

Nanomaterials For Sustainable Construction Industry

NAMASTE

Project number: PON04a3_00107 NAMASTE

Supervisor: Vergaro Viviana

The goal of the proposed project is the construction of insulating materials at high performance to improve, through easy maintenance service, energy efficiency of real estate assets. In particular, we intend to realize new rigid polyurethane foams containing nanoparticles, with improved mechanical and insulating properties



The technological idea is aimed to **solve energetic problems** of assets real estate, that in urban centers in the southern regions of Italy is typically characterized by insufficient attention to the insulating properties of the materials used and therefore limited to energy efficiency

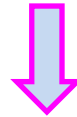
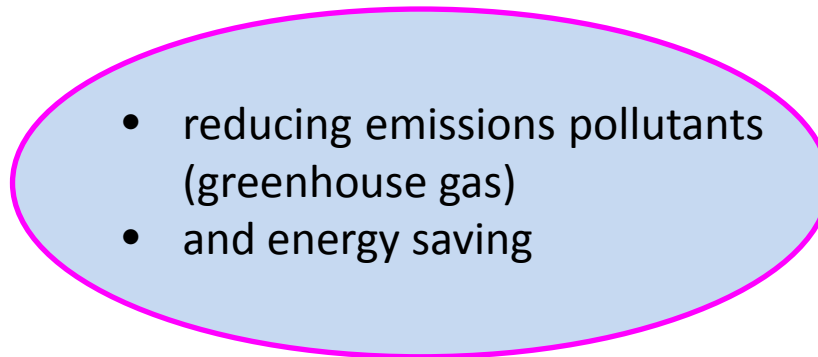


The project is part of the "**good practices**" related to building environmentally friendly and sustainable, which are becoming popular with success in other areas of the country and abroad

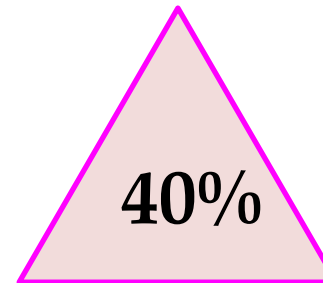
The attention to **energy consumption** and the related **emissions of pollutants** are increasing at an international level

Kyoto Protocol

Strategy " Europe 2020 "




buildings

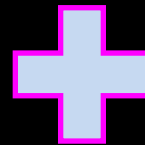


- House
- Public and private office
- Shop
- Other buildings

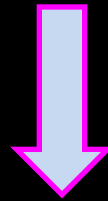
Green and Sustainable Building



Construction Techniques of the past



New technologies



Design a building aimed at achieving well-being hygrothermal of occupants in a different way

Textile fibers

Adesive

Polyurethanes

Elastomers

Foams
with insulating properties



Polyurethanes

The properties and characteristics of the polymeric product depend on both the structure of basic reagents, **polyols and isocyanates**, both on the type of catalyst and additives used .

Particularly important is the role of the polyols, as their flexibility, the number of functional groups and the molecular weight contribute, in large measure, to determine the degree of crosslinking and the final properties of the polymer

Limitations

Low thermal stability
Low mechanics resistance



Nanocomposites

Insulating properties

Nanoparticles:

- TiO_2
- CaCO_3
- Halloysite

Transposition of large-scale synthetic methods developed in the laboratory

Mechanical properties

Polyols



Work Packages

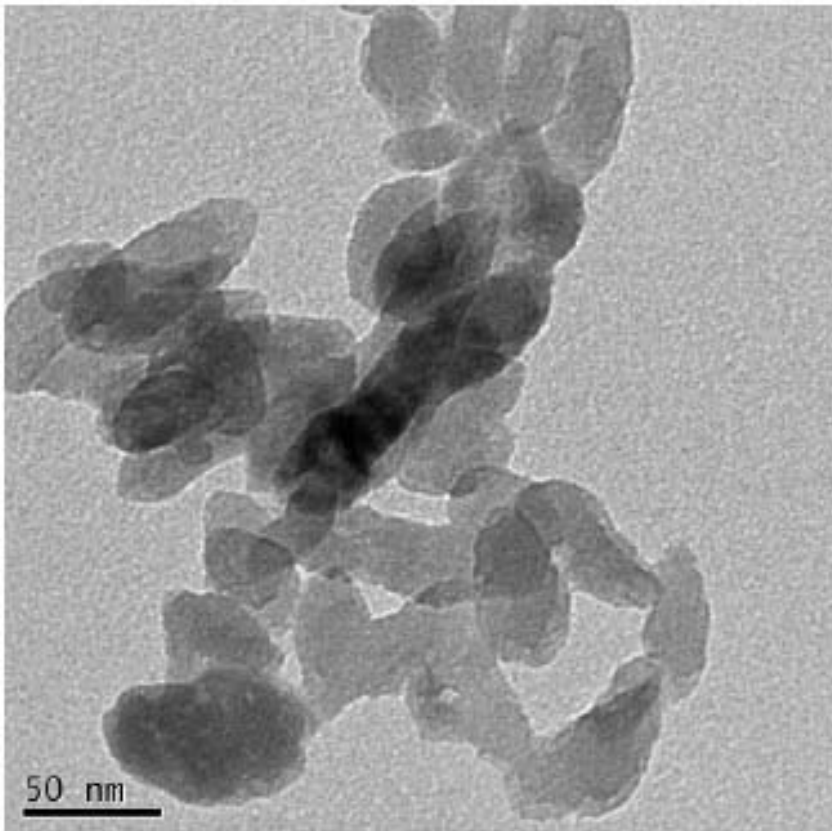


- The project will comprise the following development objectives (OR) :
- **OR1:** Development of chemical additives nano- structuring using new techniques for the synthesis of Nanocrystalline TiO₂, CaCO₃ and clay nanotubes;
 - **OR2:** Development of polymer matrices appropriately designed in order to preserve the dispersion of the nanocrystals and to obtain the rheological characteristics appropriate for the production of insulating;
 - **OR3:** Production of prototypes and study of physico-chemical properties and toxicological properties of materials;
 - **OR4:** Validation and certification of the insulating power of the test;
 - **OR5:** Surveys heat on a building to be used as a " demonstrator " and sizing of the intervention;
 - **OR6 :** Scale-up of the synthesis of nanocrystals for the " demonstrator " ;
 - **OR7 :** Scale-up of polymer synthesis and formulation of the product on the macroscale " demonstrator " ;
 - **OR8 :** Test of building (or its components) , construction management, site organization and planning the intervention.

