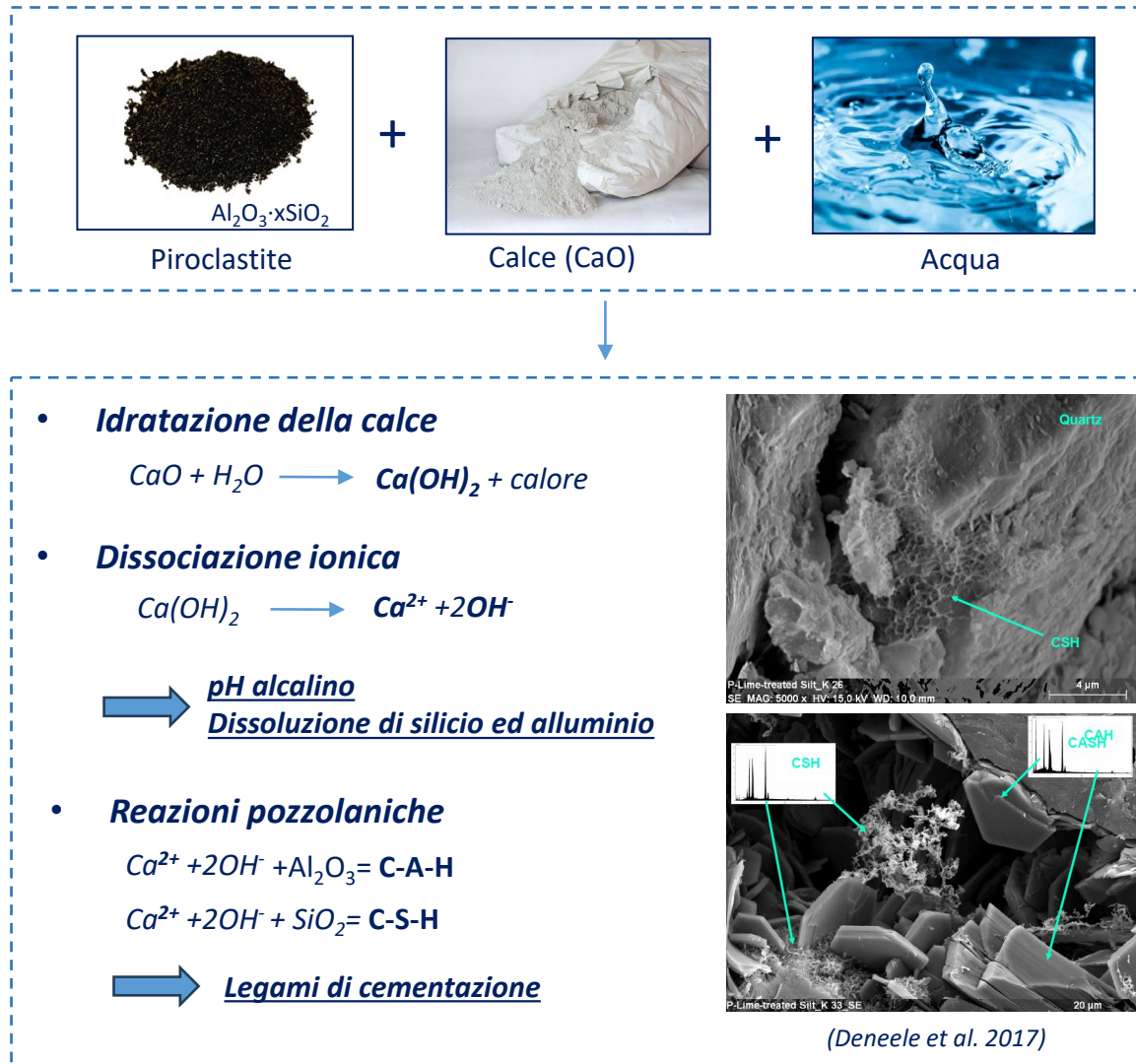
Filippo Furia

Stabilizzazione a calce di terreni piroclastici

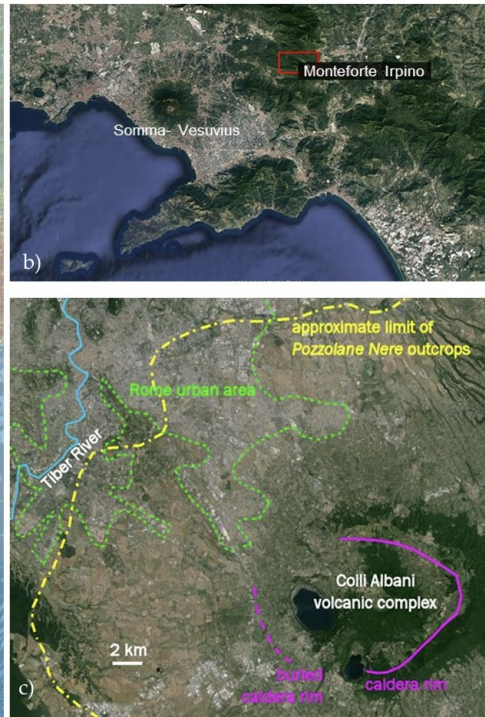
- **Terreni piroclastici** sono considerati terreni **problematici**, a causa di:
 - eterogeneità
 - caratteristiche microstrutturali
 - complesso comportamento idro-meccanico (*i.e. collasso strutturale in fase di saturazione*)
- non idonei come materiali da costruzione
- **la stabilizzazione a calce** rappresenta una valida prospettiva di **riutilizzo** di tali terreni nell'ambito della costruzione di grandi infrastrutture



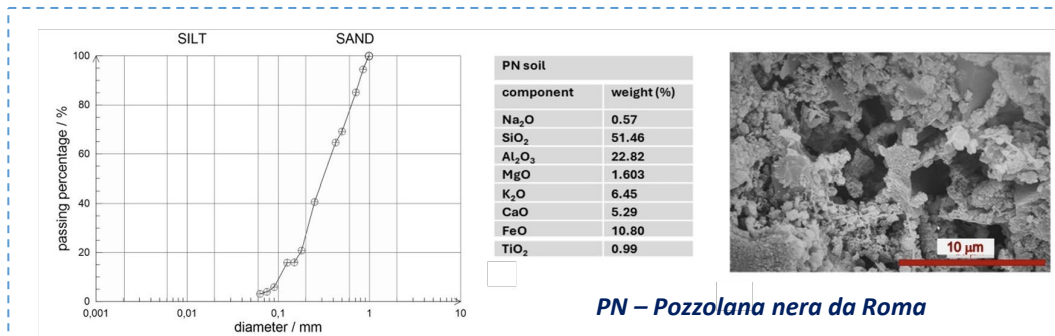
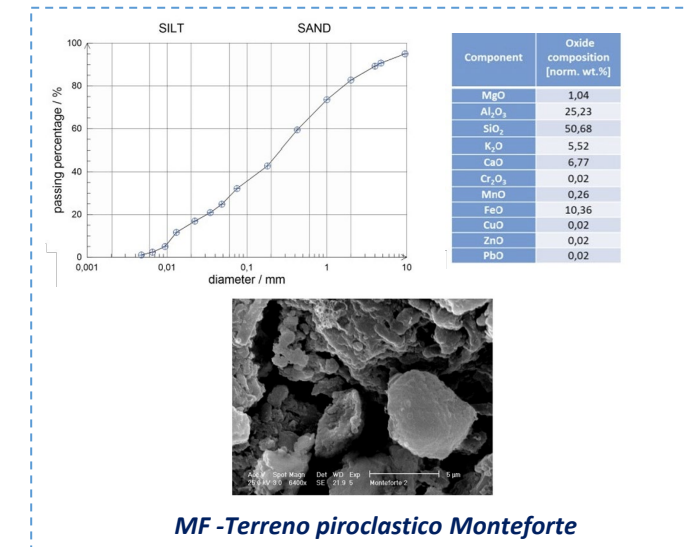
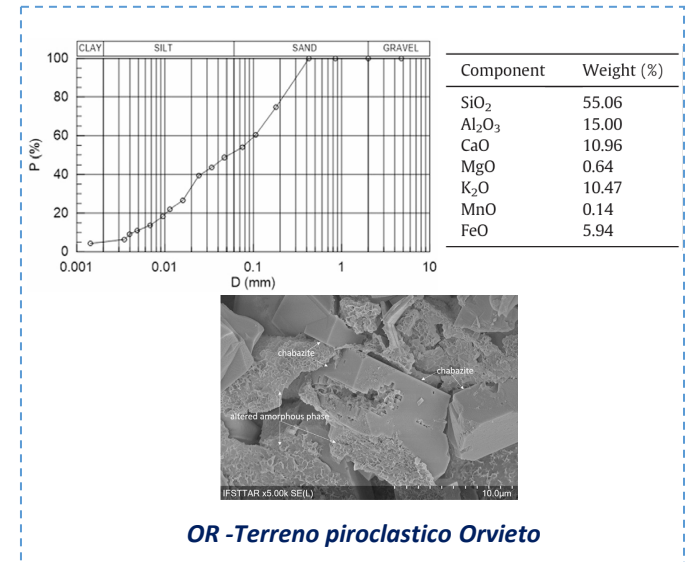
Stabilizzazione a calce di terreni piroclastici



Stabilizzazione a calce di terreni piroclastici

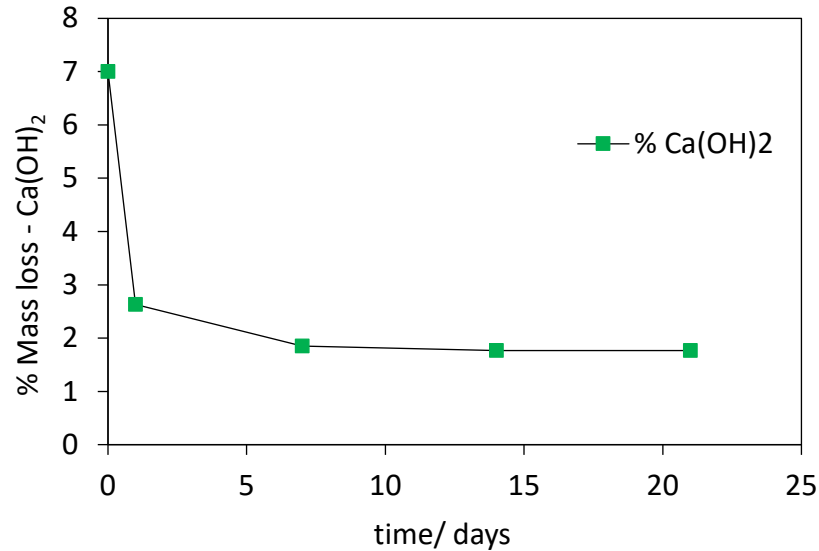


(Cecconi et al. 2010, 2015, 2024; Guidobaldi et al. 2017, 2018)



