



National Research Council of Italy
Institute for Energetics and Interphases

I Geopolimeri: dalla Chimica all'Industria

Sergio Tamburini

Marco Natali

CNR-IENI Padova

Conferenza di Istituto

29 febbraio - 1 marzo 2016

Cosa sono...

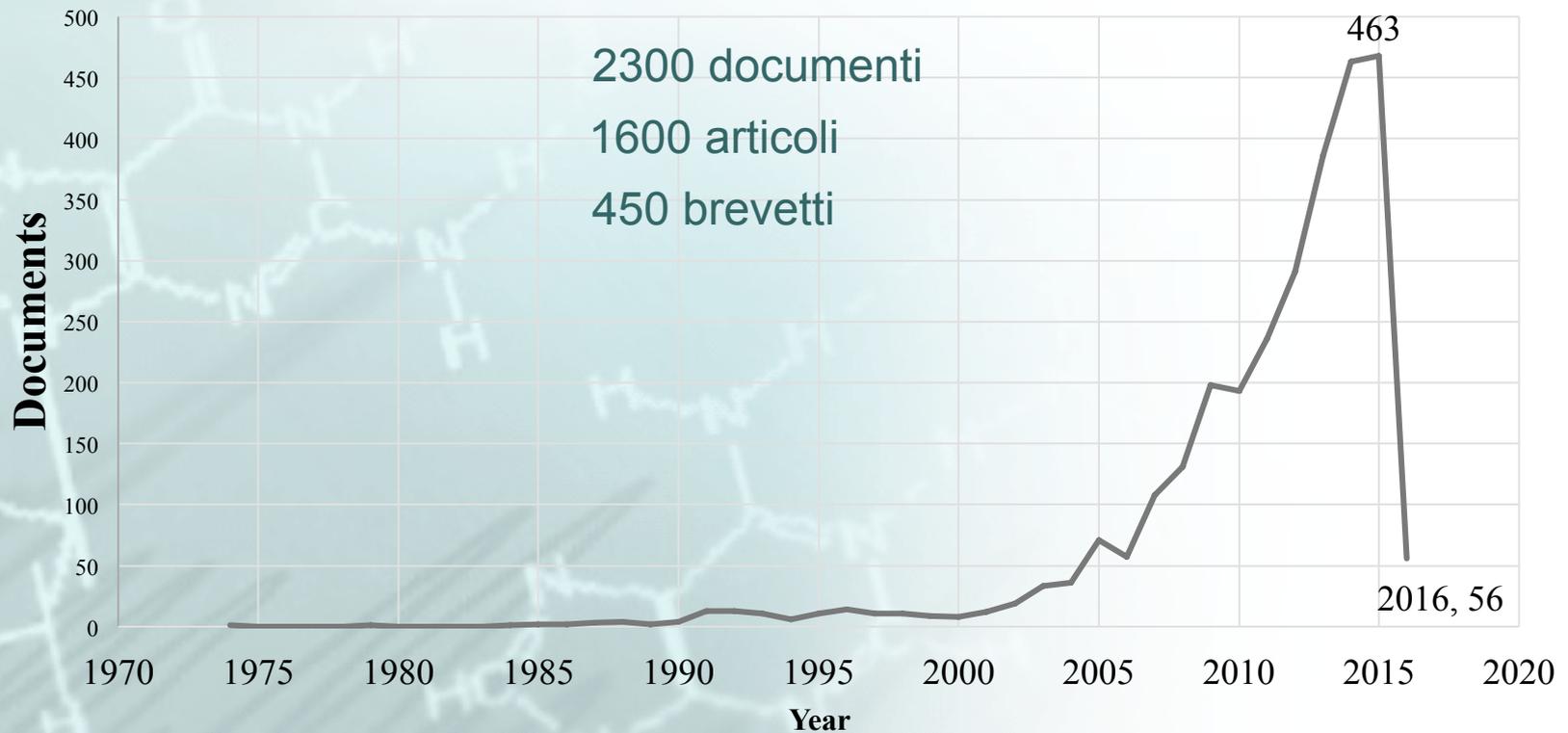
- **I geopolimeri** sono materiali inorganici prodotti artificialmente secondo un processo definito come geopolimerizzazione a partire da alluminosilicati reattivi (in genere materiali amorfi, ma anche da materie prime fosfatiche e boriche in misura minore) disciolti in ambiente fortemente basico.