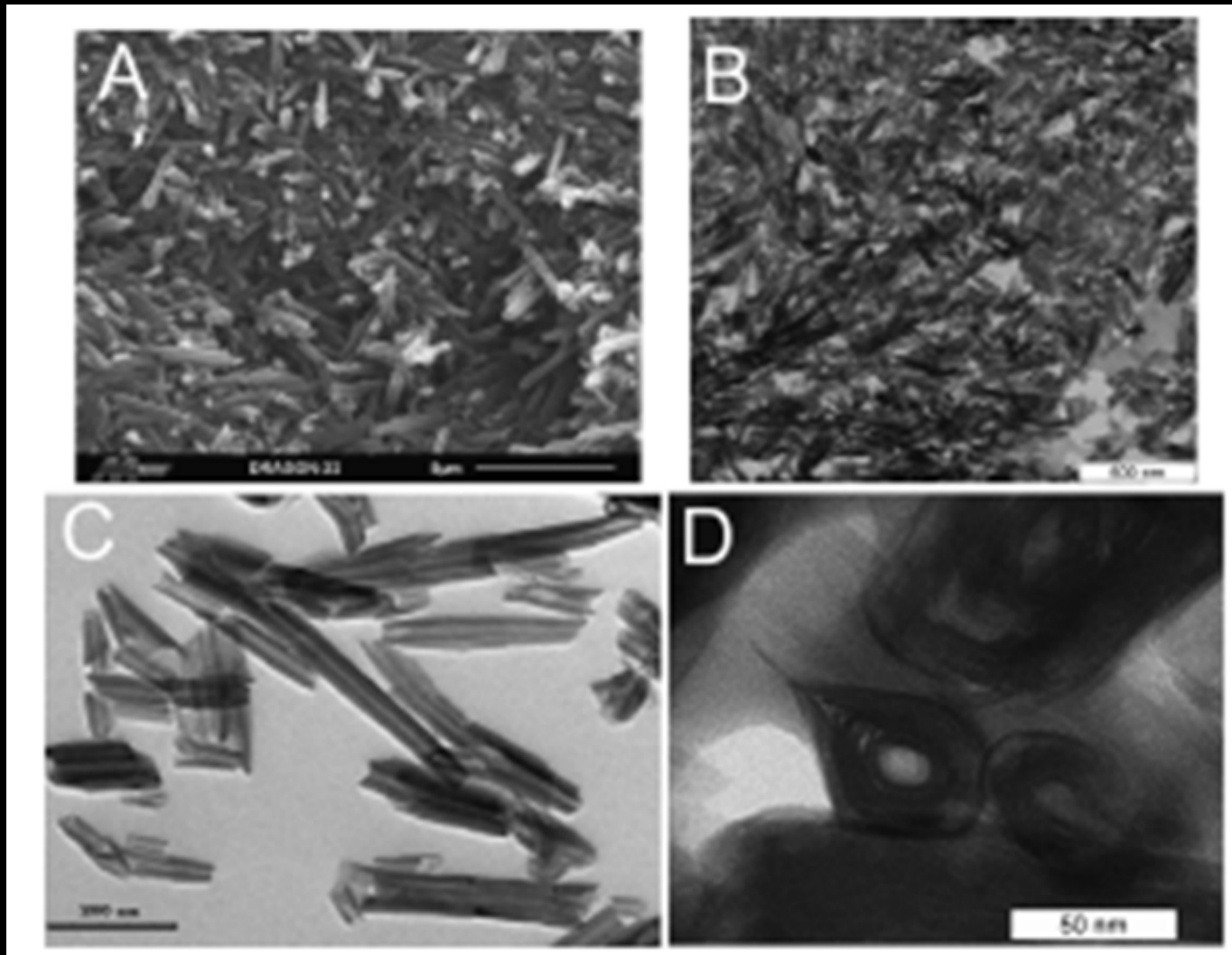
MICRO CALCIUM CARBONATE
In batch



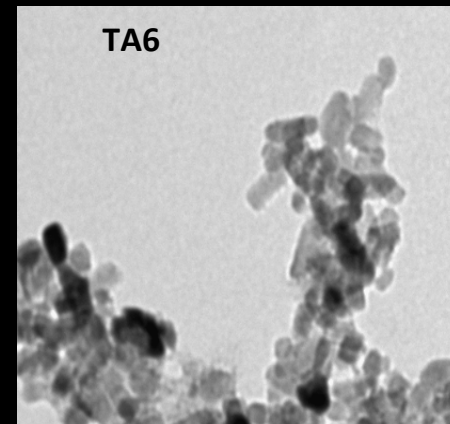
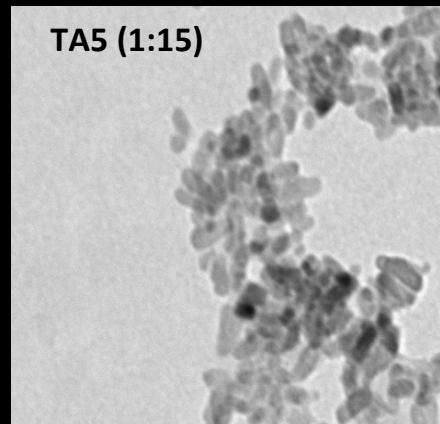
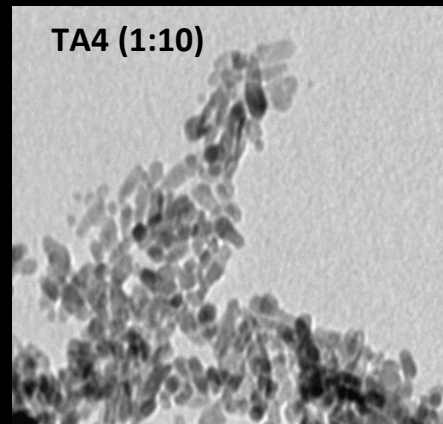
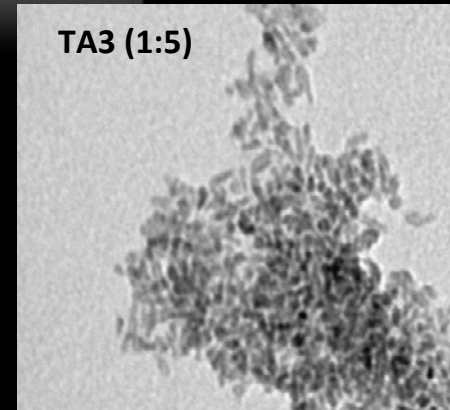
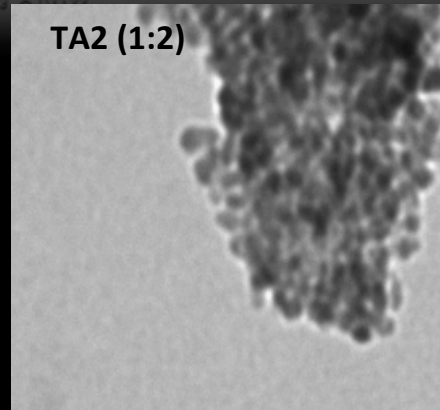