Stabilizzazione a calce di terreni piroclastici

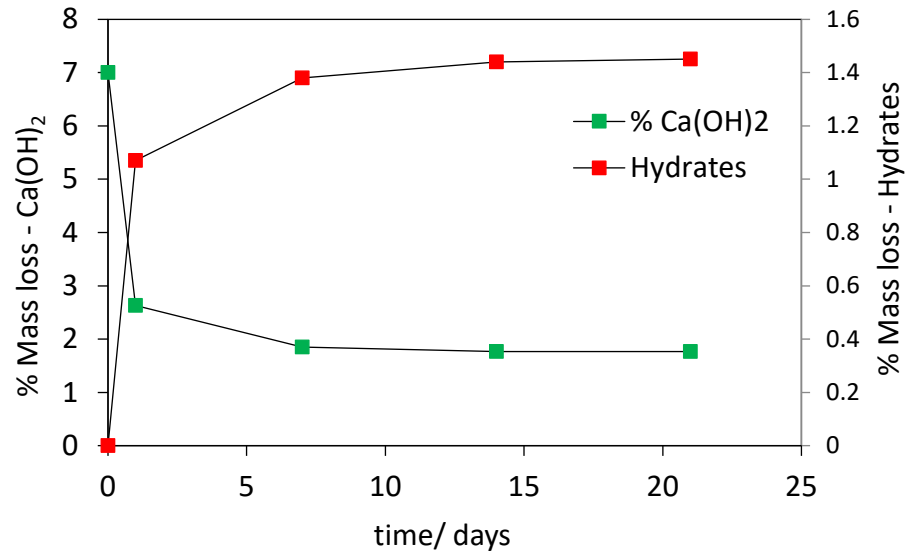
- **Evoluzione chimico-mineralogica**



- ✓ **Consumo di calce nel tempo**

Stabilizzazione a calce di terreni piroclastici

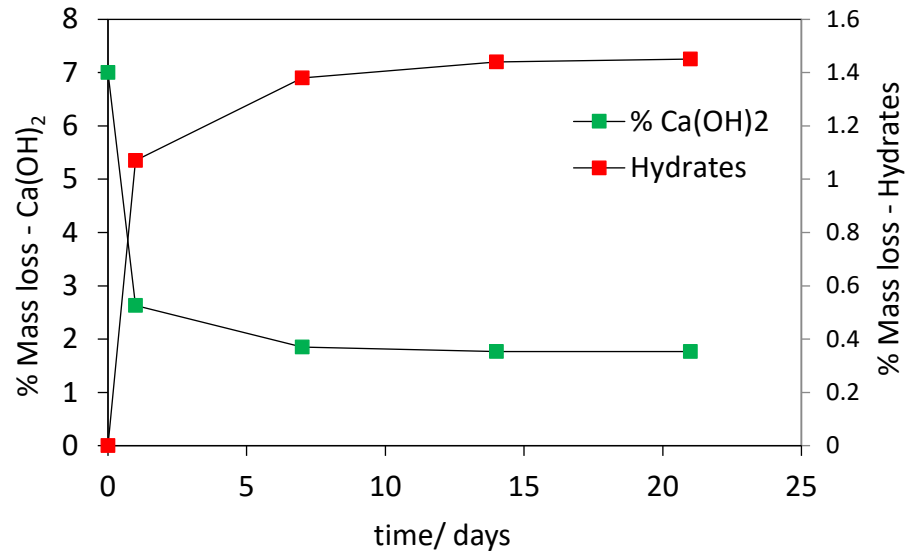
- **Evoluzione chimico-mineralogica**



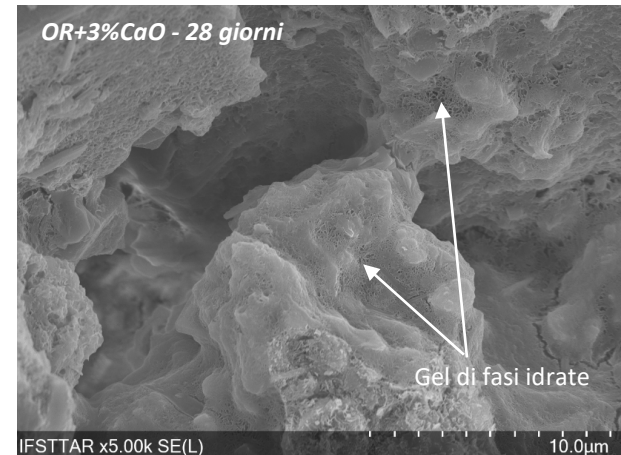
- ✓ **Consumo di calce nel tempo**
- ✓ **Elevata reattività pozzolanica** con formazione di **composti idrati**

Stabilizzazione a calce di terreni piroclastici

- **Evoluzione chimico-mineralogica**



- ✓ **Consumo di calce nel tempo**
- ✓ **Elevata reattività pozzolanica** con formazione di **composti idrati**
- ✓ **Precipitazione di gel di fasi idrate**

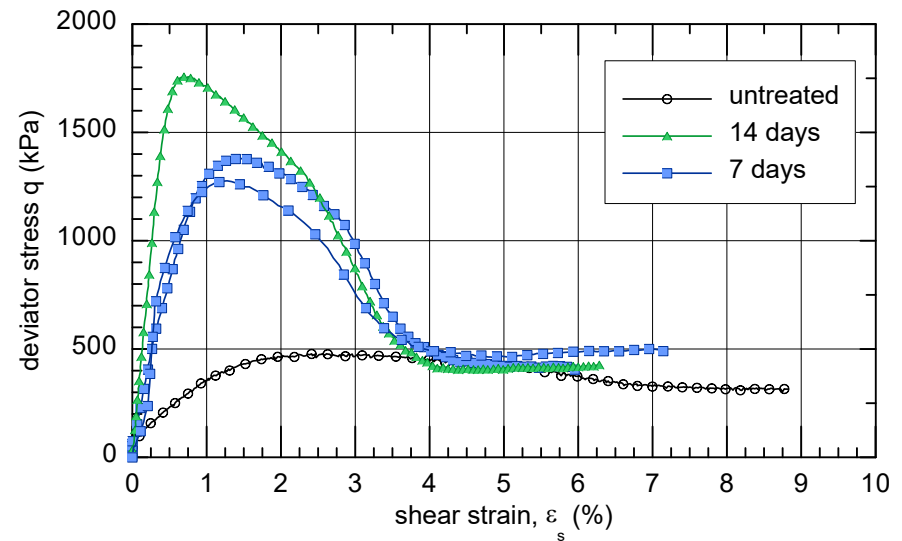
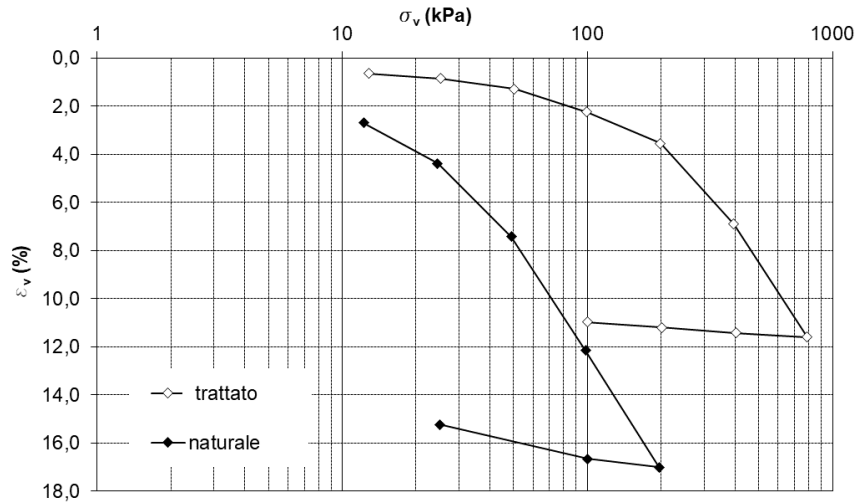


(Russo et al. 2015; Guidobaldi et al. 2018; Cecconi et al. 2024)

Stabilizzazione a calce di terreni piroclastici

- **Comportamento meccanico del terreno trattato**

- ✓ Riduzione della compressibilità
- ✓ Aumento della resistenza a taglio

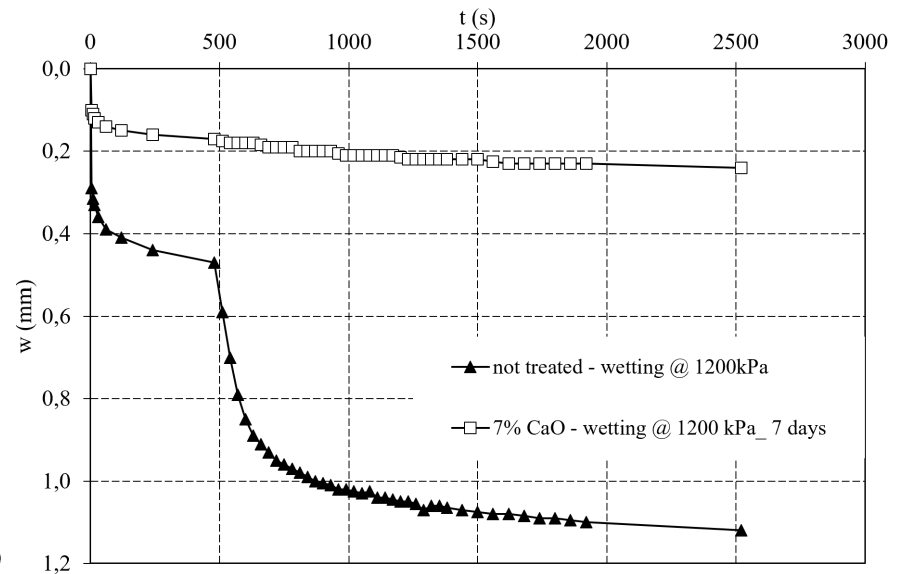
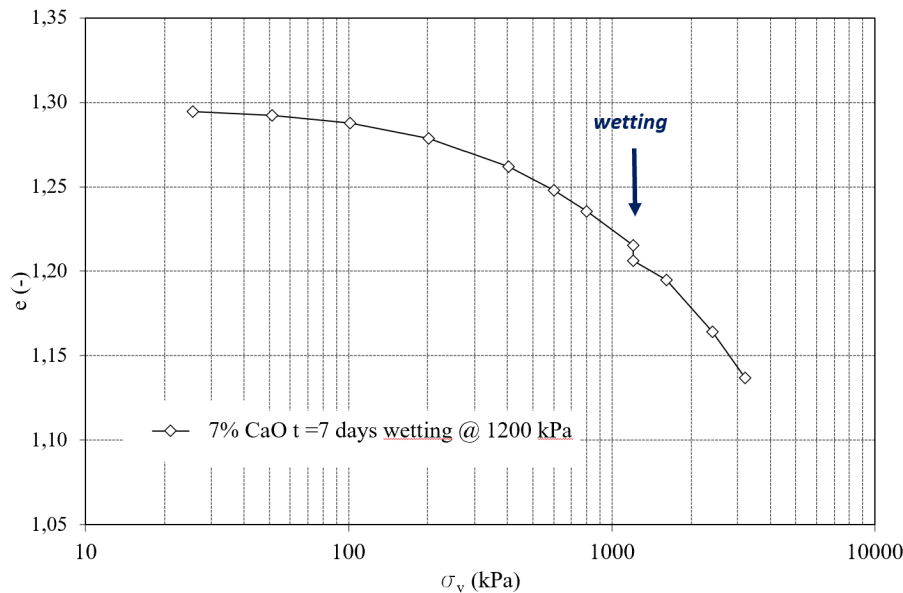


(Cecconi & Russo, 2012; 2013)

Stabilizzazione a calce di terreni piroclastici

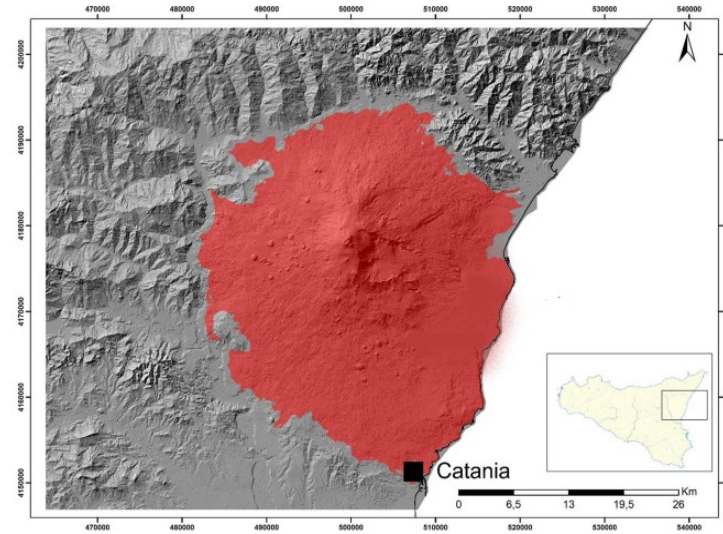
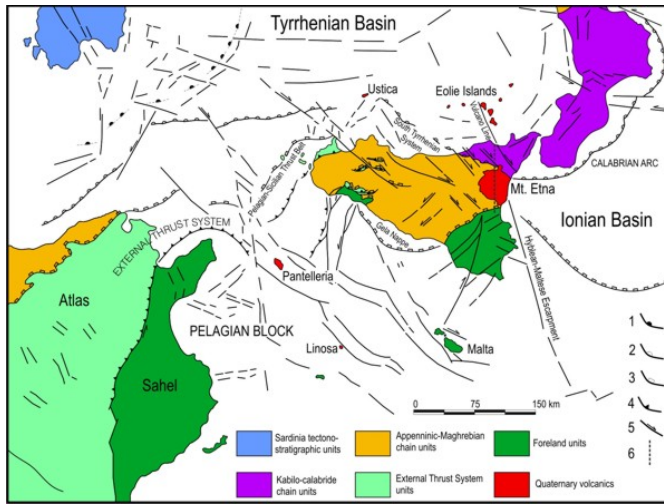
- **Comportamento meccanico del terreno trattato**

- ✓ Assenza di collasso strutturale in corrispondenza di percorsi di saturazione
- ✓ Riduzione di compressibilità dello scheletro solido dopo il trattamento