Cenni storici

- Kuhl (1930) Chassevent (1937)
- Glukhovsky (1957)): studio di scorie da lavorazioni metallurgiche attivate con alcali (« **soil silicate concretes**«)
- Davidovits (1978) (Geopolymer Institute, Saint-Quentin, Francia)
Attivazione alcalina di metacaolino → **GEOPOLIMERO**

Pubblicazioni

Keyword: geopolimer



WEB OF SCIENCE™

© 2016 THOMSON REUTERS

I reagenti della reazione

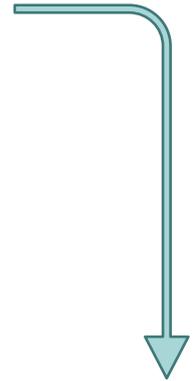


Reattivi aluminosilicatici:

- *Caolini e altre argille calcinate*
- *Ceneri volanti da centrali a carbone (FlyAsh)*
- *Loppe di altoforno (Slag)*
- *Pozzolana*
- *Ceneri vulcaniche*

Soluzione alcalina di Silicato di Na o K (generalmente addizionato con idrossido di Na o K)

- *Materiale INERTE*
- *Cariche*
- *Fibre*



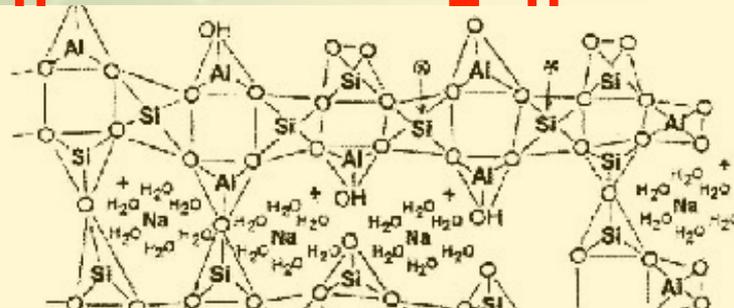
R = ioni alcalini(K⁺, Na⁺, ...),

n = grado di policondensazione

W = acqua legata

Z=1,2,3 è indicativo del reticolo ed è generalmente < 3

per geopolimeri strutturali tridimensionali



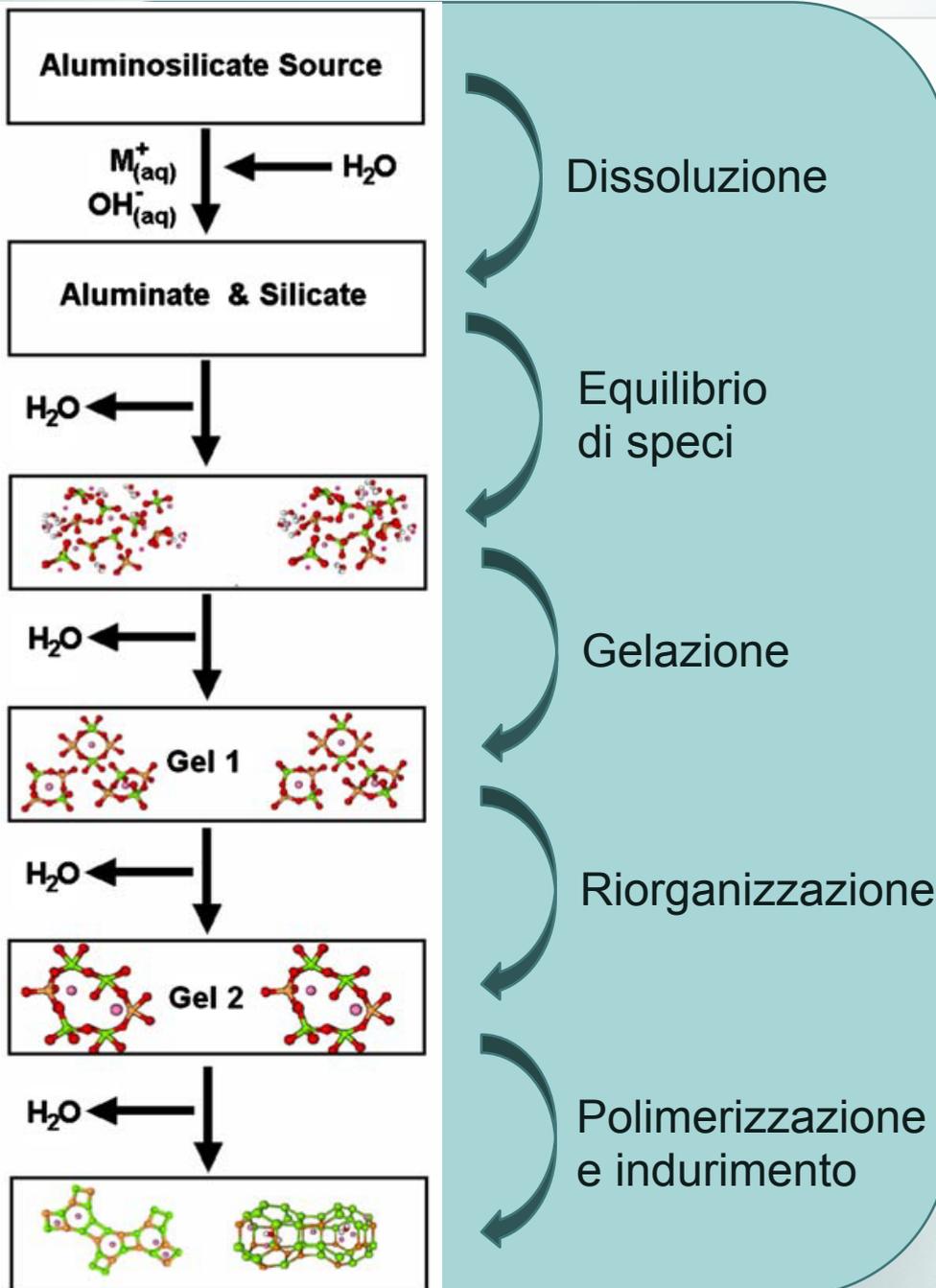
Sintesi chimica dei precursori

Tecnica Sol-Gel: TEOS + ANN in H₂O /EtOH



Cui, X., Liu, L., Zheng, G., Wang, R., Lu, J., 2010. Characterization of chemosynthetic Al₂O₃-2SiO₂ geopolymers. Journal of Non-Crystalline Solids 356, 72-76.