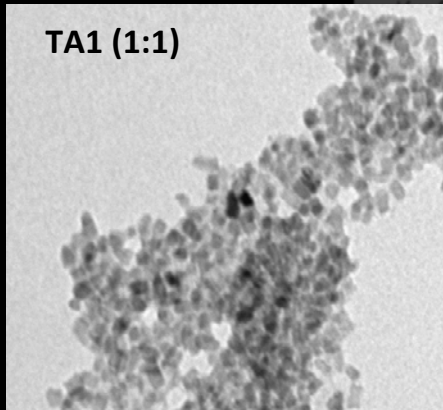
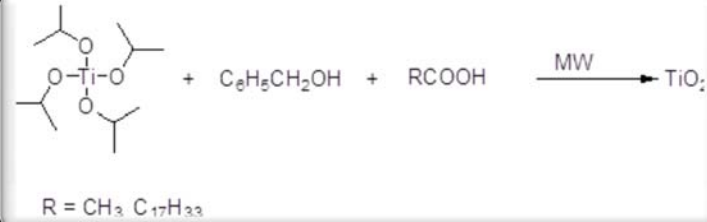
NANO CALCIUM CARBONATE
Spray drying synthesis



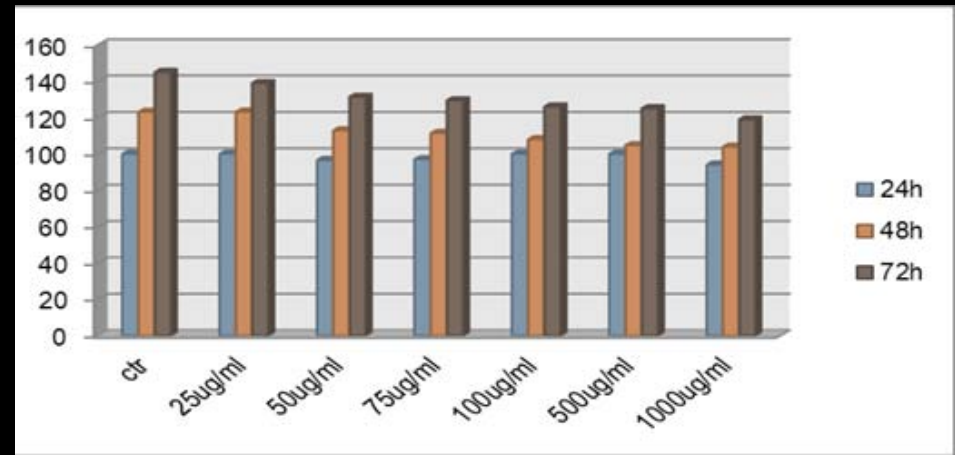
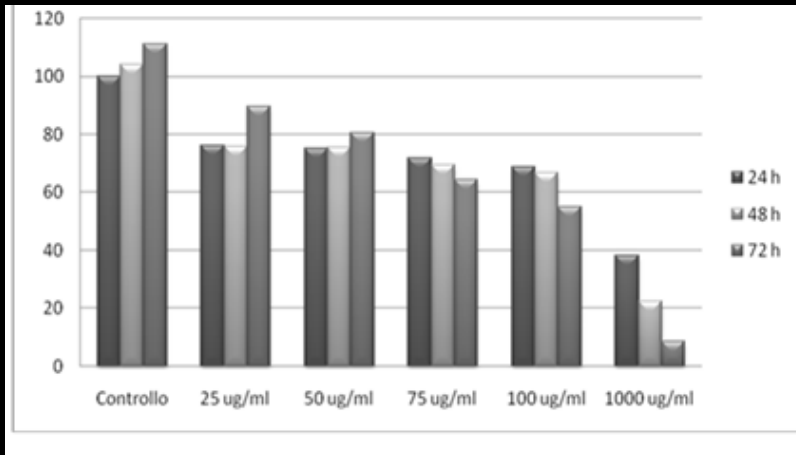
Halloysite clay nanotubes