(Cecconi & Russo, 2012; 2013)

Piroclastite del Monte Etna



1: Eruzioni con formazione di colonne eruttive



2: Caduta di materiale piroclastico su aree urbane



3: Accumulo del materiale piroclastico come rifiuto da smaltire

Possibilità di utilizzo della piroclastite del Monte Etna



Materiale di scarto

---> Stabilizzazione a calce

Vantaggi:

- Utilizzo di un **rifiuto disponibile gratuitamente**
- Abbattimento degli oneri **di smaltimento**

Applicazioni:

- realizzazione di sottofondi stradali
- costruzione del corpo dei rilevati
- copertura tratti di galleria artificiale

Indagine sperimentale

- Caratterizzazione fisica e mineralogica della piroclastite naturale

- Individuazione della percentuale di calce per il trattamento

❖ Misure di pH

- **Analisi delle caratteristiche fisiche e meccaniche di campioni naturali e trattati:**

❖ Compattamento Harvard

❖ Prove di compressione non confinata (UCS)

- **Analisi microstrutturali dei campioni naturali e trattati:**

❖ Analisi diffrattometriche a raggi X (XRD)

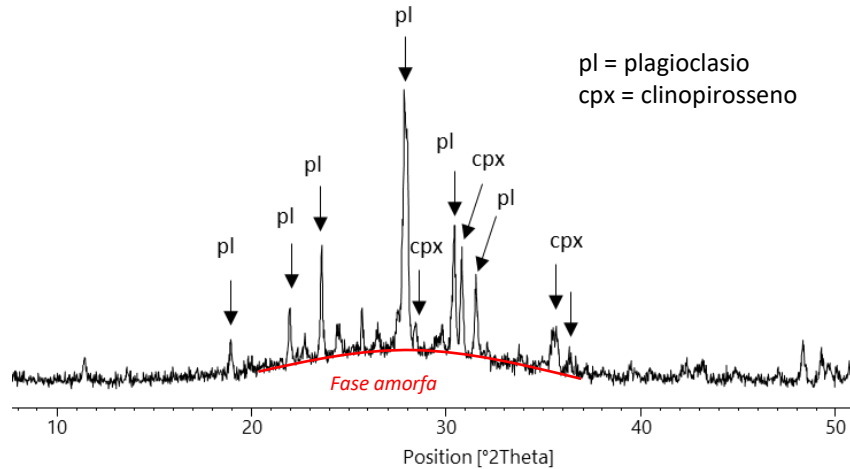
❖ Osservazioni al microscopio elettronico a scansione (SEM)

Preparazione dei campioni:

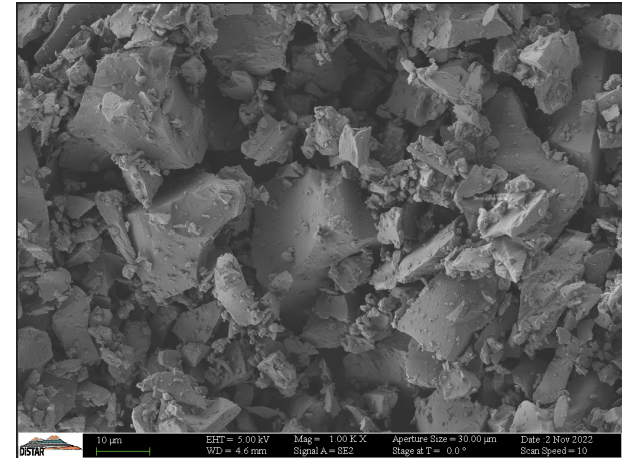
- miscela con frazione granulometrica $d < 75 \mu\text{m}$ (dopo frantumazione)
- Compattamento: **Harvard**, w_{opt}
- Tempo di maturazione $t = 24\text{h}, 7, 14, 28, 45, 60, 90$ giorni



Piroclastite del Monte Etna



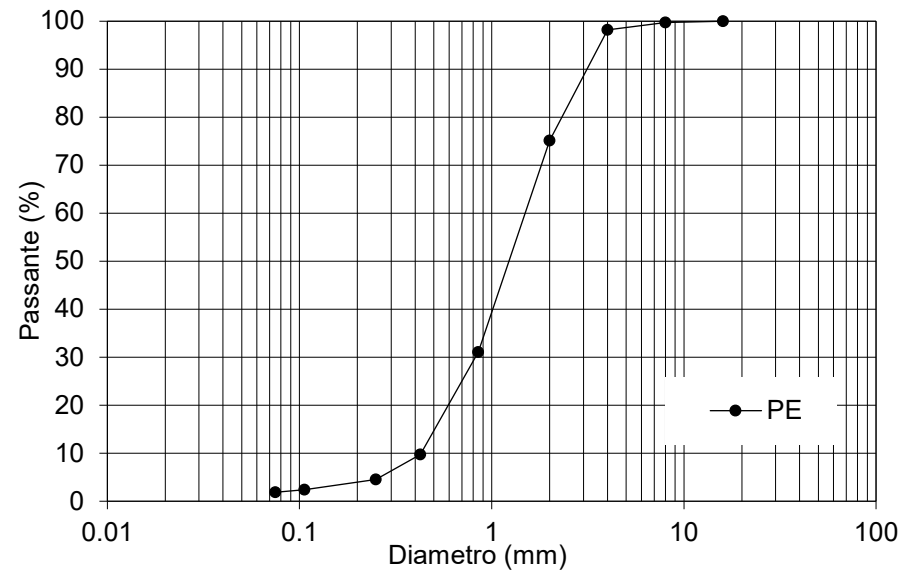
Spettro diffrattometrico a raggi X- PE



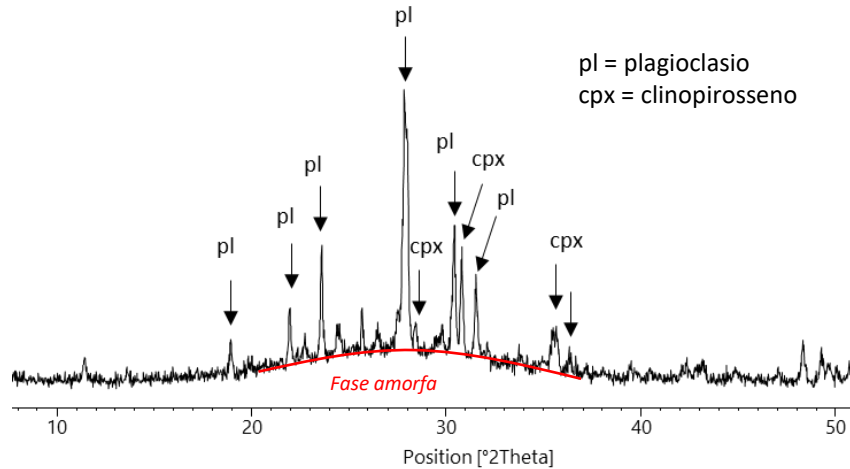
Osservazione SEM

Specie	Percentuale (%)
SiO ₂	42.20
Al ₂ O ₃	17.07
CaO	10.98
Fe ₂ O ₃	11.30
MgO	5.29

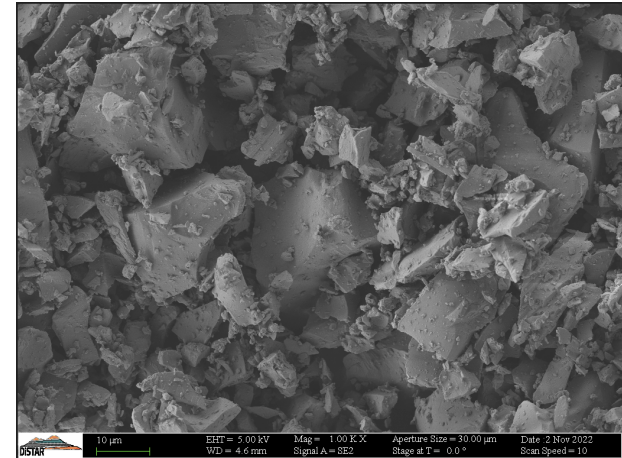
Composizione chimica PE



Piroclastite del Monte Etna



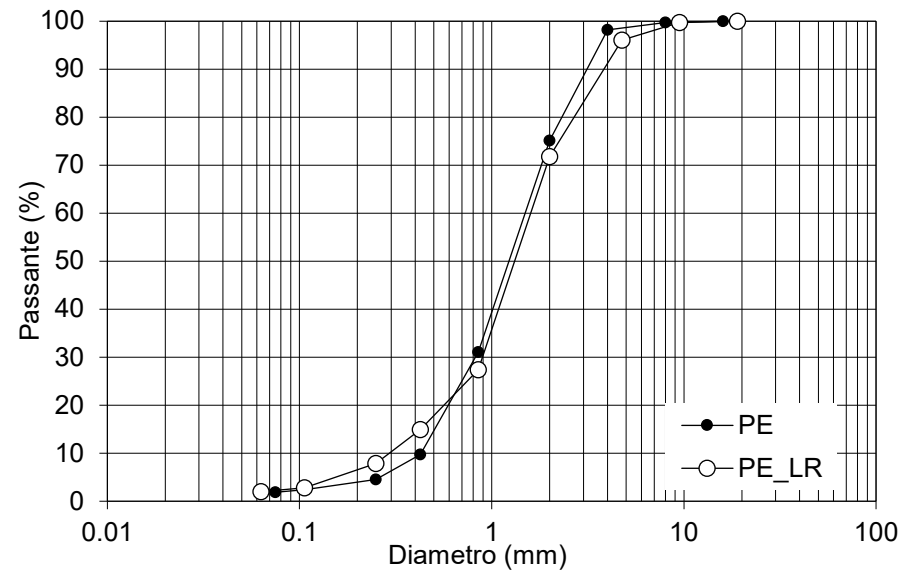
Spettro diffrattometrico a raggi X- PE



Osservazione SEM

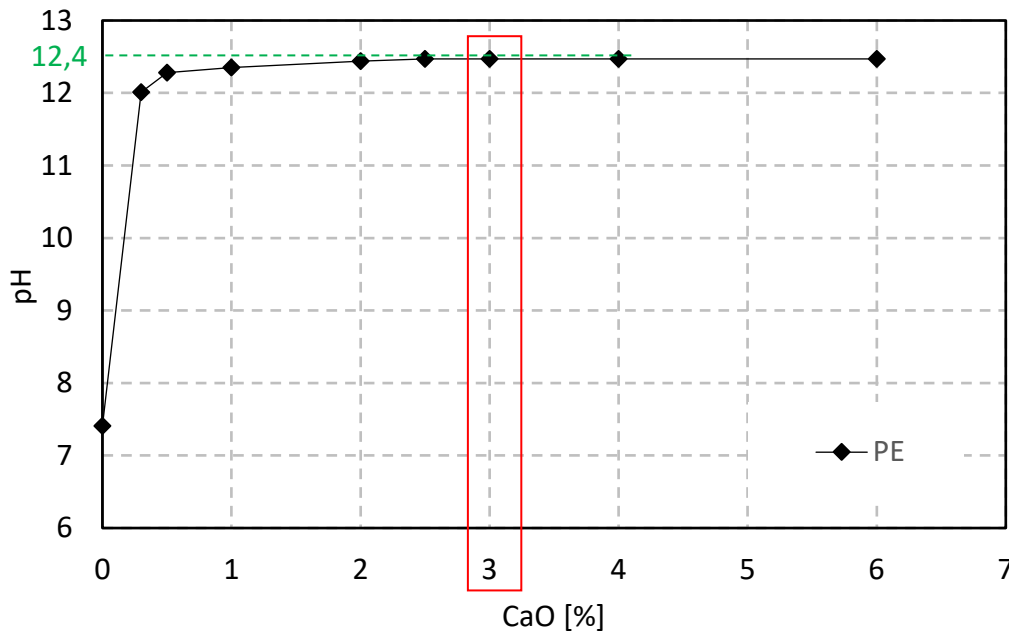
Specie	Percentuale (%)
SiO ₂	42.20
Al ₂ O ₃	17.07
CaO	10.98
Fe ₂ O ₃	11.30
MgO	5.29