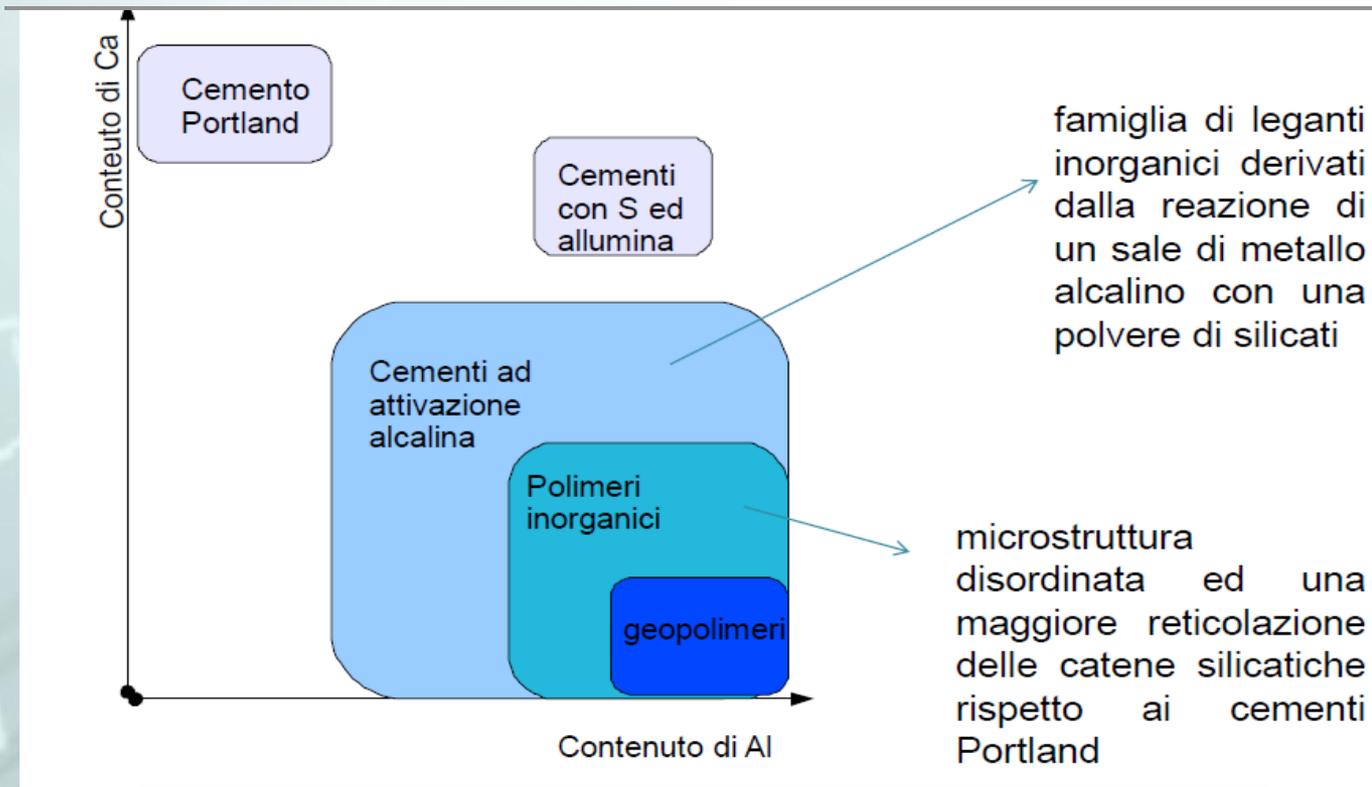
Meccanismo di geopolimerizzazione



Equivalenti a:

- **ZEOLITE**
 - differenza: amorfo/semi cristallino per la rapida reazione
- **VETRO ALUMINOSILICATICO**
 - differenza: bassa temp di formazione

La Chimica del Geopolimero



1 Ton. di Geopolmero → 0,16 ton di CO₂

1 Ton cem Portland → 0,87 ton di CO₂

Principali PROPRIETA'

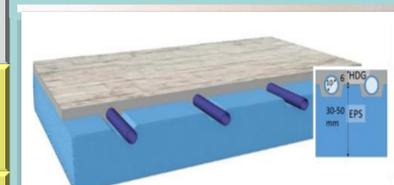
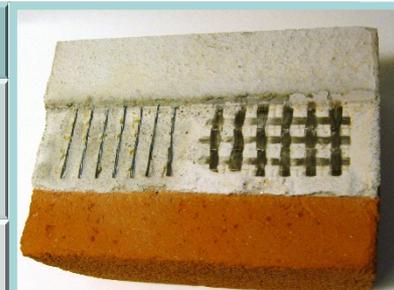
- Sintesi in ambiente acquoso
- Produzione esente da emissioni di solventi nocivi, fumi e polveri
- Colatura in stampi (o estrusione)