TiO₂ nanoparticles



Biocompatibility of these new nanomaterials

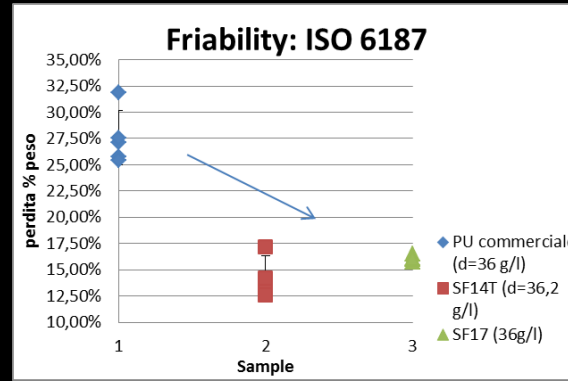


Choose of polyoil and isocyanates

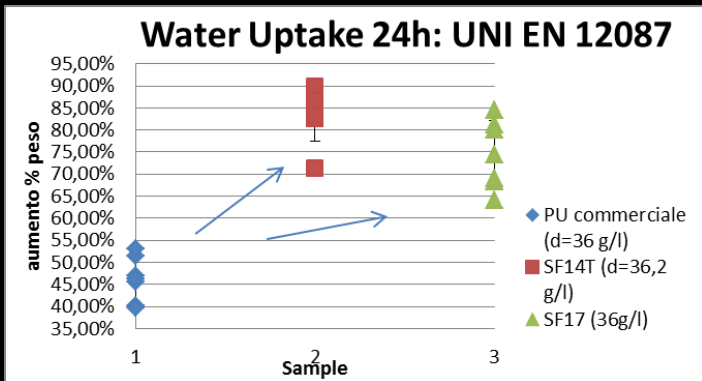
Studies of

- friability ISO 6187
- water uptake
- Compression test

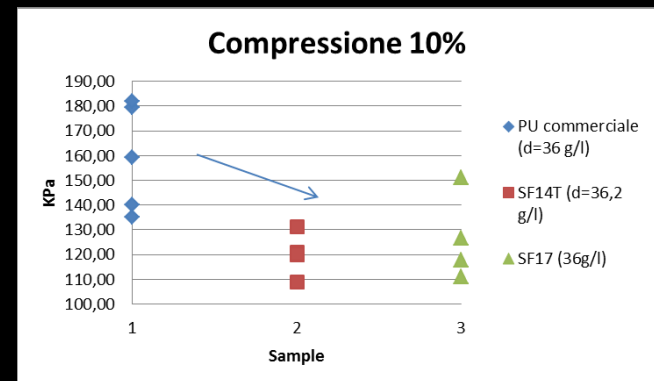
La friabilità del materiale commerciale è superiore rispetto agli sperimentali. Questo probabilmente è dovuto al maggior grado di reticolazione che rende il materiale più resistente agli urti e alle abrasioni.



L'assorbimento di acqua a 24 ore mostra un aumento in peso maggiore per i materiali sperimentali rispetto al commerciale. Questo è dovuto alla migliore cellulazione data dalla testa di miscelazione ad alta pressione utilizzata in linea di produzione.



Si osserva una certa dispersione nel campione commerciale dovuta ad imperfezioni di taglio. Il valore medio delle prove comunque rispecchia quello dichiarato dalla casa produttrice. I campioni sperimentali mostrano un valore di resistenza a compressione inferiore rispetto al commerciale. Anche questo può essere ricondotto al fatto che le schiume prodotte a banco mostrano sempre maggiori imperfezioni di cellulazione rispetto a materiali prodotti con miscelazione ad alta pressione.



OR 3

- Valutare il rischio tossicologico ed ecologico delle particelle nanostrutturate.
- Effettuare dei test per studiare diversi parametri: dimensioni, distribuzione, area di superficie specifica, struttura cristallina, reattività superficiale, composizione superficiale e purezza.

OR 4-5

Riprodurre il campione di poliuretano mediante il **supporto computazionale**. Il processo inizia con la creazione di una *mesh* cartesiana discretizzata in 200.000 celle elementari di forma cubica di lato 1 cm. La variazione di densità della *mesh* è tenuta sotto controllo dal codice sia globalmente che localmente.