Composizione chimica PE

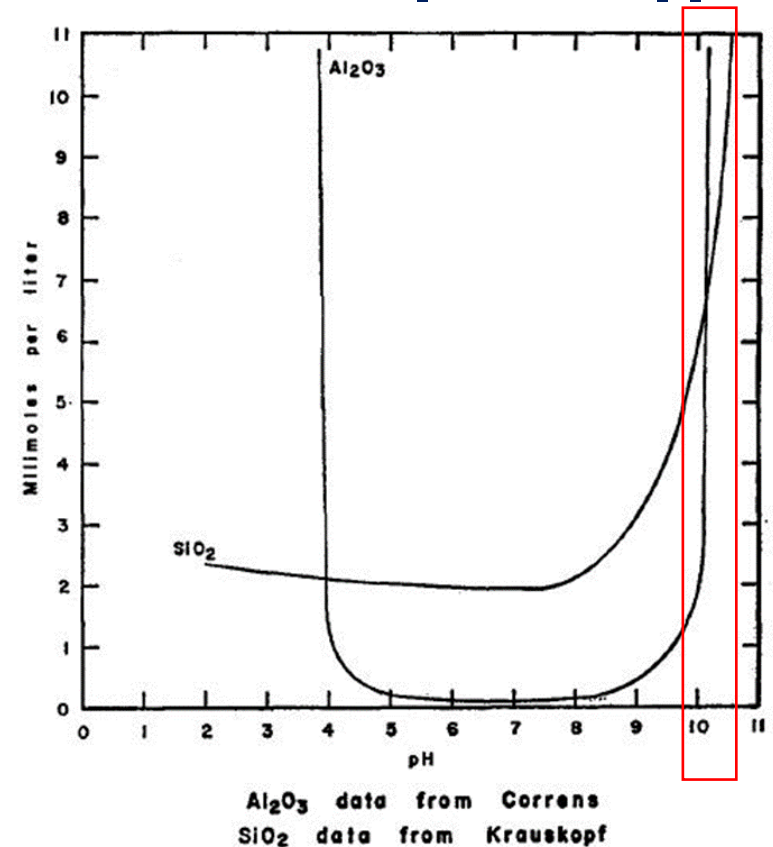


Consumo iniziale di calce

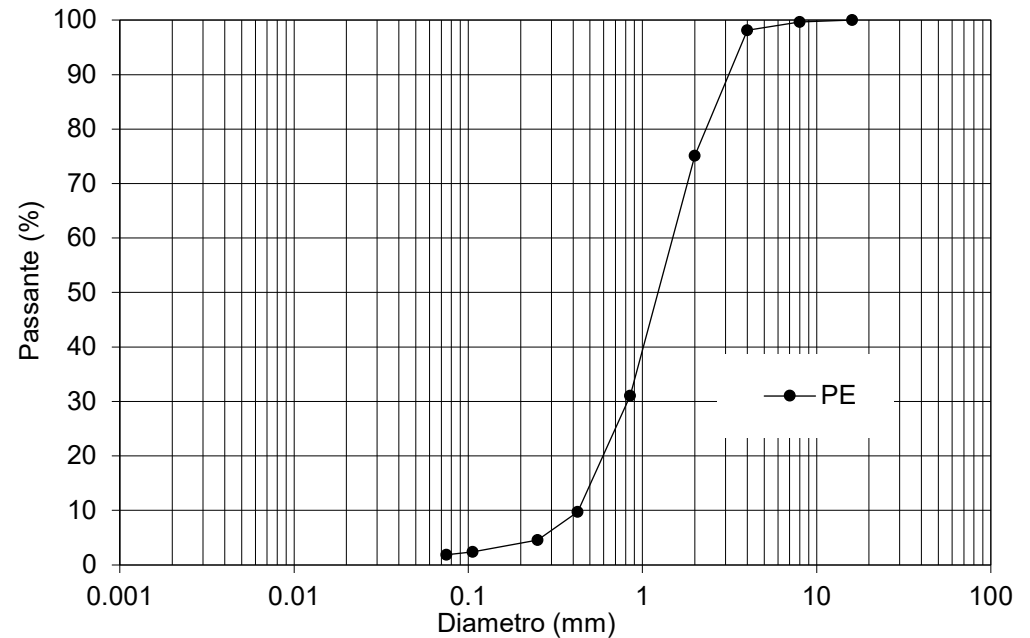
- Misura di pH



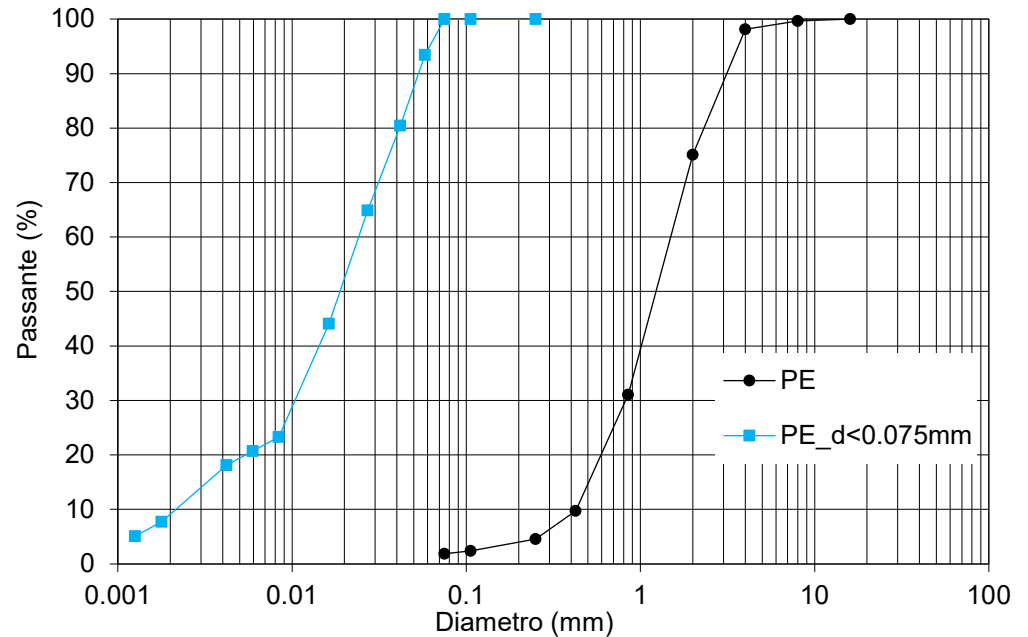
Solubilità di Silicio (SiO_2) ed Alluminio (Al_2O_3)



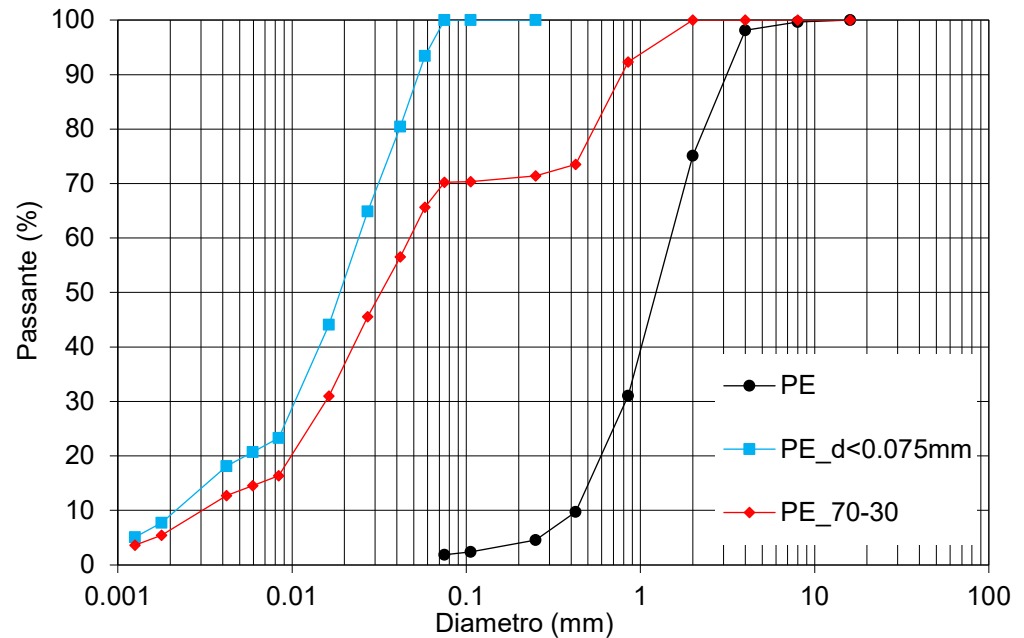
Stabilizzazione a calce: Miscela granulometrica



Stabilizzazione a calce: Miscela granulometrica



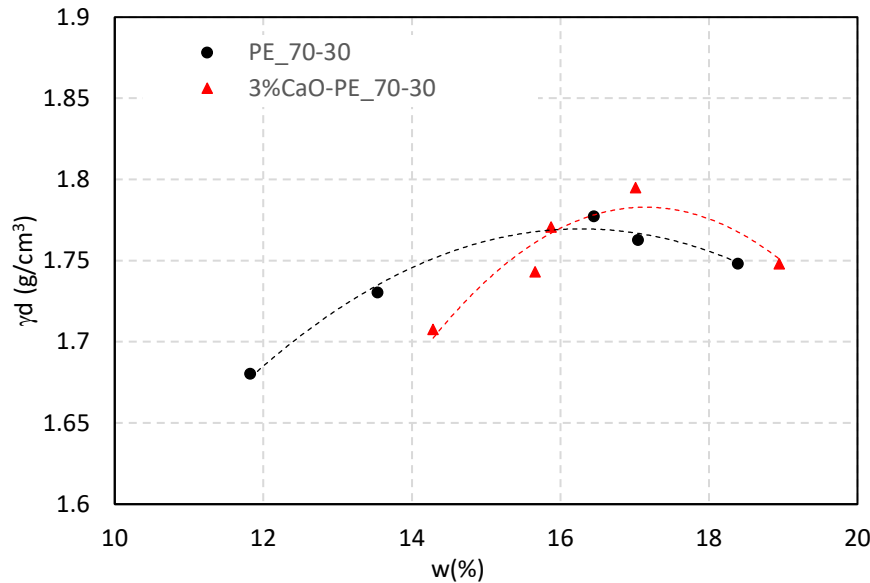
Stabilizzazione a calce: Miscela granulometrica



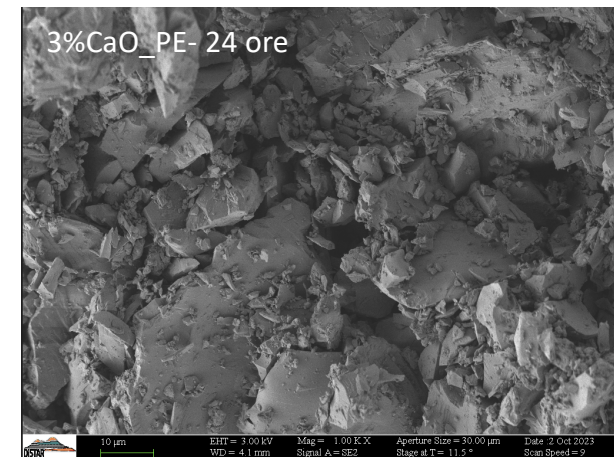
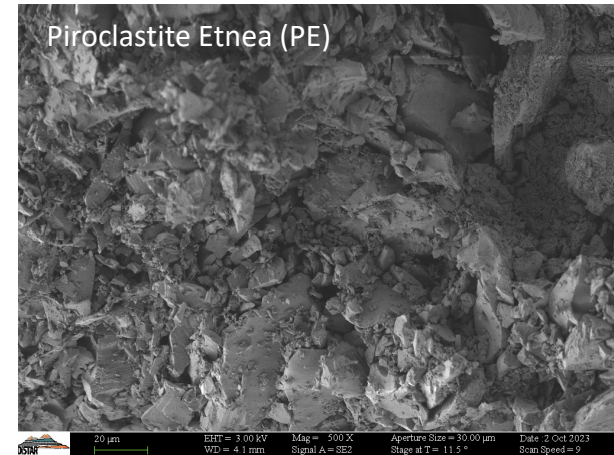
PE_70-30 { 70% - PE_d<0.075 mm
30% - PE

