

RELAZIONE PROGETTO NAMASTE: DESCRIZIONE DEI RISULTATI CONSEGUITI E ATTESI

Nell'ambito delle attività del Progetto NAMASTE, che prevede la realizzazione di materiali isolanti per il miglioramento dell'efficienza energetica del patrimonio immobiliare, a base di poliuretani additivati con nano-particelle, il ruolo del NanoCNR **OR1** è quello di sviluppare opportune metodologie sintetiche per l'ottenimento di quest'ultime. A conclusione delle attività (20 mesi) questo OR ha raggiunto gli obiettivi richiesti:

- Sintesi di nanoparticelle di carbonato di calcio, titania e argilla
- Studio della loro stabilità
- Caratterizzazione mediante SEM, TEM e AFM
- Interazione con le cellule per verificarne la biocompatibilità con test preliminari.

OR2: Lo scopo di questo Obiettivo Realizzativo è quello di testare nuove formulazioni per cercare di aumentare le proprietà fisico meccaniche e diminuire la conducibilità termica delle schiume poliuretaniche. Tra tutte le formulazioni verrà scelta quella più promettente per additivare le nanoparticelle. Le formulazioni che utilizzano come poliolo principale l'RH360 si sono dimostrate finora più reattive rispetto a quelle che contengono l'RN490. Questo trend si mantiene con l'impiego dei polioli da taglio CP260 e CP1055. Se si confrontano i tempi di formulazioni con quantità crescenti di poliolo secondario si nota un aumento di reattività

Dal punto di vista della conducibilità iniziale, compressione e friabilità sembra che le formulazioni migliori siano SF28 e SF29. L'additivazione delle nanoparticelle potrebbe essere facilitata da una reattività più alta della formulazione per evitarne l'aggregazione: in questo caso verrebbe favorita la formulazione SF29. Per migliorare ulteriormente la conducibilità anche a seguito dell'additivazione delle nanoparticelle potrebbe essere necessario aumentare la quantità di silicone per cercare di tenere alta la percentuale di celle chiuse. È presumibile infatti che le nanoparticelle abbiano effetto di apertura cellulare dato che sono punti di discontinuità di materia.

FORMULAZIONE	SF14T	SF22	SF23	SF24	SF25	SF26	SF27	SF28	SF29	SF30
Voranol RN490	100	0	80	80			90	90		
Voranol RH360	0	100			80	80			90	90
CP 1055	0	0		20		20		10		10
CP 260	0	0	20		20		10		10	
Polycat 5	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Polycat 8	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Tegostab B 8496	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Acqua	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Ciclopentano	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Tabella 1

A seguito dell'ottimizzazione della matrice sono stati prodotti i campioni nanoadditivati all' 1%, 2% e 4%. Le nanoparticelle sono state contraddistinte con quattro diversi nomi riportati in Tabella 2.

NOME	DESCRIZIONE
TA	Biossido di Titanio (TiO ₂) additivate con acido acetico
TO	Biossido di Titanio (TiO ₂) additivate con acido oleico
TB	Biossido di Titanio (TiO ₂) additivate con acido borico
CaCO₃	carbonato di calcio nanoparticellare
Halloysite	Halloysite

Tabella 2

Per le formulazioni additivate al 4% si nota un calo di tutti i tempi di reattività rispetto al riferimento. Il calo di reattività è dovuto probabilmente all'acqua residua rimasta dopo la dispersione delle nano particelle.

Le formulazioni additivate al 2% mostrano tutte tempi in linea con il riferimento, anche questo è probabilmente imputabile a residui di acqua.

Le formulazioni additivate all'1% mostrano tutte tempi leggermente inferiori rispetto al riferimento. I campioni nanoadditivati, comunque, mostrano tempi molto simili fra di loro.

L'**OR3** è quello interamente gestito da noi proponenti e riguarda la produzione dei prototipi e studio delle proprietà chimico-fisiche e tossicologiche dei materiali. Son stati condotti studi di nano tossicologia sia con sistemic *cell-free* sia con esperimenti *in vitro* (colture cellulari). Dai risultati ottenuti si è visto che i materiali utilizzati son green, quindi assolutamente biocompatibili. Son stati utilizzati anche standard commerciali per avere un confronto sulle potenzialità dei materiali da noi scelti.