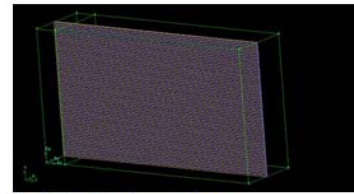


Fig 3: Visualizzazione mesh asse x

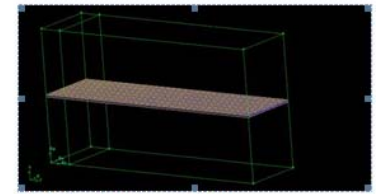


Fig 4: Visualizzazione mesh asse y

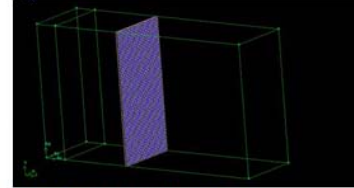


Fig 5: Visualizzazione mesh asse z

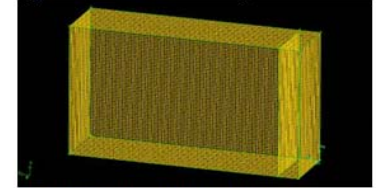
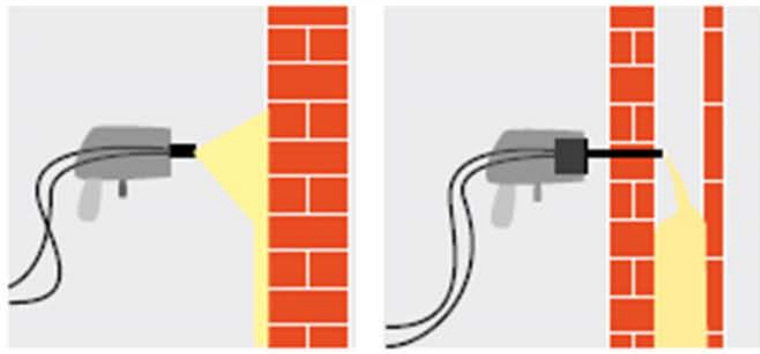
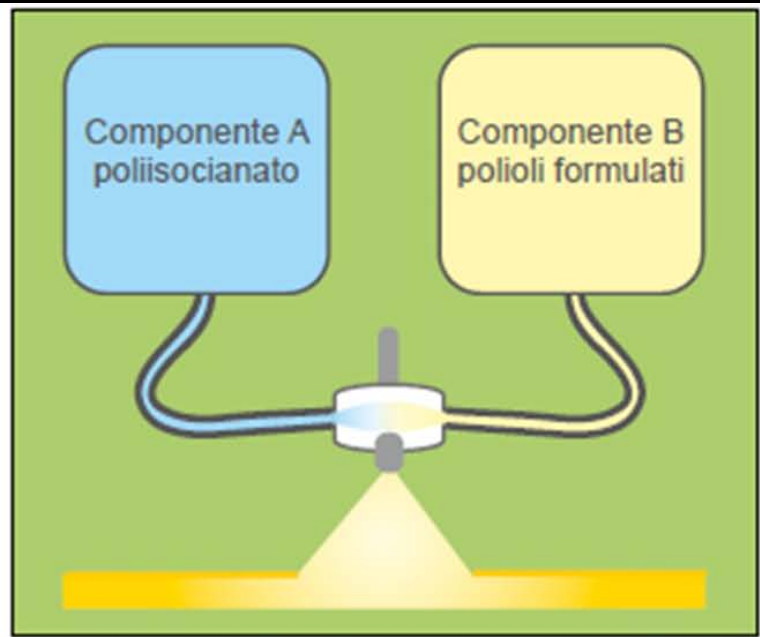


Fig 6: Visualizzazione mesh volume totale

Per quanto riguarda il settaggio delle condizioni al contorno si sono impostate le condizioni adiabatiche sulle pareti che non dovranno scambiare calore con l'ambiente esterno, in modo da imporre lo scambio di calore solo su due pareti e la temperatura della parete interna di 20°C.

SCHIUMATURA

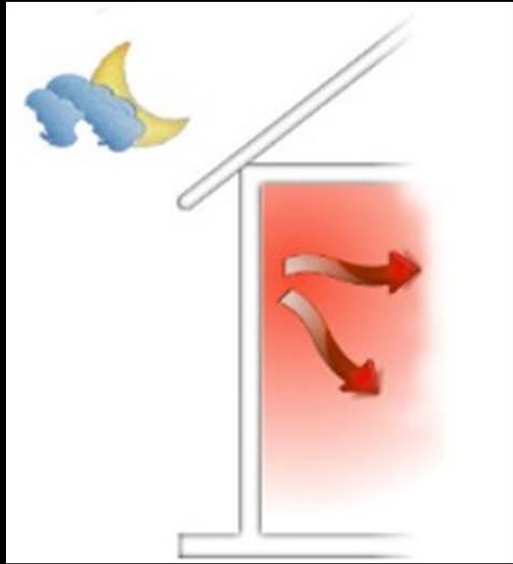


I VANTAGGI

- Eccellente isolamento termico privo di ponti termici
- Strato isolante permeabile al vapore
- Schiume con densità superiore ai 50 kg/m³ sono impermeabili all'acqua
- Applicazione rapida anche superfici complesse
- Resistenza meccanica
- Resistenza agli agenti atmosferici
- Compatibile con le applicazioni a contatto del terreno
- Utilizzabile anche con funzioni di consolidante
- Durabilità



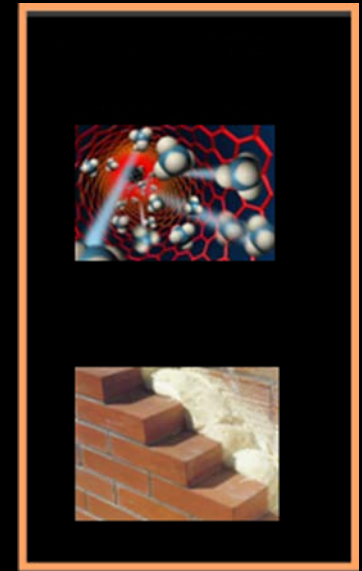
PRATICA IN USO E SOLUZIONE



~~SUPER-ISOLAMENTO~~



~~SURRISCALDAMENTO~~



SOLUZIONE.....