Stabilizzazione a calce: Curva di compattamento

- **PE_70-30 vs 3%CaO-PE_70-30 – tempo di maturazione 24h**

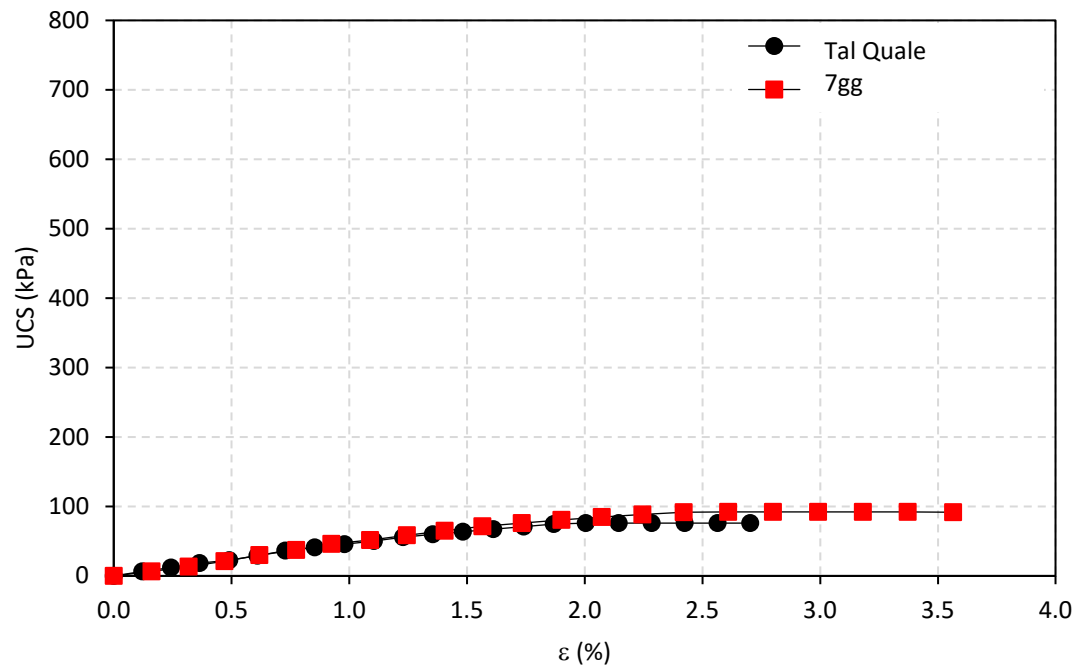


	PE	3%CaO-PE
$w_{opt} (\%)$	16	17,5
$\gamma_{dmax} (g/cm^3)$	1,77	1,78



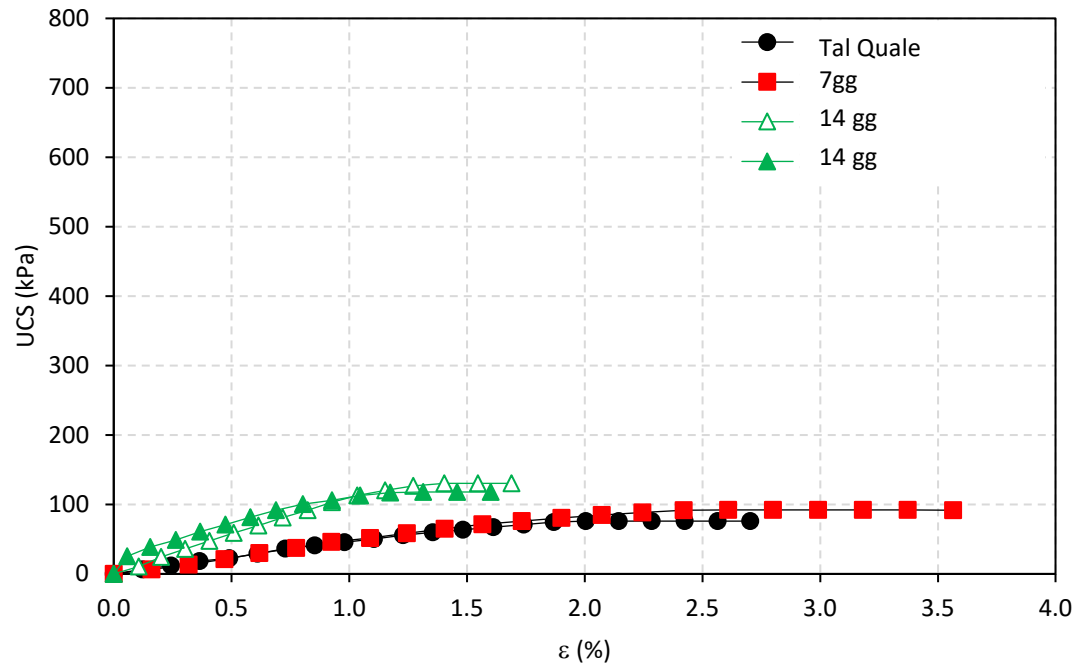
Stabilizzazione a calce: Comportamento meccanico

- Prove di compressione non confinata (UCS)



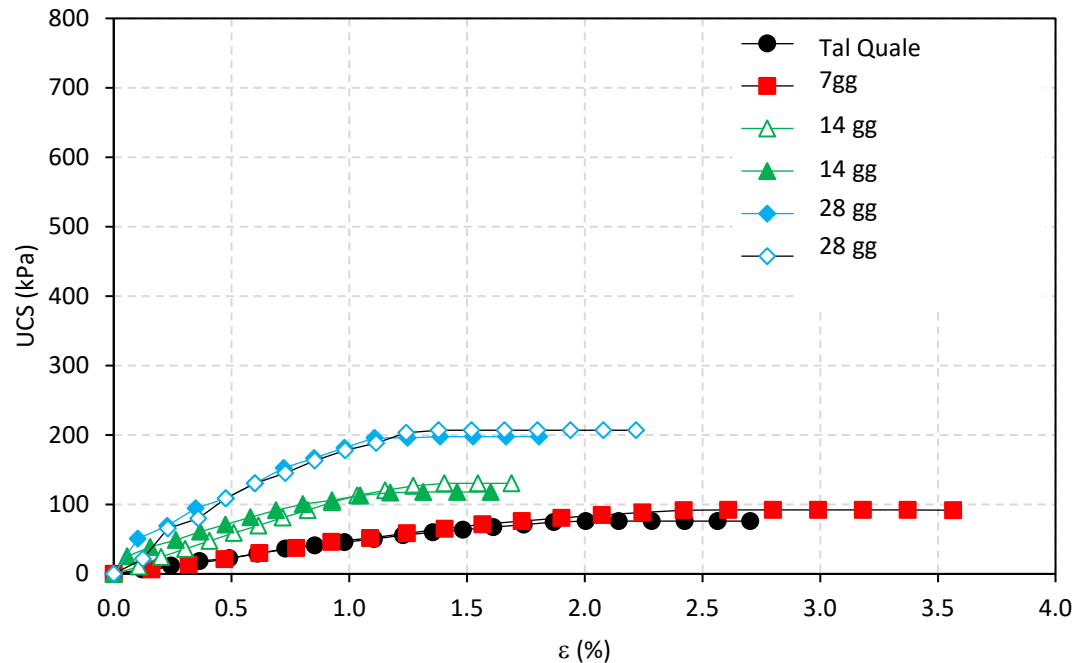
Stabilizzazione a calce: Comportamento meccanico

- *Prove di compressione non confinata (UCS)*



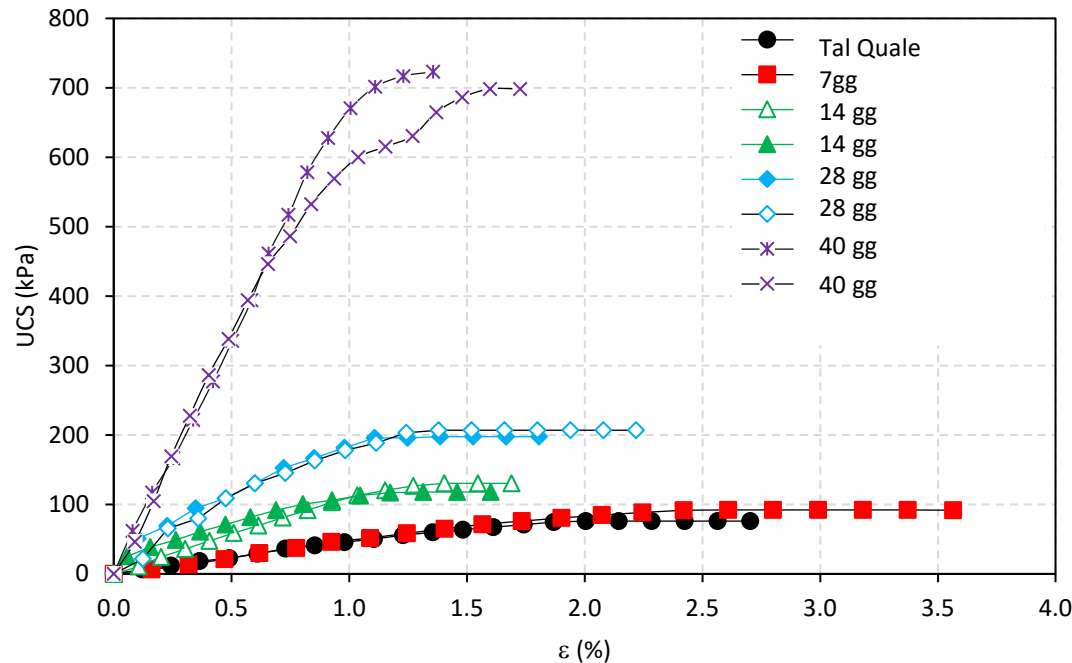
Stabilizzazione a calce: Comportamento meccanico

- *Prove di compressione non confinata (UCS)*



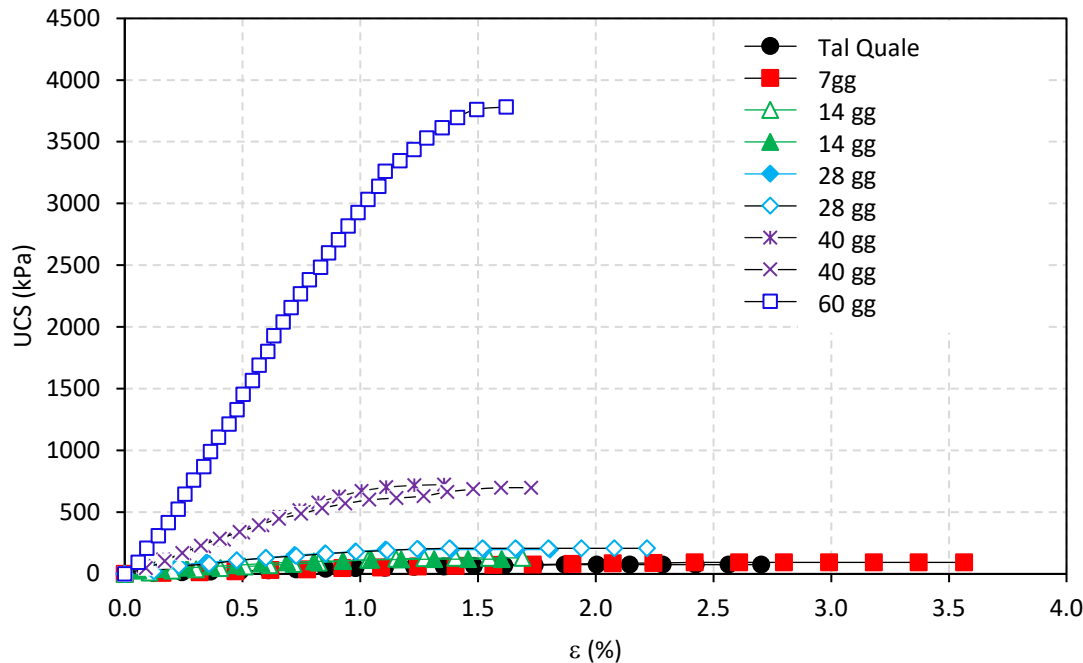
Stabilizzazione a calce: Comportamento meccanico