- Bassa temperatura di setting (T.A. < 80°C);
- Tempi rapidi di formatura e presa;

- Resistenza al fuoco (anche fino a 1200°C) senza emissione di gas nocivi;
- Ottima resistenza chimica ad Acidi, Basi ed Organici;
- Porosità modulabile;
- Ottime proprietà meccaniche;

Applicazioni Industriali

| industria | applicazione |
|---|---|
| Industria automobilistica e aereaospaziale | Paratie antifiamma – componenti alta resistenza e alta temp. – cementi - materiali compositi |
| Fonderia e metallurgia non-ferrosa | Stampi per leghe metalliche (mat inerte con basso ritiro e alta definizione dei particolari) |
| Ingegneria civile | Cementi, cementi armati, calcestruzzi, leganti, malte, mattoni – mat. compositi |
| Industria delle materie plastiche | Sostituzione di processi ad alto imp.amb. con processi a base di H ₂ O alta resa estetica, riciclabile |
| Incapsulamento di rifiuti radioattivi e metalli pesanti | Cemento ad alta densità stabile nel tempo - bassa porosità - non attaccabile da acidi, basi, organici |
| Restauro, arte e decorazione | Materiale inorganico compatibile con materiali CH (comp. aluminosilicatica no portland) |
| Biomateriali (protesi ossee e impianti dentali) | Materiali ad alta purezza da sintesi chimica con attivazione alcalina o acida (geopol a base fosfatica) |



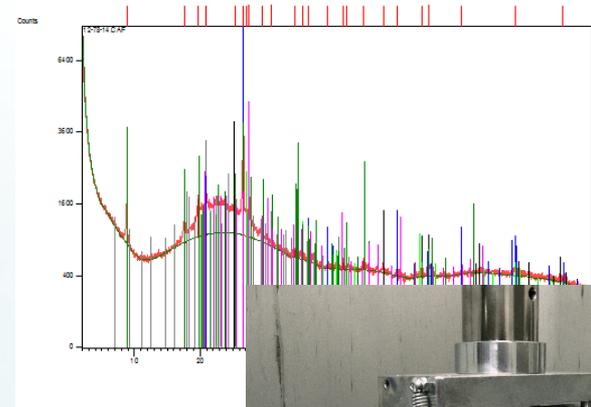
Proprietà

| Proprietà | Range | Parametri chimici | Filler e parametri di processo |
|--|--|--|---|
| Densità Porosità | 1-1,4 Ton/m³ (foam) <70% (foam) 1,5-2,5 Ton/m³(dense) 10-20% (dense) | Na – K – Li – Cs Rapporto H ₂ O/reagenti | Rapporto filler/matrice Pressione - vuoto |
| Ritiro (curing) Dilat. termica | < 0,3 % < 5 · 10⁻⁶ K⁻¹ | | Rapporto filler/matrice Tempo, umidità e temperatura di curing |
| Compressione Flessione Mod. elastico | < 120 Mpa < 100 Mpa 10-20 GPa | Reattività materie prime K | Rapporto filler/matrice Fibre – reti di fibre |
| Conduttività elettrica | 1·10⁻¹⁴– 4·10⁻³(Ωm) ⁻¹ | Na – K- Li – Cs H ₂ O/reagenti | Porosità (umidità) MgO, Al ₂ O ₃ , - fibre di C o Met |
| Conducibilità termica | <1,5 W/mK >0,06 W/mK (foam) | | MgO, fibre di carbonio o metalliche |
| Resistenza Temperatura | < 1300°C | K-Cs | No carbonati – polveri ceramiche |