MASSA- ISOLANTE -MASSA- ISOLANTE



MODELLO TERMICO DEI NANOCOMPOSITI IN LETTERATURA

MODELLO TERMICO DEI NANOCOMPOSITI IN LETTERATURA

$$K_c = k_p \Phi_p + k_m \Phi_m$$

$$\rho_c = (1-\Phi) \rho_p + (\Phi \rho)_m$$

Software di calcolo

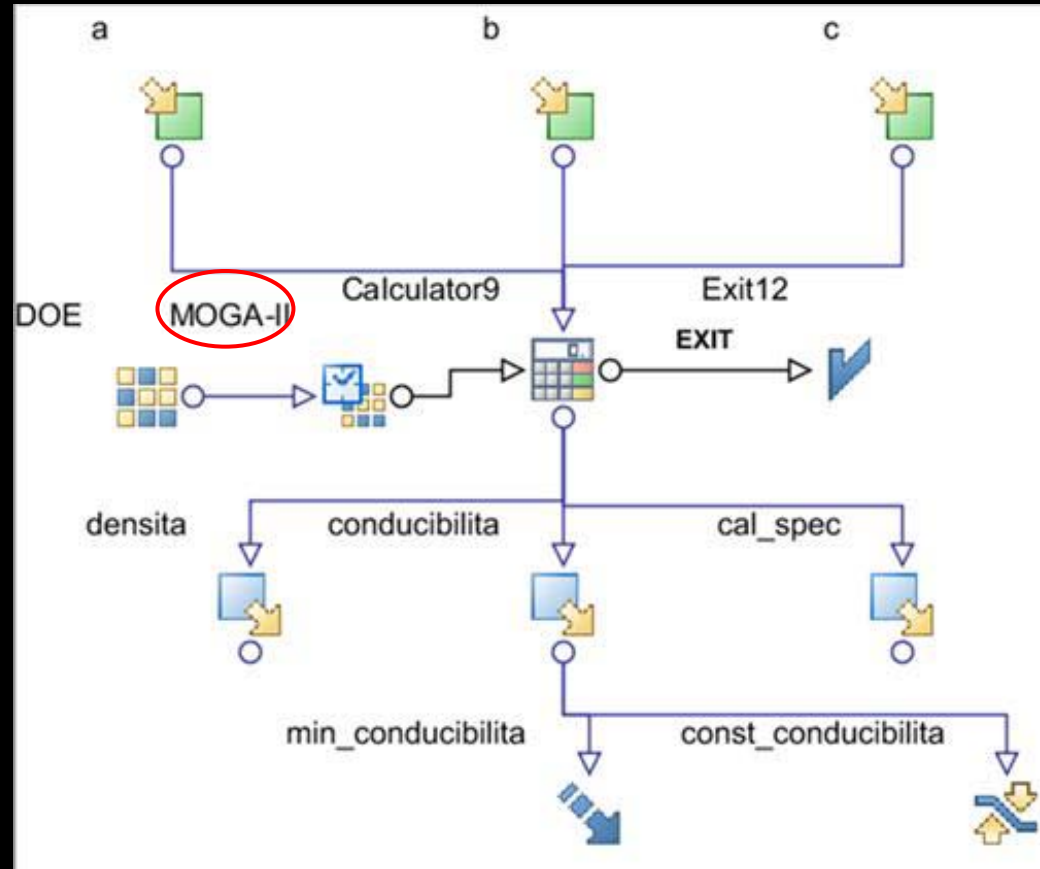
$$(\rho C_p)_c = (1-\Phi)(\rho C_p)_p + \Phi_m (\rho C_p)_m$$

□ sono stati ottenuti i nanocompositi ottenuti variando la percentuale Φ delle tre tipologie di nanoparticelle da 0 al 30% ;

□ calcolate le proprietà termiche secondo la normativa UNI-EN-ISO-13786 per diversi spessori di materiale nel range 10-20 cm ;

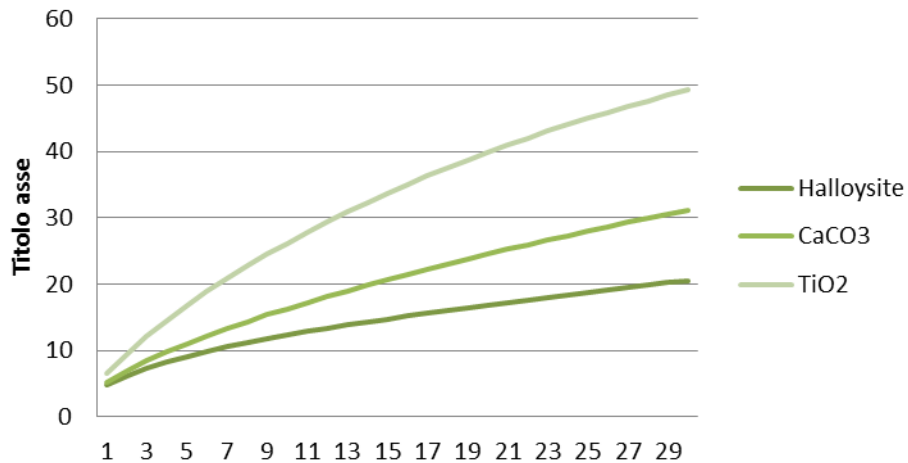
METODI DI STUDIO: MODEFRONTIER

Il software mF permette di individuare la combinazione piu' performante della nanoschiuma variando contemporaneamente le percentuali delle tre tipologie di nanoparticelle, la densita', la conducibilita' e il calore specifico.