- *Prove di compressione non confinata (UCS)*



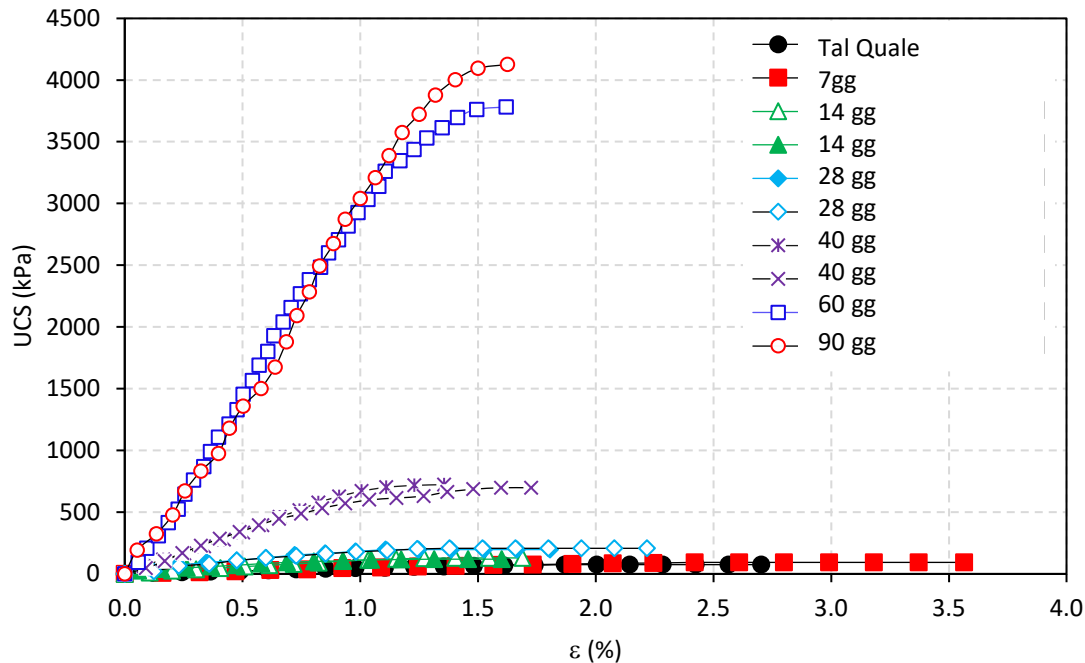
Stabilizzazione a calce: Comportamento meccanico

- *Prove di compressione non confinata (UCS)*



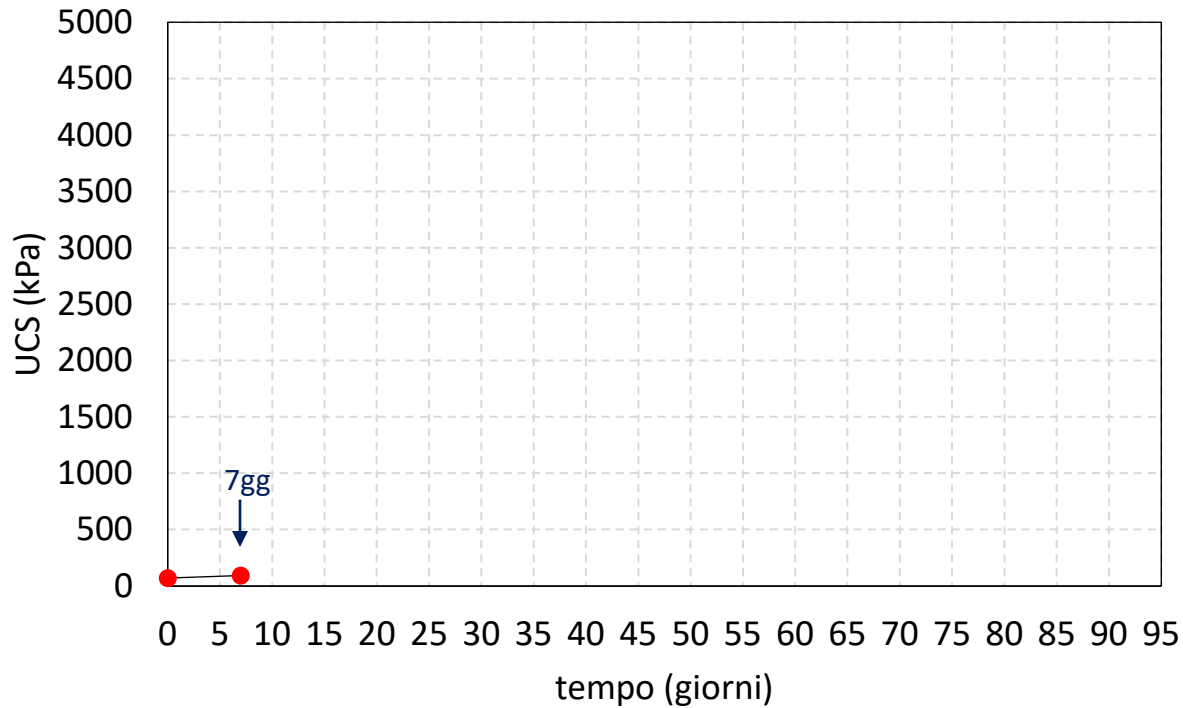
Stabilizzazione a calce: Comportamento meccanico

- Prove di compressione non confinata (UCS)



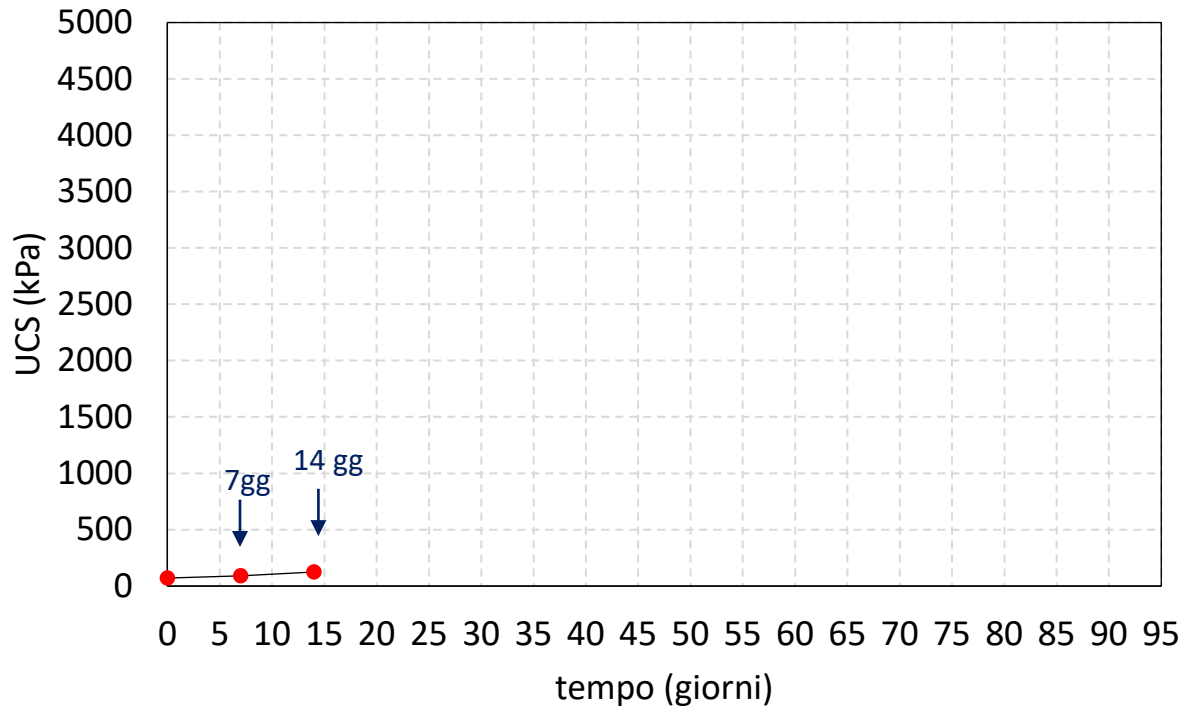
Stabilizzazione a calce: Comportamento meccanico

- Evoluzione UCS in funzione del tempo di maturazione



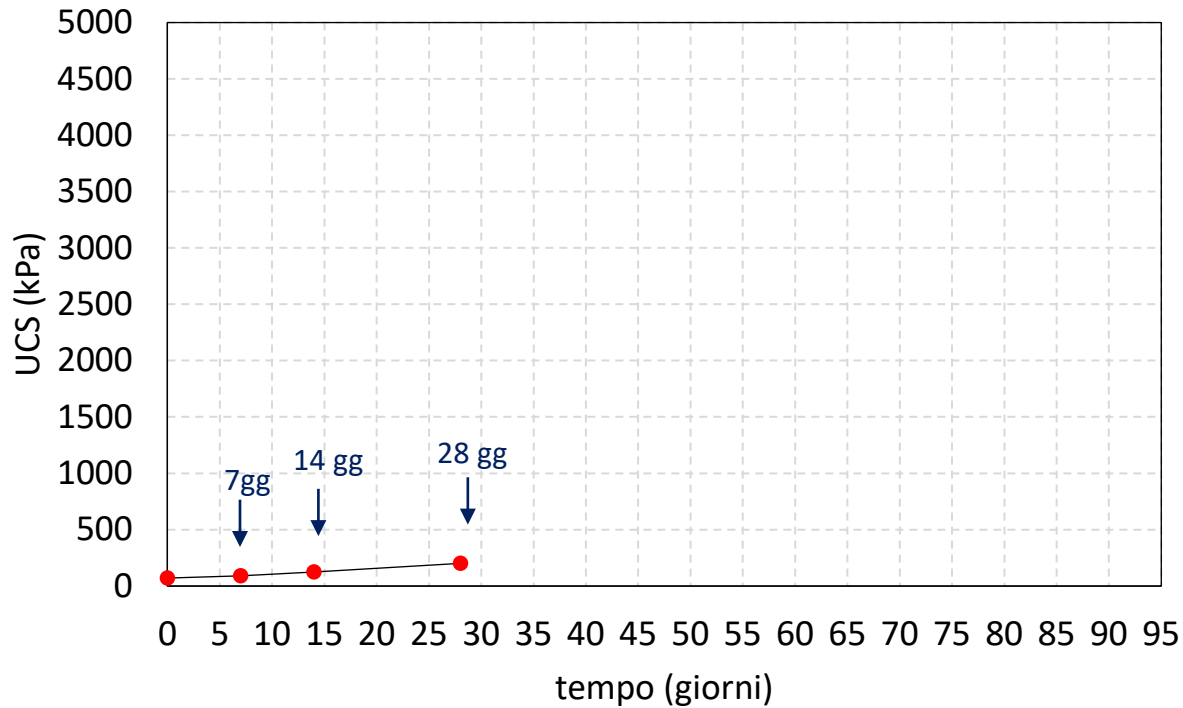
Stabilizzazione a calce: Comportamento meccanico

- Evoluzione UCS in funzione del tempo di maturazione



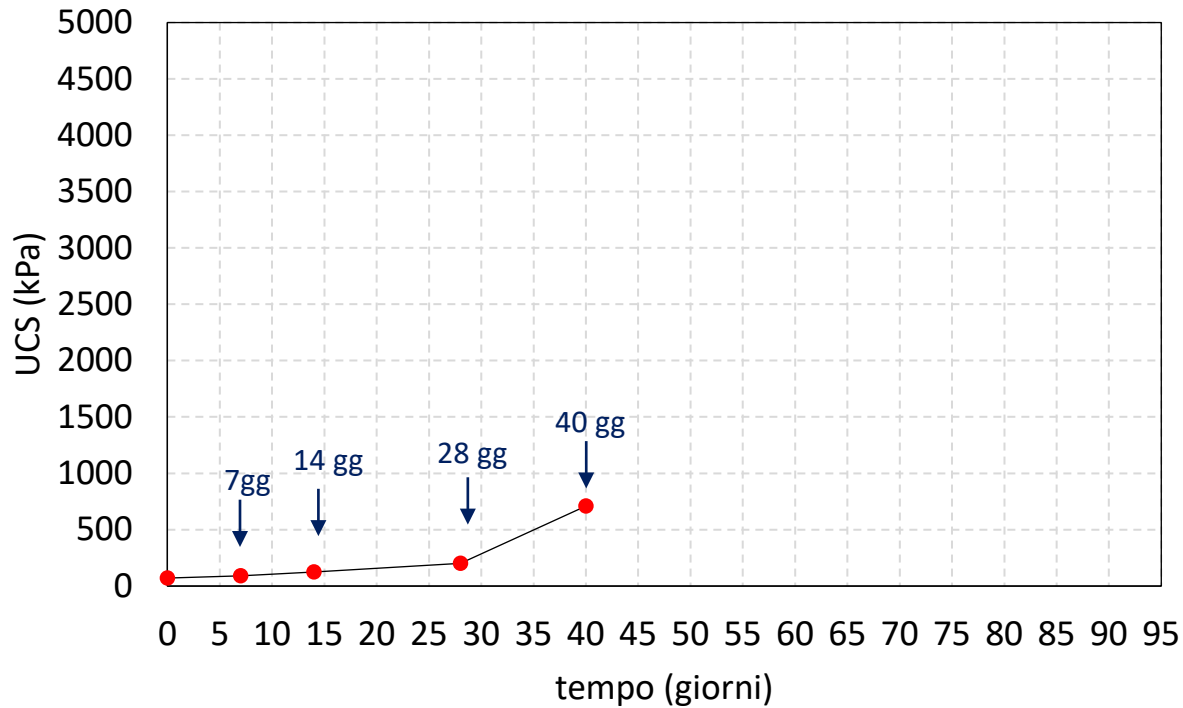
Stabilizzazione a calce: Comportamento meccanico