Tecniche di indagine sui geopolimeri

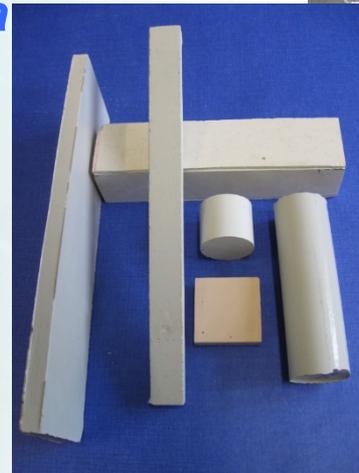
Caratterizzazione Chimica e Microstrutturale

XRD
NMR MAS
SEM EDAX
FT-IR
TG-DTA



Caratterizzazione Fisico/Meccanica

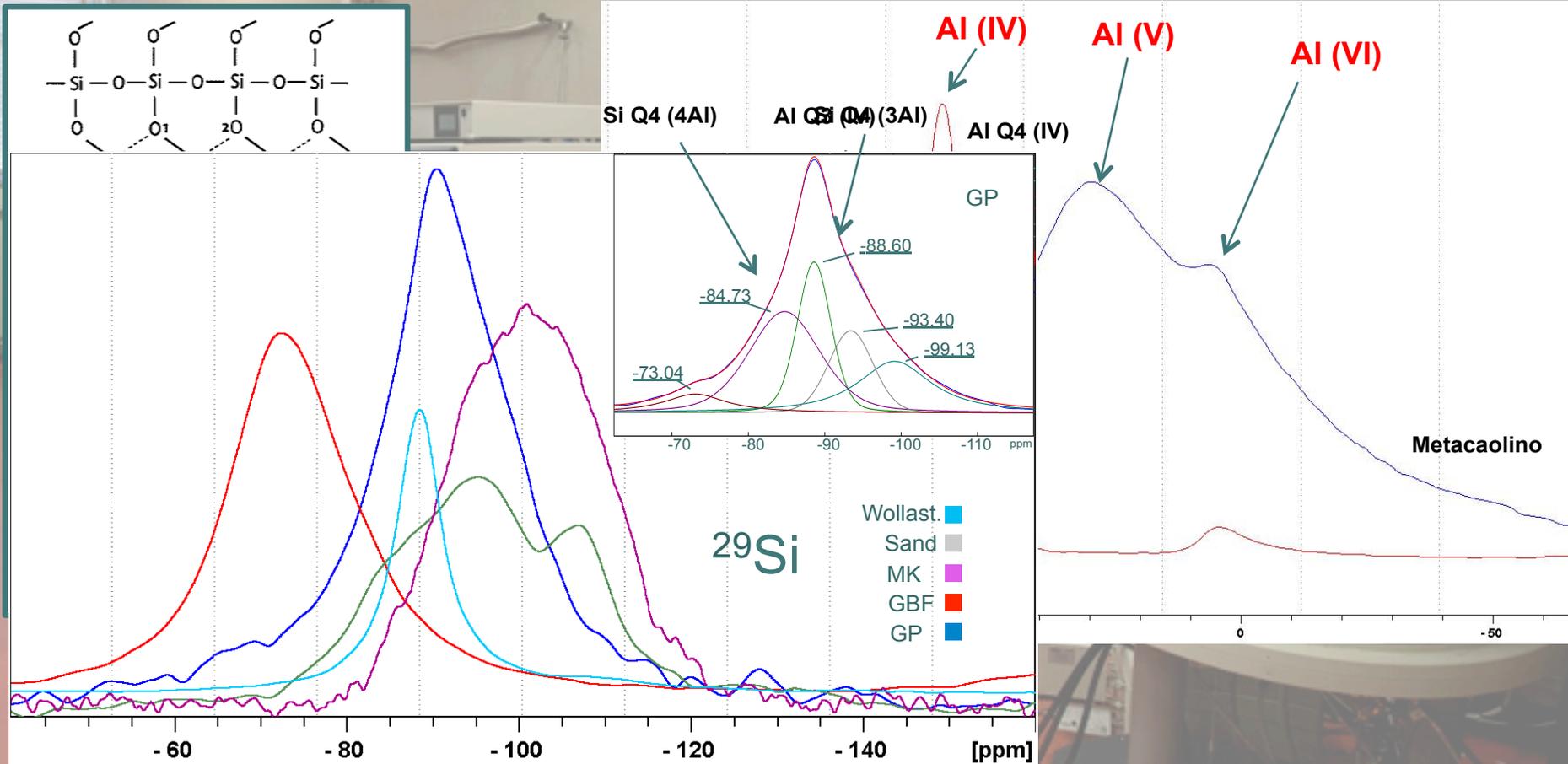
Dilatazione
Densità - Porosità – Ass. H₂O
Resistenza a Compressione
Resistenza a Flessione
Modulo di Young
...