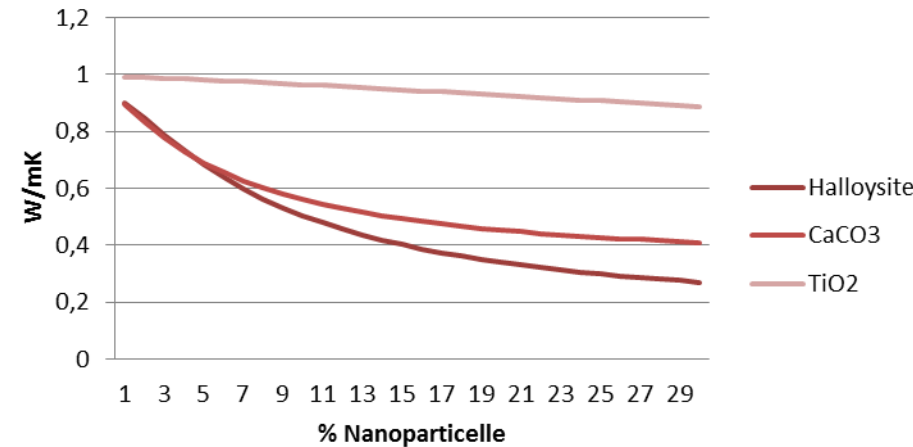


RISULTATI

CIP



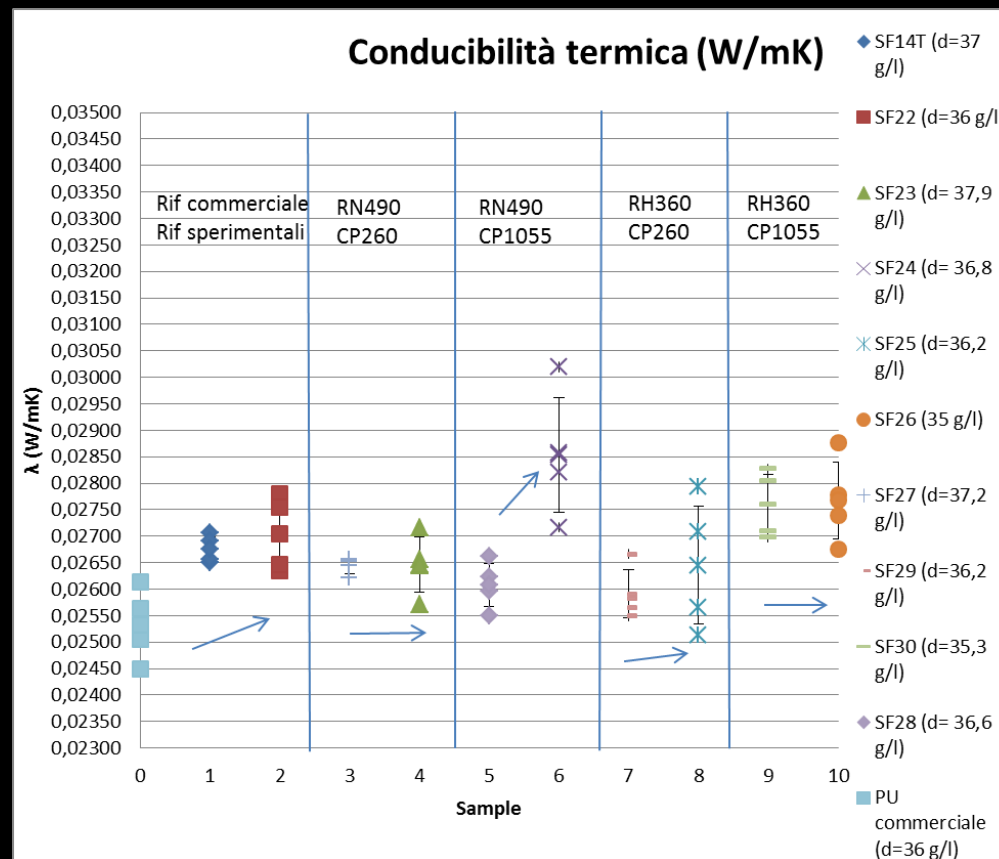
Fd



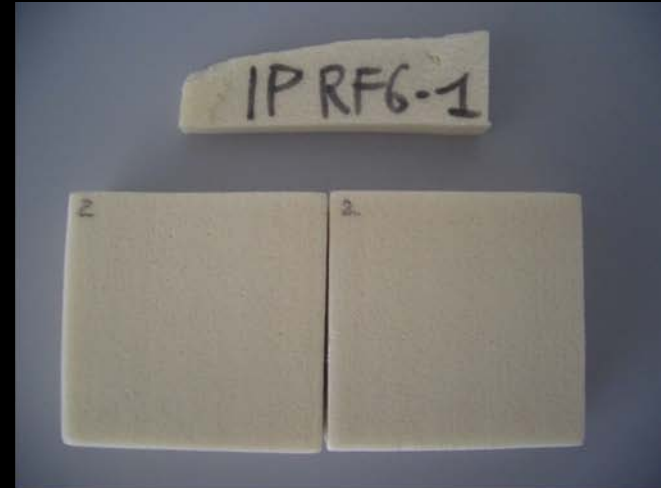
Bassi valori del fattore di decremento congiuntamente a alti valori della capacità termica areica interna e alti valori nello sfasamento della trasmittanza termica periodica denotano migliori caratteristiche delle pareti nell'attenuazione degli effetti delle sollecitazioni termiche esterne estive.

RISULTATI

COMPOSITO	Sp.(m)	Densità (Kg/m3)	Conducibilità (W/mK)	Calore Specifico (J/Kg °C)	Diffusività termica d m2/s *10^7	Effusività termica e Ws^(1/2)/m2K	Lunghezza di penetrazione T24 d m	fd	φ [h]	k1 [kJ/m2K]	U [W/m2K]
Pol/Hallosyte - 30%	0.01	655.2	0.0437	1285.4	0.518882773	191.843377	0.037776051	0.47036	7.769563	21.90362	0.40678
Pol/Hallosyte - 6%	0.011	159.84	0.02714	1410.68	1.203637925	78.22794319	0.057534702	0.472764	7.655059	31.62737	0.632869
Pol/Hallosyte - 6%	0.013	159.84	0.02714	1410.68	1,203637925	78,22794319	0,057534702	0,3553	9,278933	30,63887	0,550927
Pol/Hallosyte - 30%	0.015	655,2	0,0437	1285,4	0,518882773	191,843377	0,037776051	0,271285	10,8125	20,53271	0,317982
Pol/CaCO3 - 9%	0.013	276,66	0,04163	1383,815	1,087381661	126,2453552	0,054685594	0,579588	6,511896	15,34804	0,303698