- Evoluzione UCS in funzione del tempo di maturazione



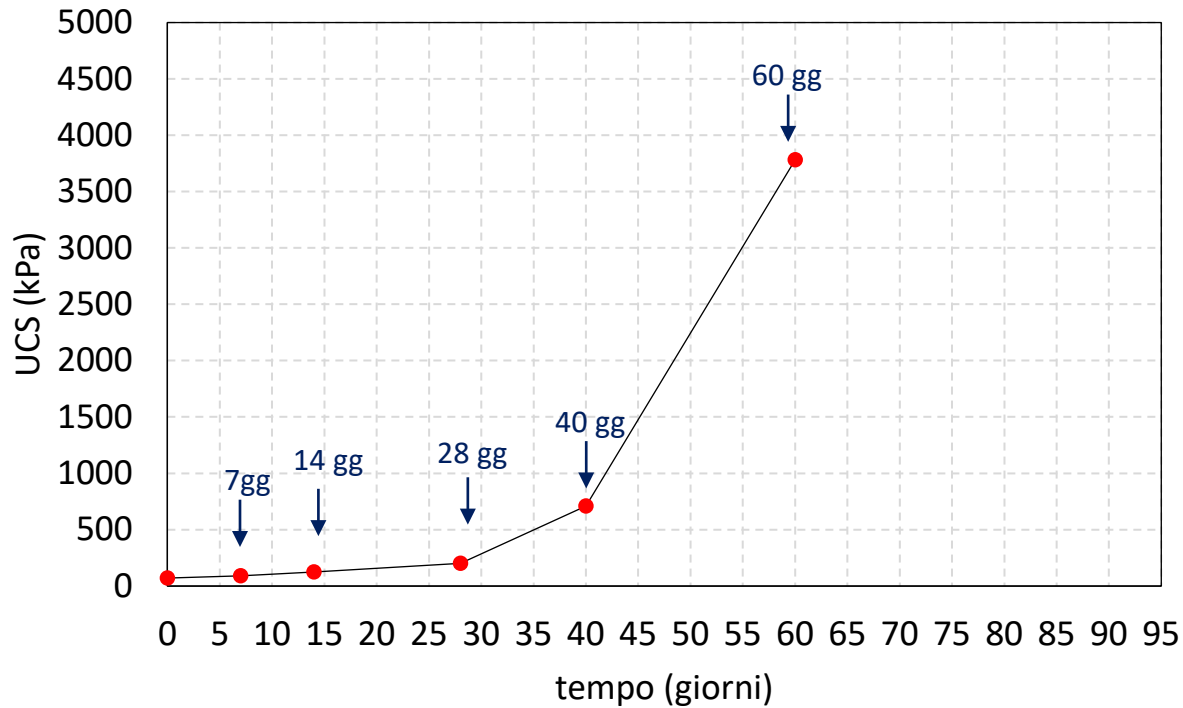
Stabilizzazione a calce: Comportamento meccanico

- Evoluzione UCS in funzione del tempo di maturazione



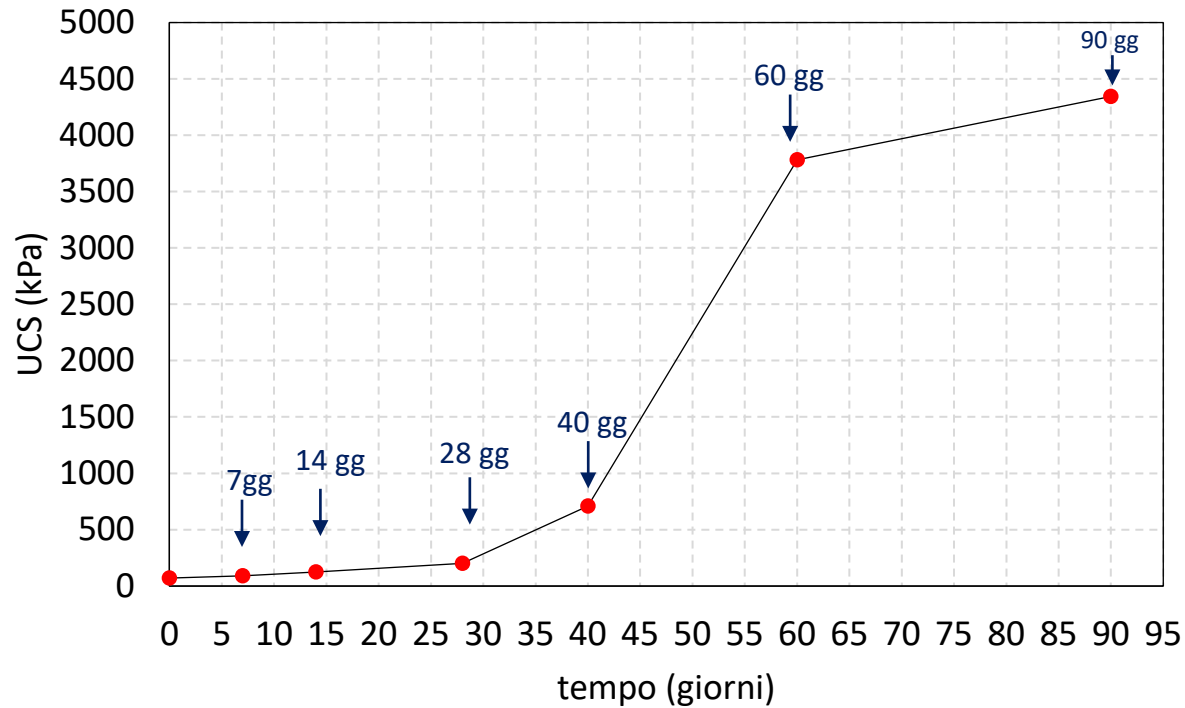
Stabilizzazione a calce: Comportamento meccanico

- Evoluzione UCS in funzione del tempo di maturazione



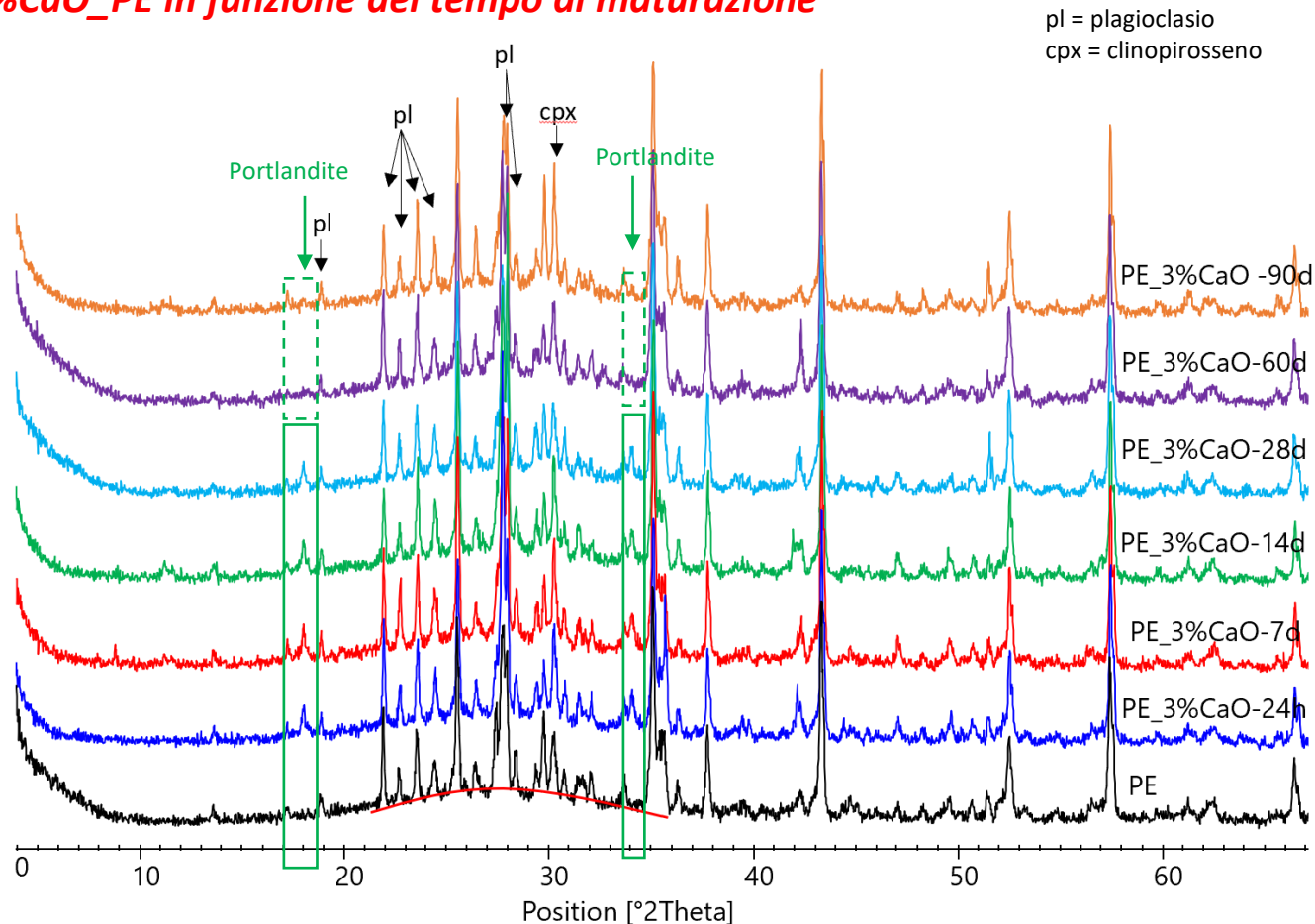
Stabilizzazione a calce: Comportamento meccanico

- Evoluzione UCS in funzione del tempo di maturazione



Stabilizzazione a calce: Evoluzione mineralogica

- XRD - 3%CaO_PE in funzione del tempo di maturazione**

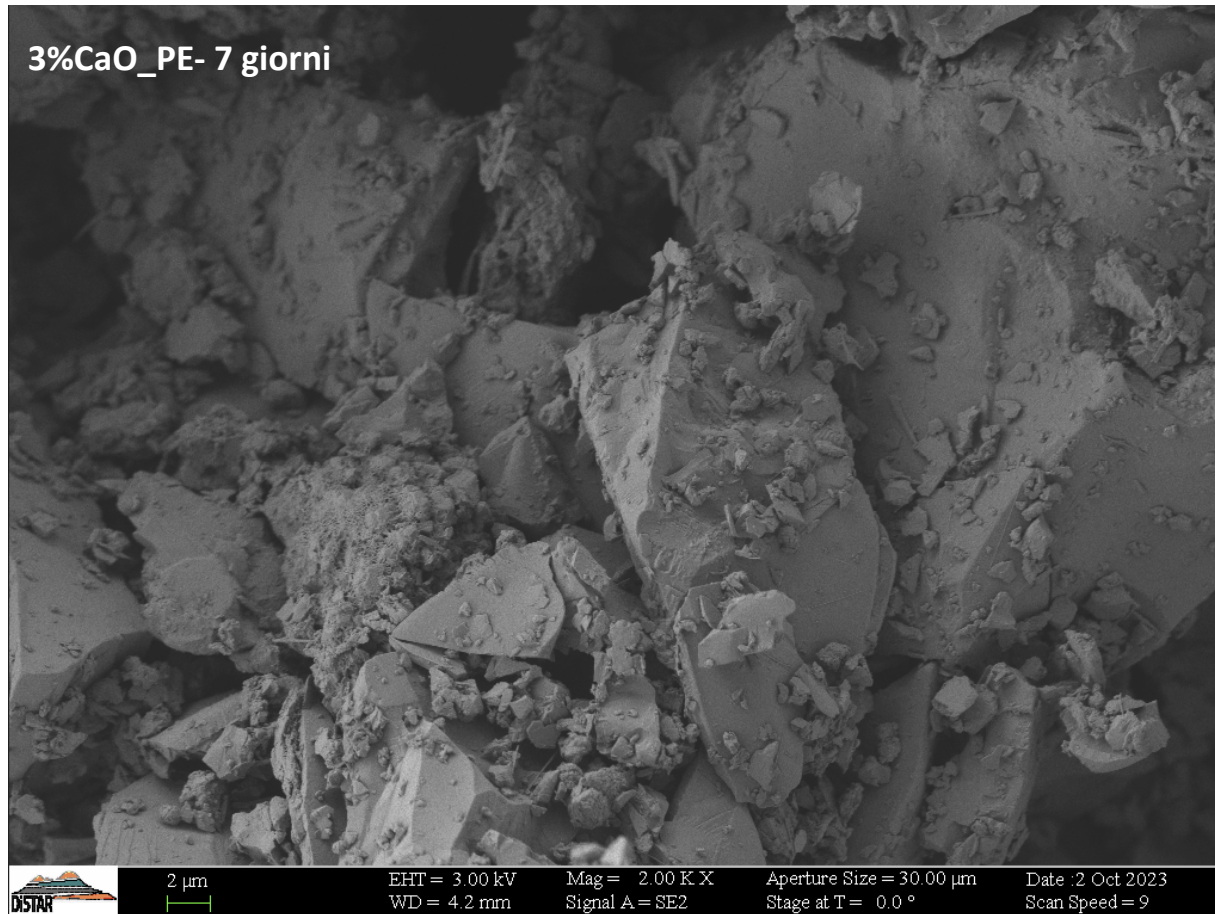


Presenza di portlandite legata all'aggiunta di calce a partire da 24 ore di maturazione