Tecniche di indagine: MAS-NMR

Diagnostici sono i nuclei ^{27}Al e ^{29}Si (ma anche ^{17}O e ^{23}Na)

- ^{27}Al : diversa coordinazione dell'alluminio
- ^{29}Si : Lo shift nei silicati è legato al numero di sostituenti del Si ed al numero di Al presente nei sostituenti



Applicazioni attualmente in studio

POSTER P32

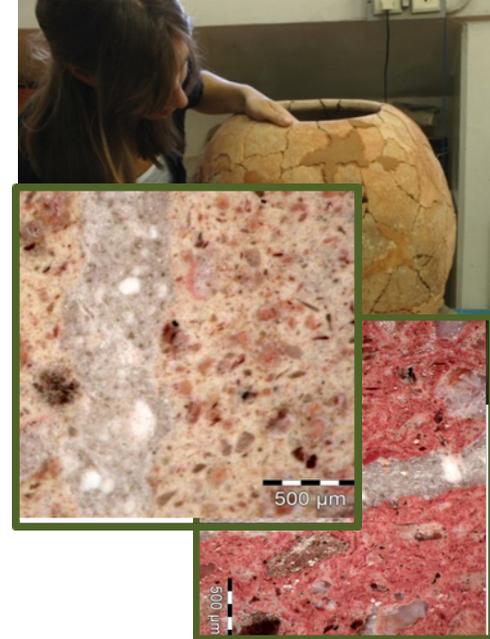
- **Prodotti Per Edilizia Sostenibile e Risparmio Energetico**
 - Grazie alla grande capacità di adesione a metalli, vetri, pietre, cementi, materie plastiche rugose etc ed alla flessibilità nel progettare mescole con particolari doti di durezza/colore/capacità termica etc, si può abbinare a sistemi tecnologici una finitura che diventa così funzionale al sistema.
- **Sistemi Fibro-Rinforzati Per Restauro Di Murature**
 - È quindi stata sviluppata una malta geopolimerica la quale è stata usata per applicare vari tipi di reti di fibre - basalto vetro, carbonio ed acciaio - su mattoni. Sono state studiate le proprietà chimico-fisiche della malta, caratterizzata la reazione geopolimerica, misurata l'adesione della malta geopolimerica ai mattoni ed alle fibre e valutata la performance di rinforzo dei mattoni



Applicazioni attualmente in studio

POSTER P32

- **Colle Geopolimeriche Per Restauro**
 - Geopolimeri come collanti per il restauro, in quanto di composizione molto simile a manufatti antichi, sembrano prestarsi egregiamente a soddisfare ad alcuni requisiti come l'assenza di espansioni termiche differenziali, la durabilità, la reversibilità e la ritrattabilità.
- **Oggetti di arredo funzionale e decorativo**
 - Contratto di ricerca con un'azienda per la realizzazione di prototipi di manufatti geopolimerici (vasche)
 - Campioni con design e finiture superficiali apprezzabili in ambito architettonico



I Geopolimeri: dalla Chimica all'Industria

Sergio.Tamburini@CNR.IT

Marco.Natali@CNR.IT

CNR-ICMATE Padova

1 marzo 2016

Grazie dell'attenzione!