PREPARAZIONE CAMPIONI: UNIEN 13165

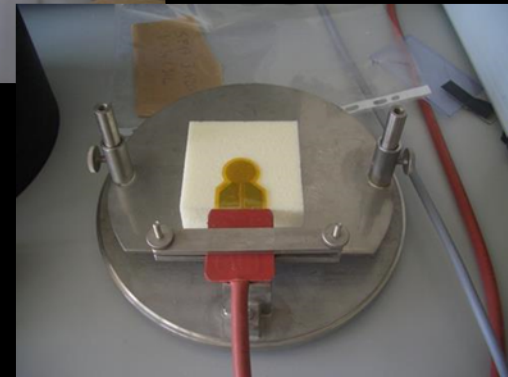
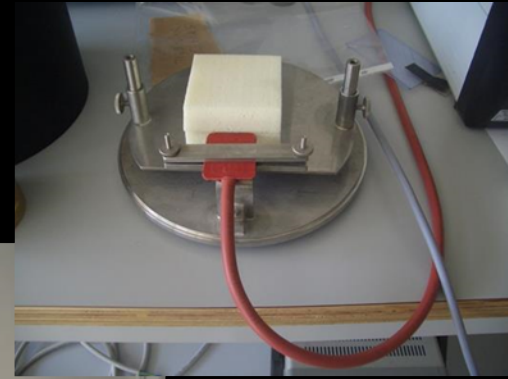


PREPARAZIONE CAMPIONI: STRUMENTAZIONE HOT DISK

Rilevamenti termici attraverso l'utilizzo dei sensori "hot disk" dei campioni contenenti nanoparticelle.

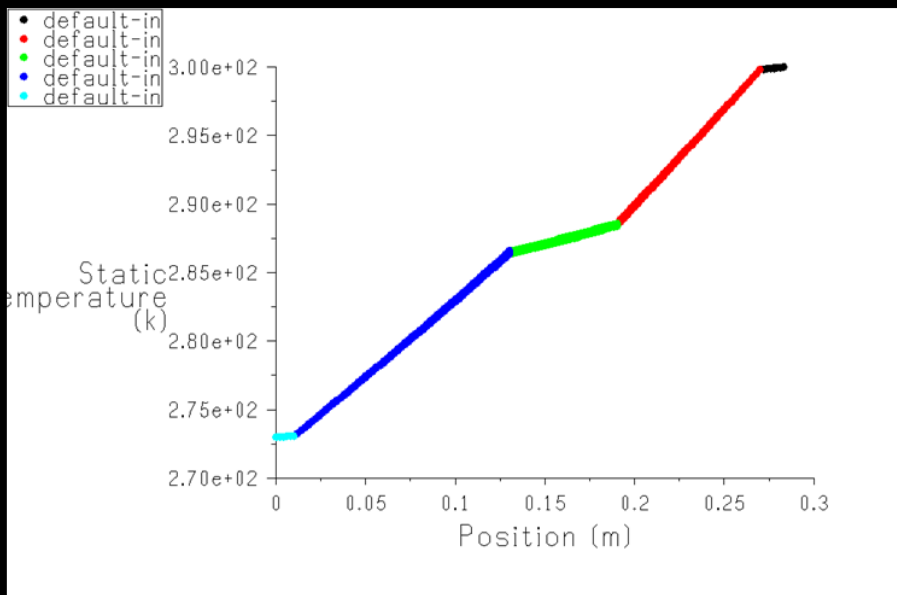


Verifica del modello termico utilizzato e/o eventuale estrapolazione di una nuova legge!



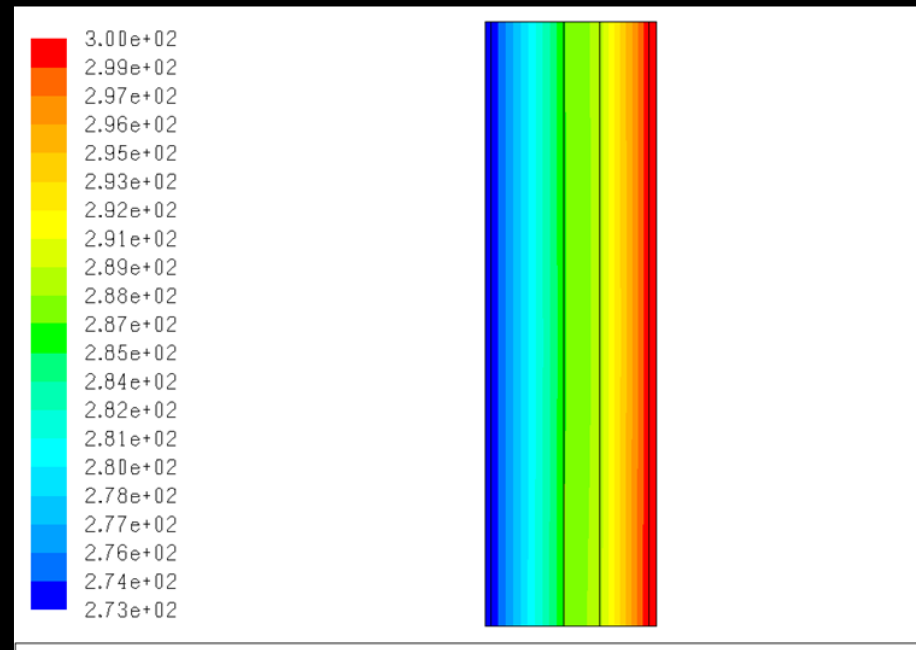
SVILUPPI FUTURI

□ Simulazioni di un pacchetto murario ottimizzato con un PU commerciale al quale verra' sostituito il PU ottimizzato con nanoparticelle.



Static Temperature

Mar 07, 2014



Contours of Static Temperature (k)

Mar 07, 2014