OR4: Lo scopo di questo OR è stato quello di effettuare un'ottimizzazione numerica del nanocomposito partendo dal modello termico presente in letteratura. Utilizzando le formule [1] si sono ricavate le proprietà quali conducibilità, densità e calore specifico di 90 nanocompositi ottenuti variando la percentuale Φ delle tre tipologie di nanoparticelle da 0 al 30%.

$$K_c = k_p \Phi + k_m \Phi m$$

$$\rho_c = (1-\Phi) \rho_p + (\Phi \rho) m \quad [1]$$

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

Per ognuno di questi materiali si sono calcolate le proprietà termiche secondo la normativa UNI-EN-ISO-13786 per dieci diversi spessori di materiale, ipotizzando che quelli più interessanti per lo

studio fossero quelli realmente utilizzati in edilizia e quindi nel range 10-20 cm. A questo punto per ogni spessore si sono ottenuti 90 materiali con caratteristiche termiche diverse. Sono stati presi in considerazione solo i materiali che presentavano contemporaneamente capacità termica areica interna (k_1) più alta possibile e che mantenevano il fattore di decremento (fd) basso, in quanto 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.

In conclusione dei 900 materiali valutati, 90 per 10 spessori, i migliori dal punto di vista del comportamento termico estivo sono risultati essere i 4 materiali riportati nella tabella seguente (Tab3):

COMPOSITO	Sp.(m)	Densità (Kg/m3)	Conducibilità (W/mk)	Calore Specifico (J/Kg °C)	Diffusività termica d $m^2/s * 10^{-7}$	Effusività termica e $Ws^{(1/2)}/m^2K$	Lunghezza di penetrazione e T_{24} d m	fd	ϕ [h]	k_1 [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

Tabella 3: migliori materiali dal punto di vista del comportamento termico estivo

Di questi 5 nanocompositi riportati in Tab.3 quelli che si potranno realmente realizzare sono quelli con la più bassa percentuale di nanoparticelle, quindi l'hallosyte al 6% e il carbonato di calcio al 9%, in quanto, per quanto noto in letteratura, alte percentuali di nanoparticelle potrebbero non far schiumare il campione.

OR5: Per questo OR lo scopo era quello di valutare le proprietà termiche dei campioni prodotti dall'OR2, Tali proprietà sono state ricavate mediante l'utilizzo dei sensori "hot disk" che permettono di determinare simultaneamente la conducibilità termica, la diffusività termica e la capacità termica specifica del provino mediante una singola misurazione secondo la norma ISO/FDIS 22007-2 Fig. 1).

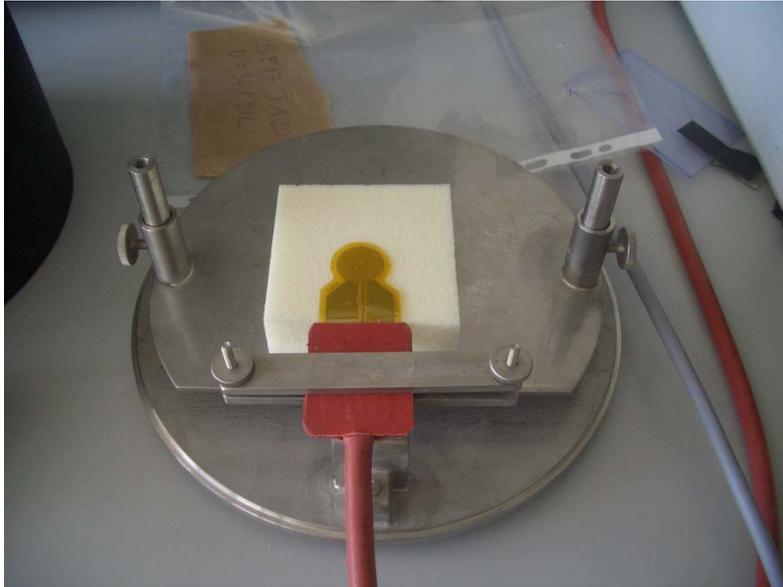


Fig. 1: Sonda hot disk

Le analisi a 10 giorni dalla produzione (Grafico 1) mostrano una stabilizzazione del valore di conducibilità per il riferimento e per i campioni additivati. I risultati mostrano una diminuzione della conducibilità portando l'additivazione al 4%. In futuro verranno prodotti dei campioni con percentuali di nanoparticelle ancora maggiori per comprendere se il trend viene confermato.

