

Progetto BIOMARMO, finanziato nell'ambito del POR Sardegna FESR 2014/2020 - ASSE PRIORITARIO I "RICERCA SCIENTIFICA, SVILUPPO TECNOLOGICO E INNOVAZIONE" Azione 1.1.4 Sostegno alle attività collaborative di R&S per lo sviluppo di nuove tecnologie sostenibili, di nuovi prodotti e servizi.

BIOMARMO è un progetto che si colloca nell'ambito delle tematiche trasversali della bioeconomia, includendo aspetti di chimica verde e di bioedilizia applicati all'utilizzo e alla valorizzazione di scarti industriali del settore della lavorazione delle pietre ornamentali nel territorio della Sardegna. L'obiettivo generale del progetto è quello di trasformare gli scarti di lavorazione dei materiali lapidei, le ceneri volanti, le plastiche riciclabili e altro materiale di scarto, da problema ambientale a risorsa economica attraverso la formulazione di una serie di prodotti ad elevato valore aggiunto.

## GEOPOLIMERI CONTENENTI SILICATO DI CALCIO OTTENUTO DA MATERIALE DI SCARTO (MARMO MICROMETRICO e CENERE DI LOLLA DI RISO)

Il protocollo seguente descrive la procedura per l'ottenimento di un materiale geopolimerico contenente silicato di calcio (SC) sintetizzato a partire da marmo micrometrico e ceneri di lolla di riso.

**Materiali Utilizzati:** il metacaolino (MK, CAS number: 15123-81-6) è stato acquistato da Ceske Lpkove Zavody a.s., Repubblica Ceca ed è stato utilizzato così come ricevuto, senza ulteriori modificazioni; l'idrossido di sodio (NaOH, MW= 40 g/mol) è stato acquistato dalla Sigma-Aldrich; la soluzione di silicato di sodio al 35% ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , d=1.346 g/mL, MW= 122.06 g/mol) è stata acquistata dalla ditta Merck; il marmo micrometrico è stato gentilmente fornito dall'azienda Sardegna Marmi; la Lolla di Riso utilizzata in questo lavoro è stata gentilmente fornita dall'azienda RISO DI SARDEGNA (Oristano).

**Strumentazione particolare:** Mulino rapido a giare (RAPID MILL, Marca MGS srl).



## Metodi:

**Sintesi dell'ossido di calcio dal marmo micrometrico:** il marmo micrometrico è stato calcinato in muffola a tre differenti temperature: 600, 700 e 800 °C, attraverso la seguente rampa di temperatura: da T amb alla temperatura d'interesse (600, 700 o 800 °C) in tre ore, seguita da un'isoterma alla temperatura d'interesse per due ore.

**Sintesi della silice dalla lolla di riso:** La lolla di riso è stata incenerita in muffola, con una rampa di temperatura della durata di 3 ore, da T ambiente a 900 °C, seguita da un'isoterma a 900 °C per 2 ore.

La soluzione attivante alcalina (AAS) è stata ottenuta combinando in rapporto 1:1 (v) una soluzione 8 M di NaOH e la soluzione di silicato di sodio, seguendo il seguente procedimento.

**Preparazione della soluzione di NaOH 8M:** *ATTENZIONE! La soluzione di NaOH è altamente corrosiva per cui durante le fasi di preparazione ed utilizzo si devono indossare gli appositi dispositivi di protezione individuale (guanti, camice, occhiali).* In un contenitore resistente alla corrosione (vetro, HDPE, PP) si trasferisce 1 L di acqua distillata, si pesano 320 g (8 moli) di NaOH e si aggiungono gradatamente al contenitore; si agita vigorosamente fino a completa dissoluzione della stessa. NB: la dissoluzione di NaOH produce molto calore, per cui potrebbe essere necessario raffreddare il contenitore mettendolo in un bagno di ghiaccio o acqua fredda. La soluzione deve essere conservata in un contenitore chiuso.

**Preparazione della soluzione attivante (AAS):** La soluzione attivante si ottiene mescolando uguali volumi di NaOH e soluzione di silicato di sodio. Per preparare 1 litro di AAS, 500 ml di soluzione 8M di NaOH vengono aggiunti a 500 ml soluzione di silicato di sodio. La soluzione deve essere conservata in un contenitore chiuso e resistente alla corrosione.

**Preparazione del Silicato di Calcio (SC):** Attraverso l'ausilio di un mulino meccanico, il marmo micrometrico trattato in muffola viene inserito in apposite giare con acqua distillata (in rapporto 1:1.74 (p:p)) e viene macinato per 10 minuti. Dopodiché, si aggiunge la cenere di lolla di riso in rapporto 1:1 (p:p) rispetto al peso del marmo micrometrico iniziale e si macina per altri 60 minuti. Si ottiene una pasta viscosa che viene lasciata in stufa a 100 °C per 24 ore, al fine di rimuovere l'acqua. Una volta asciutta, la polvere risultante viene conservata in un contenitore in plastica.

Il marmo utilizzato per la sintesi di SC è stato calcinato a tre differenti temperature, perciò ci sono tre tipi differenti di SC: SC600; SC700; SC800.

**Preparazione dei geopolimeri contenenti SC:** La quantità desiderata di MK e SC (SC600 o 700 o 800) viene posta in un beaker (si è scelta una quantità TOTALE dei due componenti uguale a 50 g e sono stati sintetizzati differenti campioni variando la percentuale in peso di SC rispetto a MK (dal 10 al 40% in peso rispetto al peso totale dei due componenti). A questa miscela solida viene aggiunta la desiderata quantità di AAS (1:1 p:p) e il tutto viene miscelato vigorosamente, nel più breve tempo possibile al fine di ottenere una pasta viscosa e omogenea, che viene trasferita in stampi di silicone adatti (in questo caso, cubi di dimensioni 3cm x 3cm x 3cm).

I geopolimeri vengono conservati evitando il contatto con l'aria per le prime 48 ore a T ambiente e poi lasciati all'aria per 28 giorni.

**Composizioni:** vengono sintetizzati differenti geopolimeri contenenti SC al 10, 20, 30 e 40 wt.% rispetto al peso totale della massa solida (MK + SC). Inoltre, il rapporto in peso tra AAS e la miscela solida (MK + SC) è di 1:1. (Tabella 1).

**Tabella 1. Campioni di geopolimero contenenti silicato di calcio.**

<i>Nome Campione</i>	<i>Temp. Calcinaz. marmo (°C)</i>	<i>SC (wt.%)<sup>a</sup></i>
10SC600	600	10
20SC600		20
30SC600		30
40SC600		40
10SC700	700	10
20SC700		20
30SC700		30
40SC700		40
10SC800	800	10
20SC800		20
30SC800		30
40SC800		40

<sup>a</sup> rispetto al peso totale della miscela solida MK + SC.



Figura 1. Esempi di geopolimeri ottenuti seguendo il presente protocollo.