Totale consumo di portlandite viene rilevato a partire da 60 giorni di maturazione

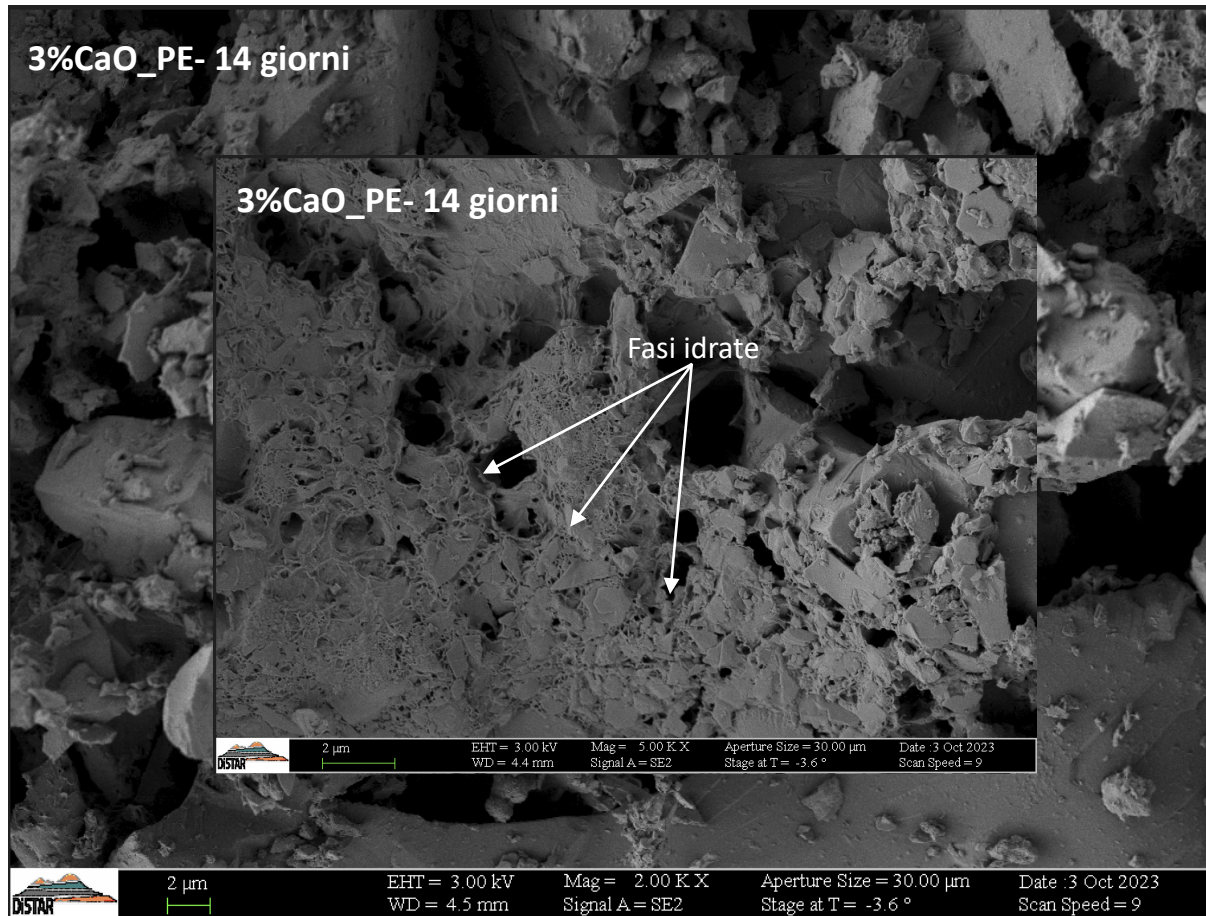
Stabilizzazione a calce: Evoluzione microstrutturale

- Immagini **SEM**



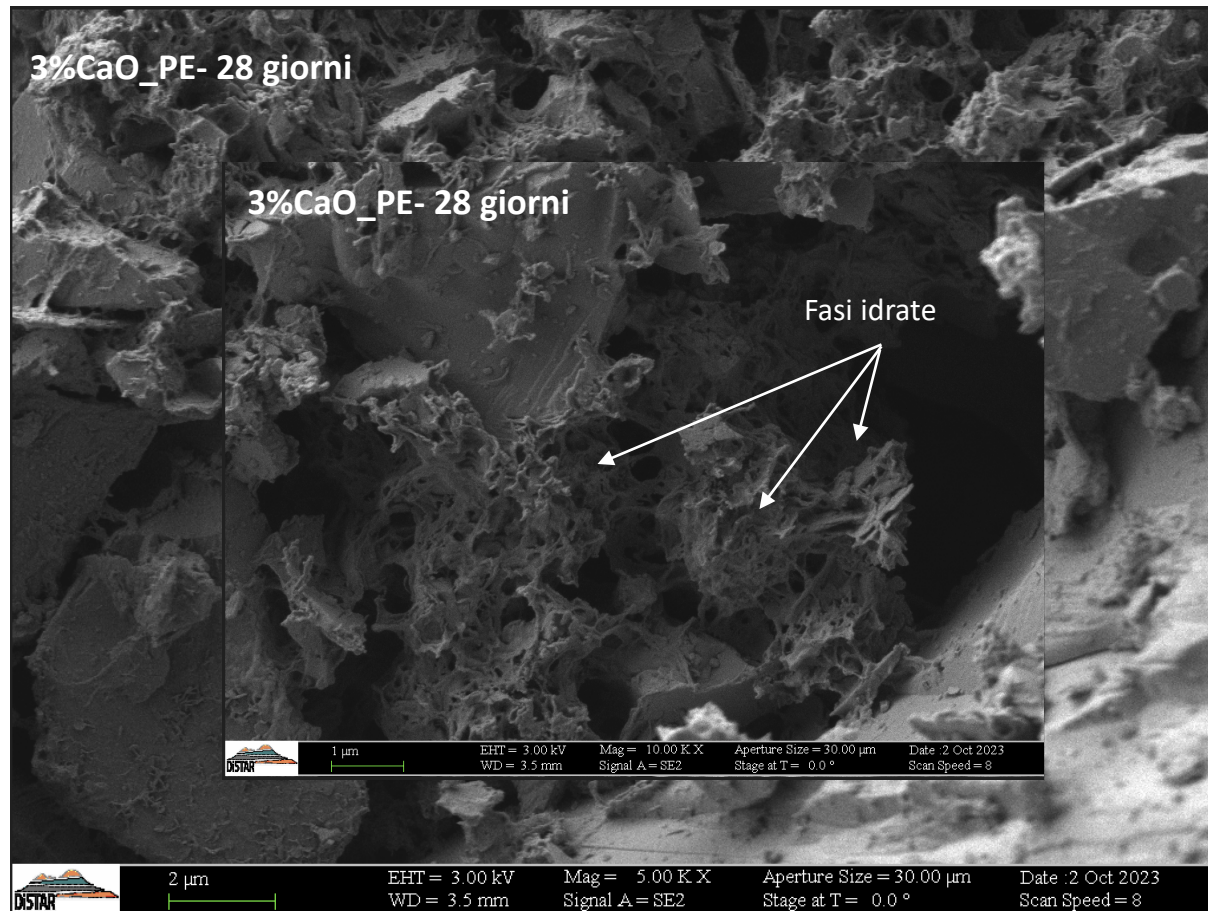
Stabilizzazione a calce: Evoluzione microstrutturale

- Immagini **SEM**



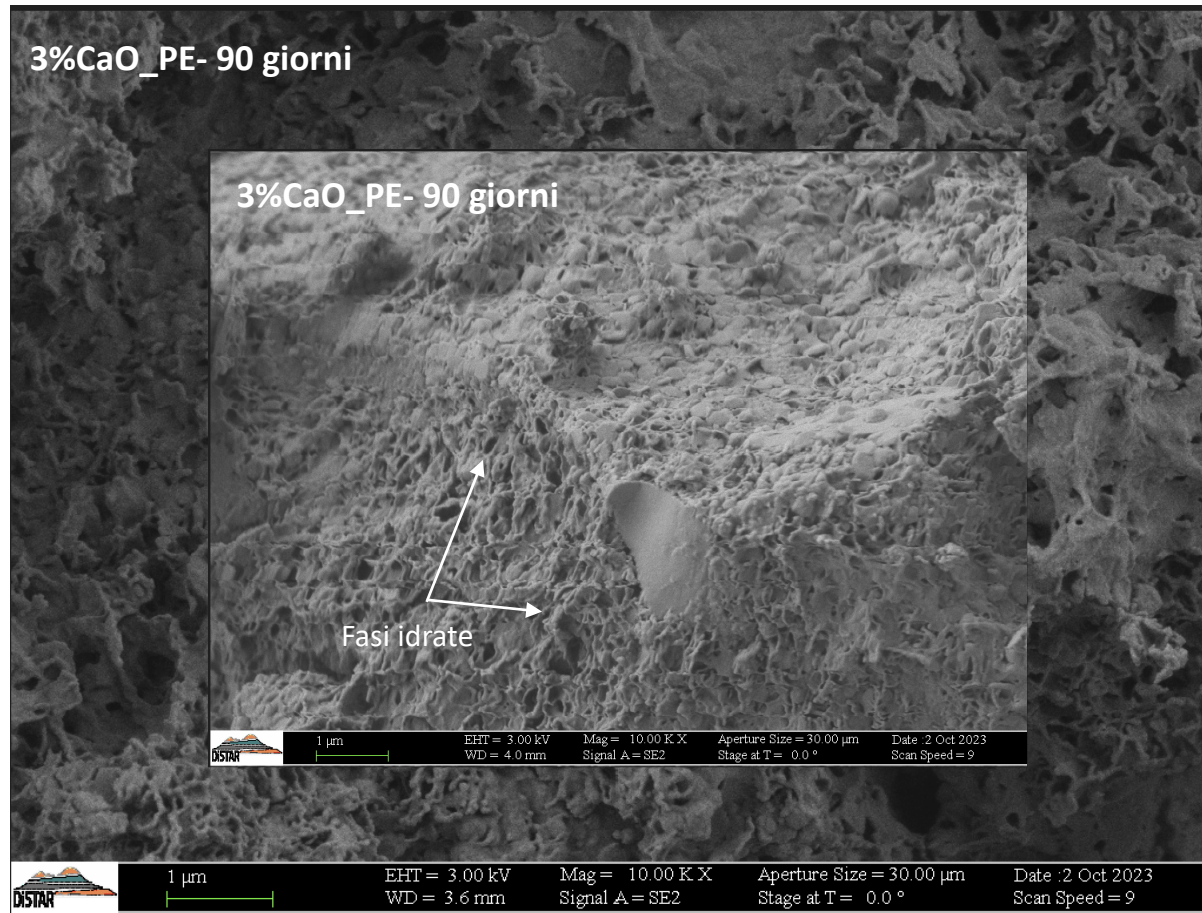
Stabilizzazione a calce: Evoluzione microstrutturale

- Immagini **SEM**



Stabilizzazione a calce: Evoluzione microstrutturale

- Immagini **SEM**



LE NUOVE FRONTIERE DELLA STABILIZZAZIONE A CALCE DA RIFIUTO A RISORSA

Catania, 31 Maggio 2024

LA STABILIZZAZIONE A CALCE DELLE CENERI DELL'ETNA



Enza Vitale, Giacomo Russo



Filippo Furia