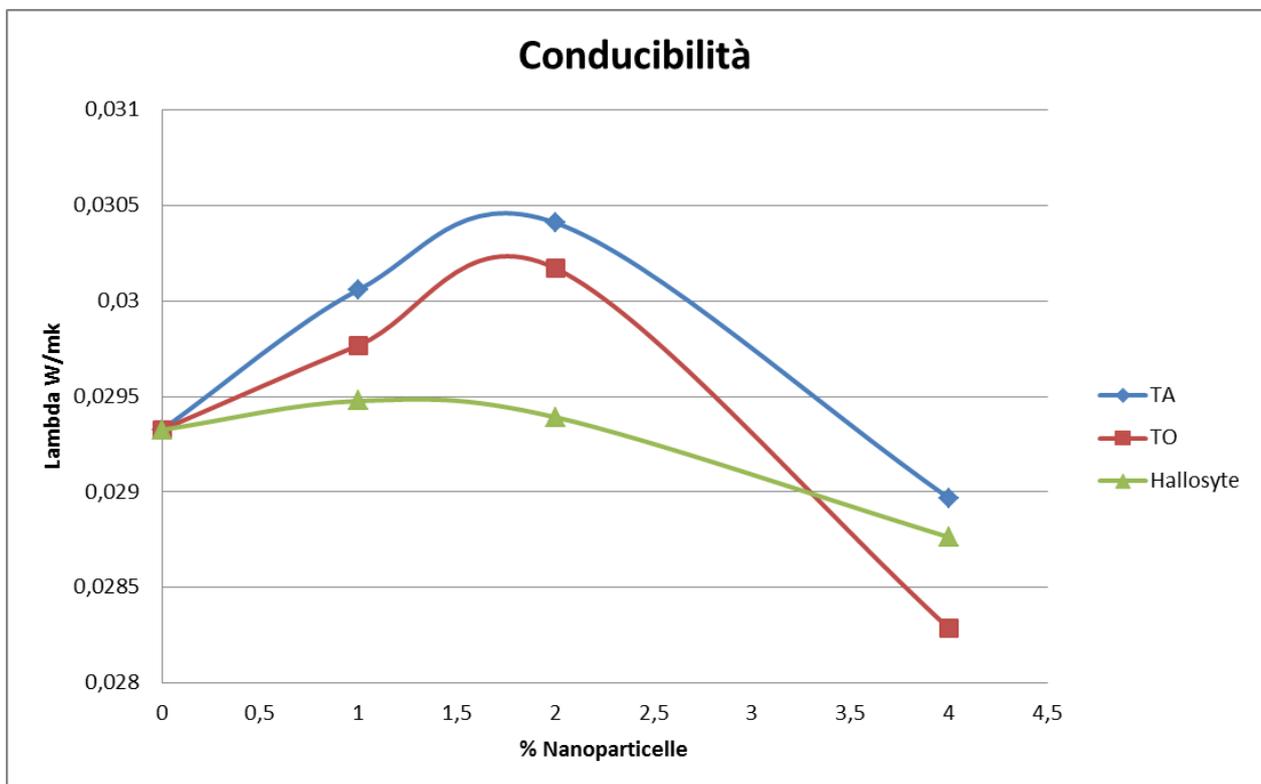


Grafico 1

Obiettivo dell'**OR6** (Lab srl) è lo scale up della sintesi delle nanoparticelle, partendo dai protocolli messi a punto dal CNR-Nano. In particolare è stata sviluppata una nuova tecnologia di atomizzazione per la realizzazione di nano cristalli di carbonato di calcio, e la sintesi alle microonde di nanotitania. Quest'ultima è stata opportunamente ricoperta da diversi *capping layer* per contrastare l'attività tossicologica ben nota di questo nano materiale commerciale.

L'**OR7** affidato alla Greenchem Lab, si è proceduto allo scale up delle mescole necessarie alla realizzazione delle nuove schiume poliuretatiche rigide contenenti nanoparticelle con migliorate proprietà meccaniche e coibentanti, ottenute dalle forniture derivanti dalle attività sviluppate nell'**OR1** e nell'**OR2**. Il miscelatore utilizzato è della Parr Instrument che consente un attento controllo della temperatura e della pressione a cui avviene la miscelazione. Sono stati effettuati test di stabilità dopo cento giorni dalla preparazione delle schiume e i test di viscosità. In entrambi i casi non si sono registrate differenze significative in merito alla stabilità e alla viscosità fra i campioni standard quelli additivati. Inoltre, si è ottenuto un composto dotato di buona resistenza, stabilità dimensionale e fedeltà di riproduzione.